



**GEOTECNICA IDROGEOLOGIA
GEOLOGIA AMBIENTALE**

Via G. Pajetta, 48
56030 Calcinaia (PI)
tel./fax: 0587-489181

af.geo@virgilio.it

COMUNE DI PONSACCO

PROVINCIA DI PISA

**VARIANTE AL R.U. VIGENTE FINALIZZATA
AL PERFEZIONAMENTO E POTENZIAMENTO
DEL SISTEMA DELLA VIABILITA' PUBBLICA
FUNZIONALE AL CENTRO DI RESIDENZA
SOCIALE ASSISTITA (RSA) UBICATO
IN LOC. LE MELORIE.**

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA' GENERALE

NOVEMBRE 2022

COMMITTENTE:

Immobilmarca srl

SOMMARIO

PREMESSA.....	1
I. INQUADRAMENTO DELL'AREA	1
II. CARATTERIZZAZIONE PRELIMINARE DEI TERRENI D'IMPOSTA	14
III. INDAGINI GEOFISICHE	16
III.A. PROSPEZIONE CON PUNTA SISMICA.....	16
III.B. ACQUISIZIONE IN SISMICA PASSIVA.....	18
IV. VALUTAZIONE DELLA POTENZIALITA' DI LIQUEFAZIONE	25
V. CONCLUSIONI	27

ALLEGATI

- Corografia generale, scala 1:25.000
- Corografia, scala 1:10.000
- Studio Geologico di supporto allo S.U.: estratto carta geologica e geomorfologica, scala 1:5.000
- Studio Geologico di supporto allo S.U. vigente: estratto carta della pericolosità geologica, scala 1:5.000
- Studio Geologico di supporto allo S.U. vigente: estratto carta della pericolosità idraulica, scala 1:5.000
- Studio Geologico di supporto allo S.U. vigente: estratto carta della pericolosità sismica locale, scala 1:5.000
- Piano Stralcio Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.A.I.) – Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante a livello di sintesi, scala 1:5.000
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale: Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (PAI) – Stralcio carta di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica, scala 1:5.000
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale: Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGR) – Stralcio carta della pericolosità idraulica per il dominio

fluviale, scala 1:5.000

- Regolamento Urbanistico – Tavola 1. Stato attuale
- Regolamento Urbanistico – Tavola 1. Stato modificato
- Risultati indagini di riferimento: prove penetrometriche CPT
- Risultati indagine di riferimento: prova penetrometrica CPTU
- Risultati indagine di riferimento: prospezione sismica in foro con punta sismica
- Risultati indagini di riferimento: geofisica – report indagine HVSR
- Documentazione fotografica
- Carta della pericolosità geologica ai sensi del DPGR n. 5/R del 30.01.2020, scala 1:5.000
- Carta della pericolosità da alluvioni ai sensi del DPGR n. 5/R del 30.01.2020, scala 1:5.000
- Carta della pericolosità sismica locale ai sensi del DPGR n. 5/R del 30.01.2020, scala 1:5.000

PREMESSA

Il presente documento costituisce RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ GENERALE a supporto della “*Variante al R.U. vigente finalizzata al perfezionamento e potenziamento del sistema della viabilità pubblica funzionale a centro di residenza sociale assistita (RSA)*” in Comune di Ponsacco (PI), località Le Melorie.

Lo studio si è articolato sulla caratterizzazione geologica, geomorfologica, idraulica e idrogeologica di un conveniente intorno dell’area, anche per riferimento alle cartografie tematiche esistenti (Studio Geologico di supporto allo S.U., ...).

Al sensi del D.P.G.R. 5/R del 30.01.2020 sono definite le CLASSI DI PERICOLOSITÀ e i CRITERI GENERALI DI FATTIBILITÀ.

Si specifica che la variante in oggetto costituisce essenzialmente modifica cartografica per il riconoscimento urbanistico di una viabilità di fatto esistente, consentendone così l’uso pubblico.

I. INQUADRAMENTO DELL’AREA

UBICAZIONE

L’area in oggetto è inquadrabile nella carta IGMI, al Foglio 273, Sezione II (“Pontedera”), e nella Carta Tecnica Regionale alla Sezione 273 160.

E’ posta a Sud dell’abitato di *Le Melorie*, che si sviluppa nella parte meridionale della grande piana alluvionale del Fiume Arno, a Nord-Ovest di Ponsacco, lungo il tracciato di Via di Gello e a Sud del tracciato della SGC FI-PI-LI.

Il contesto è caratteristico di porzione marginale di pianura alluvionale: pseudo-tabulare peneplanare, con assetto praticamente pianeggiante alla scala delle singole opere, con quote medie del p.c. intorno ai 17 – 18 m s.l.m..

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E STRUTTURALE

La superficie territoriale del Comune di Ponsacco è di circa 20 kmq confinante a Nord con il Comune di Pontedera, a Sud-Est con quello di Capannoli e a Sud-Ovest con quello di Casciana Terme Lari; gli elementi geologici, morfologici e idrogeologici lo identificano come “transizione” la porzione collinare vera e propria, essenzialmente a Sud ed Est, a quella di pianura vasta, più a Nord e a Ovest.

Nella porzione collinare si hanno due propaggini che delimitano i due lati della valle del Cascina: le porzioni collinari costituiscono il 20% dell’intero territorio comunale, con quote che crescono verso Sud fino a massimi di 70 – 80 metri s.l.m..

Nella parte di pianura si ha un assetto pianeggiante con quote intorno ai 20 metri s.l.m..

Il Comune di Ponsacco si trova all’imbocco dei due importanti sistemi vallivi e fluviali dei Fiumi Era e Cascina, che confluiscono nella pianura alluvionale in sinistra del fiume Arno. I tratti finali delle due valli convergono sul capoluogo, che si colloca così al limite ideale tra i depositi alluvionali di questi due fiumi e quelli ben più estesi del Fiume Arno, che aveva qui uno dei suoi numerosi rami secondari ma che attualmente scorre molto più a Nord.

La valle del fiume Era drena un bacino di sprofondamento tettonico neogenico ad asse appenninico (NW-SE) a occidente della Dorsale Medio Toscana, che è stata raggiunta e quasi completamente scavalcata dal mare pliocenico, con una trasgressione che, nella Toscana occidentale, è stata contraddistinta da importanti sbalzi morfologici dovuti a una tettonica di distensione, sviluppatasi in due fasi (Bertini et al., 1991): una prima compresa tra il Miocene medio e il Tortoniano superiore sviluppatasi in corrispondenza delle coperture (successioni toscana, ligure e sub-ligure) con un sistema di faglie dirette, una seconda compresa tra il Tortoniano superiore e il Pliocene medio (fino al Pleistocene inferiore in limitati settori geografici) che ha sviluppato le fosse tettoniche con prevalenti rigetti verticali.

Fino al Miocene inferiore (12 milioni di anni fa) il territorio della Valdera è caratterizzato dalla presenza di un mare nel quale, a partire dal Trias si ha la deposizione di

una serie di sedimenti carbonatici di mare aperto (da basso a mediamente profondo) fino ai sedimenti silicei (calcarei selciferi e diaspri rispettivamente del Lias e del Malm) in corrispondenza del massimo grado di approfondimento del mare, per tornare poi a sedimenti carbonatici di mare sempre più basso; è possibile quindi ripercorrere le varie fasi, di apertura prima e di successivo approfondimento poi di tale mare.

Nel Miocene medio una prima fase di compressione e conseguente corrugamento della crosta terrestre per la zona in esame ha sollevato tre dorsali, che rimangono ancora separate dal mare e allineate in direzione Nord-Sud, e che vengono distinte nel complesso dei Monti Livornesi a Ovest, complesso di Chianni/Casciana Terme al centro, e complesso di Iano/Montaione a Est.

Nel Miocene superiore (7 milioni di anni fa), una successiva fase di distensione, e quindi di abbassamento del livello marino, ha dato origine a due fosse tettoniche (Era/Sterza/Cascina a Ovest e Fine/Tora a Est) nelle quali cominciano a delinearsi le strutture delle valli dei fiumi sopra menzionati.

Nel Pliocene inferiore e medio un innalzamento del livello del mare ha portato alla sua ingressione nelle valli, lasciando emerse solo le isole di Iano, Montecatini Val di Cecina, Orciatice e Rosignano, con deposizione di notevoli spessori di argille, sabbie argillose e sabbie.

Nel Pliocene medio, una nuova fase di sollevamento determina il ritiro del mare verso Sud e verso Ovest, con emersione dal fondo delle valli delle argille e delle sabbie marine, in parte sottoposte a erosione.

Nel Pleistocene inferiore una nuova fase distensiva determina una ingressione marina che per effetto del sollevamento precedente interessa un'area meno vasta rispetto a quella precedente; nel territorio in oggetto si depositano sabbie argillose e sabbie. Successivamente una fase "epirogenetica" (lento sollevamento) nell'area meridionale delle Colline Pisane determina l'innalzamento delle formazioni plioceniche e pleistoceniche, mentre dalla dorsale di Casciana Terme si creano due distinti sistemi idrografici, diretti a Est e Ovest, che danno origine rispettivamente ai fiumi Era/Sterza/Cascina e Tora/Fine. Le aree più a Sud, interessate dal massimo sollevamento, sono quelle maggiormente denudate, con

alla messa a giorno delle argille plioceniche.

GEOLOGIA

La pianura del Fiume Arno, i cui tratti attuali si sono definiti durante l'Olocene con la progressiva erosione dei rilievi a seguito dell'ultimo "sollevamento" della Toscana occidentale (Pleistocene), nella fascia d'interesse risulta delimitata:

- dai rilievi delle Cerbaie a Nord (compresi tra i paduli di Fucecchio e Bientina), caratterizzati da terreni pleistocenici derivanti dai Monti Pisani, e costituenti la ben nota Formazione di Casa Poggio ai Lecci, datata al Pleistocene medio;
- dai rilievi plio-pleistocenici a Sud, dove si ritrovano i sedimenti pliocenici dovuti all'ultima ingressione marina (a seguito del riattivarsi delle comunicazioni tra Atlantico e Mediterraneo); su questi, nella fascia di passaggio al fondovalle, si ritrovano i depositi continentali del Quaternario antico affioranti anche sui rilievi delle Cerbaie.

Tra i due sistemi di rilievi si sviluppa il locale tratto di pianura, caratterizzata da un "materasso" alluvionale costituito dai depositi dell'Arno stesso, con il locale contributo dei vari affluenti principali.

La geologia dei rilievi a Sud della piana del Fiume Arno è caratterizzata dai terreni del Complesso Neoautoctono, che comprende:

- un *Pliocene inferiore* trasgressivo, caratterizzato da depositi marini conglomeratici e argillosi;
- un *Pliocene medio* regressivo, ancora con depositi marini in prevalenza sabbiosi con intercalazioni di banchi calcarenitici;
- un ciclo stratigrafico marino del *Pleistocene inferiore* con una formazione basale trasgressiva e una formazione terminale regressiva;
- un *Pleistocene medio* con depositi a prevalenza di ambiente fluviale;
- un *Pleistocene superiore*, con terreni a prevalenza sabbiosa, travertini e alluvioni

terrazzate;

- alluvioni di fondovalle recenti, depositi palustri e di colmata, detriti e frane a rappresentare l'Olocene.

Nella porzione delimitata dalla pianura del F. Arno e da quella del F. Era, affiorano le formazioni caratteristiche, rappresentate da:

- ❖ PLEISTOCENE SUPERIORE: *Sabbie e limi di Vicarello*, sedimenti misti eolico-palustri di duna e di retroduna e di piana di esondazione fluviale;
- ❖ PLEISTOCENE MEDIO: *Conglomerati, sabbie e limi di casa Poggio ai Lecci*, ciottoli di dimensioni fino a decimetriche di quarziti bianche, rosa, violette e verdi, di conglomerati quarziferi, di calcari cristallini e di altri tipi litologici provenienti dal Monte Pisano o dalla Garfagnana apuana attraverso la Valle del Serchio passante per la depressione di Bientina; queste ghiaie sono in una matrice a prevalenza sabbiosa, con frequenti argillificazioni di natura pedologica;
- ❖ PLEISTOCENE INFERIORE: *Sabbie di Nugola vecchia*, sabbie molto fini, di colore ocrarancio, suddivise in banchi omogenei poveri di strutture sedimentarie, di 5 – 10 m di spessore;
- ❖ PLEISTOCENE INFERIORE: *Sabbie e argille ad Arctica*, sedimento a prevalenza argilloso-sabbiosa, che negli strati di base presenta spesso un conglomerato a elementi piuttosto minuti, mentre nelle parti superiori compaiono intercalazioni di strati arenaceo-calcarei, talvolta presenti su tutto lo spessore del livello;
- ❖ PLEISTOCENE INFERIORE E MEDIO: *Sabbie*, sabbie piuttosto fini suddivise in grossi banchi cui si intercalano strati e gruppi di strati a granulometria più grossolana e con cemento calcareo-arenaceo, spesso ricchi di macrofossili, talora con stratificazione inclinata.

In corrispondenza dell'articolato reticolo di incisioni e impluvi dei corsi d'acqua collinari, si hanno:

- ❖ OLOCENE: *Alluvioni*, materassi alluvionali di modesto spessore e granulometricamente eterogenei, comprendenti lenti di ghiaie e strati da sabbiosi a limo-argillosi.

Con riferimento alla carta geologica e geomorfologica dello Studio Geologico di supporto allo S.U., si ricava come l'area in studio sia impostata sulle *ALLUVIONI ATTUALI* datate all'Olocene.

GEOMORFOLOGIA

Il territorio di Ponsacco ha una prevalente configurazione di fondovalle alluvionale relativo ai sistemi fluviali dei fiumi Arno, Cascina ed Era con una minore porzione meridionale dove sono presenti due propaggini collinari denominate dei Poggini e di Camugliano.

La porzione pianeggiante più vicina all'Arno digrada da Nord-Est (loc. la Borra) a Sud-Ovest (loc. le Melorie) da quote altimetriche di 19 a 16 metri s.l.m., il fondovalle del Fiume Era digrada dal Sud a Nord da quote di 29 a 19 metri s.l.m., mentre il fondovalle del Fiume Cascina digrada da Sud alla sua immissione nel Fiume Era da quote di 27 a 20 metri s.l.m..

I rilievi collinari sopra menzionati hanno elevazioni massime intorno agli 80 m s.l.m., con pendenze piuttosto dolci e, date le caratteristiche geologiche, con fenomeni gravitativi piuttosto contenuti, rispetto per esempio a zone più a Sud (Palaia e Peccioli) dove maggiori acclività interessano affioramenti di argille azzurre plioceniche. I terrazzi fluviali di queste propaggini, in concordanza stratigrafica con le sabbie, hanno sviluppo assai regolare e sub-parallelo al fianco sinistro della valle del Fiume Arno, e si presentano spesso interessati dall'azione di una idrografia che si è sviluppata successivamente al loro deposito e con andamento prevalente perpendicolare all'asse del Valdarno.

Nelle porzioni collinari sono presenti orli dei terrazzi, depositi di versante, corpi di frana e aree soggette a possibili fenomeni di soliflusso.

La tessitura del fondovalle alluvionale è anche conseguenza di una marcata azione antropica che ha modificato alcuni lineamenti morfologici attraverso la realizzazione di argini, scavi, ricolmi e riporti di terreno a supporto delle zone urbanizzate e dei loro accessi viari, oltre ad alvei fluviali sepolti, a testimonianza delle divagazioni nel tempo dei corsi

d'acqua, aree interessate da opere idrauliche come argini e canali e specchi d'acqua artificiali provenienti dalle attività estrattive.

Gli elementi geomorfologici di rilievo possono essere riassunti secondo quanto di seguito riportato.

FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE

- DEPOSITI DI VERSANTE: accumuli sui versanti di frammenti litoidi, eterometrici, con matrice sabbiosa o sabbioso-limoso dovuti all'alterazione e rideposizione dei materiali affioranti sulle porzioni più elevate dei rilievi.
- SOLIFLUSSO: fenomeno di fluidificazione del suolo superficiale di sedimenti più fini per imbibizione con lento movimento discendente.
- CORPO DI FRANA ATTIVO (di scorrimento lento o rapido): movimento gravitazionale caratterizzato da deformazione di taglio e spostamento lungo una o più imprecise superfici di rottura preesistenti localizzate a diversa profondità nel terreno, la massa dislocata si muove lungo tale superficie che rappresenta il limite tra la zona che è instabile e quella che invece è stabile.
- CORPO DI FRANA QUIESCENTE (di colamento lento o rapido): movimento gravitazionale caratterizzato da deformazione continua nello spazio di materiali sciolti per ammolimento a opera dell'acqua che non avviene solo sulla superficie di separazione fra massa in frana e materiale in posto, ma anche nel corpo di frana stesso che tende a muoversi come un fluido viscoso attraverso superfici di taglio multiple.
- CORPO DI FRANA IN STATO DI ATTIVITÀ INDETERMINATO: movimento gravitazionale di difficile o complessa identificazione tipologica con un indeterminato stato di attività.
- CORPO DI FRANA QUIESCENTE (di scorrimento lento o rapido): questa tipologia di frana è la più presente sul territorio collinare di Ponsacco si rinviene sui versanti in destra idrografica dell'incisione valliva del rio Zanoncino e su quelli a Est e a Ovest di C. Castellaccia.
- CORPO DI FRANA QUIESCENTE (di crollo): consiste nel distacco improvviso di masse di

terreno da pareti particolarmente acclivi dove nel movimento iniziale prevale la componente verticale.

FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUA CORRENTI SUPERFICIALI

- PALEOALVEI E PALEOMEANDRI: nella porzione di pianura alluvionale sono individuati numerosi tratti di alvei fluviali sepolti, testimonianza del divagare nel tempo dei tre corsi d'acqua principali ovvero i Fiumi Arno, Cascina ed Era.
- ORLO DI TERRAZZO: limite di passaggio tra una morfologia sommitale di spianata e una morfologia di versante in scarpata per erosione fluviale, si sviluppano a coronamento degli impluvi e si evolvono in scarpate nelle vallate più interne con morfologia più senile.
- CONOIDE ALLUVIONALE E DA DEBRIS FLOW: nelle porzioni di versante con terreni poco coerenti l'acqua incanalata erode in solchi e dilava provocando smottamenti; il materiale lungo il versante si sparpaglia, perde l'acqua contenuta e forma accumuli di forma irregolare o a ventaglio verso il fondovalle.

FORME, PROCESSI E DEPOSITI ANTROPICI

- DISCARICHE: si ha un'area interessata da una discarica di residui della lavorazione del marmo nella porzione meridionale di fondovalle del Cascina, nei pressi di un suo tratto arginato in sinistra idrografica.
- CAVI RICOLMI O PARZIALMENTE RICOLMI: si hanno tre perimetri delle aree di escavazione di sabbia presenti nel fondovalle alluvionale che sono state interessate da totale o parziale riempimento.
- LAGO IRRIGUO: piccoli specchi d'acqua o invasi artificiali utilizzati per scopi irrigui in ambito agricolo presenti sia nel fondovalle alluvionale che sulle propaggini collinari del territorio comunale.
- LAGO DERIVATO DA ATTIVITÀ ESTRATTIVA: i laghetti formati a seguito dell'attività di escavazione nel fondovalle alluvionale sia del Fiume Era che del Fiume Cascina compreso quello all'interno del parco urbano nella porzione Nord dell'abitato di

Ponsacco.

- **RIPORTI:** comprendono i terreni di riporto più significativi relativi ai rilevati stradali, alle zone arginali e/o di sponda e alle zone urbanizzate specie nella porzione occidentale del territorio comunale in località Le Melorie e nella zona produttiva.
- **ARGINI FLUVIALI:** arginature artificiali realizzate a margine dei corsi d'acqua principali del Fiume Era e del Fiume Cascina.

I contributi maggiori alla formazione della pianura alluvionale interessata dall'abitato di Ponsacco stessa sono stati quelli dei fiumi Era e Cascina, che hanno subito nel tempo modifiche significative dei loro tracciati sia per cause naturali che per interventi dell'uomo. Di tali cambiamenti restano tracce evidenti oltre che nella morfologia anche nella disposizione e nell'orientamento dei campi coltivati che vengono di volta in volta ricavati nelle aree abbandonate dai corsi d'acqua. Dalla posizione di queste ultime (paleomeandri e paleoalvei), si può supporre che l'intero sistema Era-Cascina si sia progressivamente spostato da Ovest verso Est, man mano che il dislivello tra l'imbocco delle rispettive valli e l'asta del Fiume Arno veniva ad annullarsi in virtù degli apporti alluvionali che andavano a costituire la pianura.

Nei loro tratti terminali i due fiumi suddetti sono passati da una fase semitorrentizia a una più matura con andamento tortuoso: il Fiume Era ha mantenuto questa caratteristica, mentre il Fiume Cascina ha subito rettifiche operate dall'uomo: agli inizi del XII secolo furono eseguite la derivazione del Fiume Cascina nel Fiume Era rettificandolo esattamente in direzione Nord, e la costruzione della Fossa Nuova con inizio immediatamente a Sud di Ponsacco e con direzione NordOvest-Ovest, il tutto per ovviare allo sgrondo difficoltoso che Fiume Cascina aveva nel Fiume Arno, originando vaste aree paludose alternate a zone boschive nell'area compresa tra Ponsacco e Pontedera. La Fossa Nuova doveva drenare le acque stagnanti presenti nelle zone sopra dette e di riversarle nell'ampio padule che si estendeva a Nord-Est di Coltano.

Dunque l'assetto generale di questo settore di pianura è da considerarsi fondamentalmente stabile dal punto di vista morfologico; le modifiche più rilevanti sono state operate dall'uomo, soprattutto negli ultimi decenni con l'espansione urbanistica che ha generato, per esempio, innalzamenti del piano di campagna tramite riporti di spessore variabile con conseguente alterazione della rete di scolo delle acque superficiali.

L'area in oggetto si inquadra nel contesto della pianura, che a media scala ha andamento caratteristico, sub-pianeggiante debolmente digradante. Alla scala dei singoli interventi si assume un assetto pianeggiante con una quota del p.c. che, localmente, risulta a cavallo dei 17 – 18 m s.l.m..

In generale la porzione di pianura non manifesta problematiche di natura geomorfologica, e non si hanno fenomeni di modellamento, erosivo o gravitativo (attivo o quiescente), che condizionino in modo particolare gli interventi sul territorio. Nello specifico non sono contraddistinte aree interessate da interventi sensibili di riporto (quale quella circa 150 m a Nord) o caratterizzate da tratti di paleoalveo o paleomeandro.

IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il quadro idrografico superficiale dell'intero territorio comunale è già stato descritto in precedenza.

Il medio intorno dell'area in oggetto non risulta contraddistinto dall'idrografia superficiale principale; il corso d'acqua di rilievo contraddistinto cartograficamente, la Fossa Nuova, è oltre 800 m a Sud-Ovest.

L'intorno è piuttosto caratterizzato dal reticolo minore di scoline, fosse campestri e capofossi, tipico delle aree a coltivazioni di questa porzione di pianura; questa fitta rete afferisce a varie fosse e rii (il cui recapito finale è poi nei corsi d'acqua principali precedentemente detti), nel caso dell'intorno dell'area in oggetto si ha il recapito alla Fossa Nuova a Sud.

IDROGEOLOGIA

Anche per questo punto si distinguono la zona di pianura da quella collinare.

La falda freatica di pianura di questo comune è ospitata essenzialmente in due litotipi:

- le alluvioni recenti e terrazzate, costituite in prevalenza da limi, argille e argille limose e in subordine da sabbie e ghiaie;
- le Sabbie e i limi di Vicarello (q₁₁) del Pleistocene superiore.

Le prime occupano a Sud i tratti finali delle valli dei fiumi Era e Cascina oltre che l'intero settore Nord-Ovest, in sinistra del Fiume Cascina stesso; le seconde invece affiorano nei dintorni di Camugliano e hanno una certa prevalenza nel settore Nord-Est lungo l'asse Le Piagge-La Ripa-Il Giardino, con quote di poco superiori (1 - 2 metri) rispetto alla pianura circostante. Nel settore Nord-Est l'andamento delle isopieze segue con una certa regolarità le Sabbie di Vicarello, che costituiscono un'area di infiltrazione favorevole: ne risulta che le direttrici di falda sono orientate costantemente verso Ovest e cioè verso i meandri del Fiume Era, che assume così il carattere di asse drenante significativo. Nel settore Nord-Ovest l'andamento delle isopieze è assai meno uniforme e risente chiaramente della presenza in quest'area di numerosi paleomeandri sia del Fiume Cascina (prima della sua rettifica) che del Fiume Era. In questi, in epoche diverse, si sono depositate alluvioni di diversa granulometria e permeabilità e ne consegue un tasso di infiltrazione alquanto diversificato.

Anche se localmente il flusso della falda è assai variabile, nell'insieme questa è orientata verso Nord-NordOvest, in direzione cioè dell'importante asse drenante costituito dal Fiume Arno.

Nei tratti terminali dei fondovalle dei Fiumi Era e Cascina, infine, la falda ha un andamento pressoché parallelo a quello dei corsi d'acqua.

Per quanto riguarda gli acquiferi collinari, trovano sede di circolazione preferenziale nei livelli ghiaiosi presenti all'interno delle formazioni sabbioso-limose e la loro presenza è

stata riscontrata, durante la perforazione dei pozzi per acqua, fino a diverse decine di metri di profondità.

Per i fini edilizi dunque si rileva come terreni a prevalenza limosa e sabbiosa favoriscano l'infiltrazione e l'accumulo delle acque, formando una lama d'acqua che in generale ha i connotati di falda acquifera vera e propria. Questa, da libera a semiconfinata, fino a confinata se i terreni più superficiali sono a prevalenza argillosa, è alimentata dalle acque d'infiltrazione diretta e (laddove presenti) da quelle di subalveo dei locali corsi d'acqua.

Le caratteristiche granulometriche condizionano la produttività dell'acquifero, a cui attingono i pozzi di grande diametro ("a sterro") a uso domestico, che devono il loro esercizio all'accumulo, per effetto "cisterna" delle acque drenate all'immediato intorno.

La falda è in genere caratterizzata da una piezometria relativamente superficiale (spesso a cavallo dei 2 – 3 m dal p.c.), comunque oltre le canoniche profondità di scavo per fondazioni dirette.

PERICOLOSITÀ

Le cartografie di riferimento per la classificazione di pericolosità sono:

- ❖ Studio Geologico di supporto alla S.U. del Comune di Ponsacco:
 - ➔ Carta della pericolosità geologica;
 - ➔ Carta della pericolosità idraulica;
 - ➔ Carta della pericolosità sismica locale;
- ❖ Autorità di Bacino del Fiume Arno:
 - ➔ Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.): Carta di perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – livello di sintesi (scala 1:25.000);
- ❖ Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale:
 - ➔ Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da

dissesti di natura geomorfologica (PAI): Carta della pericolosità da dissesti di natura geomorfologica;

➔ Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.): Carta della pericolosità idraulica del dominio fluviale.

Nello Studio Geologico di supporto allo S.U. l'area ricade:

- in classe G.2 (MEDIA) di pericolosità geologica;
- prevalentemente in classe I.2 (MEDIA) e in classe I.3 (ELEVATA) di pericolosità idraulica, con i margini Nord e Sud in classe I.4 (MOLTO ELEVATA); dalla Planimetria altezze di esondazione Tr200 e dalla Planimetria altezze di esondazione Tr200 anni Fosso Rotina e Rio Pozzale dello Studio Idrologico-Idraulico di supporto allo S.U. si ricava un battente compreso tra 0,1 e 0,25 m; dalla Planimetria magnitudo idraulica dello Studio Idrologico-Idraulico di supporto allo S.U. si ricava una magnitudo 1 (MODERATA) (“... valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri ...”);
- in classe S.2 (MEDIA) di pericolosità sismica locale.

Nel Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO, l'area non risulta ricompresa nelle aree classificate nella cartografia delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – livello di sintesi (scala 1:25.000).

Nel Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE l'area non risulta ricompresa nelle aree classificate nella cartografia delle aree con pericolosità da dissesti di natura geomorfologica.

Nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) dell'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE, nella carta della pericolosità idraulica del dominio fluviale, l'area ricade principalmente in classe P1 (PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE BASSA), attribuita

“... ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni ...” e in classe P2 (PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE MEDIA), attribuita “... ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni ...” e solo agli estremi Nord e Sud in classe P3 (PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE ELEVATA), attribuita “... ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni ...”.

II. CARATTERIZZAZIONE PRELIMINARE DEI TERRENI D'IMPOSTA

Per la caratterizzazione preliminare dei terreni d'imposta si fa riferimento all'indagine geognostica puntuale eseguita nell'adiacente terreno, a supporto del progetto edilizio della RSA.

INDAGINE GEOGNOSTICA DI RIFERIMENTO

L'indagine geognostica di riferimento consiste in:

- n. 4 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT (Cone Penetration Test), con punta meccanica, spinte a 15 m di profondità; le prove sono state eseguite dalla ditta PENETRATIO snc di San Miniato (PI) con un penetrometro statico-dinamico PAGANI TG 63/200 semovente autoancorante attrezzato, per la prova CPT, con punta meccanica tipo Begemann, e con dispositivo di spinta fino a 20 t complessive;
- n. 1 PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU (Cone Penetration Test con misura pressione interstiziale), spinta a 19,5 m di profondità; la prova é stata eseguita ancora dalla ditta PENETRATIO snc di San Miniato (PI), con lo stesso penetrometro delle prove CPT, attrezzato con piezocono sismico (SCPTU). Si specifica che detta verticale di prova, inizialmente preventivata fino a -32 m dal p.c., è stata interrotta a causa dell'eccessiva resistenza totale alla penetrazione, che poteva portare alla compromissione della punta impiegata, oltre a non garantire la “tenuta” degli ancoraggi; per la prosecuzione della perforo, al fine di poter poi eseguire la prospezione sismica (sismocono) per profondità maggiore di 30 m, è stata dapprima estratta l'intera batteria di aste (della prova CPTU), inserita una batteria di aste per la prova DPSH, e proseguito il perforo con penetrazione

“dinamica” (assetto DPSH) fino a – 31 m; successivamente è stata estratta la batteria di aste (della prova DPSH) e reinserita la batteria di aste iniziale (con punta SCPTU), fino a 31 m dal p.c..

Fatto salvo un primo strato di terreno vegetale e terreno alterato (spessore inferiore al metro), si rilevano litotipi a prevalenza fine, limo-argillosi, impostati su terreni da fino-medi (limo-sabbiosi con livelli limo-argillosi) a medi (più francamente sabbiosi), ai quali intercalano di nuovo litotipi fino-medi più in profondità.

Il passaggio tra i termini a prevalenza coesiva e quelli prevalentemente incoerenti è mediamente intorno ai 5 m di profondità (tra 4,6 e 5,4 m dal p.c.; la variazione è sostanzialmente imputabile alle differenze di quota dei vari punti di indagine); a partire dai 15 m si ritrovano (in intercalazioni) terreni più fini.

Nei perfori di CPT1 e CPT3 sono state poste canne piezometriche; in data 6 aprile sono stati effettuati controlli con sonda freaticometrica manuale, rilevando una **quota piezometrica dell'acqua** a:

- ❖ CPT1: - 2,98 m;
- ❖ CPT3: - 3,48 m.

In relazione alla possibile differenza di quota del p.c. nei punti di indagine, si ricava una sostanziale corrispondenza, con quota media intorno ai 3,2 m dal p.c. (corrispondente a una quota intorno ai 14,5 m s.l.m.) peraltro in linea con il generale quadro conoscitivo per gli aspetti idrogeologici della zona.

Sulla scorta delle risultanze delle varie verticali di indagine, si definisce un preliminare modello geologico e geotecnico.

- ❖ **litotipo 0 [da 0 m a 0,8 m]**: terreno vegetale, terreno alterato; non caratterizzato meccanicamente.
- ❖ **litotipo A [da 0,8 m a 1,6÷1,8 m]**: prevalenti terreni limo-argillosi; $q_{C_{med}} = 10 \div 15$

kg/cm²; assimilabile al CASO COESIVO¹;

- ❖ **litotipo B [da 1,6÷1,8 m a 3,2÷4,2 m]**: prevalenti terreni limosi e argillosi; $q_{C_{med}} = 35 \div 50$ kg/cm²; assimilabile al CASO COESIVO¹;
- ❖ **litotipo C [da 3,2÷4,2 m a 4,6÷5,4 m e da 15 a 17,8 m e da 18,5 a 19,4 m]**: prevalenti terreni limosi e argillosi; $q_{C_{med}} = 20 \div 30$ kg/cm²; assimilabile al CASO COESIVO¹;
- ❖ **litotipo D [da 4,5÷5,4 m a 10,4÷11,6 m e da 19,4 a 19,5 m]**: prevalenti terreni limo-sabbiosi e argillosi; $q_{C_{med}} = 35 \div 45$ kg/cm²; assimilabile al CASO INCOERENTE¹;
- ❖ **litotipo E [da 10,4÷11,6 m a 15 m]**: prevalenti terreni sabbiosi e sabbioso-limosi e argillosi; $q_{C_{med}} = 40 \div 55$ kg/cm²; assimilabile al CASO INCOERENTE¹;
- ❖ **litotipo F [da 17,8 m a 18,5 m]**: prevalenti terreni sabbiosi; $q_{C_{med}} = 78$ kg/cm²; assimilabile al CASO INCOERENTE¹.

III. INDAGINI GEOFISICHE

Nell'area di riferimento è stata eseguita una indagine geofisica così strutturata:

- ❖ prospezione sismica in foro con punta sismica eseguita nel perforo della prova CPTU;
- ❖ acquisizione in sismica passiva (HVSr con singola stazione).

III.A. PROSPEZIONE CON PUNTA SISMICA

Per i dettagli di detta indagine si rimanda direttamente alla relazione in allegato.

Nell'ambito del contesto litostratigrafico in oggetto le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2. II delle NTC (cfr §3.2.2 "CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE"), e si può quindi fare riferimento a un **APPROCCIO SEMPLIFICATO** che si basa sulla classificazione del sottosuolo, in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , effettuata in base

¹ La canonica interpretazione delle prove penetrometriche statiche (CPT) discrimina tra terreni puramente coesivi (dotati cioè della sola coesione) e terreni puramente incoerenti (caratterizzati cioè dal solo angolo di attrito). Questa interpretazione (che omette quindi uno dei due parametri di resistenza al taglio) appare spesso come particolarmente cautelativa.

alle condizioni stratigrafiche e ai valori della *velocità equivalente* di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i = spessore dell'*i*-esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Sulla base delle risultanze dell'indagine di riferimento si ricava una

CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE "C".

III.B. ACQUISIZIONE IN SISMICA PASSIVA

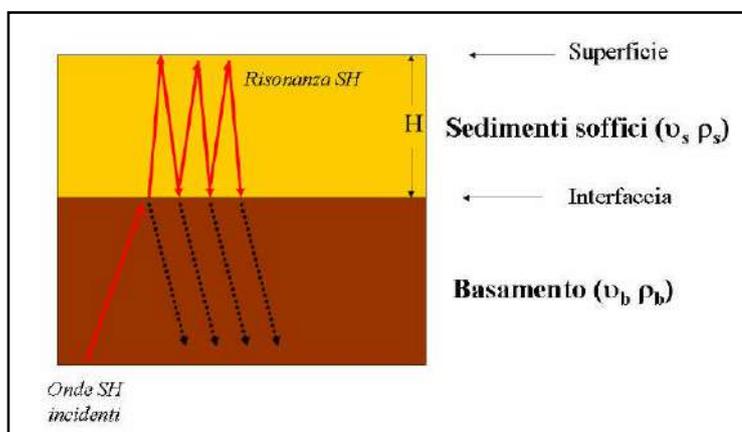
GENERALITÀ SULLA TECNICA HVSR

La sismica passiva studia il microtremore sismico ambientale (rumore sismico); questa sfrutta il fatto che il “rumore”, pur non recando l’informazione relativa alla sua sorgente, risulta sensibile alla locale struttura presso la stazione di misura.

La strumentazione per eseguire misure di sismica passiva può operare in spazi ridotti, non necessita di energizzazioni e permette di indagare profondità molto elevate. I tempi di esecuzione sono relativamente bassi.

Il rumore sismico ambientale deriva dalla composizione di molte sorgenti che agiscono in tempi diversi e in zone diverse. Nel campo del rumore sono rappresentate sia onde di volume (fronte d’onda sferico) sia onde di superficie (fronte d’onda cilindrico), ma le onde di superficie hanno carattere dominante, perché caratterizzate da minore attenuazione.

Quando fra 2 superfici esiste una variazione significativa dell’impedenza acustica si ha il fenomeno della risonanza, che deriva dall’intrappolamento di energia sismica (essenzialmente delle fasi SH) all’interno delle coperture ovvero fra la



superficie e un basamento rigido qui inteso come una formazione “caratterizzata da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti” delle onde.

L’equazione della risonanza è la seguente:

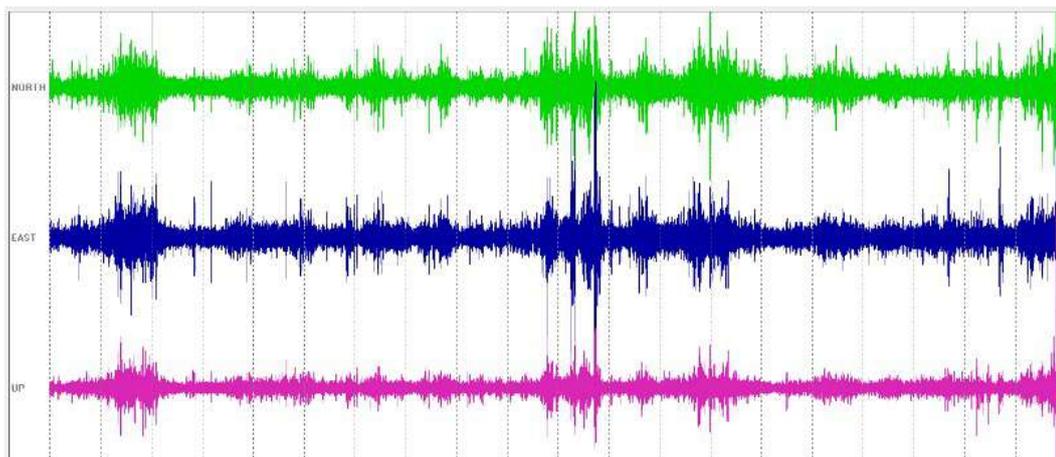
$$f = n \frac{V_s}{4H} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.), V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato oggetto di risonanza e H è lo spessore di detto strato.

Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

Le registrazioni in campagna vengono effettuate mediante un *tromografo*, che consiste in un'apparecchiatura che riunisce una terna di sensori velocimetrici orientati su tre direzioni ortogonali:

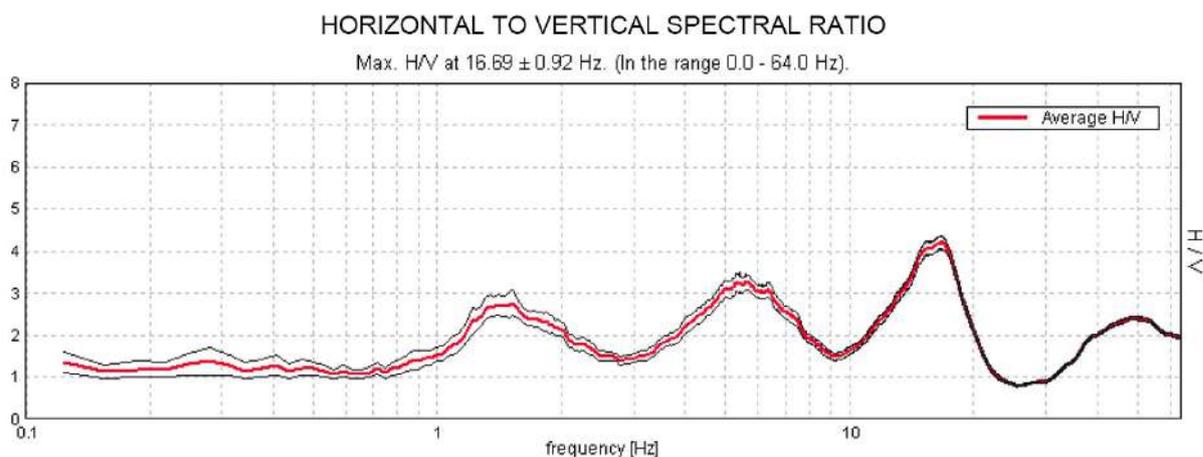
- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- 1 nella componente verticale (up-down).



I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata, e trasformati in spettri H/V.

Nella pratica si utilizza il rapporto H/V perché è un buon normalizzatore e un buon estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro e in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale si mantiene più

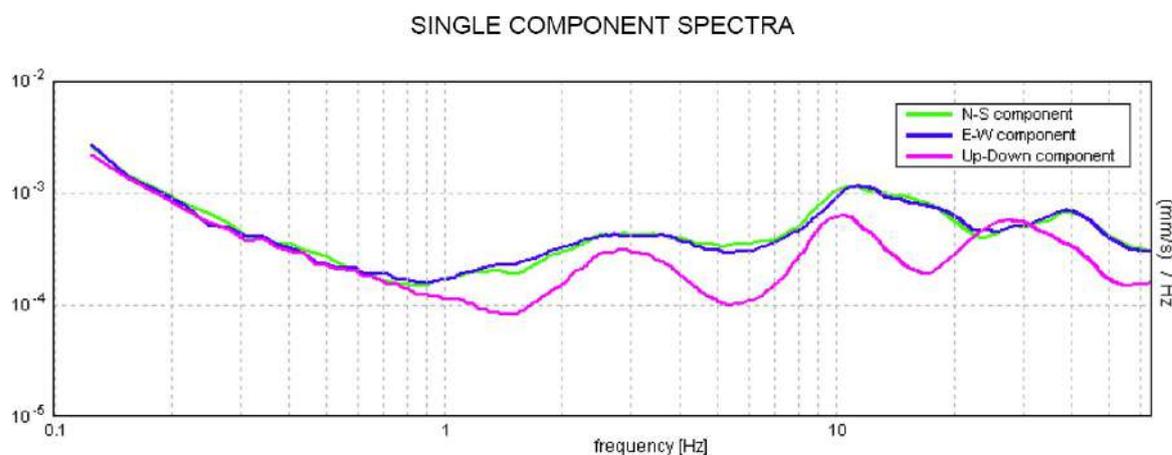
stabile, e per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo. Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde infatti un decremento del segnale della componente verticale, che determina un picco nel rapporto spettrale rappresentato dal grafico seguente.



In un mezzo senza contrasti di impedenza (es. un ammasso roccioso sano) la curva H/V risulta teoricamente piatta e con valore medio tra 0,7 e 1,0 (in funzione del modulo μ).

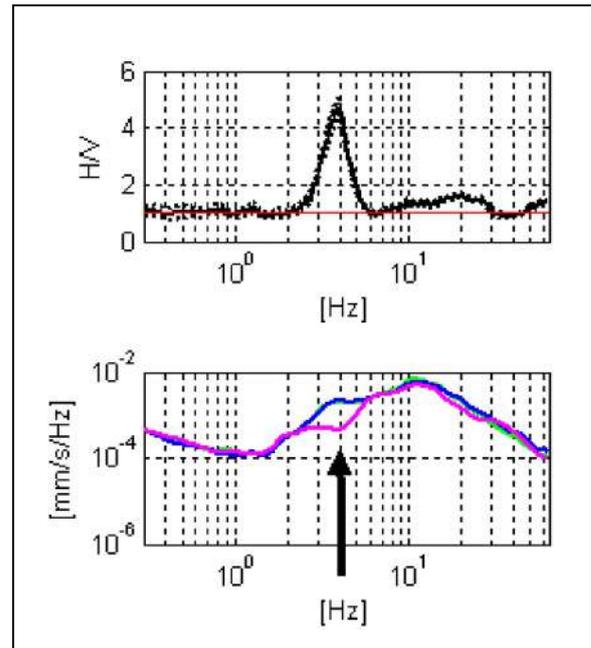
La presenza di un picco nella curva H/V può essere data da un fenomeno di risonanza, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi da passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad artefatti e transienti, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti.



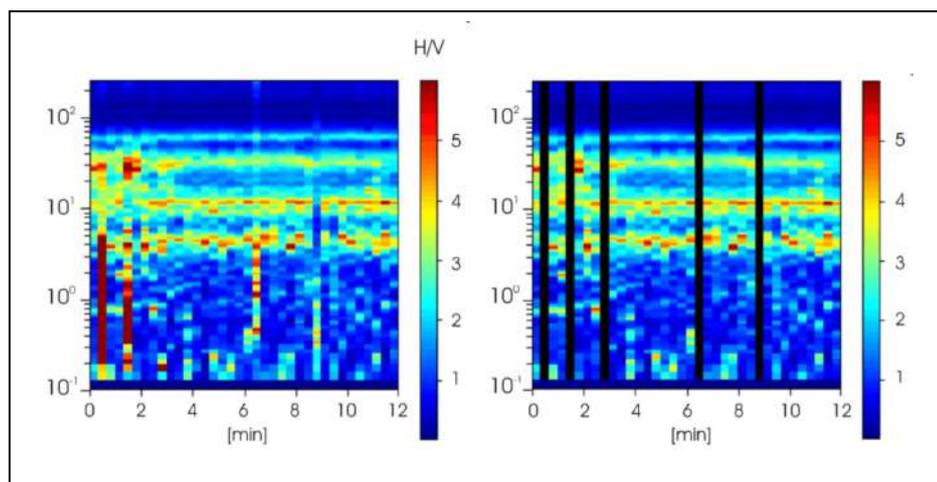
Un picco di natura stratigrafica (e non artefattuale) presenta un minimo locale della componente spettrale verticale, mentre picchi spettrali (di solito aguzzi) su tutte le 3 componenti del moto sono di origine antropica.

L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno *smoothing* e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi.



Di solito è consigliabile effettuare le correzioni nel dominio delle frequenze, e non operare nel dominio del tempo, in quanto in tale contesto non è agevole identificare quali perturbazioni siano relative ad artefatti e transienti.

Altro aspetto importante da considerare è la *stabilità direzionale* del segnale, che è un elemento a favore della valenza stratigrafica del picco analizzato.



ATTREZZATURE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Le prospezioni sono state eseguite mediante l'utilizzo di uno strumento TROMINO® della *Micromed Geophysics*, espressamente progettato per misure di microtremore.



TROMINO® è uno strumento efficiente per la misura del rumore sismico; presenta ridotte dimensioni e peso, e bassissimo consumo di energia. L'alta risoluzione dell'elettronica digitale impiegata consente di ottimizzare la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz; i sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale a un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. Le caratteristiche progettuali consentono una accuratezza relativa maggiore di 10^{-4} sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz.

L'assenza di cavi esterni consente inoltre di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente.

Lo strumento dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali. Il moto del terreno viene amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash.

I dati registrati da TROMINO® possono essere scaricati, organizzati, archiviati, visualizzati e analizzati tramite il programma *Grilla* fornito assieme allo strumento. Esso include inoltre procedure per l'analisi spettrale di base e per l'analisi *HVSR* anche secondo le direttive fornite dal progetto di ricerca europeo *SESAME*.

E' stata eseguita l'acquisizione su una stazione di misura (ubicata secondo quanto riportato in allegato) in cui è stata effettuata una rilevazione del microtremore sismico ambientale con le seguenti modalità:

- ❖ durata dell'acquisizione pari a 20';
- ❖ suddivisione dell'acquisizione stessa in "finestre" temporali di 20";
- ❖ frequenza di campionamento pari a 128 Hz.

CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE

I dati di campagna sono stati in primo luogo trattati con una procedura di analisi o trattamento consistente in:

- lisciatura triangolare al 15%;
- analisi temporale dell'88% del tracciato (selezione manuale) in sottofinestre di 20 s;
- analisi direzionale con step di 5°.

Successivamente, analizzati i dati ottenuti, si è effettuata una "pulizia" (nel dominio delle frequenze) tramite eliminazione delle sottofinestre temporali contenenti sollecitazioni transienti, con nuova analisi sulle sole finestre selezionate, fino al raggiungimento di un risultato il più possibile chiaro.

CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

Le misure sono soggette alle valutazioni sulla "robustezza" statistica del dato secondo i criteri del protocollo *SESAME*, automaticamente inserito nei singoli report, secondo quanto accennato al paragrafo precedente. Nell'interpretare la tabella *SESAME* di significatività dei picchi H/V bisogna considerare che ogni sito può generare più di una risonanza, e che non

esiste una risonanza fondamentale in assoluto.

- ❖ I primi 3 criteri della tabella dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti. Se così non fosse, tipicamente è necessario rianalizzare la registrazione aumentando il parametro WINDOW SIZE.
- ❖ I secondi 6 criteri della tabella dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile (preferibilmente almeno 5 su 6) ma si ricordi che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Ad esempio una registrazione su roccia "sana" darebbe NO su tutti questi criteri.

Un'ulteriore classificazione dei risultati può essere effettuata tenendo conto dei criteri adottati nello studio di "*Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area Aquilana*" a cura del Dipartimento della Protezione Civile, e finalizzati a una valutazione più generale, e più restrittiva, della qualità del dato acquisito, secondo i seguenti parametri:

- stazionarietà del segnale nel campo dello sviluppo temporale dello spettro
- isotropia del segnale nel campo dello sviluppo direzionale dello spettro
- presenza di rumore elettromagnetico, con particolare riferimento al campo di frequenza di eventuali picchi
- plausibilità fisica del picco
- robustezza statistica del picco (comprensiva dei primi 3 criteri *SESAME*)
- durata della misura.

Le misure sono classificabili:

- in CLASSE A di qualità quando soddisfano tutti i criteri, fatta eccezione per gli spettri piatti che ovviamente disattendono i criteri *SESAME* per assenza di picchi significativi;
- in CLASSE B quando ne disattendono almeno uno ma mantengono buona

leggibilità;

- in CLASSE C quando contengono elementi di disturbo invalidanti ai fini della corretta interpretazione.

Nel primo caso le misure sono utilizzabili anche da sole, nel secondo caso sono utilizzabili con cautela e unitamente ad altre misure effettuate nell'ambito della lunghezza d'onda di interesse, nel terzo caso vanno scartate. Limitatamente ai primi due casi sono poi definite le sottoclassi 1 e 2 in base alla presenza o meno di un picco chiaro.

INTERPRETAZIONE DEI DATI

In allegato sono riportati i grafici H/V relativi alla stazione di misura.

Le misure, ricadenti in classe B2, evidenziano un forte picco ad alta frequenza, che non ha significato ai fini stratigrafici, ma è associato allo strato immediatamente superficiale di terreno (07 – 1,2 m).

Alle basse frequenze non sono rilevabili picchi espressione di particolare contrasto di impedenza (con $H/V > 3$).

Per $f < 5\text{Hz}$ si può rilevare un "accenno" di picco, intorno a 1 Hz, di significato stratigrafico che, messo in relazione alle V_s ricavate con l'indagine MASW, risulterebbe correlato a una profondità dell'ordine dei 45 – 50 m e potrebbe essere verosimilmente associato al contatto stratigrafico delle alluvioni attuali con i sottostanti depositi pleistocenici, senza però indicare un particolare contrasto di impedenza.

IV. VALUTAZIONE DELLA POTENZIALITA' DI LIQUEFAZIONE

Il potenziale di liquefazione prodotto per tensioni cicliche derivate da un evento tellurico nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre (fluido interstiziale) sottoposte all'accelerazione sismica, che possono comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari, determinando il completo decadimento della resistenza tangenziale

di un terreno a comportamento esclusivamente granulare.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità. Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento non sia dotato di coesione e che il drenaggio non sia talmente rapido da avvenire istantaneamente.

I terreni “ideali” per la liquefazione sono i depositi sabbiosi fini monogranulari, saturi e non addensati; in realtà depositi soggetti a liquefazione sono in generale sabbie e limi la cui deposizione è avvenuta nell'Olocene (si tratta cioè di terreni generalmente non più antichi di 10.000 anni) a granulometria uniforme (ben classati) che si trovano in strati con spessori nell'ordine dei metri e in condizioni sature.

Nel caso specifico si rilevano terreni a prevalenza coesiva, ed è ragionevole assumere curve granulometriche in buona parte fuori dai fusi granulometrici dei terreni suscettibili di liquefazione di cui alla figura 7.11.1, del punto 7.11.3.4.2 delle N.T.C. (D.M. 14.01.2008).

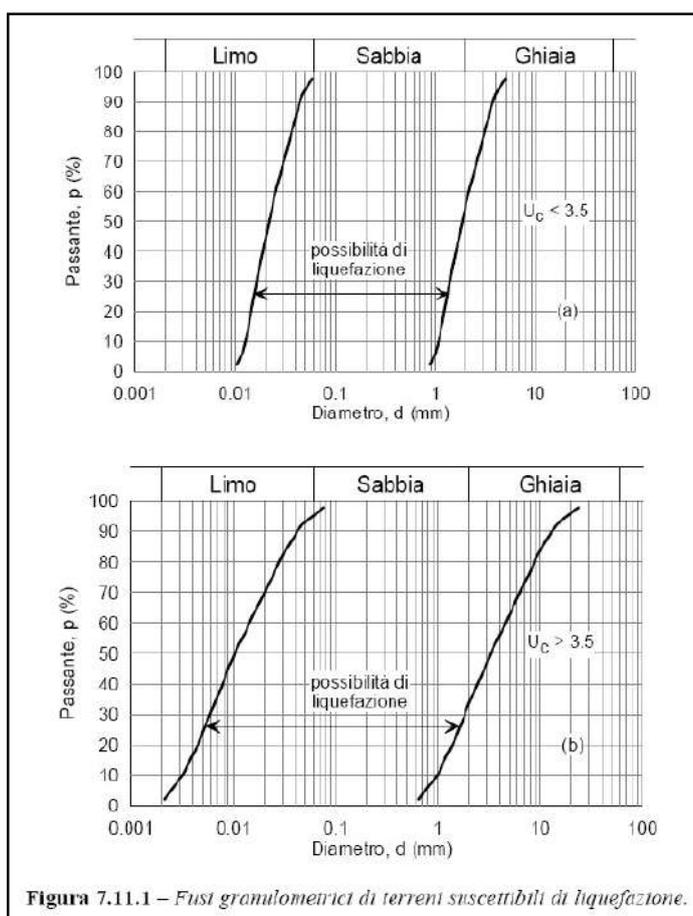


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Stante quanto sopra si ritiene che non sussistano le condizioni per una particolare predisposizione alla liquefazione dinamica.

V. CONCLUSIONI

Ai sensi del D.P.G.R. 5/R del 30.01.2020 e nello specifico dell'Allegato A, si definiscono le seguenti classi di pericolosità.

❖ ASPETTI GEOLOGICI:

- **Classe G.2 (Pericolosità geologica media)**: aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.

❖ ASPETTI IDRAULICI:

- **Classe P1 (Pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità)**, “... come classificate negli atti di pianificazione di bacino di attuazione del D.Lgs. 49/2010 ...”: aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs. 49/2010 come a PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI BASSA, e cioè “... aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiori a 200 anni ...”.
- **Classe P2 (Pericolosità per alluvioni poco frequenti)**, “... come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della L.R. 41/2018 ...”: aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI MEDIA, e cioè “... aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni ...”.
- **Classe P3 (Pericolosità per alluvioni frequenti)**, “... come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera d) della L.R. 41/2018 ...”: aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni frequenti o a PERICOLOSITÀ PER ALLUVIONI ELEVATA, e cioè “... aree

inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni ...”.

❖ ASPETTI SISMICI:

- **Classe S.2 (Pericolosità sismica locale media):** zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) < 1.4; zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3;

Ai sensi del DPGR 5/R, di seguito si riportano i *CRITERI GENERALI DI FATTIBILITÀ*.

❖ ASPETTI GEOLOGICI

Per questo aspetto, ai sensi del DPGR n. 5/R, punto 3.2.3, “... *le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area ...”.*

❖ ASPETTI IDRAULICI

Per questo aspetto, ai sensi del DPGR n. 5/R, punto 3.3 “ ... *nelle aree caratterizzate da pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti la fattibilità degli interventi è perseguita secondo quanto disposto dalla L.R. 41/2018, oltre a quanto già previsto dalla pianificazione di bacino. La fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti, con opere idrauliche, opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale, ai sensi dell’articolo 8, comma 1 della L.R. 41/2018 ...”.*

Con riferimento alla L.R. 41/2018, art. 13, comma 1: “ ... *nuove infrastrutture a*

sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c) ...", comma 2: " ... nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali ...", comma 3: "... l'adeguamento e l'ampliamento di infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze può essere realizzato nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali ...".

❖ ASPETTI SISMICI

Per questo aspetto, ai sensi del DPGR n. 5/R, punto 3.6.5, "... non è necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi. Limitatamente a quelle connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore ad 1herz, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione tiene conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia. ...".

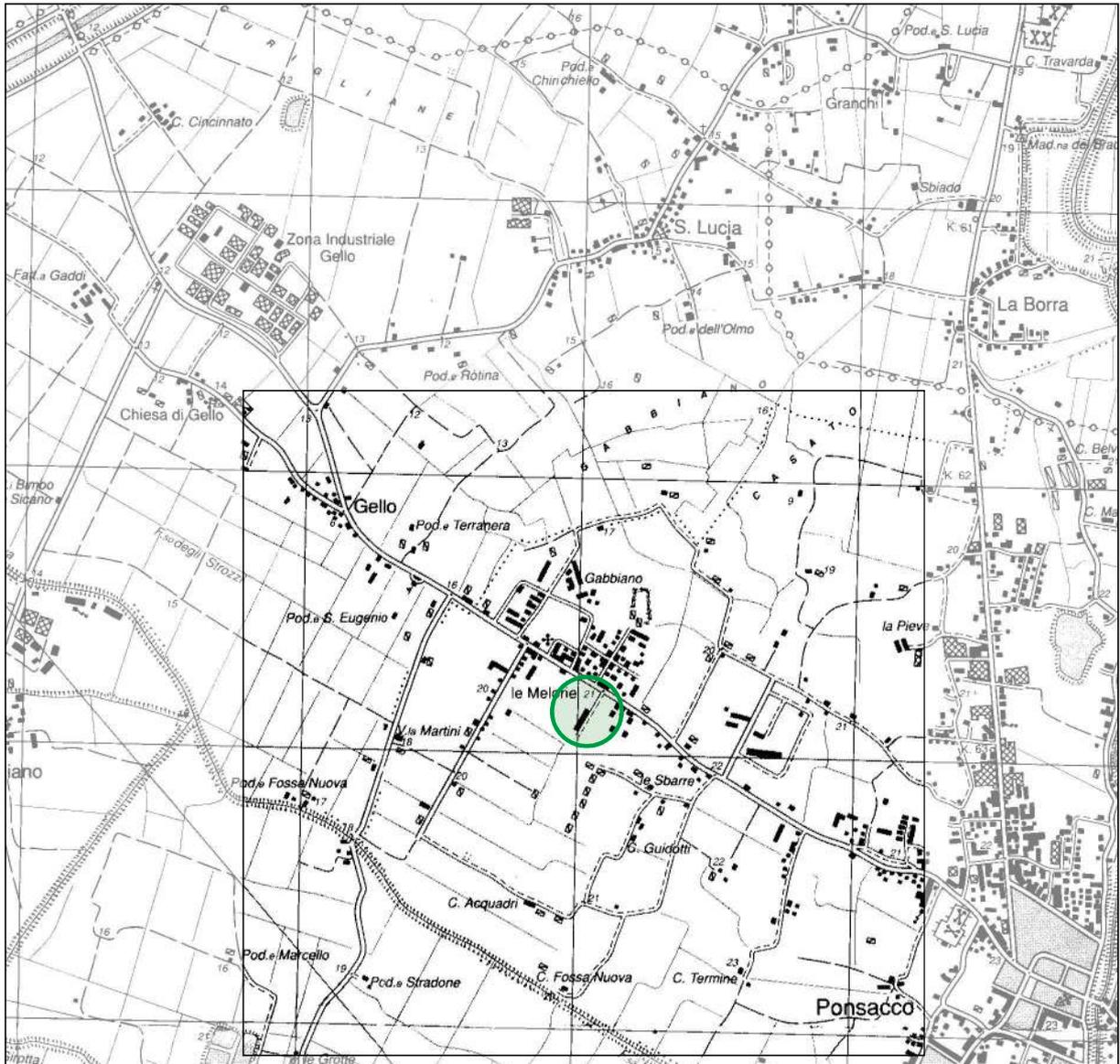
* * * * *

Si ricorda, come già riportato in premessa, che la variante in oggetto costituisce meramente modifica cartografica per il riconoscimento urbanistico di una **viabilità di fatto esistente**, consentendone così l'uso pubblico, al fine di creare un anello di circolazione da e per la via di Gello, che potrà quindi rendere più scorrevole l'accesso alle strutture di servizio,

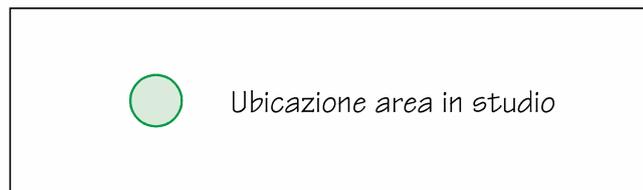
migliorare l'utilizzo delle aree a parcheggio e alleggerire il carico del traffico per le residenze esistenti che affacciano sull'area.

Calcinaia, Novembre 2022

Alessandro Fontanelli
Geologo

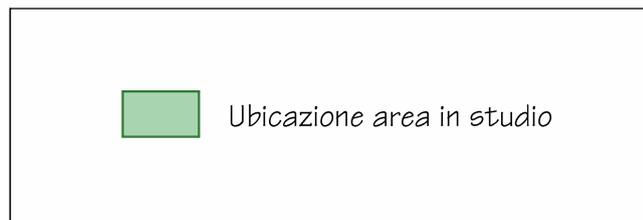


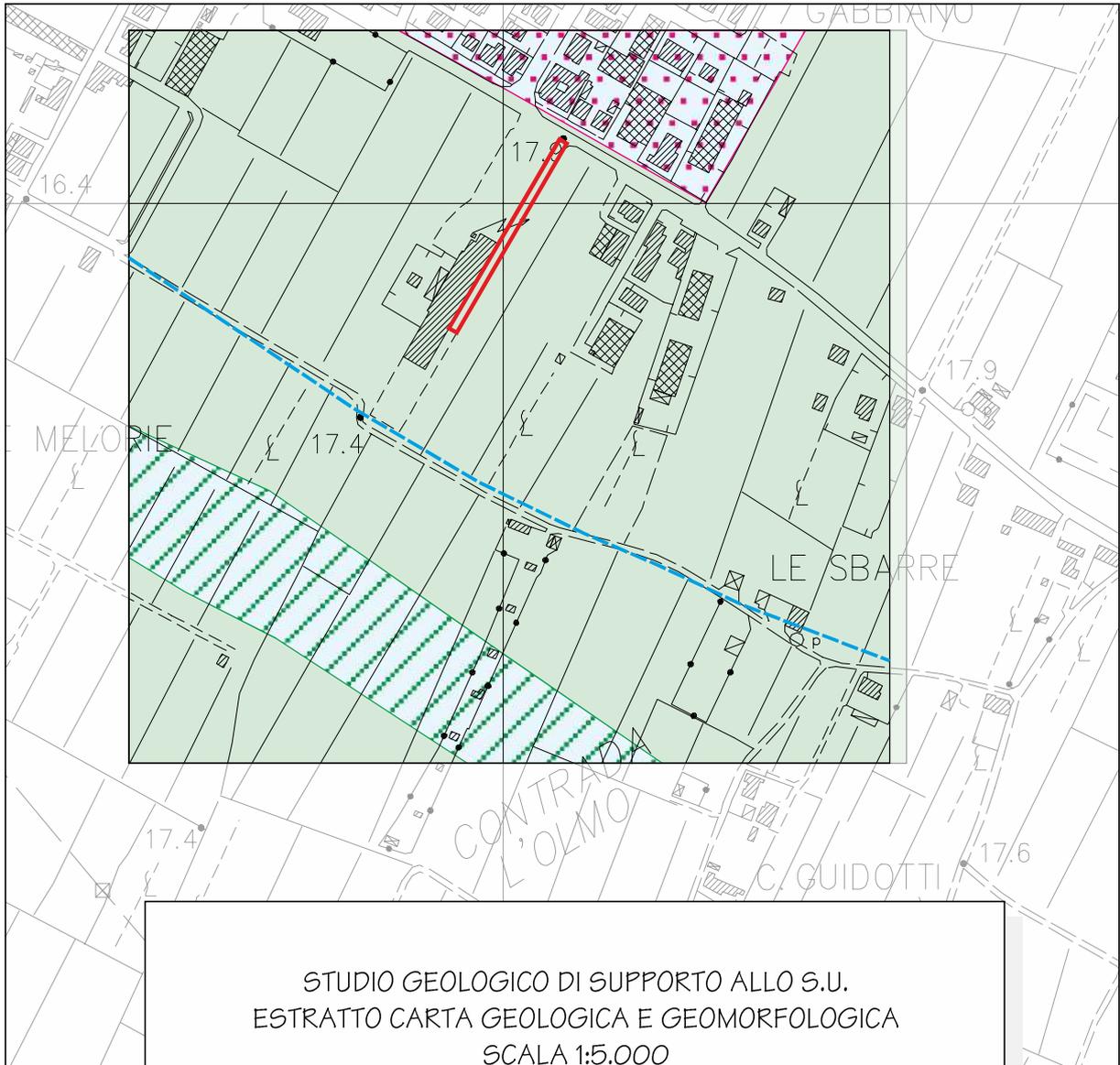
COROGRAFIA GENERALE - SCALA 1:25.000
(dalla carta IGMI - Foglio 273, Sez. II, "Pontedera")





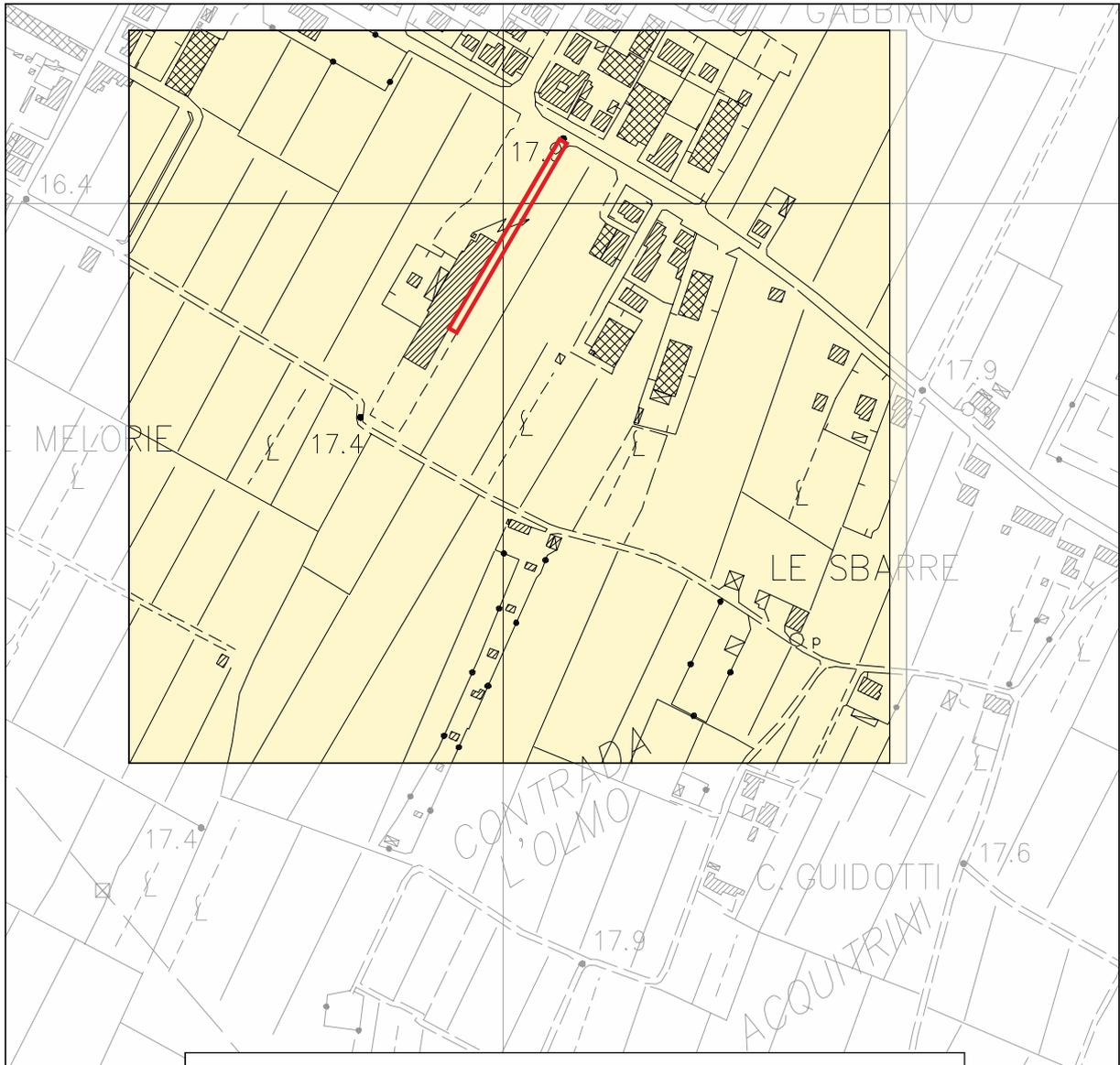
COROGRAFIA - SCALA 1:10.000
(dalla Carta Tecnica Regionale - Sezz. 273 160)





LEGENDA

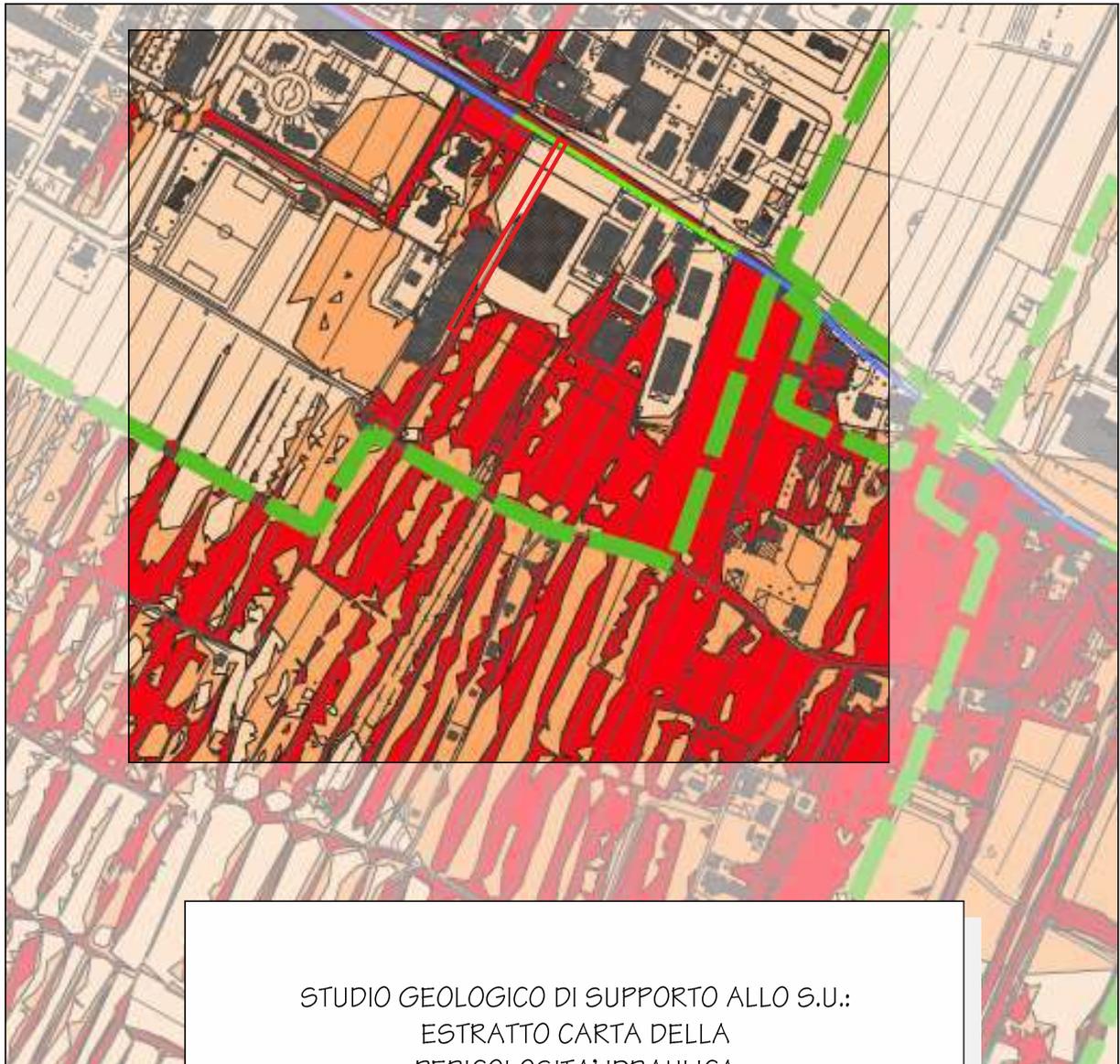
-  Ubicazione area in studio
-  Olocene - Depositi alluvionali recenti
-  Riporti
-  Paleomeandri da P.S. comunale
-  Paleoalvei Fiume Era e Fiume Cascina da P.S. Comunale



STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO S.U.:
ESTRATTO CARTA DELLA
PERICOLOSITA' GEOLOGICA
SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  G.2 - Pericolosità geomorfologica media



STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO S.U.:
ESTRATTO CARTA DELLA
PERICOLOSITA' IDRAULICA
SCALA 1:5.000

LEGENDA

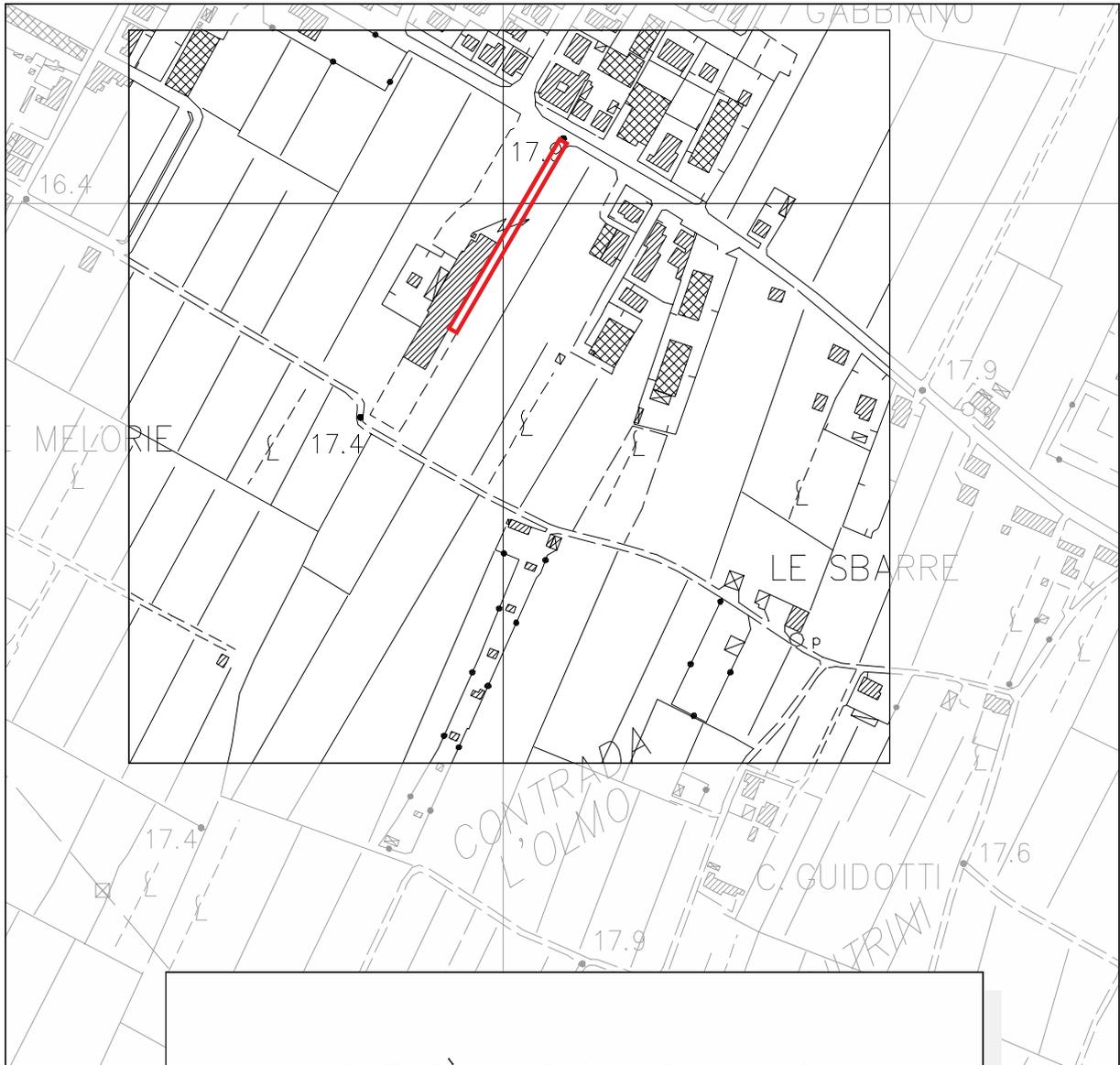
-  Ubicazione area in studio
-  I.2 - Pericolosità idraulica media
-  I.3 - Pericolosità idraulica elevata
-  I.4 - Pericolosità idraulica molto elevata



STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO S.U.:
ESTRATTO CARTA DELLA
PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  1.2 - Pericolosità sismica locale media



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO
 PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)
 PERICOLOSITA' DA FENOMENI GEOMORFOLOGICI
 DI VERSANTE - LIVELLO DI SINTESI
 SCALA 1:5.000

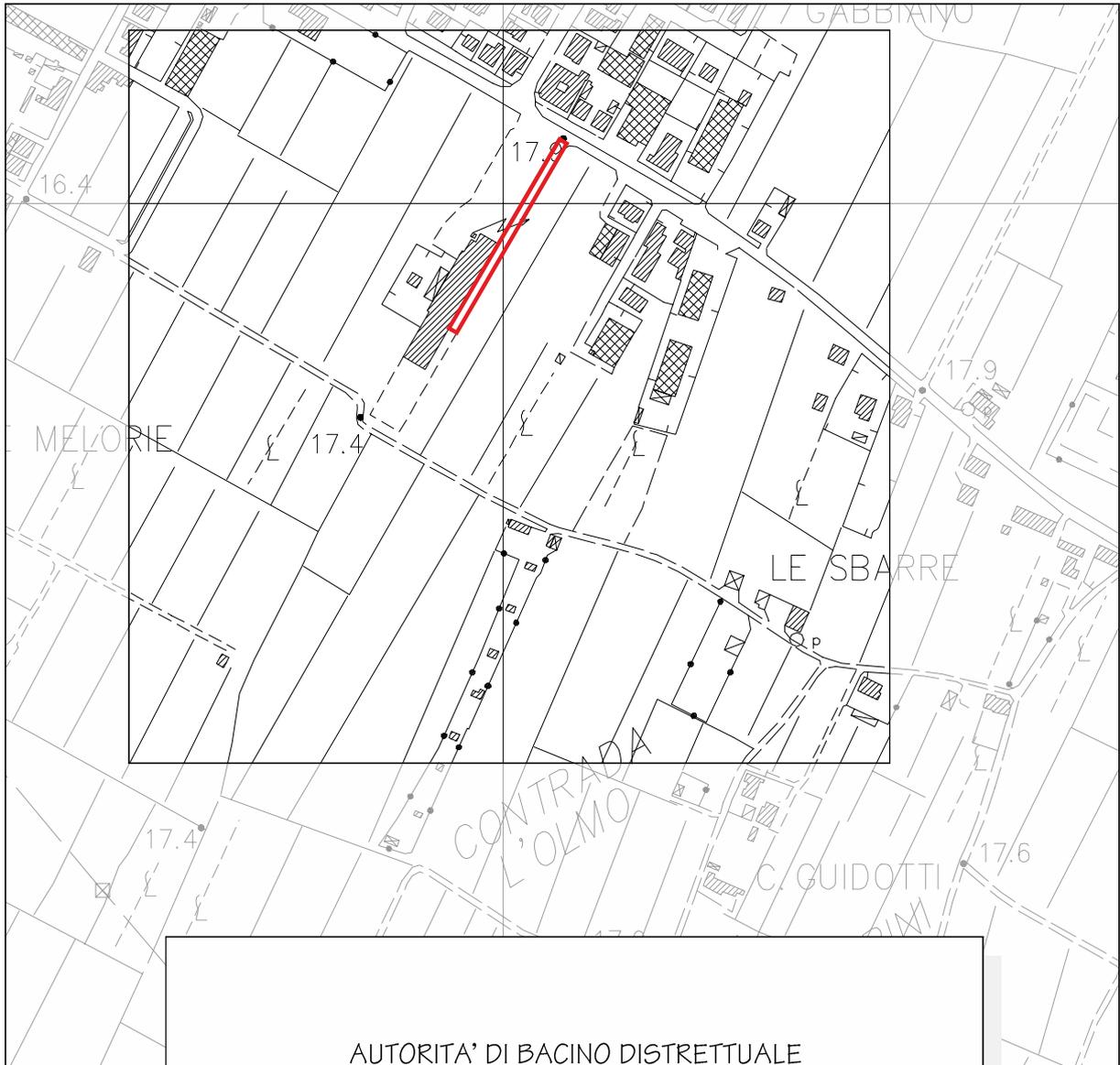
LEGENDA



Ubicazione area in studio



L'area rappresentata non risulta classificata



AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE
DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE
PIANO DI BACINO STRALCIO ASSETTO
IDROGEOLOGICO PER LA GESTIONE DEL RISCHIO
DA DISSESTI DI NATURA GEOMORFOLOGICA (PAI)
SCALA 1:5.000

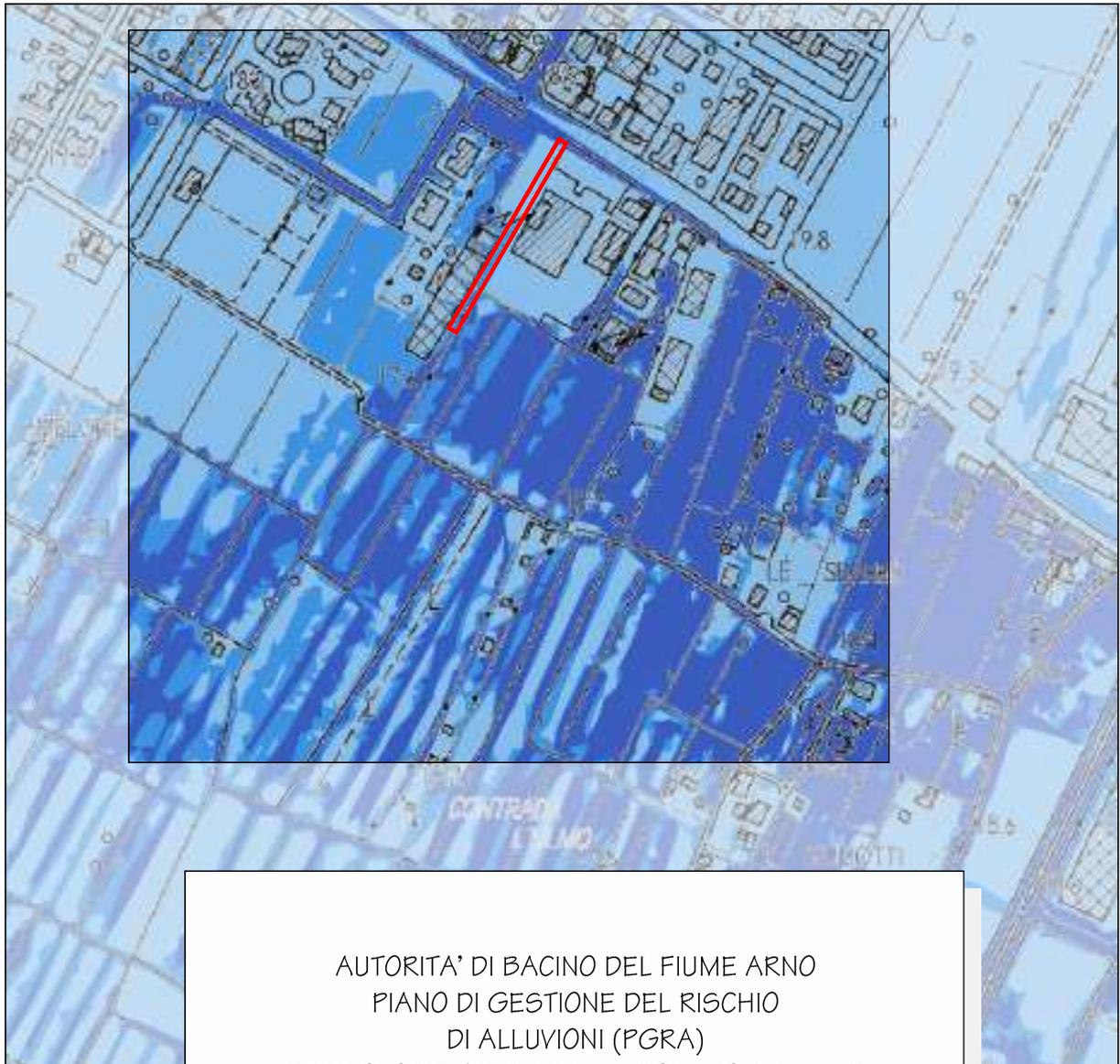
LEGENDA



Ubicazione area in studio



L'area rappresentata non risulta classificata



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ARNO
PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO
DI ALLUVIONI (PGRA)
PERICOLOSITA' IDRAULICA - DOMINIO FLUVIALE
SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  P1 - Pericolosità da alluvione bassa
-  P2 - Pericolosità da alluvione media
-  P3 - Pericolosità da alluvione elevata



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA VERTICALI CPT - POS. CPT1



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA VERTICALI CPT - POS. CPT2



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA VERTICALI CPT - POS. CPT3



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA VERTICALI CPT - POS. CPT1

PENETRATIO s.n.c.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo
Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)
tel.0571418116
PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA CON PIEZOCONO DIGITALE CPTU 1

committente:	Geol. Alessandro Fontanelli	data:	07/04/20
cantiere:	Via di Gello	profondità:	19,50 m
Comune	Ponsacco (PI)	quota inizio:	p.c
operatore:	Geol. G. Lotti	profondità falda:	-3,0 m da pc

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura (Tecnopenta):

- G1-CPLS D [Piezocono digitale]
- D1-CPL Blue [interfaccia di comunicazione bluetooth fra cono e PC]
- G1-EST CPL Blue [misura della profondità con pulsante di avviamento acquisizione]
- Cavo di collegamento piezocono D1-CPL Blue
- Software di acquisizione e visualizzazione dati creato in ambiente labview

Velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec } (\pm 0,5 \text{ cm / sec})$

Spinta massima rilevabile 200 kN

lettura in continuo ogni 2 cm

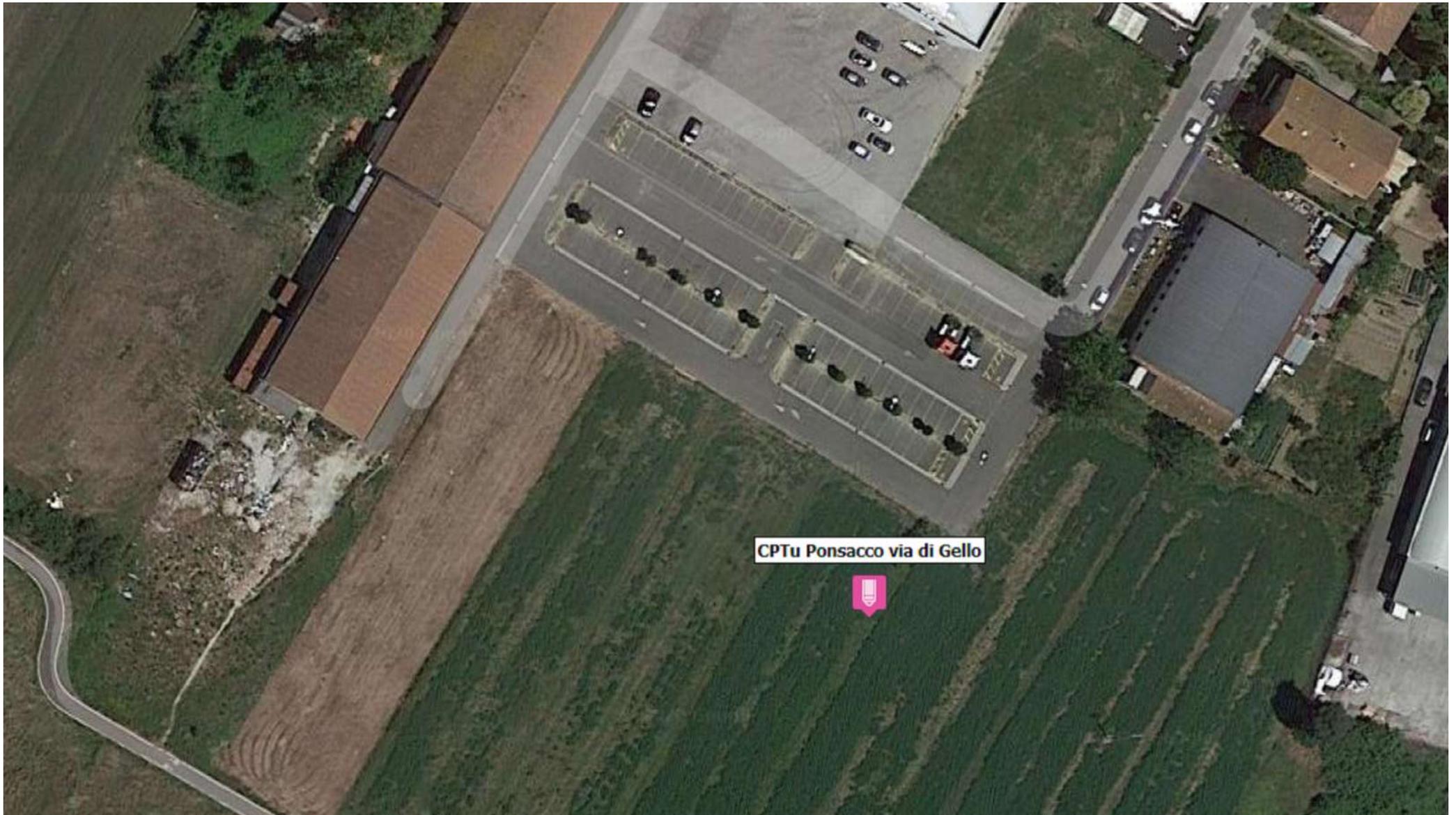




di Lotti G. e Gianì P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

Project: Cptu1

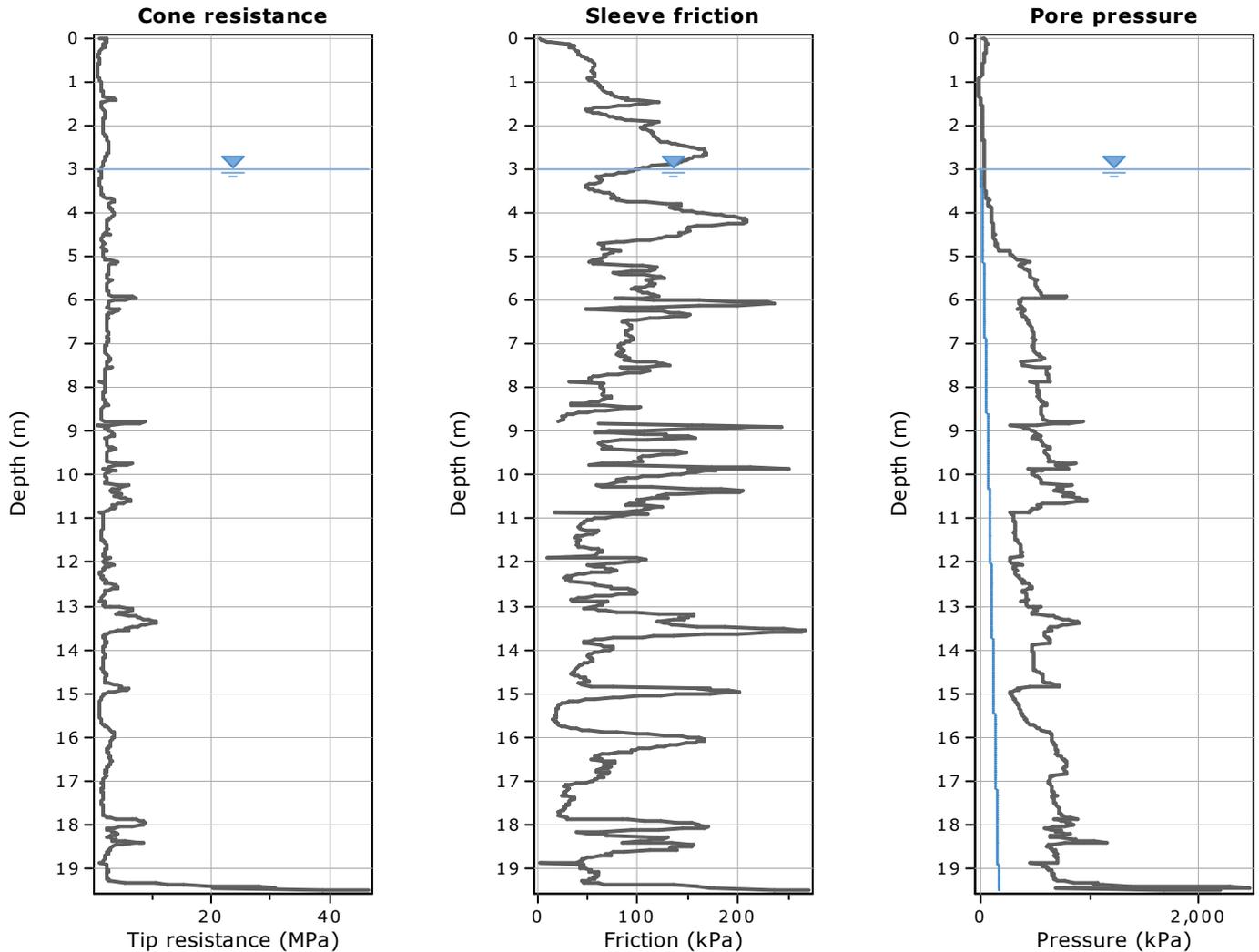
Location: Via di Gello Comune di Ponsacco



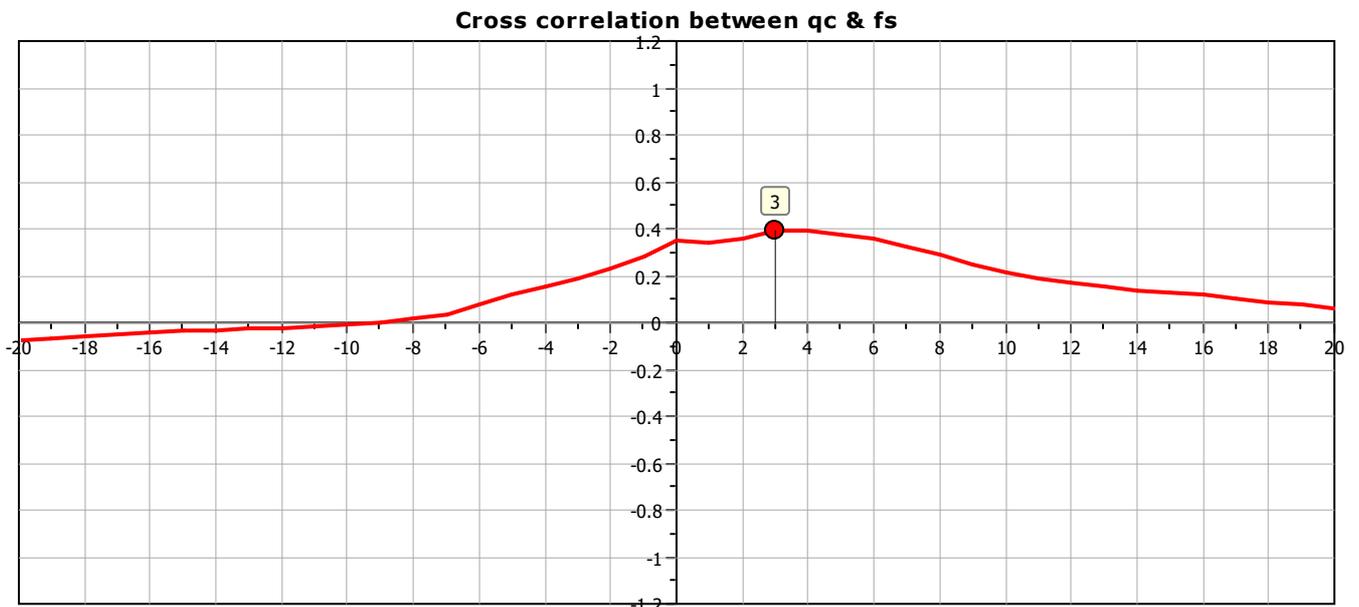


Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco

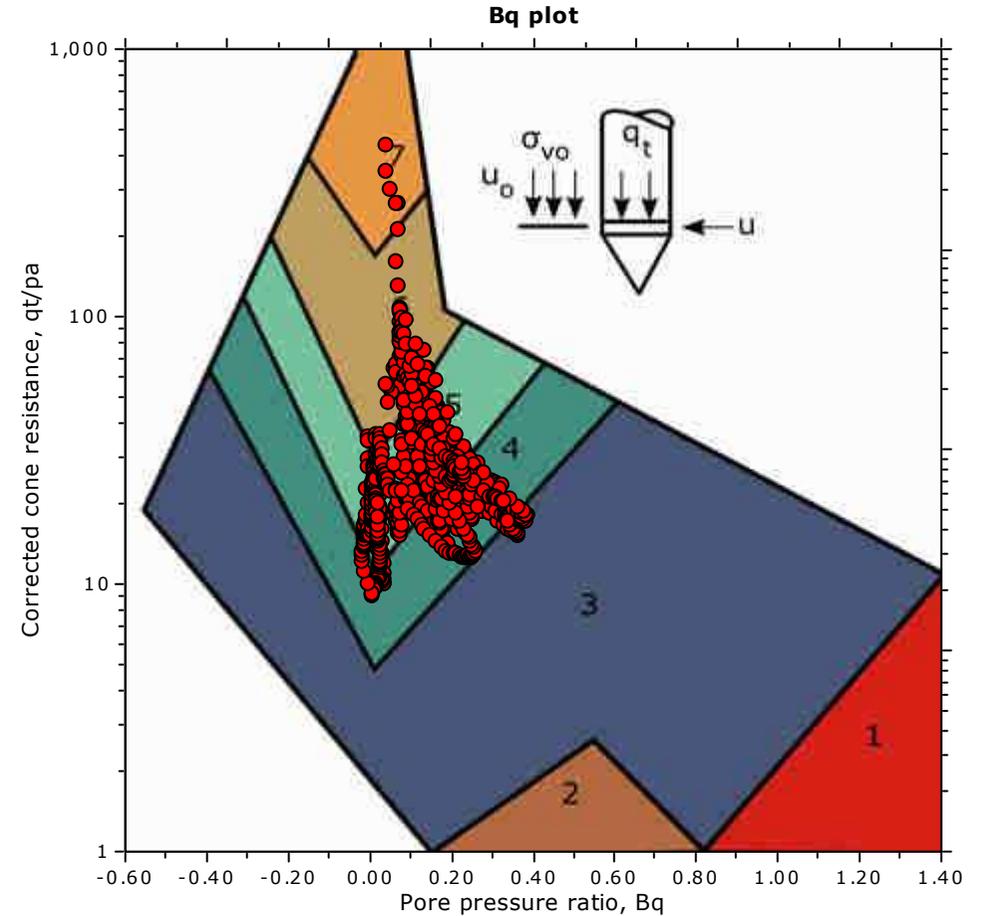
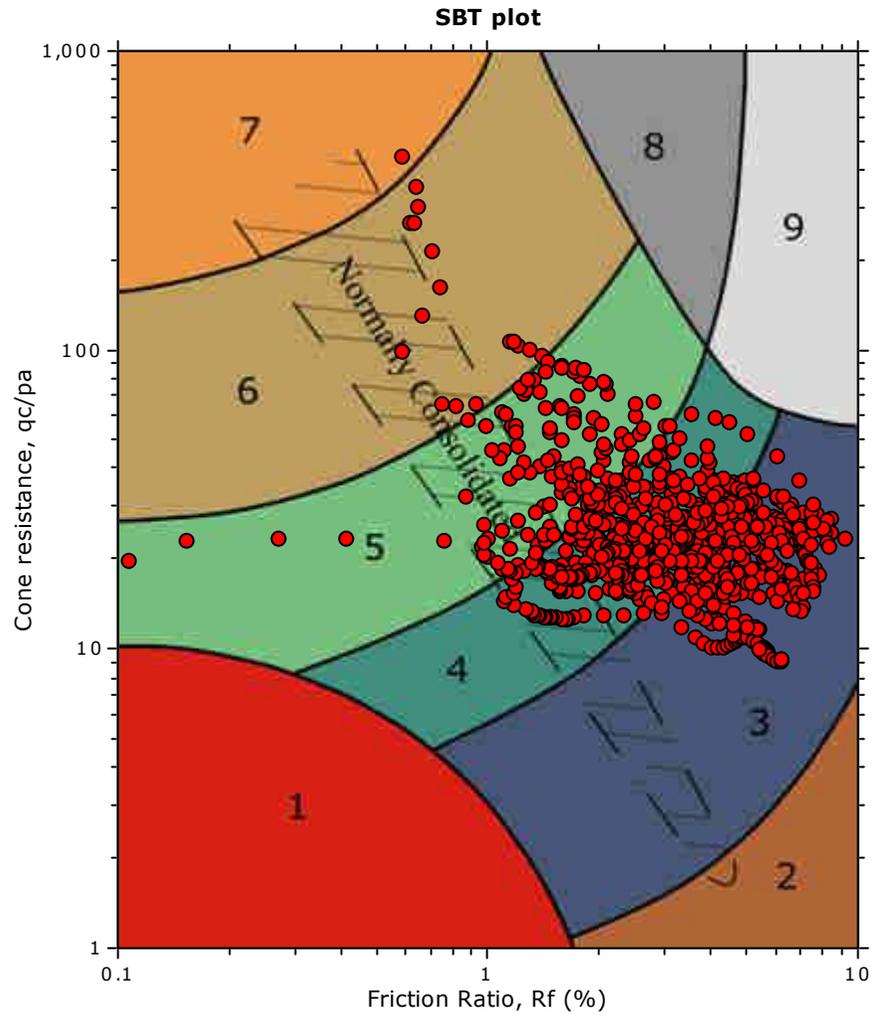


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).





SBT - Bq plots



SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |



di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: CPTu Ponsacco via di Gello

Total depth: 19.50 m, Date: 07/04/2020

Coords: lat 43.628195° lon 10.611388°

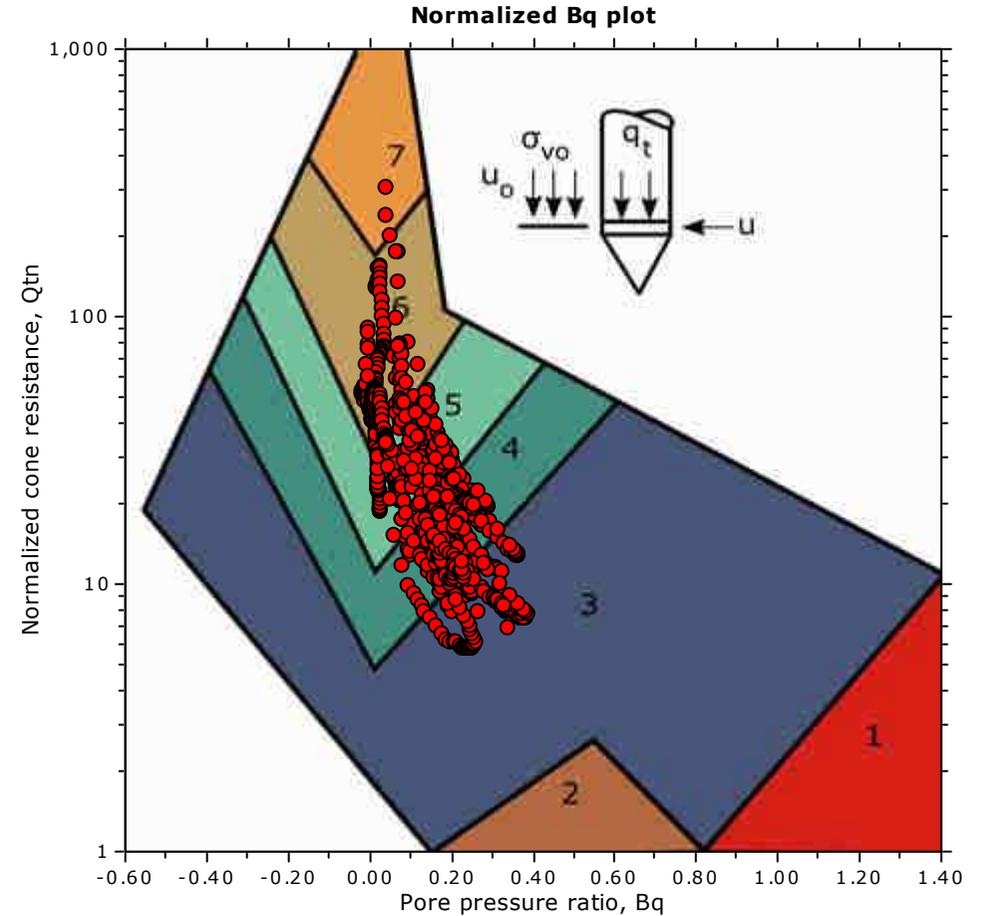
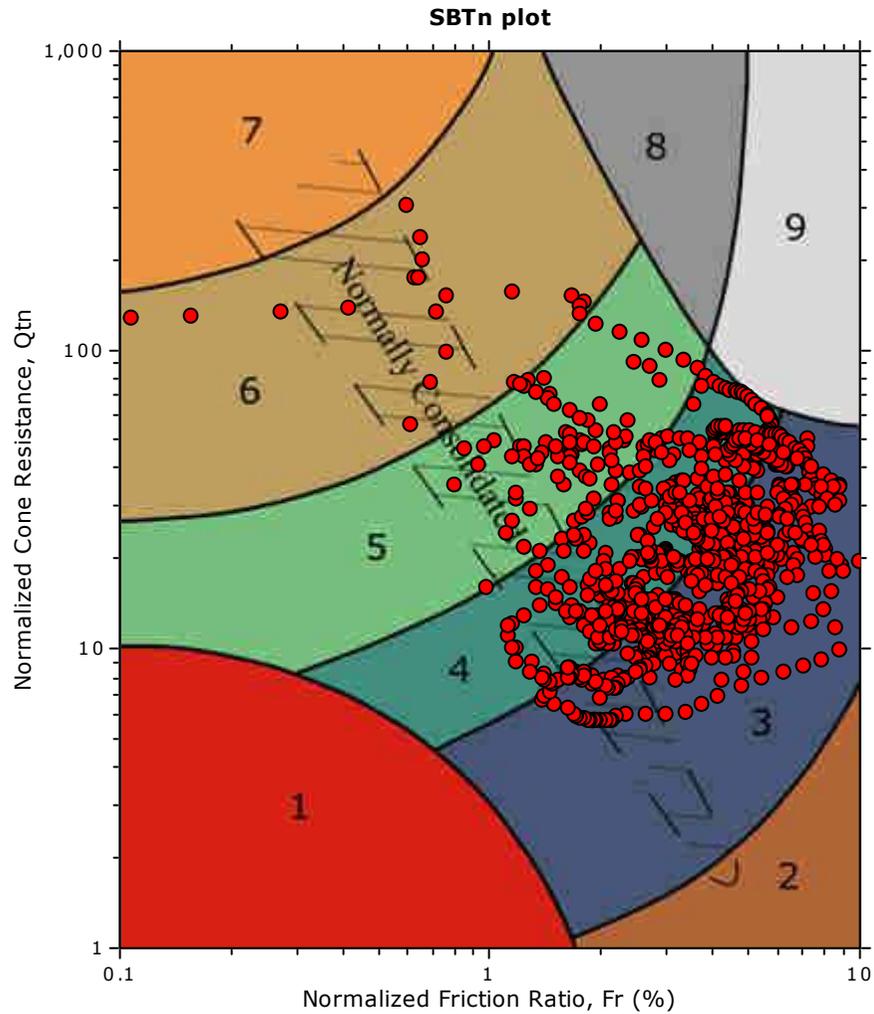
Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: geol. G. Lotti

Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco

SBT - Bq plots (normalized)

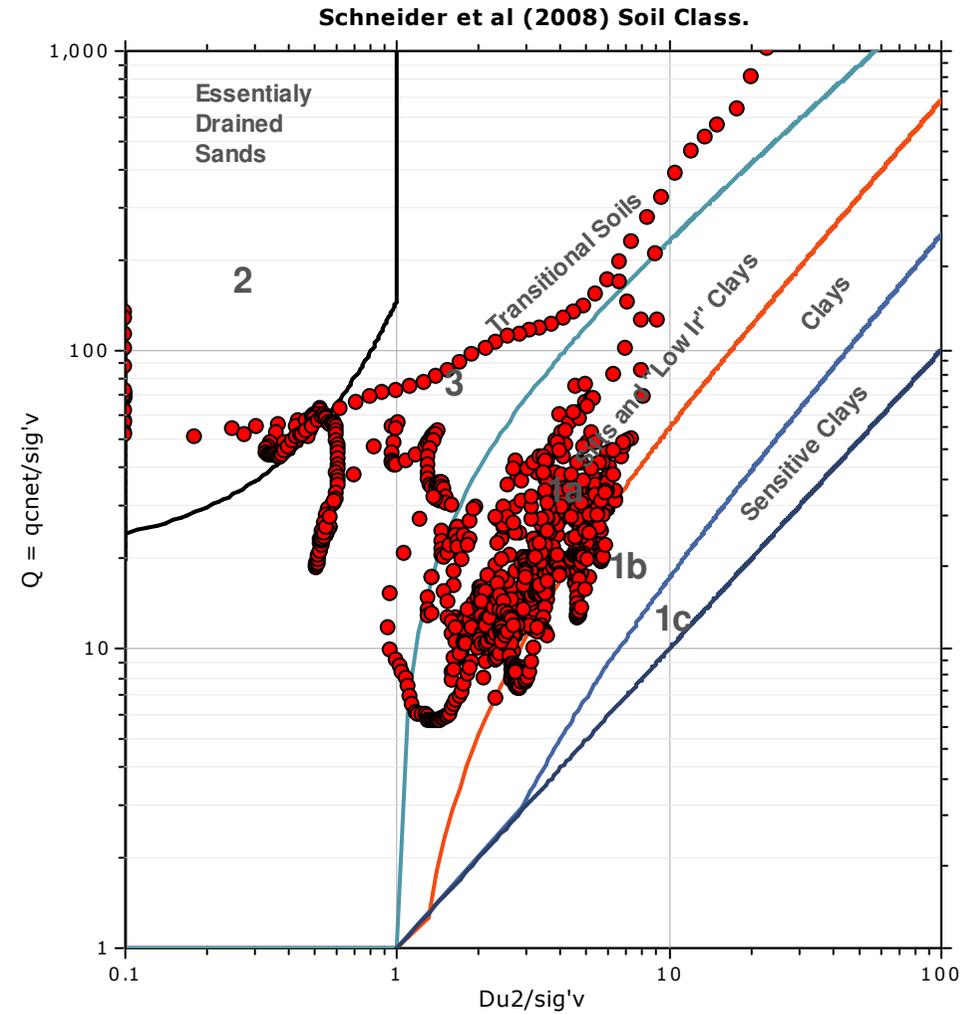
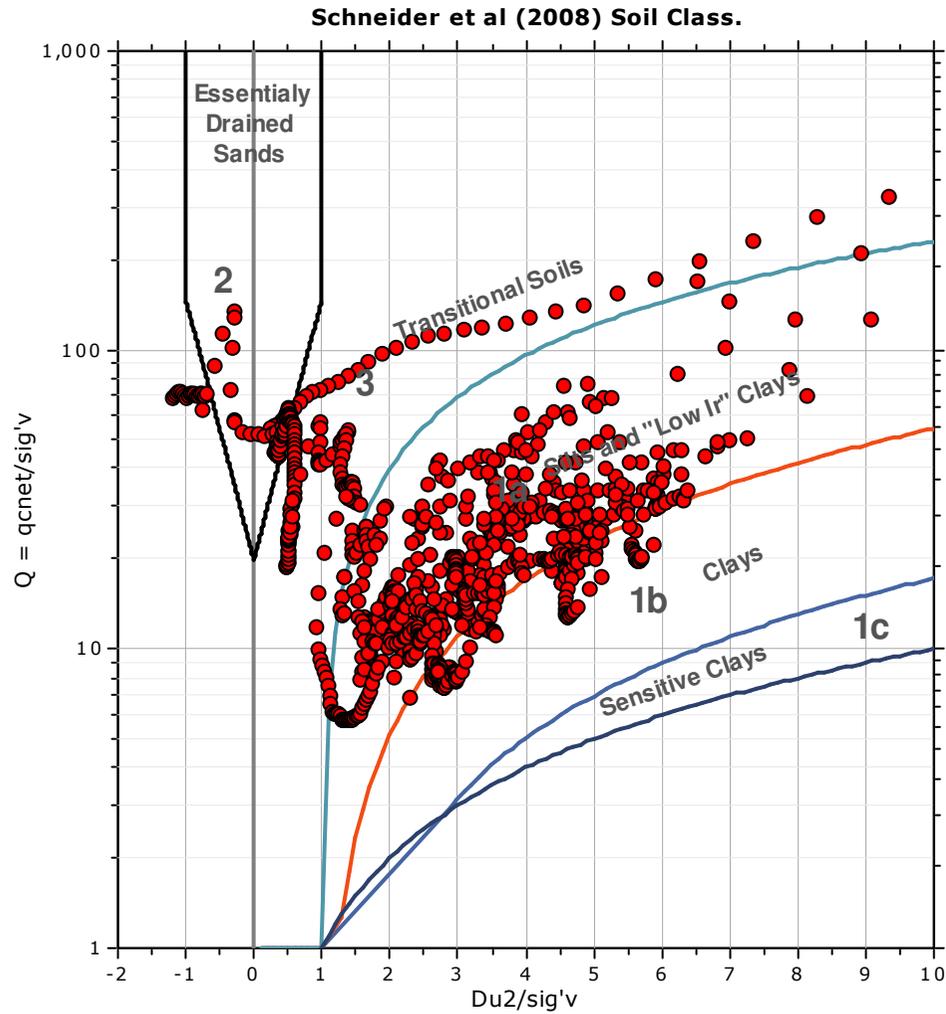


SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |



Bq plots (Schneider)





di Lotti G. e Gianni P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: CPTu Ponsacco via di Gello

Total depth: 19.50 m, Date: 07/04/2020

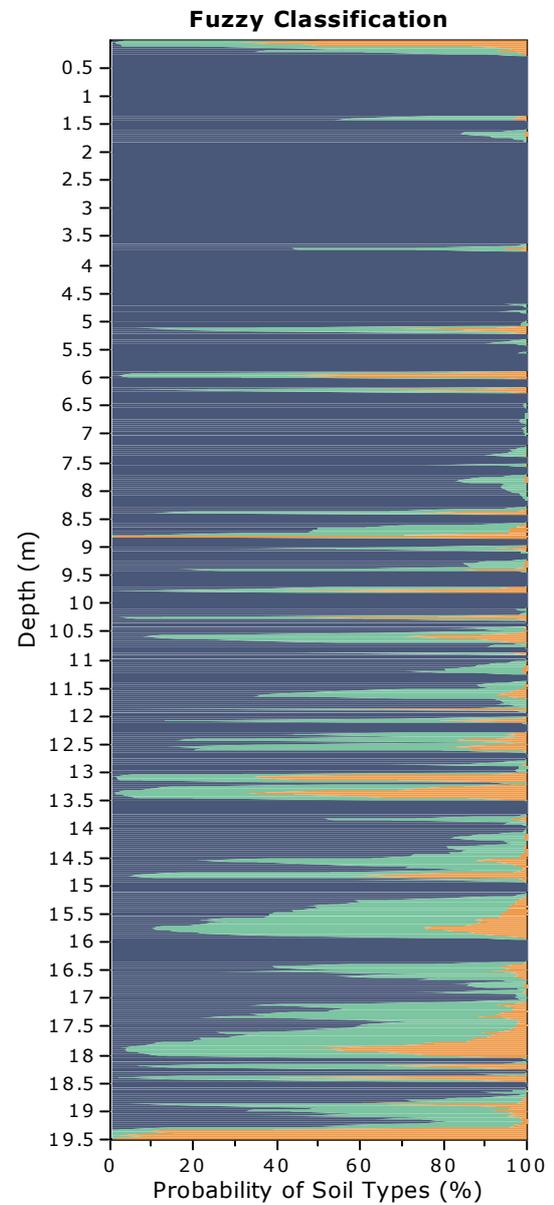
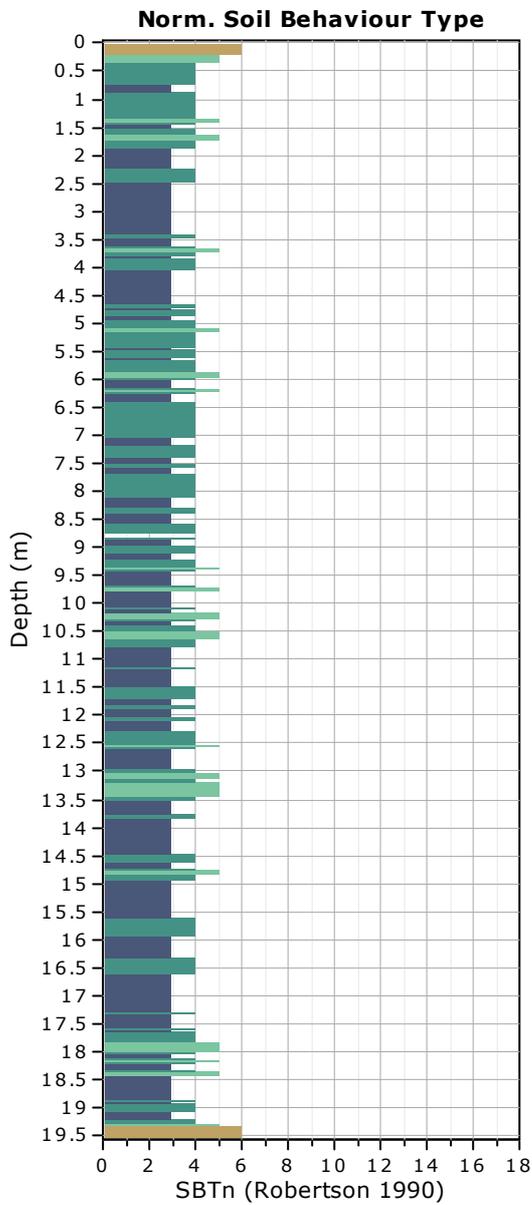
Coords: lat 43.628195° lon 10.611388°

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: geol. G. Lotti

Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco





di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: CPTu Ponsacco via di Gello

Total depth: 19.50 m, Date: 07/04/2020

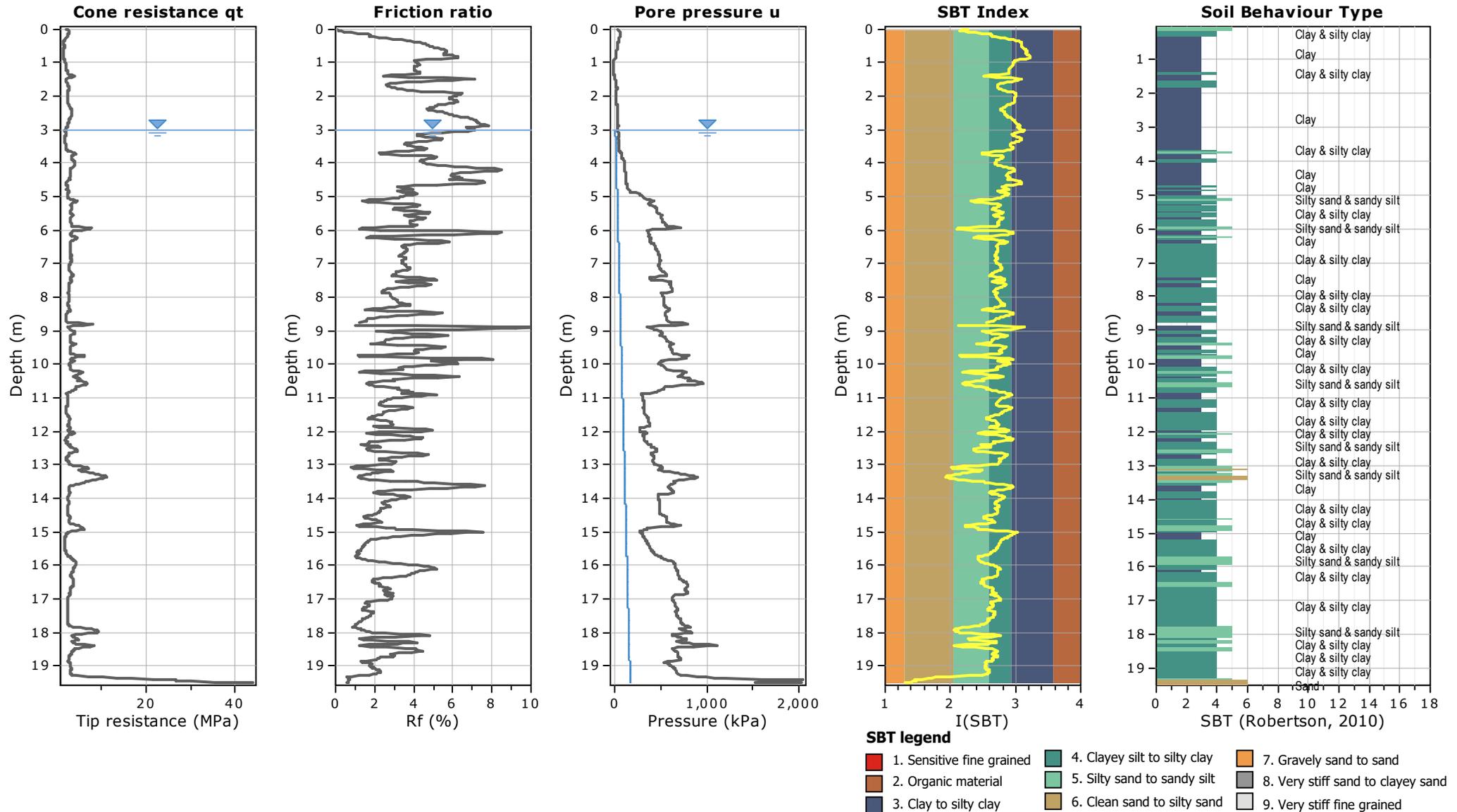
Coords: lat 43.628195° lon 10.611388°

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: geol. G. Lotti

Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco





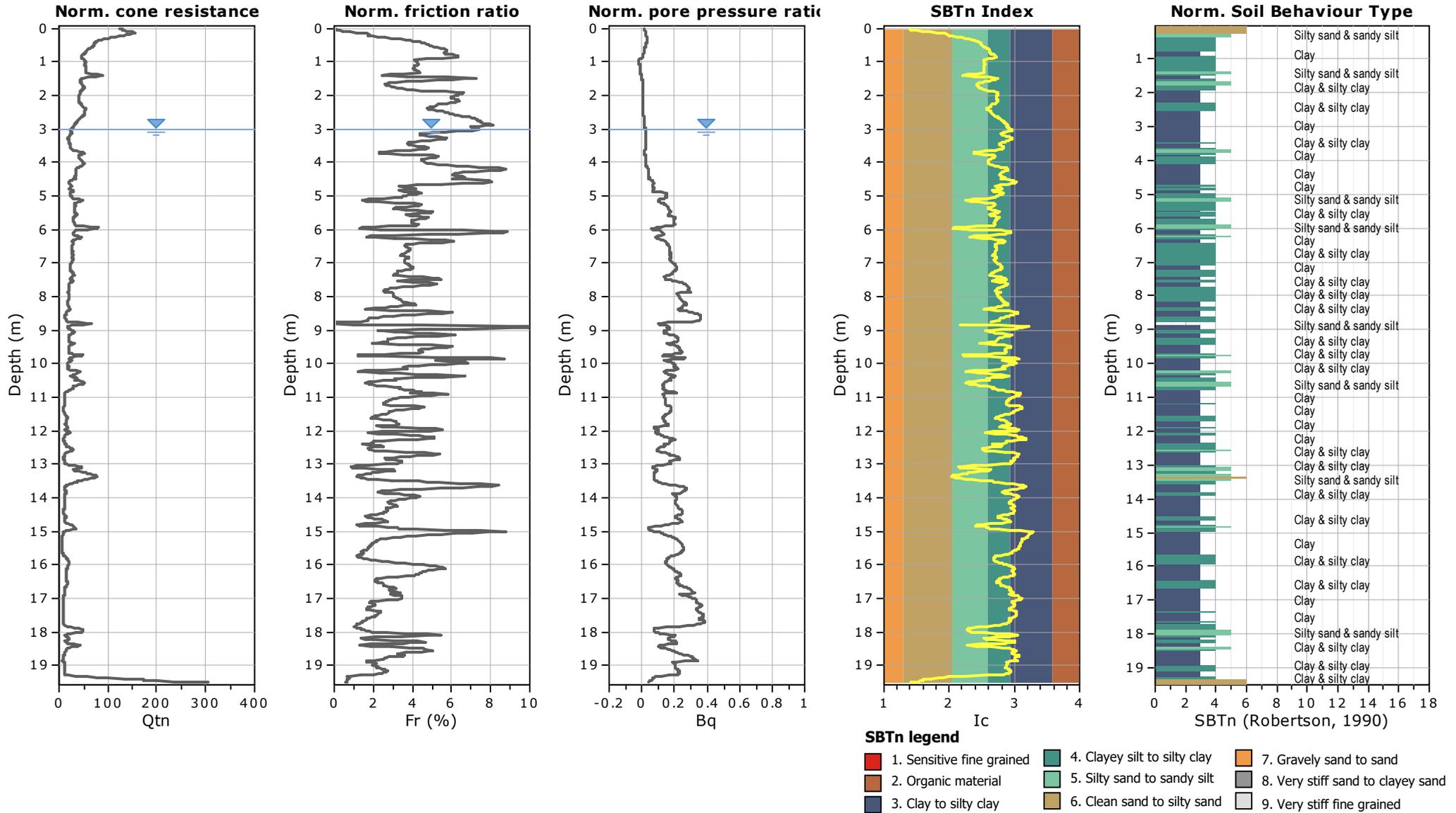
di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: CPTu Ponsacco via di Gello

Total depth: 19.50 m, Date: 07/04/2020
Coords: lat 43.628195° lon 10.611388°
Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta
Cone Operator: geol. G. Lotti

Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco





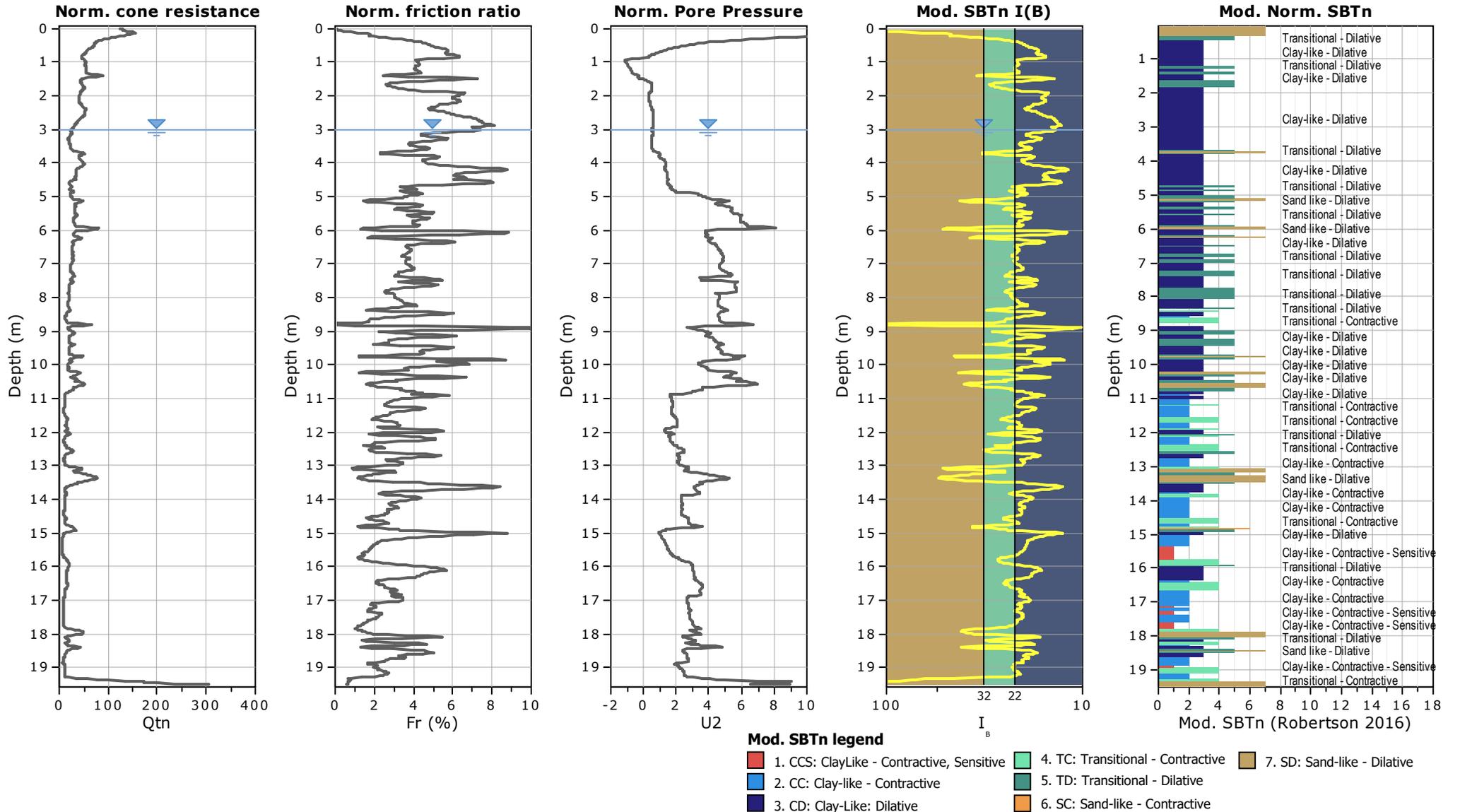
di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: CPTu Ponsacco via di Gello

Total depth: 19.50 m, Date: 07/04/2020
Coords: lat 43.628195° lon 10.611388°
Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta
Cone Operator: geol. G. Lotti

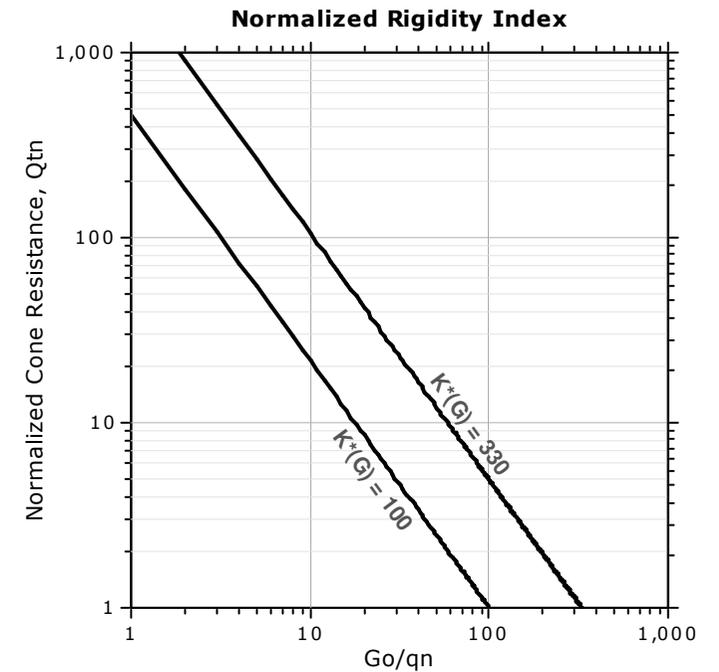
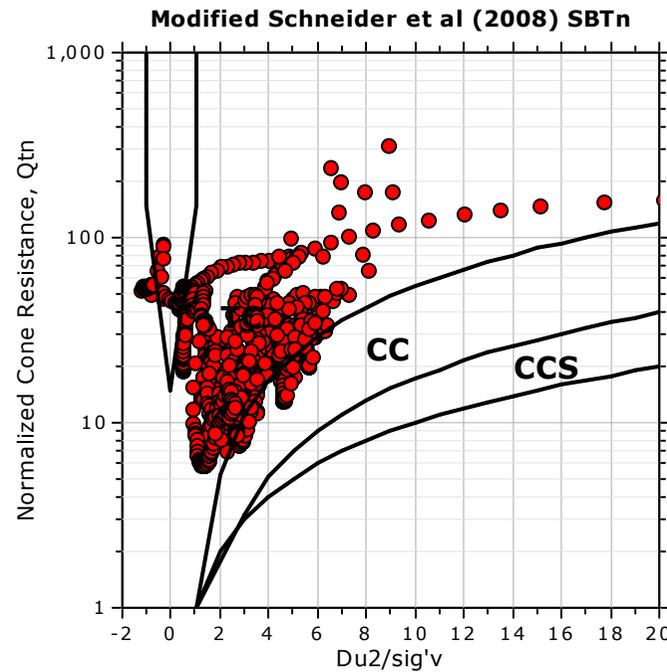
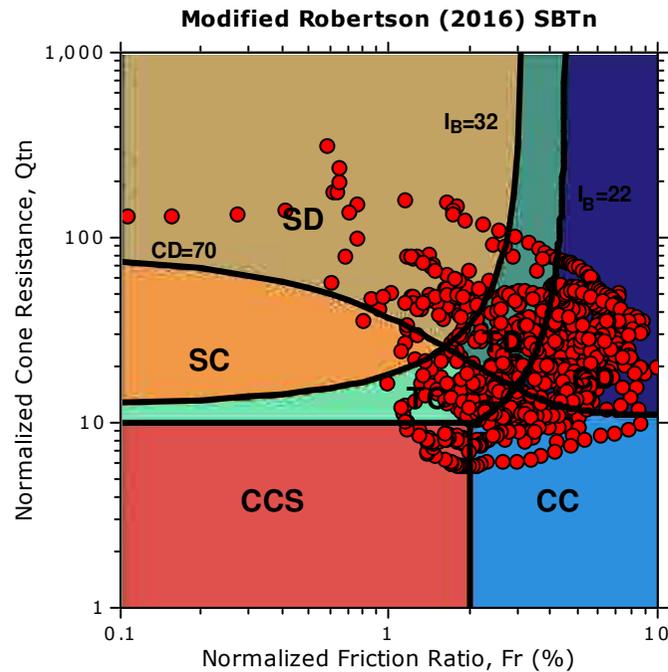
Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco





Updated SBTn plots



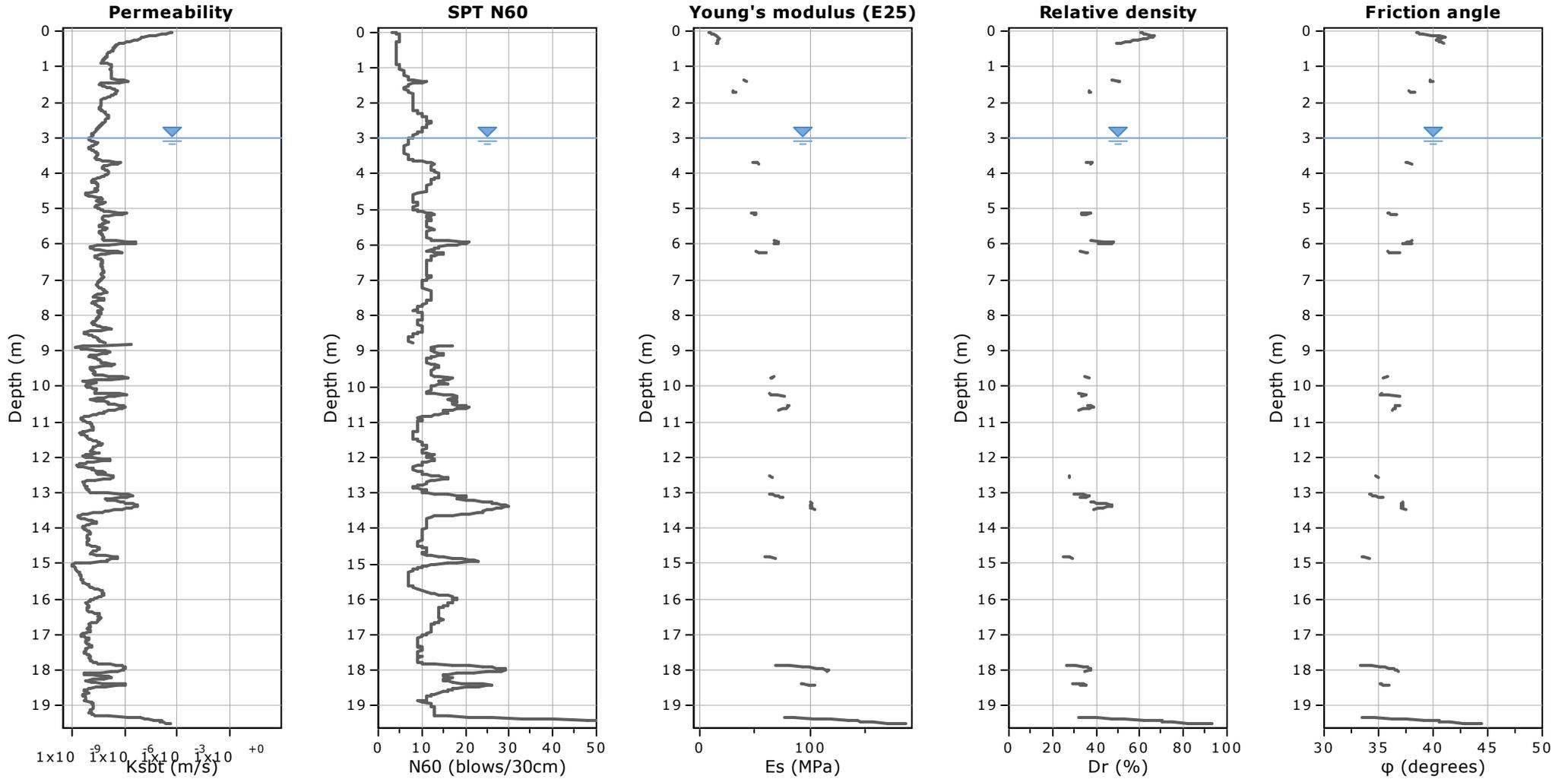
- CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
- CC: Clay-like - Contractive
- CD: Clay-like - Dilative
- TC: Transitional - Contractive
- TD: Transitional - Dilative
- SC: Sand-like - Contractive
- SD: Sand-like - Dilative

$K^*(G) > 330$: Soils with significant microstructure (e.g. age/cementation)



Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

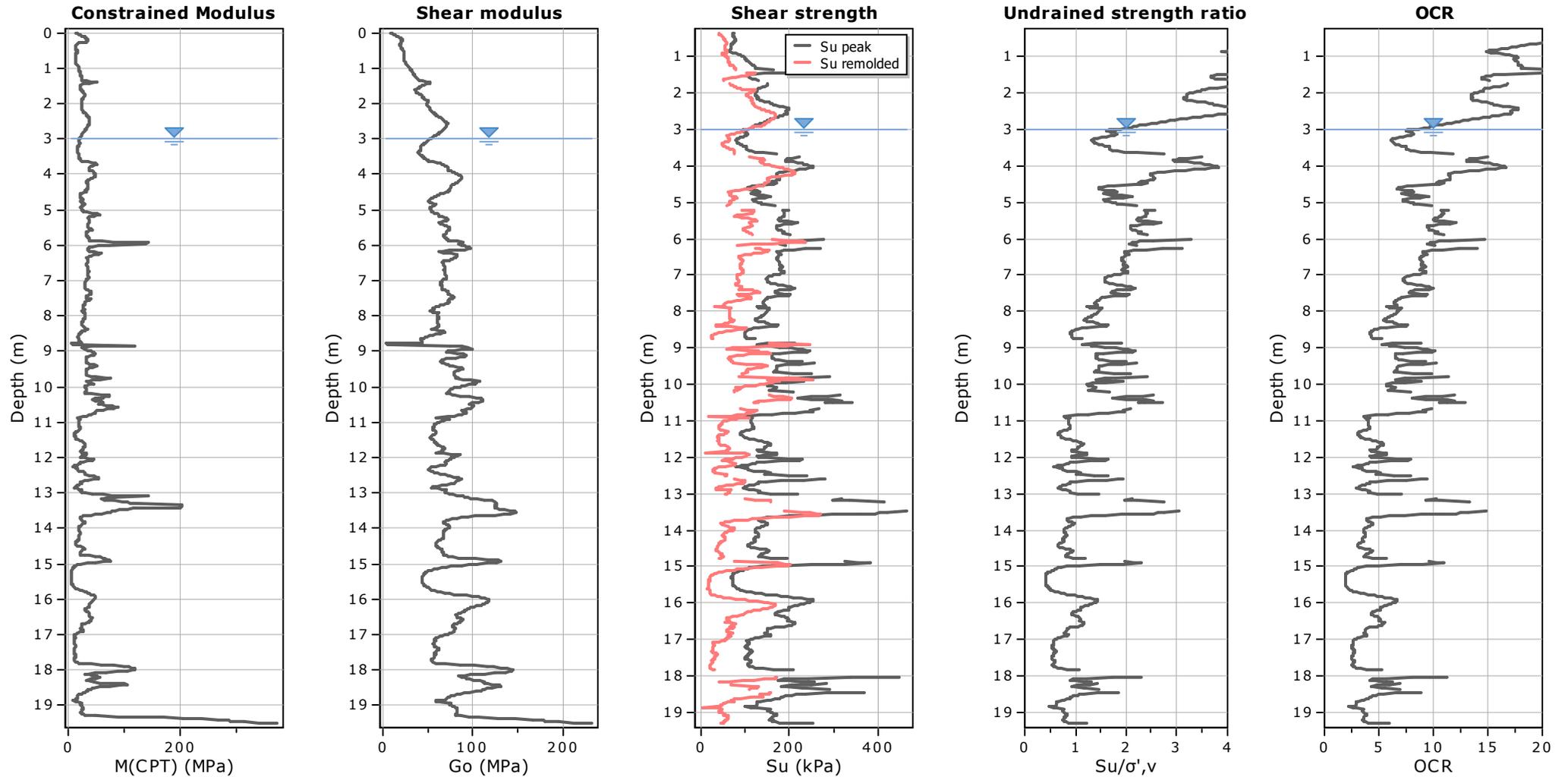
Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

● — User defined estimation data



Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

● Flat Dilatometer Test data



di Lotti G. e Gianì P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: CPTu Ponsacco via di Gello

Total depth: 19.50 m, Date: 07/04/2020

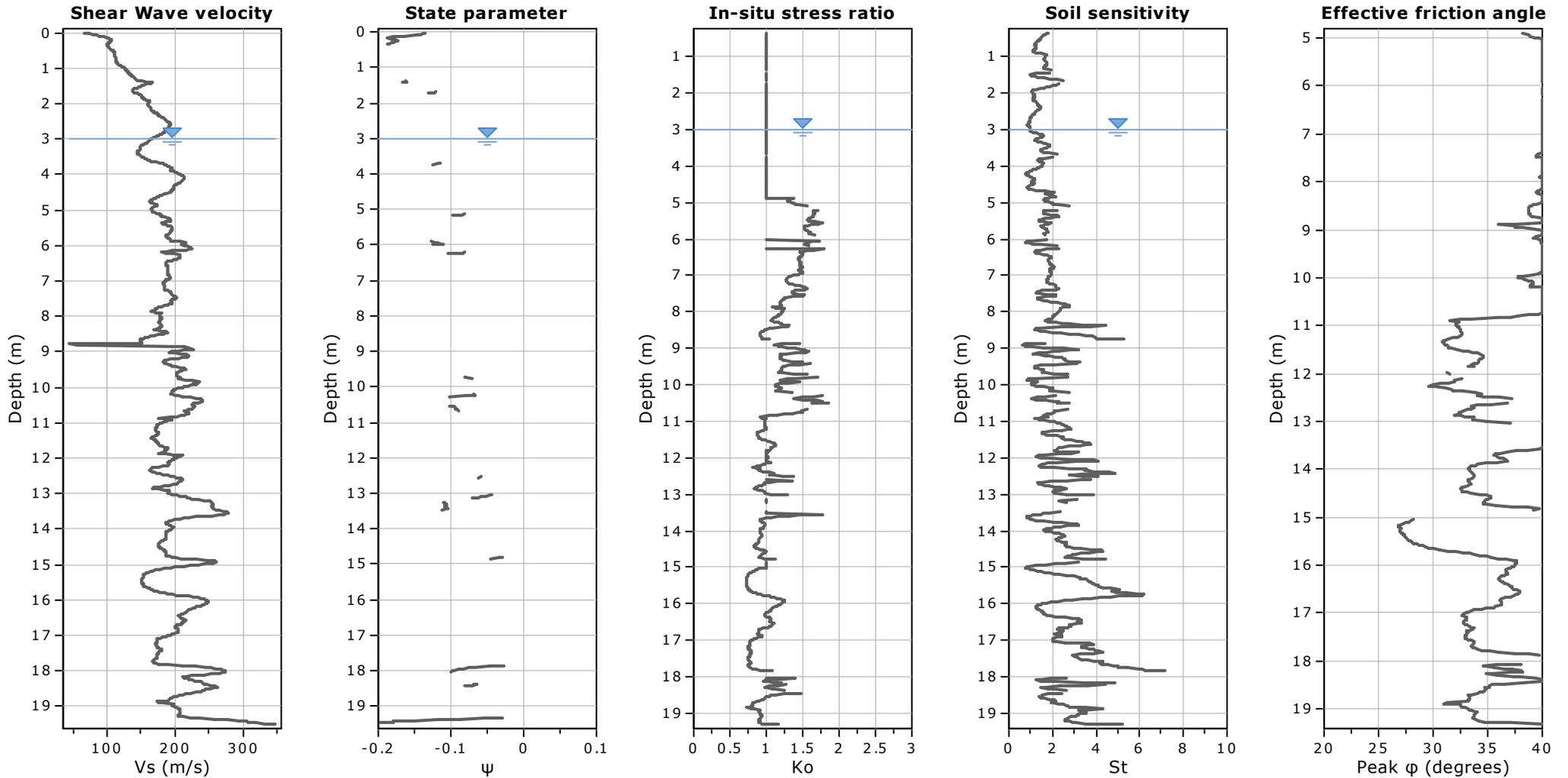
Coords: lat 43.628195° lon 10.611388°

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: geol. G. Lotti

Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco



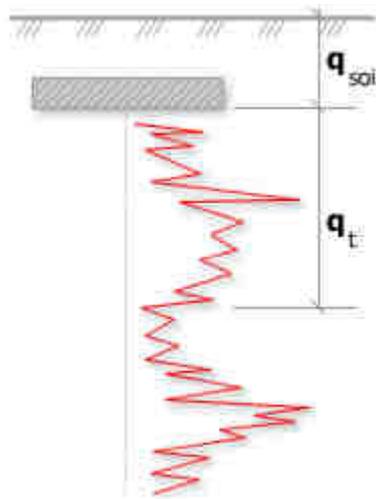
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Project: Cptu1

Location: Via di Gello Comune di Ponsacco

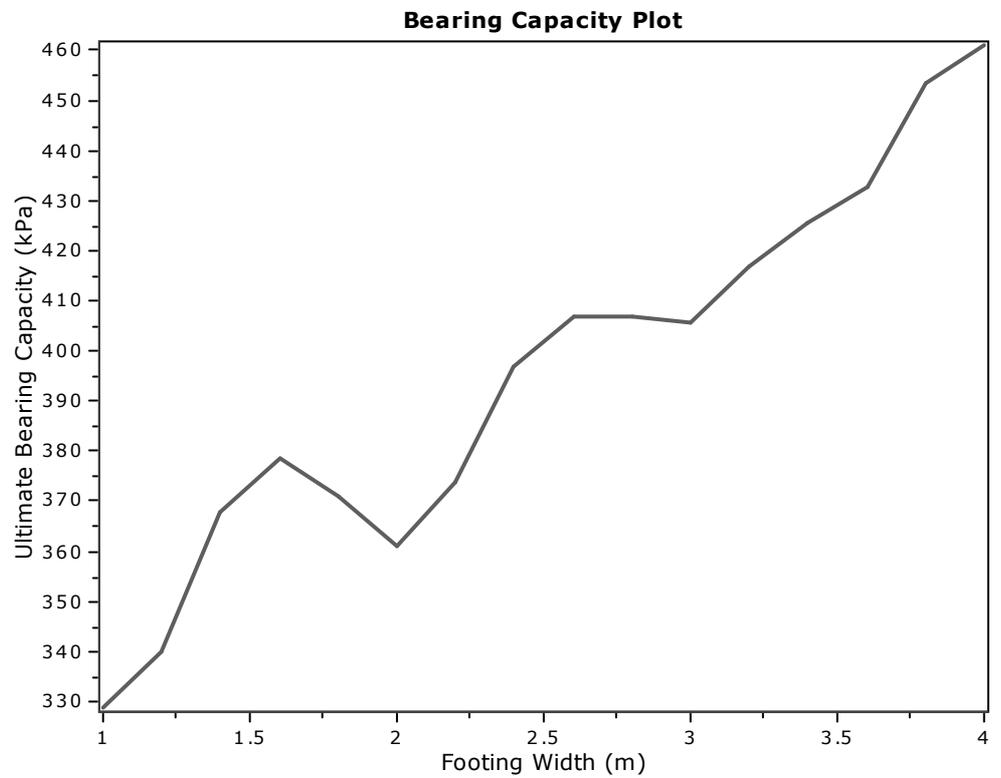


Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

- R_k : Bearing capacity factor
- q_t : Average corrected cone resistance over calculation depth
- q_{soil} : Pressure applied by soil above footing



:: Tabular results ::

No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q_t (MPa)	R_k	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	1.60	0.20	9.50	328.75
2	1.20	0.50	2.30	1.65	0.20	9.50	339.91
3	1.40	0.50	2.60	1.79	0.20	9.50	367.65
4	1.60	0.50	2.90	1.85	0.20	9.50	378.60
5	1.80	0.50	3.20	1.81	0.20	9.50	371.08
6	2.00	0.50	3.50	1.76	0.20	9.50	361.07
7	2.20	0.50	3.80	1.82	0.20	9.50	373.78
8	2.40	0.50	4.10	1.94	0.20	9.50	396.84
9	2.60	0.50	4.40	1.99	0.20	9.50	406.83
10	2.80	0.50	4.70	1.99	0.20	9.50	406.63
11	3.00	0.50	5.00	1.98	0.20	9.50	405.65
12	3.20	0.50	5.30	2.04	0.20	9.50	416.87
13	3.40	0.50	5.60	2.08	0.20	9.50	425.33
14	3.60	0.50	5.90	2.12	0.20	9.50	432.61
15	3.80	0.50	6.20	2.22	0.20	9.50	453.37
16	4.00	0.50	6.50	2.26	0.20	9.50	460.96

Presented below is a list of formulas used for the estimation of various soil properties. The formulas are presented in SI unit system and assume that all components are expressed in the same units.

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

$$g = g_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$$

where g_w = water unit weight

:: Permeability, k (m/s) ::

$$I_c < 3.27 \text{ and } I_c > 1.00 \text{ then } k = 10^{0.952-3.04 \cdot I_c}$$

$$I_c \leq 4.00 \text{ and } I_c > 3.27 \text{ then } k = 10^{-4.52-1.37 \cdot I_c}$$

:: N_{SPT} (blows per 30 cm) ::

$$N_{60} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268-0.2817 \cdot I_c}}$$

$$N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268-0.2817 \cdot I_c}}$$

:: Young's Modulus, E_s (MPa) ::

$$(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

(applicable only to $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: Relative Density, D_r (%) ::

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 5, 6, 7 and 8 or } I_c < I_{c_cutoff}\text{)}$$

:: State Parameter, ψ ::

$$\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,cs})$$

:: Drained Friction Angle, ϕ (°) ::

$$\phi = \phi'_{cv} + 15.94 \cdot \log(Q_{tn,cs}) - 26.88$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8 or $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: 1-D constrained modulus, M (MPa) ::

If $I_c > 2.20$

$\alpha = 14$ for $Q_{tn} > 14$

$\alpha = Q_{tn}$ for $Q_{tn} \leq 14$

$M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$

If $I_c \geq 2.20$

$$M_{CPT} = 0.03 \cdot (q_t - \sigma_v) \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

References

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)

:: Small strain shear Modulus, G_0 (MPa) ::

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Shear Wave Velocity, V_s (m/s) ::

$$V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$$

:: Undrained peak shear strength, S_u (kPa) ::

$$N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r) \text{ or user defined}$$

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Remolded undrained shear strength, $S_{u(rem)}$ (kPa) ::

$$S_{u(rem)} = f_s \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 1, 2, 3, 4 and 9 or } I_c > I_{c_cutoff}\text{)}$$

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

$$k_{OCR} = \left[\frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{1.25} \text{ or user defined}$$

$$OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{\sin \phi'}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, S_t ::

$$S_t = \frac{N_s}{F_r}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Peak Friction Angle, ϕ' (°) ::

$$\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

COMUNE DI PONSACCO (PI)

RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA IN FORO CON PUNTA SISMICA (SCPTU) ESEGUITA IN VIA DI GELLO



APRILE 2020

Committente: Geol. Alessandro Fontanelli



INDICE

1 PREMESSE.....	3
2 GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE CON CONO SISMICO.....	3
4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE.....	4
5 ANALISI DEI SEGNALI SISMICI.....	6

Allegati:

- Tabella tempi primi arrivi, profondità, profilo sismo stratigrafico di velocità Vs
- Segnali registrati dagli accelerometri e piking primi arrivi
- Documentazione fotografica

COMUNE DI PONSACCO (PI)

RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA IN FORO CON PUNTA SISMICA (SCPTU) ESEGUITA IN VIA DI GELLO



1 PREMESSE

La presente relazione descrive i risultati della prospezione sismica con cono sismico eseguita nel Comune di Ponsacco, in area adiacente a Via di Gello.

L'indagine è stata eseguita con l'obiettivo di individuare le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi presenti (velocità delle onde Sh) e ricostruire quindi il profilo di velocità Vs dei terreni attraversati durante l'infissione del cono sismico.

2 GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE CON CONO SISMICO

Lo scopo di tali prove è quello di determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di taglio (onde S).

La prova consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici di taglio (SH) generati in superficie ad un ricevitore posto all'interno di una punta sismica montata su una batteria di aste applicate ad un penetrometro. Quindi permette la misura diretta delle velocità di propagazione VsH delle onde di taglio (onde SH) fra due profondità successive a cui si trova la punta all'interno del suolo da investigare.

Il metodo prevede l'infissione nel terreno mediante penetrometro statico di una batteria di aste dotate di piezocono sismico al cui interno si trovano due accelerometri disposti ortogonalmente tra loro (direzioni sx e sy) e rispetto all'asse di penetrazione. Ad intervalli di un metro viene arrestata la penetrazione, energizzata la sorgente sismica in superficie ed eseguita la registrazione

Specifications G1-CPLS D		
Cone tip resistance (Qc)		
Sensor	8 strain gauges 350Ω complete bridge	
Background scale	50 MPa	
Sleeve friction (Fs)		
Sensors	8 strain gauges 350Ω complete bridge	
Background scale	500 kPa	
Neutral pressure (U)		
Sensor	Piezoresistive pressure transducer	Scale: 30 bar
Filter	Porous bronze, porosity 50 micrometres; 6 mm height	
Inclination (I)		
Sensor	Inertial MEMS accelerometer 3 axis	
Background scale	±15 degrees	
Temperature		
Sensor	Monolithic with inserted conditioner	
Measurement limits	-50°C to +150 °C	
G1-EST CPL BLUE displacement transducer		
Sensor	Potentiometer, 10 rotations of 10 kΩ, range 150 cm (standard)	
Accelerometers		
Sensor	Inertial MEMS 3D accelerometer	+/-2g
Frequency	0 -300Hz (low pass filter at 300 Hz)	
Operating temperature	-40°C to +90°C	
D1-CPL Blue		
Dimensions	polyester 220 x 120 x 90 mm	
Digital output	Via Blue tooth	
Power supply (internal battery)	12 V _{DC}	
Autonomous operation	40hours at 50% of a battery's nominal capacity	
Cable		
Sheating	Polyurethane, RAL 1021 yellow	
Conductors	10 x 0.35 mm ²	
SW-SISMICA		
Amplification and filtering	Software adjustable amplification from 1 to 1000 Digital filters: Low/High/Band Pass, Notch; stacking	
Acquisition	By threshold passing <i>or</i> by trigger,	
Data files	CSV, txt	
D1-SISMI 2.0 USB		
Number of input channels	8 analogue to digital, m16 bit;	
Sampling rate (total)	400kHz	
Sampling rate per channel (seismic test)	100kHz	

Tab.1- specifiche sistema cono sismico tecnopenta.

Le energizzazioni sono state eseguite a 1,0 m dall'asse di penetrazione, con rilievo delle onde sismiche Sh, ad intervalli di 1,0m. Il canale 1 del sismografo è stato utilizzato per il trigger, mentre i canali 2 e 3 sono stati utilizzati per l'acquisizione delle onde Vs con tempo di acquisizione 200 msec.

L'acquisizione è iniziata da - 1 m da p.c., fino alla quota di -31 m da p.c.

5 ANALISI DEI SEGNALI SISMICI

I segnali sono stati ottenuti o da singole energizzazioni o mediante stacking (somma di più energizzazioni) e non hanno subito filtraggi in post-acquisizione vale a dire durante l'elaborazione ed analisi successiva alla registrazione di campagna. Per ogni profondità a cui è stata eseguita l'acquisizione sismica si riportano in allegato i segnali registrati dagli accelerometri X o Y.

E' stato calcolato il delay time (ritardo di arrivo dell'onda tra i due accelerometri posti a profondità successiva di 1 metro con metodo di "picking manuale" e calcolata la velocità V_s per ciascun metro di avanzamento. La tabella allegato 2 riporta i tempi di arrivo, il DT e le velocità V_s di ogni strato .

Si osserva che la stratigrafia sismica può non corrispondere esattamente con quella geologica e geotecnica, dato che essa considera maggiormente le caratteristiche elastiche e di addensamento dei terreni piuttosto che la stratigrafia caratteristica.

Il valore di V_{s30} così calcolato è pari a 257,1 m/s

Fermo restando che la scelta della corretta categoria di sottosuolo spetta al Progettista, sulla base delle sue conoscenze e valutazioni geologiche del sito oltre ai risultati della presente indagine sismica, si osserva che a partire da quota zero di p.c. data la profondità del substrato > 30 m, il valore di $V_{s,eq}$ ottenuto corrisponde a $V_{s,30}$ rientrando nel caso specifico tra quelli compresi nella **categoria di sottosuolo C** secondo la tabella 3.2.II del DM 17 gennaio 2018 (aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni), corrispondente a *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

San Miniato 10/04/2020



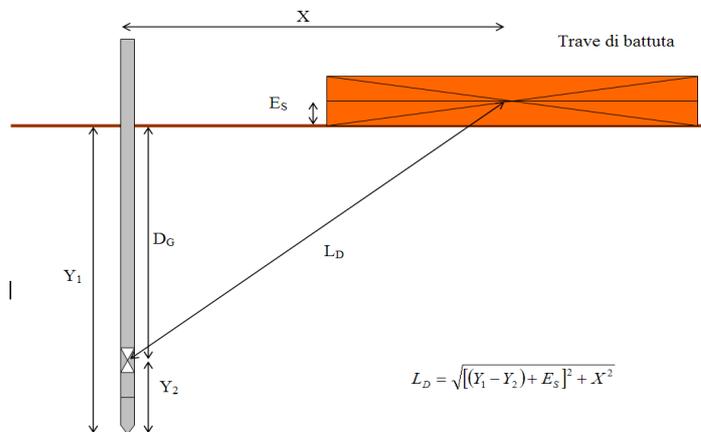
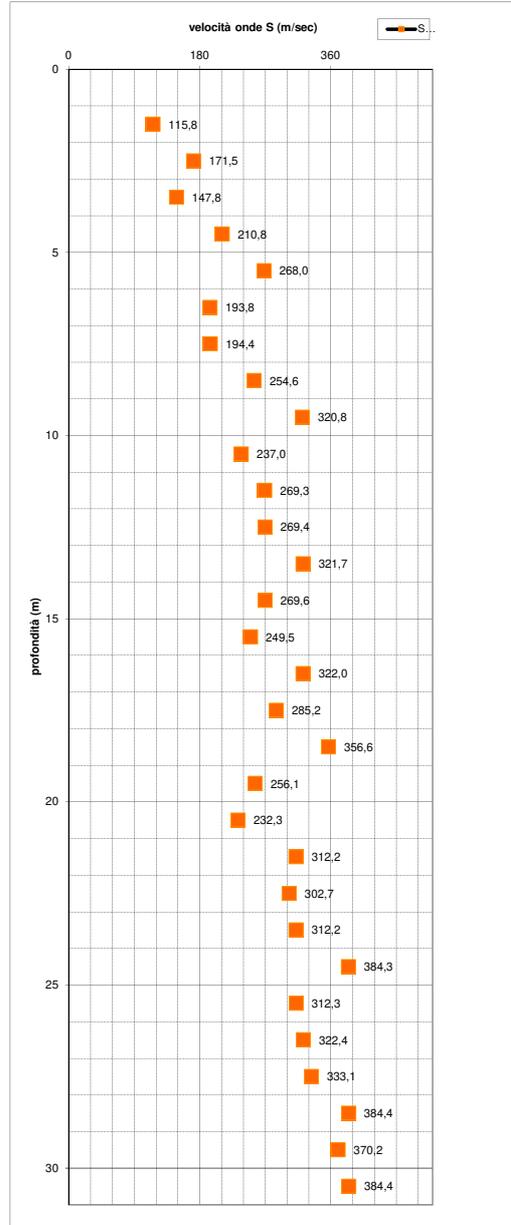
PROVA SISMICA IN FORO CON SISMOCONO TECNOPENTA

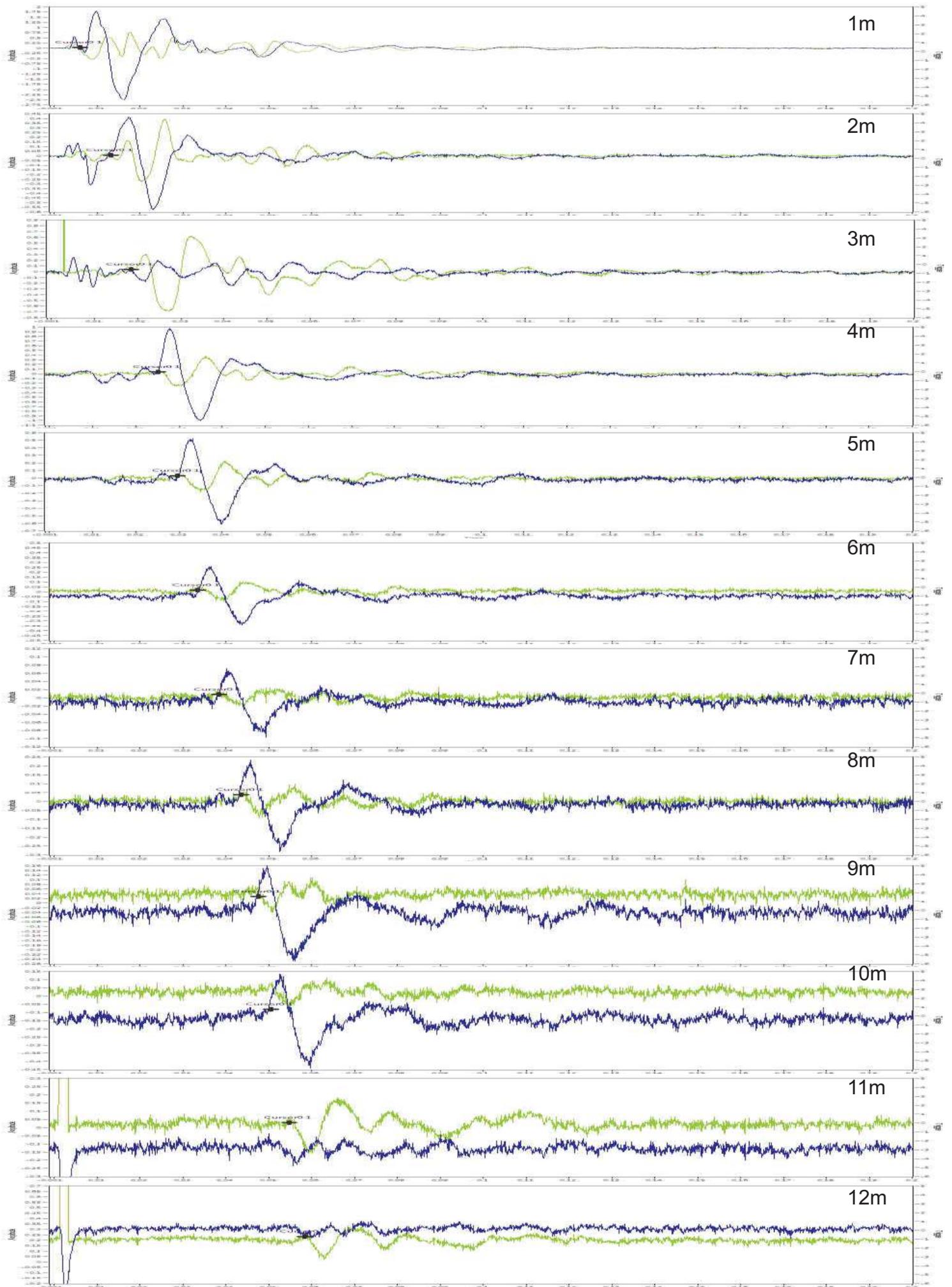
Operatore: geol. Paolo Giani - Geol. Giuseppe Lotti
 Data 07/04/2020
 Distanza centro sorgente-verticale X: 1 m

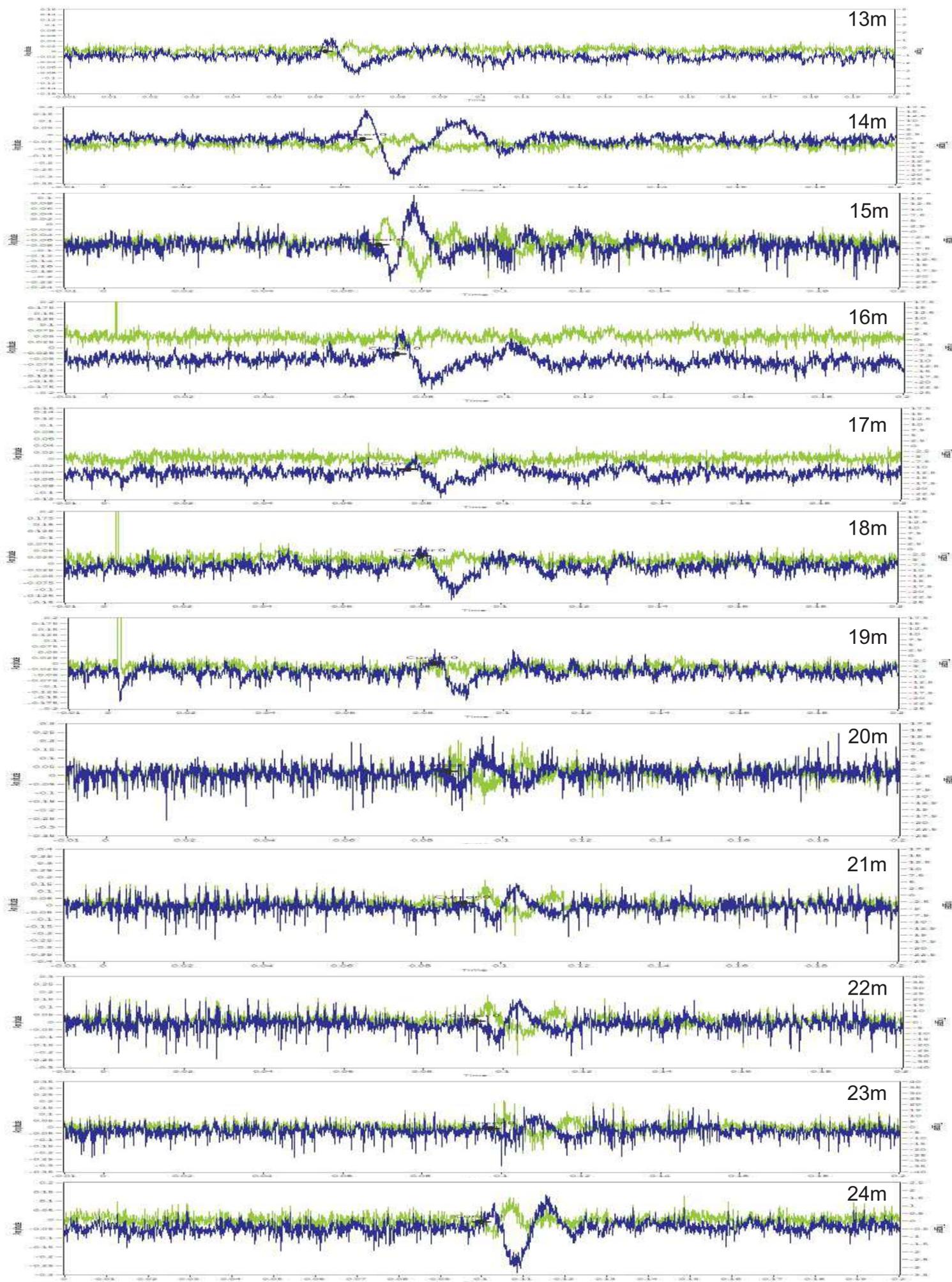
Località: Via Gello
 Comune di Ponsacco Pi
 Committente: Geol. A.Fontanelli

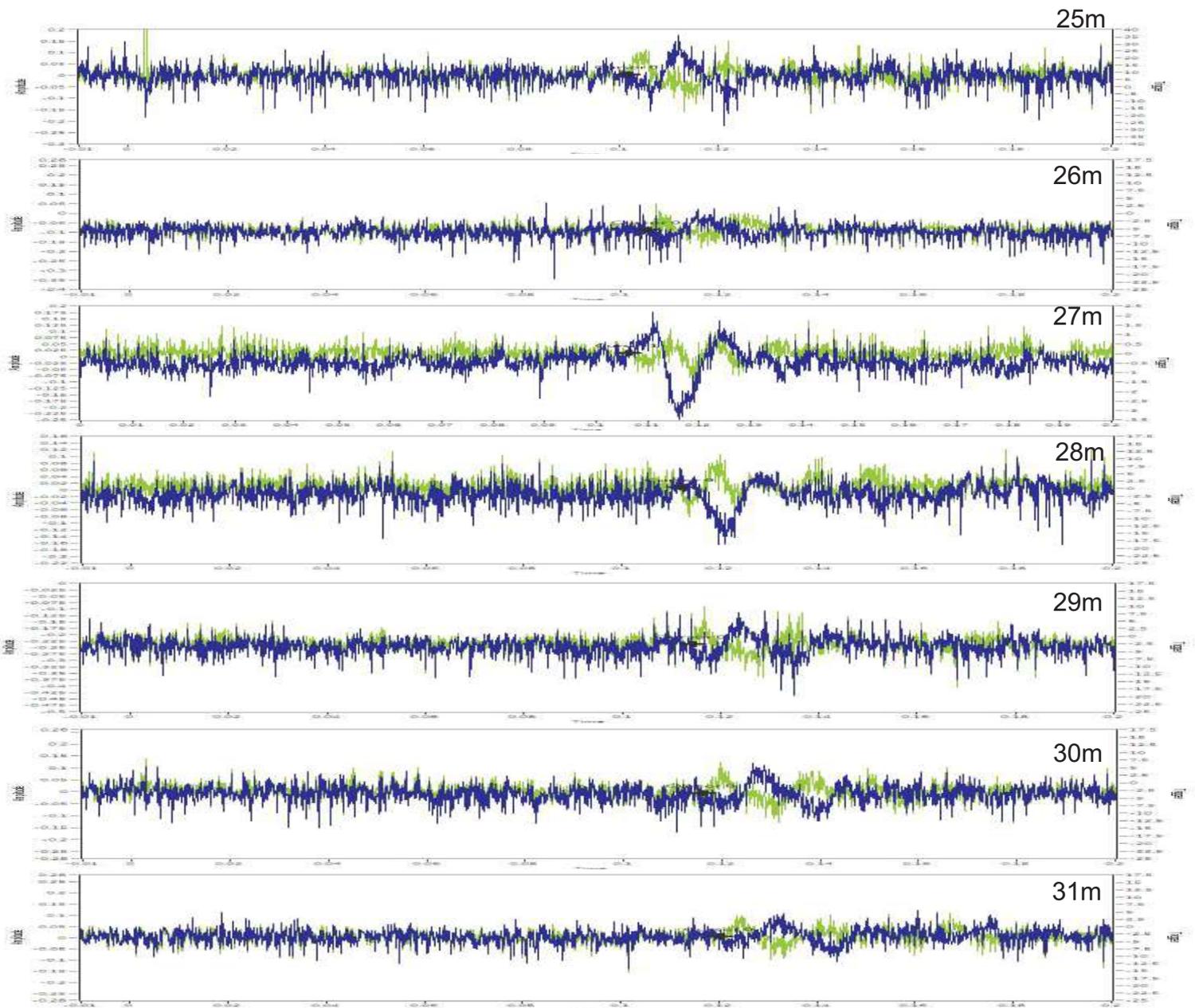
Vs= 257,1 m/sec Categoria suolo di fondazione = **C**

Profondità punta elettrica (m)	Profondità corretta geofono D _G (m)	Distanza corretta L _D (m)	Tempo di arrivo dell'onda (millisecondi)	Differenza dell'intervallo di arrivo DT (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)	
0	0					
0,5						
1	1	1,41421	6			
1,5				7,1	115,8	0,008639
2	2	2,23607	13,1			
2,5				5,4	171,5	0,00583
3	3	3,16228	18,5			
3,5				6,5	147,8	0,006765
4	4	4,12311	25			
4,5				4,63	210,8	0,004744
5	5	5,09902	29,63			
5,5				3,67	268,0	0,003731
6	6	6,08276	33,3			
6,5				5,1	193,8	0,00516
7	7	7,07107	38,4			
7,5				5,1	194,4	0,005145
8	8	8,06226	43,5			
8,5				3,9	254,6	0,003927
9	9	9,05539	47,4			
9,5				3,1	320,8	0,003117
10	10	10,04988	50,5			
10,5				4,2	237,0	0,004219
11	11	11,04536	54,7			
11,5				3,7	269,3	0,003714
12	12	12,04159	58,4			
12,5				3,7	269,4	0,003712
13	13	13,03840	62,1			
13,5				3,1	321,7	0,003109
14	14	14,03567	65,2			
14,5				3,7	269,6	0,003709
15	15	15,03330	68,9			
15,5				4	249,5	0,004008
16	16	16,03122	72,9			
16,5				3,1	322,0	0,003106
17	17	17,02939	76			
17,5				3,5	285,2	0,003506
18	18	18,02776	79,5			
18,5				2,8	356,6	0,002804
19	19	19,02630	82,3			
19,5				3,9	256,1	0,003905
20	20	20,02498	86,2			
20,5				4,3	232,3	0,004305
21	21	21,02380	90,5			
21,5				3,2	312,2	0,003203
22	22	22,02272	93,7			
22,5				3,3	302,7	0,003303
23	23	23,02173	97			
23,5				3,2	312,2	0,003203
24	24	24,02082	100,2			
24,5				2,6	384,3	0,002602
25	25	25,01999	102,8			
25,5				3,2	312,3	0,003202
26	26	26,01922	106			
26,5				3,1	322,4	0,003102
27	27	27,01851	109,1			
27,5				3	333,1	0,003002
28	28	28,01785	112,1			
28,5				2,6	384,4	0,002602
29	29	29,01724	114,7			
29,5				2,7	370,2	0,002702
30	30	30,01666	117,4			
30,5				2,6	384,4	0,002601
31	31	31,01612	120			









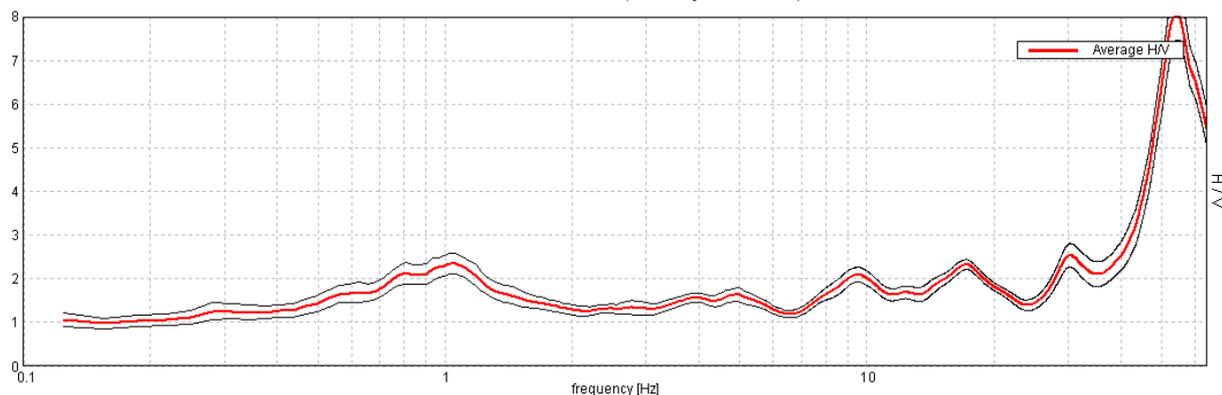


REPORT INDAGINE HVSR – PONSACCO, RSA

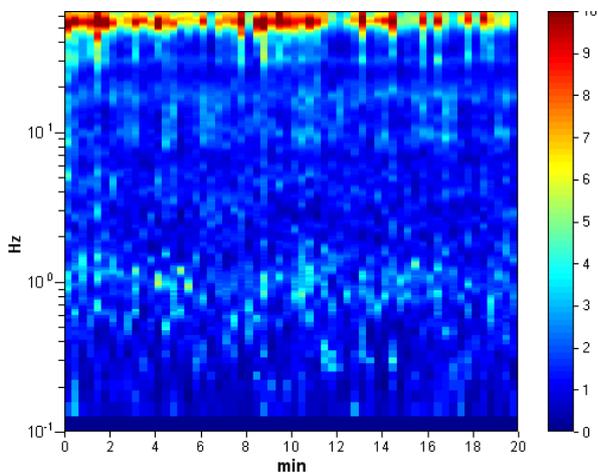
Strumento:	TRZ-0158/01-11	Scala [mV]:	51
Formato dati:	16 byte	Fine registrazione:	06/04/20 11:24:24
Inizio registrazione:	06/04/20 11:04:24	Nomi canali:	NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
Durata registrazione:	0h20'00".	Analizzato intero tracciato.	
Freq. campionamento:	128 Hz	Lunghezza finestre:	20 s
Tipo di lisciamento:	Triangular window	Lisciamento:	10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

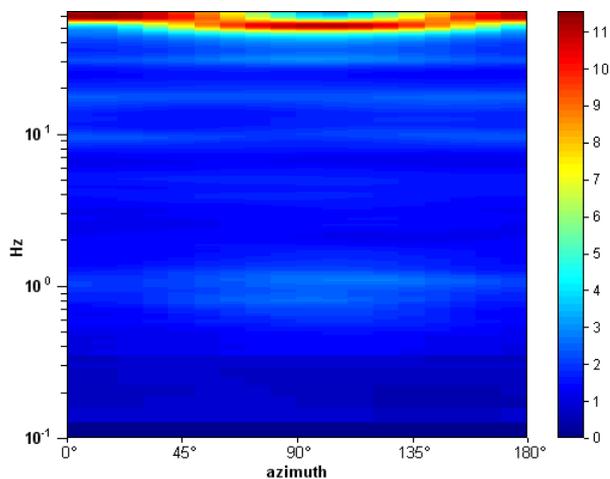
Max. H/V at 54.56 ± 0.97 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



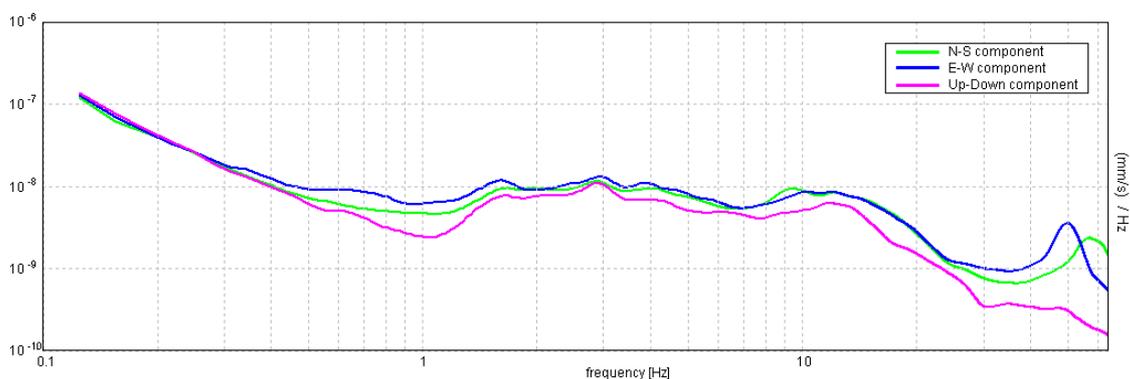
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V at 54.56 ± 0.97 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	54.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	65475.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1176 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	45.563 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	8.06 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01772 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.96682 < 2.72813	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5918 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA VERTICALI CPT - POS. CPT1



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA VERTICALI CPT - POS. CPT2



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA VERTICALI CPT - POS. CPT3



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA VERTICALI CPT - POS. CPT1



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA CPTU/SISMOCONO



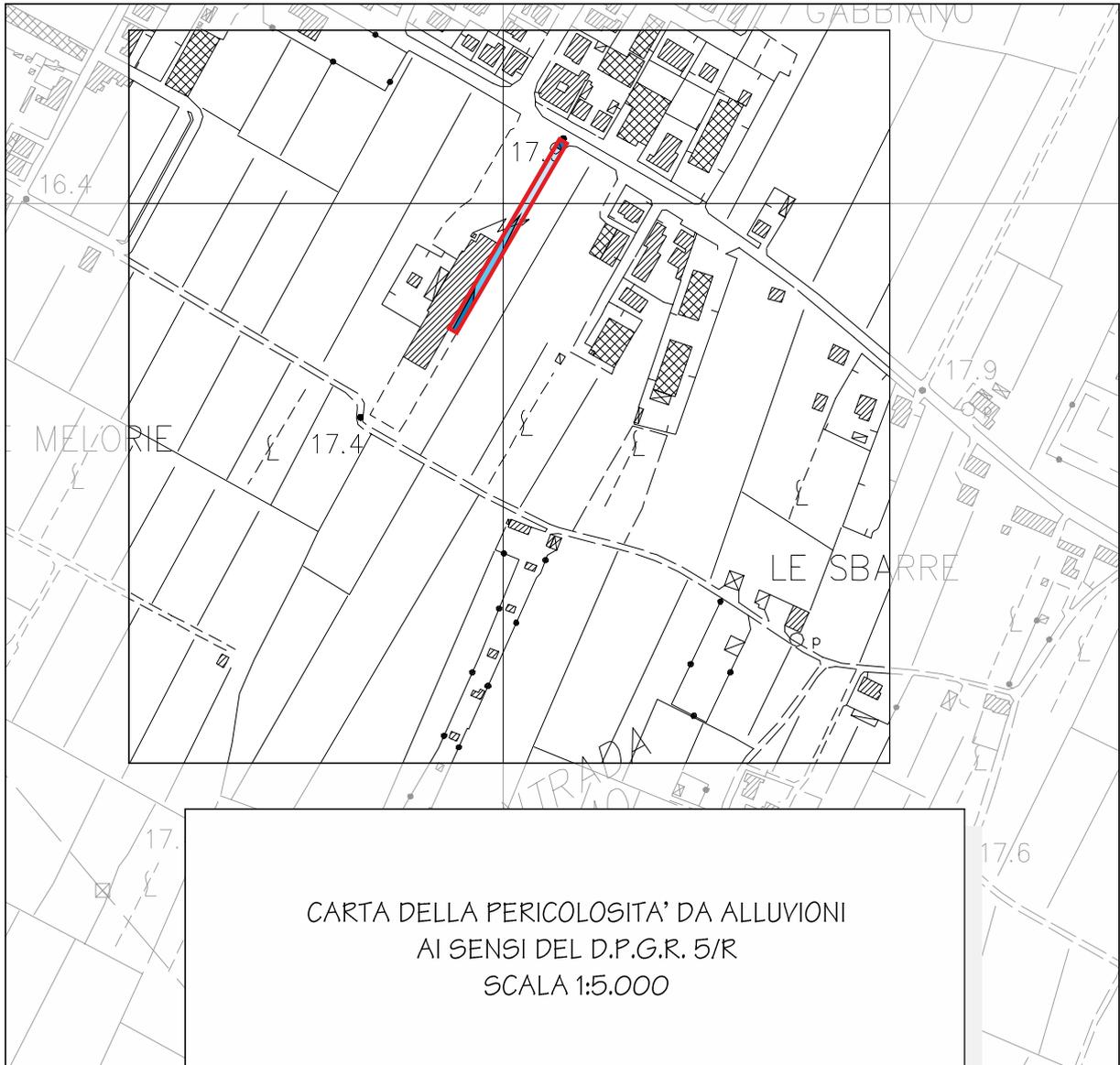
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MISURE SISMICA PASSIVA



CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA
AI SENSI DEL D.P.G.R. 5/R
SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  G.2 - Pericolosità geologica media



LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  P1 - Aree a pericolosità per alluvioni rare o di estrema intensità (o a pericolosità bassa)
-  P2 - Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (o a pericolosità media)
-  P3 - Aree a pericolosità per alluvioni frequenti (o a pericolosità elevata)



CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
 AI SENSI DEL D.P.G.R. 5/R
 SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  S.2 - Pericolosità sismica locale media