

## PIANO ATTUATIVO DI RECUPERO PER RIPRISTINO CON MIGLIORAMENTO SISMICO DI UN EDIFICIO GRAVEMENTE DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI

VERIFICATISI A FAR DATA DAL 24 AGOSTO 2016  
Ord.19 del 07.04.2017 e Ord. 61 del 02.08.2018

Via Narco 16, angolo Vicolo del Pozzo - Camerino

Committente

**"CONDOMINIO VIA NARCO 16"**

Procuratore - Rappresentante Legale

MAURIZIO SENSINI - GEOMETRA

Progettista strutturale e D.L.

RICCARDO VETTURINI - INGEGNERE

Progettista architettonico

LUCIANO BEDDINI - ARCHITETTO

Indagini geologiche

GIAN LUCA FAUSTINI - GEOLOGO

Titolo

**RELAZIONE GEOLOGICA**

Elaborato

ASSEVERAZIONE COMPATIBILITA' ED  
INVARIANZA IDRAULICA

Elaborato

**SP.02a**

Commessa 18030 Fase DEF. File C1009-18030 Rif. 23 Data FEB.2020

Revisione

Rev. \_\_\_\_\_



**PIANO ATTUATIVO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PRIVATA PER INTERVENTI DI RIPRISTINO DI UN EDIFICIO GRAVEMENTE DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL L'AGOSTO 2016 E SUCCESSIVI, SITO A CAMERINO IN VIA NARCO N.16**

Il Sottoscritto Geol. Gian Luca Faustini, nato a Camerino il 17.07.1967 ed ivi residente in Fr.Morro n.10, con studio a Camerino in Fr. Morro n.13, iscritto all'albo dei Geologi della Regione Marche con n. di riferimento 479, in qualità di tecnico incaricato dal Condominio di Via Narco n.16 per la parte geologica dei lavori di cui all'oggetto, sotto la propria responsabilità civile e penale, consapevole di essere persona esercente un servizio di pubblica utilità ai sensi degli artt.359 e 481 del codice penale

**DICHIARA che**

in merito alla **VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA** richiesta dalla Legge Regionale n.22/2011, art. 10 comma 1, il piano di recupero di iniziativa privata proposto, consistente nella demolizione e ricostruzione dell'attuale manufatto sito all'interno del centro storico di Camerino in via Narco n.16, **non comporta** opere di **"trasformazione territoriale"**; non è pertanto in grado di modificare in alcun modo il regime idraulico della zona e non aggraverà il rischio idraulico esistente né pregiudicherà la riduzione, anche futura di tale livello. L'intervento non rientra nell'abito di applicazione della legge Regionale 22/2011 ai sensi dell'art.2.2 del Titolo II della DGR53/2014 "Ambito di applicazione".

in merito alle **MISURE COMPENSATIVE VOLTE AL PERSEGUIMENTO DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA**, il piano di recupero di iniziativa privata proposto, consistente nella demolizione e ricostruzione dell'attuale manufatto sito all'interno del centro storico di Camerino in Via Narco n.16, con stessa sagoma e superficie, **non comporta** variazioni di superfici permeabili le quali **rimangono inalterate. Non si ha pertanto "VARIANZA IDRAULICA"**.

Tuttavia la DGR 53/2015, Titoli 3,4 lett.a) non contempla la realizzazione di opere compensative per il mantenimento dell'invarianza idraulica per impermeabilizzazioni del suolo per superfici inferiori o uguali a 100 mq.

Pertanto l'intervento in oggetto non necessita, ai sensi della LR 22/2011, nè di una **VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**, nè delle **MISURE COMPENSATIVE VOLTE AL PERSEGUIMENTO DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA**.

Camerino li 10.02.2020

Geol. Gian Luca Faustini



Scadenza : 17-07-2025  
Diritti : 5,42



AV 5100452



1928-11-00V-ROMA

REPUBBLICA ITALIANA



COMUNE DI  
CAMERINO

CARTA D'IDENTITA'

N° AV 5100452

DI

FAUSTINI GIAN-LUCA

Cognome..... FAUSTINI .....  
Nome..... GIAN-LUCA .....  
nato il..... 17-07-1967 .....  
(atto n..... 171<sup>P</sup> 1 S..... A 1967 )  
a..... CAMERINO (MC) .....  
Cittadinanza..... Italiana .....  
Residenza..... CAMERINO (MC) .....  
Via..... FR. MORRO-VIA ADIGRAT 10 .....  
Stato civile..... .....  
Professione..... geologo .....

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura..... 180 .....  
Capelli..... Castani .....  
Occhi..... Castani .....  
Segni particolari..... NESSUNO .....



Firma del titolare

CAMERINO li 23-06-2015

Impronta del dito  
Indice sinistra

IL SINDACO

*Gian-Luca Faustini*  
*[Signature]*



# COMUNE DI CAMERINO

PROVINCIA DI MACERATA

INDAGINE GEOLOGICA RELATIVA ALLA RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO  
ADIBITO A CIVILE ABITAZIONE GRAVEMENTE DANNEGGIATO  
DAL SISMA DEL 24 AGOSTO, 26, 30 OTTOBRE 2016 E SEGUENTI  
IN VIA NARCO N.16  
(F.61 Part.340)

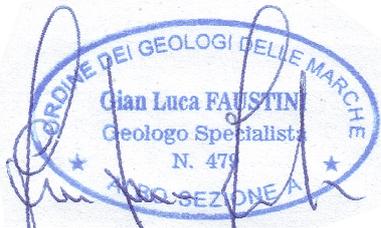
ELABORATO:  
**RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA**

COMMITTENTI:  
Condominio via Narco n.16

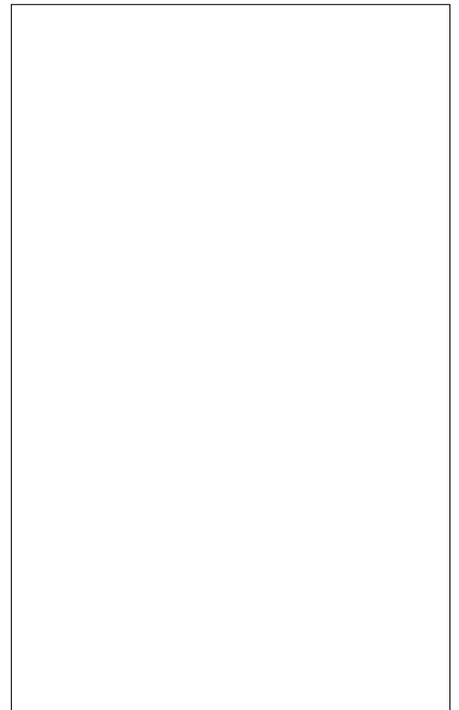
STUDIO GEOLOGICO GEOL. GIAN LUCA FAUSTINI  
FR. MORRO N.13 -62032 CAMERINO (MC)  
Tel.339.8642965 Mail. gianluca.faustini@tiscali.it  
CF. FSTGLC67L17B474X -- PI 01317830436

DATA: FEBBRAIO 2019

Il Geologo Dr. Gian Luca Faustini



Ubicazione area di intervento Scala 1:20.000



## INDICE

<b>1. PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE</b>	<b>Pag.1</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>Pag.2</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.5
<b>6. CONDIZIONE SISMICA LOCALE</b>	<b>Pag.5</b>
6.1 APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC 2018	Pag.6
6.2 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	Pag.8
6.3 CONFRONTO SPETTRO DI NORMATICA SPETTRO DI MZS	Pag.12
6.4 FREQUENZA DI RISONANZA DEI TERRENI	Pag.16
<b>7. VERIFICA PAI</b>	<b>Pag.16</b>
<b>8. ROCCE E TERRE DA SCAVO</b>	<b>Pag.17</b>

## Allegati

- Rapporto indagini Colonnine Stratigrafiche Sondaggi Geognostici, effettuati, Prova Geofisica Down-Hole, Certificati prove di laboratorio;
- Stratigrafia sondaggio geognostico reperito Sr1;
- Stratigrafia Saggi di escavazione effettuati;
- Certificati prove penetrometriche effettuate DPM 30 e SPT;
- Certificati prove sismiche HVSR;
- Carta delle sorgenti sismogenetiche- faglie attive e capaci;
- Report di calcolo Risposta sismica locale;
- Tav.1 Stralcio catastale Scala 1:2000– Carta geologica, Scala 1:10.000; Stralcio aereofotografico;
- Tav.2 Planimetria generale – Scala 1:200;
- Tav.3.1 Sezione stratigrafica A-A'– Scala 1:200;
- Tav.3.2 Sezione stratigrafica B-B'– Scala 1:200;
- Tav.3.3 Sezione stratigrafica C-C'– Scala 1:200;
- Tav.4.1 Sezione geotecnica A-A' – Scala 1:200;
- Tav.4.2 Sezione geotecnica B.B' – Scala 1:200;
- Tav.4.3 Sezione geotecnica C-C' – Scala 1:200;
- Tav.5 Stalcio PAI;

## RELAZIONE

### 1. PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE

A seguito dell'incarico ricevuto dal Condominio di Via Narco n.16, è stata eseguita la presente indagine geologica di un sito, a supporto del progetto di "Ristrutturazione con demolizione e ricostruzione di un fabbricato di civile abitazione gravemente danneggiato dal sisma del 24 Agosto, 26 e 30 ottobre 2016", allo scopo di ricercarne le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche. Il luogo prescelto è situato nel Comune di Camerino in Via Narco n.16 ed è contenuto nel Foglio catastale n.61 part.340 (Tav.1).

Tale studio fornirà dati qualitativi e quantitativi necessari al progettista per la migliore definizione delle opere di ricostruzione 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, dall' O.D.P.C.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;

Lo studio è stato articolato in tre fasi distinte:

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

La stratigrafia locale, è stata ricostruita in base a sopralluoghi effettuati all'intorno ed all'interno del sito oggetto dell'intervento, dall'esecuzione di n.3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, dal reperimento di n.1 sondaggio geognostico effettuato in adiacenza al fabbricato oggetto di intervento, dall'effettuazione di n.4 saggi di escavazione con escavatore meccanico, dall'esecuzione di n.3 prove penetrometriche dinamiche all'interno dell'edificio con penetrometro medio mod. Pagani TG 20-30 4x4.. Uno dei sondaggi effettuati, spinto fino alla profondità di 31,00 m. è stato appositamente attrezzato per dar modo di effettuare una prova sismica tipo "Down Hole". Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati di terreno su cui sono state effettuate apposite prove di laboratorio.

Per la caratterizzazione geotecnica, come sopra accennato, sono state effettuate apposite prove di laboratorio su n.1 campioni prelevati durante l'esecuzione del sondaggio S3 su porzioni di terreno ritenute significative ai fini dell'intervento (piano di appoggio della fondazione). In particolare è stato prelevato un campione di terreno in S3 a 1,00 m. di prof. Su tale campione sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio: Analisi granulometrica, prova di taglio diretta CD; prova di ELL; prova di compressione edometrica.

Tali parametri sono stati confrontati con prove di laboratorio effettuate su terreni simili prelevati in zone vicine sui medesimi terreni. Tali valori sono stati confrontati ed implementati da quelli derivanti dall'interpretazione delle n.3 prove penetrometriche effettuate all'interno del manufatto.

La parametrizzazione sismica e la determinazione della velocità caratteristica delle onde Sismiche "S" nei primi 30 m. di terreno, è stata calcolata attraverso l'esecuzione di una prova DOWN HOLE, eseguita in foro attrezzato di 31 m. di profondità, che ha permesso di misurare la velocità di propagazione delle onde "S" nell'intera colonna e n.3 prove sismiche a stazione singola (Analisi di microtremori a stazione singola) HVSR di cui è stata scelta la migliore.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area, presa in esame, ricade nella parte centrale del "sinclinorio camerte", il cui nucleo è costituito, prevalentemente, dai sedimenti silico-clastici appartenenti alla Formazione delle Arenarie di Camerino, depositatesi all'interno dell'omonimo bacino.

All'interno dell'area di intervento, il substrato è costituito dalla Formazione delle Arenarie di Camerino in particolare dall'associazione pelitico-arenacea di età miocenica, la quale mostra, in generale, giaciture sub-orizzontali e spessore molto consistente 40-50 m.. Essa è costituita da alternanze di argille-siltose grigio-avana sovraconsolidate e sottili livelli sabbiosi e arenacei; a luoghi sono anche presenti sabbie medio-fini debolmente cementate e talora sciolte. Tale litotipo è stato suddiviso in due unità: formazione alterata e formazione integra. Il passaggio tra le due unità è molto graduale e talvolta risulta estremamente difficile distinguerlo. La formazione alterata costituisce la parte superiore del substrato, si presenta di color tabacco, con un grado di alterazione medio. La formazione integra è composta da argille siltose di colore grigio scuro, sovraconsolidate, con intercalazioni in strati sottili, di livelli arenacei. Lo spessore della porzione alterata varia da circa 2,50 a 3,50 m.

Al di sopra del substrato sono generalmente presenti terreni di riporto, caratterizzati, al di sotto del manufatto in oggetto e nel suo immediato intorno, da pietrame e pietrisco di scaglia rossa che costituiscono il riempimento della parte interrata e lo strato di sottofondo del massetto. A valle (lato est), oltre agli inerti del sottofondo, sono presenti anche limi sabbioso argillosi provenienti dallo sterro dei terreni effettuato all'atto dell'esecuzione del manufatto. Il riporto presenta uno spessore compreso tra 30-70 cm.

Nel complesso, 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. 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 nella fascia sismogenetica dell'appennino marchigiano denominata "ITCS27 "Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga" 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 all'interno di una sorgente sismogenetica denominata Camerino "ITIS049" con spiccate caratteristiche di sismicità a cui viene attribuito il terremoto di Camerino del 1799 con magnitudo stimata pari a  $M_w=5.8$ . **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

L'area esaminata è posta al culmine del crinale su cui sorge il centro storico della Città di Camerino nella sua parte terminale, in Via Narco n.16, ad una quota di circa 615 m. s.l.m., all'interno di un area blandamente pendente verso est, compresa nella Carta Topografica Regionale in scala 1/25.000 foglio 124 III quadrante. In particolare il crinale degrada verso sud con pendenze medie di circa 11-12° verso il Fosso dei Cappuccini ed a nord verso il Rio Palente.

La naturale morfologia risulta notevolmente obliterata dagli interventi di urbanizzazione operati nell'area. Dal rilevamento geologico e geomorfologico, dall'analisi dei manufatti esistenti (il fabbricato è situato all'interno del centro storico di Camerino), nonché dalle indagini geognostiche eseguite, il sito oggetto di studio non evidenzia forme né processi che possano ricondurre a movimenti di versante passati né in atto. La presenza del substrato posta a debole profondità e la morfologia con blande pendenze, garantisce la naturale stabilità del sito.

L'area, 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, in relazione alle caratteristiche tessiturali dei terreni ed ai loro spessori, esistono le condizioni favorevoli all'instaurarsi di modeste percolazioni idriche localizzate all'interno dei livelletti più sabbiosi del substrato.**

**Tuttavia dalle indagini effettuate non è stata rilevata presenza di acqua.**

Possiamo comunque escludere che l'intervento in progetto non possa interferire negativamente con il regime idrico sia superficiale che profondo.

#### **4.0 LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI**

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

**TERRENO DI RIPORTO:** (spessore 30-70 cm). Internamente al fabbricato è costituito prevalentemente da pietrame e sabbie che costituiscono lo strato di sottofondo del massetto, mentre esternamente oltre alla massicciata stradale, sono presenti localmente limi sabbioso argillosi con elementi litici e laterizi sparsi. Non vengono caratterizzati geotecnicamente in quanto non influenti circa l'interazione terreno-struttura.

**SUBSTRATO :** si tratta della formazione della Arenarie di Camerino e nella fattispecie dell'Associazione pelitico-arenacea dell'omonimo bacino di età miocenica (Messiniano). Essa è costituita da alternanze di argille-siltose grigio-avana sovraconsolidate e sottili livelli sabbiosi e arenacei; a luoghi sono anche presenti sabbie medio-fini debolmente cementate e talora sciolte. Tale litotipo è stato suddiviso in due unità: formazione alterata e formazione integra. Il passaggio tra le due unità è molto graduale e talvolta risulta estremamente difficile distinguerlo.

La formazione alterata costituisce la parte superiore del substrato, si presenta di color tabacco, avana-grigiastro, con un grado di alterazione medio-alto. Lo spessore di tale livello è di circa 2,70-3,50 m. misurato dal pavimento del piano terra dei locali seminterrati.

La formazione integra è composta da argille siltose di colore grigio scuro, sovraconsolidate, con intercalazioni in strati sottili, di livelli arenacei. A tale litotipo sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche:

##### **-- Substrato alterato -- LITOTIPO A – (spessore variabile da m. 2,50 a 3,50):**

Peso di volume	$\gamma$	=	2,10-2,20 t/mc
Coesione non drenata	$C_u$	=	1,78-5,62 Kg/cmq
Coesione drenata	$C'$	=	0,35-0,38 Kg/cmq
Angolo d'attrito	$\phi'$	=	21-22°

Modulo edometrico (int.4-8 Kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>ed</sub>	=	248-361 Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico	E'	=	146-433 Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di poisson	v'	=	0,33-0,28
Modulo di taglio	G	=	1389-1974 Kg/cm <sup>2</sup>
Numero medio dei colpi	N <sub>spt</sub>	=	10-36
Velocità delle onde di taglio	V <sub>s</sub>	=	247-250 m/sec
Modulo di Winkler normale	K <sub>v</sub>	=	2,50-6,00

**-- Sostrato integro -- LITOTIPO B --:**

Peso di volume	γ	=	2,20-2,30 t/m <sup>3</sup>
Coesione non drenata	C <sub>u</sub>	>	6,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo edometrico	E <sub>ed</sub>	>	700 Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico	E'	>	700 Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di poisson	v'	=	0,25
Modulo di taglio	G	=	2100 Kg/cm <sup>2</sup>
Numero medio dei colpi	N <sub>spt</sub>	>	50
Velocità delle onde di taglio	V <sub>s</sub>	=	369-570 m/sec
Modulo di Winkler normale	K <sub>v</sub>	>	10

## 5. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

La scelta fatta in progetto è stata quella di ristrutturare, attraverso demolizione e ricostruzione, un fabbricato adibito a civile abitazione, gravemente danneggiato a seguito delle scosse sismiche del 24 agosto, 26-30 ottobre 2016 e seguenti; esso, realizzato alla fine degli anni 60' si sviluppa su 5 piani fuori terra oltre ad un piano seminterrato; presenta una struttura mista in muratura e c.a. Risulta fondato su fondazioni di tipo superficiale di varia tipologia; tipo plinto, nella parte centrale e di tipo continuo perimetralmente, impostate all'interno della porzione alterata del substrato dalle discrete caratteristiche geotecniche. Il manufatto presenta gravi e diffuse lesioni strutturali passate, localizzate soprattutto ai piani bassi. Da una visione d'insieme del fabbricato non si riscontrano lesioni attribuibili a cedimenti differenziali del terreno di fondazione.

**La scelta fatta in progetto è stata quella di realizzare una nuova struttura in c.a. su isolatori sismici. Viste le condizioni geologiche e geomorfologiche dell'area, del non omogeneo spessore della porzione alterata del substrato che costituisce il piano di appoggio della fondazione attuale, della notevole altezza dell'edificio (Struttura su 6 livelli), per l'intervento in progetto, per un più omogeneo e miglior comportamento della struttura anche in fase sismica, è stato scelto di impostare la struttura su una fondazione tipica "platea nervata" impostata direttamente all'interno del substrato. In alternativa potranno essere realizzate fondazioni superficiali di tipo continuo (graticcio di travi) o tipo plinto.**

Sarà comunque cura dell'ingegnere progettista la scelta della tipologia fondale più idonea in funzione della tipologia strutturale del fabbricato, dei reali carichi trasmessi al terreno e dei parametri geotecnici dei terreni stessi.

Poiché l'intervento prevede la completa demolizione del manufatto, il quale presenta un piano contro terra (lato ovest), vista la vicinanza di fabbricati esistenti, la parete di scavo dovrà essere messa in sicurezza

attraverso la realizzazione di opere di sostegno a breve termine, o attraverso il mantenimento del muro contro terra esistente. Dovranno inoltre essere realizzate opportune opere per lo smaltimento delle acque superficiali provenienti dal cantiere e di quelle provenienti dalla strada lungo il lato ovest, le quali, durante i periodi piovosi, potranno trascinare notevoli quantità di materiale all'interno del cantiere stesso.

A tergo dei muri contro terra dovranno essere realizzate opportune opere di drenaggio allo scopo di annullare le spinte idrostatiche generate dalle acque di filtrazione.

Per prevenire sia alterazioni delle caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, sia problemi di stabilità dell'opera stessa, sono necessariamente da prevedere lavori di realizzazione della rete di smaltimento delle acque di gronda, e superficiali onde evitare l'infiltrazione delle acque all'interno del piano fondale. 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:

- 1- Assenza di una falda estesa;
- 2- Presenza di terreni di natura argillosa sovraconsolidati;

Quindi possiamo omettere la verifica alla liquefazione in funzione del fatto che non esistono le condizioni fondamentali perché essa si possa verificare. In particolare si ha assenza di acqua ed una distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate (fusi granulometrici) nella fig. 7.11.1 (a) delle NTC 2018.

**Quindi 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 Camerino è classificato sismico di II<sup>a</sup> categoria. 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, è stata calcolata attraverso l'esecuzione di una prova sismica DOWN HOLE, eseguita in foro attrezzato di 31 m. di profondità, che ha permesso di misurare la velocità di propagazione delle onde "S" nell'intera colonna e n.2 prove sismiche a stazione singola (Analisi di microtremiti a stazione singola) HVSR di cui è stata scelta la migliore.

Le prove sismiche, effettuate attraverso la tecnica HVSR con tromografo digitale, permettono la determinazione delle frequenze di risonanza proprie dei terreni in sito. Ai fini dell'interpretazione delle prove,

sono state effettuate in loco, mediante l'ausilio di tromografo, 3 registrazioni di circa 20 minuti, successivamente elaborate ed interpretate di cui è stata scelta la migliore.

## 6.1 APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC 2018

Per il calcolo della  $V_{seq}$  è stato preso come riferimento il piano di appoggio delle fondazione (offset -1,00 m. dal p.c.) di campagna.

Le prove sismiche effettuate hanno fornito i seguenti risultati:

La determinazione della velocità caratteristica delle onde Sismiche "S" così come prescritto dalle NTC 2018 (par. 3.2.2.) è stata calcolata nei primi 30,00 m. di terreno, in quanto il "substrato sismico" con  $V_s > 800$  m/sec. è stato riscontrato oltre tale profondità.

Tale calcolo ha indicato una velocità media pari a:  **$V_{seq}=376$  m/sec**, calcolato a 30 m. di profondità in quanto il substrato sismico è ubicato oltre tale quota. Pertanto, il terreno è assimilabile ad un suolo di **Categoria "B"** da cui ne deriva un coefficiente di amplificazione stratigrafico pari a  **$S_s=1,20$**  (riferito allo SLV).

-- Zona Sismica 2  **$A_g=$  compreso tra 0,15 e 0,25g** (0,25 Accelerazione orizzontale massima su suolo di cat.A);

-- Categoria Topografica **T1** (Fabbricato sito lungo un pendio, con angoli di inclinazione minori di 15°, Tab.3.2V ntc 2018).

$$S = S_s \times S_t = 1,20 \times 1,0 = 1,20$$

Riassumendo si hanno i seguenti fattori amplificativi:

**IN SLV**

$$S_s = 1,20$$

$$S_t = 1,00$$

$$S = S_t \times S_s = 1,20$$

**IN SLD**

$$S_s = 1,20$$

$$S_t = 1,00$$

$$S = S_t \times S_s = 1,20$$

**IN SLC**

$$S_s = 1,15$$

$$S_t = 1,00$$

$$S = S_t \times S_s = 1,15$$

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.067	2.425	0.275
Danno (SLD)	50	0.084	2.426	0.287
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.200	2.495	0.325
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.255	2.538	0.336

CU = 1

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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,193 g
$F_a$	2,515
$T_c$	0,327 s
$S_o$	1,200
$C_c$	1,375
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,200
$\eta$	1,000
$T_B$	0,150 s
$T_C$	0,450 s
$T_D$	2,371 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_e(T)$  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]	Se [g]
	0,000	0,231
$T_B$ ←	0,150	0,582
$T_C$ ←	0,450	0,582
	0,541	0,484
	0,633	0,414
	0,724	0,361
	0,816	0,321
	0,907	0,289
	0,999	0,262
	1,090	0,240
	1,182	0,222
	1,273	0,206
	1,365	0,192
	1,456	0,180
	1,548	0,169
	1,639	0,160
	1,731	0,151
	1,822	0,144
	1,914	0,137
	2,005	0,131
	2,097	0,125
	2,188	0,120
	2,280	0,115
$T_D$ ←	2,371	0,110
	2,449	0,104
	2,526	0,097
	2,604	0,092
	2,681	0,086
	2,759	0,082
	2,837	0,077
	2,914	0,073
	2,992	0,069
	3,069	0,066
	3,147	0,063
	3,224	0,060
	3,302	0,057
	3,379	0,054
	3,457	0,052
	3,535	0,050
	3,612	0,048
	3,690	0,046
	3,767	0,044
	3,845	0,042
	3,922	0,040
	4,000	0,039

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' ...

## 6.2 ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La visione dei numerosi fabbricati, anche di recente costruzione, lesionati all'interno ed in prossimità dell'area esaminata fanno pensare che all'interno di tale sito si sia verificato un fenomeno di amplificazione sismica locale. Come già descritto l'area è caratterizzata dalla presenza di un substrato sub affiorante di natura prevalentemente argillosa. Dalle misure effettuate è stato accertato che in tali terreni la velocità delle onde di taglio, ricavate dalla prova DOWN-HOLE, fornisce valori variabili compresi all'incirca tra 247 e 650 m/sec. per i primi 40,6 m., quota oltre la quale è rilevabile il substrato sismico, con velocità di propagazione delle onde "S" maggiore di 950 m/sec. Tale profondità potrebbe corrispondere all'incirca al passaggio tra la formazione pellico arenacea di natura prevalentemente argillosa, e la formazione arenacea. Per tale studio, è stata presa in considerazione la condizione riscontrata in prossimità del sondaggio S1 in quanto può essere considerata omogenea e rappresentativa per l'area di sedime del fabbricato.

**Da tale quadro possiamo dedurre che durante il recente sisma del 24 agosto 2016 e soprattutto durante quelli del 26 e 30 ottobre 2016, in tale area, l'incremento di intensità sismica risentita sia stato piuttosto elevato.**

Tali considerazioni hanno portato ad effettuare uno studio di risposta sismica locale. Tuttavia per la completezza dell'indagine si preferisce fornire entrambi i parametri per poter dare modo all'Ingegnere progettista di poter scegliere la metodologia di calcolo ritenuta più opportuna. Tale verifica è stata condotta sulla base di set di accelerogrammi naturali, scaricati per alti periodi (2,00-3,50 sec.) in quanto la tipologia strutturale scelta (Struttura in c.a. su isolatosi sismici), possiede periodi di vibrazione entro tale fascia.

Dallo studio della RSL, i cui elaborati esplicativi vengono allegati alla presente, sono scaturite le seguenti risultanze riferite, sia allo Stato limite di salvaguardia della vita (**SLV**), che allo stato limite di danno (**SLD**), che allo stato limite di collasso (**SLC**):

## SLV 2,0-3,5 sec

### Elaborazione

Numero di iterazioni 100  
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
Tipo di modulo elastico Shake 91  
Massimo errore percentuale di convergenza --

### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.280 [s]
Tvi	1.250 [s]
Tao	0.280 [s]
Tvo	0.320 [s]
Sami	5.014 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.477 [m/s]
Samo	9.756 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.537 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.946 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.126 [-]</b>
TB	0.115 [s]
TC	0.346 [s]
TD	2.372 [s]
SA(0)	4.403 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	9.756 [m/s <sup>2</sup> ]

### Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
4.403	2.216	--	0.115	0.346	2.372	4.403	9.756

## SLD 2,0-3,5 sec

### Elaborazione

Numero di iterazioni 100  
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
Tipo di modulo elastico Shake 91  
Massimo errore percentuale di convergenza 2.26 E-05

### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.180 [s]
Tvi	0.840 [s]
Tao	0.290 [s]
Tvo	0.380 [s]
Sami	2.554 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.168 [m/s]
Samo	4.235 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.218 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.658 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.301 [-]</b>
TB	0.108 [s]
TC	0.324 [s]
TD	1.928 [s]
SA(0)	1.957 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	4.235 [m/s <sup>2</sup> ]

### Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
1.957	2.164	--	0.108	0.324	1.928	1.957	4.235

## SLC 2,0-3,5 sec

### Elaborazione

Numero di iterazioni 100  
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
Tipo di modulo elastico Shake 91  
Massimo errore percentuale di convergenza --

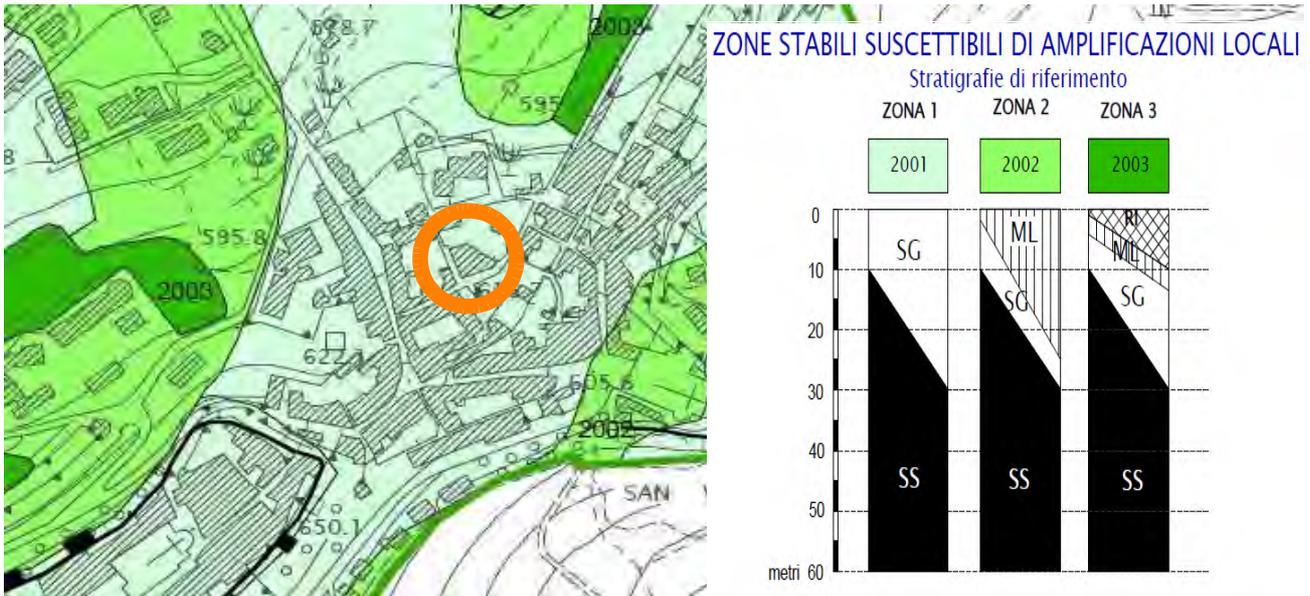
### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.310 [s]
Tvi	1.200 [s]
Tao	0.300 [s]
Tvo	1.200 [s]
Sami	6.476 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.684 [m/s]
Samo	12.312 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.798 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.901 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.166 [-]</b>
TB	0.136 [s]
TC	0.407 [s]
TD	2.576 [s]
SA(0)	5.543 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	12.312 [m/s <sup>2</sup> ]

### Parametri spettro normalizzato

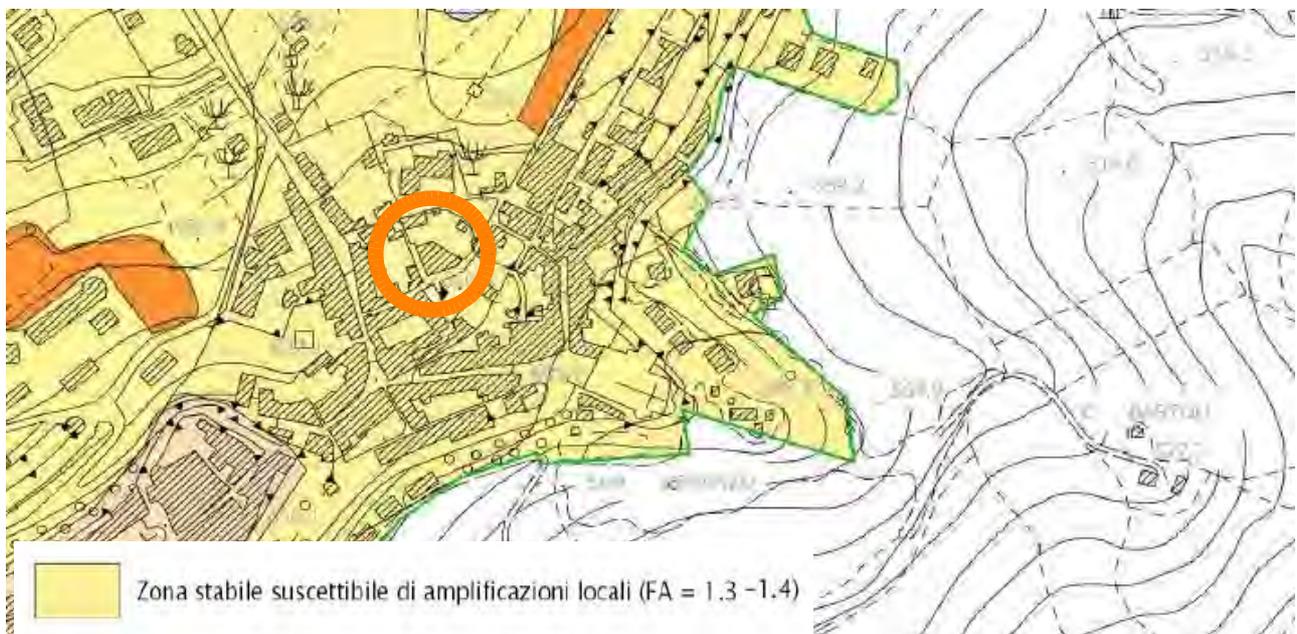
Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
5.543	2.221	--	0.136	0.407	2.576	5.543	12.312

### 6.3 CONFRONTO SPETTRO DI NORMATIVA SPETTRO DI MZS



A puro titolo di completezza è stato effettuato un confronto tra lo spettro di normativa (approccio semplificato) e lo spettro derivante dagli studi di Microzonazione sismica di III Livello. Tali studi, condotti all'interno del comune di Camerino, hanno fornito differenti valori di  $F_a$  per tale area in riferimento ai vari intervalli di periodo. L'area esaminata è contenuta all'interno della microzona omogenea in prospettiva sismica denominata "MOPS 2001" (Vedi Figura sopra).

All'interno di detta zona è stato estralato un valore di  $F_a$  derivante da una analisi sismica 1D effettuata in un un'area apparentemente simile all'inteno della MOPS in esame.



Per operare tale confronto è stato estratto lo spettro medio tra i sette forniti dalle indagini di MZS riferiti alla "MOPS 2001" successivamente normalizzati. Tale confronto è stato effettuato con lo spettro di normativa, prendendo come riferimento lo Stato limite di salvaguardia della vita "SLV" (l'unico considerato nelle indagini

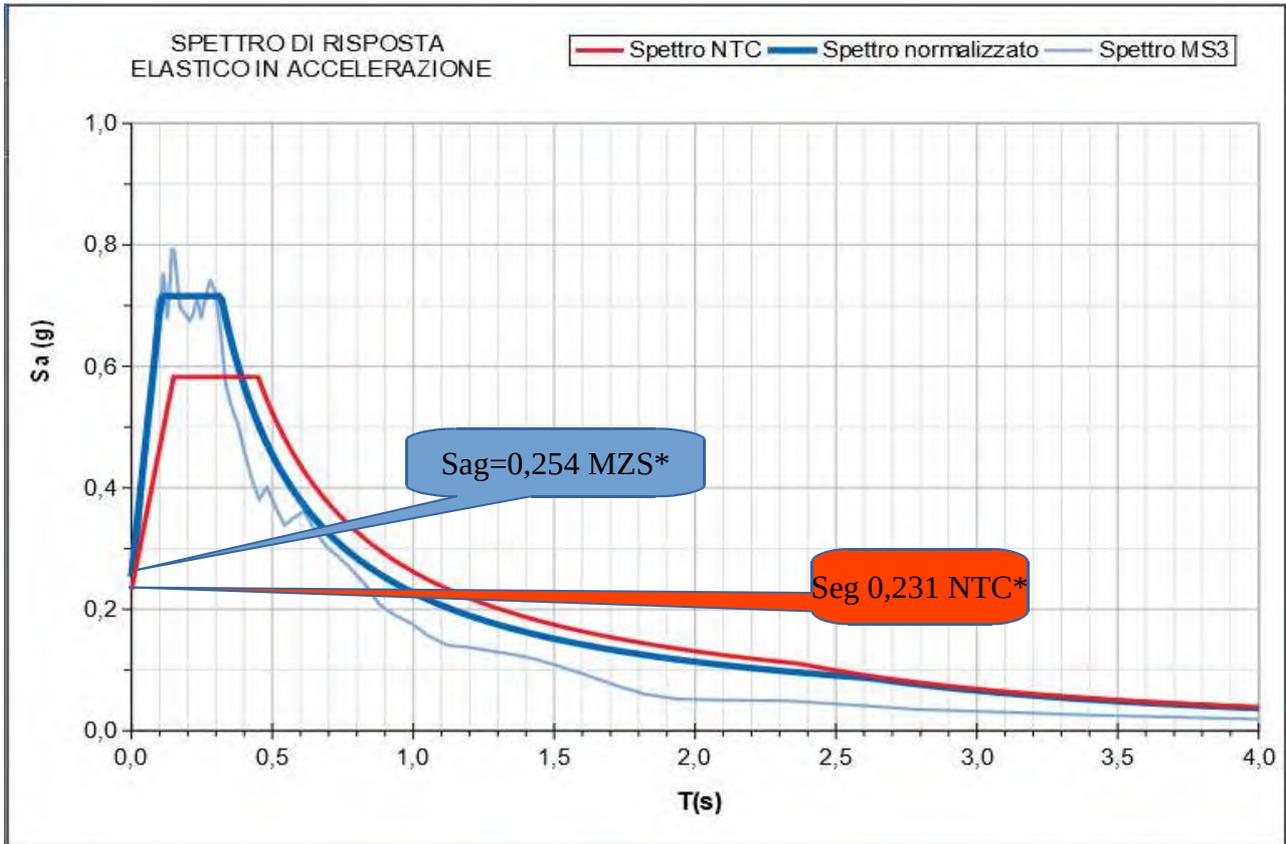
di "MZS"). La figura sopra illustra la carta di MZS riferita allo SLV, con il fattore di amplificazione "Fa" riferito ad un periodo compreso tra 0.1 e 0,5 s.

Come è possibile osservare dai grafici riportati nella pagina seguente, si può notare che lo spettro di Microzonazione sismica risulta quello più gravoso in termini di accelerazione massima rispetto a quello di Normativa.

Tuttavia ai sensi del p.to 3 dell'allegato 1 all'ordinanza del commissario delegato per la ricostruzione n.55 del 24.04.2018 sarebbe possibile utilizzare l'approccio semplificato come previsto dalle NTC 2018, come confermato dalla verifica effettuata.

Infatti, dal confronto tra gli spettri derivanti dalla MZS III e lo spettro di normativa, emerge che l'integrale dello spettro di MZS non supera del 20% il corrispondente integrale dello spettro di normativa. Inoltre lo spettro di MZS non supera puntualmente, in misura maggiore del 30%, lo spettro di normativa.

Di seguito vengono messi a confronto lo spettro di normativa "NTC" e lo spettro di Microzonazione sismica "MZS".



PERIODO "T" DI RIFERIMENTO	CONDIZIONE 1	CONDIZIONE 2		RSL
	Lo spettro MS3 supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma (NTC)?	L'integrale dello spettro MS3 è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma?		Sono necessari approfondimenti del modello di sottosuolo?
0,1 - 0,5 sec	NO	1,47%	NO	NO
0,4 - 0,8 sec	NO	-14,70%	NO	NO
0,7 - 1,1 sec	NO	-15,25%	NO	NO

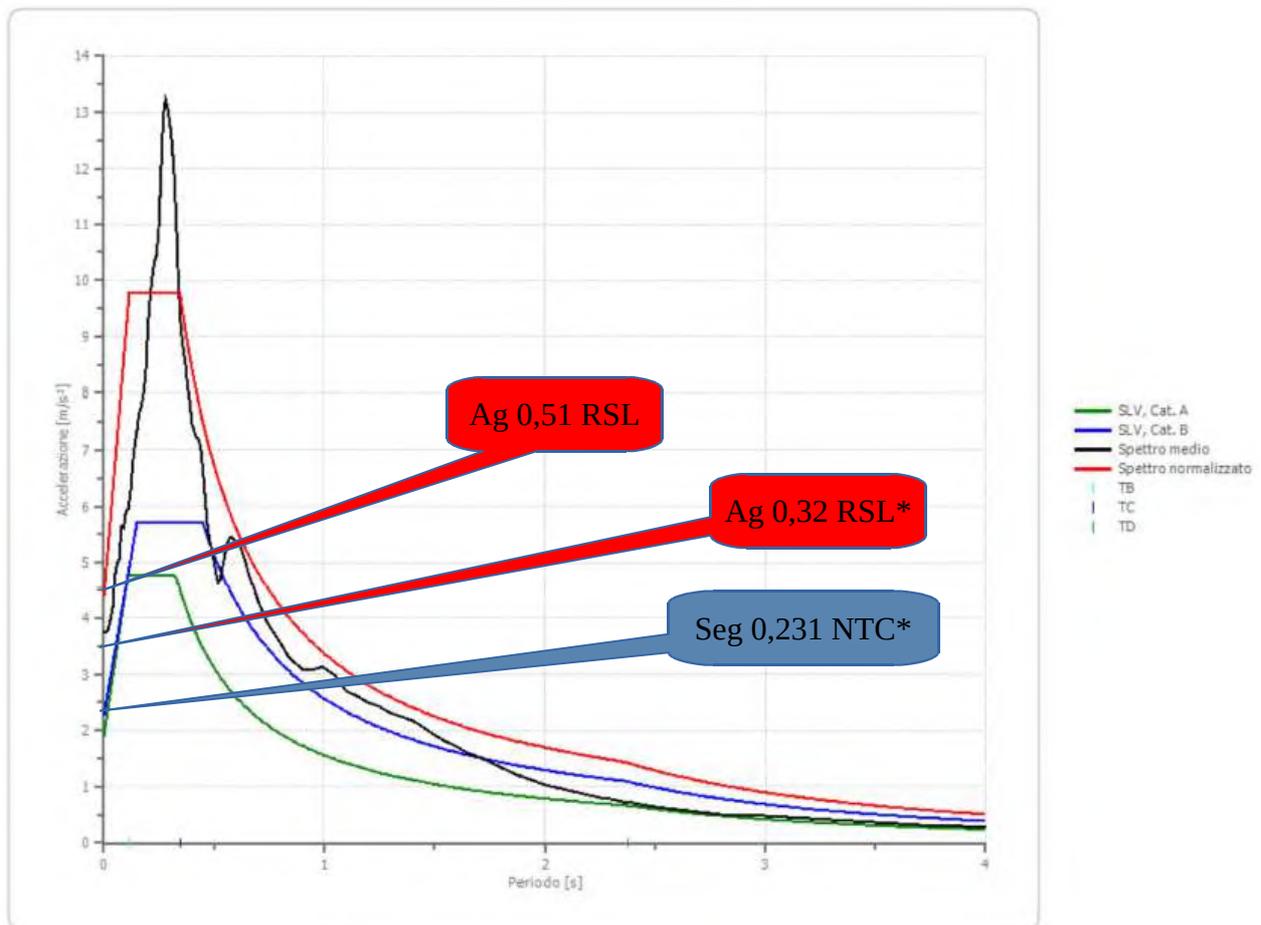
**Parametri MS3**

ag (g) 0,254  
 Sa max (g) 0,793  
 T (Sa max) 0,143  
 Sa medio (g) 0,716  
 Sv max (m/s) 0,345  
 T (Sv max) 0,613  
 Sv medio (m/s) 0,355  
 Tb 0,106  
 Tc 0,318  
 Td 2,616  
 Fo 2,816

**Parametri NTC**

ag (g) 0,193  
 Fo 2,515  
 Tc\* 0,327  
 Ss 1,200  
 Cc 1,375  
 St 1,000  
 Tb 0,150  
 Tc 0,450  
 Td 2,372

Lo spettro di normativa (in SLV), i cui parametri sono sopra riportati, è stato confrontato anche con lo spettro derivante dall'analisi di Risposta sismica locale 1D (in SLV).



\* Valore ( $A_{gxS}$ ) utilizzabile anche per il calcolo dell'incremento sismico (Ord.62 del 03.08.2018 Art.10 lett.q) in funzione dell'approccio di calcolo utilizzato (In quanto derivante da normalizzazione dello spettro come da Ordinanze CDR 55-62).

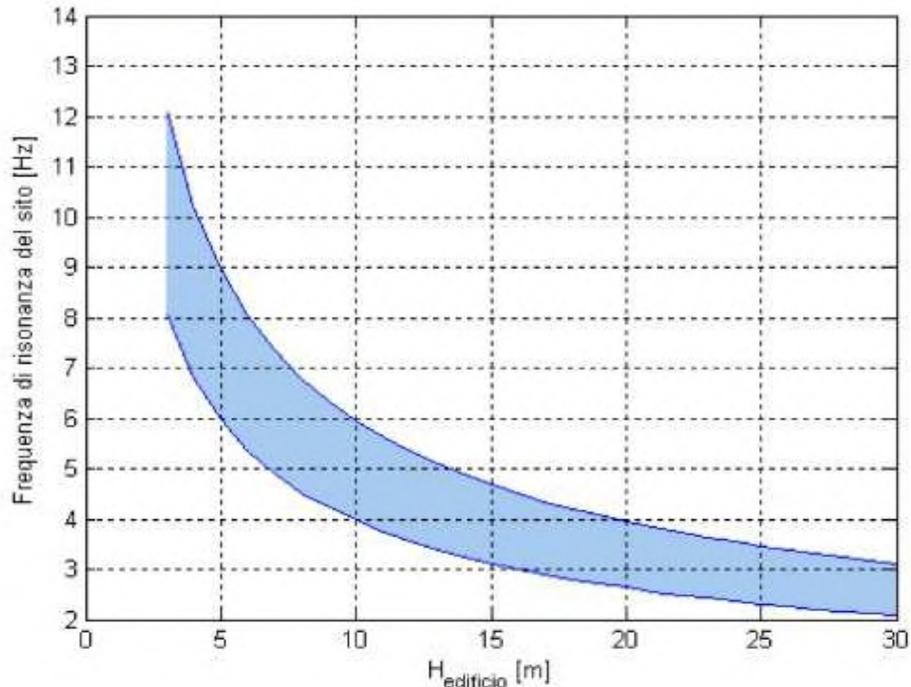
Dal confronto tra i vari spettri di risposta emerge che quello più gravoso in termini di accelerazione massima risulta essere lo spettro derivante dalle analisi di Risposta sismica locale (Site specifiche) per tutti gli intervalli di periodo.

**Pertanto, l'analisi di Risposta sismica locale, con indagini sito specifiche, fornisce parametri più severi rispetto a quelli ottenuti sia dalla MZS III, che derivanti dalla normativa; Sarà cura dell'Ingegnere progettista la scelta dei parametri più cautelativi in funzione della tipologia strutturale che verrà adottata.**

## 6.4 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 microtremori con il metodo di Nakamura ha posto in luce, nell'interno sito, la presenza un modesto picco di impedenza, a circa **2,50-2,70 Hz** ( $H_{\text{vrs1}}$ ), da valutare 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, come già detto, prevede la realizzazione di un modesto sbancamento per la realizzazione delle opere di fondazione di un fabbricato che verrà realizzato così com'era con un piano parzialmente interrato. 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 naturale in sito. Pertanto 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. Esso, 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, 23.02.2019

Dott. Geol. Gian Luca Faustini





Società di tecnologie e servizi innovativi nel settore ambientale

## COMUNE DI CAMERINO

VIA NARCO 16



## RAPPORTO PROVE

DATA:

GENNAIO 2018

REFERENTE:

DOTT. GEOL. FAUSTINI GIANLUCA

COMMITTENTE:

Condominio "Via Narco 16"

**GEO 3D SRL**

AREA	RAPPORTO DI PROVA	ESEGUITO	VERIFICATO RTE	AGGIORNAMENTO
GEOTECNICA GEOFISICA	D 087-17	SI 24-II-2017 S2 29-II-2017 S3 29-II-2017	08-01-2018	



**SOCIETA' CERTIFICATA PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI DIAGNOSTICHE STRUTTURALI E GEOGNOSTICHE IN SITU**

GEO 3D SRL Via della Chimica,snc Loc. Vazia - 02100 Rieti tel./fax. 0746-221363 WWW.geo-3d.it EMAIL : admin@geo-3d.it  
Cod. Fisc. e P.I.:00937950574



## INDICE

1.0	PREMESSA .....	2
2.0	SONDAGGIO GEOGNOSTICO .....	2
2.1	SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1 .....	2
2.2	SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2 .....	4
2.3	SONDAGGIO GEOGNOSTICO S3 .....	5
2.3.1	Campionamento S3C1 .....	6
3.0	PROVA SISMICA DIRETTA .....	7
3.1	<i>Indagini geofisiche dirette tipo Down Hole</i> .....	7
3.2	<i>Introduzione</i> .....	7
3.3	<i>Procedura sperimentale</i> .....	9
3.4	<i>Interpretazione in down hole con il metodo diretto</i> .....	10
3.5	<i>Interpretazione in down hole con il metodo intervallo</i> .....	11
3.6	<i>Risultati down hole</i> .....	13

### **Allegati**

- 1.Ubicazione indagini
- 2.Certificato sondaggi a carotaggio continuo
- 3.Analisi campione

## **1.0 PREMESSA**

Su incarico del “Condominio Via Narco16” , nel territorio comunale di Camerino (MC), sono state eseguite le seguenti indagini ubicate secondo le disposizione del Dott. Geol. Referente Faustini Gianluca in accordo con la committenza :

N° 1 sondaggio a carotaggio continuo S1 spinto fino alla profondità di 31 m (si veda Allegato 2 – Certificato di sondaggio) attrezzato a Down Hole;

N° 2 sondaggi a carotaggio continuo S2-S3 spinti fino alla profondità di 5 m (si veda Allegato 2 – Certificato di sondaggio);

N° 1 prova geofisica diretta di tipo Down Hole per il calcolo dei tempi d’arrivo delle onde di compressione (P) e di taglio (S), le velocità  $V_p$  e  $V_s$  e la ricostruzione di un profilo sismostratigrafico del sottosuolo eseguita in foro di sondaggio S1.

Di seguito vengono riportati i dati risultati.

## **2.0 SONDAGGIO GEOGNOSTICO**

Il sondaggio geognostico è stato eseguito tramite una sonda cingolata Marca EGT, con carotiere  $\varnothing=101$  mm. Gli spezzoni di carota sono stati disposti in apposite cassette catalogatrici, descritte nel modulo di perforazione e fotografate (v. Allegato 2 - Certificato sondaggio a carotaggio continuo, dove viene riportato il sondaggio e la documentazione fotografica allegata).

### **2.1 SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1**

La perforazione del sondaggio (in Fig. 1) è stata eseguita fino alla profondità di -30 m a carotaggio continuo. Si riporta di seguito la stratigrafia descritta sinteticamente:

- Da -0.00 m a -0.30 m: ghiaie di natura calcarea (massicciata stradale)

- Da -0.30 m a -2.50 m: argille siltose sovraconsolidate di color grigio tabacco alternate a sottili livelli sabbiosi di colore grigio giallastro- Formazione delle arenarie di Camerino, Associazione Pelitico-Arenacea;
- Da -2.50 m a 31.00 m: argille siltose sovraconsolidate di color grigio plumbeo, alternate a sottili livelli arenacei di colore grigio-Formazione delle Arenarie di Camerino, Associazione pelitico arenacea.



**Fig. 1: Postazione del sondaggio geognostico S1.**

STANDARD PENETRATION TEST – AGI 1977		
MODALITA' PROVE		
Sondaggio	S1	
Data inizio - Data fine	24-28/11/2017	
Perforazione	Carotaggio continuo	
Diametro foro (mm)	101	
Livello falda	-	
Massa Aste (Kg/m)	10,0	
Massa del maglio (Kg)	63,5	
Altezza di caduta (m)	0,76	
S.P.T. N° 1		
Profondità (m)	-1.00	
Campionatore	Spt in foro	
Punta	Chiusa	
Valori		
N1= 5	N2= 11	N3= 26

Dott. Geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 13  
62032 Camerino (MC)  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it  
Tel. 3398642965

**S1\_1**  
**SONDAGGIO GEOGNOSTICO**  
Data: 24-28.11.2017  
Committente: Condominio Via Narco, 16  
Località: Camerino, Via Narco, 16

Metodo di perforazione:  
Carotaggio continuo  
Rivestimento fino a 31,00 m,  
Diam. carotiere fi 10 cm  
Foro attrezzato per esecuzione DH  
Ditta esecutrice: Geo3D Rieti  
\* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)		LITOLOGIA	RP Kg/cmq	SPT	OSSERVAZIONI
	Falda Liv. Statico	P.C.				
0,0		0,30	0,30			<p>Carote di sondaggio S1</p> 
2,0		2,50	2,20	>3,0	Da 1,00-1,45	
4,0				>6,0	Da 3,00-3,45 NSPT 23-50-Rif. NSPT 5-11-26	
6,0						
8,0						
10,0						
12,0						
14,0						
16,0						
18,0						
20,0						
22,0						

Ghiale di natura calcarea  
(Massicciata stradale)

Argille siltose sovraconsolidate di color grigio tabacco  
alternate a sottili livelli sabbiosi di colore grigio  
giallastro

Formazione delle Arenarie di Camerino  
Associazione Pellico-arenacea

SUBSTRATO ALTERATO  
(LITOTIPO "A")

Argille siltose sovraconsolidate di color grigio  
plumbeo, alternate a sottili livelli arenacei  
di colore grigio

Formazione delle Arenarie di Camerino  
Associazione Pellico-arenacea

SUBSTRATO INTEGRO (LITOTIPO "B")

Dott. Geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 13  
62032 Camerino (MC)  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it  
Tel. 3398642965

**S1\_2**  
**SONDAGGIO GEOGNOSTICO**  
Data: 24.11.2017  
Committente: Condominio Via Narco, 16  
Località: Camerino, Via Narco, 16

Metodo di perforazione:  
Carotaggio continuo  
Rivestimento fino a 31,00 m.  
Diam. carotiere fi 10 cm  
Foro attrezzato per esecuzione DH  
Ditta esecutrice: Geo3D Rieti  
\* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)			LITOLOGIA	RP Kg/cmq	SPT	OSSERVAZIONI
	Falda Liv. Statico	P.C.	Parz.				
22,0				<p>Argille siltose sovraconsolidate di color grigio plumbeo, alternate a sottili livelli arenacei di colore grigio Formazione delle Arenarie di Camerino Associazione Pelitico-arenacea</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">SUBSTRATO INTEGRO (LITOTIPO "B")</p>	>3,0		Carote di sondaggio S1
24,0			>6,0				
26,0							
28,0							
30,0							
31,0		31,0					
32,0							
34,0							
36,0							
38,0							
40,0							
42,0							
44,0							

Dott. Geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 13  
62032 Camerino (MC)  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it  
Tel. 3398642965

**S1**  
**ELABORATO FOTOGRAFICO**  
Data: 24-28.11.2017  
Committente: Condominio Via Narco, 16  
Località: Camerino, Via Narco, 16

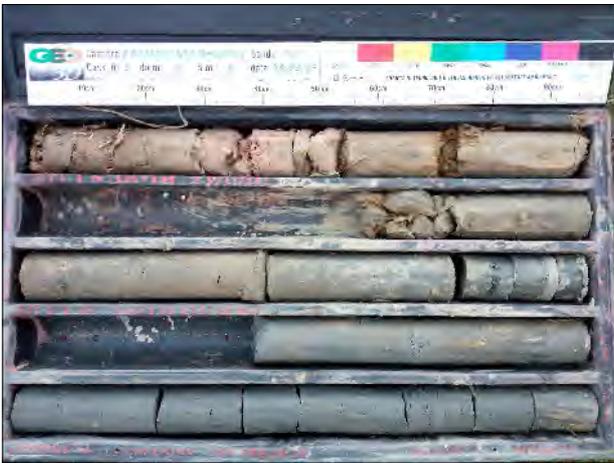
Metodo di perforazione: Carotaggio continuo  
Rivestimento fino a 31,00 m.  
Diam. carotiere fi 10 cm  
Foro attrezzato per esecuzione DH  
Ditta esecutrice: Geo3D Rieti  
\* Percolazioni idriche

## ELABORATO FOTOGRAFICO

Fasi di esecuzione S1



Cassa n.1 da 0,00 a 5,00 m



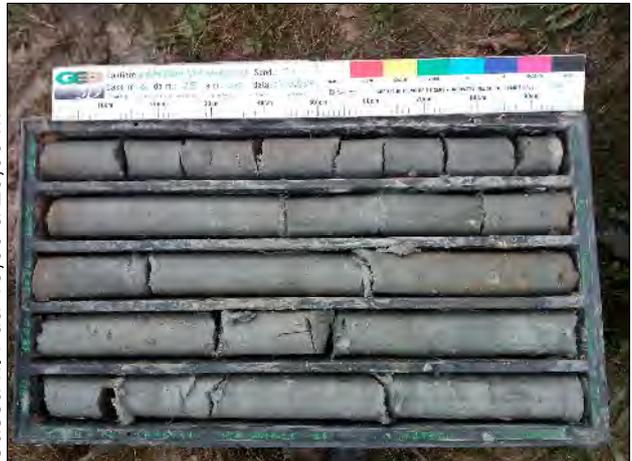
Cassa n.2 da 5,00 a 10,00 m



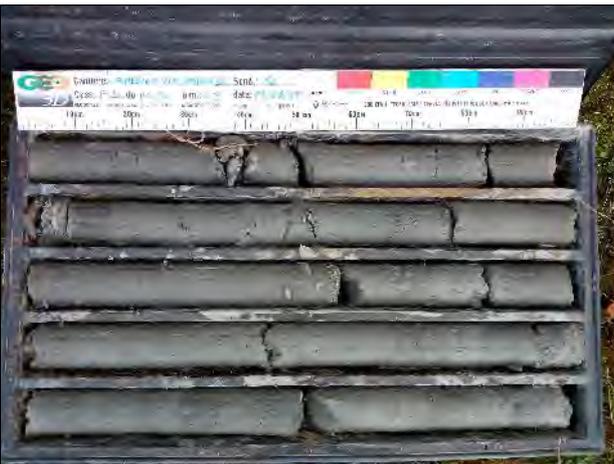
Cassa n.3 da 10,00 a 15,00 m



Cassa n.4 da 15,00 a 20,00 m



Cassa n.5 da 20,00 a 25,00 m



Cassa n.6 da 25,00 a 30,00 m



S.P.T. N° 2		
Profondità (m)	-3.00	
Campionatore	Spt in foro	
Punta	Chiusa	
Valori		
N1= 23	N2= 50	N3= rif.

## 2.2 SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2

La perforazione del sondaggio è stata eseguita fino alla profondità di -5 m a carotaggio continuo. Si riporta di seguito la stratigrafia descritta sinteticamente:

- Da -0.00 m a -0.30 m: ghiaie di natura calcarea (massicciata stradale)
- Da -0.30 m a -4.70 m: argille siltose sovraconsolidate di color grigio tabacco alternate a sottili livelli sabbiosi di colore grigio giallastro- Formazione delle arenarie di Camerino, Associazione Pelitico-Arenacea;
- Da -4.70 m a 5.00 m: argille siltose sovraconsolidate di color grigio plumbeo, alternate a sottili livelli arenacei di colore grigio-Formazione delle Arenarie di Camerino, Associazione pelitico arenacea.



Fig. 2: Postazione del sondaggio geognostico S2.

Dott. Geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 13  
62032 Camerino (MC)  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it  
Tel. 3398642965

**S2**  
**SONDAGGIO GEOGNOSTICO**  
Data: 29.11.2017  
Committente: Condominio Via Narco, 16  
Località: Camerino, Via Narco, 16

Metodo di perforazione:  
Carotaggio continuo  
Rivestimento fino a 31,00 m.  
Diam. carotiere fi 10 cm  
Foro attrezzato per esecuzione DH  
Ditta esecutrice: Geo3D Rieti  
\* Percolazioni Idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)		LITOLOGIA	RP Kg/cmq	SPT	OSSERVAZIONI
	Falda Liv. Statico	P.C.				
0,0		0,30	0,30			Carote di sondaggio S2 
1,0				3,0		
2,0				4,0		
3,0				5,5		
4,0				5,5		
5,0		4,70	4,40	>6,0		
6,0		5,00		>6,0		
7,0				>6,0		
8,0				>6,0		
9,0				>6,0		
10,0						
11,0						

Dott. Geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 13  
62032 Camerino (MC)  
mail. gianluca.faustini@iscali.it  
Tel. 3398642965

**S2**  
**ELABORATO FOTOGRAFICO**  
Data: 29.11.2017  
Committente: Condominio Via Narco, 16  
Località: Camerino, Via Narco, 16

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo  
Rivestimento fino a 31,00 m.  
Diam. carotiere fi 10 cm  
Foro attrezzato per esecuzione DH  
Ditta esecutrice: Geo3D Rieti  
\* Percolazioni idriche

## ELABORATO FOTOGRAFICO

Fasi di esecuzione S2



Cassa n.1 da 0,00 a 5,00 m

### 2.3 SONDAGGIO GEOGNOSTICO S3

La perforazione del sondaggio è stata eseguita fino alla profondità di -5 m a carotaggio continuo. Si riporta di seguito la stratigrafia descritta sinteticamente:

- Da -0.00 m a -0.30 m: ghiaie di natura calcarea (massicciata stradale)
- Da -0.30 m a -2.70 m: argille siltose sovraconsolidate di color grigio tabacco alternate a sottili livelli sabbiosi di colore grigio giallastro- Formazione delle arenarie di Camerino, Associazione Pelitico-Arenacea;
- Da -2.70 m a 5.00 m: argille siltose sovraconsolidate di color grigio plumbeo, alternate a sottili livelli arenacei di colore grigio-Formazione delle Arenarie di Camerino, Associazione pelitico arenacea.



Fig. 3: Postazione del sondaggio geognostico S3.

CAMPIONAMENTO	
Campione C1	
Sondaggio	S3
Data	29/11/2017
Profondità (m)	-1.00/-1.50

Dott. Geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 13  
62032 Camerino (MC)  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it  
Tel. 3398642965

**S3**  
**SONDAGGIO GEOGNOSTICO**

Data: 29.11.2017  
Committente: Condominio Via Narco, 16  
Località: Camerino, Via Narco, 16

Metodo di perforazione:  
Carotaggio continuo  
Rivestimento fino a 31,00 m.  
Diam. carotiere fi 10 cm  
Foro attrezzato per esecuzione DH  
Ditta esecutrice: Geo3D Rieti  
\* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)		LITOLOGIA	RP Kg/cmq	SPT	OSSERVAZIONI
	Falda Liv. Statico	P.C.				
0,0		0,30	0,30			
			Massetto in cls + Ghiaie di natura calcarea (Massicciata stradale)	3,0		
1,0				4,0		
			Argille siltose sovraconsolidate di color grigio tabacco alternate a sottili livelli sabbiosi di colore grigio giallastro Formazione delle Arenarie di Camerino Associazione Pelitico-arenacea	5,5		Prelievo campione <b>C1</b> da m. 1,00 a 1,50
2,0				>6,0		Carote di sondaggio S3
3,0		3,00	2,70	>6,0		
4,0						
			Argille siltose sovraconsolidate di color grigio plumbeo, alternate a sottili livelli arenacei di colore grigio Formazione delle Arenarie di Camerino Associazione Pelitico-arenacea			
5,0		5,00				
6,0						
7,0						
8,0						
9,0						
10,0						
11,0						



Dott. Geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 13  
62032 Camerino (MC)  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it  
Tel. 3398642965

**S3**  
**ELABORATO FOTOGRAFICO**  
Data: 29.11.2017  
Committente: Condominio Via Narco, 16  
Località: Camerino, Via Narco, 16

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo  
Rivestimento fino a 31,00 m.  
Diam. carotiere fi 10 cm  
Foro attrezzato per esecuzione DH  
Ditta esecutrice: Geo3D Rieti  
\* Percolazioni idriche

## ELABORATO FOTOGRAFICO

Fasi di escuzione S3



Cassa n.1 da 0,00 a 5,00 m

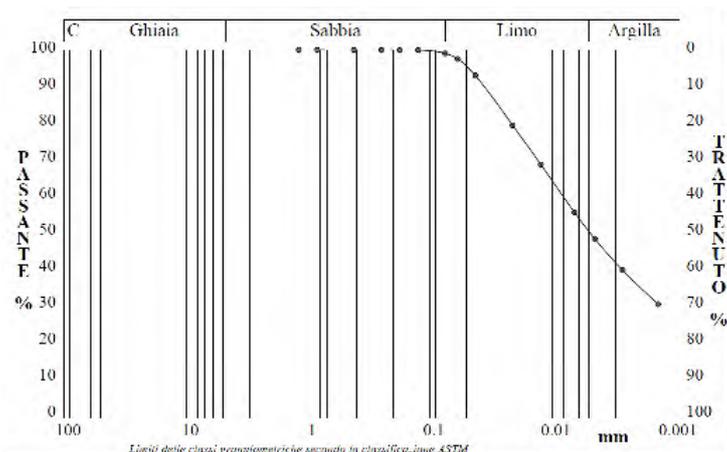


### 2.3.1 Campionamento S3C1

E' stato prelevato un campione indisturbato S3C1 mediante campionatore a pareti sottili ad una quota di -1.00 metri da piano campagna, sul quale sono state ordinate le seguenti prove di laboratorio:

1. analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione
2. prova di taglio diretta consolidata-lenta
3. prova edometrica
4. prova espansione laterale libera

Il terreno è stato identificato come una **argilla con limo di colore nocciola verdastro**, con percentuale di ghiaia pari a 0.0 %, di sabbia circa 1.0 %, limo circa 48.7% e argilla circa 50.3%.



La prova di taglio diretta consolidata drenata ha determinato i seguenti parametri geotecnici:

angolo d'attrito  $\Phi = 21^\circ$

coesione  $C = 37.7$  KPa

Peso di Volume  $\gamma = 20.4$  kN/mc

$\sigma$	351	kPa
$c_u$	175	kPa

I risultati delle prove di laboratorio vengono riportati nell'Al. 3.

### **3.0 PROVA SISMICA DIRETTA**

#### ***3.1 Indagini geofisiche dirette tipo Down Hole***

Le misure sono state effettuate ogni metro, dalla profondità di 30 metri fino al piano campagna nel foro di sondaggio S1.

Dall'analisi dei sismogrammi, sono stati determinati i tempi d'arrivo delle onde di compressione (P) e di taglio (S), e quindi le velocità  $V_p$  e  $V_s$ .

Note le velocità, sono stati calcolati i moduli elastici dinamici E, G, il coefficiente di Poisson ed il valore delle  $V_{s30}$ .

Si è utilizzato un sismografo digitale PASI mod. 16 S24U, un geofono tridimensionale da foro GFA -60 costituito da 3 geofoni da 10 Hz (1 vert. 2 orizz.) con un sistema di clamping tramite pistone pneumatico.

La creazione delle onde P e S è avvenuta per mezzo di una mazza di 8kg, con percussione rispettivamente su piattello in alluminio a terra e ai lati di un trave in legno massello, il segnale di inizio registrazione è dato dalla chiusura di un circuito elettrico.

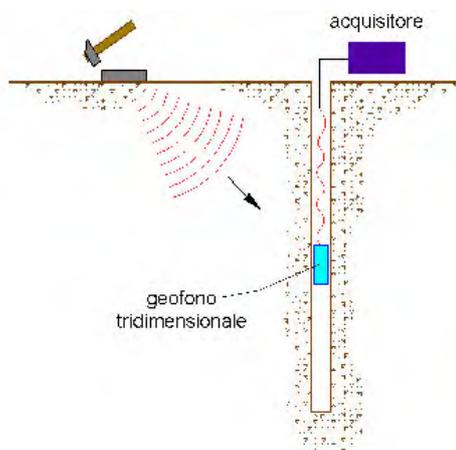
#### **3.2 Introduzione**

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica, posta in superficie, e i ricevitori, posti all'interno di un foro di sondaggio (in Fig. 4 e 5).

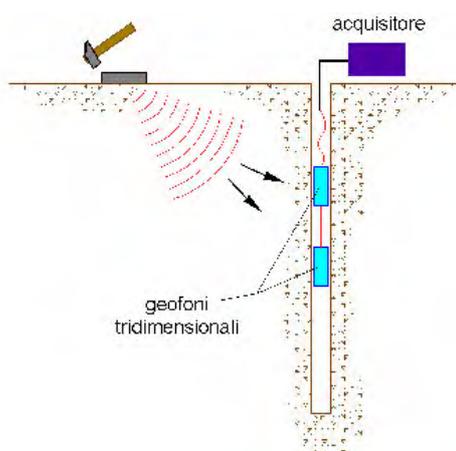
Le componenti indispensabili per una misura DH accurata consistono:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;

- uno o più geofoni tridimensionali, con appropriata risposta in frequenza (4,5-14 Hz), direzionali e dotati di un sistema di ancoraggio alle pareti del tubo-foro;
- un sismografo multi-canale, in grado di registrare le forme d'onda in modo digitale e di registrarle su memoria di massa;
- un trasduttore (trigger) alloggiato nella sorgente necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica mediante massa battente.



**Fig. 4: Schema down hole ad un solo ricevitore**



**Fig. 5: Schema down hole a due ricevitori**

Durante la perforazione, per ridurre l'effetto di disturbo nel terreno, i fori vengono sostenuti mediante fanghi bentonici e il loro diametro viene mantenuto piuttosto piccolo (mediamente 15 cm).

I fori vengono poi rivestiti mediante tubazioni, generalmente in PVC, e riempiti con una malta a ritiro controllato, generalmente composta di acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

Prima di ogni cosa, è però importante assicurarsi che il foro sia libero da strozzature e che il tubo di rivestimento non presenti lesioni.

### **3.3 Procedura sperimentale**

La sorgente consiste in una piastra di alluminio che, dopo avere opportunamente predisposto il piano di appoggio, viene adagiata in superficie ad una distanza di 1,5 – 2,5 m dal foro e orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse foro. Alla sorgente è agganciato il trasduttore di velocità utilizzato come trigger.

Se si dispone di due ricevitori, questi vengono collegati in modo da impedirne la rotazione relativa e da fissarne la distanza. Il primo dei due ricevitori viene raccordato ad una batteria di aste che ne permette l'orientamento dalla superficie e lo spostamento.

Una volta raggiunta la profondità di prova, i geofoni vengono orientati in modo che un trasduttore di ogni sensore sia diretto parallelamente all'asse della sorgente (orientamento assoluto).

A questo punto i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento, la sorgente viene colpita in senso verticale (per generare onde di compressione P) o lateralmente (per generare onde di taglio SH) e, contemporaneamente, parte la registrazione del segnale di trigger e dei ricevitori.

Eseguite le registrazioni la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta.

### 3.4 Interpretazione in down hole con il metodo diretto

Per poter interpretare il down hole con il metodo diretto, inizialmente, bisogna correggere i tempi di tragitto ( $t$ ) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Se  $d$  è la distanza della sorgente dall'asse del foro,  $r$  la distanza fra la sorgente e la tripletta di sensori,  $z$  la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti ( $t_{\text{corr}}$ ) mediante la seguente formula di conversione:

$$1.0) t_{\text{corr}} = \frac{z}{r} t$$

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico  $t_{\text{corr}} - z$  in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali. Ottenuti graficamente i sismostrati si ottengono la densità media, funzione della velocità e della profondità, e i seguenti parametri:

- 1) coefficiente di Poisson medio:

$$2.0) \nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

- 2) modulo di deformazione a taglio medio:

$$3.0) G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

- 3) modulo di compressibilità edometrica medio:

$$4.0) E_{\text{dmedio}} = \rho V_p^2$$

- 4) modulo di Young medio:

$$5.0) E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

5) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$6.0) E_{\text{vmedio}} = \rho \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

### 3.5 Interpretazione in down hole con il metodo intervallo

Con il metodo intervallo i tempi di tragitto dell'onda sismica si misurano fra due ricevitori consecutivi (Fig. 8) posti a differente profondità, consentendo così di migliorare la qualità delle misure (velocità d'intervallo).

Quando si dispone di un solo ricevitore, cioè nell'ipotesi in cui le coppie non corrispondano ad un unico impulso, i valori di velocità determinati vengono definiti di pseudo-intervallo, consentendo solo un'apparente migliore definizione del profilo di velocità.

Ottenute le misure è possibile calcolare i tempi corretti con la 1.0) e la velocità intervallo delle onde P e S, con relativo grafico (figura 18), con la formula seguente:

$$7.0) V_{p,s} = \frac{Z_2 - Z_1}{t_{2\text{corr}} - t_{1\text{corr}}}$$

Ottenute le velocità intervallo si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate sopra.

Il metodo intervallo presenta però dei limiti:

- non tiene conto della velocità degli strati sovrastanti;
- non è applicabile nel caso in cui  $t_{2\text{corr}} < t_{1\text{corr}}$ .

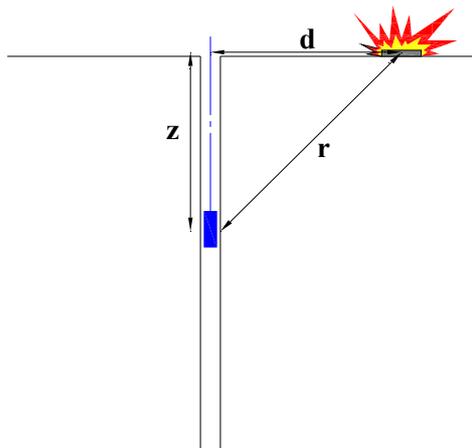


Fig. 6: Schema di down hole con metodo diretto

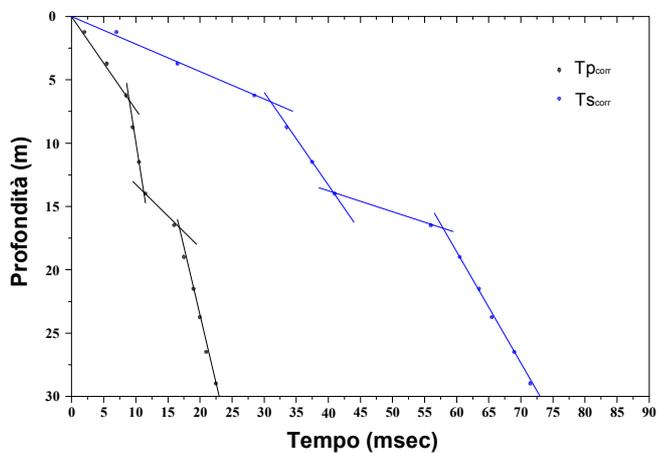


Fig. 7: Dromocrone

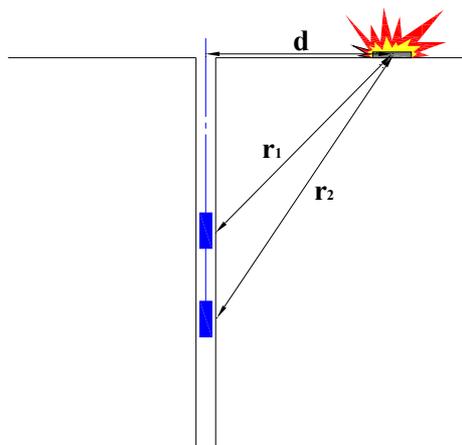


Fig. 8: Schema di down hole con metodo intervallo

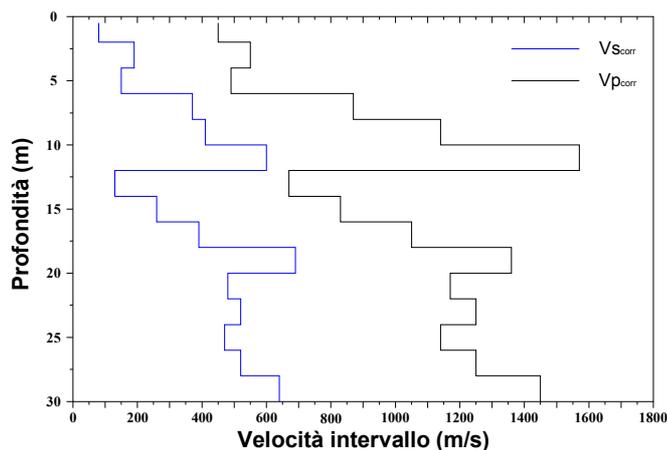


Fig. 9: Profilo delle velocità sismiche con metodo intervallo

Ambedue le procedure d'interpretazione sopra descritte sono comunque suscettibili di una critica fondamentale, cioè si basano sull'ipotesi che i percorsi delle onde siano rettilinei e coincidenti con quelli che collegano la sorgente ai ricevitori. Di solito ciò non è esatto, dato che, prima di giungere ai ricevitori, le onde subiscono fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso.

### 3.6 Risultati down hole

#### Dati iniziali

Offset scoppio [m]	Numero di ricezioni	Posizione primo geofono [m]	Interdistanza [m]
3	30	1	1

#### Dati misure down hole

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1	6.6	13.6
2	2	7.9	15.1
3	3	8.8	15.5
4	4	10.1	17.2
5	5	11.2	18.3
6	6	11.8	19.6



7	7	13	21.4
8	8	14	22.2
9	9	15.2	27.7
10	10	16.4	29.9
11	11	18.3	33.2
12	12	20.4	39.1
13	13	21.4	43.8
14	14	23.2	46.6
15	15	24.5	49.9
16	16	25.6	51.1
17	17	27.2	55.4
18	18	27.8	59
19	19	29.1	59.6
20	20	29.8	64.2
21	21	30.8	66.2
22	22	31.2	67.9
23	23	31.7	71.8
24	24	32.8	73.1
25	25	33.4	74
26	26	34.1	75.4
27	27	34.9	77.9
28	28	35.4	78.7
29	29	36.1	81.8
30	30	37	82.5

## Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
3.1623	2.0871	4.3007
3.6056	4.3821	8.3760
4.2426	6.2225	10.9602
5.0000	8.0800	13.7600
5.8310	9.6039	15.6921
6.7082	10.5542	17.5308
7.6158	11.9489	19.6697
8.5440	13.1086	20.7865
9.4868	14.4200	26.2785
10.4403	15.7084	28.6390
11.4018	17.6552	32.0302
12.3693	19.7909	37.9326
13.3417	20.8520	42.6783
14.3178	22.6850	45.5656
15.2971	24.0242	48.9310
16.2788	25.1615	50.2248
17.2627	26.7861	54.5570
18.2483	27.4218	58.1972
19.2354	28.7439	58.8707
20.2238	29.4703	63.4897
21.2132	30.4904	65.5347

22.2036	30.9139	67.2774
23.1948	31.4337	71.1969
24.1868	32.5467	72.5355
25.1794	33.1621	73.4729
26.1725	33.8752	74.9030
27.1662	34.6866	77.4236
28.1603	35.1986	78.2521
29.1548	35.9084	81.3658
30.1496	36.8164	82.0906

### Metodo diretto

Profondità di riferimento: 30 m  
 VS30: 365.45 m/s

Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
argille siltose alternate a livelli sabbiosi	2.2
argille siltose sovraconsolidate alternate a livelli arenacei	8.26
argille siltose meno consolidate	14.71
argille siltose consolidate	22.36
argille siltose sovraconsolidate alternate a livelli arenacei	30

Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
463.16	247.47	20.08	0.3	125.37	439.15	326.02	271.99
696.55	454.95	21.26	0.13	448.72	1051.83	1012.31	453.54
632.97	250.49	19.06	0.41	121.92	778.52	343.11	615.96
1025.47	369.03	20.37	0.43	282.82	2183.86	806.38	1806.78
1335.66	570.15	21.8	0.39	722.63	3965.85	2006.89	3002.33

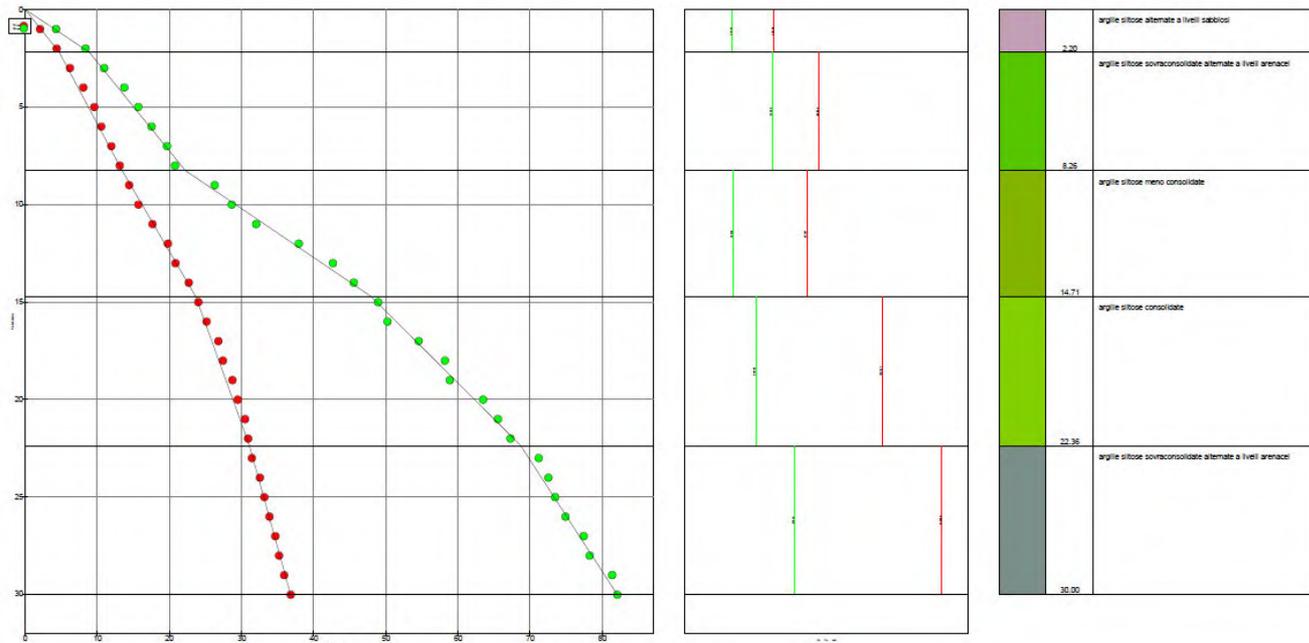


Fig. 10: Dromocrone



Fig. 11: foto posizionamento dh

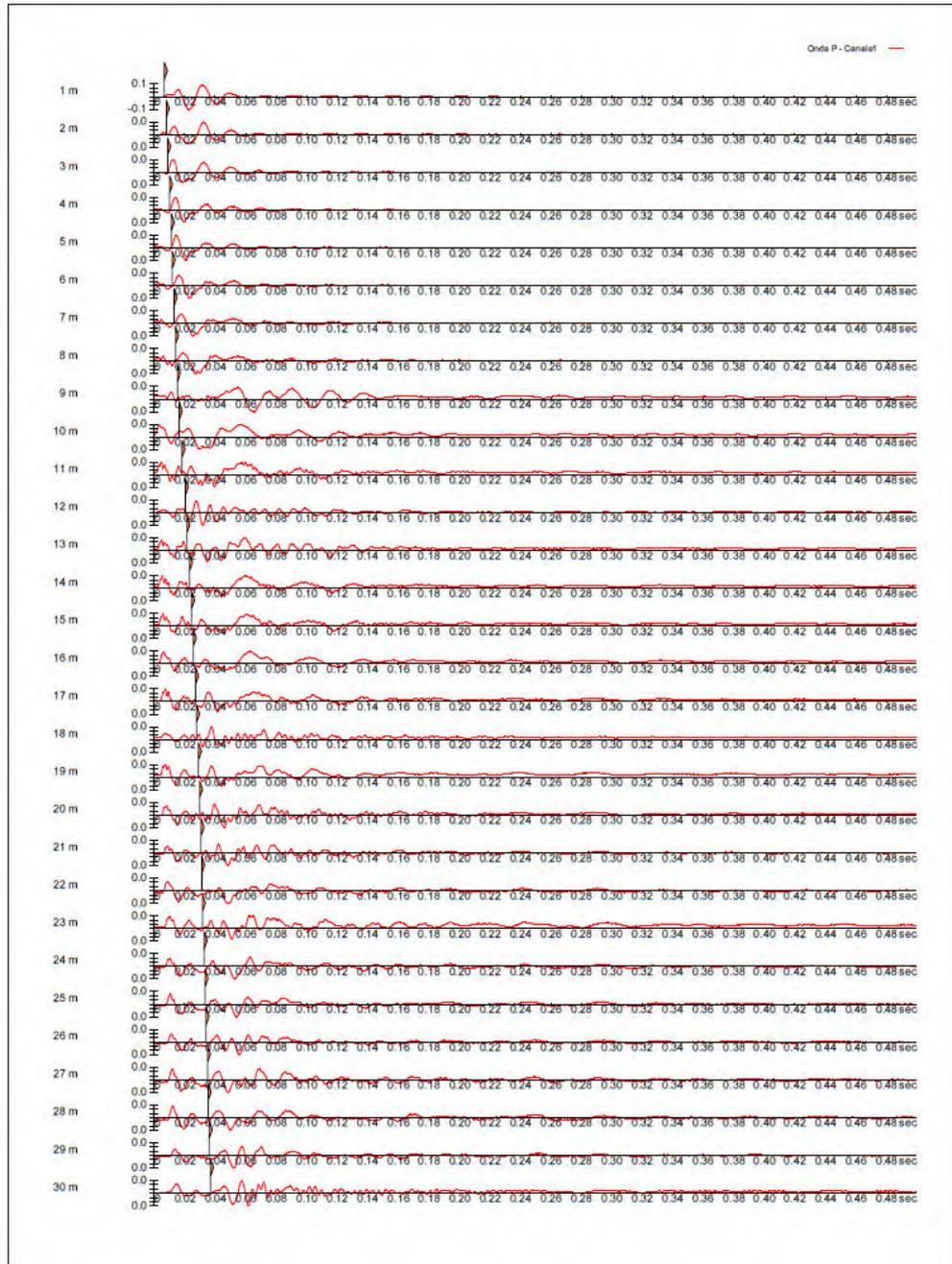


Fig. 12: Vp

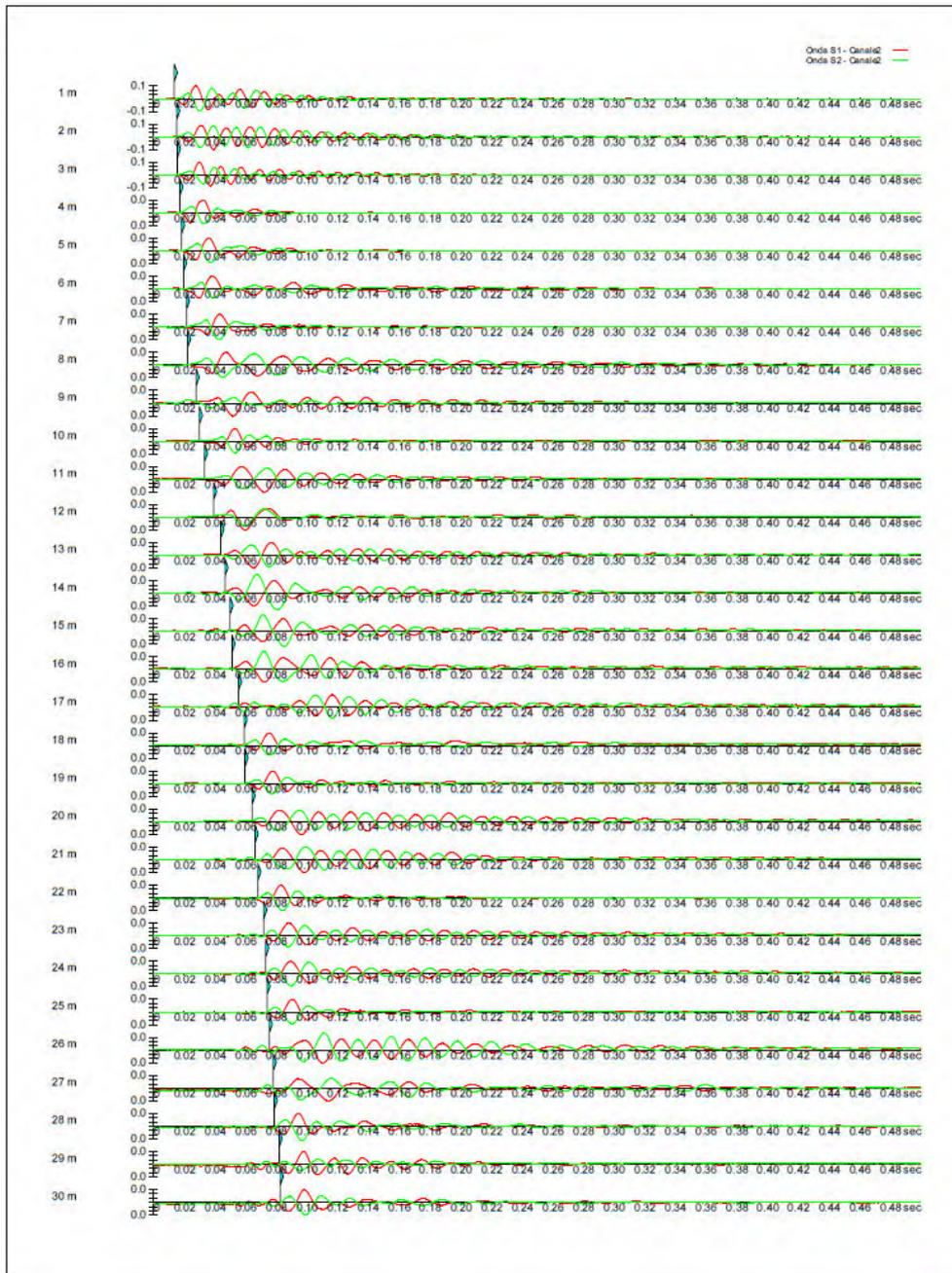
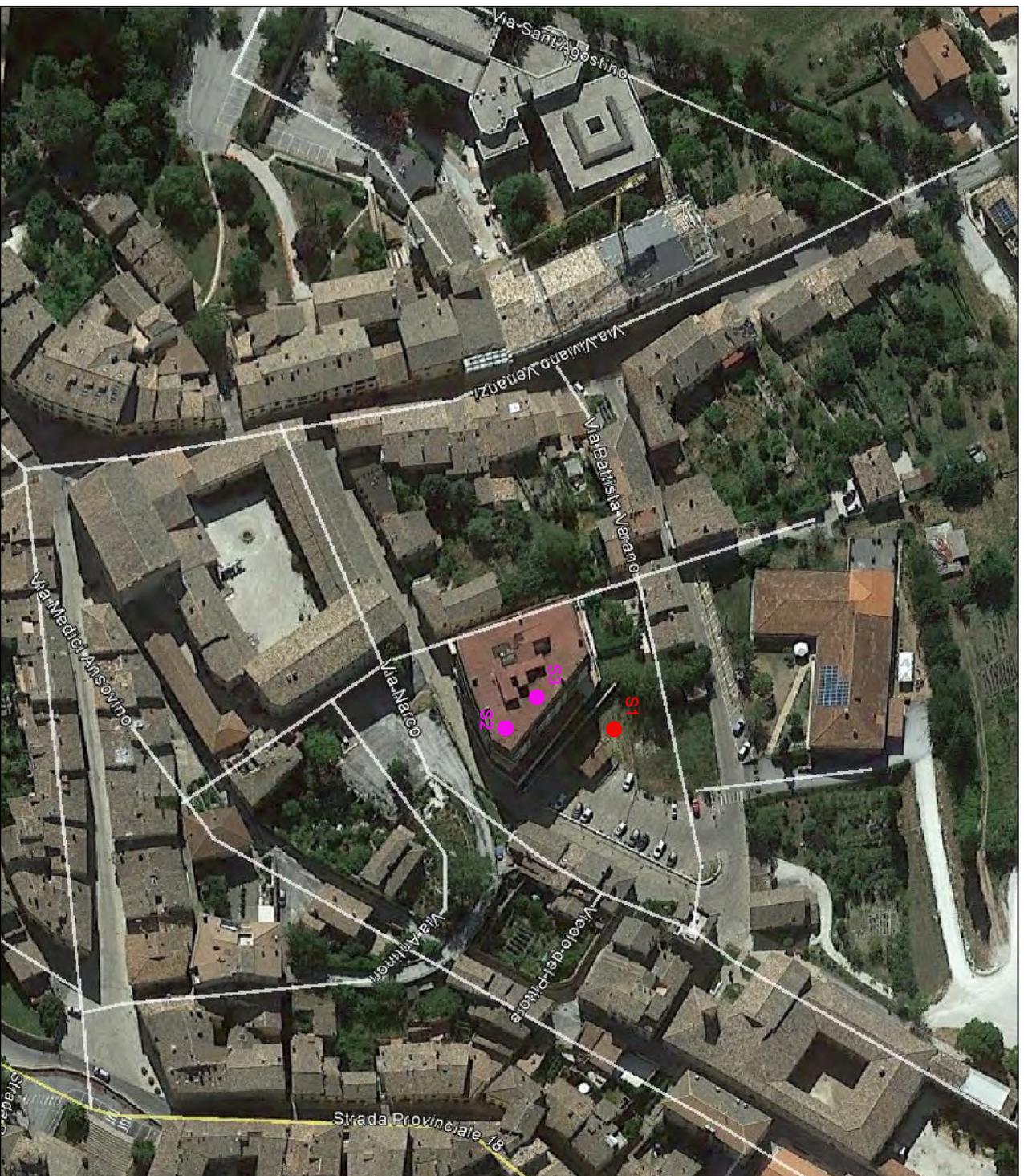


Fig. 13: VS1+VS2

Rieti, Gennaio 2018



**LEGENDA:**

- S1 sondaggio carotaggio continuo spinto fino a 31 mt. da p.c. attrezzato a DH fino a 30 mt.
- S2-S3 sondaggio carotaggio continuo spinti fino a 5 mt. da p.c.

**ALLEGATO 1**

ORTOFOTO CON UBICAZIONE  
INDAGINI

Non in Scala

COMUNE DI  
CAMERINO (MC)

Rapporto prove,  
Comune di Camerino (MC),  
Via narco 16  
Comittente: Condominio "Via  
Narco 16"



COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GIANLUCA FAUSTINI		
RIFERIMENTO: Condominio Via Narco 16 - Camerino (MC)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.0-1.5

**MODULO RIASSUNTIVO****CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	18,5	%
Peso di volume	20,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	17,2	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	20,4	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,60	
Indice dei vuoti	0,481	
Porosità	32,5	%
Grado di saturazione	100,0	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	1,0	%
Limo	48,7	%
Argilla	50,3	%
D 10		mm
D 50	0,004932	mm
D 60	0,008187	mm
D 90	0,036609	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	100,0	%
Passante set. 200	99,0	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	351	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u$	175	kPa	$c_{u\ Rim}$	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta					
c	37,7	kPa	$\phi$	21,0	°
$c_{Res}$		kPa	$\phi_{Res}$		°

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$c_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$c'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
400,0 ÷ 800,0	24308	0,000545	2,20E-09
800,0 ÷ 1600,0	42491	0,000532	1,23E-09
1600,0 ÷ 3200,0	63293	0,000505	7,83E-10

Argilla con limo di colore nocciola verdastro ( $R_p > 500$  kPa).



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03669</b> Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/17	Inizio analisi: 06/12/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 365 del 06/12/17	Apertura campione: 06/12/17	Fine analisi: 07/12/17

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GIANLUCA FAUSTINI		
RIFERIMENTO: Condominio Via Narco 16 - Camerino (MC)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.0-1.5

### CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale = 18,5 %**

Struttura del materiale:       Omogeneo  
    Stratificato  
    Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 0,84 mm

Argilla con limo di colore nocciola verdastro (R<sub>p</sub> > 500 kPa).

1  
31651

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03668</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/17	Inizio analisi: 06/12/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 365 del 06/12/17		Apertura campione: 06/12/17	Fine analisi: 06/12/17

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GIANLUCA FAUSTINI			
RIFERIMENTO: Condominio Via Narco 16 - Camerino (MC)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.0-1.5

### **PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 20,4 kN/m<sup>3</sup>**

Argilla con limo di colore nocciola verdastro ( $R_p > 500$  kPa).

1  
31651

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03667</b> Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/17	Inizio analisi: 14/12/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 365 del 06/12/17	Apertura campione: 06/12/17	Fine analisi: 14/12/17

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GIANLUCA FAUSTINI		
RIFERIMENTO: Condominio Via Narco 16 - Camerino (MC)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.0-1.5

### **PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = **Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,60**

$\gamma_{sc}$  = **Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,59**

Metodo:     A     B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 23,8 °C

Dimensione massima delle particelle: 0,84 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla con limo di colore nocciola verdastro ( $R_p > 500$  kPa).

1  
31651



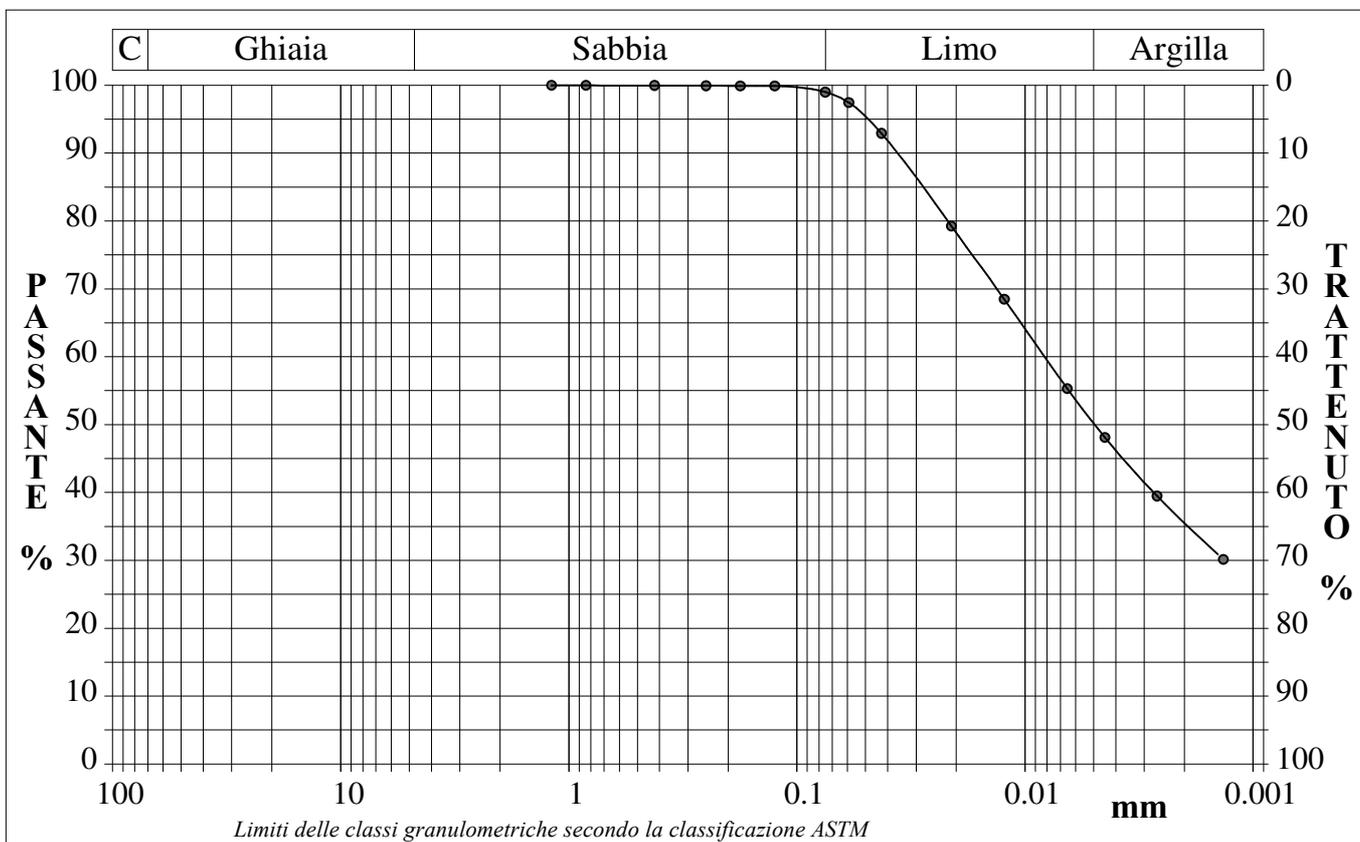
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03666</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/17	Inizio analisi: 12/12/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 365 del 06/12/17		Apertura campione: 06/12/17	Fine analisi: 14/12/17

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GIANLUCA FAUSTINI		
RIFERIMENTO: Condominio Via Narco 16 - Camerino (MC)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.0-1.5

### ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm		
Sabbia	1,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D30	---	mm		
Limo	48,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,0 %	D50	0,00493	mm		
Argilla	50,3 %			D60	0,00819	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0,03661	mm



Diametro mm	Passante %								
1,1900	100,00	0,1250	99,88	0,0123	68,46				
0,8410	99,98	0,0750	98,98	0,0065	55,29				
0,4200	99,95	0,0591	97,45	0,0045	48,10				
0,2500	99,93	0,0425	92,90	0,0026	39,48				
0,1770	99,90	0,0210	79,24	0,0013	30,14				

Argilla con limo di colore nocciola verdastro (Rp > 500 kPa).

1  
31651



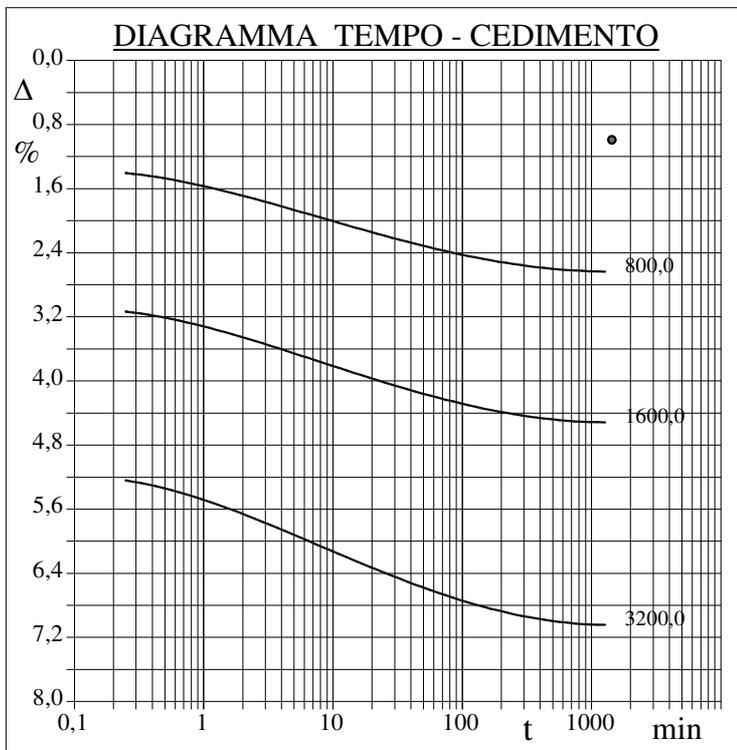
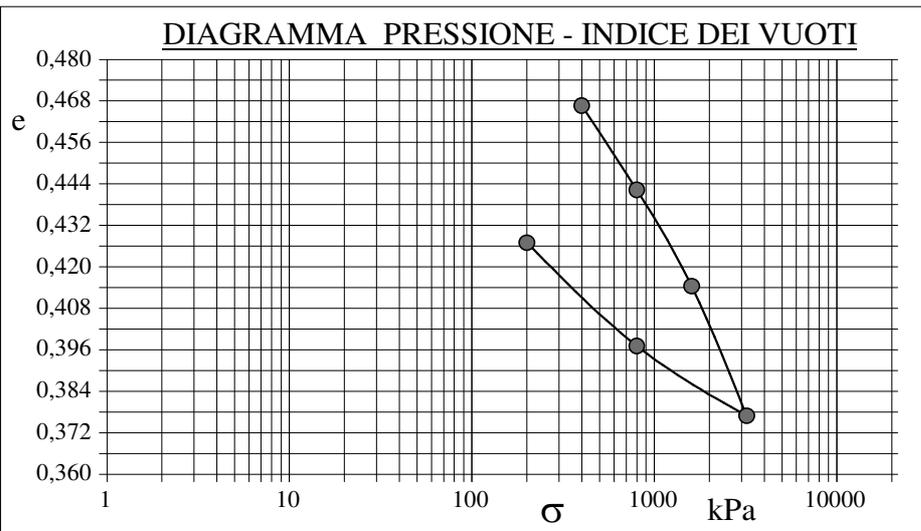
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03665</b>	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 14/12/17	Inizio analisi: 06/12/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 365 del 06/12/17		Apertura campione: 06/12/17	Fine analisi: 11/12/17

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GIANLUCA FAUSTINI			
RIFERIMENTO: Condominio Via Narco 16 - Camerino (MC)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.0-1.5

### PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	20,38
Umidità (%)	18,5
Peso specifico	2,60
Altezza provino (cm)	2,03
Diametro provino (cm)	5,03
Sezione provino (cm <sup>2</sup> )	19,90
Volume provino (cm <sup>3</sup> )	40,33
Volume dei vuoti (cm <sup>3</sup> )	13,10
Indice dei vuoti	0,48
Porosità (%)	32,49
Saturazione (%)	100,0



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
400,0	20,1	0,467	
800,0	53,4	0,442	0,081
1600,0	91,6	0,414	0,093
3200,0	142,8	0,377	0,124
800,0	115,2	0,397	
200,0	74,3	0,427	

Argilla con limo di colore nocciola verdastro (Rp > 500 kPa).

1  
31651

Lo sperimentatore  
Dott. Ankeia Serepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



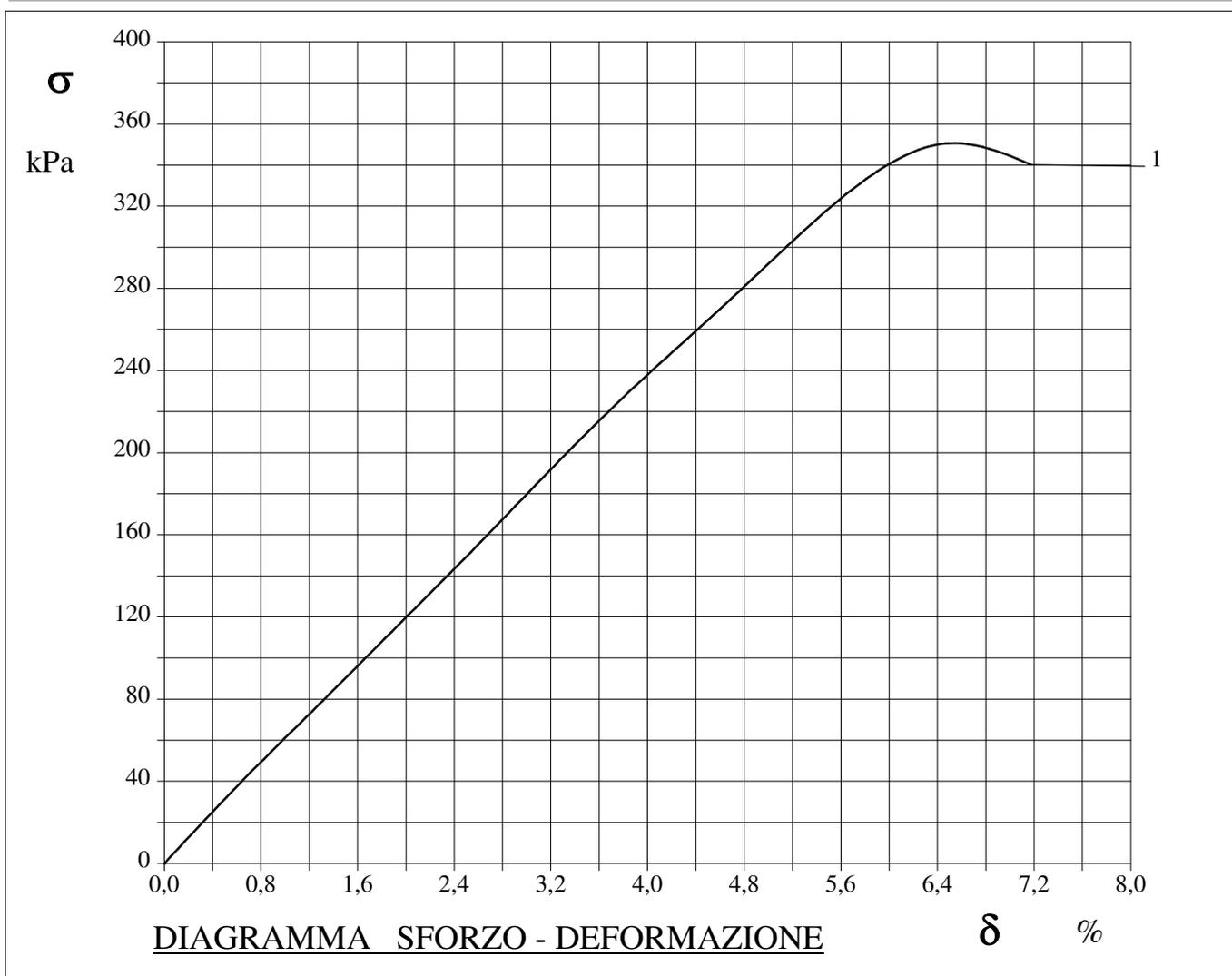
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03664</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/12/17	Inizio analisi: 13/12/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 365 del 06/12/17		Apertura campione: 06/12/17	Fine analisi: 13/12/17

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GIANLUCA FAUSTINI		
RIFERIMENTO: Condominio Via Narco 16 - Camerino (MC)		
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.0-1.5

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	0,950	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	20,1	-----	-----
Umidità naturale (%):	-----	-----	-----



Argilla con limo di colore nocciola verdastro (Rp > 500 kPa).

1  
31651





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03663</b>	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 14/12/17	Inizio analisi: 11/12/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 365 del 06/12/17		Apertura campione: 06/12/17	Fine analisi: 13/12/17

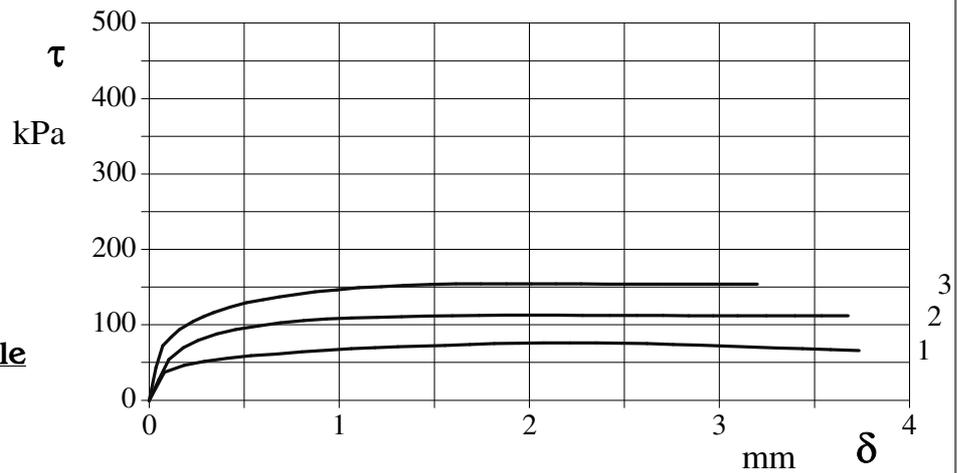
COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GIANLUCA FAUSTINI			
RIFERIMENTO: Condominio Via Narco 16 - Camerino (MC)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 1.0-1.5	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

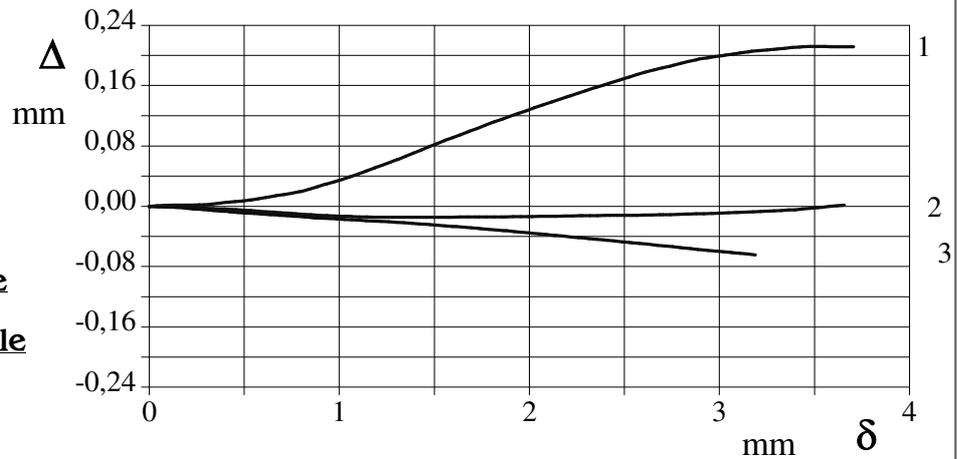
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	19,6    23,0	19,1    20,6	18,5    21,9
Peso di volume (kN/m³):	19,4	19,3	19,2
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,011 mm / min	

**DIAGRAMMA**  
**Tensione**  
**Deformazione orizzontale**



**DIAGRAMMA**  
**Deformazione verticale**  
**Deformazione orizzontale**



Argilla con limo di colore nocciola verdastro ( $R_p > 500$  kPa).



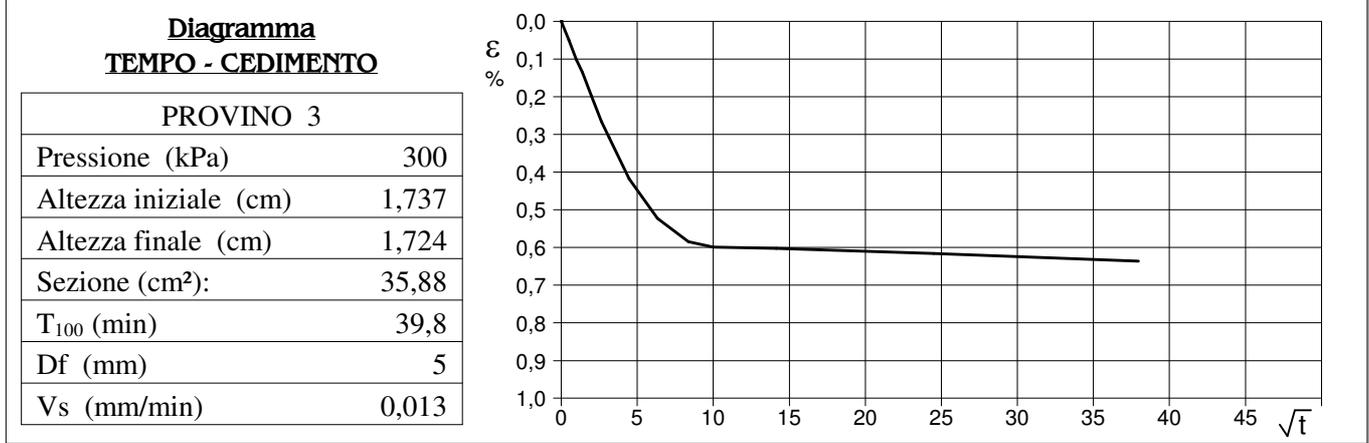
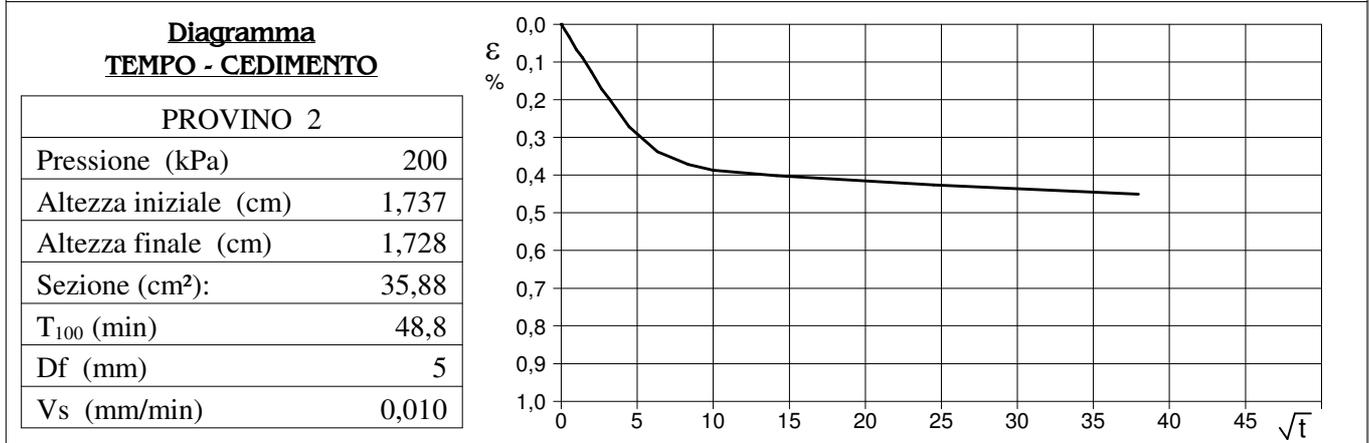
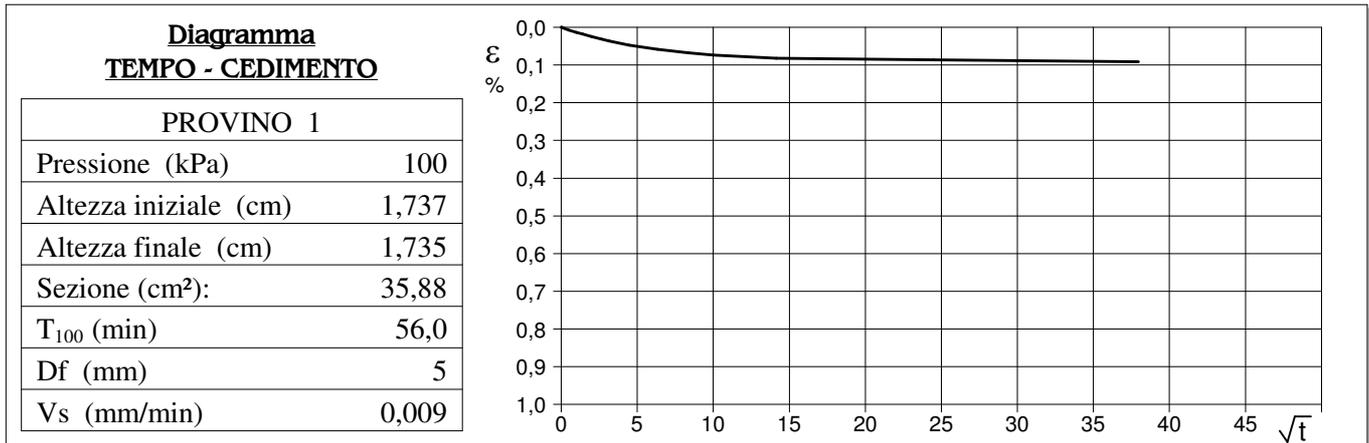


<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 03663</b>	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 14/12/17	Inizio analisi: 11/12/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 365 del 06/12/17		Apertura campione: 06/12/17	Fine analisi: 13/12/17

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GIANLUCA FAUSTINI			
RIFERIMENTO: Condominio Via Narco 16 - Camerino (MC)			
SONDAGGIO: 3	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	1.0-1.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080



1  
31651

Vs = Velocità stimata di prova    Df = Deformazione a rottura stimata     $tf = 10 \times T_{100}$     Vs = Df / tf

Lo sperimentatore  
Dott. Andrea Serepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



Sr1

Cantiere: Restauro ex Convento  
 Località: S.Domenico  
 Comune: Camerino  
 Strumentazione foro:

Data inizio lavori: 02/04/93  
 Data fine lavori: 02/04/93  
 Profondità raggiunta (m): 9,5

Quota imbocco foro (m s.l.m.):  
 Metodo di perforazione: Carotaggio continuo  
 doppio caroliere

Prof. (m)	Quote p.c. (m)	Litologia	Descrizione litologica	Camp. <input checked="" type="checkbox"/> ind. <input type="checkbox"/> rim.	Acqua Livello Statico (m)	Pocket Penet. Kg/cmq	Percentuale di carotaggio				Prof. m	Osservazioni
							20	40	60	80		
1	1,2		Selciato strada Limo argilloso sabbioso con frammenti di arenaria e laterizi			2,0					1	TERRENO DI RIPORTO
2	1,6		Strato arenaceo (10 cm)			6,0					2	SUBSTRATO ALTERATO (R.Q.D. = 82 %)
3	3,5		Argille siltose grigie e avana con sottili livelli sabbiosi e arenacei giallastri			> 6					3	
4	3,65		Strato arenaceo (7 cm)								4	SUBSTRATO INTEGRO
5	5,8		Argille siltose grigie laminate con livelletti sabbiosi e sottili strati arenacei			> 6					5	(R.Q.D. = 96 %)
6	5,9		Strato arenaceo (10 cm)								6	
7	6,3		Strato arenaceo (7 cm)								7	
8	7,9		Strati arenacei ( 8-9 cm)			> 6					8	(R.Q.D. = 100 %)
9	8,1		Strati arenacei ( 8-9 cm)								9	
	8,8		Strato arenaceo (7 cm)								9	
10											10	
11											11	
12											12	
13											13	
14											14	
15											15	
16											16	
17											17	
18											18	
19											19	

REPERITO

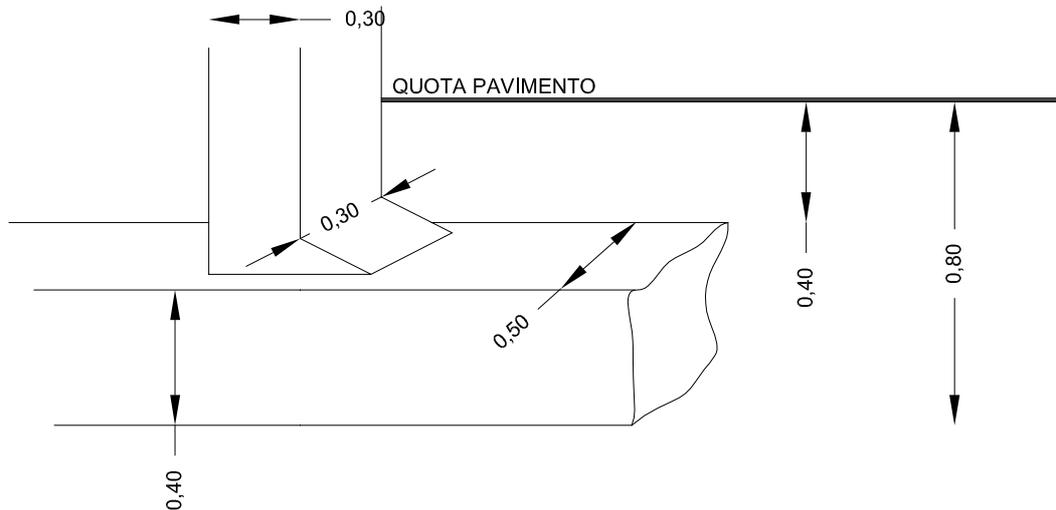
Dott. geol. Gian Luca Faustini  
 Fr. Morro, 10  
 62032 Camerino (MC)  
 Tel.339-8642965  
 mail. gianluca.faustini@tiscali.it

**Sa1**  
**SAGGIO DI ESCAVAZIONE**

Committente: Condominio Via Narco  
 (Palazzo Sala)  
 Data: 30.12.2017  
 Località: Via Narco, Camerino

\* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)		LITOLOGIA	RP Kg/cmq	FONDAZIONE
	Falcia Liv. Statico	P.C.			
0,0			TERENO DI RIPORTO RECENTE: Limi argilloso sabbiosi con elementi litici, pietrame e laterizi		Fondazione in c.a. tipo "Continuo" impostata alla profondità di circa 80 cm. dal piano di calpestio delle rimesse
0,5		0,50			
0,70		0,70	SUBSTRATO (Formazione delle arenarie di Camerino Associazione pelitico-arenacea): Argille soltose sovraconsolidate di color grigio-tabacco, alternate a sottili livelli sabbiosi ocracei, alterate e fratturate		
1,0					
1,5					
2,0					
2,5					



Dott. geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 10  
62032 Camerino (MC)  
Tel.339-8642965  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it

## Sa1 SAGGIO DI ESCAVAZIONE

Committente: Condominio Via Narco  
(Palazzo Sala)  
Data: 30.12.2017  
Località: Via Narco, Camerino

\* Percolazioni idriche

### ELABORATO FOTOGRAFICO

Fasi di esecuzione Sa1

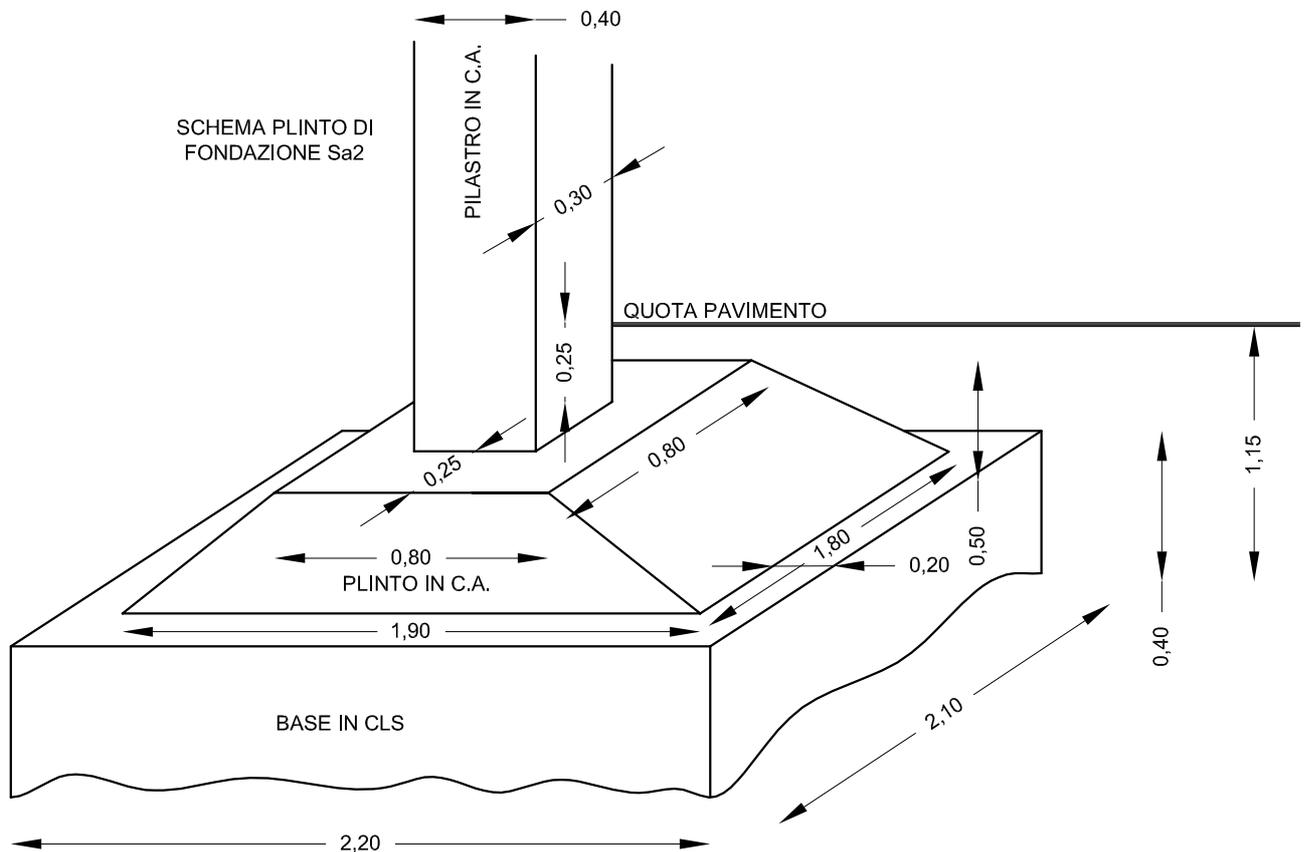


Dott. geol. Gian Luca Faustini  
 Fr. Morro, 10  
 62032 Camerino (MC)  
 Tel.339-8642965  
 mail. gianluca.faustini@tiscali.it

**Sa2**  
**SAGGIO DI ESCAVAZIONE**  
 Committente: Condominio Via Narco  
 (Palazzo Sala)  
 Data: 30.12.2017  
 Località: Via Narco, Camerino

\* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)		LITOLOGIA	RP Kg/cmq	FONDAZIONE
	Falsa Liv. Statico	P.C.			
0,0			TERENO DI RIPORTO RECENTE: Limi argilloso sabbiosi con elementi litici, pietrame e laterizi		Fondazione in c.a. tipo "Plinto" impostata su un basamento in cls non armato alla profondità di circa 1,10-1,20 m. dal piano di calpestio delle rimesse
0,5		0,80			
1,0		1,20	SUBSTRATO (Formazione delle arenarie di Camerino Associazione pelitico-arenacea): Argille siltose sovraconsolidate di color grigio-tabacco, alternate a sottili livelli sabbiosi ocrei, alterate e fratturate		
1,5					
2,0					
2,5					



Dott. geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 10  
62032 Camerino (MC)  
Tel.339-8642965  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it

**Sa2**  
**SAGGIO DI ESCAVAZIONE**  
Committente: Condominio Via Narco  
(Palazzo Sala)  
Data: 30.12.2017  
Località: Via Narco, Camerino

\* Percolazioni idriche

ELABORATO FOTOGRAFICO

Fasi di esecuzione Sa2



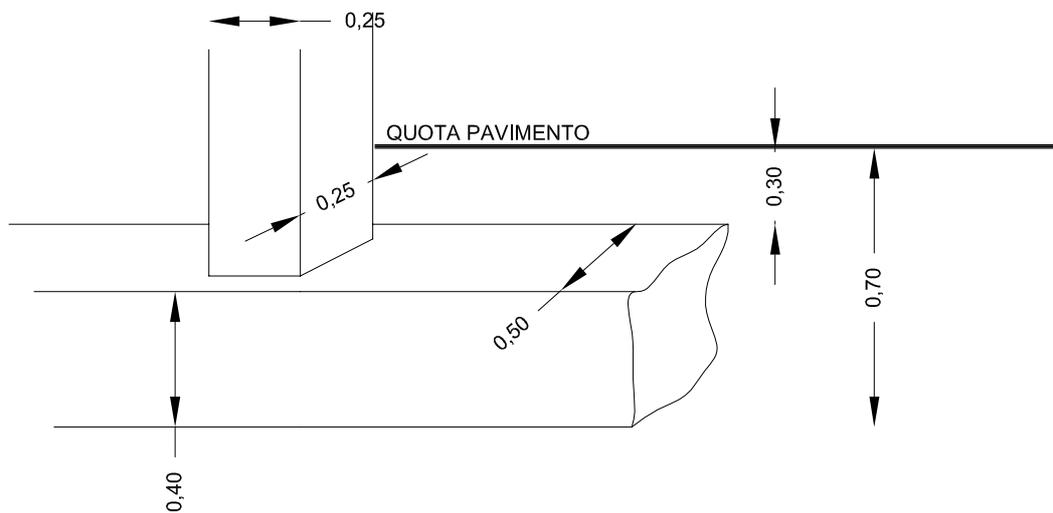
Dott. geol. Gian Luca Faustini  
 Fr. Morro, 10  
 62032 Camerino (MC)  
 Tel.339-8642965  
 mail. gianluca.faustini@tiscali.it

**Sa3**  
**SAGGIO DI ESCAVAZIONE**

Committente: Condominio Via Narco  
 (Palazzo Sala)  
 Data: 30.12.2017  
 Località: Via Narco, Camerino

\* Percolazioni Idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)		LITOLOGIA	RP Kg/cm <sup>q</sup>	FONDAZIONE
	Falsa Liv. Statico	P.C.			
0,0			TERENO DI RIPORTO RECENTE: Limi argilloso sabbiosi con elementi litici, pietrame e laterizi		Fondazione in c.a. tipo "Continuo" impostata alla profondità di circa 80 cm. dal piano di calpestio delle rimesse
0,5		0,40			
		0,70	SUBSTRATO (Formazione delle arenarie di Camerino Associazione pelitico-arenacea): Argille soltose sovraconsolidate di color grigio-tabacco, alternate a sottili livelli sabbiosi ocracei, alterate e fratturate		
1,0					
1,5					
2,0					
2,5					



Dott. geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 10  
62032 Camerino (MC)  
Tel.339-8642965  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it

### Sa3 SAGGIO DI ESCAVAZIONE

Committente: Condominio Via Narco  
(Palazzo Sala)  
Data: 30.12.2017  
Località: Via Narco, Camerino

\* Percolazioni idriche

#### ELABORATO FOTOGRAFICO

Fasi di esecuzione Sa3

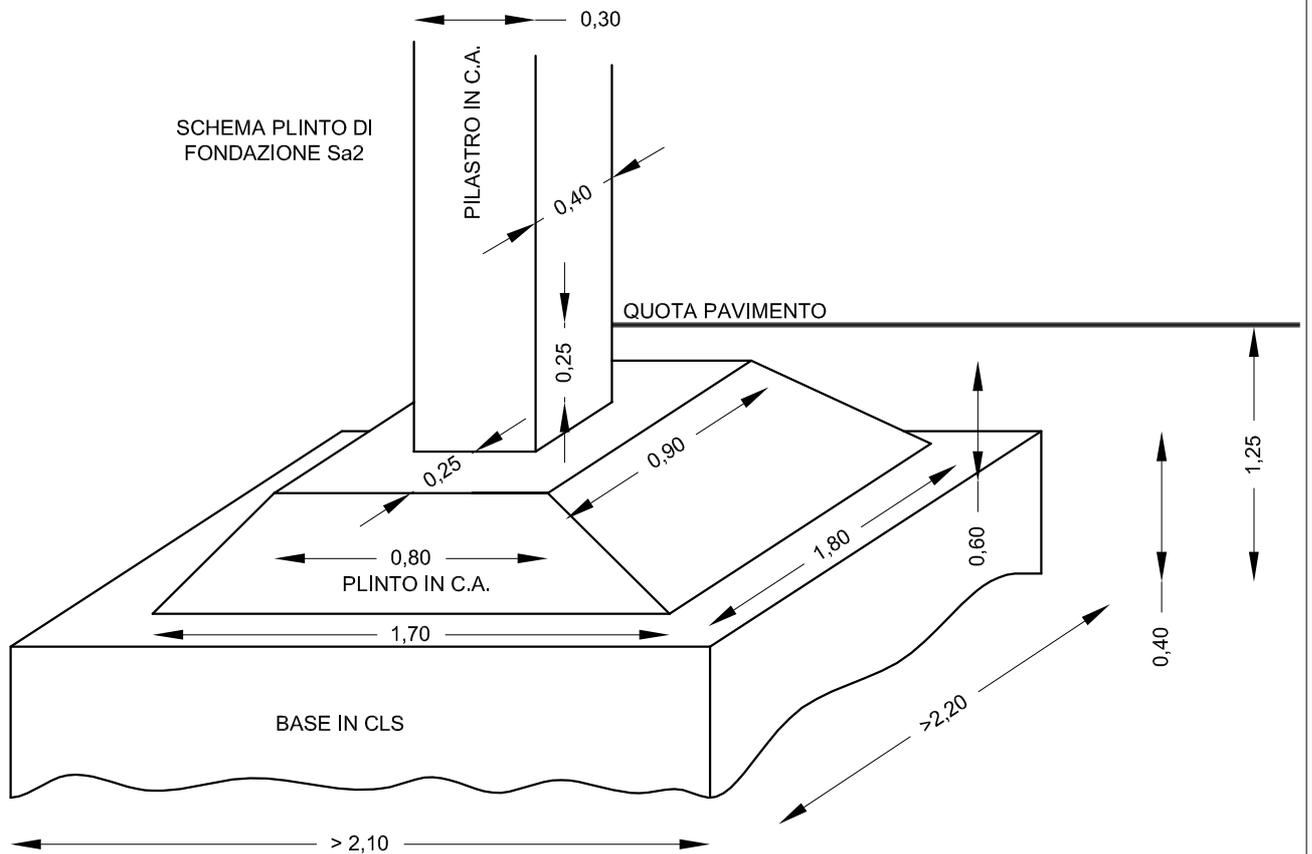


Dott. geol. Gian Luca Faustini  
 Fr. Morro, 10  
 62032 Camerino (MC)  
 Tel.339-8642965  
 mail. gianluca.faustini@tiscali.it

**Sa4**  
**SAGGIO DI ESCAVAZIONE**  
 Committente: Condominio Via Narco  
 (Palazzo Sala)  
 Data: 30.12.2017  
 Località: Via Narco, Camerino

\* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)			LITOLOGIA	RP Kg/cmq	FONDAZIONE
	Falda Liv. Statico	P.C.	Parz.			
0,0				TERENO DI RIPORTO RECENTE: Limi argilloso sabbiosi con elementi litici, pietrame e laterizi		Fondazione in c.a. tipo "Plinto" impostata su un basamento in cls non armato alla profondità di circa 1,10-1,25 m. dal piano di calpestio delle rimesse
0,5		0,80	0,80			
1,0		1,10		SUBSTRATO (Formazione delle arenarie di Camerino Associazione pellico-arenacea): Argille sottose sovraconsolidate di color grigio-tabacco, alternate a sottili livelli sabbiosi ocracei, alterate e fratturate		
1,5						
2,0						
2,5						



Dott. geol. Gian Luca Faustini  
Fr. Morro, 10  
62032 Camerino (MC)  
Tel.339-8642965  
mail. gianluca.faustini@tiscali.it

## Sa4 SAGGIO DI ESCAVAZIONE

Committente: Condominio Via Narco  
(Palazzo Sala)  
Data: 30.12.2017  
Località: Via Narco, Camerino

\* Percolazioni idriche

### ELABORATO FOTOGRAFICO

Fasi di esecuzione Sa4



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Condominio Palazzo Sala Via Narco  
Cantiere: Condominio Via Narco  
Località: Camerini Via Narco

## Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: TG 30-20 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	4 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

## Fasi di esecuzione P1, P2, P3

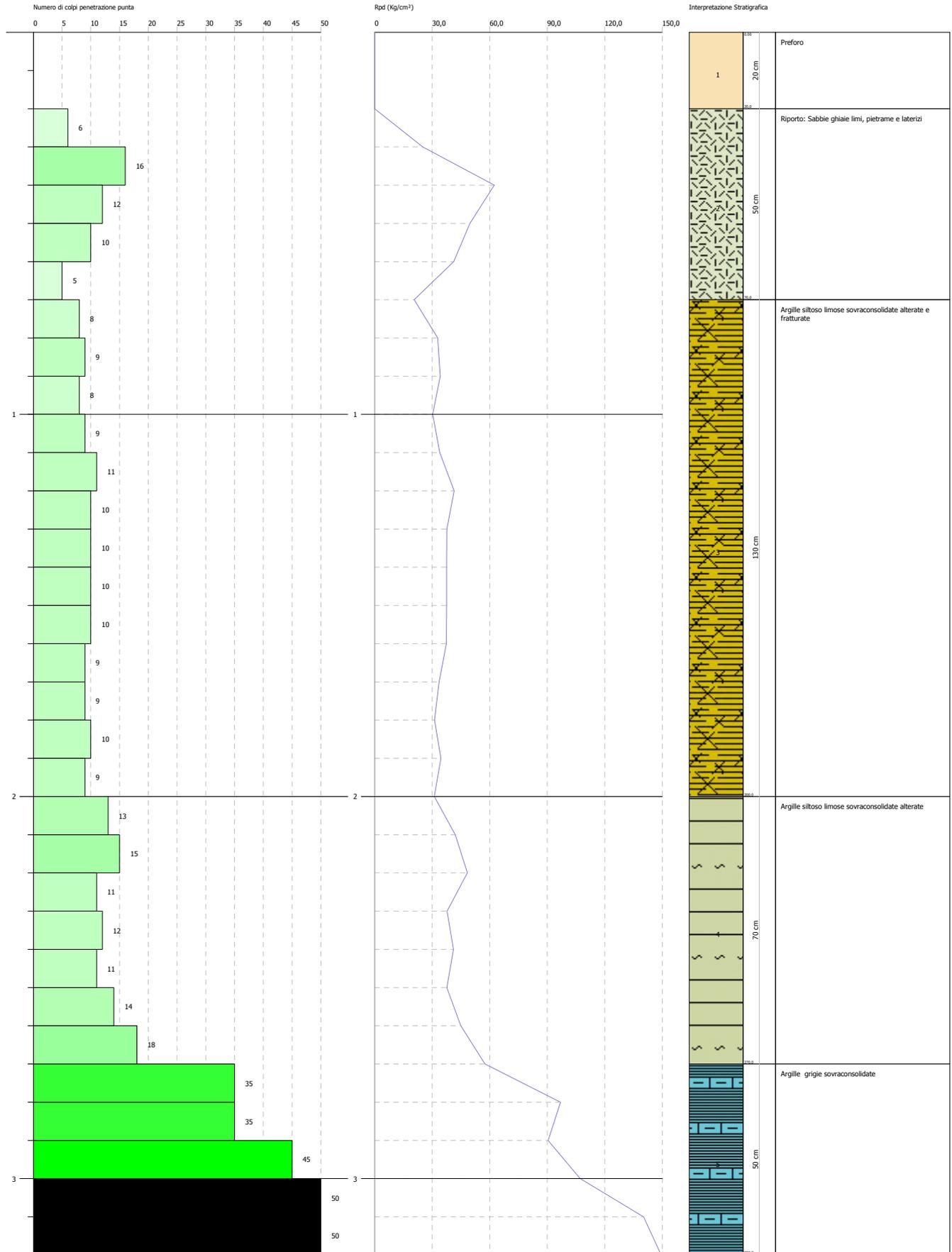


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... TG 30-20 PAGANI**

Committente: Condominio Palazzo Sala Via Narco  
 Cantiere: Condominio Via Narco  
 Località: Camerini Via Narco

Data: 05/01/2018

Scala 1:14

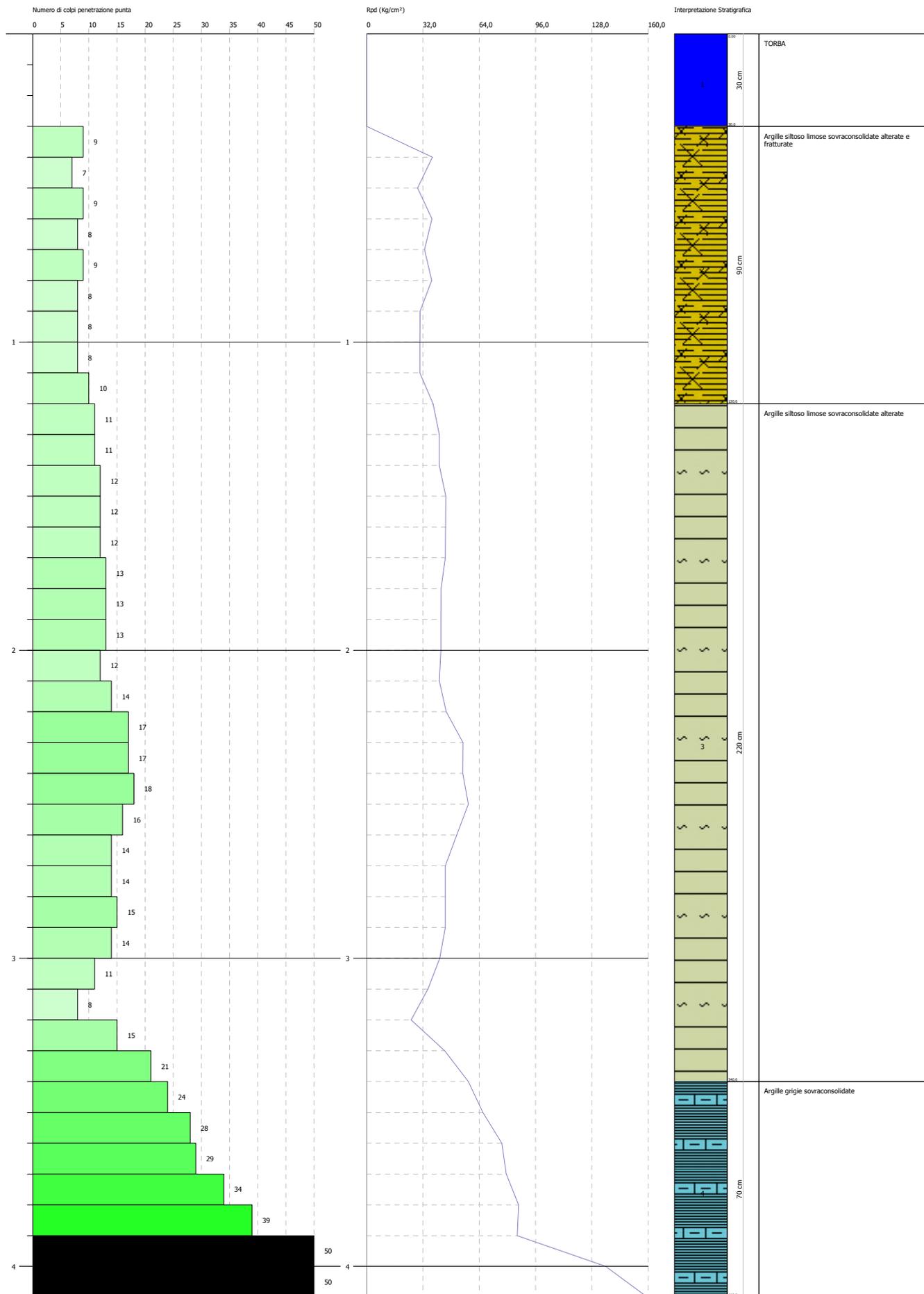


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
Strumento utilizzato... TG 30-20 PAGANI

Committente: Condominio Palazzo Sala Via Narco  
Cantiere: Condominio Via Narco  
Località: Camerini Via Narco

Data: 05/01/2018

Scala 1:17

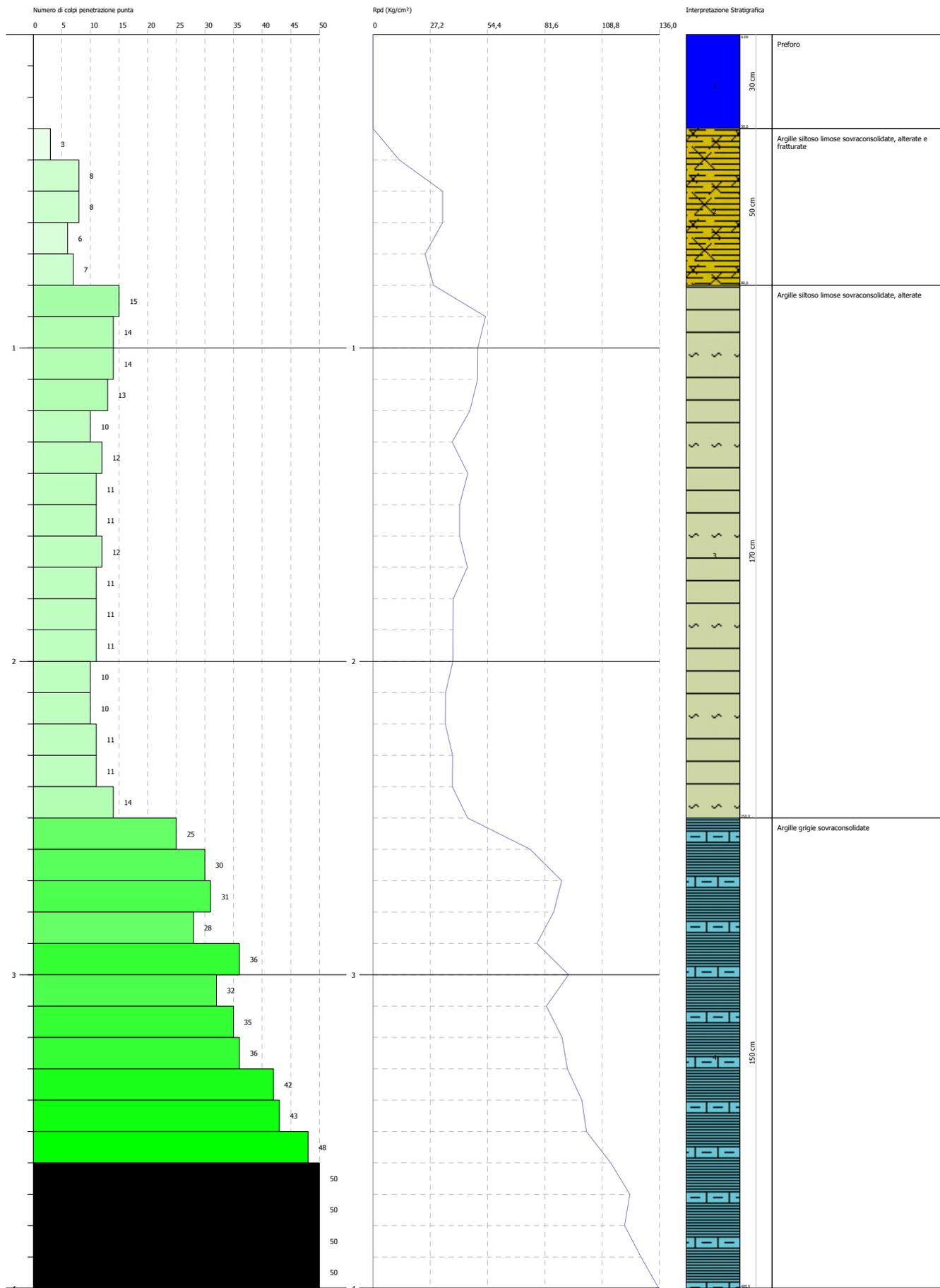


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**  
**Strumento utilizzato... TG 30-20 PAGANI**

Committente: Condominio Palazzo Sala Via Narco  
Cantiere: Condominio Via Narco  
Località: Camerini Via Narco

Data: 05/01/2018

Scala 1:17



**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<sub>pd</sub> resistenza dinamica punta (area A).  
e infissione media per colpo (δ/ N).  
M peso massa battente (altezza caduta H).  
P peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> 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<sub>S</sub> parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub> funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>R</sub> 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 resistenza 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*

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

$N_{spt}$  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)  $\sigma > 15$  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), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), 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/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

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

- 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... TG 30-20 PAGANI  
 Prova eseguita in data 05/01/2018  
 Profondità prova 3,20 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> )
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	6	0,853	24,89	29,19	1,24	1,46
0,40	16	0,801	62,33	77,84	3,12	3,89
0,50	12	0,849	49,56	58,38	2,48	2,92
0,60	10	0,847	41,21	48,65	2,06	2,43
0,70	5	0,845	20,56	24,32	1,03	1,22
0,80	8	0,843	32,82	38,92	1,64	1,95
0,90	9	0,842	34,08	40,50	1,70	2,03
1,00	8	0,840	30,23	36,00	1,51	1,80
1,10	9	0,838	33,94	40,50	1,70	2,03
1,20	11	0,836	41,40	49,50	2,07	2,48
1,30	10	0,835	37,55	45,00	1,88	2,25
1,40	10	0,833	37,48	45,00	1,87	2,25
1,50	10	0,831	37,40	45,00	1,87	2,25
1,60	10	0,830	37,33	45,00	1,87	2,25
1,70	9	0,828	33,53	40,50	1,68	2,03
1,80	9	0,826	33,47	40,50	1,67	2,03
1,90	10	0,825	34,52	41,86	1,73	2,09
2,00	9	0,823	31,01	37,67	1,55	1,88
2,10	13	0,772	41,99	54,42	2,10	2,72
2,20	15	0,770	48,36	62,79	2,42	3,14
2,30	11	0,819	37,69	46,05	1,88	2,30
2,40	12	0,817	41,05	50,23	2,05	2,51
2,50	11	0,816	37,56	46,05	1,88	2,30
2,60	14	0,764	44,79	58,60	2,24	2,93
2,70	18	0,763	57,48	75,35	2,87	3,77
2,80	35	0,661	96,91	146,51	4,85	7,33
2,90	35	0,660	90,40	136,96	4,52	6,85
3,00	45	0,609	107,18	176,09	5,36	8,80
3,10	59	0,607	140,21	230,87	7,01	11,54
3,20	63	0,606	149,39	246,52	7,47	12,33

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
0,2	0	0		0	0,0	0,0	0,0	0,75	0	Preforo
0,7	9,8	47,68		0	0,0	0,0	0,0	0,75	7,36	Riporto:

											Sabbie ghiaie limi, pietrame e laterizi
2	9,38	42	Incoerente - coesivo	0	1,86	1,9	0,12	0,76	7,1	Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	
2,7	13,43	56,21	Incoerente - coesivo	0	1,97	2,17	0,31	0,76	10,23	Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	
3,2	47,4	187,39	Incoerente - coesivo	0	2,33	2,5	0,44	0,76	36,12	Argille grigie sovraconsolidate	

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

##### TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	Sunda (1983) Benassi Vannelli	1,26
Strato (4) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	Sunda (1983) Benassi Vannelli	1,69
Strato (5) Argille grigie sovraconsolidate	36,12	2,70-3,20	Sunda (1983) Benassi Vannelli	5,62

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	Robertson (1983)	14,20
Strato (4) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	Robertson (1983)	20,46
Strato (5) Argille grigie sovraconsolidate	36,12	2,70-3,20	Robertson (1983)	72,24

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato	Correlazione	Eed
-------------	------	--------------	--------------	-----

		(m)		(Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	Buisman-Sanglerat	88,75
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	Buisman-Sanglerat	102,30
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	Buisman-Sanglerat	361,20

#### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	Schultze-Menzenbach	110,05
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	Schultze-Menzenbach	146,05
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	Schultze-Menzenbach	443,78

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	Meyerhof	1,86
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	Meyerhof	1,97
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	Meyerhof	2,33

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3)	7,1	0,70-2,00	Meyerhof	1,90

Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate				
Strato (4) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	Meyerhof	2,17
Strato (5) Argille grigie sovraconsolidate	36,12	2,70-3,20	Meyerhof	2,50

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	101,75
Strato (4) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	120,63
Strato (5) Argille grigie sovraconsolidate	36,12	2,70-3,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	156,78

#### TERRENI INCOERENTI I

##### Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Meyerhof 1957	61,76
Strato (4) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Meyerhof 1957	66,81
Strato (5) Argille grigie sovraconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Meyerhof 1957	100

##### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Meyerhof (1956)	22,03
Strato (4) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Meyerhof (1956)	22,92
Strato (5) Argille grigie sovraconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Meyerhof (1956)	30,32

##### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young
-------------	------	--------------	------------	--------------	-----------------

		(m)			(Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Bowles (1982) Sabbia Media	126,15
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Bowles (1982) Sabbia Media	255,60

#### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	42,05
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	48,48
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	101,66

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Meyerhof ed altri	1,44
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate	10,23	2,00-2,70	10,23	Meyerhof ed altri	1,48

alterate					
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Meyerhof ed altri	1,75

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,09

#### Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	(A.G.I.)	0,33
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	(A.G.I.)	0,28

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Ohsaki (Sabbie pulite)	410,29
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Ohsaki (Sabbie pulite)	578,36
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Ohsaki (Sabbie pulite)	1893,20

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) Argille siltoso	7,1	0,70-2,00	7,1	Ohta & Goto (1978) Limi	101,75

limose sovracconsolidate alterate e fratturate					
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Ohta & Goto (1978) Limi	120,63
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Ohta & Goto (1978) Limi	156,78

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Navfac 1971-1982	1,47
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Navfac 1971-1982	2,15
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Navfac 1971-1982	6,41

$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	7,1	0,70-2,00	7,1	Robertson 1983	14,20
Strato (4) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,23	2,00-2,70	10,23	Robertson 1983	20,46
Strato (5) Argille grigie sovracconsolidate	36,12	2,70-3,20	36,12	Robertson 1983	72,24

## PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... TG 30-20 PAGANI  
 Prova eseguita in data 05/01/2018  
 Profondità prova 4,10 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> )
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00

0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	9	0,851	37,25	43,78	1,86	2,19
0,50	7	0,849	28,91	34,05	1,45	1,70
0,60	9	0,847	37,09	43,78	1,85	2,19
0,70	8	0,845	32,89	38,92	1,64	1,95
0,80	9	0,843	36,92	43,78	1,85	2,19
0,90	8	0,842	30,30	36,00	1,51	1,80
1,00	8	0,840	30,23	36,00	1,51	1,80
1,10	8	0,838	30,17	36,00	1,51	1,80
1,20	10	0,836	37,63	45,00	1,88	2,25
1,30	11	0,835	41,31	49,50	2,07	2,48
1,40	11	0,833	41,23	49,50	2,06	2,48
1,50	12	0,831	44,88	54,00	2,24	2,70
1,60	12	0,830	44,80	54,00	2,24	2,70
1,70	12	0,828	44,71	54,00	2,24	2,70
1,80	13	0,776	45,42	58,50	2,27	2,93
1,90	13	0,775	42,16	54,42	2,11	2,72
2,00	13	0,773	42,08	54,42	2,10	2,72
2,10	12	0,822	41,27	50,23	2,06	2,51
2,20	14	0,770	45,13	58,60	2,26	2,93
2,30	17	0,769	54,70	71,16	2,73	3,56
2,40	17	0,767	54,59	71,16	2,73	3,56
2,50	18	0,766	57,69	75,35	2,88	3,77
2,60	16	0,764	51,19	66,98	2,56	3,35
2,70	14	0,763	44,70	58,60	2,24	2,93
2,80	14	0,761	44,62	58,60	2,23	2,93
2,90	15	0,760	44,61	58,70	2,23	2,93
3,00	14	0,759	41,56	54,78	2,08	2,74
3,10	11	0,807	34,75	43,04	1,74	2,15
3,20	8	0,806	25,23	31,30	1,26	1,57
3,30	15	0,755	44,30	58,70	2,21	2,93
3,40	21	0,703	57,80	82,17	2,89	4,11
3,50	24	0,702	65,94	93,91	3,30	4,70
3,60	28	0,701	76,79	109,57	3,84	5,48
3,70	29	0,700	79,39	113,48	3,97	5,67
3,80	34	0,648	86,27	133,04	4,31	6,65
3,90	39	0,597	85,56	143,27	4,28	7,16
4,00	62	0,596	135,75	227,76	6,79	11,39
4,10	73	0,595	159,52	268,16	7,98	13,41

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> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	0	0		0	0,0	0,0	0,0	0,75	0	TORBA
1,2	8,44	39,7	Incoerente - coesivo	0	1,83	1,89	0,08	0,75	6,34	Argille siltose limose sovraconsolidate alterate e fratturate
3,4	13,77	57,62	Incoerente - coesivo	0	1,98	2,18	0,38	0,76	10,49	Argille siltose limose sovraconsolidate alterate
4,1	41,29	155,6	Incoerente	0	2,19	2,42	0,68	0,77	31,63	Argille

			e - coesivo						grigie sovracos olidate
--	--	--	----------------	--	--	--	--	--	-------------------------------

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovracosolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	Sunda (1983) Benassi Vannelli	1,19
Strato (3) Argille siltoso limose sovracosolidate alterate	10,49	1,20-3,40	Sunda (1983) Benassi Vannelli	1,73
Strato (4) Argille grigie sovracosolidate	31,63	3,40-4,10	Sunda (1983) Benassi Vannelli	4,67

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovracosolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	Robertson (1983)	12,68
Strato (3) Argille siltoso limose sovracosolidate alterate	10,49	1,20-3,40	Robertson (1983)	20,98
Strato (4) Argille grigie sovracosolidate	31,63	3,40-4,10	Robertson (1983)	63,26

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovracosolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	Buisman-Sanglerat	79,25
Strato (3) Argille siltoso limose sovracosolidate alterate	10,49	1,20-3,40	Buisman-Sanglerat	104,90
Strato (4) Argille grigie sovracosolidate	31,63	3,40-4,10	Buisman-Sanglerat	316,30

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovracosolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	Schultze-Menzenbach	101,31
Strato (3) Argille siltoso limose sovracosolidate	10,49	1,20-3,40	Schultze-Menzenbach	149,04

alterate				
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	Schultze-Menzenbach	392,15

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	Meyerhof	1,83
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	Meyerhof	1,98
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	Meyerhof	2,19

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	Meyerhof	1,89
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	Meyerhof	2,18
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	Meyerhof	2,42

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	89,08
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	120,65
Strato (4)	31,63	3,40-4,10	Ohta & Goto (1978)	160,48

Argille grigie sovraconsolidate			Argille limose e argille di bassa plasticità	
---------------------------------	--	--	--	--

### TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Meyerhof 1957	59,78
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Meyerhof 1957	65,37
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Meyerhof (1956)	21,81
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Meyerhof (1956)	23
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Meyerhof (1956)	29,04

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Bowles (1982) Sabbia Media	127,45
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Bowles (1982) Sabbia Media	233,15

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate	6,34	0,30-1,20	6,34	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	40,49

alterate e fratturate					
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	49,01
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	92,43

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Meyerhof ed altri	1,43
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Meyerhof ed altri	1,48
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Meyerhof ed altri	1,71

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,07

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	(A.G.I.)	0,33
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Ohsaki (Sabbie pulite)	368,87
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Ohsaki (Sabbie pulite)	592,16
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Ohsaki (Sabbie pulite)	1671,12

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Ohta & Goto (1978) Limi	89,08
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Ohta & Goto (1978) Limi	120,65
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Ohta & Goto (1978) Limi	160,48

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Navfac 1971-1982	1,30
Strato (3) Argille siltoso limose	10,49	1,20-3,40	10,49	Navfac 1971-1982	2,21

sovracconsolidate alterate					
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Navfac 1971-1982	5,83

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate e fratturate	6,34	0,30-1,20	6,34	Robertson 1983	12,68
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate alterate	10,49	1,20-3,40	10,49	Robertson 1983	20,98
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,63	3,40-4,10	31,63	Robertson 1983	63,26

**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato... TG 30-20 PAGANI  
 Prova eseguita in data 05/01/2018  
 Profondità prova 4,00 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> )
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	3	0,851	12,42	14,59	0,62	0,73
0,50	8	0,849	33,04	38,92	1,65	1,95
0,60	8	0,847	32,96	38,92	1,65	1,95
0,70	6	0,845	24,67	29,19	1,23	1,46
0,80	7	0,843	28,72	34,05	1,44	1,70
0,90	15	0,792	53,43	67,50	2,67	3,38
1,00	14	0,790	49,75	63,00	2,49	3,15
1,10	14	0,788	49,64	63,00	2,48	3,15
1,20	13	0,786	46,00	58,50	2,30	2,93
1,30	10	0,835	37,55	45,00	1,88	2,25
1,40	12	0,833	44,97	54,00	2,25	2,70
1,50	11	0,831	41,14	49,50	2,06	2,48
1,60	11	0,830	41,06	49,50	2,05	2,48
1,70	12	0,828	44,71	54,00	2,24	2,70
1,80	11	0,826	40,90	49,50	2,05	2,48
1,90	11	0,825	37,98	46,05	1,90	2,30
2,00	11	0,823	37,90	46,05	1,90	2,30
2,10	10	0,822	34,39	41,86	1,72	2,09
2,20	10	0,820	34,33	41,86	1,72	2,09
2,30	11	0,819	37,69	46,05	1,88	2,30

2,40	11	0,817	37,63	46,05	1,88	2,30
2,50	14	0,766	44,87	58,60	2,24	2,93
2,60	25	0,714	74,75	104,65	3,74	5,23
2,70	30	0,713	89,52	125,58	4,48	6,28
2,80	31	0,661	85,83	129,77	4,29	6,49
2,90	28	0,710	77,80	109,57	3,89	5,48
3,00	36	0,659	92,79	140,87	4,64	7,04
3,10	32	0,657	82,31	125,22	4,12	6,26
3,20	35	0,656	89,84	136,96	4,49	6,85
3,30	36	0,655	92,23	140,87	4,61	7,04
3,40	42	0,603	99,17	164,35	4,96	8,22
3,50	43	0,602	101,31	168,26	5,07	8,41
3,60	48	0,601	112,86	187,83	5,64	9,39
3,70	52	0,600	122,01	203,48	6,10	10,17
3,80	51	0,598	119,42	199,57	5,97	9,98
3,90	58	0,597	127,24	213,06	6,36	10,65
4,00	62	0,596	135,75	227,76	6,79	11,39

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> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	0	0		0	0,0	0,0	0,0	0,75	0	Preforo
0,8	6,4	31,14	Incoerente - coesivo	0	1,75	1,88	0,04	0,75	4,81	Argille siltose limose sovraconsolidate, alterate e fratturate
2,5	11,82	51,77	Incoerente - coesivo	0	1,93	2,12	0,25	0,76	8,95	Argille siltose limose sovraconsolidate, alterate
4	40,6	158,52	Incoerente - coesivo	0	2,18	2,41	0,58	0,77	31,1	Argille grigie sovraconsolidate

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltose limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	Sunda (1983) Benassi Vannelli	0,93
Strato (3) Argille siltose limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	Sunda (1983) Benassi Vannelli	1,55
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	Sunda (1983) Benassi Vannelli	4,76

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	Robertson (1983)	9,62
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	Robertson (1983)	17,90
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	Robertson (1983)	62,20

#### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	Buisman-Sanglerat	60,13
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	Buisman-Sanglerat	111,88
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	Buisman-Sanglerat	311,00

#### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	Schultze-Menzenbach	83,72
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	Schultze-Menzenbach	131,33
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	Schultze-Menzenbach	386,05

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2)	4,81	0,30-0,80	Meyerhof	1,75

Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate				
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	Meyerhof	1,93
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	Meyerhof	2,18

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	Meyerhof	1,88
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	Meyerhof	2,12
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	Meyerhof	2,41

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	79,99
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	110,09
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	155,65

**TERRENI INCOERENT I**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Meyerhof 1957	53,4
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Meyerhof 1957	64,4
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
-------------	------	------------------	------------	--------------	----------------------

Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Meyerhof (1956)	21,37
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Meyerhof (1956)	22,56
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Meyerhof (1956)	28,89

#### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Bowles (1982) Sabbia Media	230,50

#### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	37,34
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	45,85
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	91,34

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4)	31,1	2,50-4,00	31,1	Classificazione	ADDENSATO

Argille grigie sovraconsolidate				A.G.I
---------------------------------	--	--	--	-------

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Meyerhof ed altri	1,41
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Meyerhof ed altri	1,46
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Meyerhof ed altri	1,71

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,06

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) Argille siltoso limose sovraconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) Argille grigie sovraconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (2) Argille siltoso limose sovraconsolidate,	4,81	0,30-0,80	4,81	Ohsaki (Sabbie pulite)	284,53

alterate e fratturate					
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Ohsaki (Sabbie pulite)	510,07
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Ohsaki (Sabbie pulite)	1644,78

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Ohta & Goto (1978) Limi	79,99
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Ohta & Goto (1978) Limi	110,09
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Ohta & Goto (1978) Limi	155,65

#### Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{H/P_0}$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Navfac 1971-1982	0,94
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Navfac 1971-1982	1,88
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Navfac 1971-1982	5,76

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate e fratturate	4,81	0,30-0,80	4,81	Robertson 1983	9,62
Strato (3) Argille siltoso limose sovracconsolidate, alterate	8,95	0,80-2,50	8,95	Robertson 1983	17,90
Strato (4) Argille grigie sovracconsolidate	31,1	2,50-4,00	31,1	Robertson 1983	62,20

---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SPT FONDO FORO

<p>Committente: Condominio Via Narco n.16 Cantiere: Condominio Via Narco n.16 Località: Via Narco 16 Camerino</p>	
---	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 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	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0,997
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**Signature 1**

**Signature 2**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
 24/11/2017

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
1,15	5
1,30	11
1,45	26
3,15	23
3,30	50
3,45	50

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	Shioi - Fukui (1982)	1,84
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	Shioi - Fukui (1982)	4,99

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	Robertson (1983)	73,78
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	Robertson (1983)	199,40

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	378,04
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	1018,67

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	Apollonia	368,89
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	Apollonia	997,00

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	Meyerhof	2,36
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	Meyerhof	2,50
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	Meyerhof	2,50

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	120,02
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	180,3

**TERRENI INCOERENTI I**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Meyerhof 1957	100
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Meyerhof (1956)	25,54
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Meyerhof (1956)	43,49

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Bowles (1982) Sabbia Media	259,45
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Bowles (1982) Sabbia Media	573,50

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	103,24
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	232,25

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Meyerhof ed altri	1,76
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Meyerhof ed altri	1,96

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,09
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	(A.G.I.)	0,28
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	(A.G.I.)	0,15

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Ohsaki (Sabbie pulite)	1931,06
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Ohsaki (Sabbie pulite)	4916,85

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Ohta & Goto (1978) Limi	120,02
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Ohta & Goto (1978) Limi	180,3

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Navfac 1971-1982	6,51
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Navfac 1971-1982	11,93

$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm²)
-------------	------	------------------	------------	--------------	----------------

---

Strato (1) Strato	36,889	0.00-1,45	36,889	Robertson 1983	73,78
Strato (2) Strato	99,7	1,45-3,45	99,7	Robertson 1983	199,40

## STATION INFORMATION

*Station code:* 1633

*Model:* GEOBOX SARA

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

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* Ristrutturazione fabbricato Sisma 2016

*Address:* Via Narco n.16 Camerino

*Latitude:* 4778043,08 N

*Longitude:* 343199,90 E

*Coordinate system:* WGS84

*Elevation:* 613 m s.l.m.

*Weather:* -

*Notes:* -

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



### SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

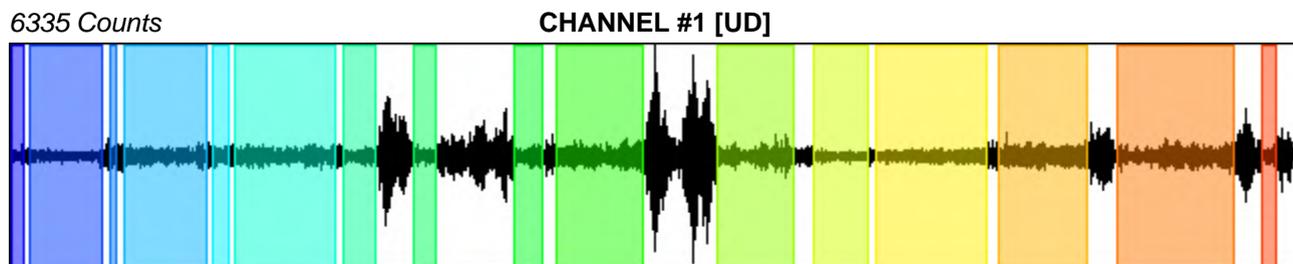
Recording start time: 2017/12/09 15:47:46

Recording length: 20 min

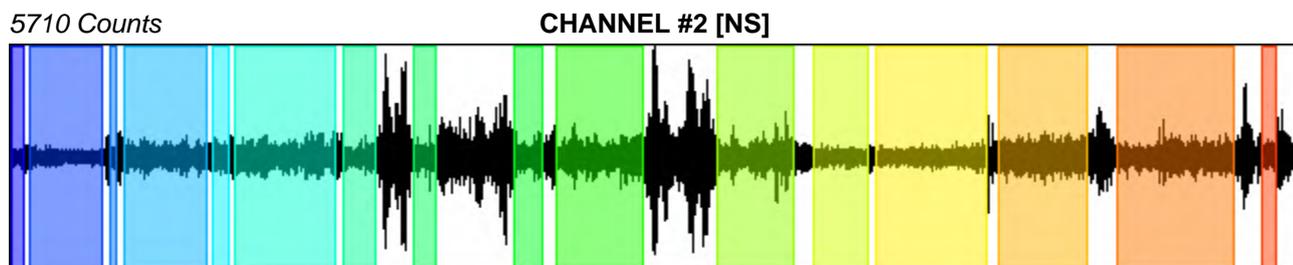
Windows count: 16

Average windows length: 53.51

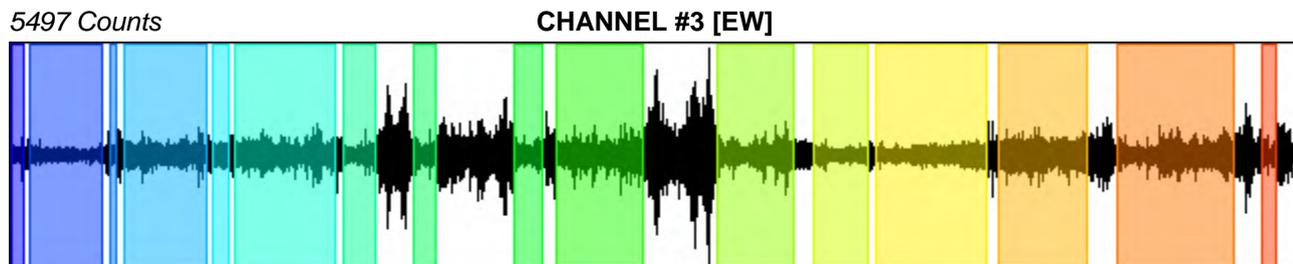
Signal coverage: 71.35%



-6134 Counts



-4986 Counts



-5662 Counts

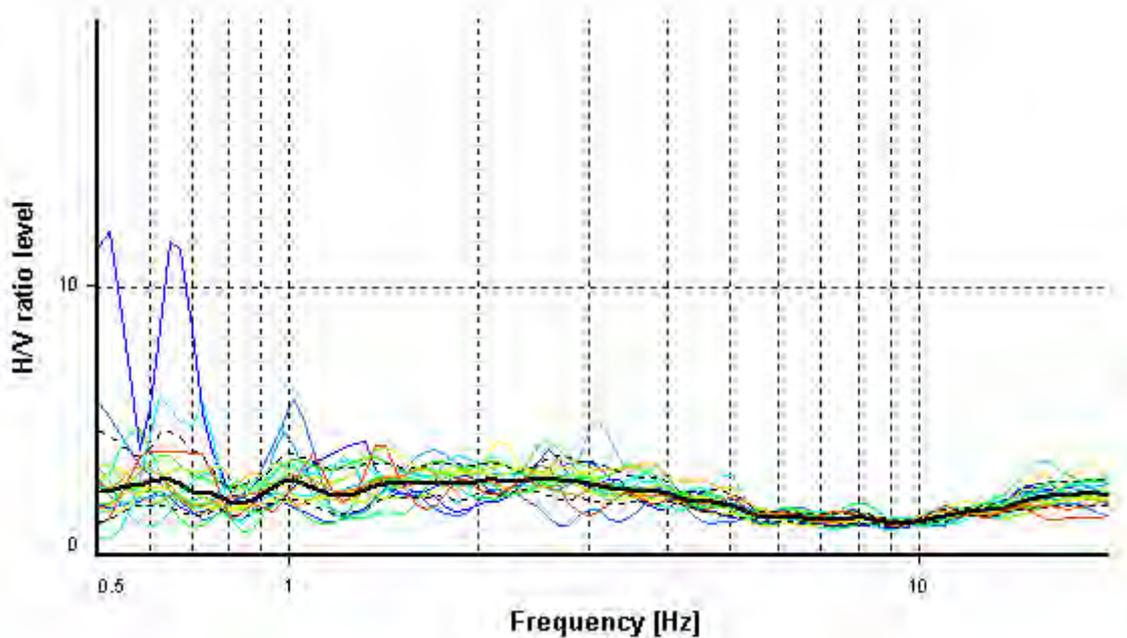
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

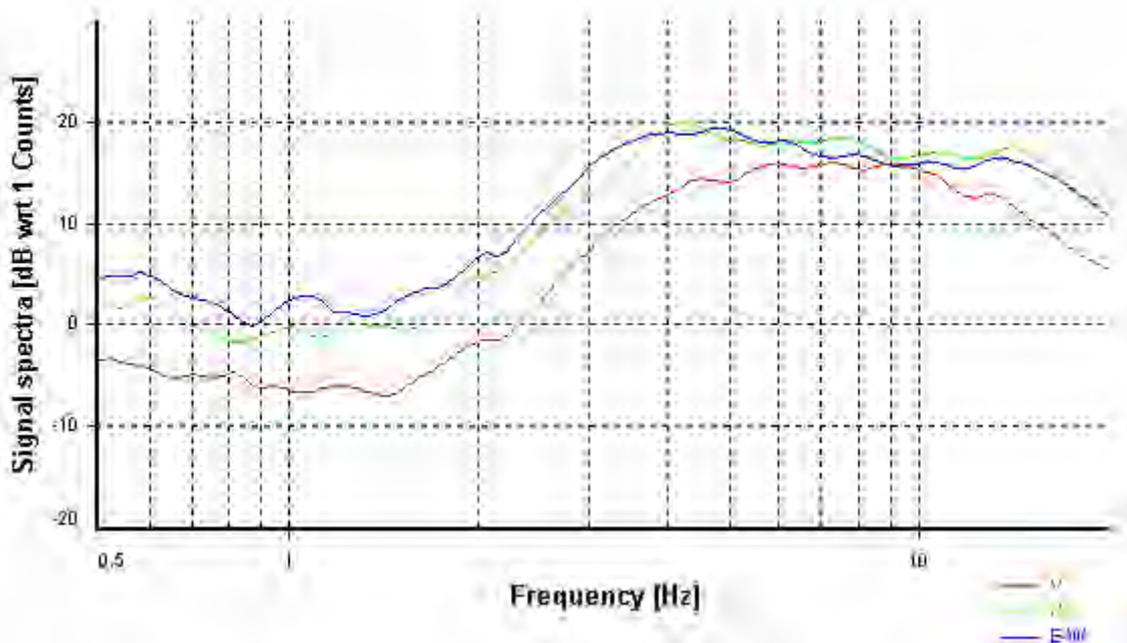
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

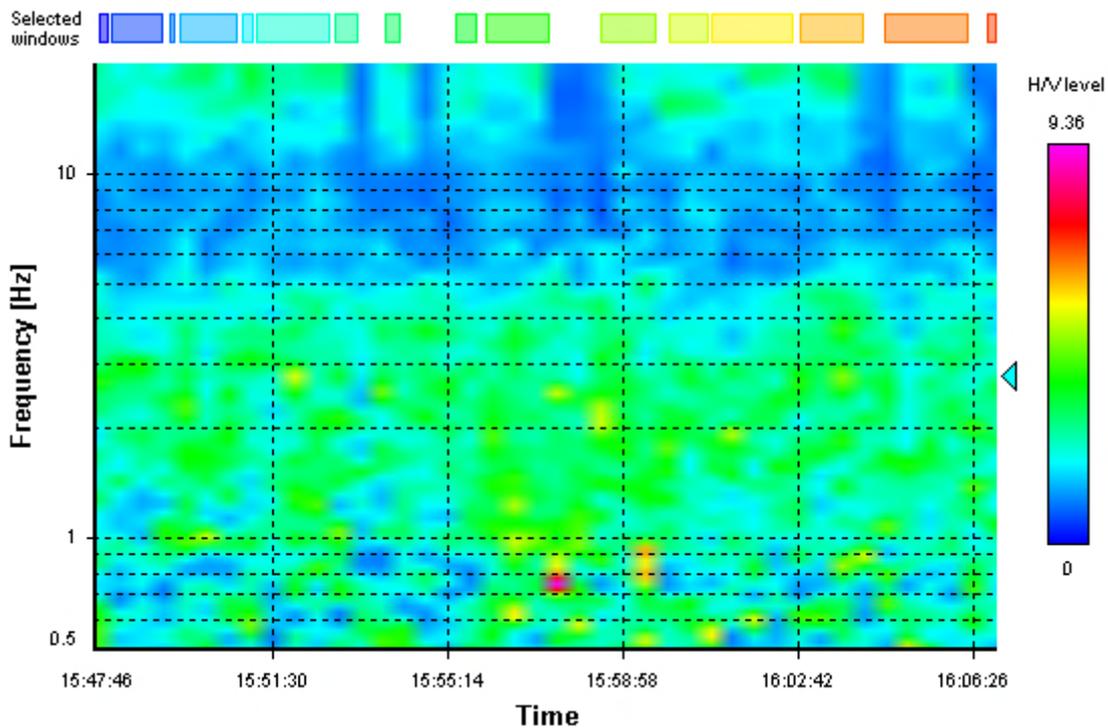
### HVSR average



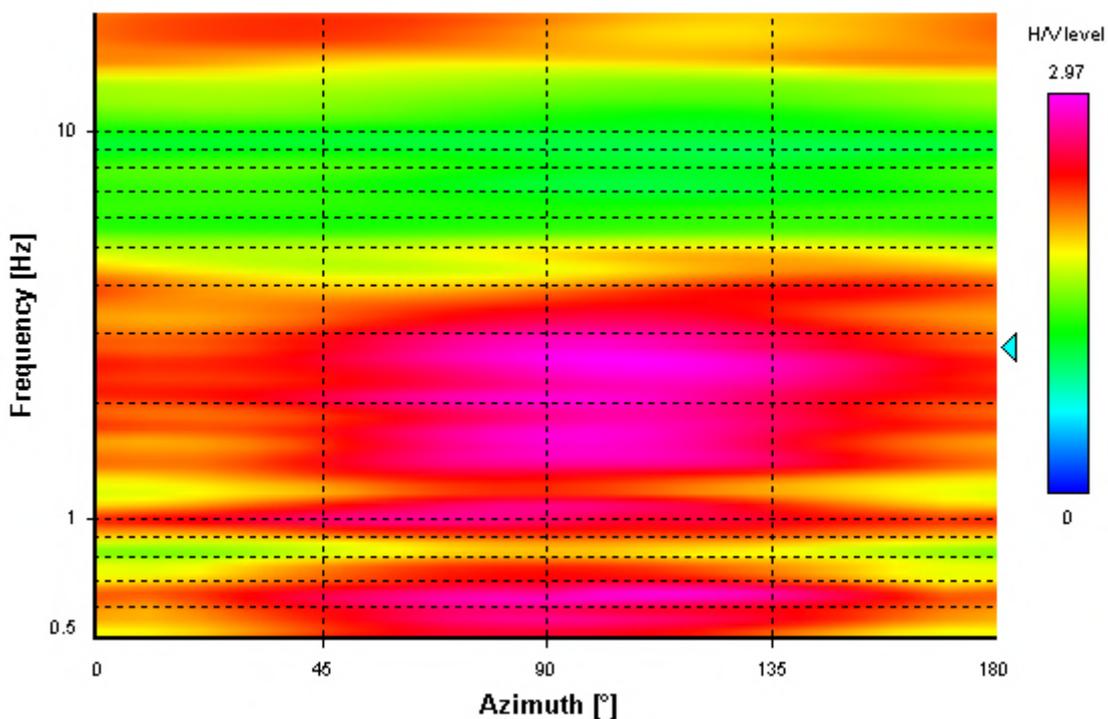
### Signal spectra average



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



### HVSR directional analysis



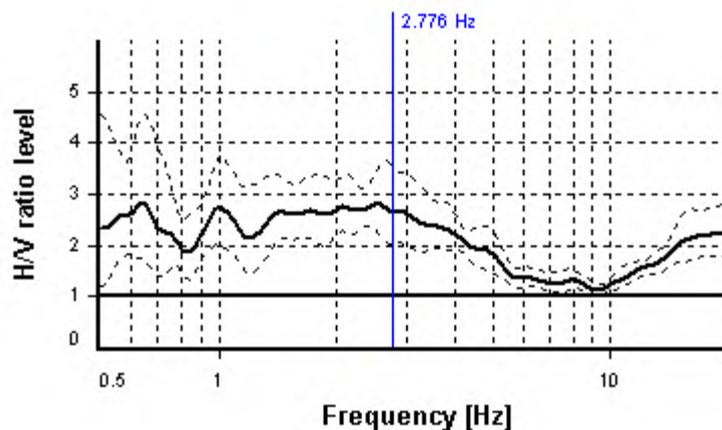
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

2.776 Hz

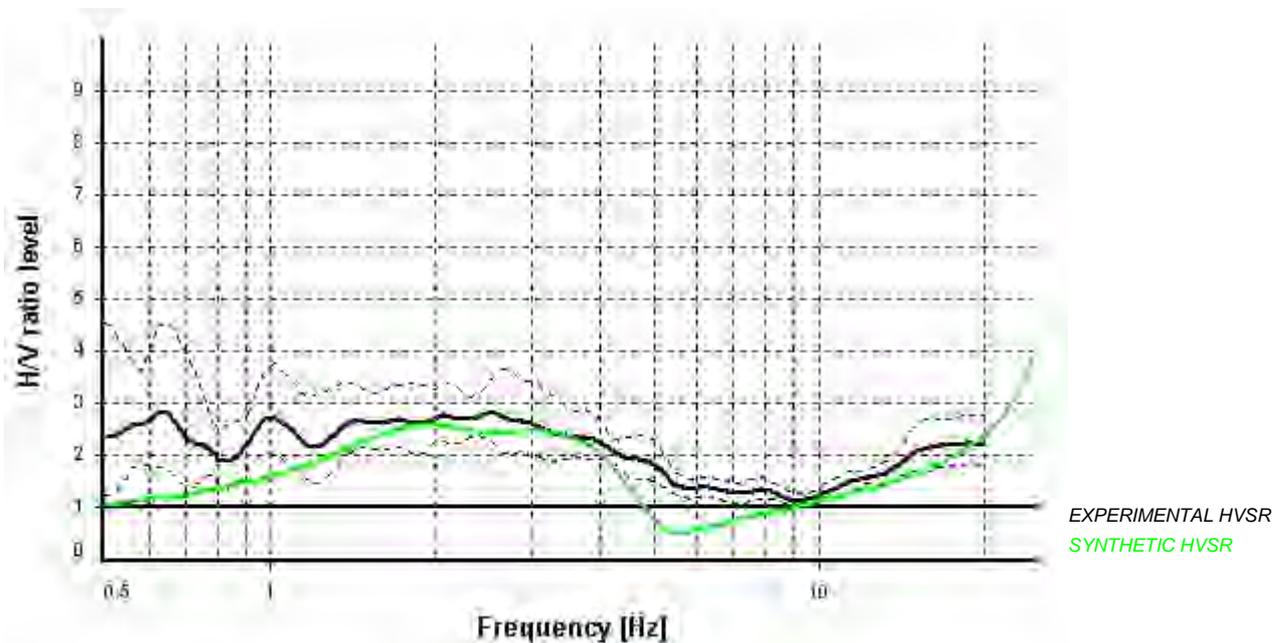
**$A_0$  amplitude = 2.664**

**Average  $f_0 = 2.569 \pm 0.629$**

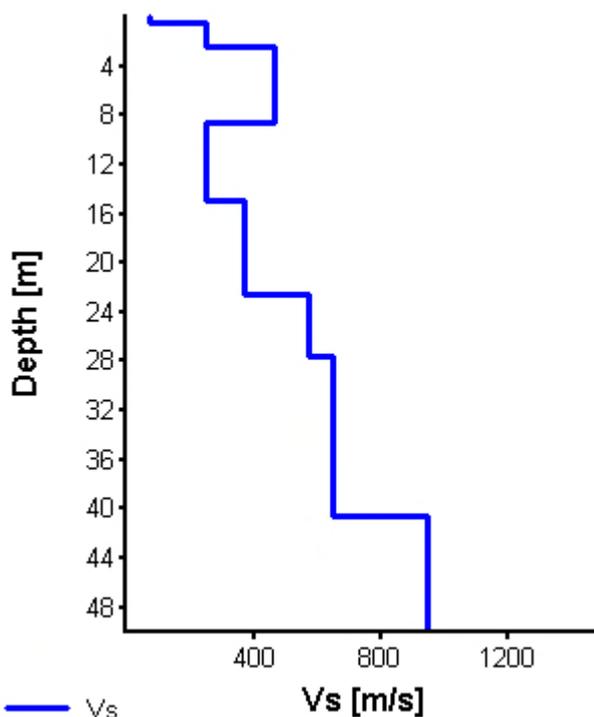


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	16 valid windows (length > 3.6 s) out of 16	OK
$\bar{n}_c(f_0) > 200$	2376.39 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	6.78797 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.66 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	13.85% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.62873 > 0.13878	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.33797 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

### Synthetic HVSR modelling

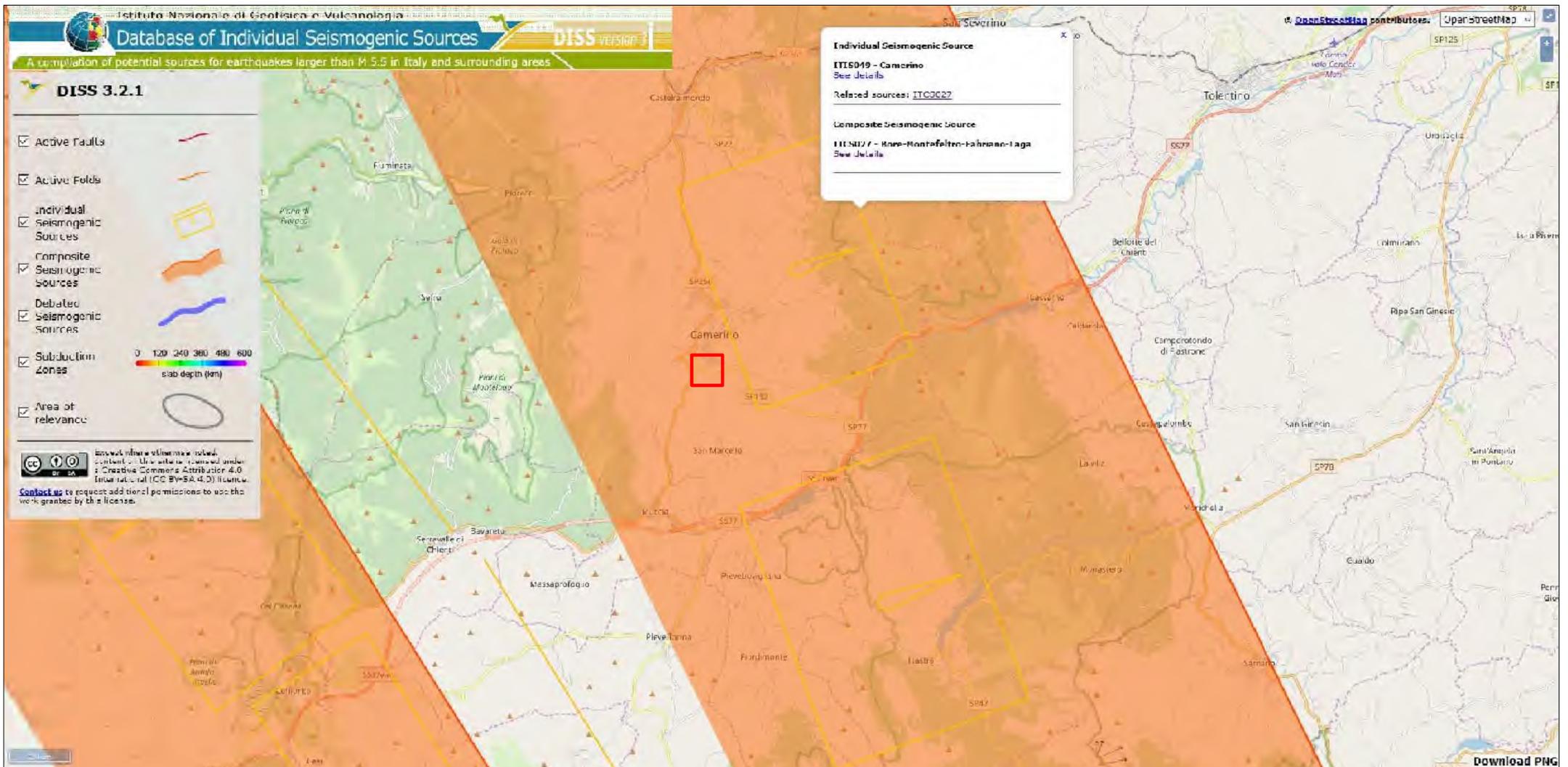


H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
0.5	0.5	200	70	1700
2	2.5	450	247	2000
6.1	8.6	750	467	2100
6.4	15	600	250	2200
7.6	22.6	700	369	2200
5	27.6	1050	570	2200
13	40.6	1150	650	2200
70	110.6	1550	950	2300
60	170.6	2200	1200	2300
-	>170.6	3300	2000	2300



**Vs 30 = 378 m/s (Offset = 1 m)**

# ZONE SISMOGENETICHE -- FAGLIE ATTIVE E CAPACI



Dr. Paolo Gianni Luigi Faustini

C.FISC: F81GLC67L17B474X  
P.IVA: 01317530436

Fr. Morro n.13

62032 Camerino - Macerata  
Tel: 0737644207 - 3398642965  
Fax: 00000000

Email: [gianluca.faustini@tiscali.it](mailto:gianluca.faustini@tiscali.it)

Web:

**Lavori di ristrutturazione con demolizione e ricostruzione di un fabbricato di civile abitazione sito a Camerino in Via Narco n.16 F.61 Part.340**

## **RISPOSTA SISMICA LOCALE IN SLV--SLD--SLC**

Periodi di riferimento 2,0-3,5 s (SLC- SLV-SLD)

Caratterizzazione e modellazione sismica del sito

(punto 3.2.2 N.T.C. - D.M. 17 gennaio 2018)

Nr. Lic. WZCTW-EIIPX6-B2OPE-M14BQ

### **1.0 PREMESSA**

La presente relazione espone i risultati dell'analisi di Risposta Sismica Locale (RSL), per il progetto relativo ai **Lavori di ristrutturazione con demolizione e ricostruzione di un fabbricato di civile abitazione sito a Camerino in Via Narco n.16 – F.61 Part.340**.

La valutazione della RSL è stata eseguita in ottemperanza ai contenuti del paragrafo 3.2.2 delle Norme Tecniche sulle Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018).

Tale indagine è stata sviluppata soprattutto al fine di definire nel modo più corretto possibile i parametri sismici del sito. In particolare i risultati di tale analisi vanno confrontati con i parametri derivanti dalla procedura semplificata, comunque ammessa dalle NTC 2018.

Ricordiamo che i caratteri del moto sismico in un determinato sito dipendono sostanzialmente da tre fattori:

- 1- il meccanismo focale del terremoto;
- 2- la trasmissione delle onde dall'epicentro al sito con relative trasformazioni ed attenuazioni;
- 3- dalla trasmissione del segnale sismico da una formazione rocciosa di base (bedrock sismico) alla superficie, attraverso le stratificazioni di terreni che ricoprono il bedrock stesso.

Lo studio di risposta alle azioni sismiche permette di valutare eventuali fenomeni di amplificazione locale provocati dalle modifiche che il segnale sismico subisce a causa delle caratteristiche geotecniche, morfologiche e stratigrafiche dei depositi di terreno che attraversa.

L'informazione di maggior interesse offerta dall'analisi di risposta sismica locale è lo spettro di risposta in accelerazione del moto del terreno, che mette in evidenza gli effetti di sito.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale "1D", consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori Sopra riportati, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica Orizzontale (Bedrok sismico).

Lo studio è stato svolto secondo i seguenti punti:

1. Definizione dell'input sismico (al Bedrok);

- stima dell'accelerazione di base;
- dati di disaggregazione;
- estrazione, conversione e normalizzazione accelerogrammi di input.

2. Analisi di Risposta Sismica Locale

- Inserimento sismostratigrafia di input (derivata da misura diretta delle velocità delle onde di taglio Vs attraverso una prova sismica in foro Down Hole congiunta ad indagini sismiche a stazione singola HVSR);
- Esecuzione dell'analisi.

Nel caso in esame, tenuto conto delle locali condizioni topografiche è stata effettuata un'analisi numerica mono dimensionale attraverso il software RSL III di Geostru.

## **2.0 METODI DI CALCOLO UTILIZZATO**

La valutazione della Risposta Sismica Locale (RSL) è stata effettuata, tramite l'utilizzo di accelerogrammi naturali normalizzati al sito di riferimento.

Sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo:

- **Rexel Light Orfeus utilizzabile dai siti internet "esm.mi.ingv.it"** sviluppato presso la RELUIS di Napoli dagli autori "Iervolino, Galasso e Cosenza" per l'acquisizione degli accelerogrammi naturali di riferimento;
- RSL III della ditta Geostru per l'analisi di risposta sismica locale.

## **3.0 MODELLAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA**

La stratigrafia della zona è stata determinata dall'effettuazione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo. Il modello sismostratigrafico del sottosuolo è stato definito sulla base dei risultati di una prova sismica tipo DOWN HOLE effettuata nel foro di sondaggio S1 opportunamente attrezzato, integrata dall'esecuzione di n.3 prove sismiche a stazione singola "HVSR" che hanno permesso di investigare il sito per una sufficiente estensione areale.

Per la definizione della locale sequenza sismostratigrafica si è partiti dal piano di imposta delle fondazioni, localizzato all'incirca a -1,20 m. dalla bocca del sondaggio S1 (sede di misura).

### **Sismostrato n.1:**

Dalla quota di -1,00 dal p.c. fino a -2,20 m. (Spessore 1,20 m.) terreno costituito prevalentemente da Argille siltose molto alterate (substrato) **Vs pari a circa 247 m/s;**

### **Sismostrato n.2:**

da - 2,20 m dal p.c. fino a circa -8,20 m (spessore circa 6,00 m), terreno costituito da peliti grigio azzurre (substrato) **Vs pari a circa 455 m/s;**

### **Sismostrato n.3:**

da - 8,20 m dal p.c. fino a circa -14,70 m (spessore circa 6,50 m), terreno costituito da peliti grigio azzurre (substrato) decomprese **Vs pari a circa 250 m/s;**

**Sismostrato n.4:**

da - 14,70 m dal p.c. fino a circa -22,30 m (spessore circa 7,60 m), costituito da Argille siltose sovraconsolidate **Vs pari a circa 369 m/s;**

**Sismostrato n.5:**

da - 22,30 m dal p.c. fino a circa -30,00 m (spessore circa 7,70 m), costituito da Argille siltose sovraconsolidate **Vs pari a circa 650 m/s;**

**Sismostrato n.6:**

da - 30,00 m dal p.c. fino a circa -40,60 m (spessore circa 10,60

**Sismostrato n.7:**

da - 40,60 Marne e marne argillose considerate come substrato sismico, **Vs pari a 950 m/s;**

Vista la tipologia dei terreni che caratterizzano il sito, per descrivere la dipendenza del modulo di taglio e dello smorzamento dalla deformazione, per i primi quattro sismo strati si è fatto riferimento a curve di decadimento fornite e consigliate dal centro di microzonazione sismica per il terremoto dell'Italia Centrale del 2016, già forniti ai tecnici incaricati per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica per il **Sisma 2016**, mentre per il substrato con velocità di propagazione delle onde di taglio superiori agli 800 m/sec (substrato sismico), si è ricorsi a curve derivanti dalla letteratura esistente, contemplate dal programma di calcolo anche in funzione del fatto che studi specifici hanno dimostrato la modesta influenza delle curve di decadimento sui risultati di analisi 1D di risposta sismica locale (Lai et al., 2007).

#### **4.0 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE**

##### **4.1 DETERMINAZIONE ACCELEROGRAMMI DI INPUT**

Per la definizione dell'input sismico di modellazione della RSL, è stato utilizzato il software Rexel light Orfeus (sviluppato presso la RELUIS di Napoli), che ha permesso di individuare e definire i 7 accelerogrammi di riferimento, con caratteristiche compatibili con il sito in esame, per gli stati limite considerati ed i periodi prescelti.

E' stato necessario definire i seguenti parametri:

- Coordinate del sito;
- Vita nominale  $V_n$ ;
- Vita di riferimento  $V_r$ , pari al prodotto delle Vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$  di indirizzo progettuale;
- Stati limite di progetto di riferimento.

Per l'intervento in progetto sono stati utilizzati e seguenti parametri:

- Lon. [°]: 13,07
- Lat. [°]: 43,13
- Site class: A
- Top. Cat.: T1
- $V_n$ : 50 anni
- Classe d'uso: II
- Coefficiente  $C_u$ : 1

##### **Periodo di riferimento compreso tra 2,0-3,5 s**

- SL: SLV Prob. Di Superamento 10% T.rit. 475 Anni
- SL: SLD Prob. Di Superamento 63% T.rit. 50 Anni
- SL: SLC Prob. Di Superamento 5% T.rit. 975 Anni

Per poter effettuare tali analisi, è inoltre necessario definire l'azione sismica da applicare al substrato roccioso, rappresentata da un numero prefissato di registrazioni accelerometriche. Si sono utilizzati accelerogrammi naturali (il numero minimo che consente di far riferimento ai valori medi dei risultati, secondo quanto prescritto dalle NTC 2018) selezionato da banche accelerometriche digitali (European Strong-motion Database), imponendo i criteri di scelta e spettro-compatibilità imposti dalle NTC 2018.

Sono stati scaricati pertanto **n.3 set accelerometrici compatibili** con le condizioni di cui sopra.

Il primo criterio per la selezione degli accelerogrammi reali è quindi la compatibilità con i vincoli sismotettonici del contesto geologico regionale ed, in particolare, con i valori di magnitudo, distanza epicentrale e i meccanismi focali dei terremoti di scenario che contribuiscono maggiormente alla pericolosità del sito. Tale informazione può essere ottenuta dall'analisi di disaggregazione della pericolosità. I risultati della disaggregazione dello studio di pericolosità sismica sono disponibili sul sito web dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) per tutto il territorio nazionale, con riferimento ai punti del reticolo in cui esso è stato suddiviso.

In particolare per i tre stati limite, sono stati scaricati tre differenti grafici di disaggregazione in funzione della probabilità di superamento in 50 anni.

In base a ciò, in funzione dello stato limite preso in considerazione, sono stati determinati i seguenti parametri M - R di disaggregazione:

**SLC:**

- **M (magnitudo) compresa fra  $M_{min} = 5,1$  e  $M_{max} = 6,5$**

- **R (distanza) compresa fra  $R_{min} = 0$  e  $R_{max} = 20$  Km**

Per il sito in esame, il sito web dell'INGV fornisce un valore medio di magnitudo  $M = 5,36$  e distanza epicentrale  $d = 8,0$  km.

**SLV:**

- **M (magnitudo) compresa fra  $M_{min} = 5,1$  e  $M_{max} = 6,1$**

- **R (distanza) compresa fra  $R_{min} = 0$  e  $R_{max} = 30$  Km**

Per il sito in esame, il sito web dell'INGV fornisce un valore medio di magnitudo  $M = 5,32$  e distanza epicentrale  $d = 9,79$  km.

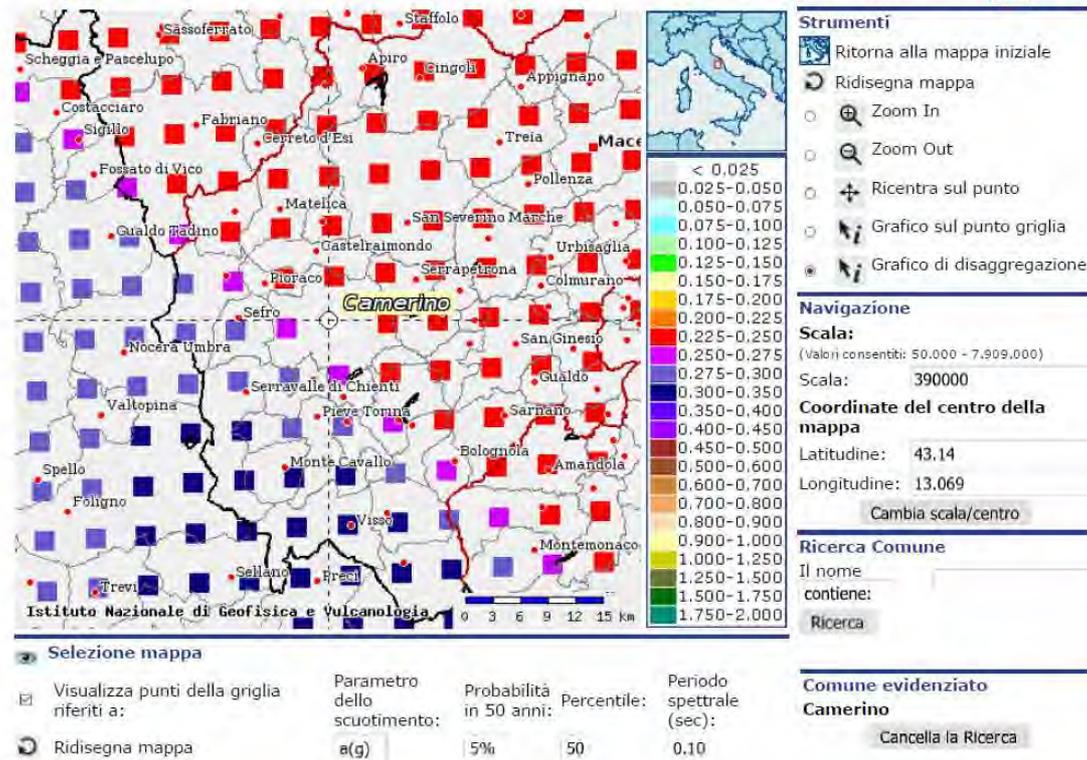
**SLD:**

- **M (magnitudo) compresa fra  $M_{min} = 4,5$  e  $M_{max} = 6,0$**

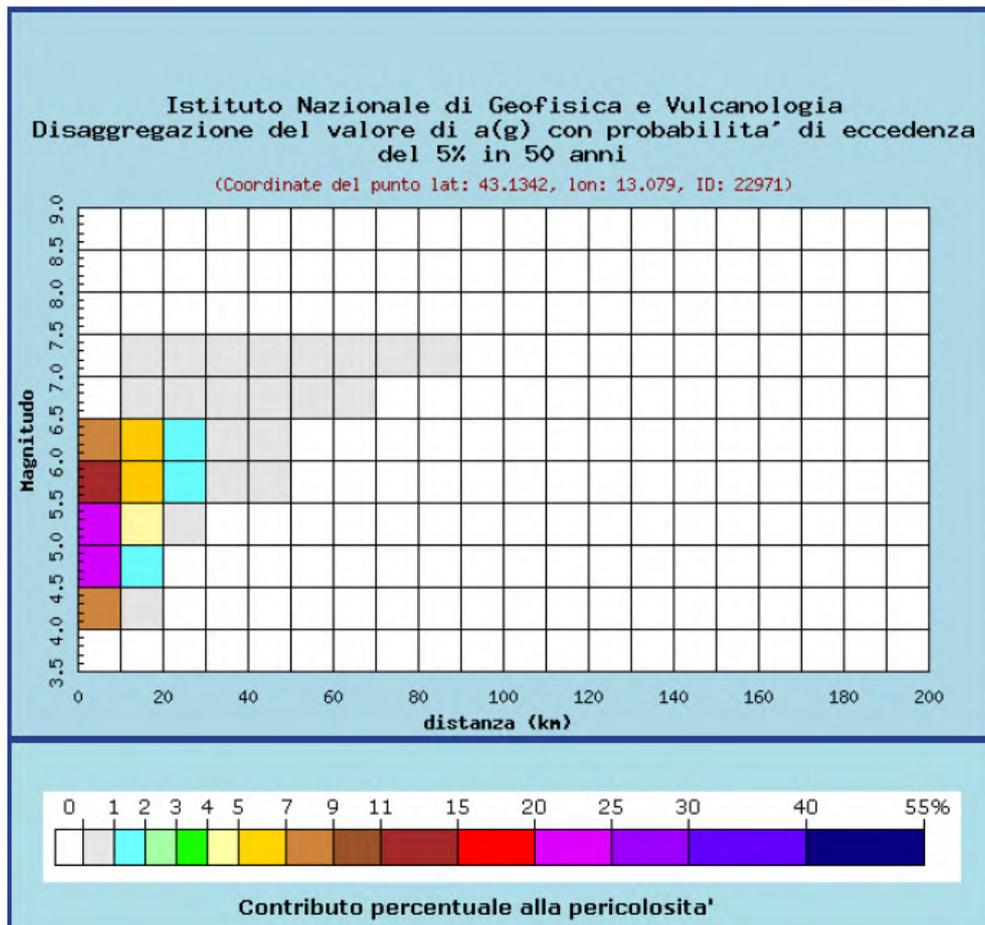
- **R (distanza) compresa fra  $R_{min} = 0$  e  $R_{max} = 40$  Km**

Per il sito in esame, il sito web dell'INGV fornisce un valore medio di magnitudo  $M = 5,23$  e distanza epicentrale  $d = 20,4$  km.

# Mappe interattive di pericolosità sismica



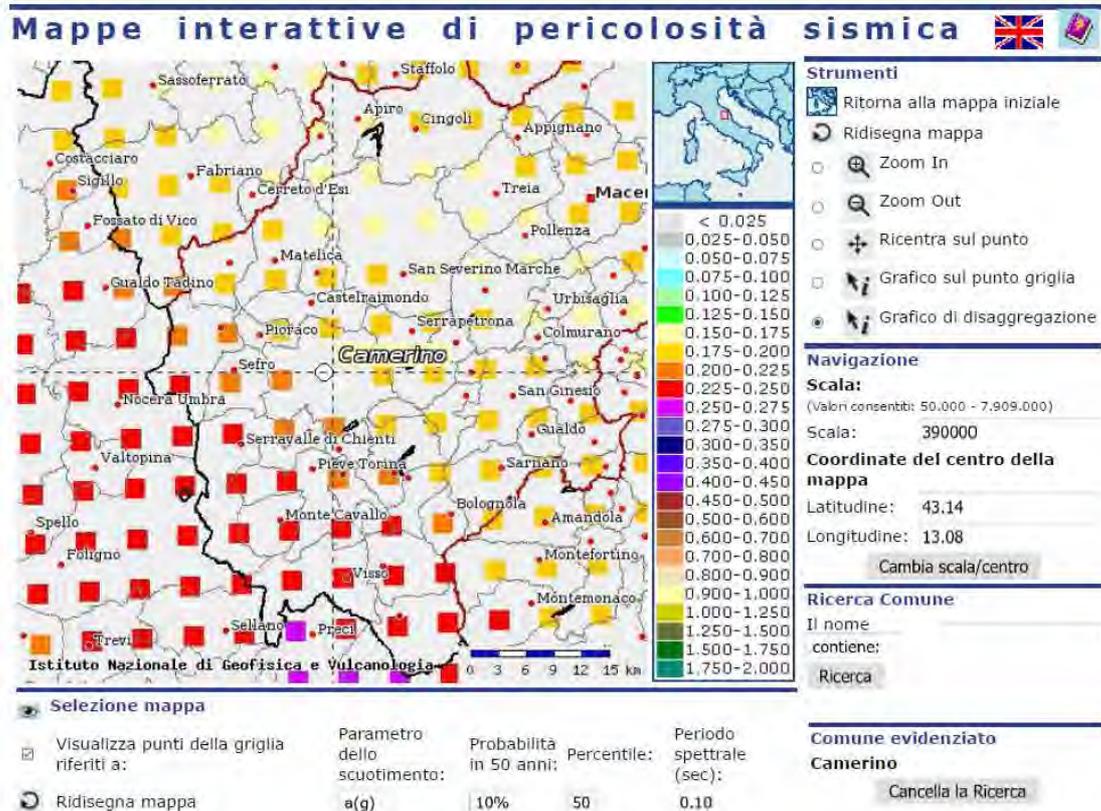
Maglia elementare del reticolo di riferimento per il sito di interesse (sopra) e risultati della disaggregazione per lo stesso sito (sotto) per SLC



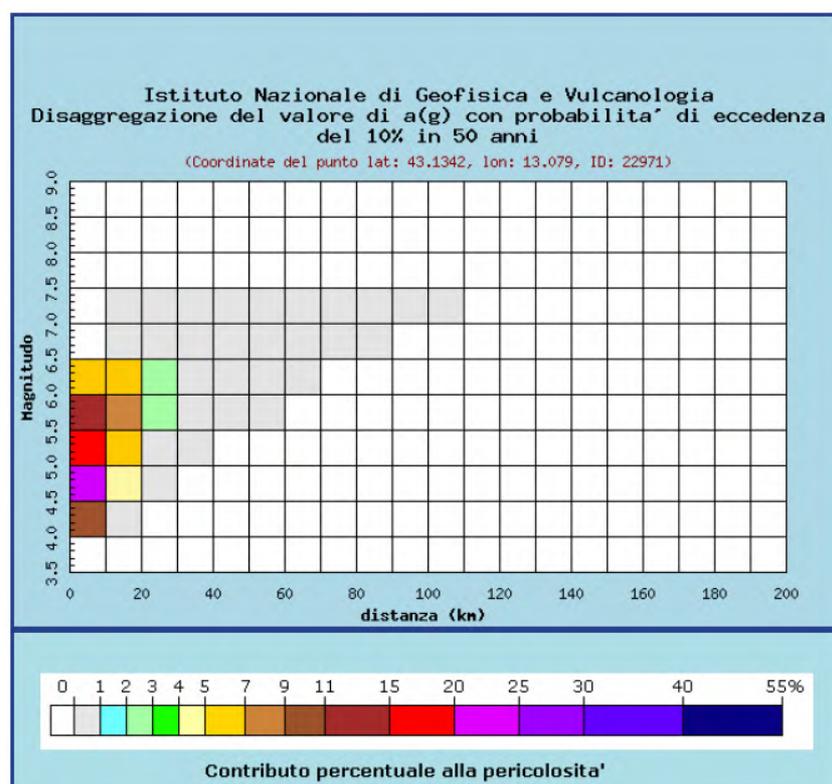
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.1342, lon: 13.079, ID: 22971)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	8.780	22.600	20.100	14.900	7.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

10-20	0.000	0.204	1.970	4.750	6.770	5.840	0.380	0.234	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.000	0.153	1.100	1.830	0.585	0.445	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.054	0.421	0.285	0.281	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.033	0.107	0.150	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.072	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.025	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.360	8.000	1.110



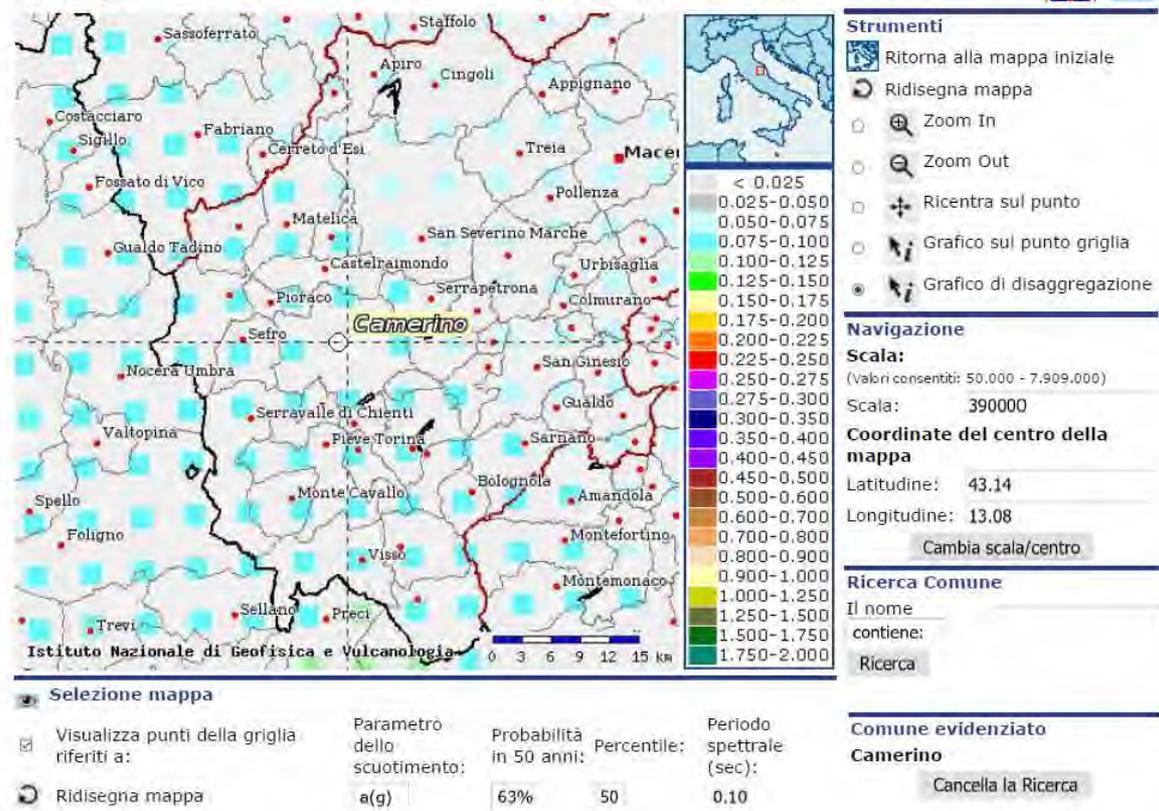
Maglia elementare del reticolo di riferimento per il sito di interesse (sopra) e risultati della disaggregazione per lo stesso sito (sotto) per SLV



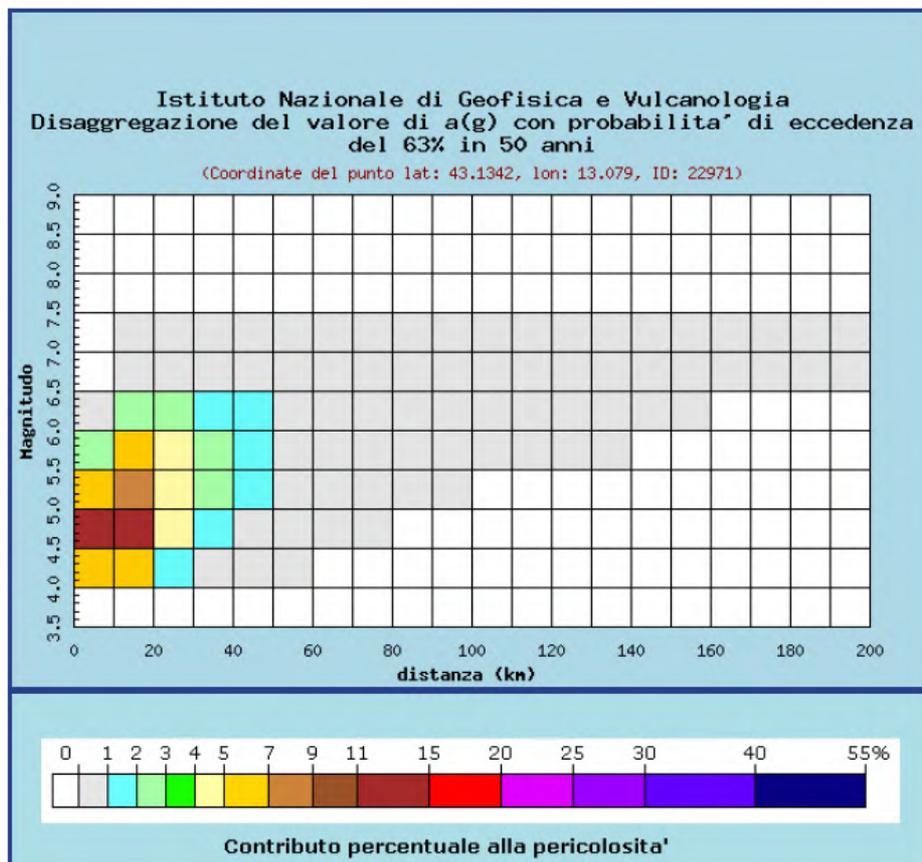
Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.1342, lon: 13.079, ID: 22971)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	9.490	21.900	17.000	11.100	5.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.880	4.310	6.760	7.570	5.560	0.341	0.182	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.068	0.853	2.100	2.420	0.635	0.413	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.019	0.414	0.891	0.391	0.315	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.054	0.245	0.205	0.201	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.035	0.095	0.119	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.030	0.059	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.027	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.320	9.790	0.982

# Mappe interattive di pericolosità sismica



Maglia elementare del reticolo di riferimento per il sito di interesse (sopra) e risultati della disaggregazione per lo stesso sito (sotto) per SLD



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.1342, lon: 13.079, ID: 22971)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	6.930	11.700	5.910	2.650	0.946	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.070	11.600	8.680	5.380	2.460	0.121	0.044	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	1.440	4.510	4.910	4.200	2.550	0.395	0.162	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.302	1.550	2.380	2.630	1.970	0.446	0.211	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.033	0.479	1.170	1.610	1.270	0.401	0.216	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.001	0.107	0.495	0.837	0.675	0.324	0.195	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.019	0.201	0.468	0.384	0.218	0.144	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.001	0.056	0.213	0.211	0.139	0.100	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.009	0.079	0.114	0.090	0.071	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.001	0.030	0.063	0.058	0.049	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.033	0.039	0.035	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.016	0.026	0.025	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.017	0.018	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.011	0.013	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.010	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.008	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.006	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.230	20.400	0.611

Per la selezione delle combinazioni degli accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri da normativa si è utilizzato il programma REXEL light Orfeus, sviluppato dall'Università degli Studi di Napoli Federico II. Gli accelerogrammi selezionati sono stati tutti registrati su siti rocciosi affioranti e sono caratterizzati da valori di magnitudo e distanza epicentrale, compatibili con i risultati dello studio di disaggregazione. La tolleranza adottata sui valori di distanza è tipicamente maggiore di quella sui valori di magnitudo, poiché quest'ultima ha un'influenza maggiore sulle caratteristiche del moto sismico. L'altro criterio importante e restrittivo adottato per la selezione degli accelerogrammi reali è quello della spettro-compatibilità. Gli accelerogrammi selezionati per il sito in esame sono spettro-compatibili, in media, con lo spettro di risposta elastico su suolo di categoria A prescritto dalle NTC 2018, nell'intervallo di periodo specificato (0,1-0,5—2,2-3,5 s). Al fine di ottenere la spettro-compatibilità, non è stato necessario scalare linearmente gli accelerogrammi selezionati al valore di accelerazione di picco prescritta dalle NTC 2018 per il Comune di **CAMERINO**.

In particolare di seguito vengono riportati i risultati degli spettri scaricati in funzione degli stati limite SLC, SLV, SLD e dei tempi.

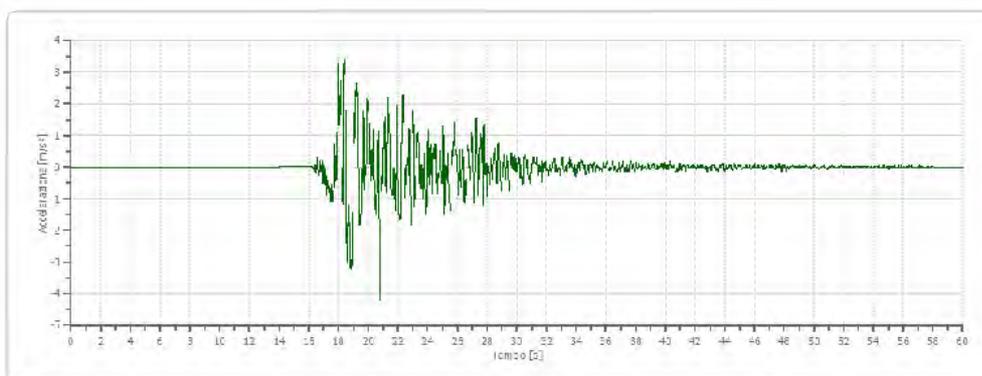
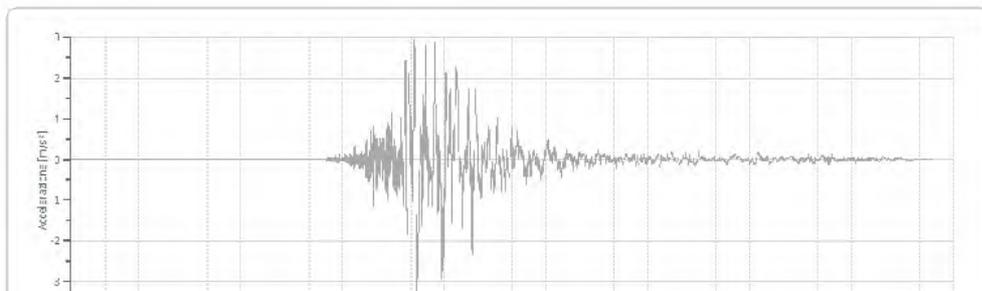
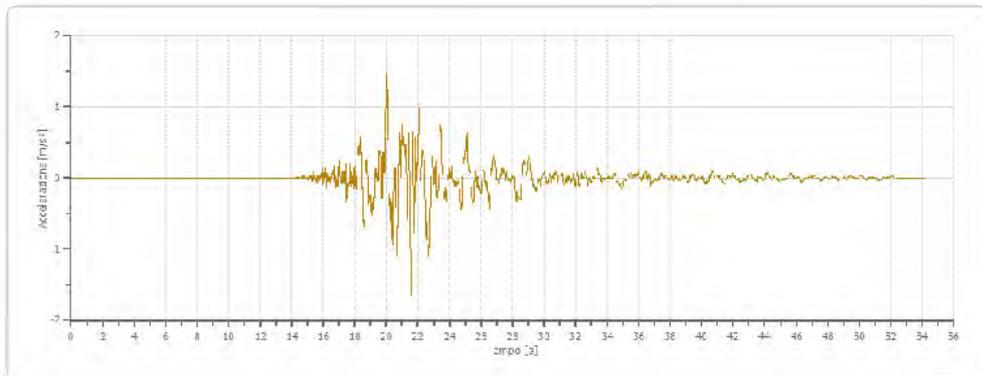
Le componenti orizzontali degli accelerogrammi, il confronto tra i corrispondenti spettri, lo spettro medio e lo spettro di normativa delle NTC 2018 sono illustrati di seguito.

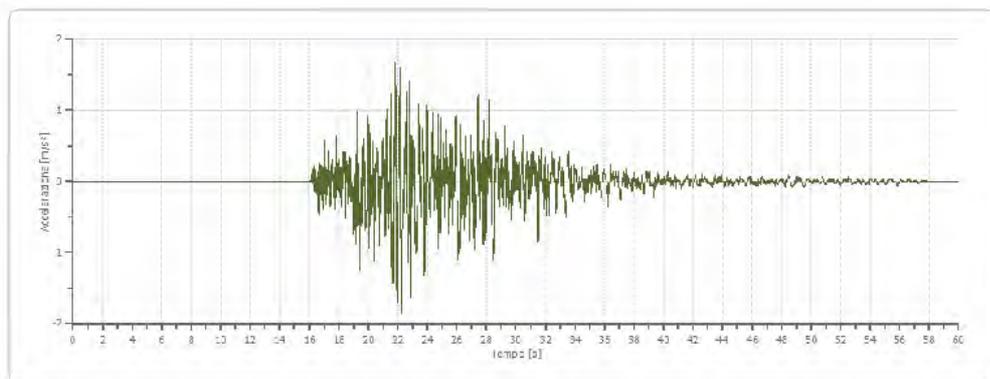
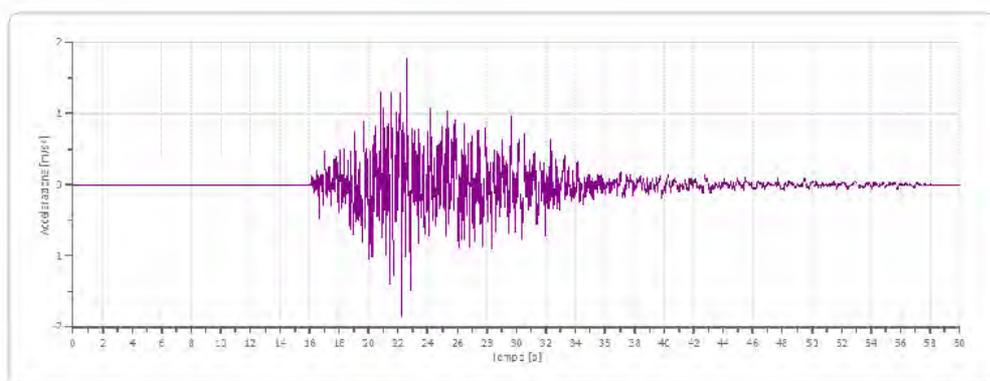
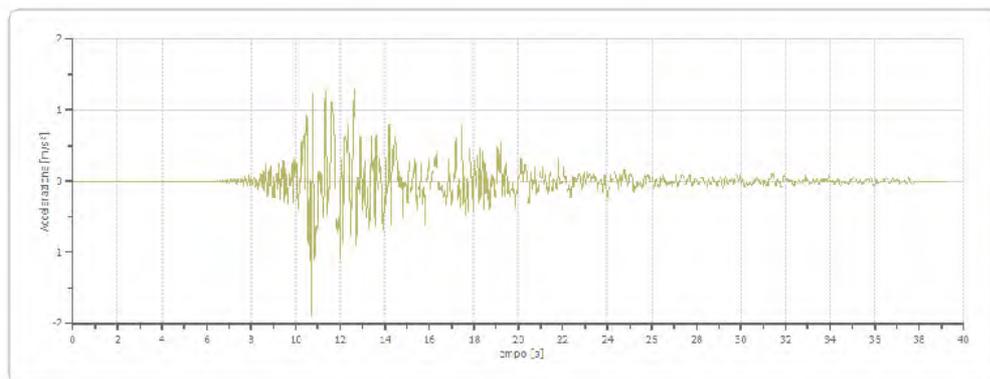


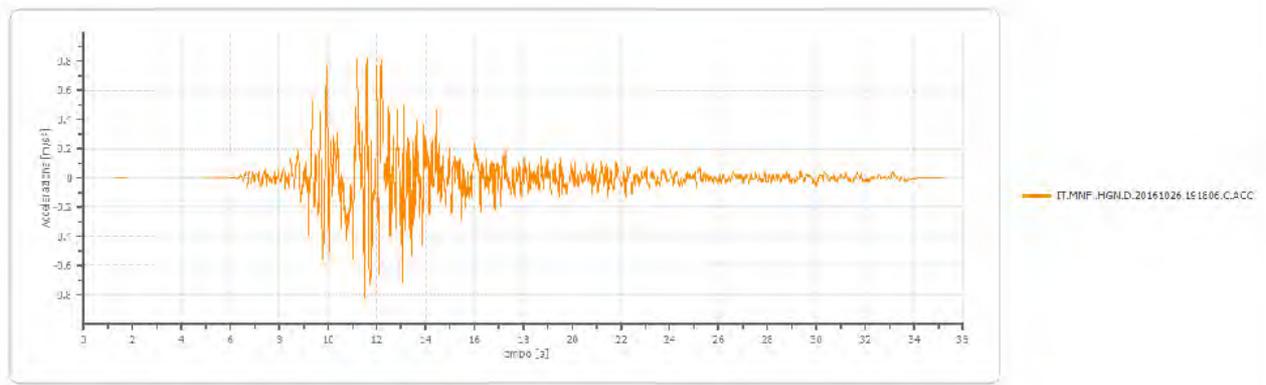
Network	Station code	Event time	Scale factor	Usable Bandwidth [Hz]	Orientation	Response spectrum	Exclude
3A - Centro di microzonazione sismica Network, 2016 Central Italy seismic sequence	MZ11	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.96	HNE		<input type="checkbox"/>
3A - Centro di microzonazione sismica Network, 2016 Central Italy seismic sequence	MZ19	2016-10-30 06:40:18	1.0	69.96	HNE		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	CLO	2016-10-26 19:18:06	1.0	39.93	HGN		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	CLO	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.9	HGE		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MMO	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.95	HGE		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MMO	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.95	HGN		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MNF	2016-10-26 19:18:06	1.0	49.97	HGN		<input type="checkbox"/>

Tabella riepilogativa degli accelerogrammi sismo compatibili per SLV 2,0-3,5 s

## SLV 2,0-3,5 s







Set degli accelerogrammi utilizzati per **SLV 2,0-3,5 s**

# ACCELEROGRAMMI SPETTRI SLD 2,0-3,5 s

**Orfeus** ESM Engineering Strong Motion **EPoS** within

Database

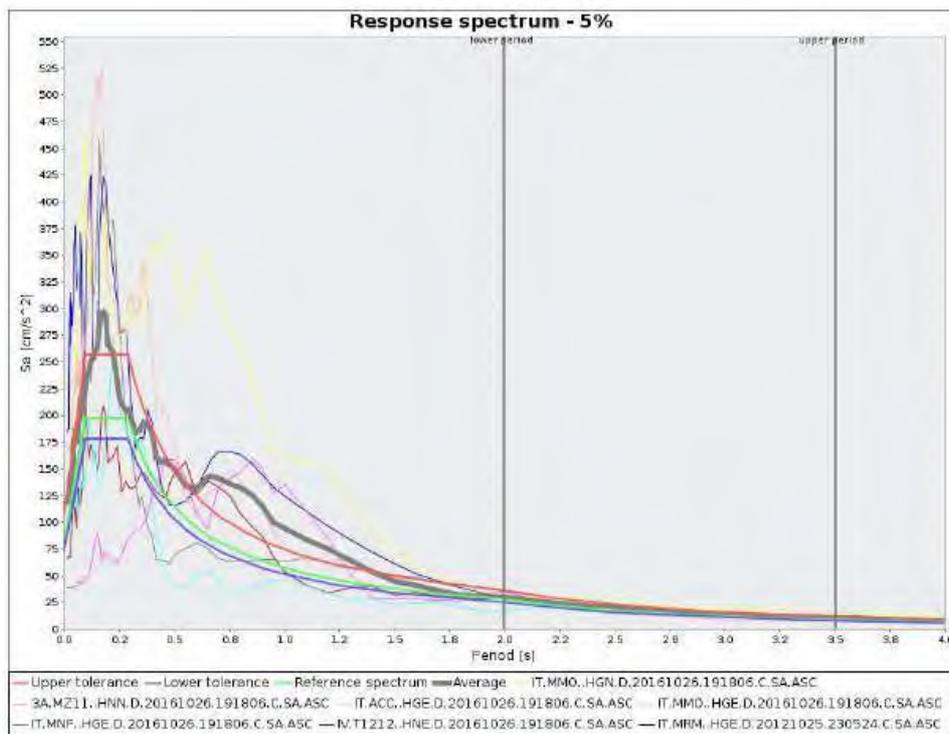
Homepage Waveforms Simions Events **REXELite** Returning user: glanluca.faustini@comune.mareica.mc.it | Log-Out

### REXELite Results

DOWNLOAD results: 

Request number	9869		
Session title	UntitledSession		
Latitude [degrees]	43.13	Longitude	13.06
Site classification (EC8)	A		
Topography	T1 - flat surfaces, isolated cliffs and slopes with average slope angle not greater than 15°		
Nominal life [years]	50 years - ordinary structures		
Building functional type	2 - ordinary structures (Cu=1.0)		
Limit state probability	Damage (P=63%)		
Ground motion components	One horizontal component		
Station site classification criteria	A,A*		
Focal mechanism	Normal faulting		
Magnitude (Ml or Mw)	min 4.5	max	6.0
Epicentral distance [km]	min 0.0	max	40.0
Period range [s]	lower 2.0	upper	3.5
Tolerance [%]	lower 10.0	upper	30.0
Scaled records	No		
Include... late trigger events	No	analog records	No

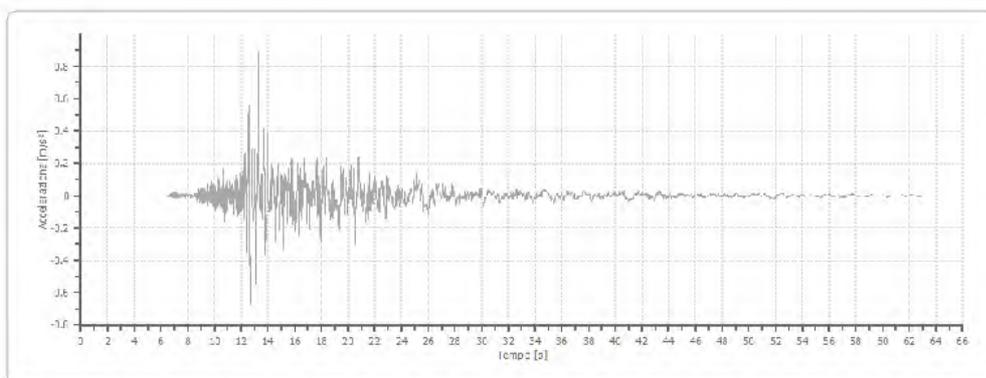
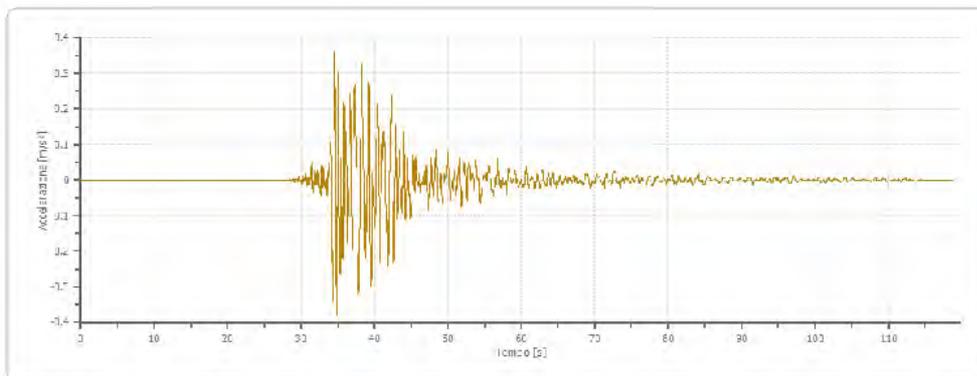
Spettro-compatibilità tra lo spettro medio (average spectrum) ottenuto da 7 registrazioni accelerometriche naturali (componente orizzontale) e lo spettro risposta elastico Target per il sito in esame (SLD)

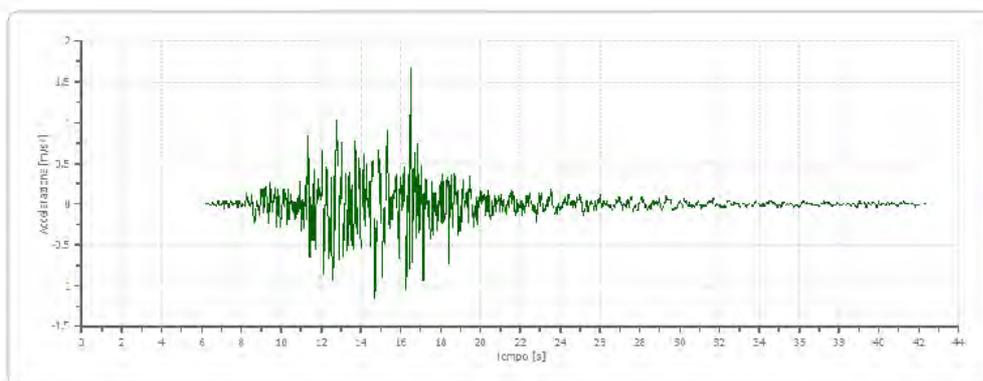
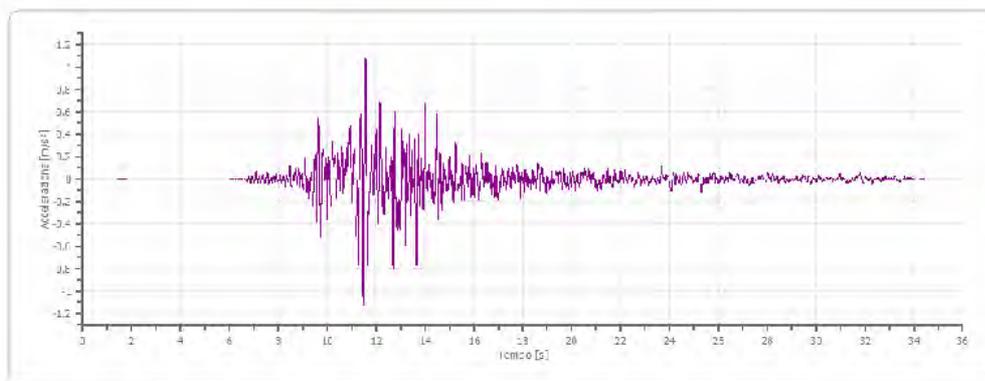
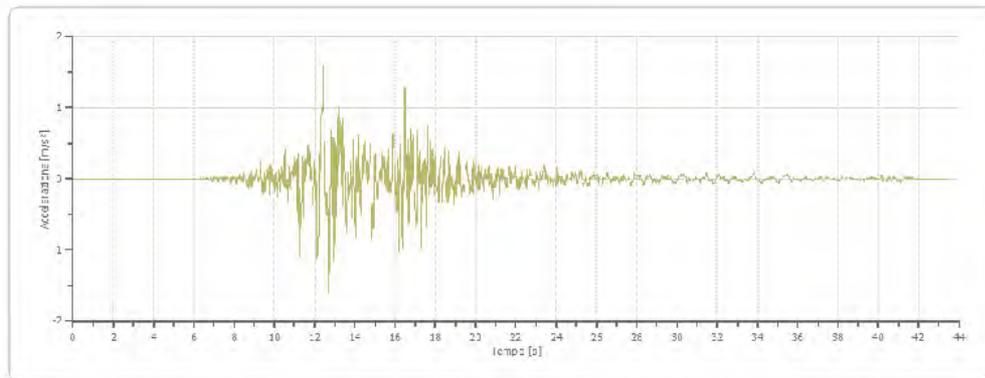


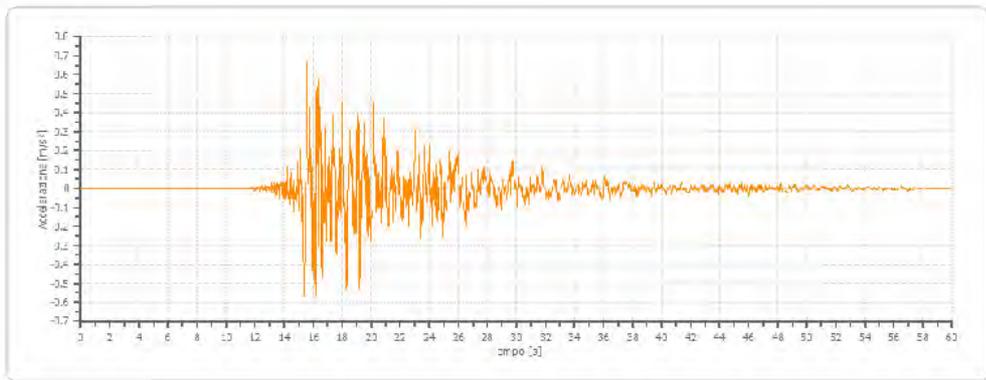
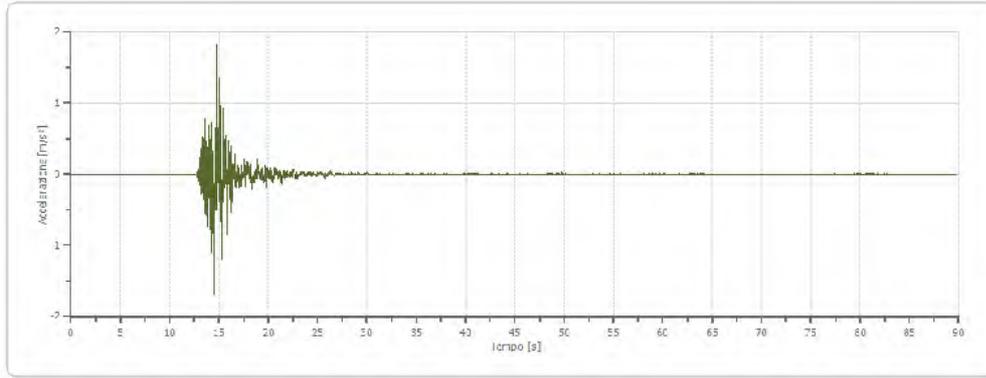
Network	Station code	Event time	Scale factor	Usable Bandwidth [Hz]	Orientation	Response spectrum	Exclude
3A - Centro di microzonazione sismica Network, 2016 Central Italy seismic sequence	MZ11	2016-10-26 19:18:06	1.0	29.96	HNN		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	ACC	2016-10-26 19:18:06	1.0	39.96	HGE		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MMO	2016-10-26 19:18:06	1.0	29.9	HGE		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MMO	2016-10-26 19:18:06	1.0	29.9	HGN		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MNF	2016-10-26 19:18:06	1.0	49.97	HGE		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	MRM	2012-10-25 23:05:24	1.0	59.93	HGE		<input type="checkbox"/>
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	T1212	2016-10-26 19:18:06	1.0	29.93	HNE		<input type="checkbox"/>

Tabella riepilogativa degli accelerogrammi sismo compatibili per SLD 2.0-3,5 s

## SLD 2,0-3,5 s







Set degli accelerogrammi utilizzati per **SLD 2,0-3,5 s**

# ACCELEROGRAMMI SPETTRI SLC 2,0-3,5 S

**Orfeus**

## ESM Engineering Strong Motion



within

### Database

Homepage
Waveforms
Sessions
Events
REXELite

Returning user: [giantuca.feusitni@comune.maelica.mc.it](mailto:giantuca.feusitni@comune.maelica.mc.it) | [Log-Out](#)

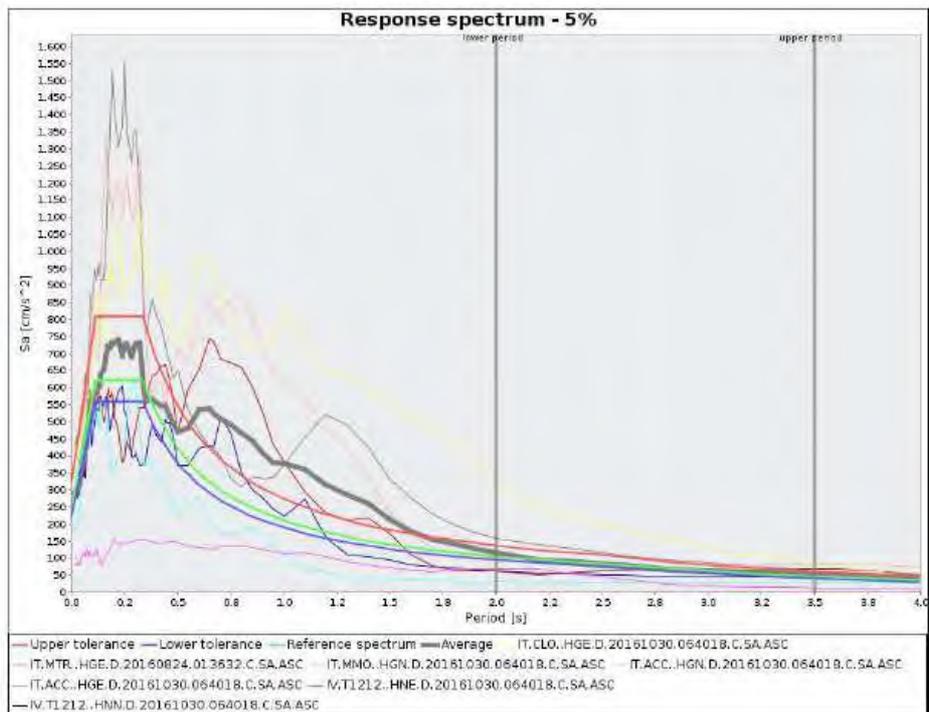
---

### REXELite Results

**DOWNLOAD results:** 

<b>Request number</b>	9875		
<b>Session title</b>	UntitledSession		
<b>Latitude [degree s]</b>	43.13	<b>Longitude</b>	13.06
<b>Site classification (EC8)</b>	A		
<b>Topography</b>	T1 - flat surfaces, isolated cliffs and slopes with average slope angle not greater than 15°		
<b>Nominal life [years]</b>	50 years - ordinary structures		
<b>Building functional type</b>	2 - ordinary structures (Cu=1.0)		
<b>Limit state probability</b>	Collapse (P=5%)		
<b>Ground motion components</b>	One horizontal component		
<b>Station site classification criteria</b>	A,A*		
<b>Focal mechanism</b>	Normal faulting		
<b>Magnitude (Ml or Mw)</b>	min 5.1	<b>max</b>	6.5
<b>Epicentral distance [km]</b>	min 0.0	<b>max</b>	20.0
<b>Period range [s]</b>	lower 2.0	<b>upper</b>	3.5
<b>Tolerance [%]</b>	lower 10.0	<b>upper</b>	30.0
<b>Scaled records</b>	No		
<b>Include... late trigger events</b>	No		<b>analog records</b> No

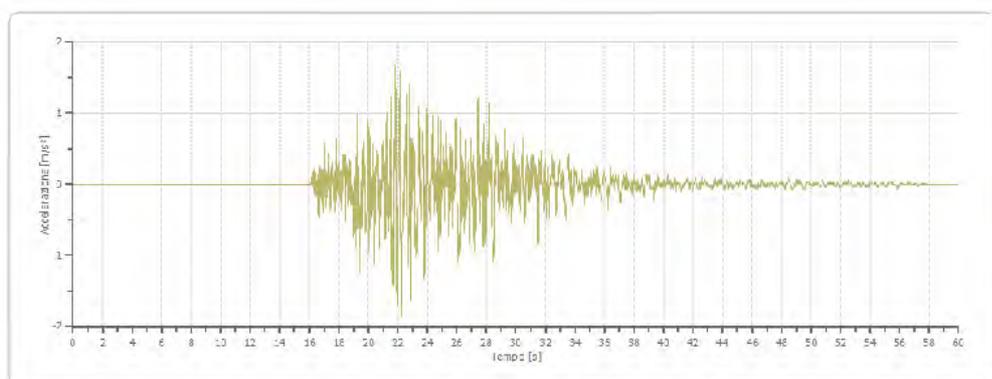
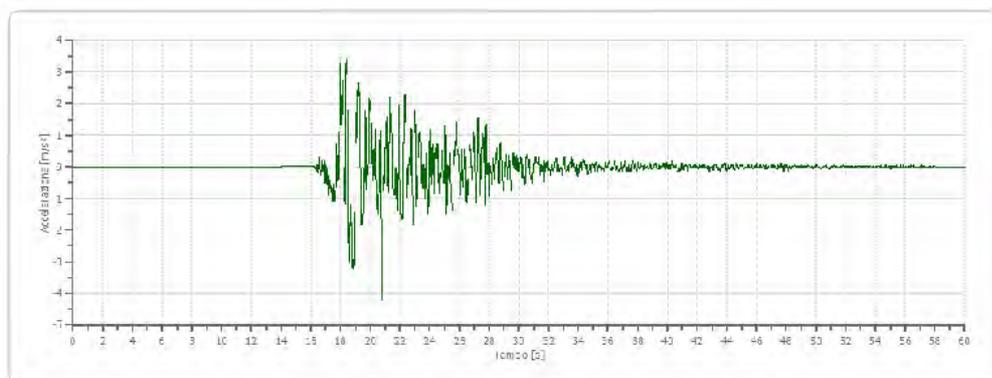
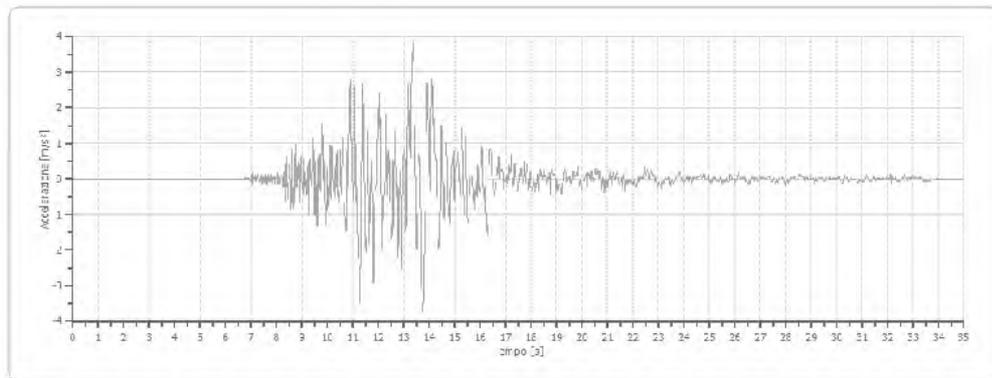
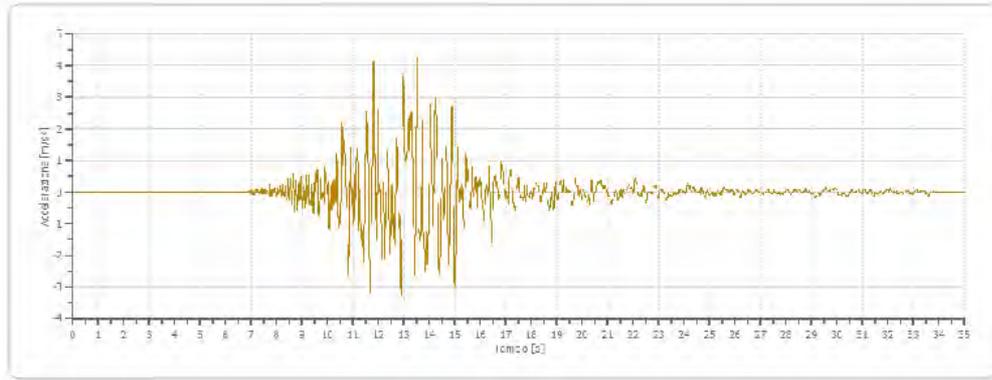
Spettro-compatibilità tra lo spettro medio (average spectrum) ottenuto da 7 registrazioni accelerometriche naturali (componente orizzontale) e lo spettro risposta elastico Target per il sito in esame (SLC)

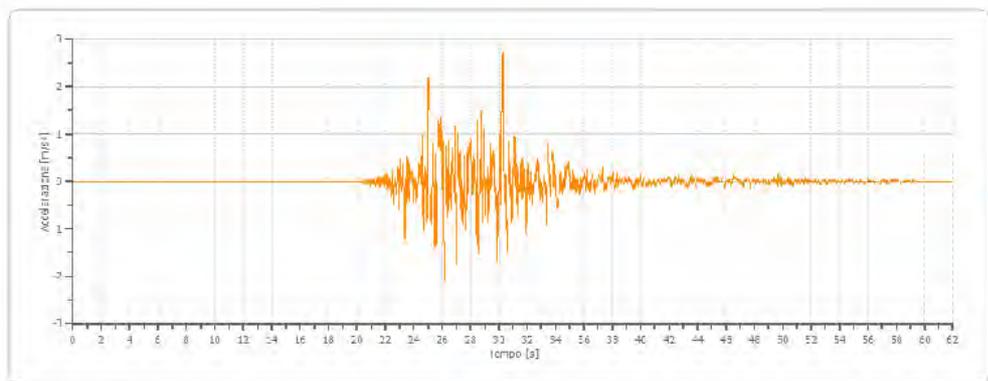
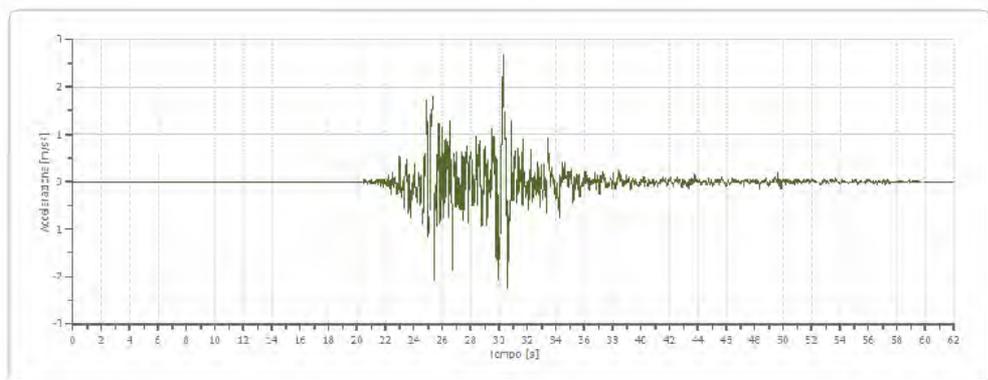
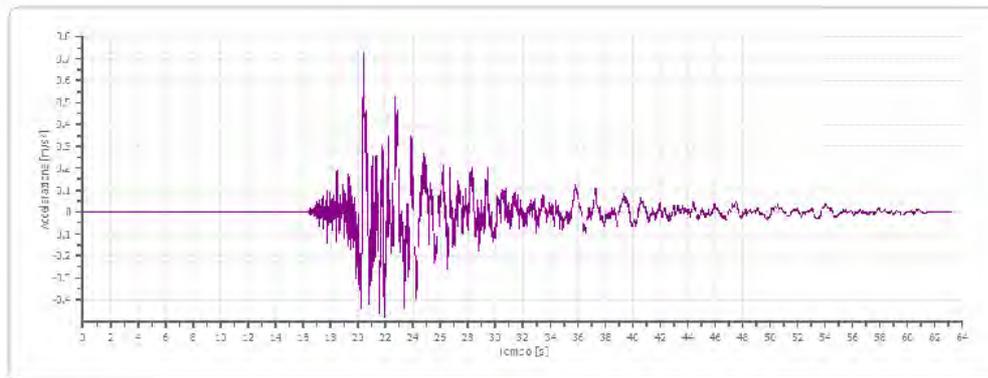


Network	Station code	Event time	Scale factor	Usable Bandwidth [Hz]	Orientation	Response spectrum	Exclude
IT - Italian Strong Motion Network (FAN) [DPC]	ACC	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.94	HGE		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (FAN) [DPC]	ACC	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.94	HGN		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (FAN) [DPC]	CLO	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.9	HGE		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (FAN) [DPC]	MMO	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.95	HGN		<input type="checkbox"/>
IT - Italian Strong Motion Network (FAN) [DPC]	MTR	2016-08-24 01:36:32	1.0	39.95	HGE		<input type="checkbox"/>
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	T1212	2016-10-30 06:40:18	1.0	49.96	HNE		<input type="checkbox"/>
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	T1212	2016-10-30 06:40:18	1.0	49.96	HNN		<input type="checkbox"/>

Tabella riepilogativa degli accelerogrammi sismo compatibili per SLC 2,0-3,5 s

**SLC** 2,0-3,5 s





Set degli accelerogrammi utilizzati per SLC 2,0-3,5 s

## 5.0 PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
  - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
  - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
  - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;

Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove  $M$  rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da  $N$  strati orizzontali di cui l' $N$ -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno

strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt  $\left[ \tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial z \partial t} \right]$ , la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove:  $u$  rappresenta lo spostamento;  $t$  il tempo;  $\rho$  la densità;  $G$  il modulo di deformazione al taglio;  $\eta$  la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z,t) = U(z)^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove  $\omega$  rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto  $G^* = G + i\omega\eta$ , ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

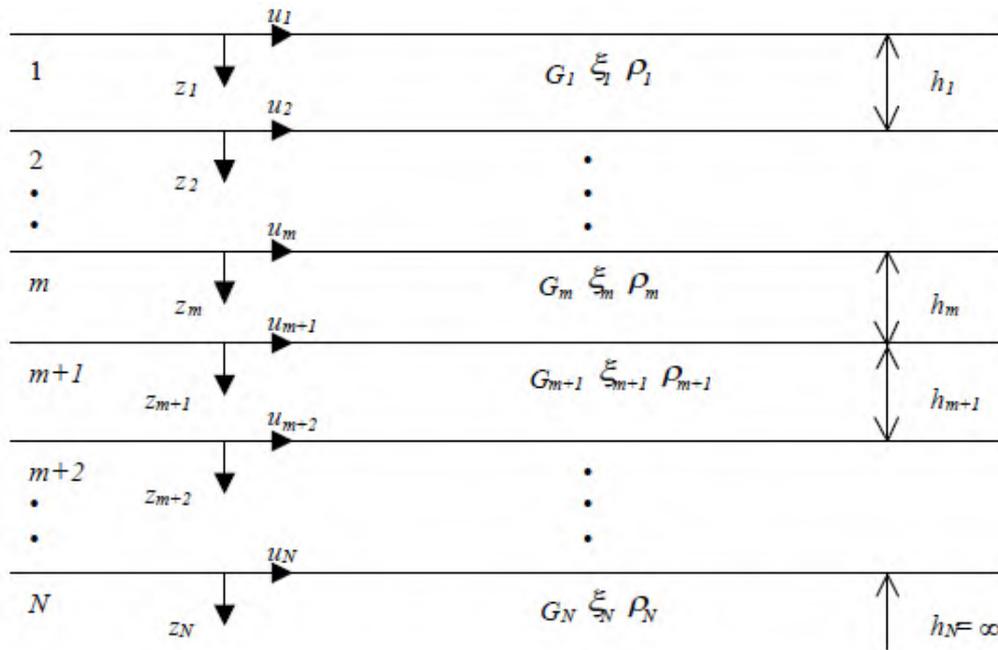
$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove  $\xi$  rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice \* indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$



**Figura 1:** Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre  $k^*$  rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[ E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore hm gli spostamenti, rispettivamente in sommità (z = 0) ed al fondo (z = hm), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = \left( E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \right) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' $m$ -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove  $\alpha_m^*$  rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati  $m$  ed  $m+1$ , ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che  $E_1 = F_1$ .

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad  $m$ . La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  che lega gli spostamenti in sommità degli strati  $m$  ed  $n$  è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

$A_{mn}$  rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti  $m$  e  $n$ .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati  $n$  ed  $m$ :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità  $z$  e al tempo  $t$  dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* \left( E e^{ik^*z} - F e^{-ik^*z} \right) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

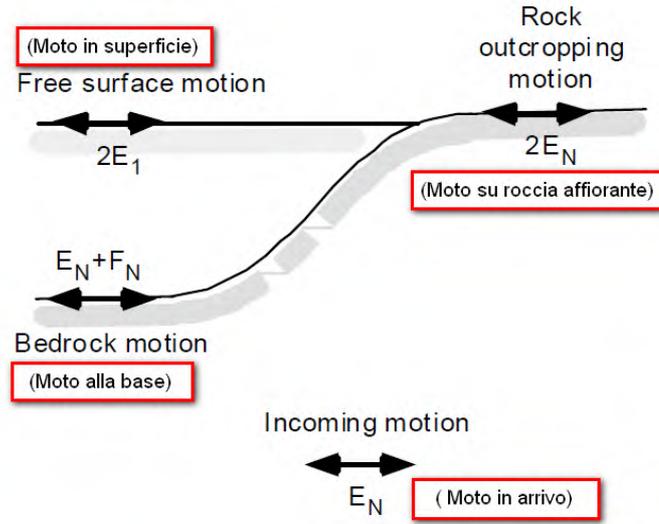


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad  $E_N$ ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a  $E_N + F_N$ . Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ( $E_N = F_N$ ), il moto avrà ampiezza pari a  $2E_N$ . La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

$A$  è non lineare poiché  $G$  è funzione di  $\gamma$ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di  $\gamma$ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo  $G$  così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per  $G(\gamma)$  adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove  $G_{max}$  è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove  $\rho$  è la densità del terreno e  $V_s$  la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di  $G$  per la prima iterazione.

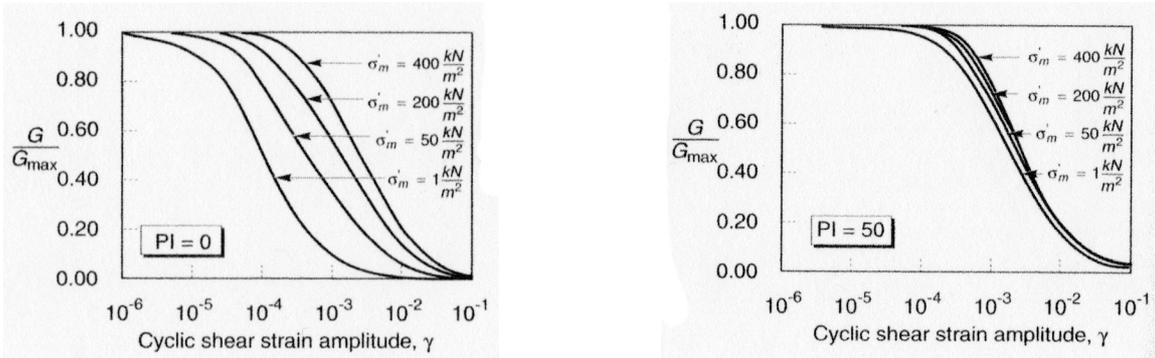


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.3})}{2} \left[ 0.586 \left( \frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche  $\xi$  deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

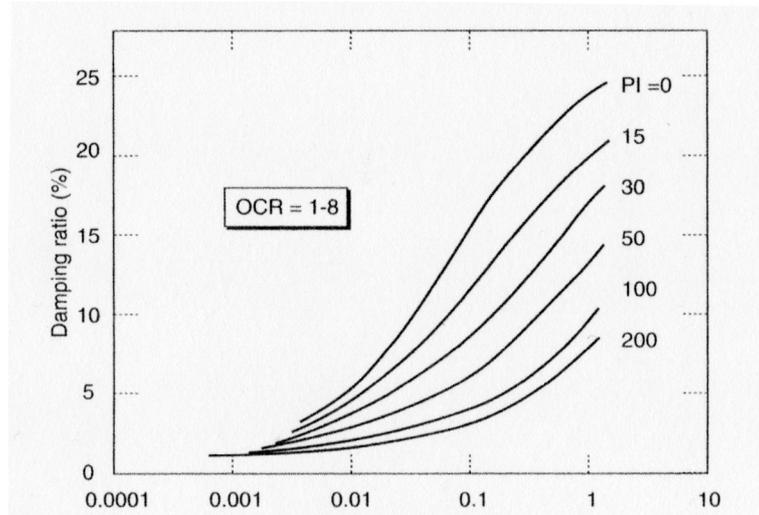


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

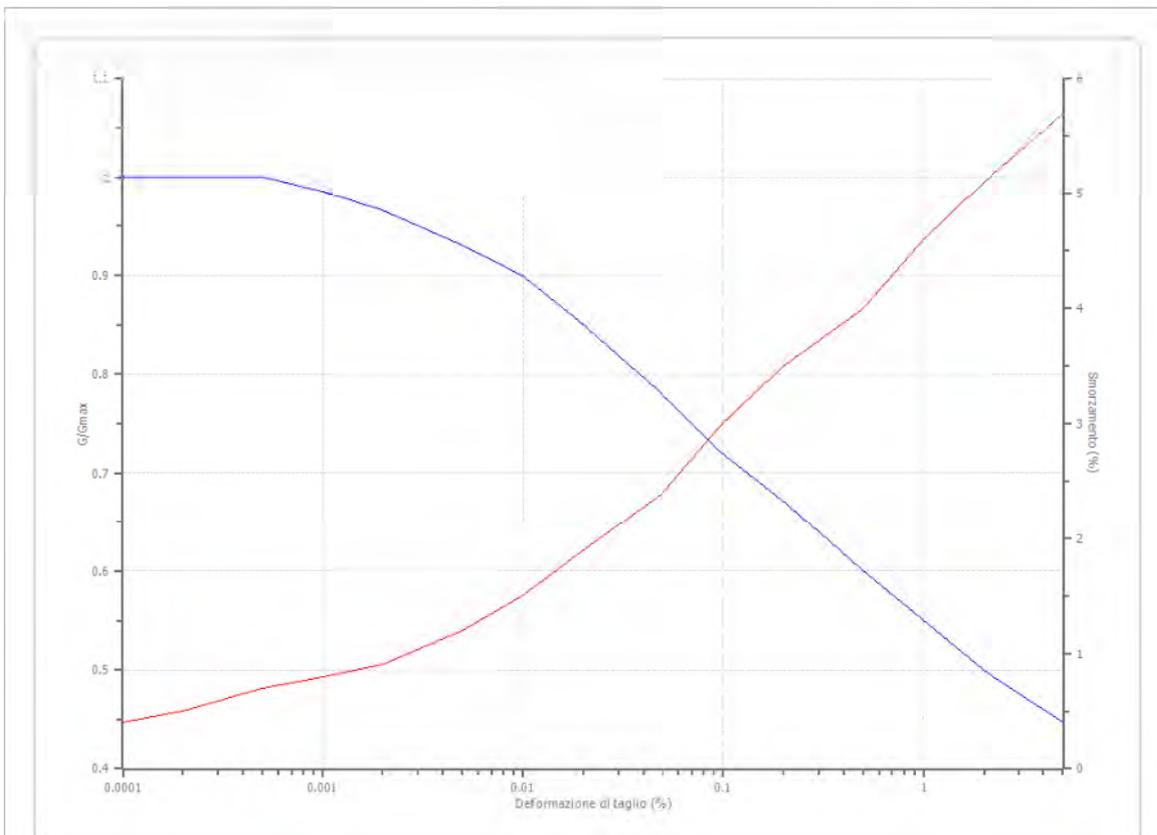
### Dati generali

Descrizione: Ristrutturazione/Ricostruzione fabbricato Sisma 2  
 Committente: Condominio Via Narco n.16  
 Cantiere: Via Narco n.16, Camerino  
 Operatore della prova: Geol. Faustini  
 Responsabile della prova: Geol. Faustini  
 Data della prova: d.C./12/2017  
 Latitudine: 43.1386757[°]  
 Longitudine: 13.0717611[°]

### Terreni

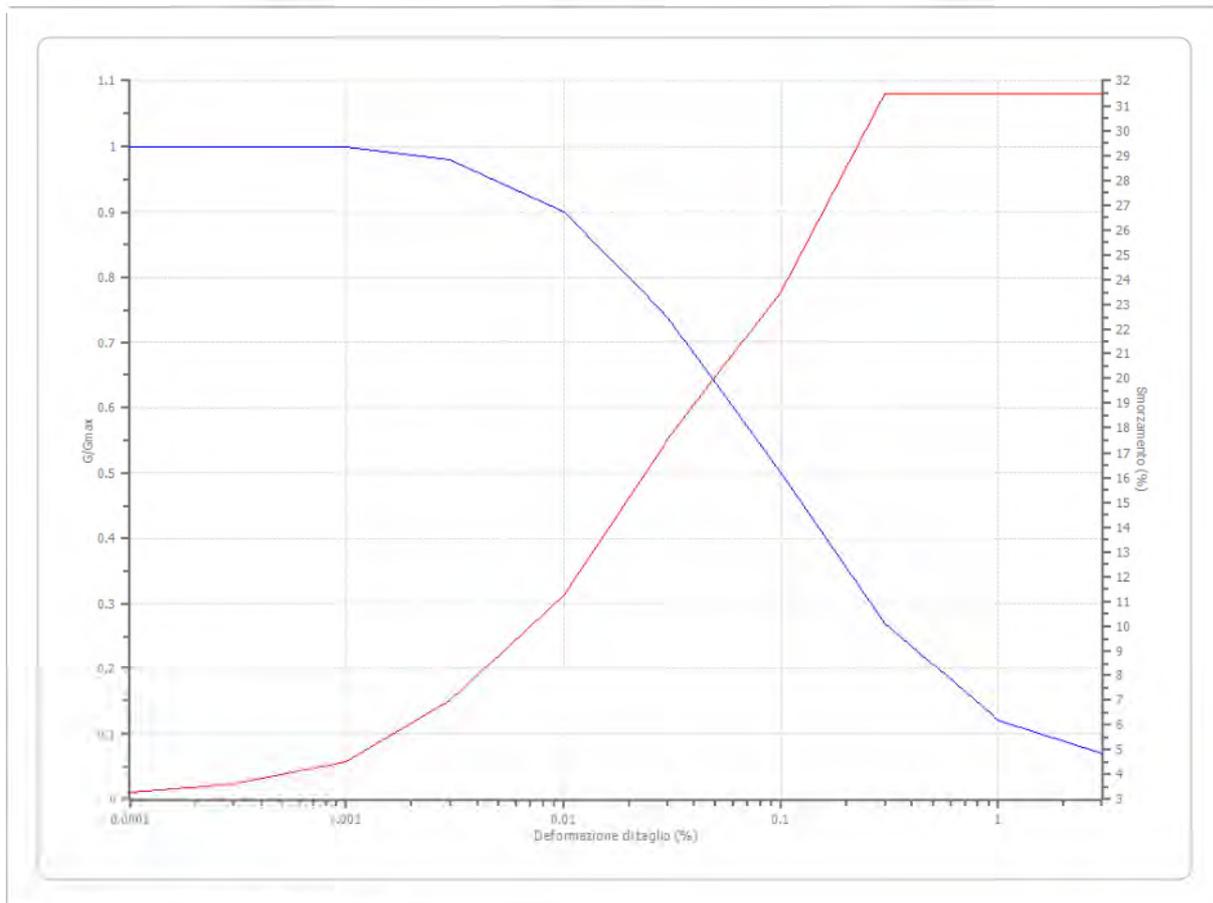
Idriss (1990) Rock

Deformazione ‰	$G/G_{max}$	Deformazione ‰	Smorzamento %
0,0001	1,000	0,0001	0,400
0,0002	1,000	0,0002	0,500
0,0005	1,000	0,0005	0,700
0,001	0,986	0,001	0,800
0,002	0,966	0,002	0,900
0,005	0,931	0,005	1,200
0,010	0,900	0,010	1,500
0,020	0,850	0,020	1,900
0,050	0,779	0,050	2,400
0,100	0,720	0,100	3,000
0,200	0,671	0,200	3,500
0,500	0,600	0,500	4,000
1,000	0,550	1,000	4,600
2,000	0,500	2,000	5,100
5,000	0,447	5,000	5,700



EPRI Rock (1993) 36,88-76,20 metri

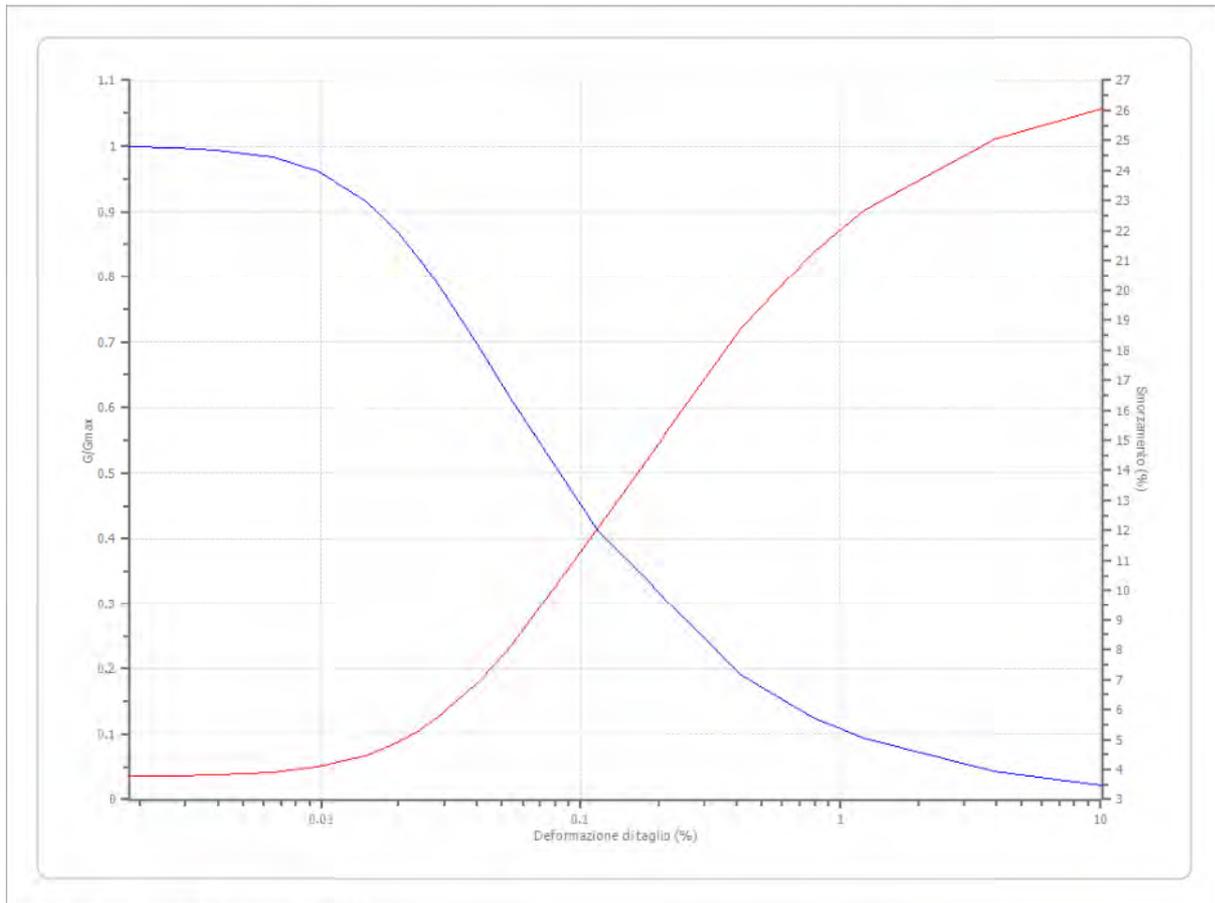
Deformazione ‰	G/Gmax	Deformazione ‰	Smorzamento ‰
0.0001	1.000	0.0001	3.290
0.0003	1.000	0.0003	3.595
0.001	1.000	0.001	4.500
0.003	0.980	0.003	7.000
0.010	0.900	0.010	11.250
0.030	0.740	0.030	17.500
0.100	0.500	0.100	23.500
0.300	0.270	0.300	31.500
1.000	0.120	1.000	31.500
3.000	0.070	3.000	31.500



Curva n.4 Terremoto Marche 2016

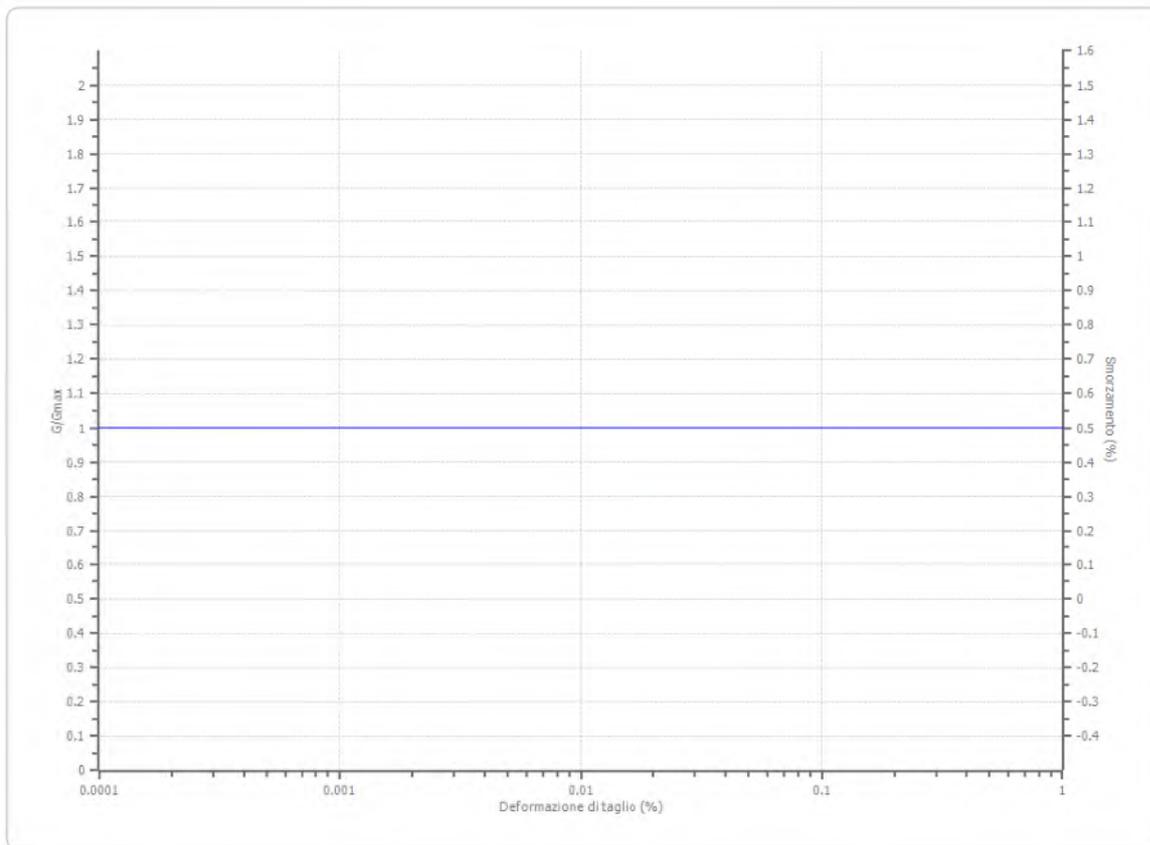
Deformazione ‰	G/Gmax	Deformazione ‰	Smorzamento ‰
0.001832	0.998874	0.001832	3.793251
0.002677	0.99743	0.002677	3.804074
0.00392	0.994148	0.00392	3.828799
0.006538	0.982757	0.006538	3.915872
0.009753	0.961458	0.009753	4.084018
0.01494	0.916099	0.01494	4.466574
0.019611	0.8707	0.019611	4.885333
0.024157	0.826962	0.024157	5.325873
0.028723	0.785542	0.028723	5.77963

0,040609	0,693163	0,040609	6,935803
0,053473	0,615864	0,053473	8,07913
0,116564	0,412364	0,116564	12,07327
0,415833	0,190553	0,415833	18,70607
0,779738	0,12678	0,779738	21,21559
1,23808	0,093413	1,23808	22,66002
3,911709	0,043153	3,911709	25,0235
10,20671	0,0225	10,20671	26,06478



Substrato integro Terremoto 2016

Deformazione ‰	G/Gmax	Deformazione ‰	Smorzamento ‰
0,0001	1,000	0,0001	0,500
0,000316	1,000	0,000316	0,500
0,001	1,000	0,001	0,500
0,00316	1,000	0,00316	0,500
0,010	1,000	0,010	0,500
0,0316	1,000	0,0316	0,500
0,100	1,000	0,100	0,500
0,316	1,000	0,316	0,500
1,000	1,000	1,000	0,500



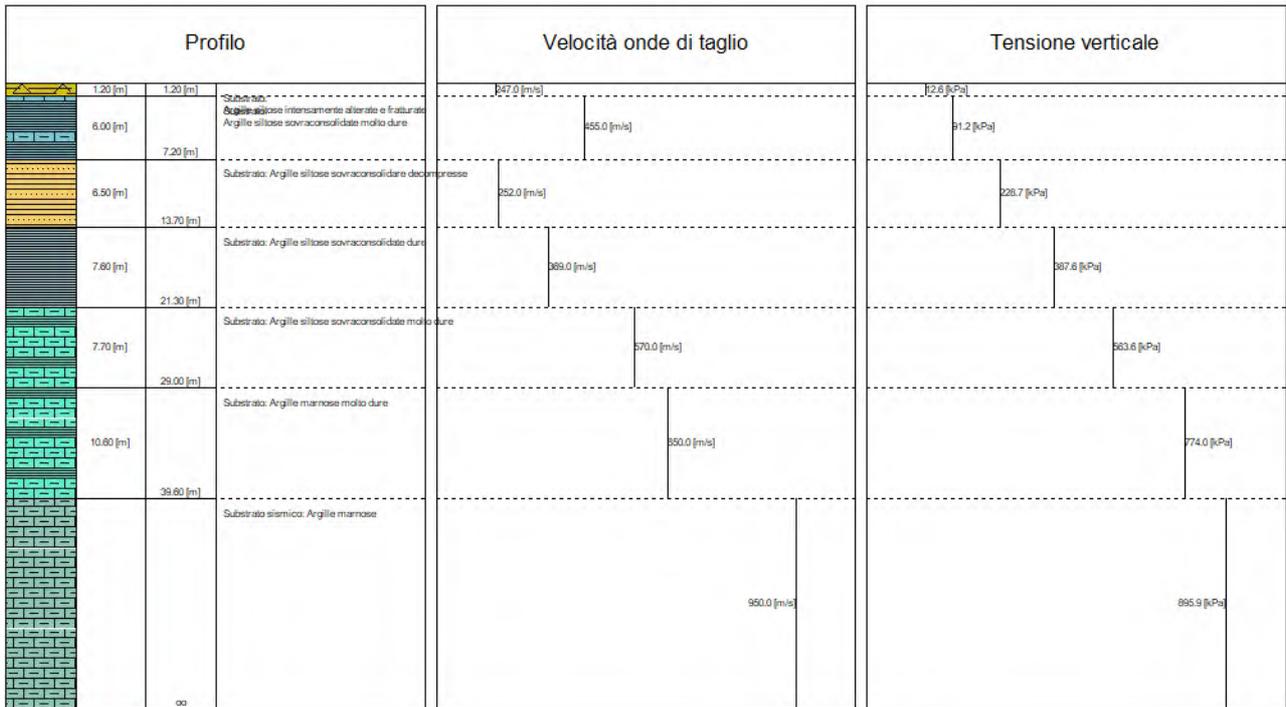
### Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	Substrato: Argille siltose intensamente alterate e fratturate	--	1,2	Curva n.4 Terremoto Marche 2016	0	130,60	--	21,0	247,0	12,6
2	Substrato: Argille siltose sovraconsolidate e molto dure	1,2	6,0	Substrato integro Terremoto 2016	0	464,28	--	22,0	455,0	91,2
3	Substrato: Argille siltose sovraconsolidate e decomprese	7,2	6,5	Substrato integro Terremoto 2016	0	142,41	--	22,0	252,0	228,7
4	Substrato: Argille siltose sovraconsolidate e dure	13,7	7,6	Substrato integro Terremoto 2016	0	319,24	--	23,0	369,0	387,6
5	Substrato: Argille siltose sovraconsolidate e molto dure	21,3	7,7	Substrato integro Terremoto 2016	0	761,74	--	23,0	570,0	563,6
6	Substrato: Argille marnose	29,0	10,6	EPRI Rock (1993)	0	990,57	--	23,0	650,0	774,0

	molto dure			36,88-76,20 metri						
7	Substrato sismico: Argille marnose	oo	--	Idriss (1990) Rock	0	2115.95	--	23.0	950.0	895.9

Strato rilevamento accelerogramma:

7 Affiorante



# SLV 2,0-3,5 sec

## Elaborazione

Numero di iterazioni 100  
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
Tipo di modulo elastico Shake 91  
Massimo errore percentuale di convergenza --

### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.280 [s]
Tvi	1.250 [s]
Tao	0.280 [s]
Tvo	0.320 [s]
Sami	5.014 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.477 [m/s]
Samo	9.756 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.537 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.946 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.126 [-]</b>
TB	0.115 [s]
TC	0.346 [s]
TD	2.372 [s]
SA(0)	4.403 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	9.756 [m/s <sup>2</sup> ]

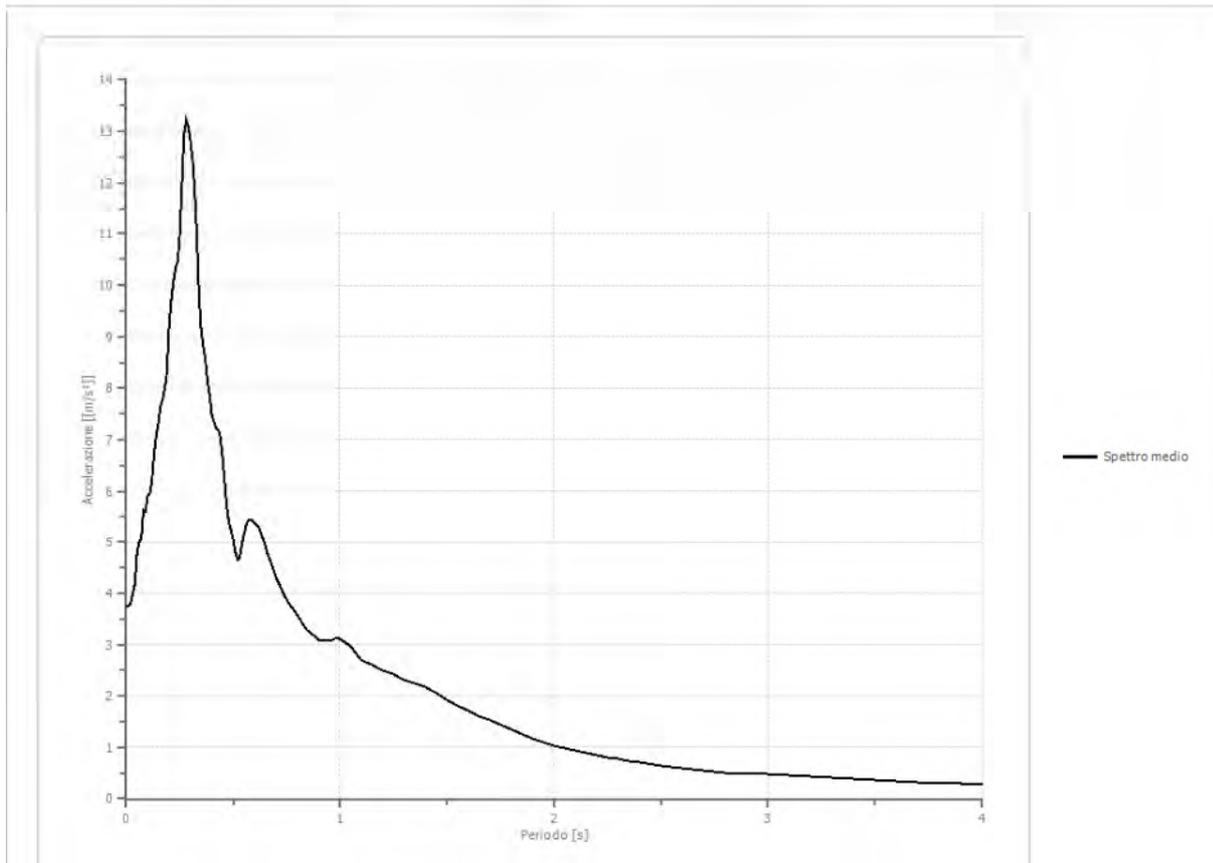
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.081	0.157	0.200	1.935
0.400	0.800	0.134	0.198	0.500	1.477
0.700	1.100	0.165	0.201	0.636	1.224
2.000	3.000	0.336	0.405	0.667	1.206

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]								
0.00	3.7449	0.26	11.9589	0.52	4.6572	0.98	3.1205	2.25	0.8093
0.01	3.7450	0.27	12.9448	0.53	4.6963	1.00	3.1248	2.30	0.7766
0.02	3.8100	0.28	13.2218	0.54	4.9452	1.05	2.9750	2.35	0.7437
0.03	3.9946	0.29	13.0800	0.55	5.1544	1.10	2.6972	2.40	0.7095
0.04	4.1693	0.30	12.8096	0.56	5.3313	1.15	2.6039	2.50	0.6437
0.05	4.7663	0.31	12.4088	0.57	5.4351	1.20	2.4864	2.60	0.5907
0.06	4.9844	0.32	11.8615	0.58	5.4634	1.25	2.4256	2.70	0.5506
0.07	5.0620	0.33	10.9210	0.60	5.3844	1.30	2.3226	2.80	0.5155
0.08	5.6254	0.34	9.8165	0.62	5.2850	1.35	2.2443	2.90	0.4922
0.09	5.6065	0.35	9.1207	0.64	5.0696	1.40	2.1693	3.00	0.4735
0.10	5.9029	0.36	8.8066	0.66	4.7719	1.45	2.0640	3.10	0.4510
0.11	5.9595	0.37	8.5487	0.68	4.5608	1.50	1.9360	3.20	0.4272
0.12	6.2192	0.38	8.1161	0.70	4.3152	1.55	1.8091	3.30	0.4045
0.13	6.7193	0.39	7.8561	0.72	4.1181	1.60	1.7138	3.40	0.3827
0.14	7.0801	0.40	7.4718	0.74	3.9418	1.65	1.6095	3.50	0.3620
0.15	7.3350	0.41	7.3494	0.76	3.8103	1.70	1.5352	3.60	0.3420
0.16	7.6495	0.42	7.2174	0.78	3.6939	1.75	1.4528	3.70	0.3236

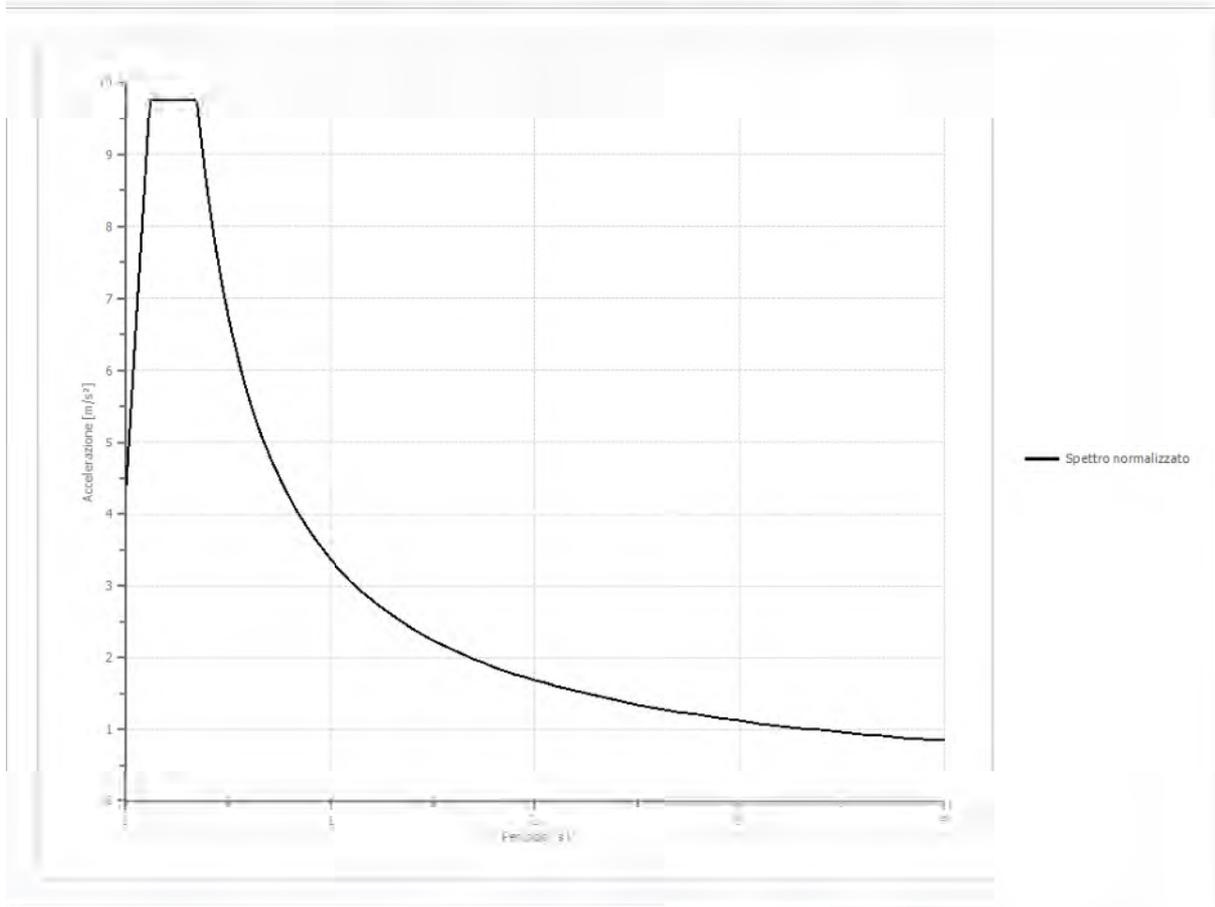
0.17	7.7824	0.43	7.1941	0.80	3.5853	1.80	1.3569	3.80	0.3067
0.18	8.0029	0.44	7.0350	0.82	3.4447	1.85	1.2604	3.90	0.2949
0.19	8.2960	0.45	6.6458	0.84	3.3081	1.90	1.1661	4.00	0.2841
0.20	9.1831	0.46	6.1656	0.86	3.2401	1.95	1.0973		
0.21	9.6819	0.47	5.6862	0.88	3.1525	2.00	1.0397		
0.22	10.0663	0.48	5.3851	0.90	3.1027	2.05	0.9908		
0.23	10.3403	0.49	5.2562	0.92	3.0724	2.10	0.9362		
0.24	10.4412	0.50	5.0375	0.94	3.0771	2.15	0.8828		
0.25	10.9676	0.51	4.7968	0.96	3.0990	2.20	0.8418		



### Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]								
0.00	4.4029	0.26	9.7565	0.52	6.4867	0.98	3.4419	2.25	1.4991
0.01	4.8675	0.27	9.7565	0.53	6.3643	1.00	3.3731	2.30	1.4666
0.02	5.3320	0.28	9.7565	0.54	6.2464	1.05	3.2125	2.35	1.4354
0.03	5.7966	0.29	9.7565	0.55	6.1329	1.10	3.0664	2.40	1.4054
0.04	6.2611	0.30	9.7565	0.56	6.0233	1.15	2.9331	2.50	1.3492
0.05	6.7257	0.31	9.7565	0.57	5.9177	1.20	2.8109	2.60	1.2973
0.06	7.1902	0.32	9.7565	0.58	5.8156	1.25	2.6985	2.70	1.2493
0.07	7.6548	0.33	9.7565	0.60	5.6218	1.30	2.5947	2.80	1.2047
0.08	8.1193	0.34	9.7565	0.62	5.4404	1.35	2.4986	2.90	1.1631
0.09	8.5839	0.35	9.6374	0.64	5.2704	1.40	2.4093	3.00	1.1244
0.10	9.0484	0.36	9.3697	0.66	5.1107	1.45	2.3263	3.10	1.0881
0.11	9.5130	0.37	9.1164	0.68	4.9604	1.50	2.2487	3.20	1.0541
0.12	9.7565	0.38	8.8765	0.70	4.8187	1.55	2.1762	3.30	1.0221
0.13	9.7565	0.39	8.6489	0.72	4.6848	1.60	2.1082	3.40	0.9921

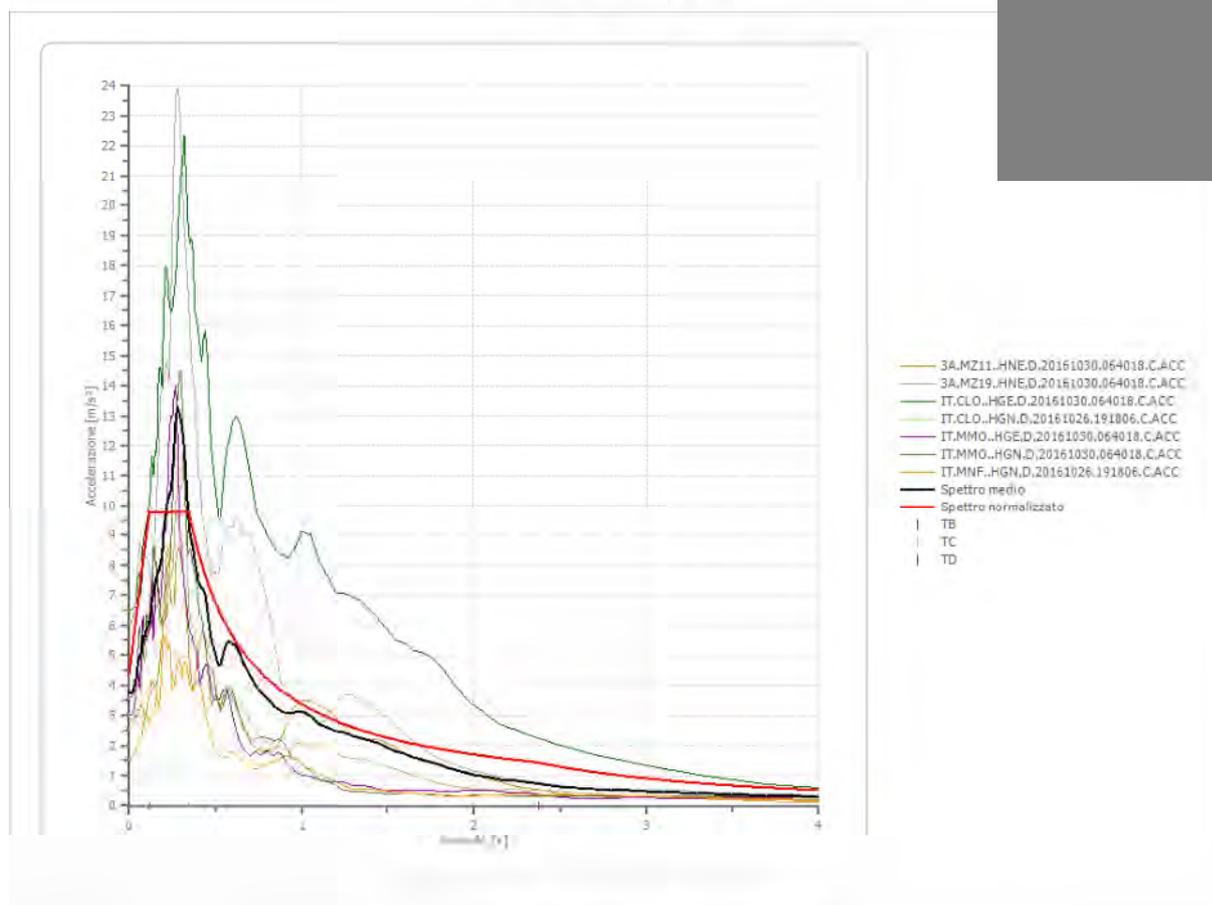
0.14	9.7565	0.40	8.4327	0.74	4.5582	1.65	2.0443	3.50	0.9637
0.15	9.7565	0.41	8.2270	0.76	4.4383	1.70	1.9842	3.60	0.9370
0.16	9.7565	0.42	8.0311	0.78	4.3245	1.75	1.9275	3.70	0.9116
0.17	9.7565	0.43	7.8444	0.80	4.2163	1.80	1.8739	3.80	0.8877
0.18	9.7565	0.44	7.6661	0.82	4.1135	1.85	1.8233	3.90	0.8649
0.19	9.7565	0.45	7.4957	0.84	4.0156	1.90	1.7753	4.00	0.8433
0.20	9.7565	0.46	7.3328	0.86	3.9222	1.95	1.7298		
0.21	9.7565	0.47	7.1768	0.88	3.8330	2.00	1.6865		
0.22	9.7565	0.48	7.0272	0.90	3.7479	2.05	1.6454		
0.23	9.7565	0.49	6.8838	0.92	3.6664	2.10	1.6062		
0.24	9.7565	0.50	6.7462	0.94	3.5884	2.15	1.5689		
0.25	9.7565	0.51	6.6139	0.96	3.5136	2.20	1.5332		



**Parametri spettro normalizzato**

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	ID [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
4.403	2.216	-	0.115	0.346	2.372	4.403	9.756

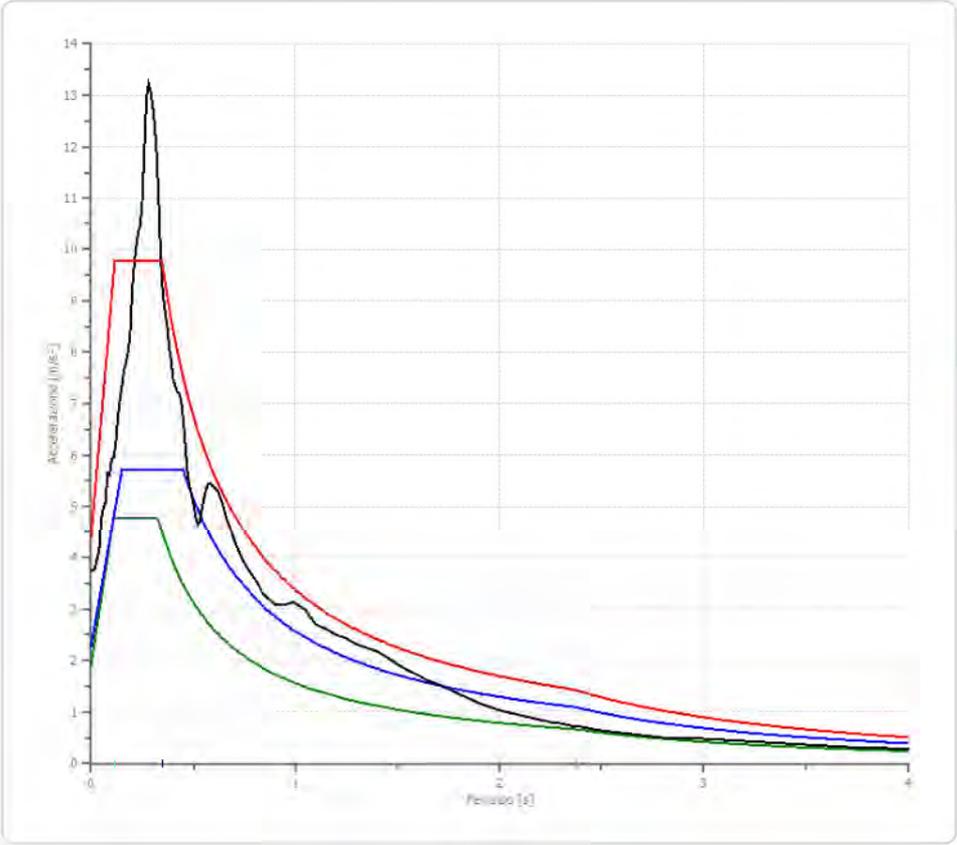
## Confronto tra gli spettri



## Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardi a vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardi a vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.647	0.804	1.893	2.394	0.647	0.804	1.893	2.394
Fo	2.434	2.44	2.515	2.567	2.434	2.44	2.515	2.567
Tc <sup>#</sup> [s]	0.276	0.287	0.327	0.337	0.276	0.287	0.327	0.337
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.20	1.15
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.42	1.41	1.38	1.37
IB [s]	0.092	0.096	0.109	0.112	0.131	0.135	0.150	0.154
TC [s]	0.276	0.287	0.327	0.337	0.393	0.405	0.450	0.461
TD [s]	1.864	1.928	2.372	2.576	1.864	1.928	2.372	2.576
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.647	0.804	1.893	2.394	0.776	0.965	2.272	2.752
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.575	1.962	4.761	6.145	1.890	2.354	5.713	7.064



# SLD 2,0-3,5 sec

## Elaborazione

Numero di iterazioni 100  
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
 Tipo di modulo elastico Shake 91  
 Massimo errore percentuale di convergenza 2.26 E-05

### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.180 [s]
Tvi	0.840 [s]
Tao	0.290 [s]
Tvo	0.380 [s]
Sami	2.554 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.168 [m/s]
Samo	4.235 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.218 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.658 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.301 [-]</b>
TB	0.108 [s]
TC	0.324 [s]
TD	1.928 [s]
SA(0)	1.957 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	4.235 [m/s <sup>2</sup> ]

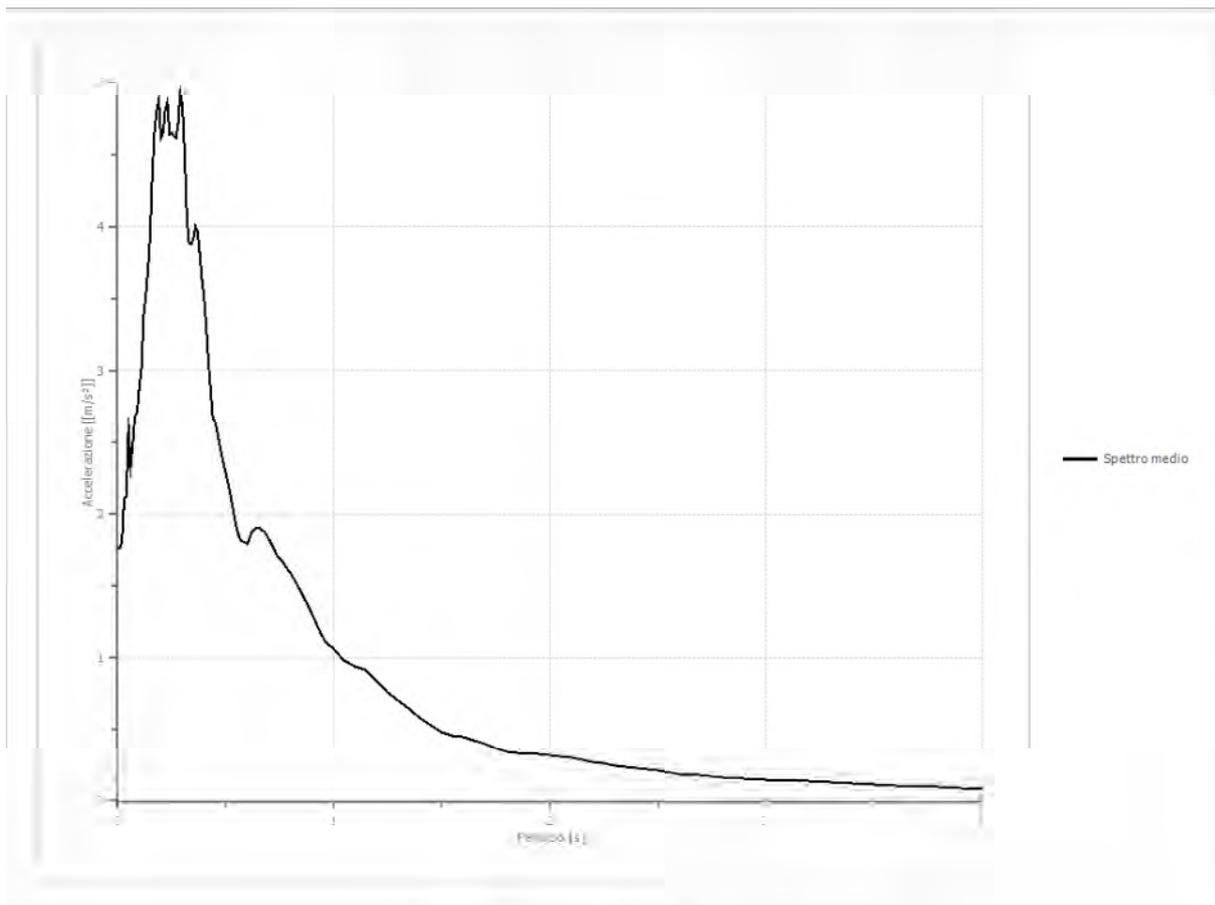
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.036	0.069	0.200	1.916
0.400	0.800	0.055	0.081	0.500	1.491
0.700	1.100	0.067	0.084	0.636	1.267
2.000	3.000	0.118	0.142	0.667	1.208

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]								
0.00	1.7566	0.26	4.6202	0.52	2.1447	0.98	1.0891	2.25	0.2600
0.01	1.7567	0.27	4.6168	0.53	2.0657	1.00	1.0678	2.30	0.2471
0.02	1.8060	0.28	4.7095	0.54	1.9824	1.05	0.9834	2.35	0.2360
0.03	2.1151	0.29	4.9311	0.55	1.9064	1.10	0.9432	2.40	0.2277
0.04	2.1220	0.30	4.8282	0.56	1.8485	1.15	0.9201	2.50	0.2110
0.05	2.6037	0.31	4.4990	0.57	1.8136	1.20	0.8442	2.60	0.1923
0.06	2.3227	0.32	4.0645	0.58	1.8049	1.25	0.7643	2.70	0.1765
0.07	2.4820	0.33	3.8868	0.60	1.7900	1.30	0.7040	2.80	0.1633
0.08	2.6811	0.34	3.8828	0.62	1.8749	1.35	0.6442	2.90	0.1555
0.09	2.7070	0.35	3.9115	0.64	1.9075	1.40	0.5784	3.00	0.1484
0.10	2.8851	0.36	4.0050	0.66	1.8946	1.45	0.5283	3.10	0.1422
0.11	3.0229	0.37	3.9597	0.68	1.8739	1.50	0.4853	3.20	0.1356
0.12	3.3776	0.38	3.8047	0.70	1.8277	1.55	0.4600	3.30	0.1279

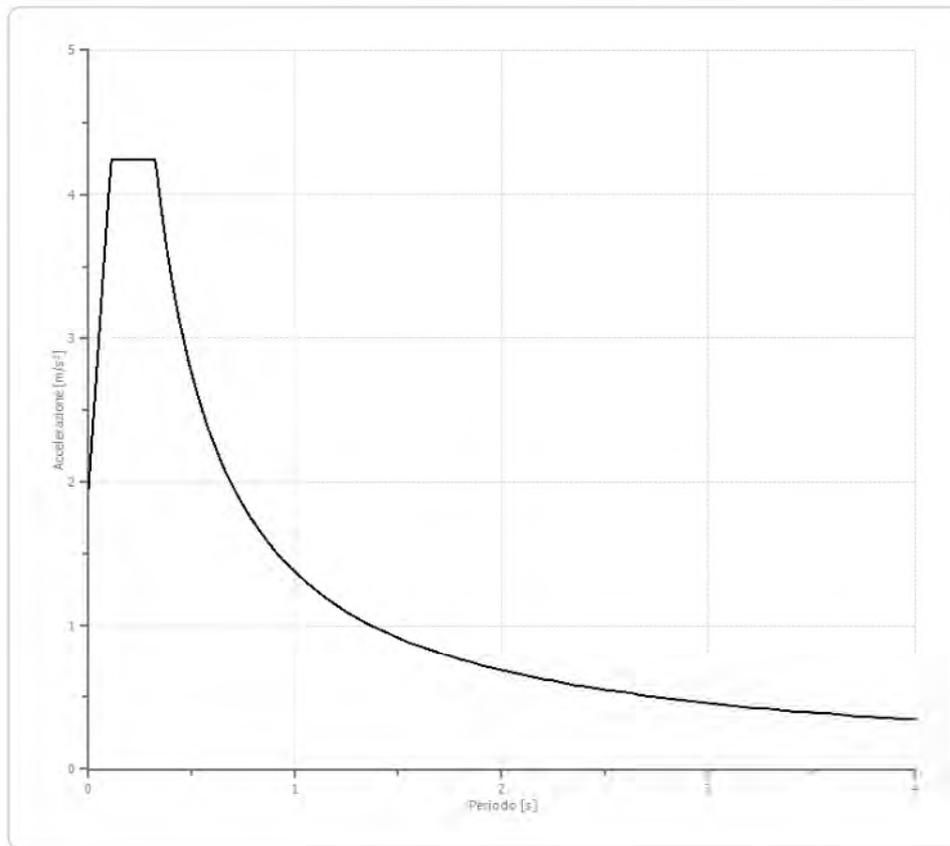
0.13	3.5152	0.39	3.6330	0.72	1.7646	1.60	0.4473	3.40	0.1187
0.14	3.6898	0.40	3.5009	0.74	1.7055	1.65	0.4259	3.50	0.1128
0.15	3.9159	0.41	3.3026	0.76	1.6812	1.70	0.3973	3.60	0.1067
0.16	4.3373	0.42	3.0628	0.78	1.6316	1.75	0.3696	3.70	0.1010
0.17	4.6485	0.43	2.8654	0.80	1.5912	1.80	0.3461	3.80	0.0956
0.18	4.7972	0.44	2.6775	0.82	1.5379	1.85	0.3315	3.90	0.0898
0.19	4.8769	0.45	2.6438	0.84	1.4823	1.90	0.3284	4.00	0.0838
0.20	4.6157	0.46	2.5790	0.86	1.4230	1.95	0.3252		
0.21	4.6442	0.47	2.4957	0.88	1.3647	2.00	0.3181		
0.22	4.8074	0.48	2.4149	0.90	1.3020	2.05	0.3094		
0.23	4.8587	0.49	2.3490	0.92	1.2382	2.10	0.3002		
0.24	4.6433	0.50	2.2869	0.94	1.1701	2.15	0.2865		
0.25	4.6449	0.51	2.2179	0.96	1.1150	2.20	0.2729		



**Spettro normalizzato di risposta elastico**

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]								
0.00	1.9574	0.26	4.2352	0.52	2.6399	0.98	1.4008	2.25	0.6101
0.01	2.1682	0.27	4.2352	0.53	2.5901	1.00	1.3728	2.30	0.5969
0.02	2.3790	0.28	4.2352	0.54	2.5422	1.05	1.3074	2.35	0.5842
0.03	2.5898	0.29	4.2352	0.55	2.4960	1.10	1.2480	2.40	0.5720
0.04	2.8007	0.30	4.2352	0.56	2.4514	1.15	1.1937	2.50	0.5491
0.05	3.0115	0.31	4.2352	0.57	2.4084	1.20	1.1440	2.60	0.5280
0.06	3.2223	0.32	4.2352	0.58	2.3669	1.25	1.0982	2.70	0.5084
0.07	3.4331	0.33	4.1599	0.60	2.2880	1.30	1.0560	2.80	0.4903
0.08	3.6439	0.34	4.0376	0.62	2.2142	1.35	1.0169	2.90	0.4734
0.09	3.8547	0.35	3.9222	0.64	2.1450	1.40	0.9806	3.00	0.4576

0.11	4.2352	0.37	3.7102	0.68	2.0188	1.50	0.9152	3.20	0.4290
0.12	4.2352	0.38	3.6126	0.70	1.9611	1.55	0.8857	3.30	0.4160
0.13	4.2352	0.39	3.5199	0.72	1.9066	1.60	0.8580	3.40	0.4038
0.14	4.2352	0.40	3.4319	0.74	1.8551	1.65	0.8320	3.50	0.3922
0.15	4.2352	0.41	3.3482	0.76	1.8063	1.70	0.8075	3.60	0.3813
0.16	4.2352	0.42	3.2685	0.78	1.7600	1.75	0.7844	3.70	0.3710
0.17	4.2352	0.43	3.1925	0.80	1.7160	1.80	0.7627	3.80	0.3613
0.18	4.2352	0.44	3.1199	0.82	1.6741	1.85	0.7420	3.90	0.3520
0.19	4.2352	0.45	3.0506	0.84	1.6343	1.90	0.7225	4.00	0.3432
0.20	4.2352	0.46	2.9843	0.86	1.5962	1.95	0.7040		
0.21	4.2352	0.47	2.9208	0.88	1.5600	2.00	0.6864		
0.22	4.2352	0.48	2.8599	0.90	1.5253	2.05	0.6696		
0.23	4.2352	0.49	2.8016	0.92	1.4921	2.10	0.6537		
0.24	4.2352	0.50	2.7455	0.94	1.4604	2.15	0.6385		
0.25	4.2352	0.51	2.6917	0.96	1.4300	2.20	0.6240		

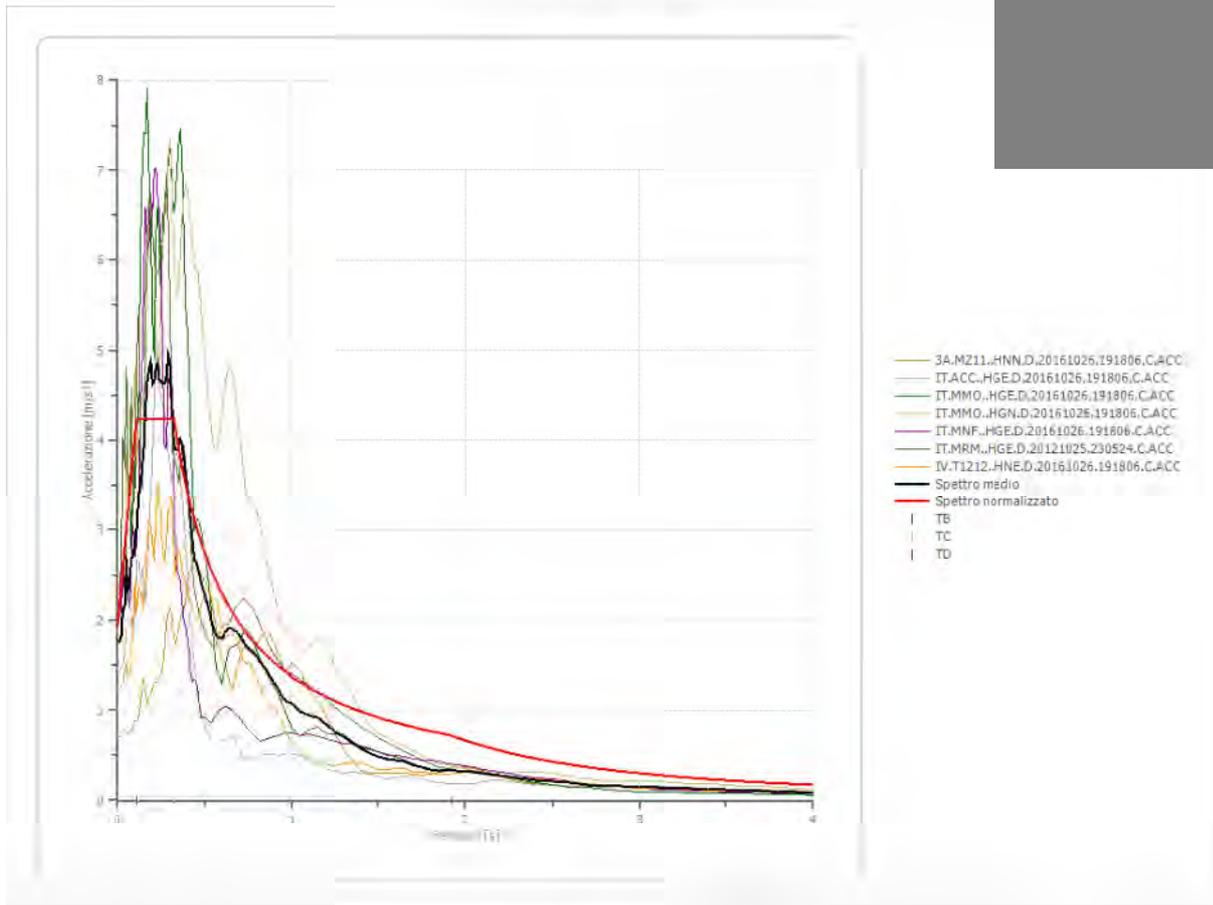


— Spettro normalizzato

**Parametri spettro normalizzato**

$A_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$T_0$	$T_c^*$	$T_B$ [s]	$T_C$ [s]	$T_D$ [s]	$S_a(0)$ [m/s <sup>2</sup> ]	$S_a(T_B)$ [m/s <sup>2</sup> ]
1.957	2.164	∞	0.109	0.324	1.928	1.957	4.235

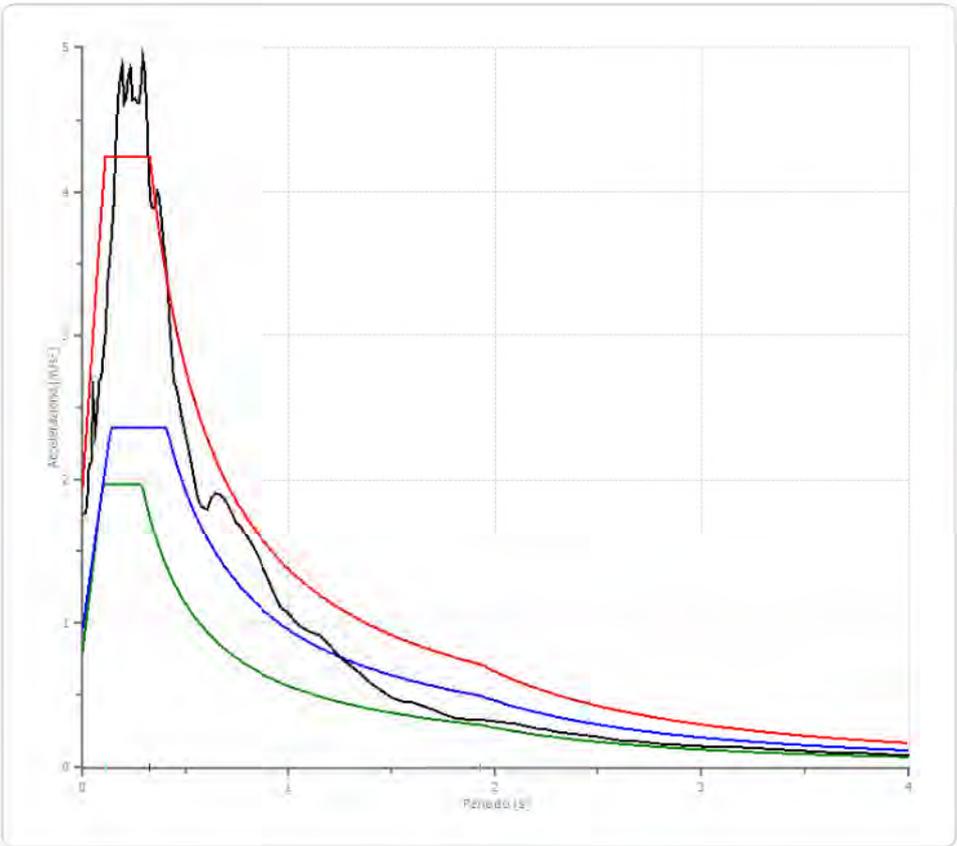
### Confronto tra gli spettri



### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardi a vita SI-V Cat. A	Prev. collasso SI-C Cat. A	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardi a vita SI-V Cat. B	Prev. collasso SI-C Cat. B
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.647	0.804	1.893	2.394	0.647	0.804	1.893	2.394
Fo	2.434	2.44	2.515	2.567	2.434	2.44	2.515	2.567
Tc* [s]	0.276	0.287	0.327	0.337	0.276	0.287	0.327	0.337
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.20	1.15
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.42	1.41	1.38	1.37
TB [s]	0.092	0.096	0.109	0.112	0.131	0.135	0.150	0.154
TC [s]	0.276	0.287	0.327	0.337	0.393	0.405	0.450	0.461
TD [s]	1.864	1.928	2.372	2.576	1.864	1.928	2.372	2.576
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.647	0.804	1.893	2.394	0.776	0.965	2.272	2.752
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.575	1.962	4.761	6.145	1.890	2.354	5.713	7.064



# SLC 2,0-3,5 sec

## Elaborazione

Numero di iterazioni 100  
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
Tipo di modulo elastico Shake 91  
Massimo errore percentuale di convergenza --

### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.310 [s]
Tvi	1.200 [s]
Tao	0.300 [s]
Tvo	1.200 [s]
Sami	6.476 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.684 [m/s]
Samo	12.312 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.798 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.901 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.166 [-]</b>
TB	0.136 [s]
TC	0.407 [s]
TD	2.576 [s]
SA(0)	5.543 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	12.312 [m/s <sup>2</sup> ]

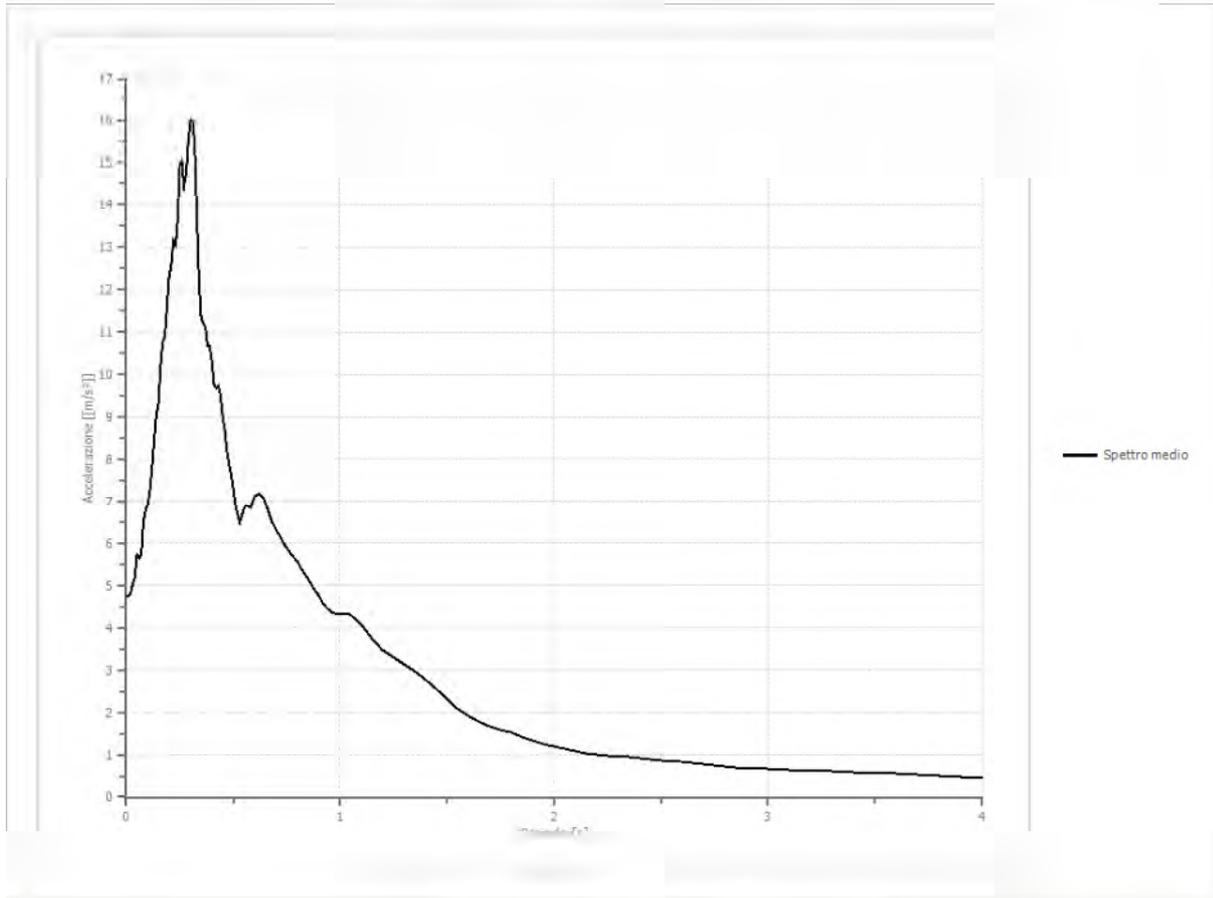
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.109	0.206	0.200	1.893
0.400	0.800	0.194	0.282	0.500	1.452
0.700	1.100	0.246	0.303	0.636	1.233
2.000	3.000	0.449	0.538	0.667	1.200

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]								
0.00	4.7287	0.26	15.0520	0.52	6.6639	0.98	4.3304	2.25	0.9795
0.01	4.7287	0.27	14.4363	0.53	6.4832	1.00	4.3239	2.30	0.9556
0.02	4.8077	0.28	14.7832	0.54	6.6576	1.05	4.3111	2.35	0.9336
0.03	5.0492	0.29	15.5469	0.55	6.8233	1.10	4.0973	2.40	0.9101
0.04	5.1770	0.30	16.0269	0.56	6.8933	1.15	3.7497	2.50	0.8663
0.05	5.7250	0.31	15.9597	0.57	6.8655	1.20	3.4649	2.60	0.8238
0.06	5.6596	0.32	15.4559	0.58	6.8387	1.25	3.3246	2.70	0.7728
0.07	5.7203	0.33	13.7258	0.60	7.1241	1.30	3.1494	2.80	0.7180
0.08	6.5161	0.34	12.2006	0.62	7.1892	1.35	2.9743	2.90	0.6806
0.09	6.8011	0.35	11.3267	0.64	7.1024	1.40	2.7761	3.00	0.6571
0.10	6.9220	0.36	11.2017	0.66	6.8098	1.45	2.5691	3.10	0.6277
0.11	7.2368	0.37	11.1143	0.68	6.5108	1.50	2.3238	3.20	0.6051
0.12	7.7749	0.38	10.6429	0.70	6.3231	1.55	2.0901	3.30	0.5986
0.13	8.4132	0.39	10.6527	0.72	6.1572	1.60	1.9286	3.40	0.5867
0.14	9.0514	0.40	10.3223	0.74	5.9650	1.65	1.7773	3.50	0.5700
0.15	9.3273	0.41	9.7747	0.76	5.8131	1.70	1.6723	3.60	0.5518

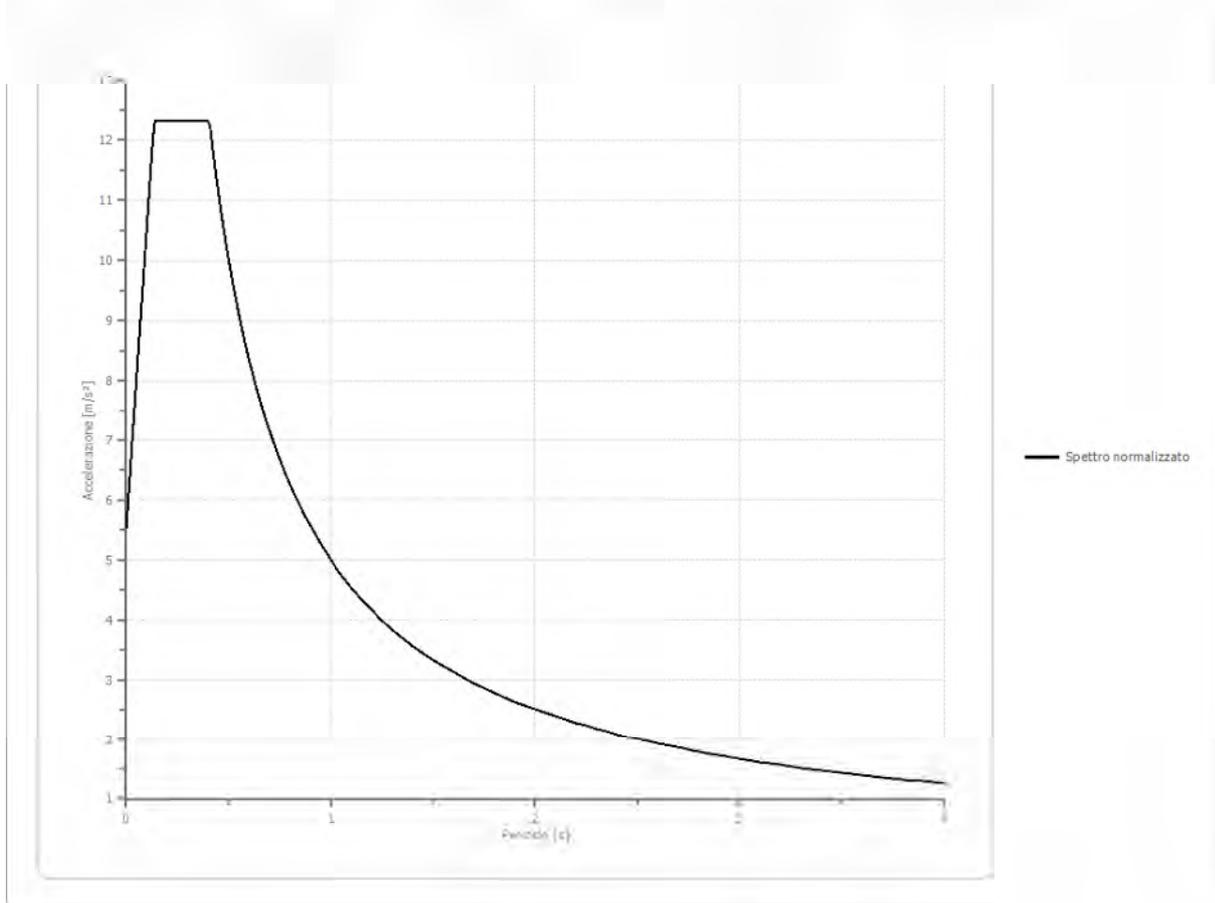
0.16	10.2007	0.42	9.6712	0.78	5.6857	1.75	1.5964	3.70	0.5280
0.17	10.7566	0.43	9.7339	0.80	5.5543	1.80	1.5179	3.80	0.5022
0.18	10.8875	0.44	9.5018	0.82	5.3793	1.85	1.4259	3.90	0.4797
0.19	11.5421	0.45	9.0167	0.84	5.2238	1.90	1.3301	4.00	0.4569
0.20	12.2912	0.46	8.7056	0.86	5.0706	1.95	1.2538		
0.21	12.5638	0.47	8.2170	0.88	4.9015	2.00	1.1939		
0.22	13.1392	0.48	7.9119	0.90	4.7465	2.05	1.1461		
0.23	13.0605	0.49	7.6394	0.92	4.5709	2.10	1.0925		
0.24	13.6474	0.50	7.2792	0.94	4.4412	2.15	1.0425		
0.25	14.9590	0.51	6.9275	0.96	4.3593	2.20	1.0072		



### Spettro normalizzato di risposta elastica

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]								
0.00	5.5431	0.26	12.3116	0.52	9.6399	0.98	5.1150	2.25	2.2279
0.01	6.0418	0.27	12.3116	0.53	9.4580	1.00	5.0127	2.30	2.1795
0.02	6.5405	0.28	12.3116	0.54	9.2829	1.05	4.7740	2.35	2.1331
0.03	7.0392	0.29	12.3116	0.55	9.1141	1.10	4.5570	2.40	2.0886
0.04	7.5380	0.30	12.3116	0.56	8.9513	1.15	4.3589	2.50	2.0051
0.05	8.0367	0.31	12.3116	0.57	8.7943	1.20	4.1773	2.60	1.9280
0.06	8.5354	0.32	12.3116	0.58	8.6427	1.25	4.0102	2.70	1.8566
0.07	9.0341	0.33	12.3116	0.60	8.3546	1.30	3.8560	2.80	1.7903
0.08	9.5329	0.34	12.3116	0.62	8.0851	1.35	3.7131	2.90	1.7285
0.09	10.0316	0.35	12.3116	0.64	7.8324	1.40	3.5805	3.00	1.6709
0.10	10.5303	0.36	12.3116	0.66	7.5951	1.45	3.4571	3.10	1.6170
0.11	11.0290	0.37	12.3116	0.68	7.3717	1.50	3.3418	3.20	1.5665
0.12	11.5277	0.38	12.3116	0.70	7.1611	1.55	3.2340	3.30	1.5190

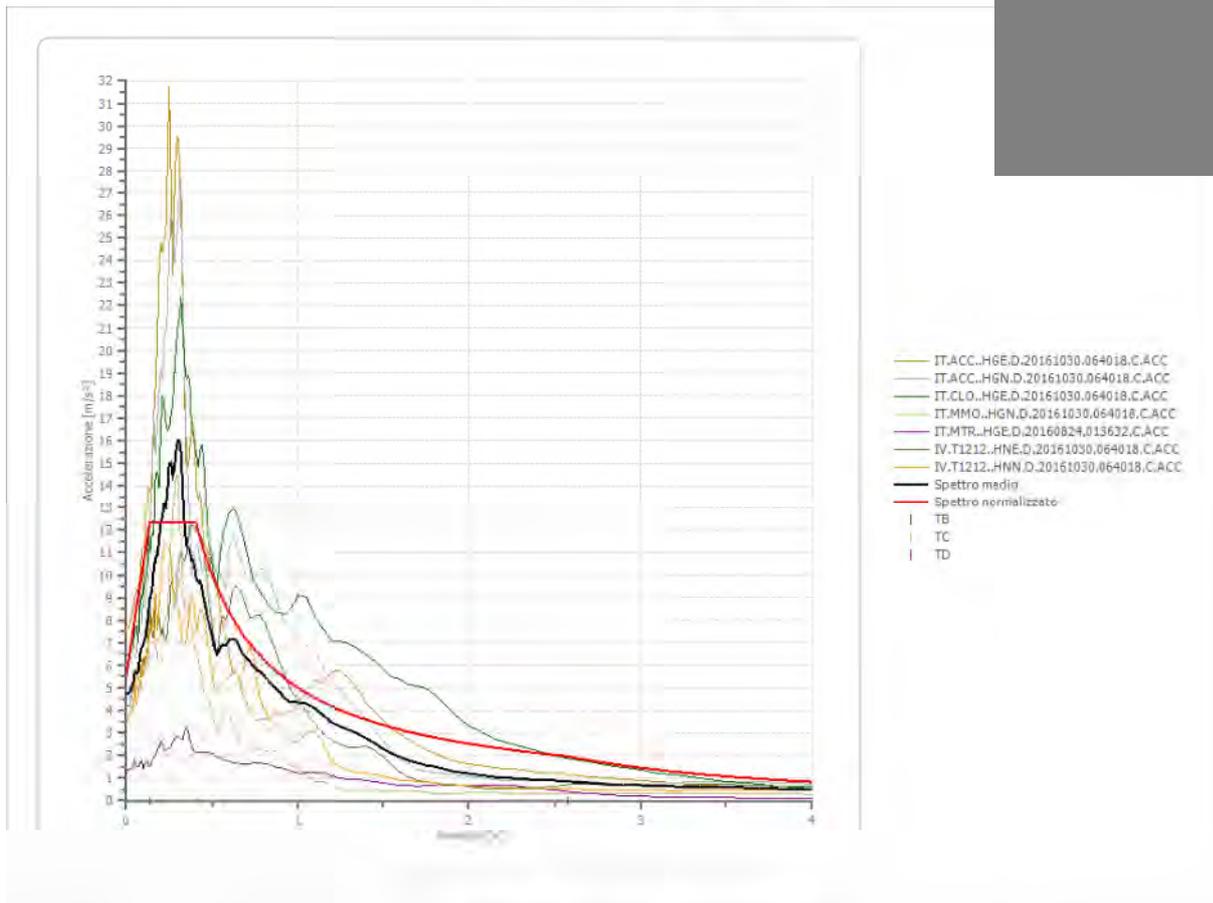
0.13	12.0265	0.39	12.3116	0.72	6.9621	1.60	3.1330	3.40	1.4743
0.14	12.3116	0.40	12.3116	0.74	6.7740	1.65	3.0380	3.50	1.4322
0.15	12.3116	0.41	12.2262	0.76	6.5957	1.70	2.9487	3.60	1.3924
0.16	12.3116	0.42	11.9351	0.78	6.4266	1.75	2.8644	3.70	1.3548
0.17	12.3116	0.43	11.6575	0.80	6.2659	1.80	2.7849	3.80	1.3191
0.18	12.3116	0.44	11.3926	0.82	6.1131	1.85	2.7096	3.90	1.2853
0.19	12.3116	0.45	11.1394	0.84	5.9675	1.90	2.6383	4.00	1.2532
0.20	12.3116	0.46	10.8973	0.86	5.8288	1.95	2.5706		
0.21	12.3116	0.47	10.6654	0.88	5.6963	2.00	2.5064		
0.22	12.3116	0.48	10.4432	0.90	5.5697	2.05	2.4452		
0.23	12.3116	0.49	10.2301	0.92	5.4486	2.10	2.3870		
0.24	12.3116	0.50	10.0255	0.94	5.3327	2.15	2.3315		
0.25	12.3116	0.51	9.8289	0.96	5.2216	2.20	2.2785		



**Parametri spettro normalizzato**

$\Lambda_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
5.543	0.131	-	0.170	0.407	2.376	5.543	1.2709

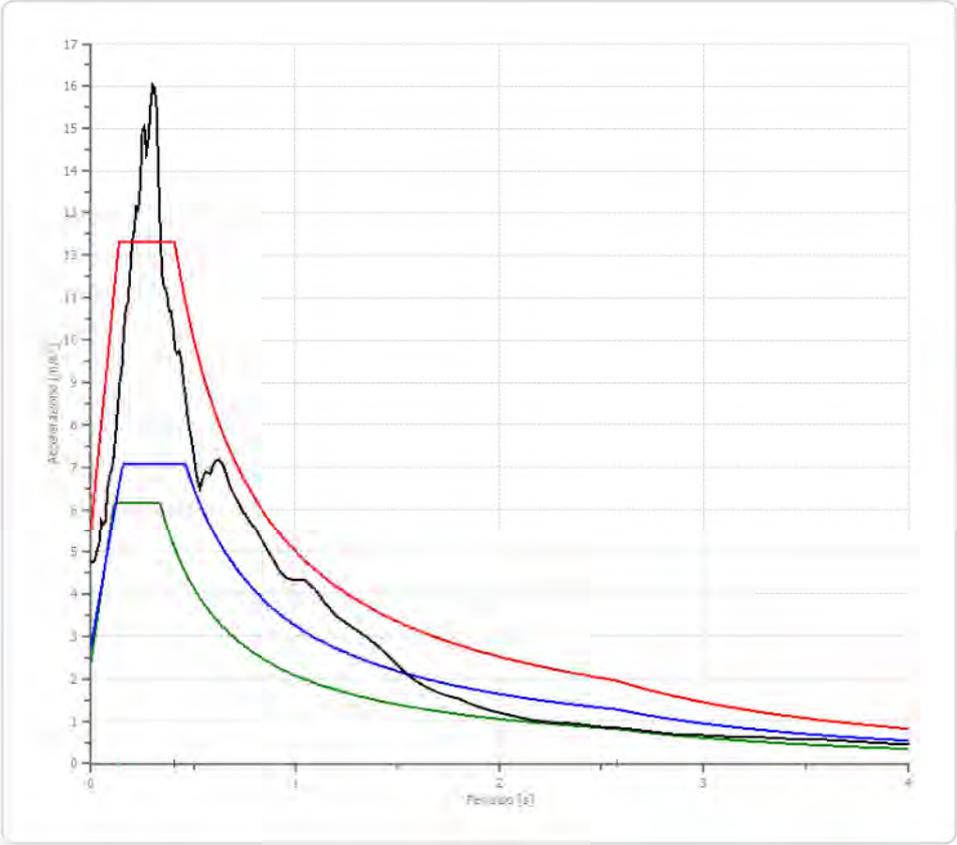
## Confronto tra gli spettri



## Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardi a vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguardi a vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.647	0.804	1.893	2.394	0.647	0.804	1.893	2.394
Fo	2.434	2.44	2.515	2.567	2.434	2.44	2.515	2.567
Tc <sup>#</sup> [s]	0.276	0.287	0.327	0.337	0.276	0.287	0.327	0.337
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.20	1.15
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.42	1.41	1.38	1.37
IB [s]	0.092	0.096	0.109	0.112	0.131	0.135	0.150	0.154
TC [s]	0.276	0.287	0.327	0.337	0.393	0.405	0.450	0.461
TD [s]	1.864	1.928	2.372	2.576	1.864	1.928	2.372	2.576
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.647	0.804	1.893	2.394	0.776	0.965	2.272	2.752
Se(1B) [m/s <sup>2</sup> ]	1.575	1.962	4.761	6.145	1.890	2.354	5.713	7.064



- SLC, Cat. A
- SLC, Cat. B
- Spettro medio
- Spettro normalizzato
- | TB
- | TC
- | TD

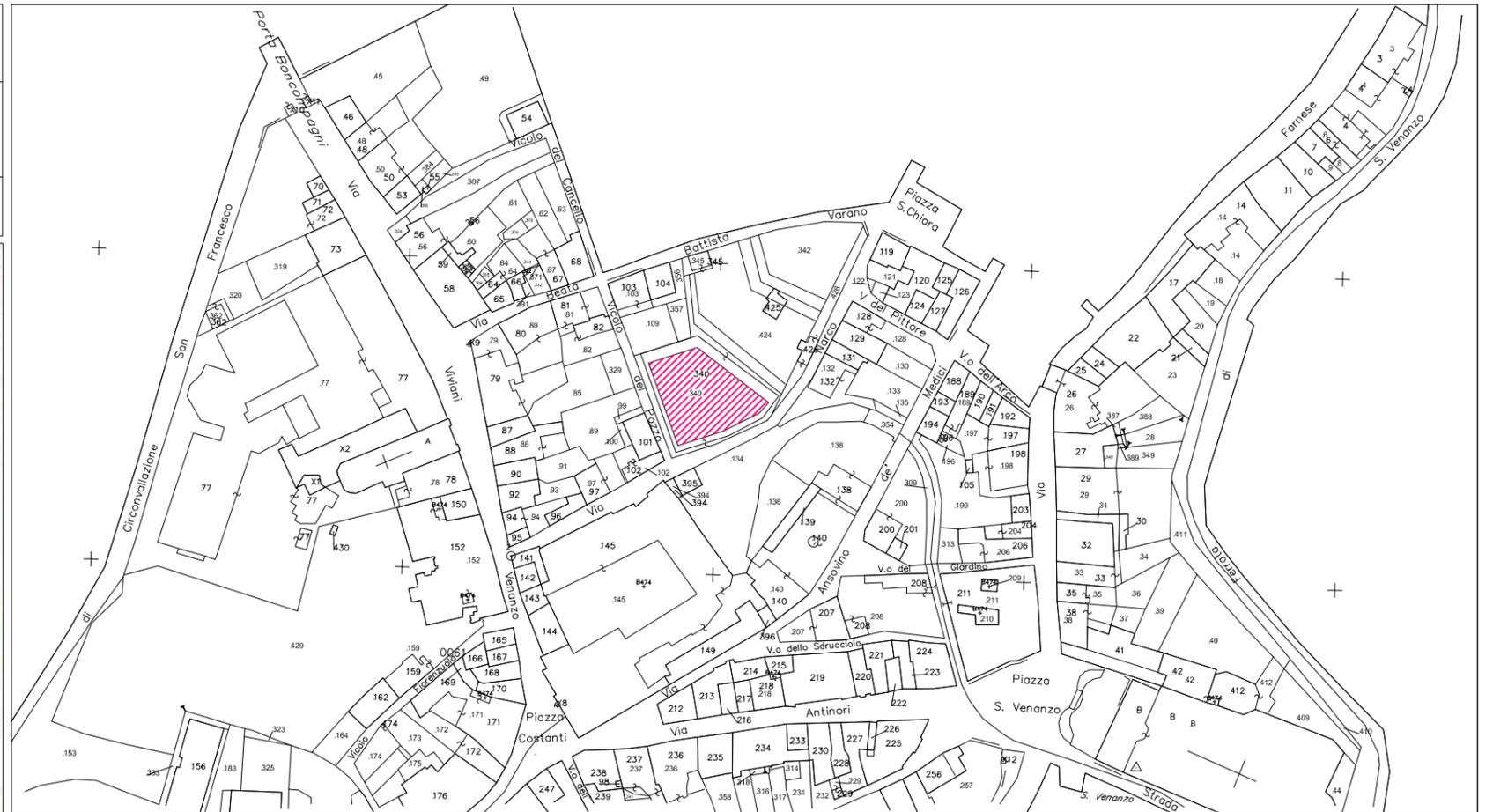
INDAGINE GEOLOGICA RELATIVA ALLA RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO  
ADIBITO A CIVILE ABITAZIONE GRAVEMENTE DANNEGGIATO  
DAL SISMA DEL 24 AGOSTO, 26, 30 OTTOBRE 2016 E SEGUENTI  
IN VIA NARCO N.16  
COMUNE DI CAMERINO  
(F.61 Part.340)

TAV.1

SCALA 1:10.000  
SCALA 1:2000  
FUORI SCALA

FEBBRAIO 2019

CARTA GEOLOGICA--STRALCIO CATASTALE  
STRALCIO AEREOFOTOGRAFICO



LEGENDA GEOLOGICA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

VERSANTE MARCHIGIANO

SISTEMA DEL MUSSONE

(OLOCENE)

- MUSa1 Frane in evoluzione
- MUSa Depositi di versante
- MUSb2 Depositi eluvio-colluviali
- MUSbn Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

SUCCESSIONE MIOCENICA

- FCib FORMAZIONE DI CAMERINO  
litofacies arenaceo-conglomeratica  
Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
- FCic FORMAZIONE DI CAMERINO  
litofacies arenacea  
Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
- FCId FORMAZIONE DI CAMERINO  
litofacies arenaceo-pellica  
Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
- FCle FORMAZIONE DI CAMERINO  
litofacies pellico-arenacea  
Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.

SUCCESSIONE CALCAREO E/O MARNOSA CRETACICO-MIOCENICA

- SCH SCLI IFR  
Anghiano - Marniano
- S3 BISCARO  
Aquitaniense p.p. - Burdigaliano p.p.
- SCC SCACIA CINEREA  
Oraboniano sup. - Aquitaniano p.p.

- Faglia inversa
- Faglia sinosedimentaria
- Stratificazione dritta
- Stratificazione orizzontale dritta
- Stratificazione mesoclitica
- Traccia di superficie assiale di antiformale
- Traccia di superficie assiale di sinclinale

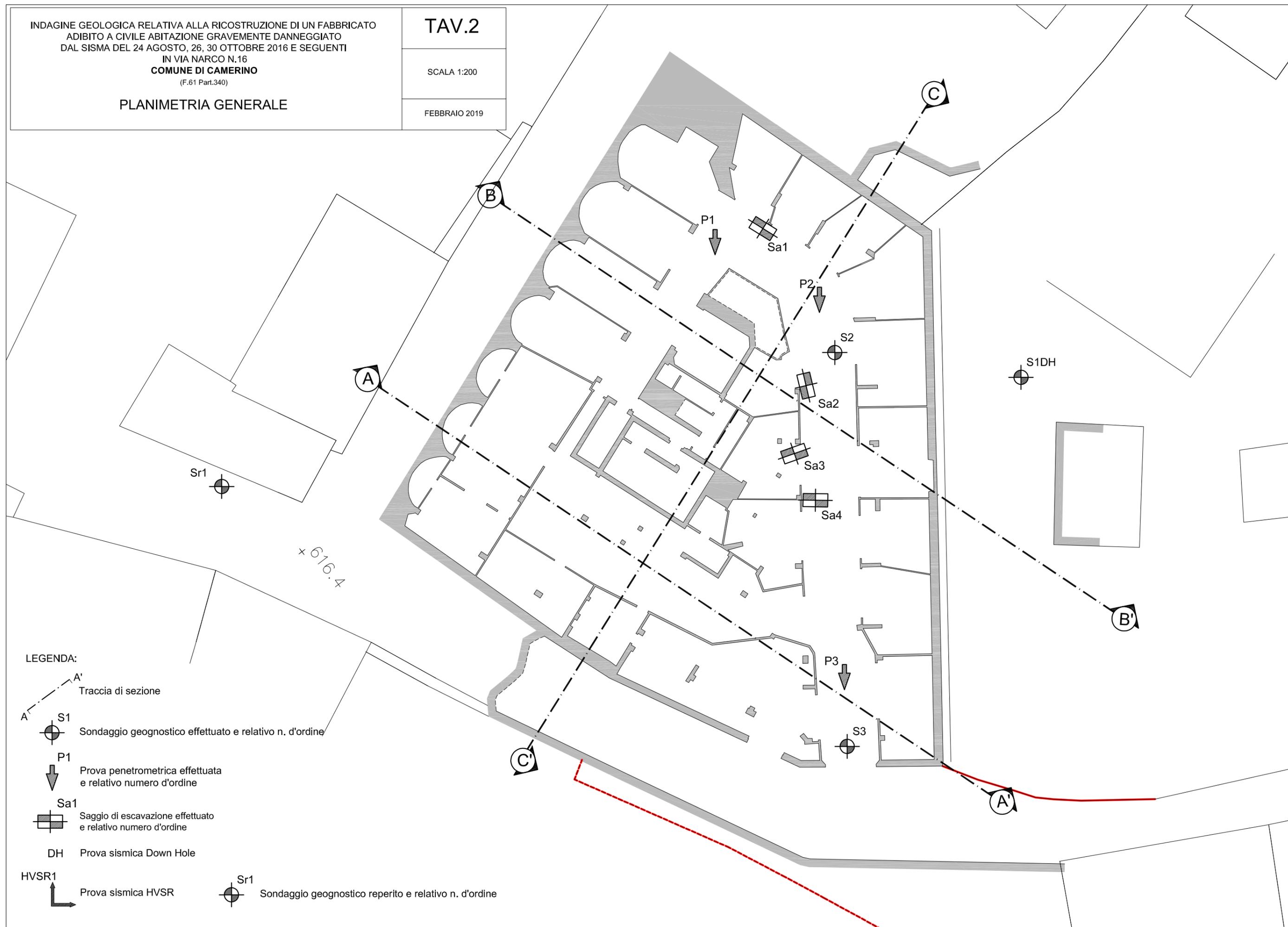
INDAGINE GEOLOGICA RELATIVA ALLA RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO  
 ADIBITO A CIVILE ABITAZIONE GRAVEMENTE DANNEGGIATO  
 DAL SISMA DEL 24 AGOSTO, 26, 30 OTTOBRE 2016 E SEGUENTI  
 IN VIA NARCO N.16  
**COMUNE DI CAMERINO**  
 (F.61 Part.340)

**TAV.2**

SCALA 1:200

FEBBRAIO 2019

**PLANIMETRIA GENERALE**



LEGENDA:

A' A  
 Traccia di sezione

S1  
 Sondaggio geognostico effettuato e relativo n. d'ordine

P1  
 Prova penetrometrica effettuata e relativo numero d'ordine

Sa1  
 Saggio di escavazione effettuato e relativo numero d'ordine

DH  
 Prova sismica Down Hole

HVSR1  
 Prova sismica HVSR

Sr1  
 Sondaggio geognostico reperito e relativo n. d'ordine

INDAGINE GEOLOGICA RELATIVA ALLA RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO  
ADIBITO A CIVILE ABITAZIONE GRAVEMENTE DANNEGGIATO  
DAL SISMA DEL 24 AGOSTO, 26, 30 OTTOBRE 2016 E SEGUENTI  
IN VIA NARCO N.16  
**COMUNE DI CAMERINO**  
(F.61 Part.340)

TAV.3.1

SCALA 1:200

FEBBRAIO 2019

SEZIONE STRATIGRAFICA A-A'

LEGENDA:

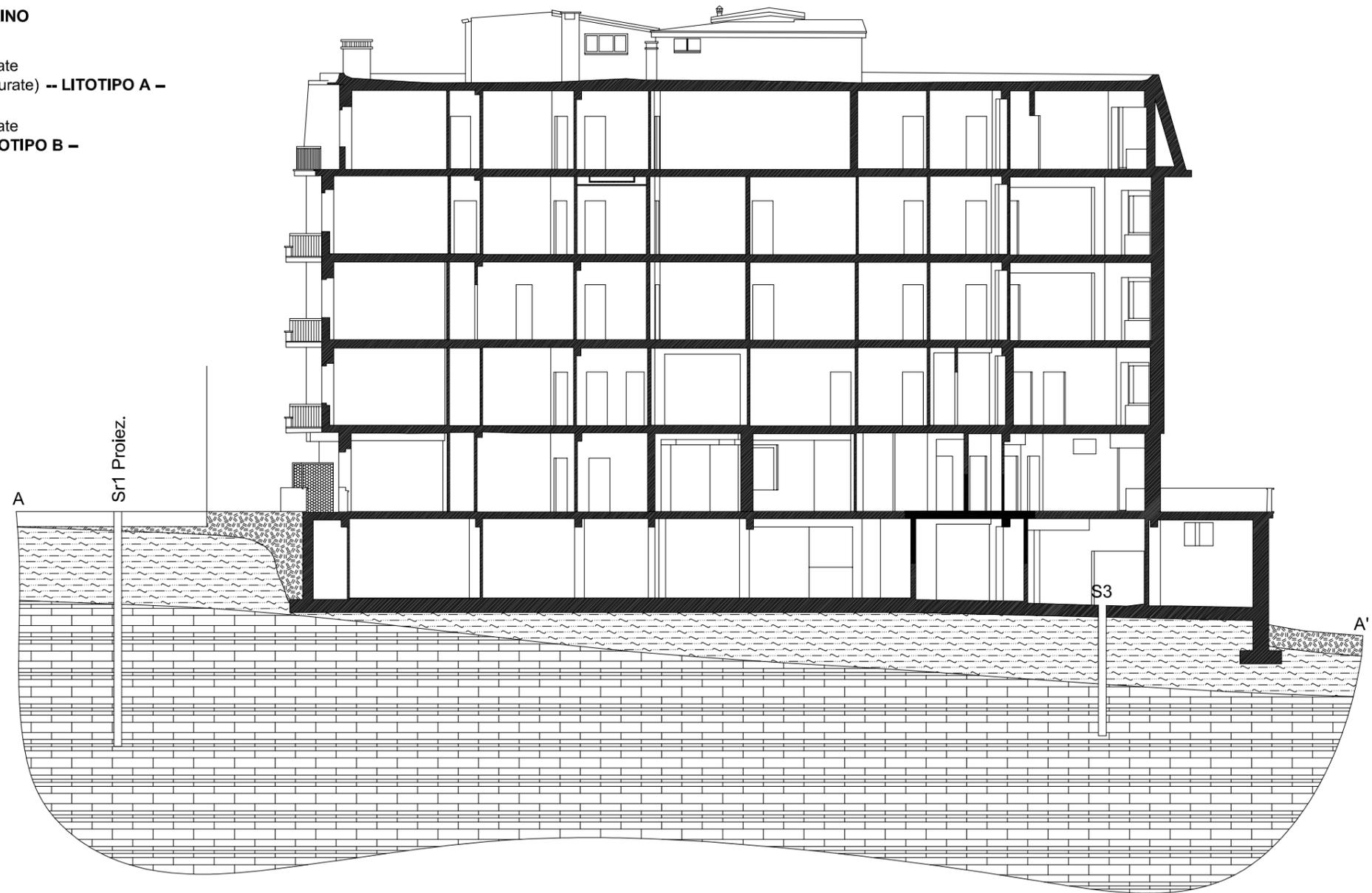
Terreno di riporto:

 Pietrisco e pietrame  
di varia natura, misto a limi argillosi e sabbie limose

**FORMAZIONE DELLE ARENARIE DI CAMERINO  
(Associazione Pelitico-Arenacea)**

 Argille siltose sovraconsolidate alterate  
a sottili strati arenacei (Alterate e fratturate) -- LITOTIPO A --

 Argille siltose sovraconsolidate alterate  
a sottili strati arenacei (Integre) -- LITOTIPO B --



INDAGINE GEOLOGICA RELATIVA ALLA RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO  
ADIBITO A CIVILE ABITAZIONE GRAVEMENTE DANNEGGIATO  
DAL SISMA DEL 24 AGOSTO, 26, 30 OTTOBRE 2016 E SEGUENTI  
IN VIA NARCO N.16  
**COMUNE DI CAMERINO**  
(F.61 Part.340)

**SEZIONE STRATIGRAFICA B-B'**

**TAV.3.2**

SCALA 1:200

FEBBRAIO 2019

**LEGENDA:**

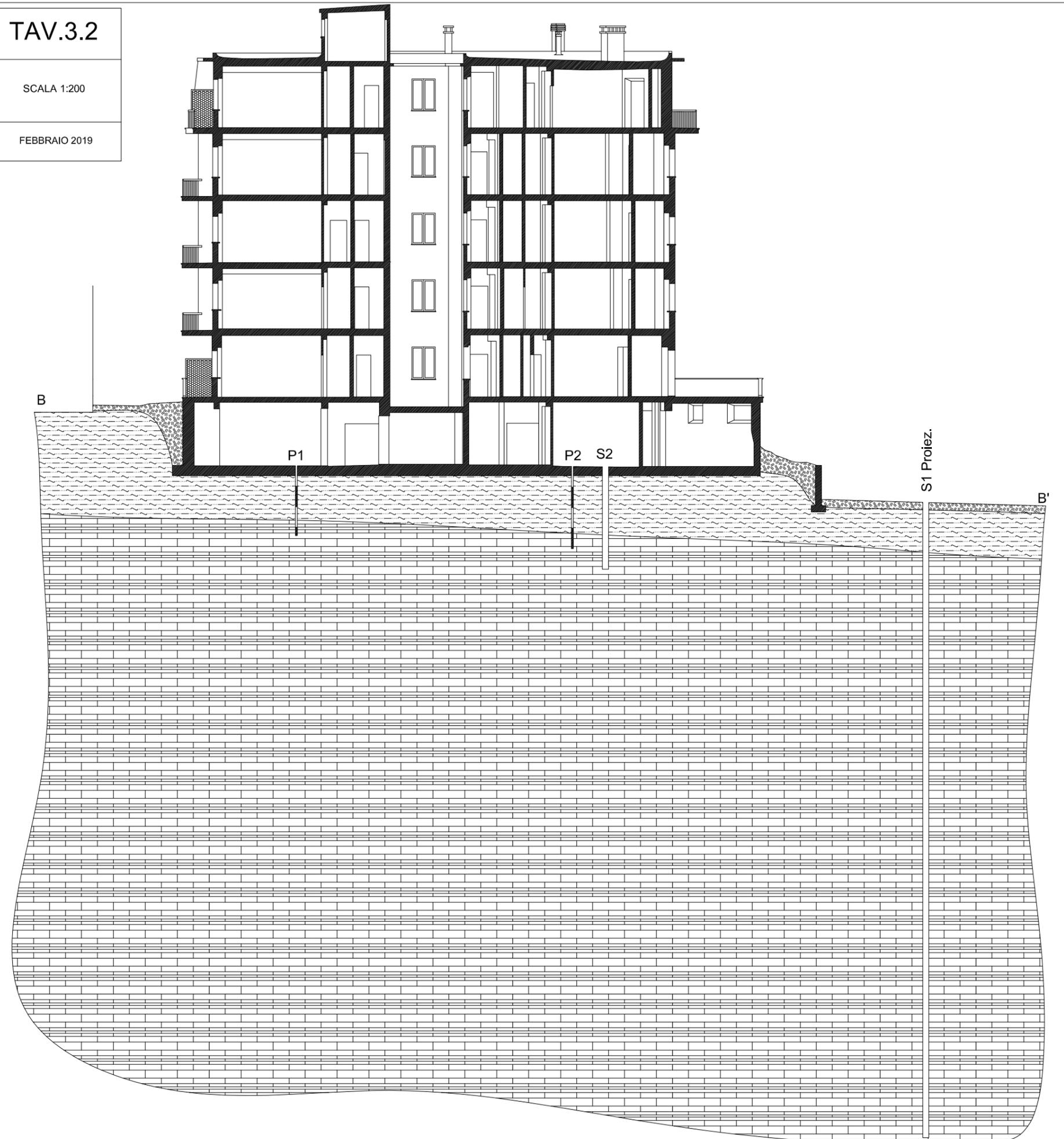
**Terreno di riporto:**

 Pietrisco e pietrame  
di varia natura, misto a limi argillosi e sabbie limose

**FORMAZIONE DELLE ARENARIE DI CAMERINO  
(Associazione Pelitico-Arenacea)**

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Alterate e fratturate) -- **LITOTIPO A** --

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Integre) -- **LITOTIPO B** --



INDAGINE GEOLOGICA RELATIVA ALLA RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO  
ADIBITO A CIVILE ABITAZIONE GRAVEMENTE DANNEGGIATO  
DAL SISMA DEL 24 AGOSTO, 26, 30 OTTOBRE 2016 E SEGUENTI  
IN VIA NARCO N.16  
**COMUNE DI CAMERINO**  
(F.61 Part.340)

**TAV.3.3**

SCALA 1:200

FEBBRAIO 2019

**SEZIONE STRATIGRAFICA C-C'**

**LEGENDA:**

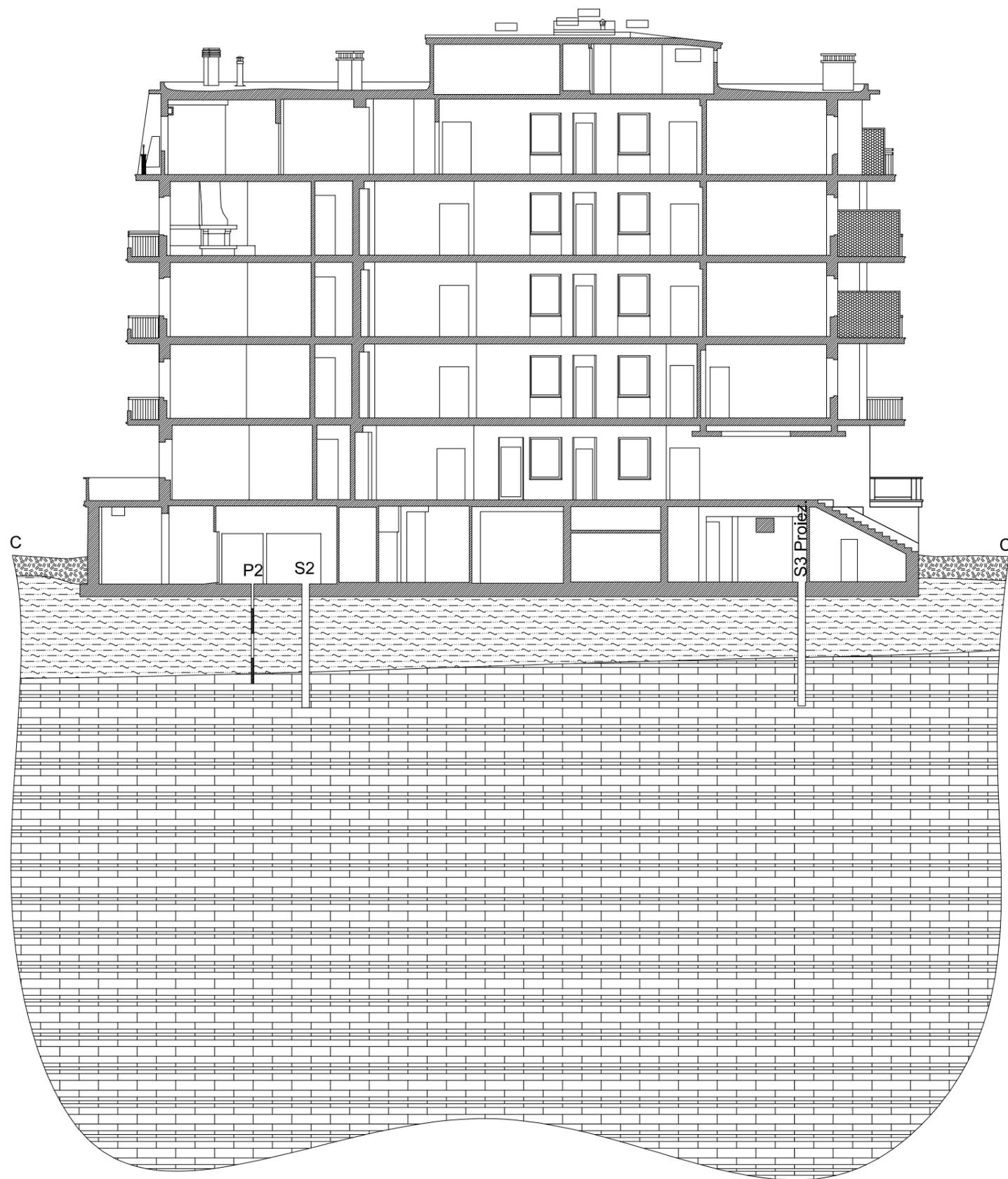
**Terreno di riporto:**

 Pietrisco e pietrame  
di varia natura, misto a limi argillosi e sabbie limose

**FORMAZIONE DELLE ARENARIE DI CAMERINO  
(Associazione Pelitico-Arenacea)**

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Alterate e fratturate) -- **LITOTIPO A** --

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Integre) -- **LITOTIPO B** --



INDAGINE GEOLOGICA RELATIVA ALLA RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO  
ADIBITO A CIVILE ABITAZIONE GRAVEMENTE DANNEGGIATO  
DAL SISMA DEL 24 AGOSTO, 26, 30 OTTOBRE 2016 E SEGUENTI  
IN VIA NARCO N.16  
**COMUNE DI CAMERINO**  
(F.61 Part.340)

TAV.4.1

SCALA 1:200

FEBBRAIO 2019

SEZIONE GEOTECNICA A-A'

LEGENDA:

Terreno di riporto:

 Pietrisco e pietrame  
di varia natura, misto a limi argillosi e sabbie limose

FORMAZIONE DELLE ARENARIE DI CAMERINO  
(Associazione Pelitico-Arenacea)

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Alterate e fratturate) -- LITOTIPO A --

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Integre) -- LITOTIPO B --



INDAGINE GEOLOGICA RELATIVA ALLA RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO  
ADIBITO A CIVILE ABITAZIONE GRAVEMENTE DANNEGGIATO  
DAL SISMA DEL 24 AGOSTO, 26, 30 OTTOBRE 2016 E SEGUENTI  
IN VIA NARCO N.16  
**COMUNE DI CAMERINO**  
(F.61 Part.340)

SEZIONE GEOTECNICA B-B'

TAV.4.2

SCALA 1:200

FEBBRAIO 2019

LEGENDA:

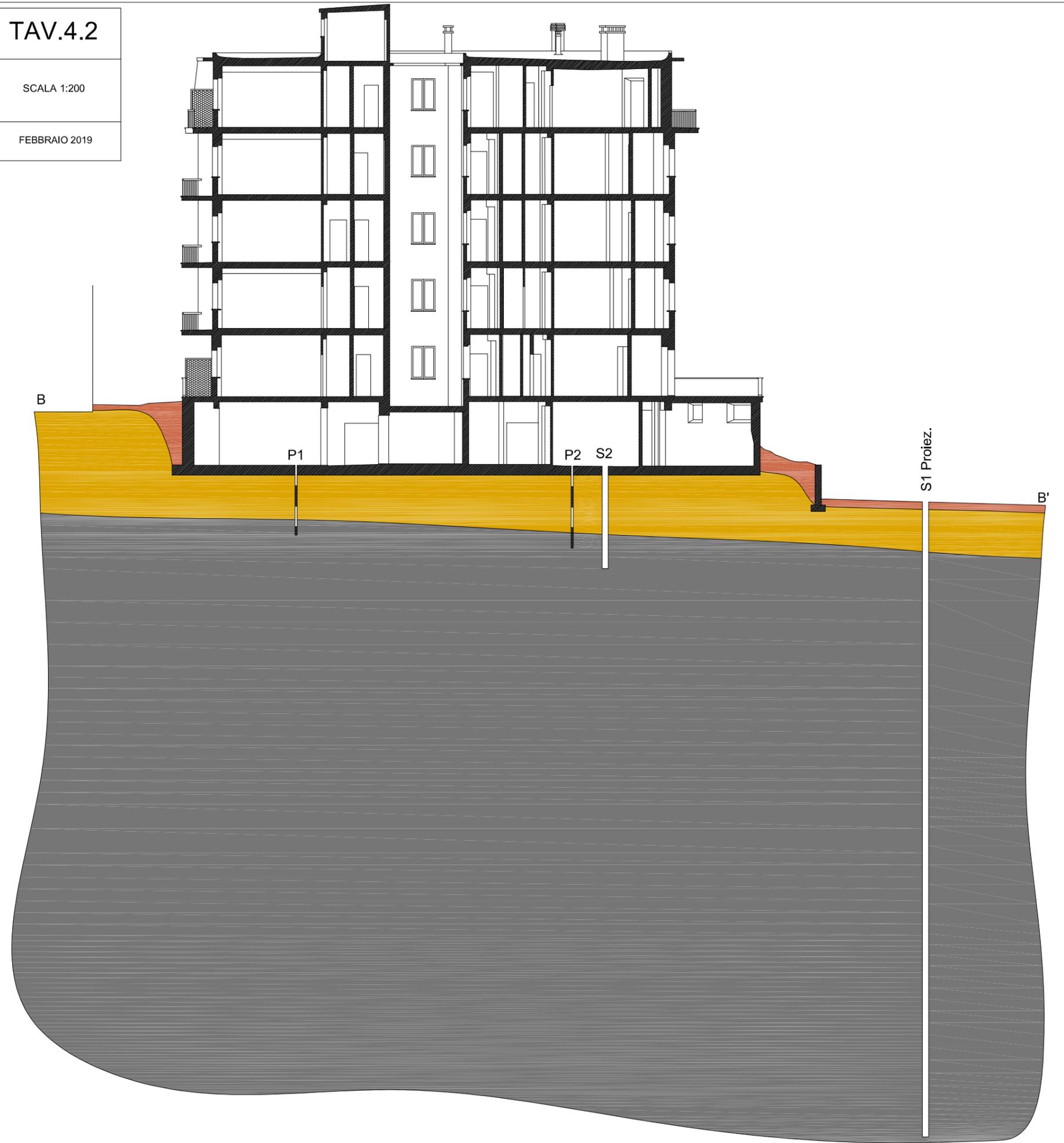
Terreno di riporto:

 Pietrisco e pietrame  
di varia natura, misto a limi argillosi e sabbie limose

**FORMAZIONE DELLE ARENARIE DI CAMERINO**  
(Associazione Pelitico-Arenacea)

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Alterate e fratturate) -- LITOTIPO A --

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Integre) -- LITOTIPO B --



INDAGINE GEOLOGICA RELATIVA ALLA RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO  
ADIBITO A CIVILE ABITAZIONE GRAVEMENTE DANNEGGIATO  
DAL SISMA DEL 24 AGOSTO, 26, 30 OTTOBRE 2016 E SEGUENTI  
IN VIA NARCO N.16  
**COMUNE DI CAMERINO**  
(F.61 Part.340)

TAV.4.3

SCALA 1:200

FEBBRAIO 2019

SEZIONE GEOTECNICA C-C'

LEGENDA:

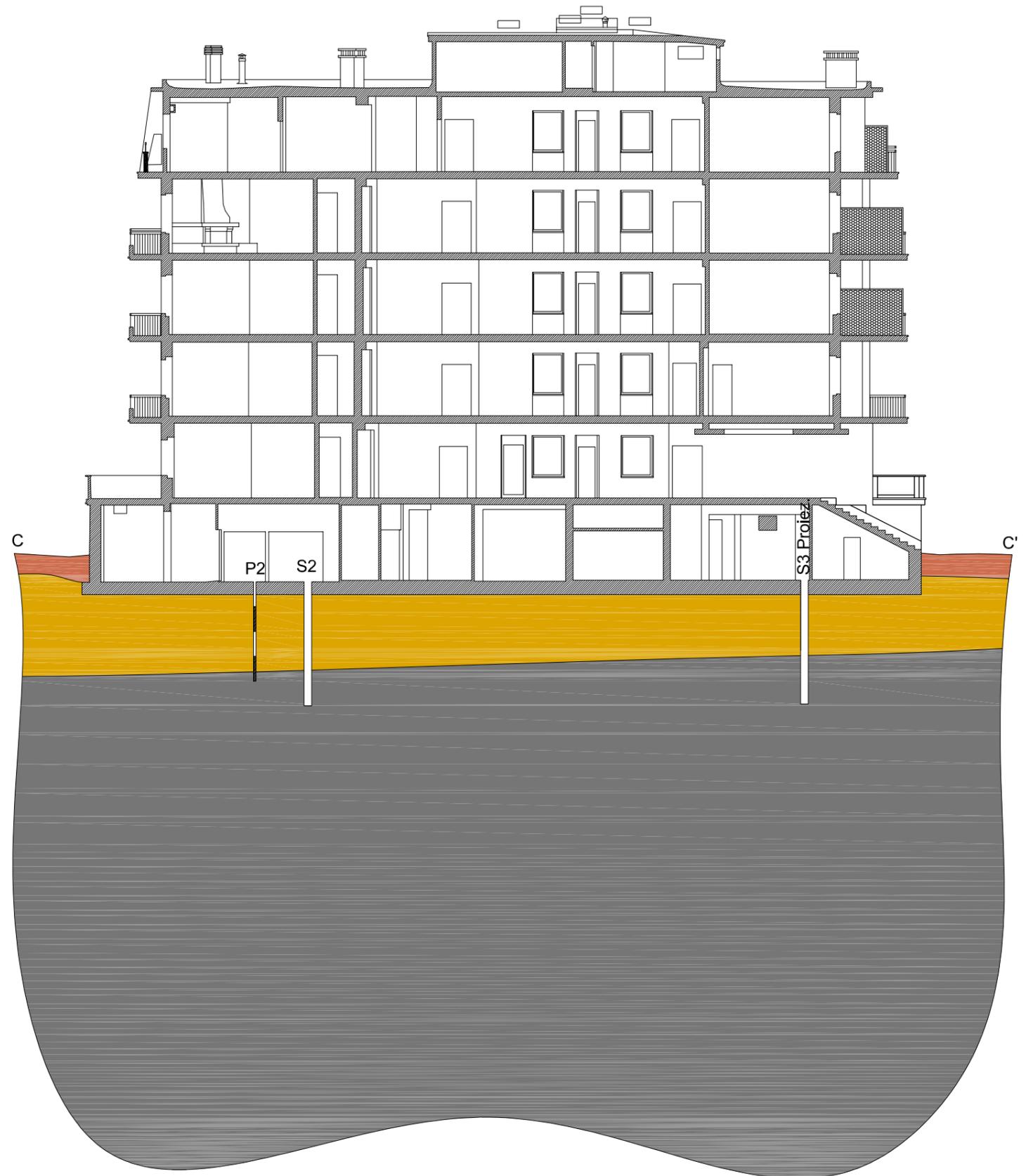
Terreno di riporto:

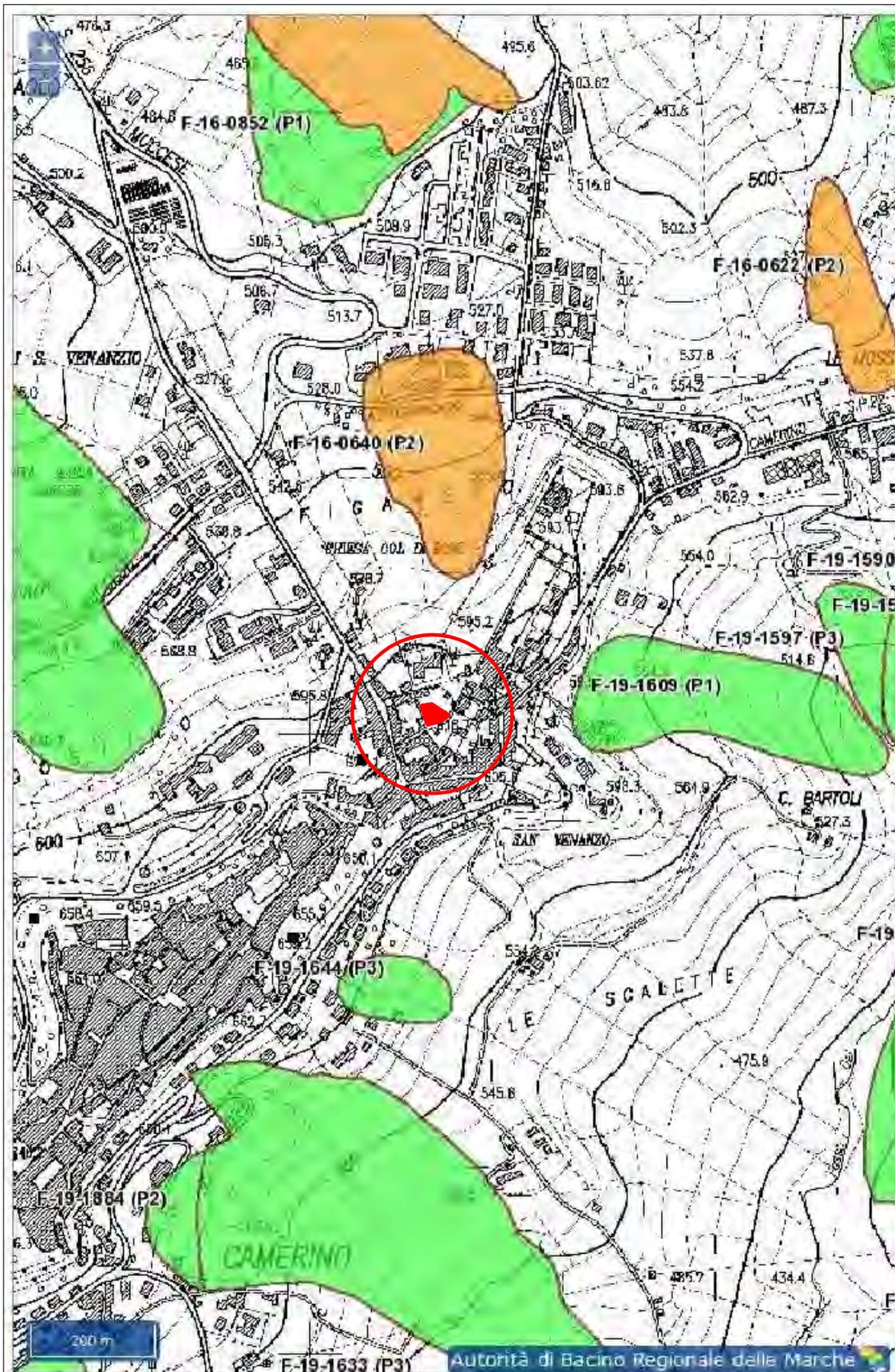
 Pietrisco e pietrame  
di varia natura, misto a limi argillosi e sabbie limose

FORMAZIONE DELLE ARENARIE DI CAMERINO  
(Associazione Pelitico-Arenacea)

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Alterate e fratturate) -- LITOTIPO A --

 Argille siltose sovraconsolidate alternate  
a sottili strati arenacei (Integre) -- LITOTIPO B --





7

DOWNLOAD TAVOLE

Abrica

PAI pre-agg. 2016

PAI agg. 2016

QUADRO PERICOLOSITÀ

PAI pre-agg. 2016

PAI agg. 2016

**AVVERTENZE**

Modifica avvertenze

TEM

PAI pre-agg. 2016:

FRANE

ESONDAZIONI

VALANGHE

PAI agg. 2016:

FRANE

ESONDAZIONI

VALANGHE

R1

R2

R3

R4

Info

Abilita

Misure

Abilita

Tipo di misura

Lunghezza (LineString)

Cerca

Comune di:

Foglio catastale: