



COMUNE DI VICOPISANO

PROVINCIA DI PISA

Luglio 2018

Relazione Geologica

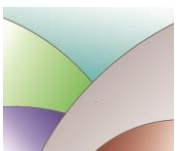
AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R del 2011

REALIZZAZIONE DI UN ANNESSO AGRICOLO INSERITO
NELL'AMBITO DI UN PROGRAMMA AZIENDALE PLURIENNALE
DI MIGLIORAMENTO AGRICOLO AMBIENTALE, LOC. I PRATINI.

RELAZIONE GEOLOGICA DI SUPPORTO ALLA PRATICA EDILIZIA

Committente:

Azienda Agricola BARONI MARIA GRAZIA



Sommario

1-INTRODUZIONE.....	2
2-BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	2
MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	3
1-INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDRAULICO E STRATIGRAFICO..	3
2-INQUADRAMENTO STRUTTURALE.....	4
3-INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	4
INQUADRAMENTO DEL SITO NELL'AMBITO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI VIGENTI.....	5
1-PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA.....	5
2-PERICOLOSITA' IDRAULICA.....	6
3-AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE, PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA).....	6
4-VULNERABILITA' IDROGEOLOGICO.....	7
PIANO DELLE INDAGINI.....	7
1-METODOLOGIA DI INDAGINE GEOGNOSTICA.....	7
2-MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO.....	8
3-CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE.....	9
SISMICITA' DELL'AREA.....	10
1-CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONALE.....	10
2-CLASSIFICAZIONE DELLE STRUTTURE.....	10
3-INDAGINI PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA E PER LA PARAMETRIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO.....	11
STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE.....	18
VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R del 2011.....	20
1-PERICOLOSITA' GEOLOGICA.....	20
2-PERICOLOSITA' IDRAULICA.....	21
3-PERICOLOSITA' SISMICA.....	21
FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R del 2011.....	22
1-CONDIZIONI ALLA TRASFORMAZIONE.....	23
CONCLUSIONI.....	24

1 - INTRODUZIONE

Su incarico della **Azienda Agricola BARONI MARIA GRAZIA** è stata eseguita un'indagine geologica di fattibilità, ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 2011, per la realizzazione di un annesso agricolo funzionale alla conduzione dell'azienda inserito nell'ambito di un Programma Aziendale Pluriennale di Miglioramento Agricolo Ambientale (P.A.P.M.A.A.).

La documentazione costituisce inoltre la relazione geologica di supporto alla pratica edilizia di cui all'oggetto.

La proprietà in esame, così come evidenziato nelle cartografie riportate in allegato, è ubicata in Via Butese n.50 - loc. I Pratini - nel Comune di Vicopisano (Provincia di Pisa) (Allegato 1).

La documentazione è stata condotta in riferimento a quanto prescrive la normativa vigente in materia, ovvero:

- **D.P.G.R.T. 53/R del 2011**
“Regolamento di attuazione dell'art.62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 in materia di indagini geologiche”;
- **Decreto Ministeriale 17.01.2018**
Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”;
- **D.P.G.R.T. n.36/R del 09/07/09** *“Regolamento di attuazione dell'art.117 commi 1 e 2 della L.R. 3 gennaio 2005 n.1”.*

2 - BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto in esame consiste nella realizzazione di un annesso agricolo da adibire al ricovero degli attrezzi e dei macchinari agricoli ed allo stoccaggio dei prodotti dell'azienda.

La struttura presenta in pianta una dimensione massima pari a 9,0 x 11,0 ed uno sviluppo su un piano fuori terra che raggiunge un'altezza massima in gronda di 3,0 m ed una al culmine di 4,35 m dal piano di calpestio.

Per dettagli tecnici più specifici si rimanda ai corrispondenti elaborati progettuali.

In ottemperanza all'Art.7 - comma 3 del D.P.G.R.Toscana n. 36/R, in considerazione delle problematiche di versante, della rilevanza dell'opera e della pericolosità del sito, l'annesso pertinenziale è inserito nella “**Classe di indagine n.2**”.

Tale classe è “*riferita alle opere di volume lordo inferiore a millecinquecento metri cubi con altezza in gronda inferiore a dieci metri. Con riferimento a tale classe d'indagine, la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche, quali quelle sismiche a rifrazione o riflessione, o mediante prove geotecniche*”.

elaborate mediante le metodologie ufficialmente riconosciute. Le indagini sono effettuate nel sito oggetto di studio o in aree adiacenti caratterizzati dagli stessi contesti geologici, geomorfologici e geotecnici. In presenza di problematiche di versante è prodotta, altresì, la verifica di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio...”.

MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDRAULICO E STRATIGRAFICO

L'area in studio, ubicata ad una quota di circa 11 m s.l.m., è localizzata al piede del versante meridionale del Monte Pisano in corrispondenza del territorio bonificato della Pianura di Bientina.

Nello specifico la proprietà si inserisce nella porzione compresa tra lo sbocco del Rio della Piastraia e quello del Rio Piantoneta.

I corsi d'acqua scendono dalla porzione montana interessata dalle successioni lapidee triassiche (“Filladi” e “Quarziti”) e costituiscono gli affluenti di sinistra del Fosso della Serezza.

Il suddetto fosso di raccolta ha un flusso in direzione opposta rispetto al Canale Emissario di cui, a sua volta, ne costituisce un affluente.

Alla luce di quanto emerso l'area risulta particolarmente articolata dal punto di vista idraulico; storicamente è stata, infatti, oggetto di interventi volti alla bonifica del territorio con particolare riguardo alla realizzazione del suddetto Canale Emissario di Bientina.

Geologicamente la zona è interessata dall'affioramento di sedimenti continentali, di natura alluvionale, riconducibili al Quaternario (**“Depositi alluvionali attuali e recenti del Fiume Arno”**) (Allegato 2).

La successione risale verosimilmente all'Olocene essendo collegata al sovralluvionamento che si è sviluppato nella Pianura pisana man mano che il livello del mare è risalito (durante la deglaciazione postwürmiana) ed è aumentato lo sbarramento a mare ad opera del sistema dei lidi del delta dell'Arno.

In merito all'aspetto litologico nelle aree prossime al corso d'acqua e in quelle nelle quali è attestata l'esistenza di meandri e/o alvei abbandonati la formazione è caratterizzata da una maggiore frazione sabbiosa dovuta alle frequenti esondazioni verificatesi in passato. Al contrario le argille e le torbe sono diffuse nelle zone distali, maggiormente depresse e

soggette a impaludamenti, nelle quali le esondazioni trasportavano esclusivamente materiale fine.

Nel dettaglio la proprietà è localizzata poco più ad Ovest di un'area interessata dai **“Depositi alluvionali argilloso – limosi, torbe palustri e depositi di colmata”**; questi sono costituiti da limi argillosi di colore bruno per gli abbondanti resti vegetali torbosi che caratterizzano l'ambiente palustre delle propaggini meridionali dell'antico lago di Bientina.

2 - INQUADRAMENTO STRUTTURALE

La proprietà, localizzata nella porzione nord orientale del Comune di Vicopisano, interessa il settore S-W dell'estesa Pianura di Bientina un tempo percorsa dal Paleo-Serchio e successivamente in gran parte occupata dall'omonimo Lago-padule originato dallo sbarramento alluvionale da parte dell'Arno.

La piana, compresa dal punto di vista strutturale tra il Monte Pisano ad Ovest, il Monte Albano ad Est, le Pizzorne a Nord e l'Arno a Sud, rappresenta una porzione di una depressione allungata in direzione Nord Ovest – Sud Est e coincidente con un bacino di sprofondamento tettonico neogenico ad asse appenninico (NW-SE).

A seguito, infatti, della tettonica polifasata miocenica, caratterizzata da imponenti deformazioni plicative ed accavallamenti ben visibili sul Monte Pisano, segue una fase a carattere distensivo che ha dato luogo a depressioni tettoniche, delimitate da faglie dirette, nelle quali si sono avute le condizioni favorevoli per l'instaurarsi di una sedimentazione di tipo continentale (Pianura di Bientina).

3 - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I sedimenti alluvionali presenti in affioramento e nel sottosuolo mostrano caratteristiche idrogeologiche tipiche di un corpo acquifero dotato di un grado di permeabilità, per porosità primaria, variabile da basso a medio (Allegato 3).

Tale condizione è da imputare sostanzialmente all'eterogeneità dei depositi alluvionali e alla presenza di discontinui livelli a prevalente comportamento coesivo che limitano e ostacolano la circolazione idrica sotterranea.

In occasione del sopralluogo è stata constatata sulla proprietà l'esistenza di un pozzo a sterro in corrispondenza del quale la falda acquifera è stata rilevata a circa 0,7 m d.p.c. (misurazione del 16/05/2018).

Tale profondità è stata confermata dalle misurazioni effettuate nel foro delle prove penetrometriche in sito che hanno evidenziato il livello acquifero tra 0,5 e 0,6 m d.p.c. (esecuzione prove 16/05/2018).

INQUADRAMENTO DEL SITO NELL'AMBITO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI VIGENTI

L'indagine geologica di supporto al Piano di Miglioramento Agricolo discende dalle indicazioni fornite dagli Strumenti Urbanistici vigenti:

- Piano Strutturale approvato dal Consiglio Comunale il 23 marzo 2005 con Delibera n. 11. e supportato da elementi cartografici redatti ai sensi della L.R.21/84, della D.R. 94/85 e degli indirizzi contenuti nel P.T.C. provinciale.
- Regolamento Urbanistico redatto in coerenza con l'art. 55 della Legge Regionale n. 1/2005. Il Comune di Vicopisano è inoltre dotato di Variante generale al R.U. approvata, ai sensi degli articoli 16, 17 e 17 bis della L.R.T. n. 1/2005, con Delibera di Consiglio Comunale n. 14 del 4 marzo 2014.

1 - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Dal punto di vista geomorfologico la porzione più occidentale della proprietà, corrispondente a quella interessata dalla costruzione dell'annesso agricolo, è inserita in "**Classe 2**" corrispondente a "**Pericolosità Geomorfologica Bassa**" (Allegato 4).

In questa classe ricadono le *"aree in condizioni geologico-tecniche e morfologiche apparentemente stabili sulle quali permangono dubbi che possono essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione delle trasformazioni, ovvero, aree di fondovalle o di altopiano o di versante con pendenze inferiori al 15% e con terreni di buone caratteristiche geotecniche"*.

L'area esposta ad Est è invece classificata a "**Pericolosità Geomorfologica Media**" corrispondente ad una "**Classe 3 – Sottoclasse 3a**".

In "**Classe 3**" *"non sono presenti fenomeni attivi, tuttavia le condizioni geologico-tecniche e morfologiche di sito sono tali da far ritenere che esso si trovi al limite dell'equilibrio. In*

questo zone ogni intervento edilizio è fortemente limitato e le indagini di approfondimento dovranno essere condotte a livello dell'area nel suo complesso non è inoltre da escludersi l'adozione di tecniche fondazionali di un certo impegno...".

Nello specifico la "**Sottoclasse 3a**" comprende le "aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche favorevoli alla stabilità, ovvero tali da ritenere che i fenomeni franosi, qualora si verificassero, coinvolgerebbero porzioni di territorio si ampiezza limitata. Aree di pianura o debolmente acclivi con caratteristiche geologico – tecniche mediamente scadenti".

2 - PERICOLOSITA' IDRAULICA

La "**Carta della Pericolosità Idraulica**" allegata al Piano Strutturale del Comune di Vicopisano inserisce l'area interessata dall'intervento in "**Classe 3 – Sottoclasse 3b**" di Pericolosità, corrispondente a "**Pericolosità Idraulica Media**" (Allegato 4).

Questa corrisponde alle "aree della pianura alluvionale in situazione morfologica sfavorevole, protette da opere idrauliche e, in alcuni casi, interessate da fenomeni di inondazione o difficoltoso drenaggio delle acque superficiali; in queste zone ogni intervento edilizio è fortemente limitato e le indagini di approfondimento dovranno essere condotte a livello di area nel suo complesso". In dettaglio la "**Sottoclasse 3b**" comprende "aree soggette ad esondazioni o sommersione in occasione di eventi eccezionali ovvero con tempi di ricorrenza tra i venti e i duecento anni".

All'interno della proprietà, nella porzione marginale esposta ad Est, rientra inoltre una fascia inserita in "**Classe 4 – Sottoclasse 4b**" corrispondente ad una "**Pericolosità Elevata**" e coincidente con il tracciato fluviale.

3 - AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE, PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

Le mappe del Piano di Gestione del Rischio Idraulico del Distretto Appennino Settentrionale, approvato con DPGR del 27 ottobre 2016, inseriscono la proprietà nelle seguenti classi (Allegato 5):

- **Classe di Pericolosità Idraulica media – "P2"**; "corrisponde alle aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni"

- **Classe di Pericolosità Idraulica bassa – “P1”**; “corrisponde ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale”.

Ai sensi dell'art.9 comma 1 della Disciplina di Piano “nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi seguenti del presente articolo e al successivo art. 10”.

4 - VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA

La proprietà è inserita totalmente all'interno della “**Classe 3 – Sottoclasse 3a**” di Vulnerabilità Idrogeologica corrispondente ad una “**Vulnerabilità Media**” (Allegato 5).

La “Sottoclasse 3a” corrisponde ai “*depositi alluvionali misti ovvero costituiti da alternanze di livelli da argillosi a sabbiosi caratterizzati da una spiccata anisotropia di permeabilità che possono garantire un certo grado di protezione della risorsa idrica*”.

PIANO DELLE INDAGINI

La ricostruzione stratigrafica è stata possibile attraverso l'esecuzione di n.2 Prove Penetrometriche Statiche mentre la modellizzazione sismica mediante n.1 indagine del tipo MASW/HVSR in sito.

Le indagini hanno consentito di raggiungere un grado di approfondimento esauriente in merito alle problematiche geologiche e geotecniche del terreno di fondazione.

1 - METODOLOGIA DI INDAGINE GEOGNOSTICA

Alla ricostruzione stratigrafica ed alla caratterizzazione geotecnica dei litotipi presenti nel sottosuolo si è giunti mediante il rilievo superficiale di un congruo intorno dell'area di intervento e attraverso l'esecuzione di n.2 Prove Penetrometriche Statiche (**CPT1 – CPT2**).

Le indagini CPT1 e CPT2, eseguite con un Penetrometro **PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT mod. TG63 – 200** dotato di punta meccanica di tipo Begemann, sono state

spinte rispettivamente fino a 5,6 e 10,8 m di profondità d.p.c. prima del raggiungimento del rifiuto strumentale.

Nel caso della verticale CPT1 è stato tentato un approfondimento in modalità dinamica pesante; tale procedura non ha comunque fornito ulteriori informazioni litologiche e litotecniche in quanto il rifiuto strumentale è stato raggiunto a circa 5,8 m d.p.c.

La Prova Penetrometrica Statica consiste, una volta posizionata l'attrezzatura, nel far avanzare ad intervalli regolari di 20 cm una batteria di aste; nei primi 4 cm si legge la Resistenza di Punta, nei successivi 4 cm la Resistenza di Punta più quella Laterale, negli ultimi 12 cm non si effettua nessuna lettura e si torna in posizione di partenza.

L'elaborazione dei dati ottenuti durante l'esecuzione delle prove consente di risalire con buona approssimazione alla individuazione del tipo litologico attraversato ed alla determinazione dei principali parametri geotecnici, ossia l'Angolo di Attrito Interno " ϕ " per i terreni prevalentemente granulari e la Coesione Utile " c_u " per i terreni a comportamento coesivo.

I certificati e l'ubicazione delle prove penetrometriche sono riportati in allegato (Allegato 6 e Allegato 7).

2 - MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

I litotipi riscontrati nel sottosuolo sono ascrivibili alle "UNITA' DELLE TERRE DI COPERTURA".

Sulla base dei dati ottenuti nell'ambito dell'indagine in sito si risale alla seguente ricostruzione stratigrafica (Allegato 8):

Terreno superficiale alterato

La porzione più superficiale del sottosuolo, a partire dal piano campagna e fino ad una profondità di circa 0,8 m d.p.c., è costituita da un litotipo prevalentemente limoso, a comportamento principalmente granulare, alterato e maggiormente influenzato dalle escursioni stagionali del naturale contenuto in acqua.

Limo

Al di sotto dello strato più superficiale e fino ad una profondità di circa 4,4 m nella CPT1 e di 4,6 m d.p.c. nella CPT2 il sottosuolo è caratterizzato da materiale a prevalente frazione limosa.

Si tratta di un litotipo piuttosto eterogeneo in quanto costituito da alternanze di limo argilloso e a tratti sabbioso, inconsistente e con caratteristiche geotecniche estremamente scadenti, di seguito descritto attraverso la frazione coesiva.

In corrispondenza di entrambe le verticali sono stati registrati valori medi di resistenza alla punta (q_c) e laterale (f_s) dell'ordine, rispettivamente di $q_c = 7 \text{ kg/cm}^2$ e $f_s = 0,3 \text{ kg/cm}^2$, cui corrispondono valori medi della coesione utile non drenata **$c_u = 0,33 \text{ kg/cm}^2$** e del Modulo Edometrico **$M_o = 30 \text{ kg/cm}^2$** ($\gamma_{\text{sat}} = 1800 \text{ kg/m}^3$).

Lungo la verticale CPT2, intercalato al litotipo descritto tra 3,0 e 3,4 m d.p.c., è stato individuato uno spessore di materiale a granulometria grossolana (sabbia e ghiaia) caratterizzata da: $\phi = 40^\circ$; $M_o > 400 \text{ kg/cm}^2$; $\gamma_{\text{sat}} = 2000 \text{ kg/m}^3$.

Argilla a tratti organica

Esclusivamente in corrispondenza della CPT2, tra 4,6 e 10,0 m di profondità d.p.c., è presente un importante spessore di materiale coesivo estremamente scadente dal punto di vista geotecnico e caratterizzato dalla presenza di argilla organica.

Nello specifico al litotipo sono associati valore medi di coesione utile non drenata analoghi a quelli dello strato limoso, **$c_u = 0,35 \text{ kg/cm}^2$** e di **$M_o = 30 \text{ kg/cm}^2$** ($q_c = 7,5 \text{ kg/cm}^2$ e $f_s = 0,4 \text{ kg/cm}^2$) ($\gamma_{\text{sat}} = 1800 \text{ kg/m}^3$).

Sabbia addensata

La porzione terminale di entrambe le prove, in corrispondenza della quale è stato raggiunto il rifiuto strumentale, è caratterizzata da materiale granulare con elevato stato di addensamento. Le sabbie, riscontrate nella CPT1 a partire da 4,4 m d.p.c. e nella CPT2 da 10,0 m di profondità sono caratterizzate da un valore medio di $q_c = 62 \text{ kg/cm}^2$ e da $f_s = 3,3 \text{ kg/cm}^2$ dai quali si risale ad un angolo di attrito interno, $\phi = 34^\circ$ ed un Modulo Edometrico, **$M_o > 200 \text{ kg/cm}^2$** ($\gamma_{\text{sat}} = 2000 \text{ kg/m}^3$).

In occasione dell'esecuzione delle prove penetrometriche il livello della falda acquifera è stato rilevato ad una profondità estremamente superficiale individuata tra 0,5 e 0,6 m di profondità d.p.c. (16/05/2018).

3 - CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Dalle indagini effettuate emerge che il sottosuolo è caratterizzato nella porzione più superficiale, fino ad una profondità compresa tra 4,4, e 4,6 m d.p.c., da un livello a prevalente granulometria limosa, piuttosto eterogeneo e costituito da alternanze di limo argilloso e sabbioso; si tratta di uno spessore saturo e con caratteristiche geomeccaniche

estremamente scadenti. Analoghe caratteristiche geomeccaniche, riconducibili anche alla presenza di torbe e argille organiche, risultano evidenti esclusivamente lungo la verticale CPT2, dal momento che in corrispondenza della CPT1 è stato raggiunto il rifiuto strumentale ad una profondità più superficiale, valutata in circa 5,8 m d.p.c. e corrispondente al passaggio ad un livello a comportamento granulare.

SISMICITA' DELL'AREA

1 - CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONALE DEL COMUNE

L'aggiornamento della classificazione sismica della Regione Toscana, redatto ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, è stato approvato con la Delibera della G.R.T. n. 878 dell' 08/10/2012 . A seguito di questo, causa la fusione di 14 comuni toscani con conseguente istituzione dal 1 gennaio 2014 di 7 nuove amministrazioni comunali, è stato aggiornato con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014.

Alla luce della vigente classificazione il comune di Vicopisano è attualmente inserito in **zona sismica 3**.

2 - CLASSIFICAZIONE DELLE STRUTTURE

2a - VITA NOMINALE DI PROGETTO

“La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali”.

Da informazioni fornite dal Tecnico Progettista, considerando la tipologia dell'intervento e la funzione specifica a cui dovrà assolvere (Tipo di Costruzione 2 – Costruzioni con livelli di prestazione ordinari), sulla base della *Tab. 2.4.I, N.T.C.2018*, la vita nominale dell'annesso in progetto è pari a:

$$V_N = 50 \text{ anni.}$$

2b - CLASSE D'USO DELLE COSTRUZIONI

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 *Classi d'Uso*.

All'intervento è attribuita una **Classe d'uso I** (*"Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli"*).

2c - PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle strutture vengono valutate in relazione ad un *Periodo di Riferimento* V_R che si ricava moltiplicando la Vita Nominale (" V_N ") per il *Coefficiente d'Uso* (" C_U "):

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore di C_U è definito, al variare della Classe d'Uso, come indicato nella *Tab. 2.4.II, N.T.C.2018.*

In questo caso: $C_U = 0,7$.

Pertanto il Periodo di Riferimento è pari a:

$$V_R = 35 \text{ anni}$$

3 - INDAGINI PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA E PER LA PARAMETRIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

La ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo ai fini della determinazione delle principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni è stata effettuata mediante una prospezione sismica del tipo MASW in modalità attiva (Multichannel Analysis of Surface Waves) ed una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per ottenere informazioni circa eventuali risonanze di sito e per meglio vincolare il modello V_s in profondità.

Il certificato e l'ubicazione dell'indagine sismica, nonché maggiori dettagli inerenti i sistemi di acquisizione utilizzati, sono riportati in allegato (Allegato 6 - Allegato 9).

3a - INDAGINE SISMICA MASW IN MODALITA' ATTIVA

La modellizzazione geotecnica del sottosuolo è stata effettuata attraverso una prospezione sismica del tipo MASW in modalità attiva (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Il metodo MASW consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali (V_s) basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

L'indagine, attraverso la stima della velocità di fase (curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, consente di ottenere informazioni sulla parte più superficiale del suolo (30-50 m di profondità) in funzione della rigidità del suolo stesso.

Nel caso in esame la sismica è stata eseguita utilizzando un prospektore Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit collegato a n°24 geofoni con interasse pari a 1,5 m e con frequenza propria di 4,5 Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh; la sorgente corrisponde ad una mazza battente da 10 kg.

3b - INDAGINE SISMICA HVSR

L'indagine sismica HVSR con configurazione a stazione singola è una tecnica passiva e non invasiva che attraverso lo studio del rumore sismico ambientale presente ovunque sulla superficie terrestre, generato dai fenomeni atmosferici, dall'attività antropica e dall'attività dinamica terrestre, consente di ottenere informazioni di tipo geognostico.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti.

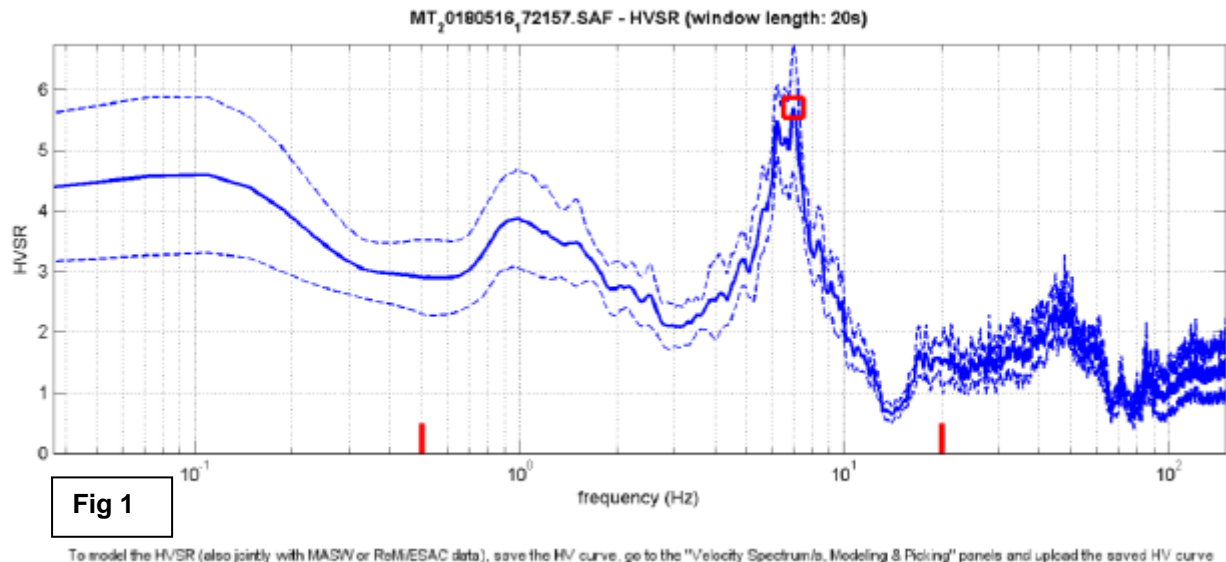
Dall'analisi e dall'interpretazione di tale metodologia si possono ottenere le seguenti informazioni:

- La stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine;
- La frequenza caratteristica di risonanza del sito (dove possibile). Questa rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nel costruire strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno ed evitare così l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità delle stesse;
- La frequenza fondamentale di risonanza di un edificio (dove possibile). Qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio e valutare se, in caso di sisma, la struttura potrà essere o meno a rischio.

In sintesi la metodologia consiste in una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra la componente orizzontale (H) e la componente verticale (V) delle

vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno, misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti.

L'esito della prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione (Fig.1). Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.



In merito alla ricostruzione stratigrafica le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici; nei casi costituiti da coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido è possibile stabilire una relazione tra lo spessore H dello strato attraversato, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo (V_s) e la frequenza di risonanza fondamentale (f):

$$f = V_s / 4H$$

A partire da tale formula, ricavando empiricamente la frequenza di sito attraverso l'indagine HVSR e le curve di dispersione ottenute da misure MASW, si ricavano informazioni di tipo stratigrafico.

Nel caso specifico sono evidenti picchi corrispondenti a frequenze elevate corrispondenti a discontinuità superficiali e un picco a frequenze più basse, frequenza di risonanza del sito ≈ 7 Hz, coincidente con un passaggio al bedrock sismico (prof. ≈ 90 m d.p.c.).

La frequenza di risonanza del sito costituisce un parametro fondamentale nell'ambito della progettazione, da tenere in debita considerazione nel dimensionamento delle strutture per evitare fenomeni di "doppia risonanza".

Sinteticamente tale fenomeno si verifica quando il periodo del terreno è paragonabile a quello degli edifici; in queste condizioni, in caso di terremoto, terreno ed edifici iniziano ad oscillare alla stessa frequenza e l'ampiezza delle oscillazioni tende ad aumentare sempre più fino al collasso dell'edificio.

La frequenza di vibrazione di una struttura è influenzata principalmente dall'altezza e dal materiale di costruzione.

Indicativamente se si considera una relazione tipica tra altezza di un edificio in cemento armato e il suo periodo di risonanza, con i relativi intervalli di confidenza, è possibile rappresentare in un grafico la relazione tra frequenza di risonanza del sito e l'altezza dell'edificio (Fig.2).

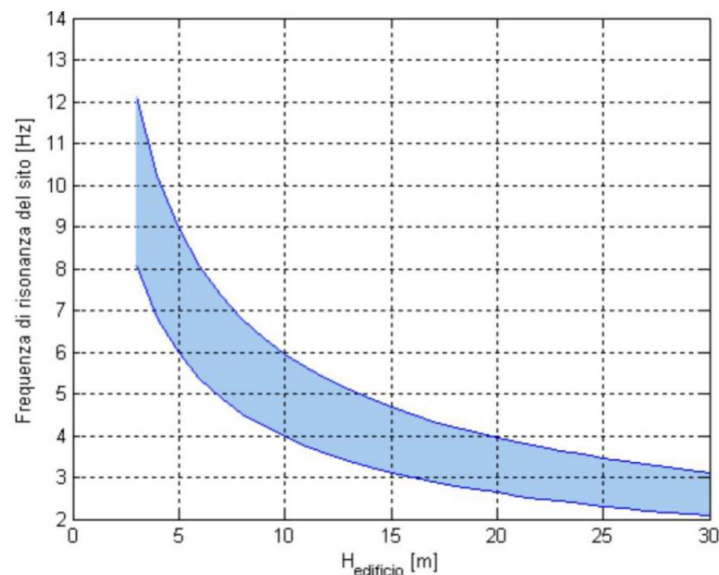


Fig.2

Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato: la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.

L'area blu indica la zona più vulnerabile in cui la coincidenza delle frequenze di risonanza (sito ed edificio) produce effetti di amplificazione che devono essere attentamente valutati perché sono proprio questi fenomeni a incidere pesantemente sulla stabilità degli edifici.

Nel caso specifico, dal grafico H/V (Fig.1) risulta che il picco di frequenza di risonanza significativo (7 Hz), all'interno dell'intervallo di frequenze ad interesse ingegneristico (tra 10^0 Hz e 10^1 Hz), produce effetti di amplificazione su edifici con H_{edificio} a partire da circa 4,0 m.

Infine le NTC2018 in merito all'argomento, al § 7.3.3.2 riportano che “*per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia distribuita in modo approssimativamente uniforme lungo l'altezza, T_1 (il periodo, T_1 espresso in secondi è l'inverso*

della frequenza, ovvero $T=1/f$ può essere stimato, in assenza i calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente:

$$T1 = 2\sqrt{d}$$

dove d è lo spostamento laterale elastico del punto più alto dell'edificio, espresso in metri, dovuto alla combinazione di carichi [2.5.7] applicata nella direzione orizzontale".

3c - INDAGINE CONGIUNTA MASW/HVSR

L'indagine congiunta, ottenuta facendo coincidere le curve di dispersione del modello con i segnali dello spettro di velocità e con la frequenza del picco principale della curva H/V, consente la ricostruzione stratigrafica fino ad una profondità di circa 140 m d.p.c..

Dall'elaborazione dei dati ottenuti si risale alla sequenza indicata nella seguente tabella (Fig.3):

Spessore (m)	Densità ₃ (g/cm ³)	V_s (m/sec)	V_p* (m/sec)	Coeff. Poisson*
0,3	1,61	80	159	0,33
2,0	1,70	110	229	0,35
2,0	1,74	130	271	0,35
2,0	1,87	220	458	0,35
2,0	1,88	230	478	0,35
2,0	1,98	350	729	0,35
80,0	2,04	450	936	0,35
50,0	2,15	800	1496	0,30
≈ 4,0	2,20	1100	1796	0,20

* = Valori approssimativi della Velocità delle onde longitudinali e del Coefficiente di Poisson.

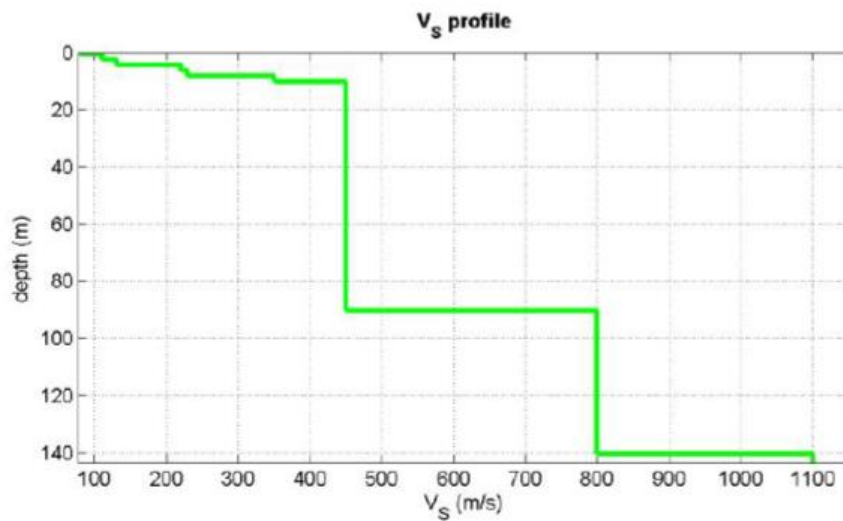


Fig 3

L'analisi consente di confermare quanto evidenziato in occasione delle indagini geognostiche ovvero il passaggio, ad una profondità dell'ordine dei 10 m e per un potente spessore, a litotipi con maggior grado di consistenza/addensamento.

3d - DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

La classificazione all'interno delle "Categorie di sottosuolo", ai sensi del D.M. 17/01/208 (Cap.3.2.2), è stata effettuata sulla base delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (m/s) mediante la seguente espressione:

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo H= 30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso specifico si ottiene un valore $V_{s30} = 287\text{m/s}$.

Alla luce di quanto emerso il terreno di fondazione è ascrivibile nella "**Categoria di sottosuolo C**".

Questa corrisponde a "**Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec".

3e - DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA

Di seguito vengono riportate le informazioni ed i dati necessari per la definizione dello spettro di risposta, valutati mediante il programma elettronico di calcolo "GEOSTRU – PS".

SITO OGGETTO DELL'INDAGINE

LATITUDINE (°)*	LONGITUDINE (°)*	CLASSE USO	VITA NOMINALE
43,709823	10,591767	1	50

SITO DI RIFERIMENTO

	LATITUDINE (°)*	LONGITUDINE (°)*	DISTANZA (m)
Sito 1 ID: 20271	43,6989	10,5856	1314,216
Sito 2 ID: 20272	43,7006	10,6547	5163,121
Sito 3 ID: 20050	43,7505	10,6524	6650,818
Sito 4 ID: 20049	43,7489	10,5832	4393,735

* = Coordinate espresse nel sistema di riferimento ED50.

PARAMETRI SISMICI

CAT. SOTTOSUOLO	CAT. TOPOGRAFICA	PERIODO RIFERIMENTO	COEFFICIENTE CU
C	T1	35	0,7

	Probab. Super. (%)	T _r (anni)	a _g (g)	F _o (-)	T _c [*] (s)
OPERATIVITA' (SLO)	81	30	0,041	2,566	0,236
DANNO (SLD)	63	35	0,044	2,565	0,240
SALVAGUARDIA VITA (SLV)	10	332	0,103	2,521	0,281
PREVENZ. COLLASSO (SLC)	5	682	0,135	2,449	0,287

dove:

Tr	=	periodo di ritorno dell'azione sismica, espresso in anni
a _g	=	accelerazione orizzontale massima attesa al sito. Il valore di a _g è dipendente dalle coordinate che identificano il sito su cui dovrà insistere la costruzione
F _o	=	valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale. Il valore di F _o è dipendente dalle coordinate che identificano il sito su cui dovrà insistere la costruzione
T _c *	=	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. Il valore di T _c * è dipendente dalle coordinate che identificano il sito su cui dovrà insistere la costruzione

COEFFICIENTI SISMICI

	S_s (-)	C_c (-)	S_t (-)	K_h (-)	K_v (-)	A_{max} (m/s ²)	Beta (-)
SLO	1,500	1,690	1,000	0,012	0,006	0,606	0,200
SLD	1,500	1,680	1,000	0,013	0,007	0,647	0,200
SLV	1,500	1,600	1,000	0,037	0,018	1,511	0,240
SLC	1,500	1,590	1,000	0,049	0,024	1,987	0,240

dove:

S _s	=	Coefficiente di amplificazione stratigrafica
C _c	=	Coefficiente funzione della categoria di suolo
S _t	=	Coefficiente di Amplificazione topografica
K _h	=	coefficiente di intensità sismica orizzontale.
K _v	=	coefficiente di intensità sismica verticale.
A _{max}	=	accelerazione massima orizzontale attesa al sito ed è dipendente dagli effetti di amplificazione stratigrafica e dagli effetti di amplificazione topografica.
Beta	=	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Per liquefazione si intende quel fenomeno che determina la “*perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate*”.

La normativa vigente in materia (Decreto Ministeriale 17.01.2018) prevede la verifica della “*stabilità nei confronti della liquefazione ad eccezione del verificarsi di almeno una delle seguenti condizioni (cap. 7.11.3.4.2 delle N.T.C.)*”:

1. *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*
2. *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
3. *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
4. *distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.*

Secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento al paragrafo 7.11.3.4.3 “la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista”.

Nel caso specifico la verifica è stata effettuata mediante un programma di calcolo (“Liquefazione dei terreni” – Sebastiano G. Monaco – EPC Editore) che verifica la suscettibilità alla liquefazione con Metodi Semplificati a partire dai dati acquisiti con la prova CPT in sito.

Questa tipologia di prova è considerata valida in quanto l'attrezzatura per l'esecuzione è ormai ben standardizzata e consente, per ciascun tratto d'infissione di 20 cm della punta del penetrometro, una rapida acquisizione dei valori della resistenza alla punta e della resistenza laterale locale prescindendo dalle capacità dell'operatore.

La suscettibilità alla liquefazione di un determinato tipo di terreno viene determinata con la definizione del fattore di sicurezza:

$$F_s = CRR/CSR$$

dove:

CRR = capacità di resistenza del terreno alla liquefazione (Cyclic Resistance Ratio);

CSR = sollecitazione ciclica indotta dall'azione del terremoto (Cyclic Stress Ratio).

I valori dell'accelerazione massima (a_{max}) sono stati definiti a partire dai parametri precedentemente riportati per la definizione dello spettro di risposta ("Sismicità dell'area – paragrafo 3e) mentre la magnitudo (M_w) dell'evento sismico attraverso le Mappe Interattive di Pericolosità Sismica elaborate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ("esse 1-gis.mi.ingv.it" dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Utilizzando il Metodo di Robertson e Wride (1998), con $a_{max/g} = 0,2$ e $M_w = 4,790$, per entrambe le prove penetrometriche CPT e per gli strati di spessore pari a 0,2 m esaminati, si hanno terreni non liquefacibili o caratterizzati da un valore minimo di $F_s = 2,5$ (spessore compreso tra p.c. e 1,4 m d.p.c.).

Solo per alcune limitate intercalazioni di livelli non plastici di natura granulare (spessori individuati tra 4,6 e 4,8 e tra 5,2 e 5,6 m d.p.c. nella CPT1 e tra 3,2 e 3,6 e a 10,2 m d.p.c. CPT2) il fattore di sicurezza, F_s , non risulta calcolabile.

In sintesi, per il sottosuolo indagato si ottengono valori dell'Indice del Potenziale di Liquefazione, $IP_L = 0$ ed un Rischio di Liquefazione = Molto basso (Iwasaki et al. 1978).

VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R DEL 2011

Nell'ambito dei successivi paragrafi, ai fini della definizione delle criticità e delle problematiche geologiche s.l. esistenti sul territorio ed alla luce degli approfondimenti effettuati, si è proceduto a rivedere e rivalutare le condizioni di pericolosità individuate dallo Strumento Urbanistico vigente per il Piano Attuativo di cui all'oggetto.

La determinazione della pericolosità geologica s.l. dell'area è stata effettuata sulla base delle indicazioni e direttive riportate nell'allegato A del D.P.G.R. 53/R del 2011 ("*Direttive per le indagini geologiche*").

1 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Le indagini eseguite nell'ambito della presente evidenziano nel sottosuolo livelli con scadenti proprietà geo-meccaniche.

Sulla base di questo si ritiene opportuno inserire l'area in classe di **Pericolosità Geologica elevata - "G.3"** (Allegato 10).

Questa corrisponde alle *“aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all’acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%”*.

2 - PERICOLOSITA' IDRAULICA

In merito alle problematiche di natura idraulica il Piano Strutturale vigente classifica l’area interessata dalla realizzazione dell’annesso agricolo in classe di *“Pericolosità 3 – Sottoclasse 3b”* corrispondente alle *“aree soggette ad esondazioni o sommersione in occasione di eventi eccezionali ovvero con tempi di ricorrenza tra i venti e i duecento anni”* mentre il P.G.R.A. in classe *“P1”* *“corrisponde ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale”*.

Alla luce delle incongruenze rilevate e nel rispetto della normativa vigente, nell’ambito delle indagini di supporto al P.M.A.A. è stato effettuato uno studio idrologico – idraulico redatto all’Ing. Silvia Lucia, al quale si rimanda, in modo da definire in maniera circostanziata le criticità idrauliche dell’area.

Dall’esito di tali studi risulta che la struttura in progetto andrà ad interessare un’area caratterizzata da una **Pericolosità Idraulica media – “I.2”** (Allegato 10).

Questa corrisponde alle *“aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr < 500$ anni”*.

Come riportato nello studio idrologico – idraulico di riferimento fenomeni di esondazione sono invece stati evidenziati in corrispondenza del Rio Piastraia, al margine sud occidentale della proprietà, comunque esterna all’area individuata per previsioni di tipo edilizio.

Tali zone ricadono in classe di *Pericolosità idraulica molto elevata – “I.4”*, corrispondente alle *“aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni”* ed in classe di *Pericolosità Idraulica elevata – “I.3”* ovvero *“aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni”* (Allegato 8).

3 - PERICOLOSITA' SISMICA

Per il Piano Attuativo di cui all’oggetto, così come previsto ai sensi dell’art.3 del D.P.G.R. 53/R del 2011, non sono state definite le condizioni di Pericolosità e Fattibilità dell’intervento in merito agli aspetti sismici.

**FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO AI SENSI DEL
D.P.G.R. 53/R DEL 2011**

Le condizioni alla trasformabilità del territorio sono strettamente legate alle situazioni di pericolosità e di criticità rispetto ai fenomeni che le generano e sono connesse agli effetti indotti dall'attuazione delle previsioni.

La fattibilità fornisce, quindi, indicazioni in merito alle limitazioni delle destinazioni d'uso del territorio in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate, nonché in merito agli studi e alle indagini da effettuare a livello attuativo ed edilizio ed alle eventuali opere necessarie per la mitigazione del rischio.

Nel caso specifico la Fattibilità di progetto è stata determinata applicando le indicazioni riportate al punto 3.1 dell'Allegato A (*"Direttive per le indagini geologiche"*) del 53/R del 2011, considerando le limitazioni alla trasformazione indotte da problematiche di tipo geologico ed idraulico.

FATTIBILITA' IN RELAZIONE AGLI ASPETTI GEOLOGICI: F3

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

"Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geologica elevata...la realizzazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva o contestuale realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza..."

FATTIBILITA' IN RELAZIONE AGLI ASPETTI IDRAULICI: F2

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

"Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica media per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità"

dovute a limitazioni di carattere idraulico. Qualora si voglia perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica, possono essere indicati i necessari accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o individuati gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni, tenendo conto comunque della necessità di non determinare aggravii di pericolosità di altre aree”.

Riassumendo, per la superficie interessata dalla costruzione dell'annesso, si ha:

PERICOLOSITA' E FATTIBILITA'			
ai sensi del D.P.G.R. n.53/R del 2011			
CLASSI DI PERICOLOSITA'		CLASSE DI FATTIBILITA'	
GEOLOGICA	IDRAULICA	GEOLOGICA	IDRAULICA
G.3	I.2	F.3	F.2

1 - CONDIZIONI ALLA TRASFORMAZIONE

Alla luce di quanto emerso nell'ambito delle indagini geologiche e idrologico - idrauliche di supporto al Piano Attuativo per la realizzazione dell'annesso agricolo di cui all'oggetto, l'intervento si inserisce in un territorio interessato da problematiche legate essenzialmente all'assetto litologico e litotecnico.

Le indagini effettuate per la modellizzazione geologica e sismica, già pianificate sulla base indicazioni del D.P.G.R. 36/R del 2009, evidenziano, infatti, la presenza di livelli altamente compressibili e a consistenza estremamente limitata al punto di rendere necessaria la possibilità di ricorrere a fondazioni profonde.

Per quanto concerne l'aspetto idraulico, in corrispondenza dell'area individuata per la realizzazione della struttura, gli studi idraulici non hanno evidenziato particolari criticità che rendano necessaria la pianificazione e la messa in opera di interventi di messa in sicurezza; nonostante questo, al fine della riduzione della vulnerabilità della struttura, potranno comunque essere previsti accorgimenti costruttivi, per eventi con $Tr > 200$ anni, che non vadano tuttavia a compromettere la sicurezza delle aree adiacenti.

Considerata inoltre la presenza di corpi idrici superficiali occorrerà accertarsi del rispetto della normativa vigente in merito alla tutela dei corsi d'acqua (L.R. 21/2012 – “*Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua*”); nel caso specifico, nel rispetto dell'art.1 comma 1 della suddetta legge, l'ubicazione del fabbricato in progetto è

prevista ad una distanza maggiore di dieci metri dal piede esterno dell'argine delle aste fluviali presenti.

In merito all'assetto idrogeologico, visto che la falda acquifera è localizzata ad una profondità estremamente superficiale e quindi vulnerabile, in assenza di fognatura pubblica alla quale allacciarsi, lo smaltimento dei reflui domestici dovrà essere effettuato mediante trattamenti appropriati, così come previsto dalla normativa vigente in materia (D.Lgs 152/2006; D.P.G.R. 46/R del 2008 e s.m.), con recapito finale degli stessi in acque superficiali.

CONCLUSIONI

La Relazione Geologica è stata prodotta a supporto di un Programma Aziendale Pluriennale di Miglioramento Agricolo Ambientale, ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 2011, nell'ambito del quale è prevista la realizzazione di un annesso agricolo funzionale all'azienda.

La documentazione è stata inoltre pianificata e predisposta, ai sensi del D.M.17/01/2018 e del D.P.G.R. 36/R del 2009, a supporto della pratica edilizia per l'intervento di cui all'oggetto.

La proprietà è ubicata in Via Butese n.50, loc. I Pratini, nel Comune di Vicopisano, in una zona geomorfologicamente stabile interessata dall'affioramento di depositi alluvionali.

La campagna geognostica e sismica e lo studio idrologico-idraulico effettuati hanno consentito di individuare le criticità presenti sul territorio riconducibili essenzialmente alle scadenti caratteristiche geotecniche del sottosuolo e all'elevata compressibilità di tali livelli, fino ad una profondità individuata lungo la verticale CPT2 di circa 10 m d.p.c..

L'area risulta inoltre interessata dalla presenza della falda acquifera ad una profondità estremamente superficiale, dell'ordine di 0,5 – 0,7 m d.p.c. (16/05/2018).

Dal punto di vista sismico l'esecuzione di un'indagine sismica congiunta del tipo MAWS/HVSR ha consentito di ricostruire l'andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità e di determinare con buona precisione la categoria sismica del suolo di fondazione (Categoria "C") a supporto della determinazione dell'azione sismica locale.

Dagli approfondimenti effettuati, ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 2011, l'area risulta attualmente inserita in Classe di Pericolosità geologica – G.3 ed in classe di Pericolosità Idraulica I.2..

Alla luce di quanto emerso e sulla base delle indicazioni e delle condizioni alla trasformazione riportate, l'intervento risulta compatibile con il contesto geologico nel quale è inserito motivo per cui non esistano impedimenti alla realizzazione del progetto in esame.

Dr. Geol. Chiara Marconi

Casciana Terme, 19/07/2018

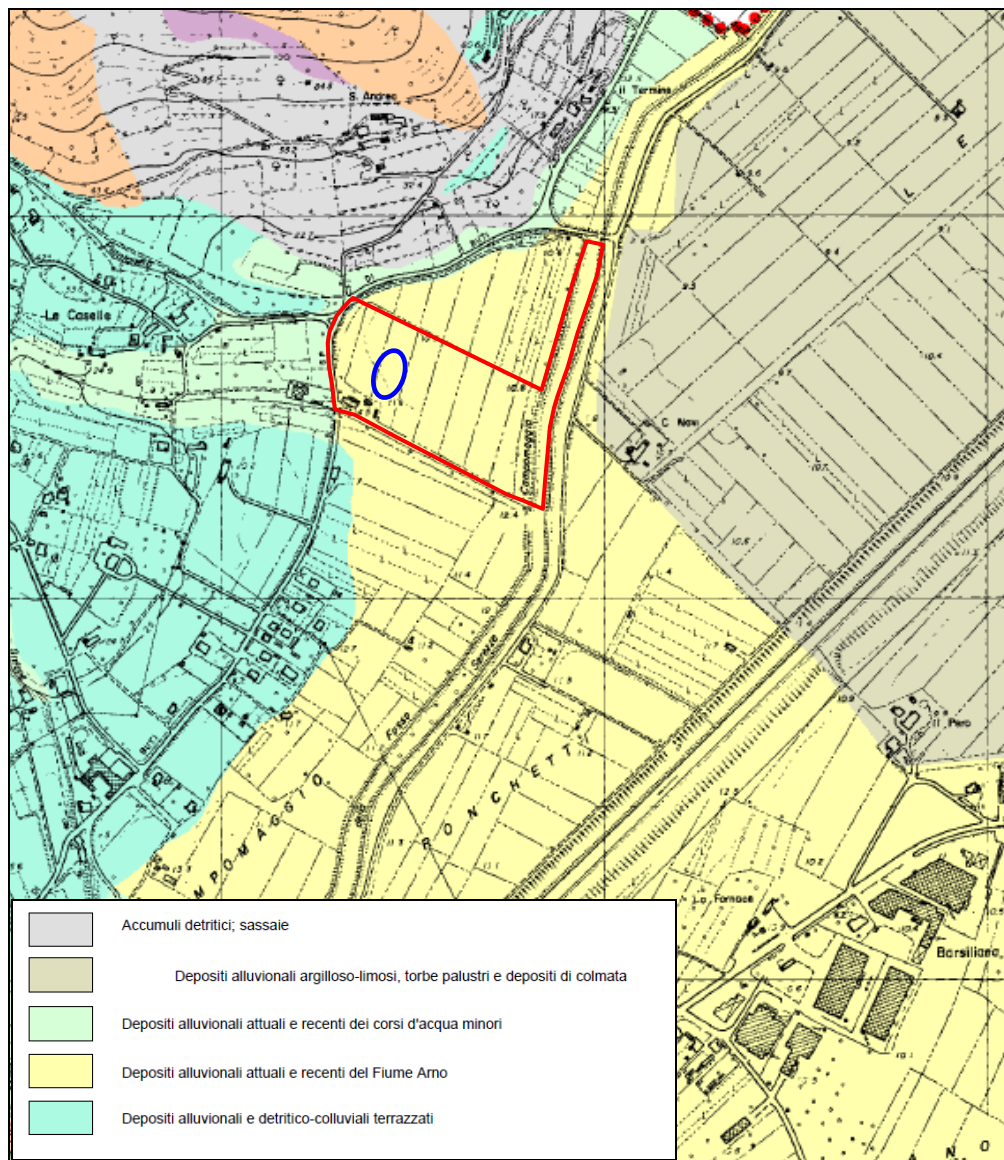
Costituiscono parte integrante della presente relazione i seguenti elaborati:

- ALLEGATO 1: "Corografia area di intervento" (scala 1:25.000 - 1:5.000);
- ALLEGATO 2: "Carta Geologica" (scala 1:10.000) – "Carta Geomorfologica" (1:10.000);
- ALLEGATO 3: "Carta del reticolo Idrografico" (scala 1:10.000) – "Carta Idrogeologica" (scala 1:10.000);
- ALLEGATO 4: "Carta della Pericolosità Geomorfologica" (scala 1:10.000) – "Carta della Pericolosità Idraulica" (scala 1:10.000);
- ALLEGATO 5: "Carta Piano Gestione Rischio Alluvioni" (scala 1:10.000) – "Carta della Vulnerabilità Idrogeologica" (scala 1:10.000);
- ALLEGATO 6: "Ubicazione Indagine geognostica e sismica (scala 1:2.000);
- ALLEGATO 7: "Relazione Tecnica – Prove Penetrometriche Statiche e Dinamiche";
- ALLEGATO 8: "Sezione Litotecnica" (scala 1:75);
- ALLEGATO 9: "Relazione Tecnica – Indagine Sismiche MASW e HVSR";
- ALLEGATO 10: "Carta della Pericolosità Geologica ai sensi del 53/R del 2011" (scala 1:5.000) - "Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi del 53/R del 2011" (scala 1:5.000);

CARTA GEOLOGICA

Estratto dal P.S. del Comune di Vicopisano

Scala 1:10.000

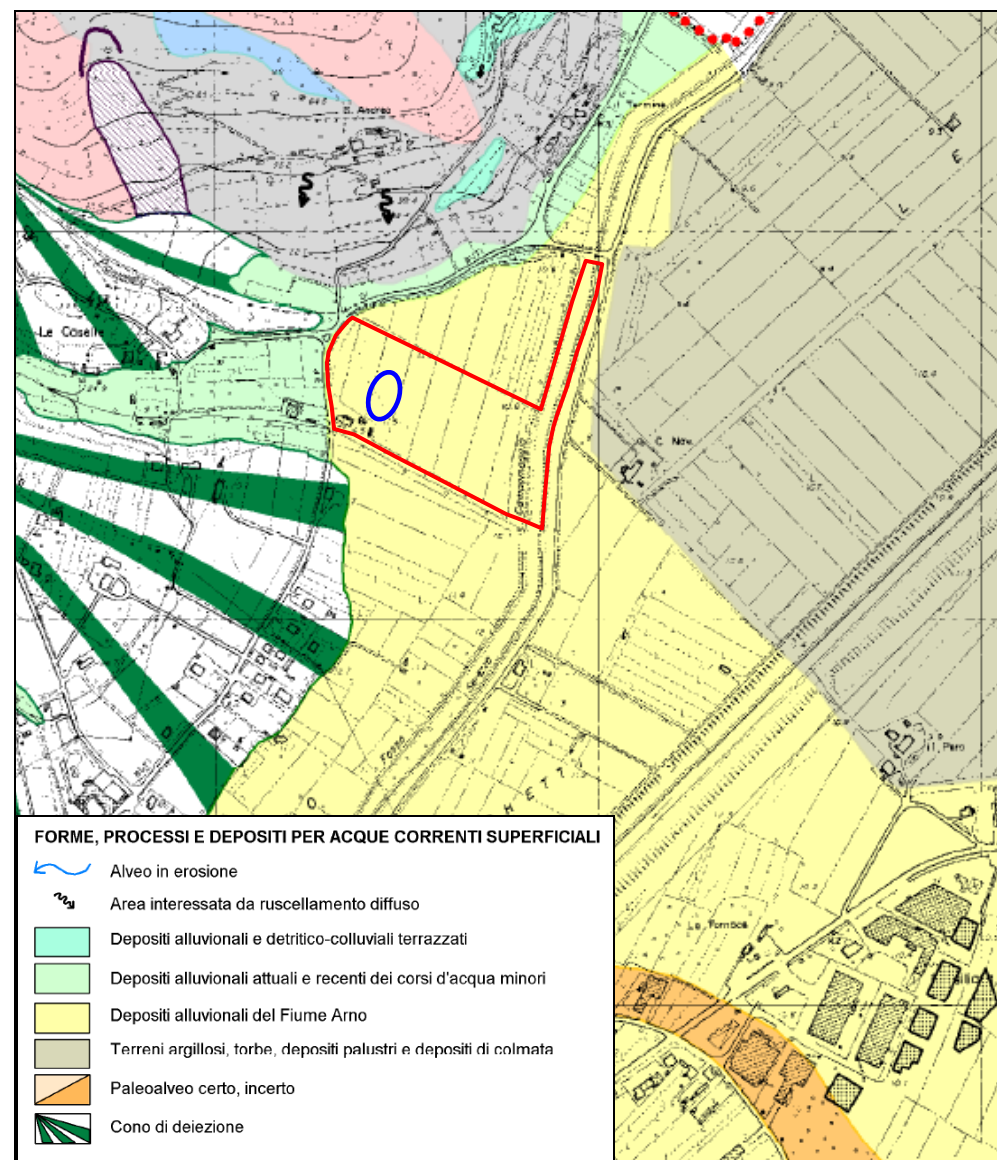


Perimetro dell'azienda
 Ubicazione annesso agricolo

CARTA GEOMORFOLOGICA

Estratto dal P.S. del Comune di Vicopisano

Scala 1:10.000

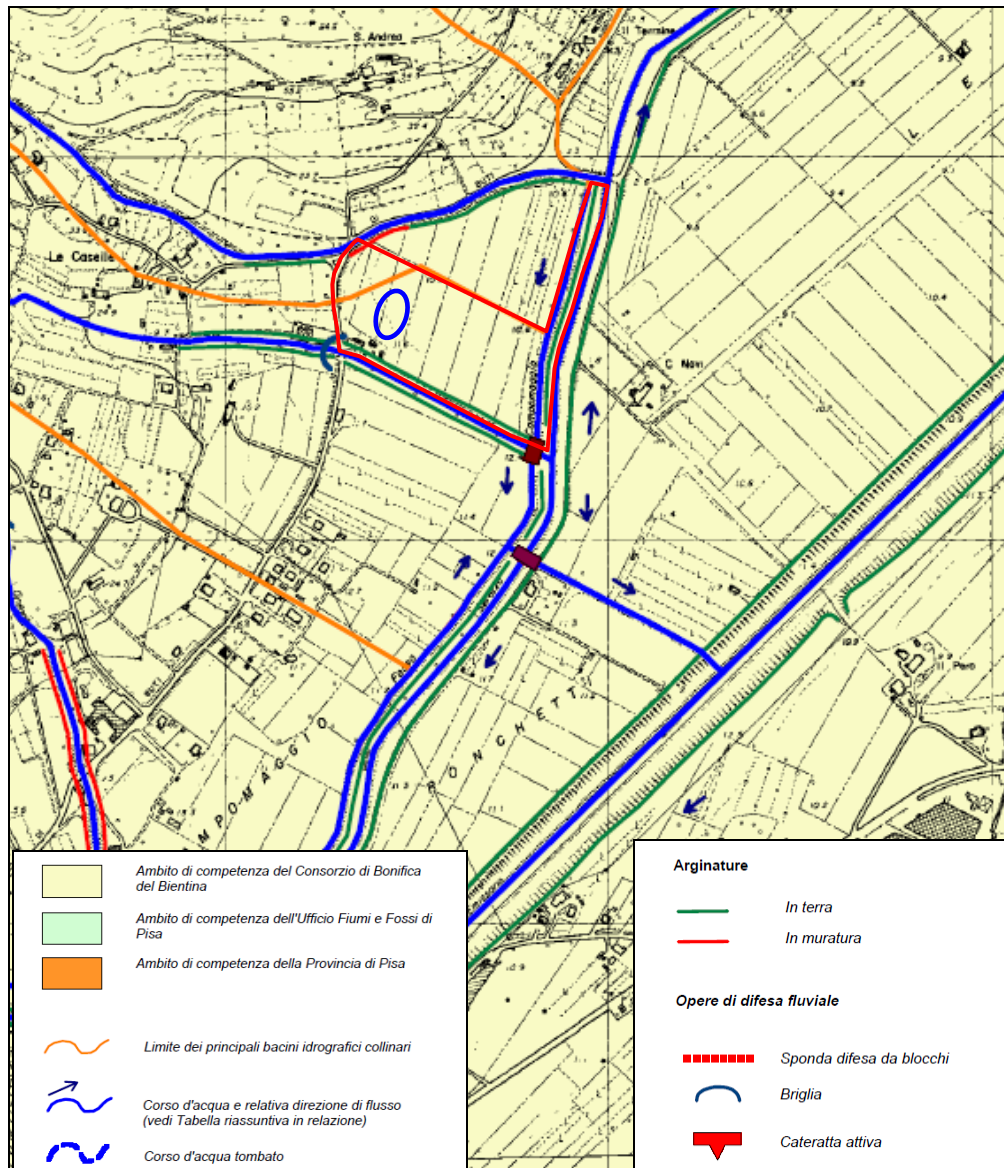


ALLEGATO 2

CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Estratto dal P.S. del Comune di Vicopisano

Scala 1:10.000

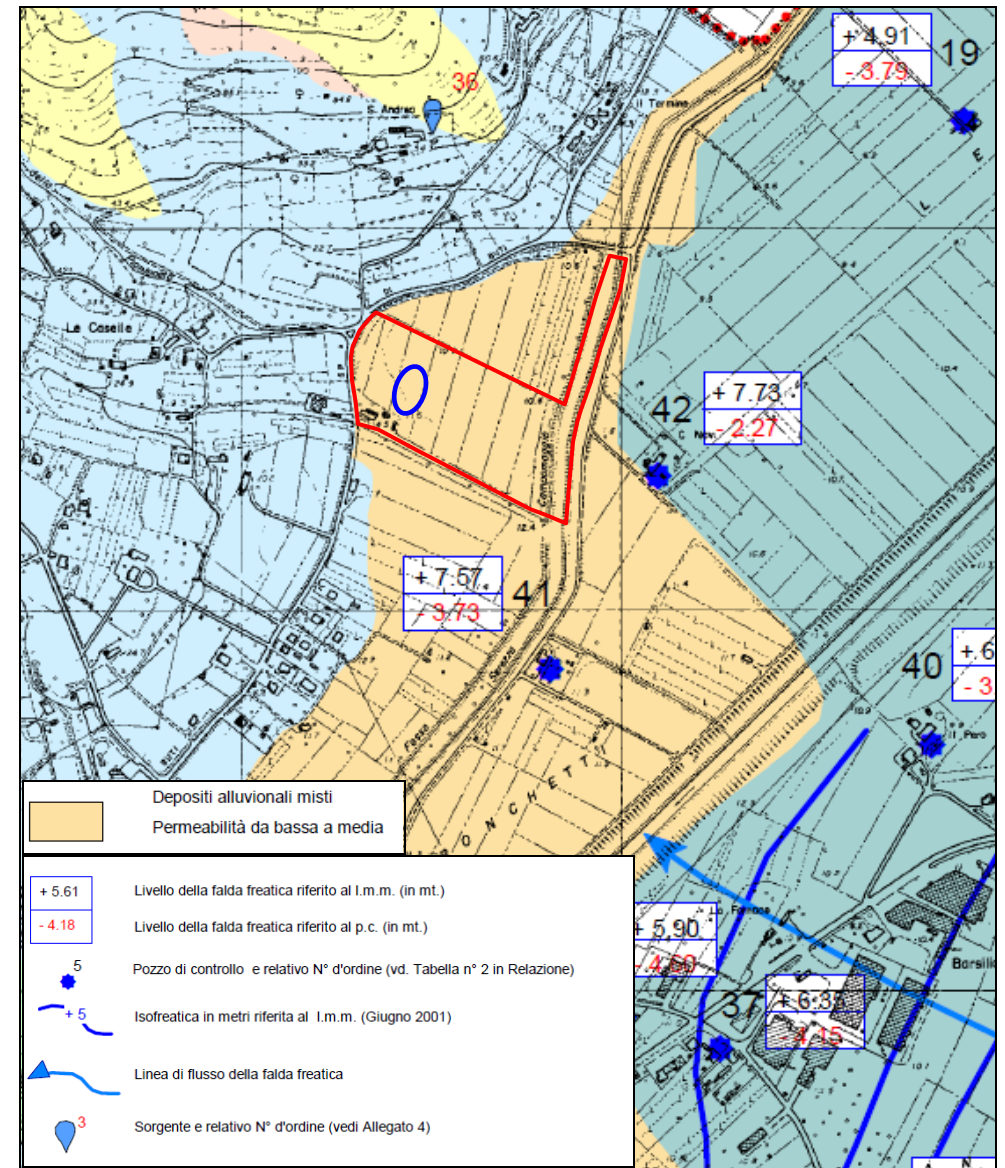


 Perimetro dell'azienda
 Ubicazione annesso agricolo

CARTA IDROGEOLOGICA

Estratto dal P.S. del Comune di Vicopisano

Scala 1:10.000

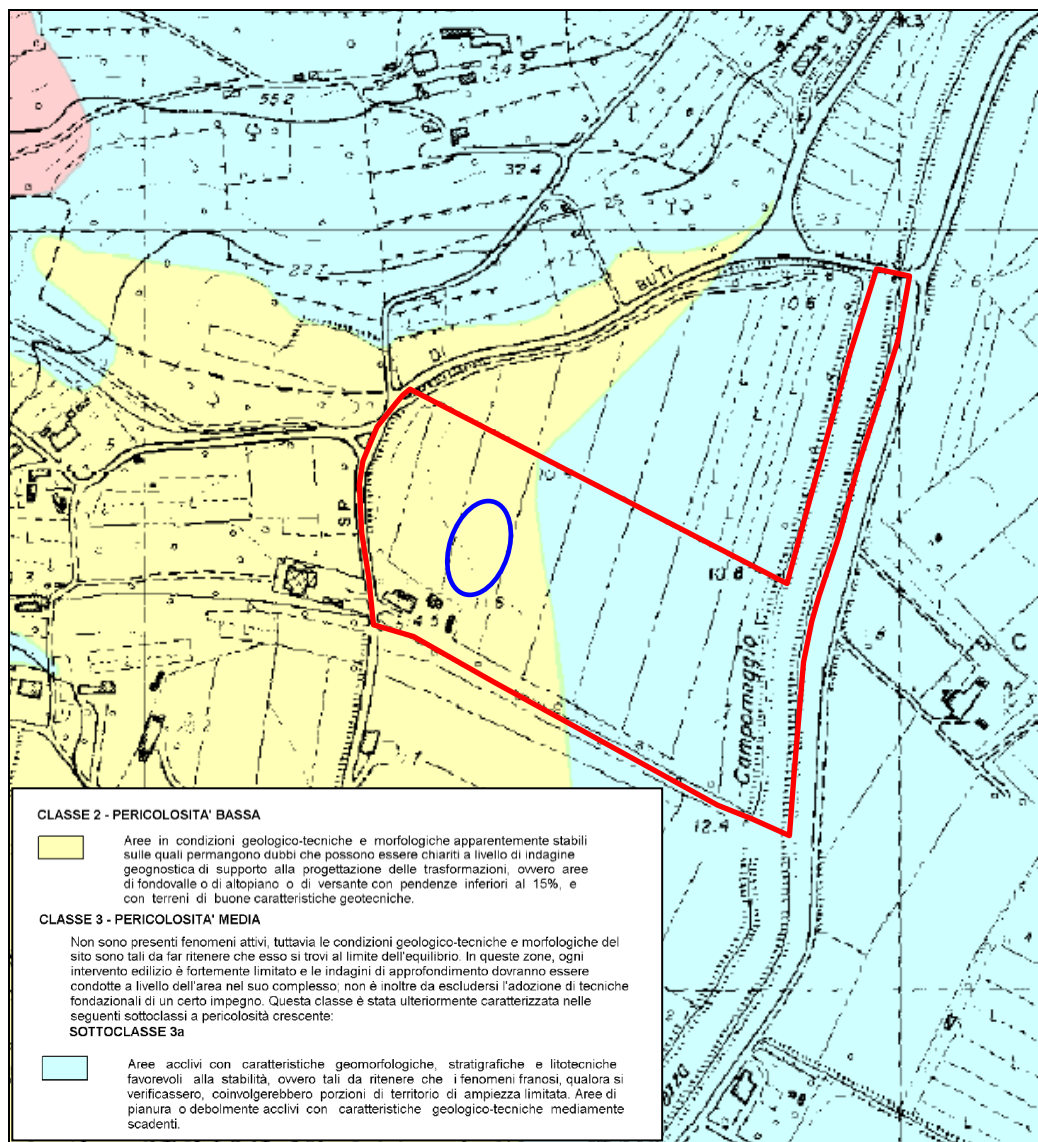


ALLEGATO 3

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Estratto dal P.S. del Comune di Vicopisano

Scala 1:5.000

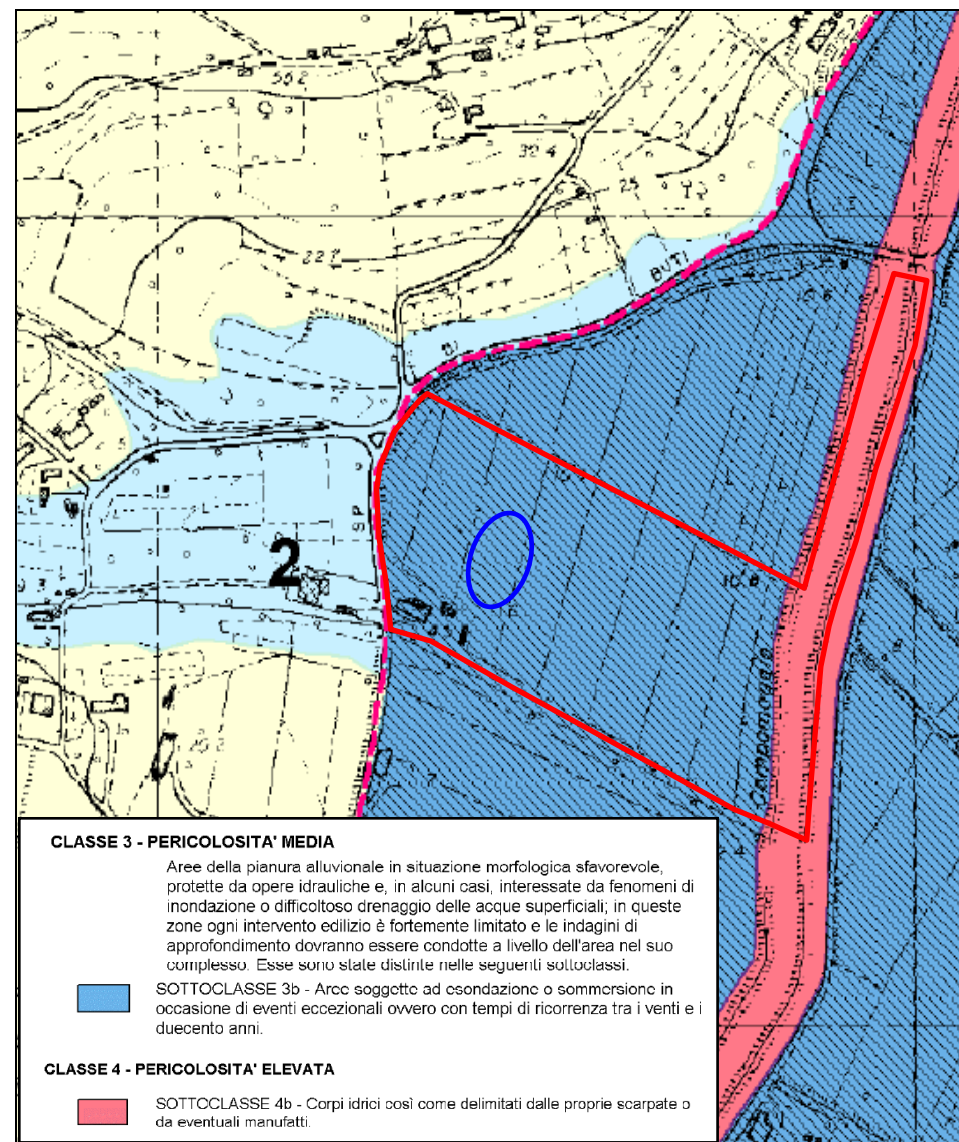


Perimetro dell'azienda
 Ubicazione annesso agricolo

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Estratto dal P.S. del Comune di Vicopisano

Scala 1:5.000

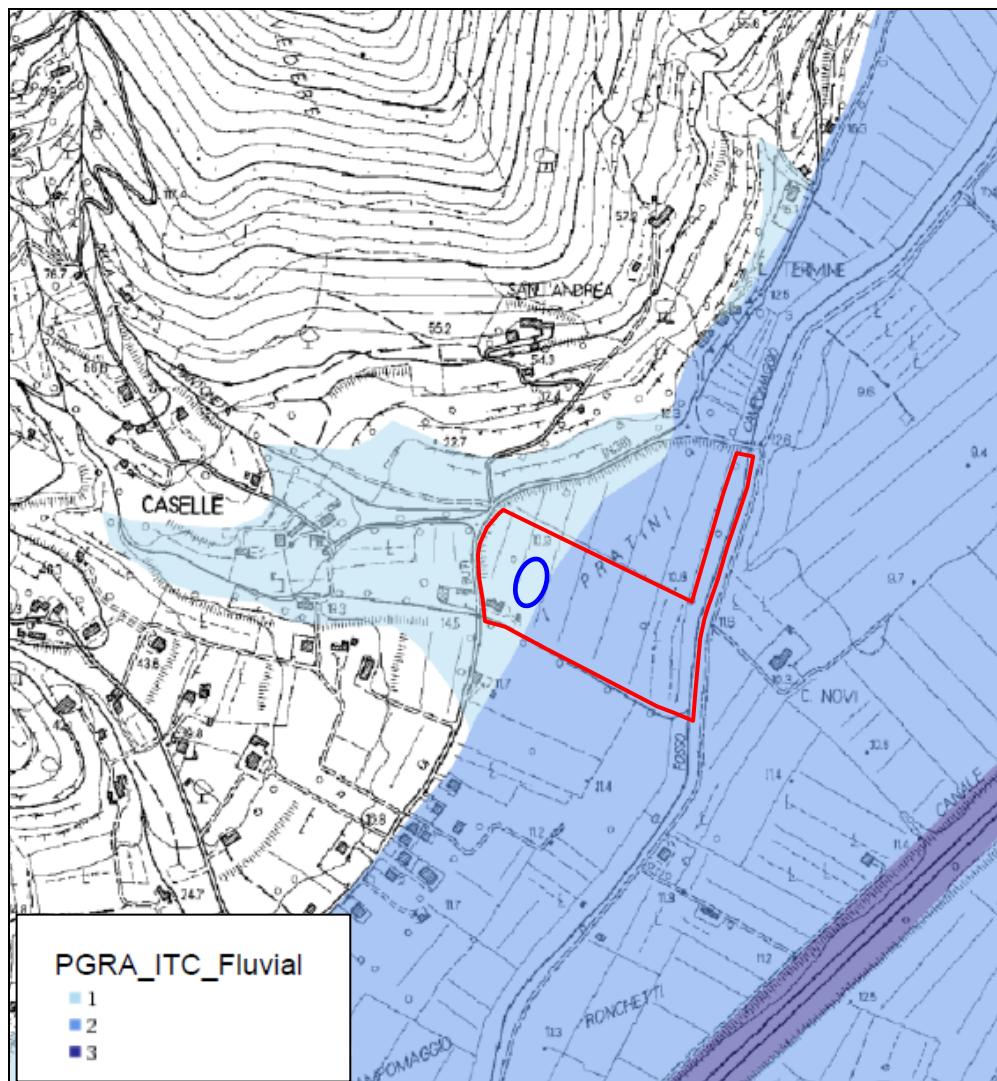


ALLEGATO 4

CARTA PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

Estratto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale

Scala 1:10.000

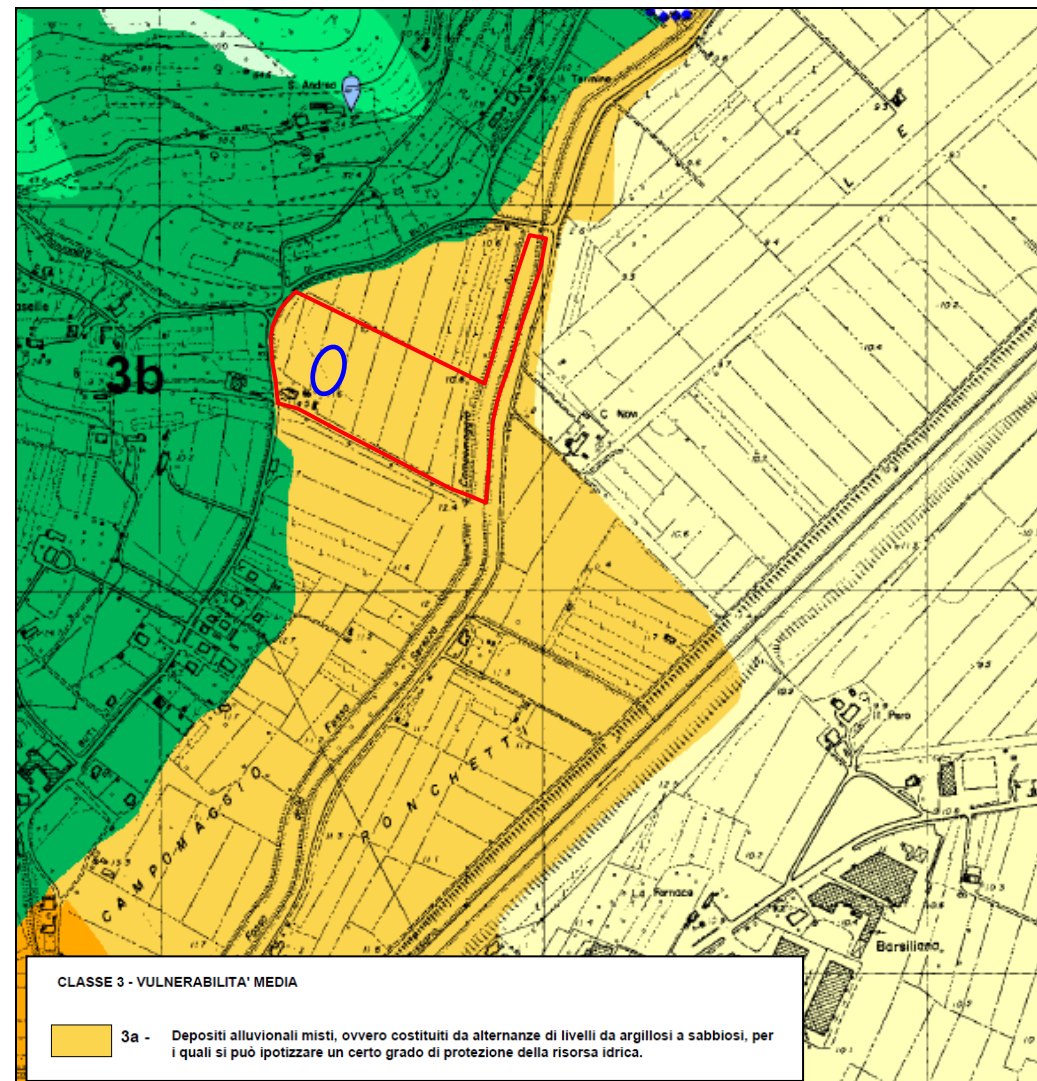


- Perimetro dell'azienda
- Ubicazione annesso agricolo

CARTA DELLA VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA

Estratto dal P.S. del Comune di Vicopisano

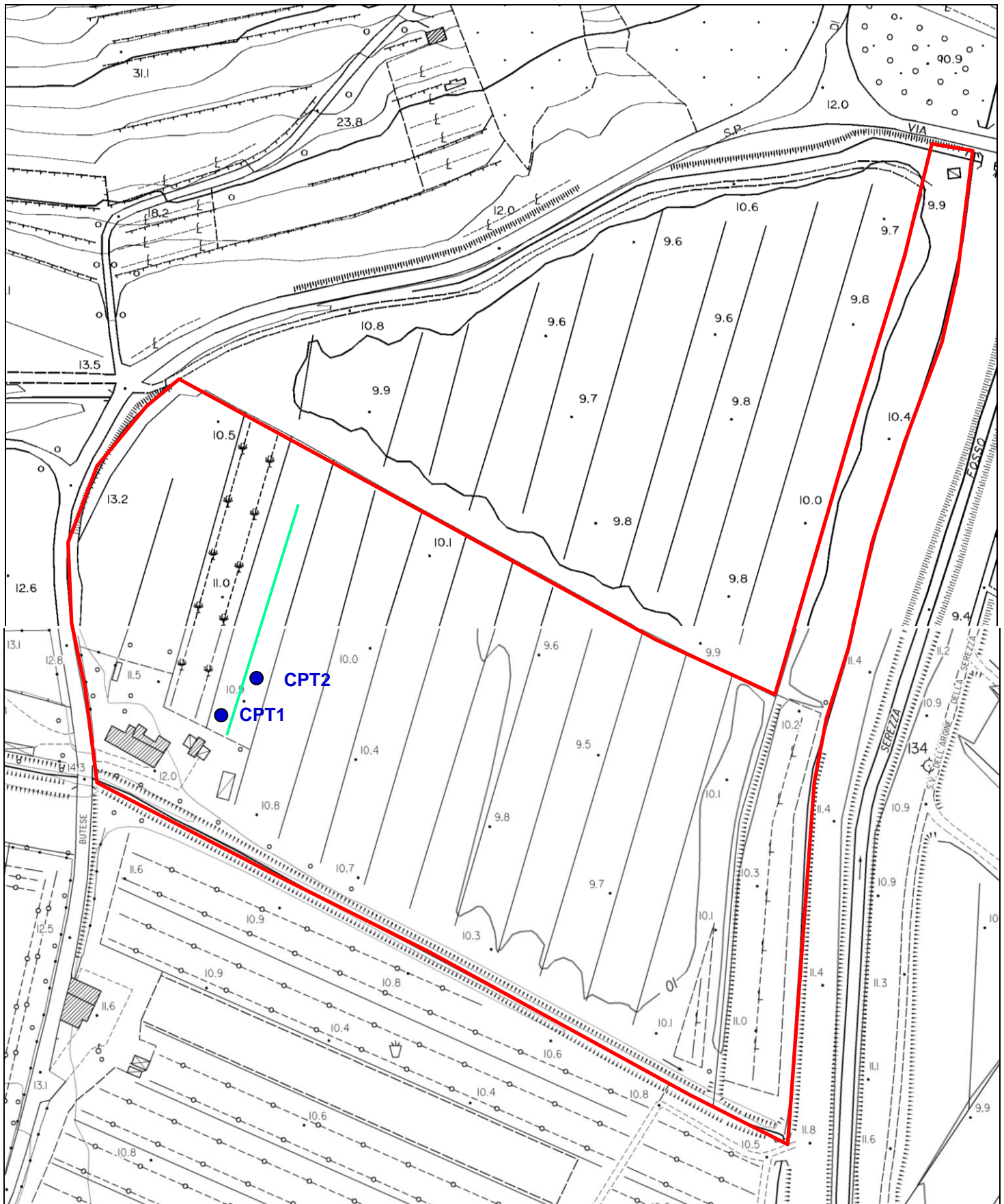
Scala 1:10.000



ALLEGATO 5

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

Scala 1: 2.000



- Indagine sismica MASW/HVSR
- Prove Penetrometriche Statiche (CPT)
- Perimetro dell'azienda

RELAZIONE TECNICA

Committente:

Sig.ra Maria Grazia Baroni

Località: Vicopisano (PI)

Data Indagine: 16/05/2018

Codice lavoro: 180516b

**PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
CPT
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
DPSH**

ALLEGATO 7

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 18/05/2018

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Prova penetrometrica CPT/DIN 1



Figura 2: Prova penetrometrica CPT 2

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm}$ - $h = 133 \text{ mm}$ - $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

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

N.B. : nonostante la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale f_s viene computata alla stessa quota della punta .

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

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

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

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

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

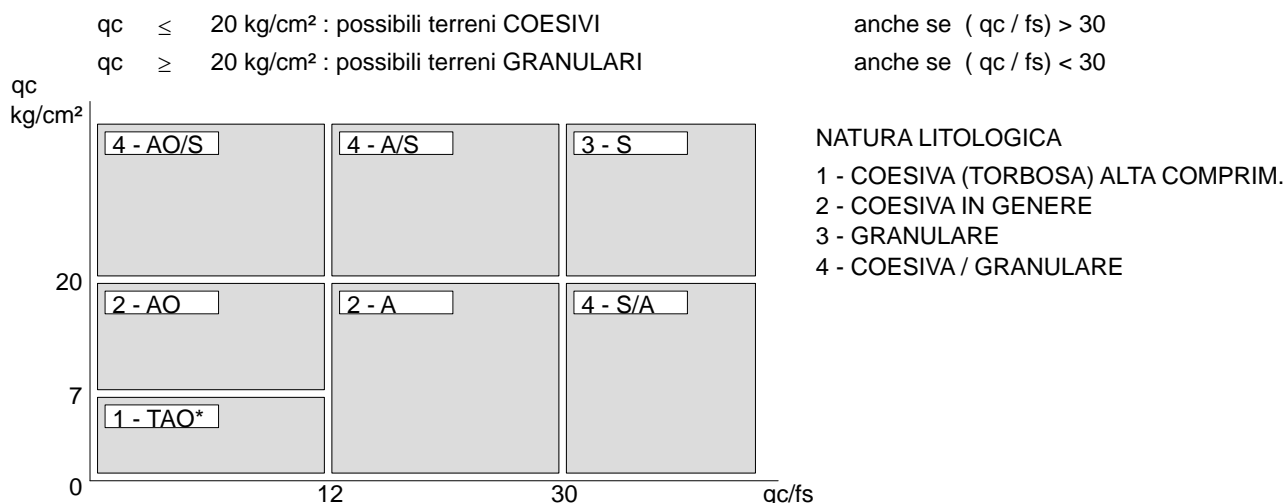
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia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

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

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

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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



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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - q_c - σ'_{vo})
 \emptyset'_{Ca} - Caquot (1948) \emptyset'_{Ko} - Koppejan (1948)
 \emptyset'_{DB} - De Beer (1965) \emptyset'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 \emptyset'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) \emptyset'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Yoshida Motonori 1988)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
1

riferimento

180516b

certificato n°

197/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 Cantiere: **180516b**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **16/05/2018**

 Data certificato: **18/05/2018**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Falda: **-0,50 m** da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00										
0,40	19,0	28	0	19,00	0,60	32	3,2								
0,60	18,0	24	0	18,00	0,40	45	2,2								
0,80	18,0	23	0	18,00	0,33	55	1,8								
1,00	11,0	18	0	11,00	0,47	23	4,3								
1,20	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4								
1,40	5,0	7	0	5,00	0,13	38	2,6								
1,60	5,0	7	0	5,00	0,13	38	2,6								
1,80	5,0	7	0	5,00	0,13	38	2,6								
2,00	7,0	10	0	7,00	0,20	35	2,9								
2,20	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
2,40	5,0	7	0	5,00	0,13	38	2,6								
2,60	3,0	4	0	3,00	0,07	43	2,3								
2,80	2,0	4	0	2,00	0,13	15	6,5								
3,00	3,0	4	0	3,00	0,07	43	2,3								
3,20	4,0	5	0	4,00	0,07	57	1,8								
3,40	5,0	6	0	5,00	0,07	71	1,4								
3,60	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
3,80	28,0	55	0	28,00	1,80	16	6,4								
4,00	10,0	18	0	10,00	0,53	19	5,3								
4,20	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0								
4,40	7,0	10	0	7,00	0,20	35	2,9								
4,60	110,0	215	0	110,00	7,00	16	6,4								
4,80	90,0	130	0	90,00	2,67	34	3,0								
5,00	36,0	70	0	36,00	2,30	16	6,4								
5,20	47,0	80	0	47,00	2,20	21	4,7								
5,40	68,0	102	0	68,00	2,27	30	3,3								
5,60	450,0	500	0	450,00	3,33	135	0,7								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

 fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT
1

riferimento

180516b

certificato n°

197/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 Cantiere: **180516b**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Scala: **1:60**

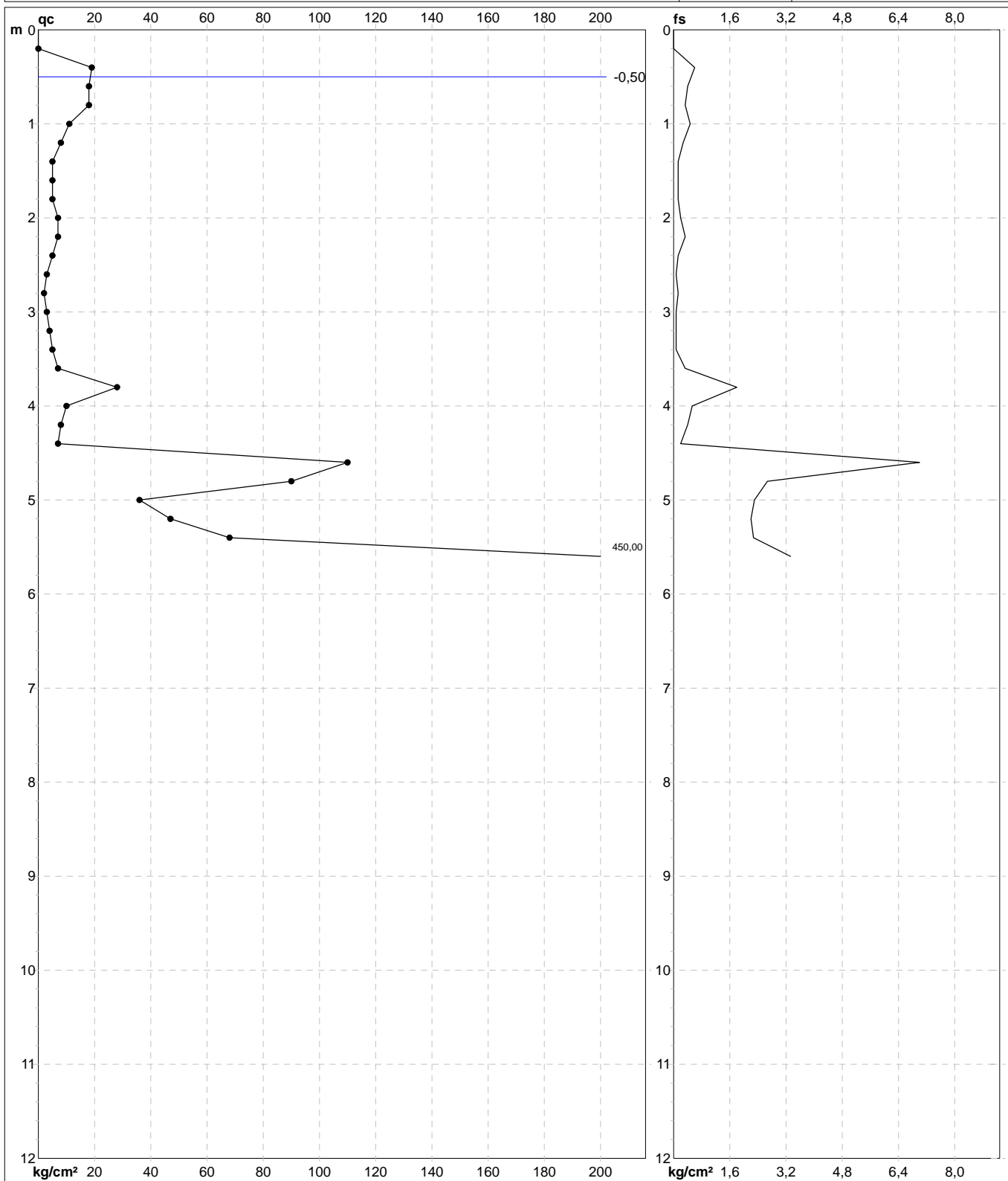
 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data esec.: **16/05/2018**

 Data certificato: **18/05/2018**

Quota inizio:

 Falda: **-0,50 m** da p.c.

 Penetrometro: **TG63-200**
 Responsabile: **Geol. Jacopo Martini**
 Assistente:

 Preforo: **m**
 Corr.astine: **kg/ml**
 Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
1

riferimento

180516b

certificato n°

197/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 Cantiere: **180516b**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

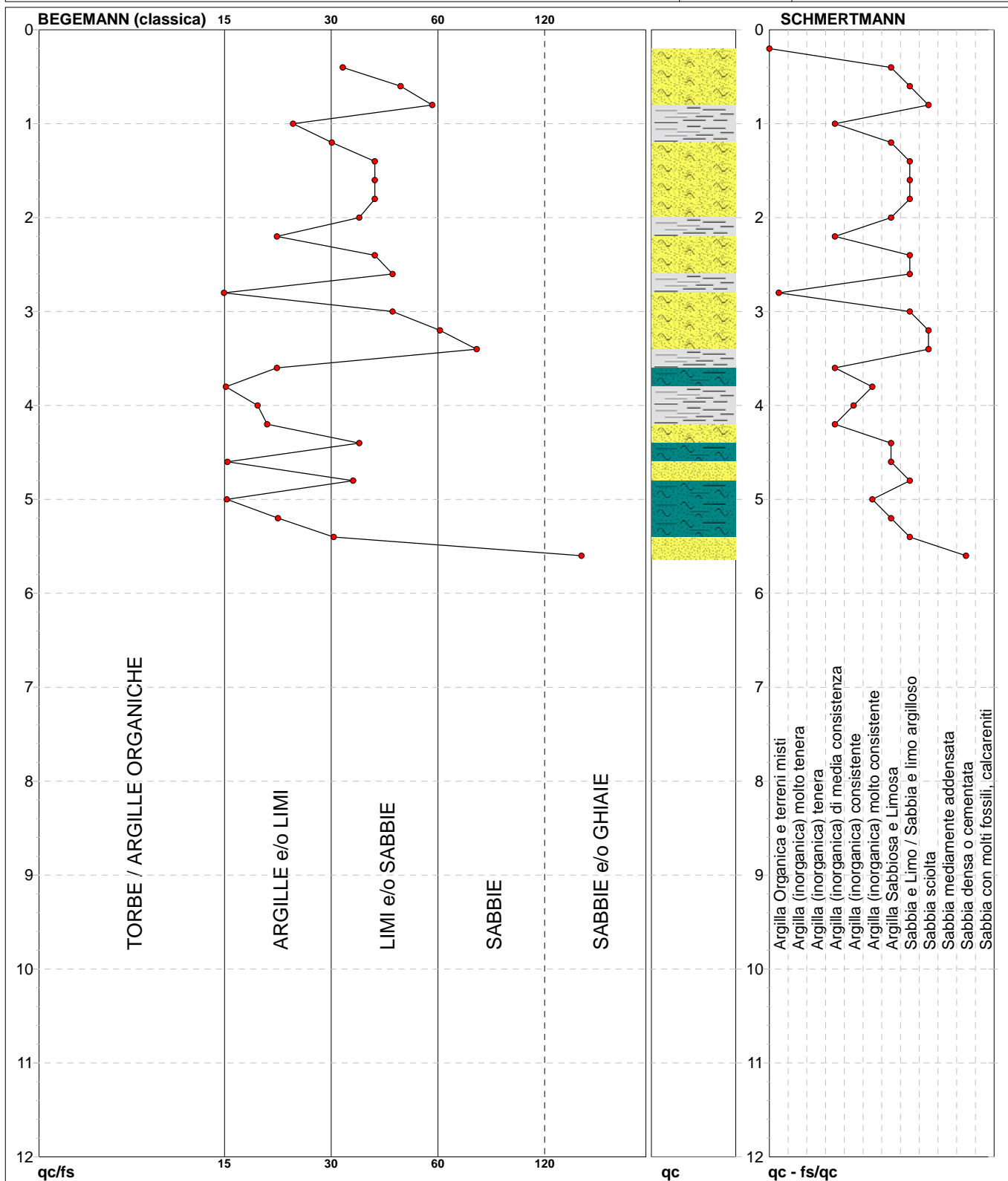
 Scala: **1:60**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data eseg.: **16/05/2018**

 Data certificato: **18/05/2018**

 Falda: **-0,50 m da p.c.**


Torbe / Argille org. :	33 punti, 55,93%	Argilla Organica e terreni misti:	1 punti, 1,69%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 10,17%
Argille e/o Limi :	12 punti, 20,34%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 6,78%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	9 punti, 15,25%
Limi e/o Sabbie :	13 punti, 22,03%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 1,69%	Sabbia sciolta:	3 punti, 5,08%
Sabbie:	1 punti, 1,69%	Argilla (inorganica) molto consist.:	2 punti, 3,39%	Sabbia densa o cementata:	1 punti, 1,69%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,69%				

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT
1

riferimento

180516b

certificato n°

197/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **16/05/2018**

 Cantiere: **180516b**

 Data certificato: **18/05/2018**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Falda: **-0,50 m** da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ' vo U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0,20	--	--	4	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,40	19,00	31,67	4	1,92	0,08	79	0,78	99,9	131,8	197,8	58,1	78	39	37	35	32	41	27	--	31,7	47,5	57,0	
0,60	18,00	45,00	4	0,91	0,09	77	0,75	84,5	127,5	191,3	56,2	71	38	36	33	31	40	27	--	30,0	45,0	54,0	
0,80	18,00	54,55	4	0,91	0,11	79	0,75	67,6	127,5	191,3	56,2	66	37	35	32	30	39	27	--	30,0	45,0	54,0	
1,00	11,00	23,40	2	0,91	0,13	75	0,54	36,9	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	8,00	29,63	2	0,86	0,15	69	0,40	21,9	68,0	102,0	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,40	5,00	38,46	4	0,81	0,16	59	0,25	10,7	42,5	63,8	25,0	13	30	27	24	22	30	25	--	8,3	12,5	15,0	
1,60	5,00	38,46	4	0,81	0,18	60	0,25	9,5	43,1	64,7	25,0	11	30	26	23	22	30	25	--	8,3	12,5	15,0	
1,80	5,00	38,46	4	0,81	0,20	60	0,25	8,5	46,4	69,6	25,0	9	29	26	23	21	29	25	--	8,3	12,5	15,0	
2,00	7,00	35,00	4	0,83	0,21	73	0,35	11,7	59,5	89,3	32,2	18	31	27	24	23	31	26	--	11,7	17,5	21,0	
2,20	7,00	21,21	2	0,84	0,23	73	0,35	10,7	59,5	89,3	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	5,00	38,46	4	0,81	0,25	62	0,25	6,4	63,4	95,1	25,0	3	28	25	21	20	28	25	--	8,3	12,5	15,0	
2,60	3,00	42,86	4	0,78	0,26	63	0,15	3,1	72,2	108,4	15,0	--	28	22	18	18	25	25	--	5,0	7,5	9,0	
2,80	2,00	15,38	2	0,74	0,28	--	0,10	1,8	57,2	85,8	10,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	3,00	42,86	4	0,78	0,29	64	0,15	2,7	77,0	115,5	15,0	--	28	21	18	17	25	25	--	5,0	7,5	9,0	
3,20	4,00	57,14	4	0,80	0,31	64	0,20	3,7	86,7	130,1	20,0	--	28	23	19	18	26	25	--	6,7	10,0	12,0	
3,40	5,00	71,43	4	0,81	0,32	65	0,25	4,6	90,1	135,2	25,0	--	28	23	20	19	27	25	--	8,3	12,5	15,0	
3,60	7,00	21,21	2	0,84	0,34	78	0,35	6,5	87,7	131,5	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	28,00	15,56	4	0,96	0,36	107	0,97	21,6	164,1	246,2	84,0	53	35	31	28	27	36	28	--	46,7	70,0	84,0	
4,00	10,00	18,87	2	0,90	0,38	79	0,50	8,9	89,4	134,1	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	8,00	20,00	2	0,86	0,39	79	0,40	6,4	102,3	153,5	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	7,00	35,00	4	0,83	0,41	80	0,35	5,1	113,0	169,5	32,2	2	28	24	21	19	27	26	--	11,7	17,5	21,0	
4,60	110,00	15,71	4	1,06	0,43	155	3,67	90,9	623,3	935,0	330,0	96	41	37	35	32	41	34	--	183,3	275,0	330,0	
4,80	90,00	33,71	3	0,98	0,45	147	--	--	--	--	--	88	40	36	33	31	40	33	--	150,0	225,0	270,0	
5,00	36,00	15,65	4	0,99	0,47	118	1,20	20,2	204,0	306,0	108,0	55	36	31	28	27	35	30	--	60,0	90,0	108,0	
5,20	47,00	21,36	4	1,01	0,49	128	1,57	26,7	266,3	399,5	141,0	63	37	32	30	28	37	31	--	78,3	117,5	141,0	
5,40	68,00	29,96	4	1,02	0,51	140	2,27	40,3	385,3	578,0	204,0	75	39	34	31	29	38	32	--	113,3	170,0	204,0	
5,60	450,00	135,14	3	1,15	0,54	255	--	--	--	--	--	100	42	43	41	38	45	40	--	750,0	1125,0	1350,0	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
2

riferimento

180516b

certificato n°

198/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **16/05/2018**

 Cantiere: **180516b**

 Data certificato: **18/05/2018**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Falda: **-0,60 m** da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00										
0,40	12,0	14	0	12,00	0,13	92	1,1								
0,60	11,0	15	0	11,00	0,27	41	2,5								
0,80	11,0	14	0	11,00	0,20	55	1,8								
1,00	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
1,20	9,0	11	0	9,00	0,13	69	1,4								
1,40	10,0	12	0	10,00	0,13	77	1,3								
1,60	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7								
1,80	7,0	10	0	7,00	0,20	35	2,9								
2,00	5,0	7	0	5,00	0,13	38	2,6								
2,20	3,0	5	0	3,00	0,13	23	4,3								
2,40	4,0	5	0	4,00	0,07	57	1,8								
2,60	5,0	7	0	5,00	0,13	38	2,6								
2,80	6,0	9	0	6,00	0,20	30	3,3								
3,00	7,0	13	0	7,00	0,40	18	5,7								
3,20	190,0	220	0	190,00	2,00	95	1,1								
3,40	160,0	180	0	160,00	1,33	120	0,8								
3,60	40,0	80	0	40,00	2,67	15	6,7								
3,80	11,0	15	0	11,00	0,27	41	2,5								
4,00	4,0	6	0	4,00	0,13	31	3,3								
4,20	5,0	7	0	5,00	0,13	38	2,6								
4,40	9,0	12	0	9,00	0,20	45	2,2								
4,60	10,0	14	0	10,00	0,27	37	2,7								
4,80	12,0	22	0	12,00	0,67	18	5,6								
5,00	10,0	19	0	10,00	0,60	17	6,0								
5,20	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5								
5,40	11,0	15	0	11,00	0,27	41	2,5								
5,60	14,0	35	0	14,00	1,43	10	10,2								
5,80	9,0	16	0	9,00	0,47	19	5,2								
6,00	16,0	26	0	16,00	0,67	24	4,2								
6,20	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7								
6,40	5,0	11	0	5,00	0,40	13	8,0								
6,60	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5								
6,80	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4								
7,00	8,0	23	0	8,00	0,97	8	12,1								
7,20	16,0	21	0	16,00	0,33	48	2,1								
7,40	8,0	20	0	8,00	0,80	10	10,0								
7,60	19,0	30	0	19,00	0,73	26	3,8								
7,80	4,0	11	0	4,00	0,49	8	12,3								
8,00	4,0	5	0	4,00	0,07	57	1,8								
8,20	3,0	5	0	3,00	0,13	23	4,3								
8,40	3,0	6	0	3,00	0,20	15	6,7								
8,60	3,0	5	0	3,00	0,13	23	4,3								
8,80	3,0	6	0	3,00	0,20	15	6,7								
9,00	4,0	7	0	4,00	0,20	20	5,0								
9,20	4,0	6	0	4,00	0,13	31	3,3								
9,40	4,0	7	0	4,00	0,20	20	5,0								
9,60	4,0	7	0	4,00	0,20	20	5,0								
9,80	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
10,00	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9								
10,20	140,0	180	0	140,00	2,67	52	1,9								
10,40	90,0	110	0	90,00	1,33	68	1,5								
10,60	120,0	140	0	120,00	1,33	90	1,1								
10,80	450,0	500	0	450,00	3,33	135	0,7								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

 fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT
2

riferimento

180516b

certificato n°

198/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 Cantiere: **180516b**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Scala: **1:60**

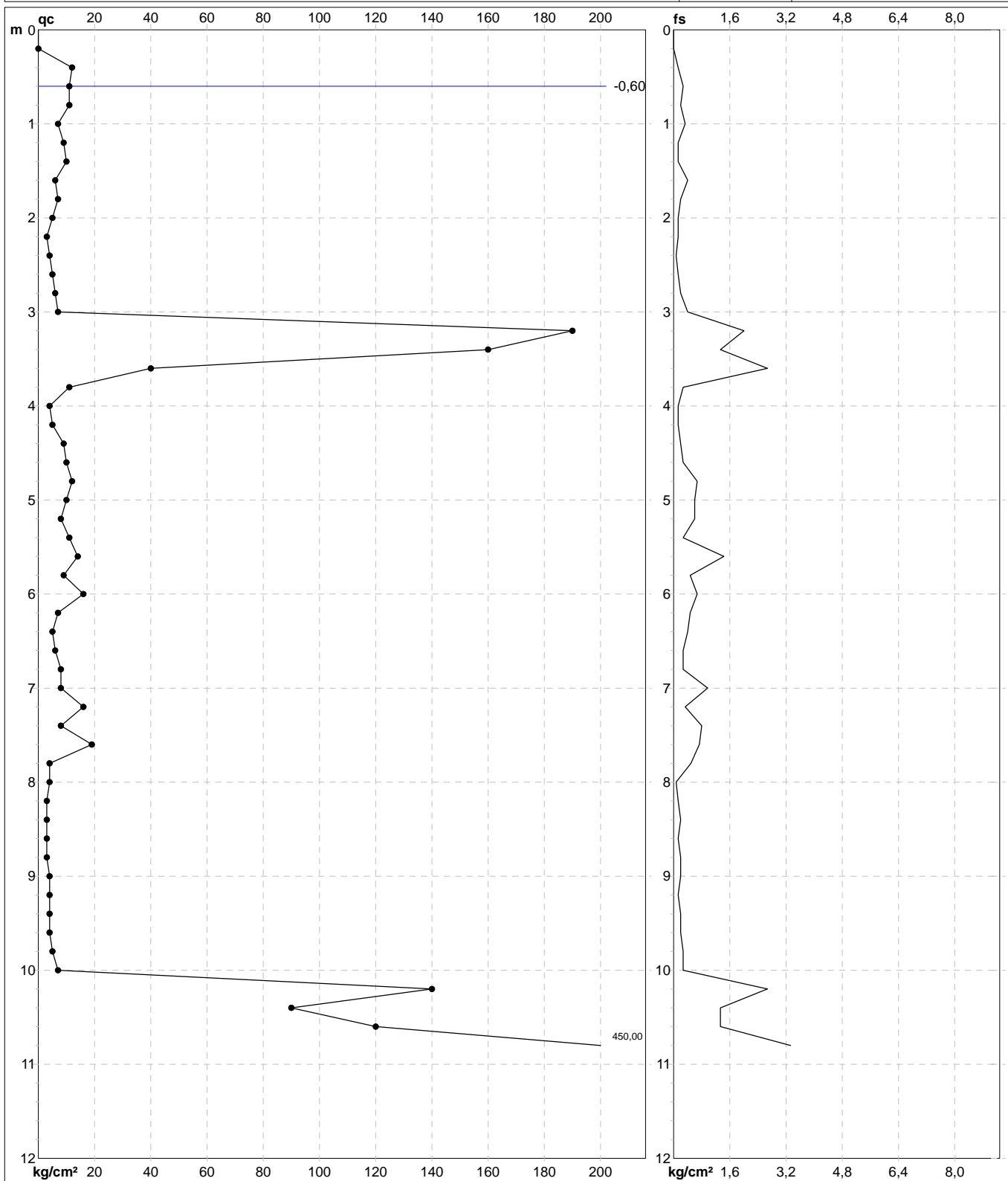
 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data eseg.: **16/05/2018**

 Data certificato: **18/05/2018**

Quota inizio:

 Falda: **-0,60 m** da p.c.

 Penetrometro: **TG63-200**
 Responsabile: **Geol. Jacopo Martini**
 Assistente:

 Preforo: **m**
 Corr.astine: **kg/ml**
 Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
2

riferimento

180516b

certificato n°

198/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 Cantiere: **180516b**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

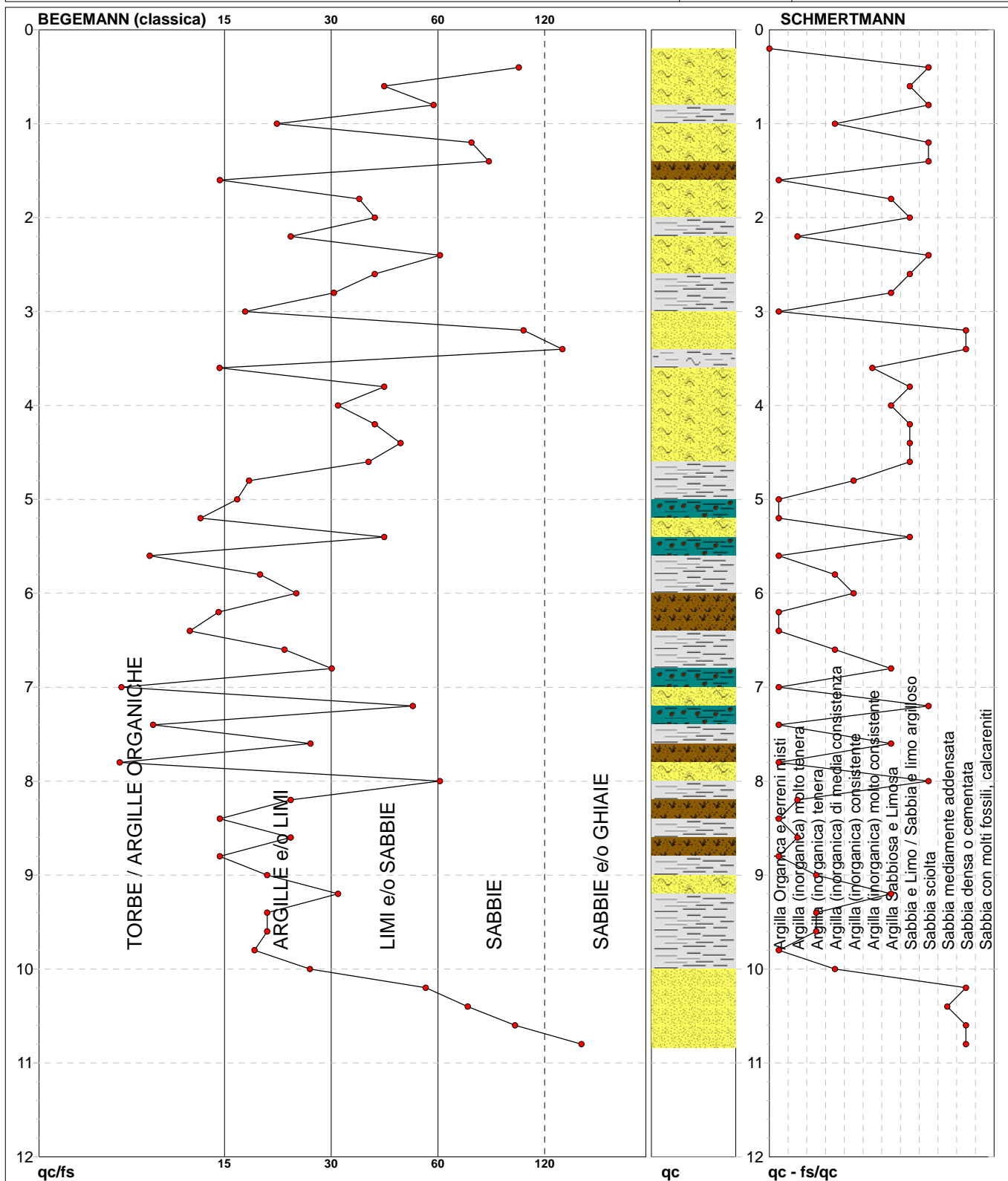
 Scala: **1:60**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data eseg.: **16/05/2018**

 Data certificato: **18/05/2018**

 Falda: **-0,60 m da p.c.**


Torbe / Argille org. :	18 punti, 30,51%	Argilla Organica e terreni misti:	13 punti, 22,03%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 10,17%
Argille e/o Limi :	18 punti, 30,51%	Argilla (inorganica) molto tenera:	3 punti, 5,08%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	8 punti, 13,56%
Limi e/o Sabbie :	16 punti, 27,12%	Argilla (inorganica) tenera:	3 punti, 5,08%	Sabbia sciolta:	7 punti, 11,86%
Sabbie:	6 punti, 10,17%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 6,78%	Sabbia mediamente addensata:	1 punto, 1,69%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 3,39%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 3,39%	Sabbia densa o cementata:	5 punti, 8,47%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 1,69%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	riferimento	180516b
	certificato n°	198/18

Committente: Sig.ra Maria Grazia Baroni	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 16/05/2018
Cantiere: 180516b	Pagina: 1	Data certificato: 18/05/2018
Località: Vicopisano (PI)	Elaborato:	Falda: -0,60 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
0,20	--	--	4	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

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

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

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

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

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

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

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

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

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

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

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

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

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

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

media-scarto quadratico medio (M-s)

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

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

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

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

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

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

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

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

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

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

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

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

ove il rapporto $\beta = Q/Qspt$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT ($Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$,

$A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente

prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

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

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

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

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

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

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

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [$p_{specifico} G = 2.70$]

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

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

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g)]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Yoshida Motonori 1988)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

DIN
1

riferimento

180516b

certificato n°

199/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 Cantiere: **180516b**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **16/05/2018**

 Pagina: **1**

 Data certificato: **18/05/2018**

Elaborato:

 Falda: **-0,50 m** da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	0		0,00					
0,40	1	0		0,00					
0,60	1	0		0,00					
0,80	2	0		0,00					
1,00	2	0		0,00					
1,20	2	0		0,00					
1,40	2	0		0,00					
1,60	3	0		0,00					
1,80	3	0		0,00					
2,00	3	0		0,00					
2,20	3	0		0,00					
2,40	3	0		0,00					
2,60	4	0		0,00					
2,80	4	0		0,00					
3,00	4	0		0,00					
3,20	4	0		0,00					
3,40	4	0		0,00					
3,60	5	0		0,00					
3,80	5	0		0,00					
4,00	5	0		0,00					
4,20	5	0		0,00					
4,40	5	0		0,00					
4,60	6	0		0,00					
4,80	6	0		0,00					
5,00	6	0		0,00					
5,20	6	0		0,00					
5,40	6	9		65,31					
5,60	7	7		47,84					
5,80	7	100		683,41					

H = profondità

L1 = prima lettura (colpi punta)

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta

Asta = numero di asta impiegata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN
1

riferimento

180516b

certificato n°

199/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 Cantiere: **180516b**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

Scala: 1:60

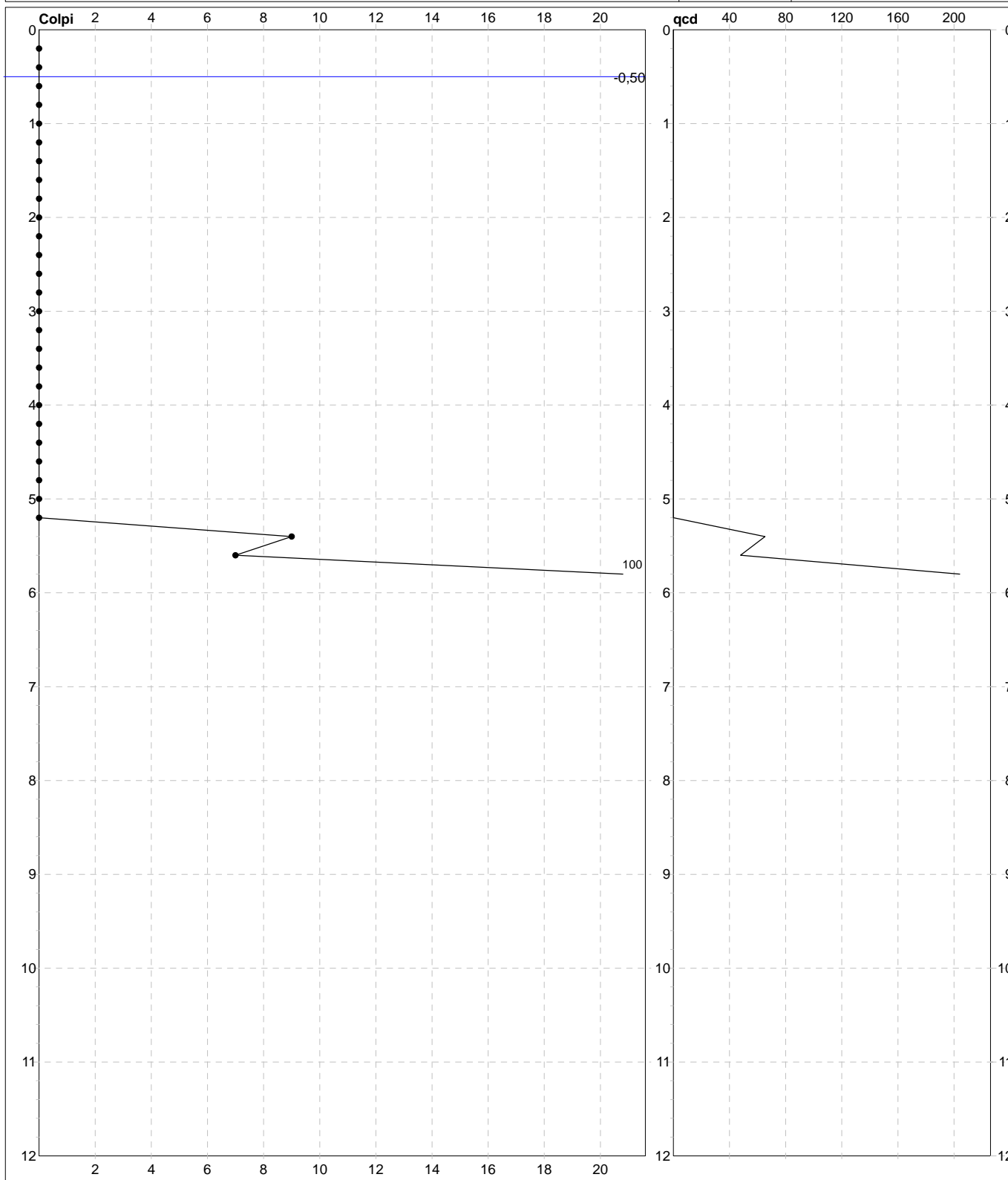
Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 16/05/2018

Data certificato: 18/05/2018

Falda: -0,50 m da p.c.


Penetrometro: DPSH (S. Heavy)

Massa battente: 63,50 m

Altezza caduta: 0,75 m

Avanzamento: 0,20 m

Responsabile: Geol. Jacopo Martini

Assistente:

Preforo: m

Corr.astine: kg/ml

Cod.ISTAT: 0

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN
1

riferimento

180516b

certificato n°

199/18

 Committente: **Sig.ra Maria Grazia Baroni**

 Cantiere: **180516b**

 Località: **Vicopisano (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 16/05/2018

Data certificato: 18/05/2018

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -0,50 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	5,20 : 5,60	Media	8	1,49	12	56,58	52,25	159	88	2,83	Coes./Gran.	
2	5,60 : 5,80	Media	100	1,49	149	683,41	615,07	271	657	34,17	Coes./Gran.	

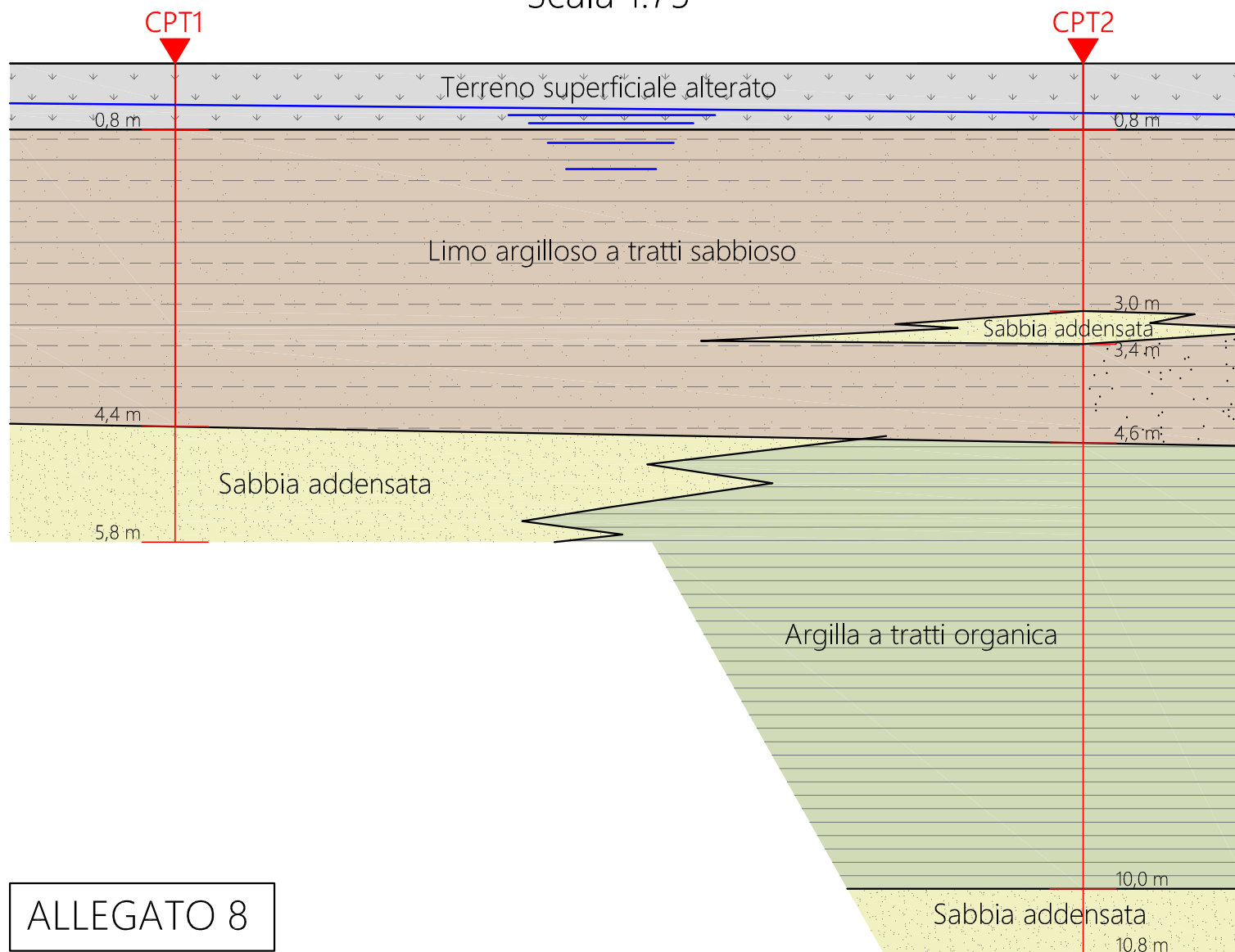
NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	5,20 : 5,60	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	207	- - -
2	5,60 : 5,80	149	9,31	2,10	20,20	0,55	331	100	45	1340	2,24	1,99	1392	- - -

SEZIONE LITOTECNICA

Scala 1:75



ALLEGATO 8



Azienda Certificata
ISO 9001:2008 N. 70Q16704
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e
geofisiche, ambientali, idrometriche"



Committente: Sig.ra Maria
Grazia Baroni

Località: Vicopisano

Data Indagine: 16/05/2018

Codice lavoro: 180516b

INDAGINI SISMICHE MASW

INDAGINI SISMICHE HVSR

ALLEGATO 9

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 21/05/2018

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

Sommario

PREMESSA	3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR	4
GENERALITA'	4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE	7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR	7
INDAGINI MASW	10
GENERALITA'	10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE	11
INDAGINI EFFETTUATE	12
ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR	13

PREMESSA

Per incarico della Sig.ra Maria Grazia Baroni , sono state eseguite indagini geofisiche in Località Vicopisano.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR) utile a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremiti;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

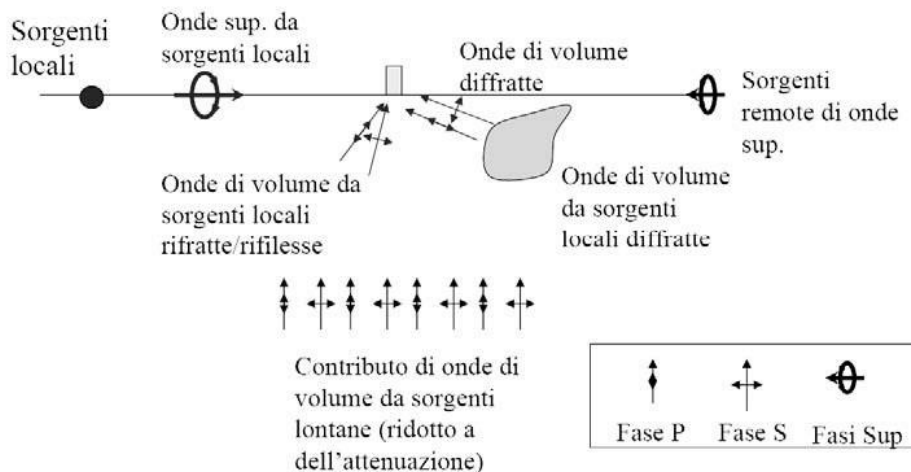


Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

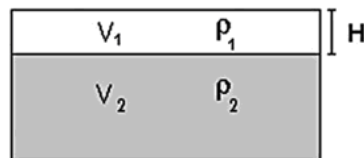
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (equazione 1):

$$(f_r) = V_s / 4H$$

$$(f_r) = V_p / 4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'utilità delle misure H/V risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure *MASW*, a vincolare il modello V_s specie in profondità.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico SARA "SR04 GeoBox" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W).

Sono state eseguite n°1 registrazioni della durata di circa 20 minuti.

ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations*, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

HVSR 1

Dataset: MT_20180516_172157.SAF

Sampling frequency (Hz): 300

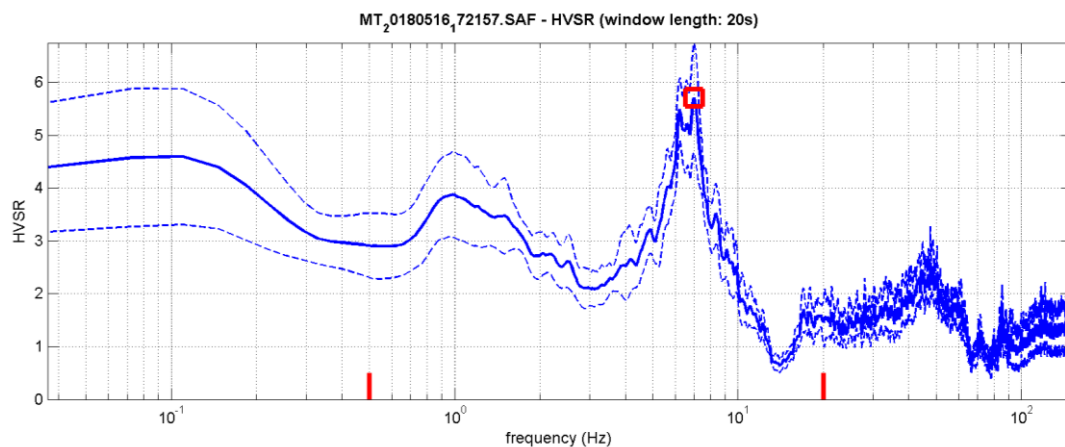
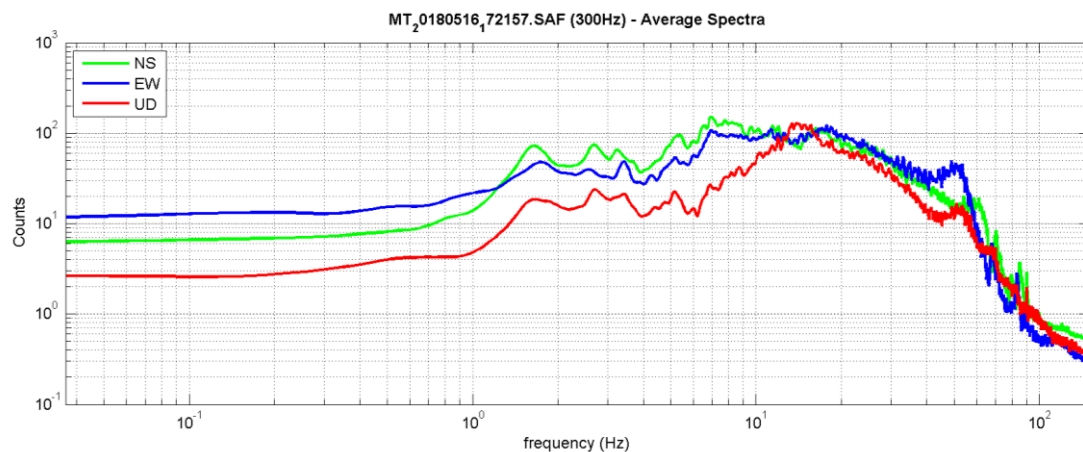
Window length (sec): 20

Length of analysed dataset (min): 8.3

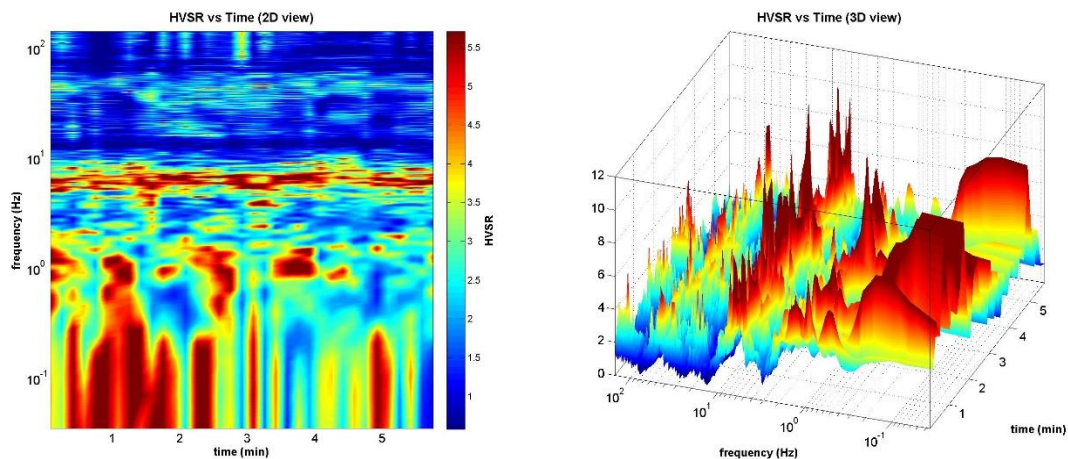
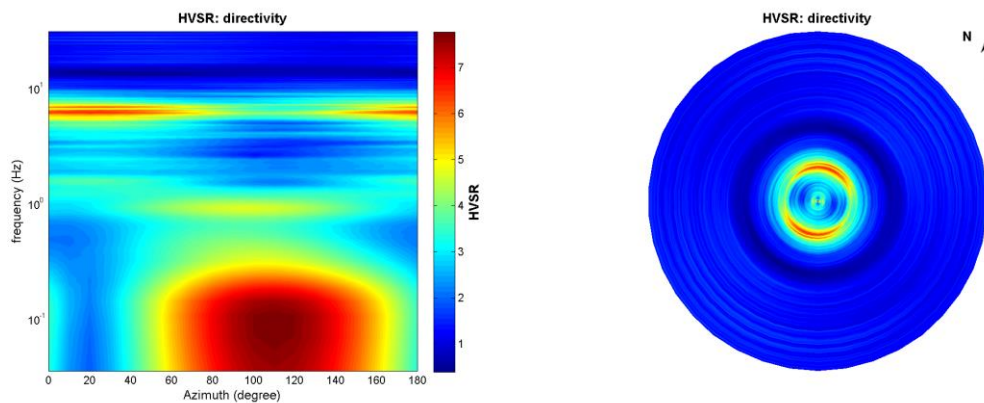
Tapering (%): 0

Smoothing (%): 5

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMIESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/s, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

PERSISTENZA H/V**DIREZIONALITA' H/V**

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 7.0

Peak HVSR value: 5.7

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

#1. $[f_0 > 10/L_w]$: $6.996 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]$: $4897 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f_-) < A_0/2]$: yes, at frequency 1.9Hz (OK)

#2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f_+) < A_0/2]$: yes, at frequency 8.7Hz (OK)

#3. $[A_0 > 2]$: $5.7 > 2$ (OK)

#4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (NO)

#5. $[\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)]$: $2.033 > 0.350$ (NO)

#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $1.042 < 1.58$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.

INDAGINI MASW

GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

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

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangeaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.

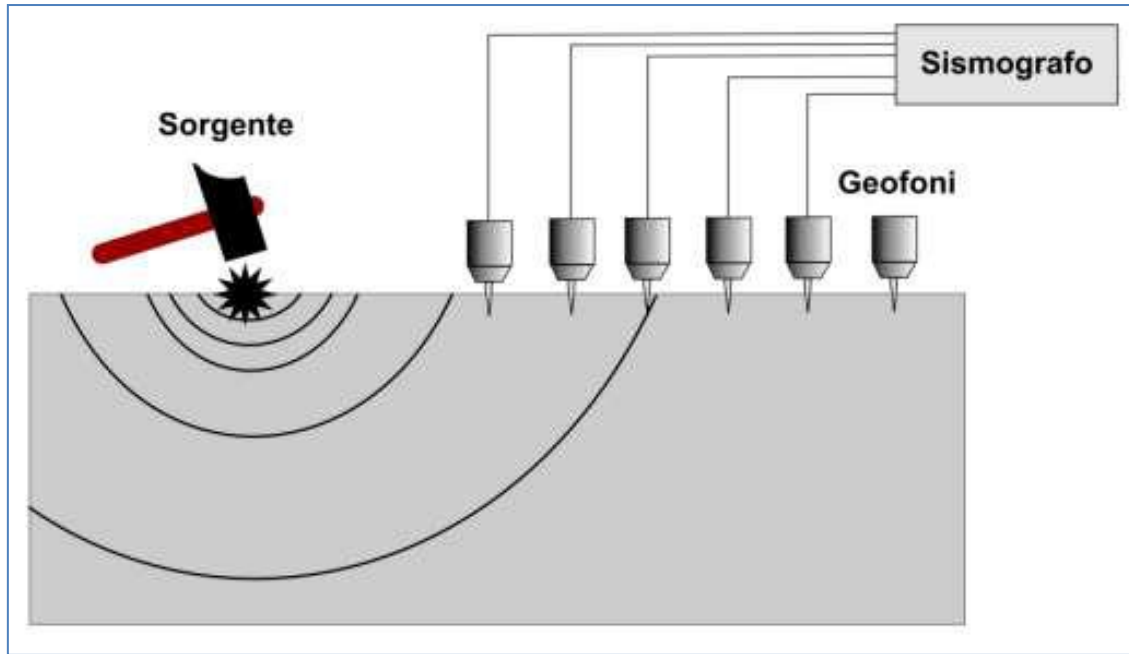


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh.

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta.

INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	1.5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 6.5m
Sorgente	mazza da 10kg



Figura 4: Stendimento sismico MASW1

ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEG Y)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione della curva di dispersione
4. modellazione congiunta considerando la dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V.

La modellazione è riportata nelle Figure 4 e 5 mentre il modello finale è riportato in Pagina 16.

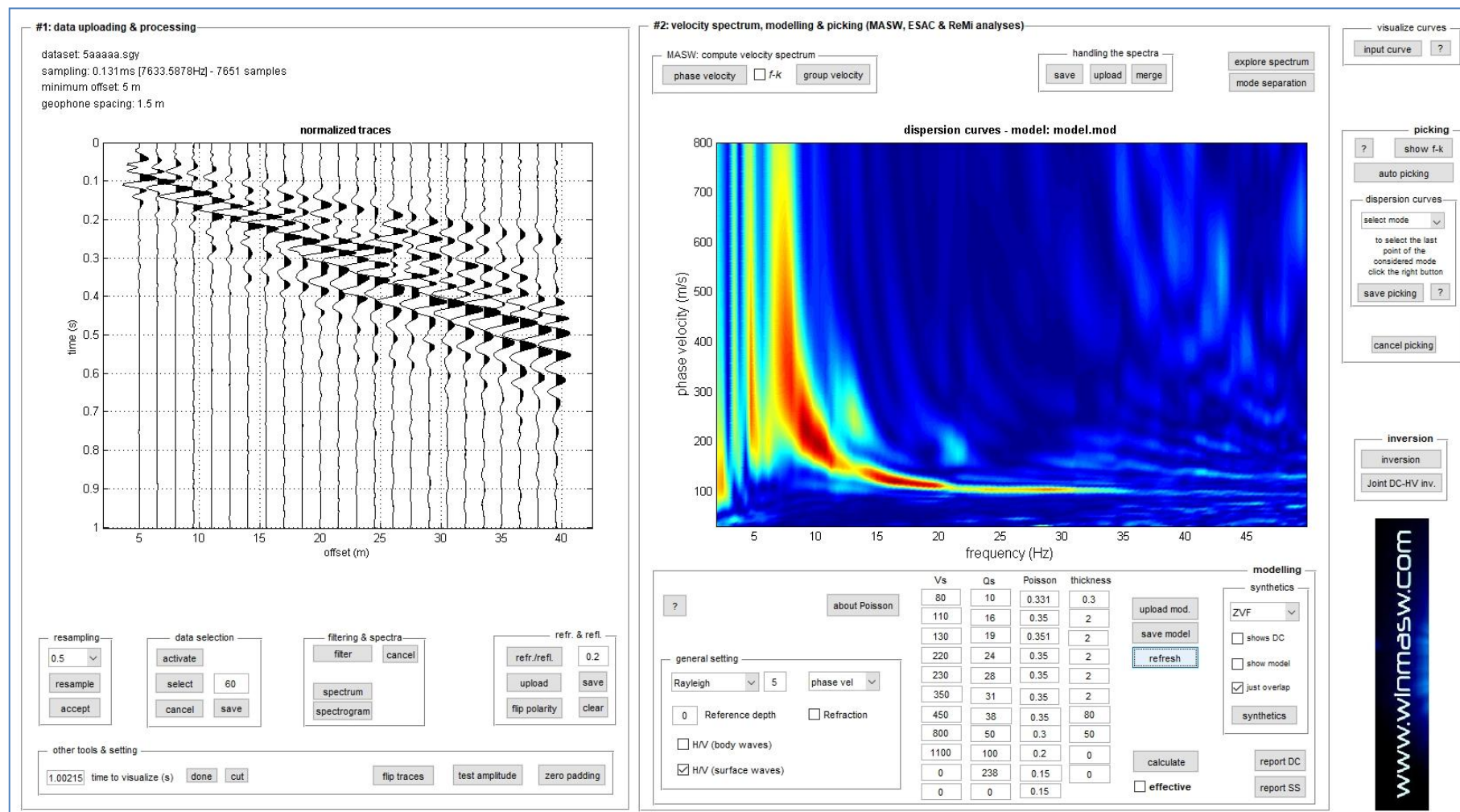


Figura 4: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

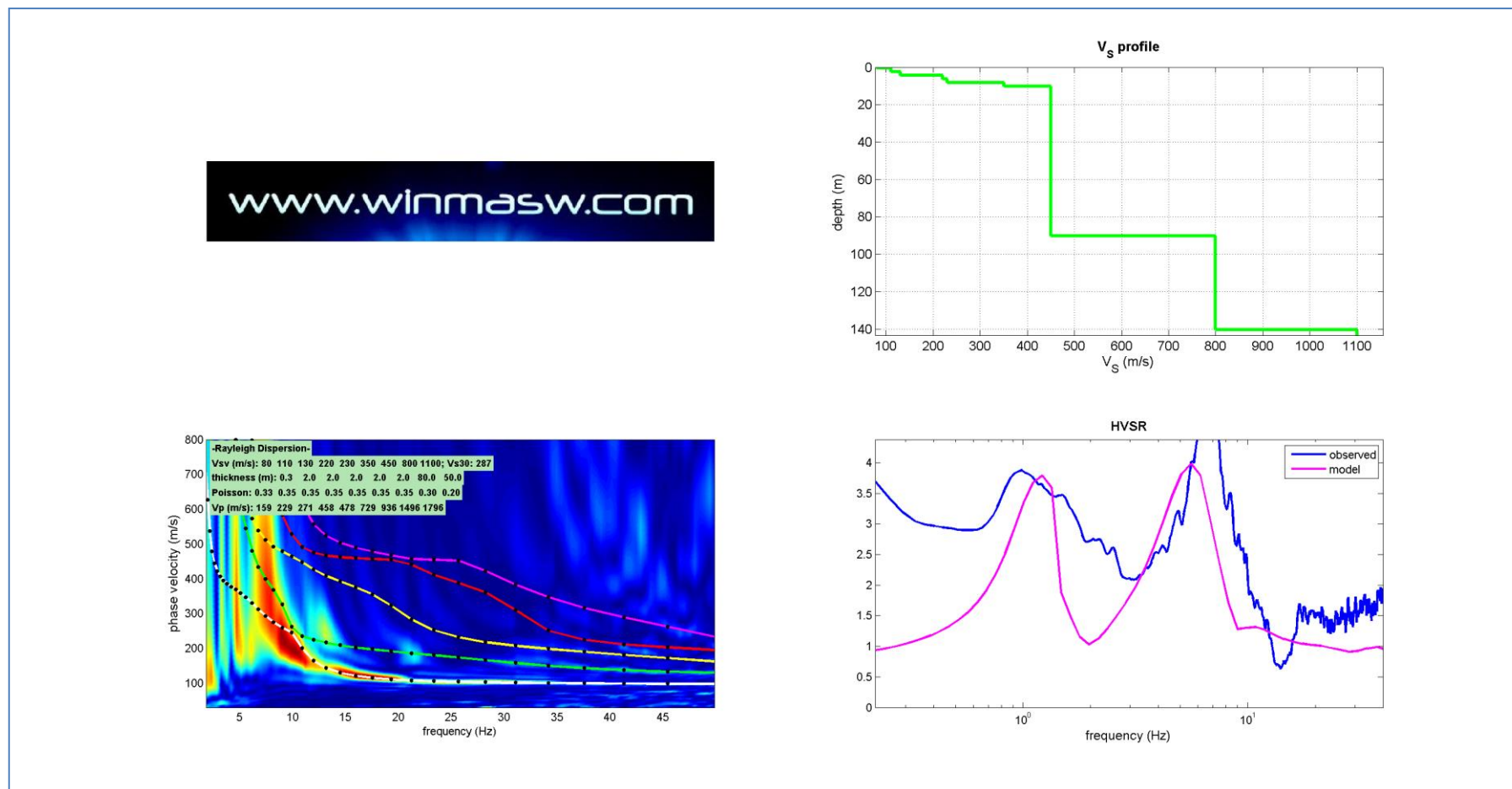


Figura 5: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in blu le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

Mean model

V_s (m/s): 80, 110, 130, 220, 230, 350, 450, 800, 1100

Thickness (m): 0.3, 2.0, 2.0, 2.0, 2.0, 2.0, 80.0, 50.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.61 1.70 1.74 1.87 1.88 1.98 2.04 2.15 2.20

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 10 21 29 90 99 242 413 1377 2657

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for V_p and Poisson (please, see manual)

V_p (m/s): 159 229 271 458 478 729 936 1496 1796

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

V_{s30} (m/s): 287

San Giuliano Terme (PI),

21 maggio 2018

GAIA Servizi S.n.c.

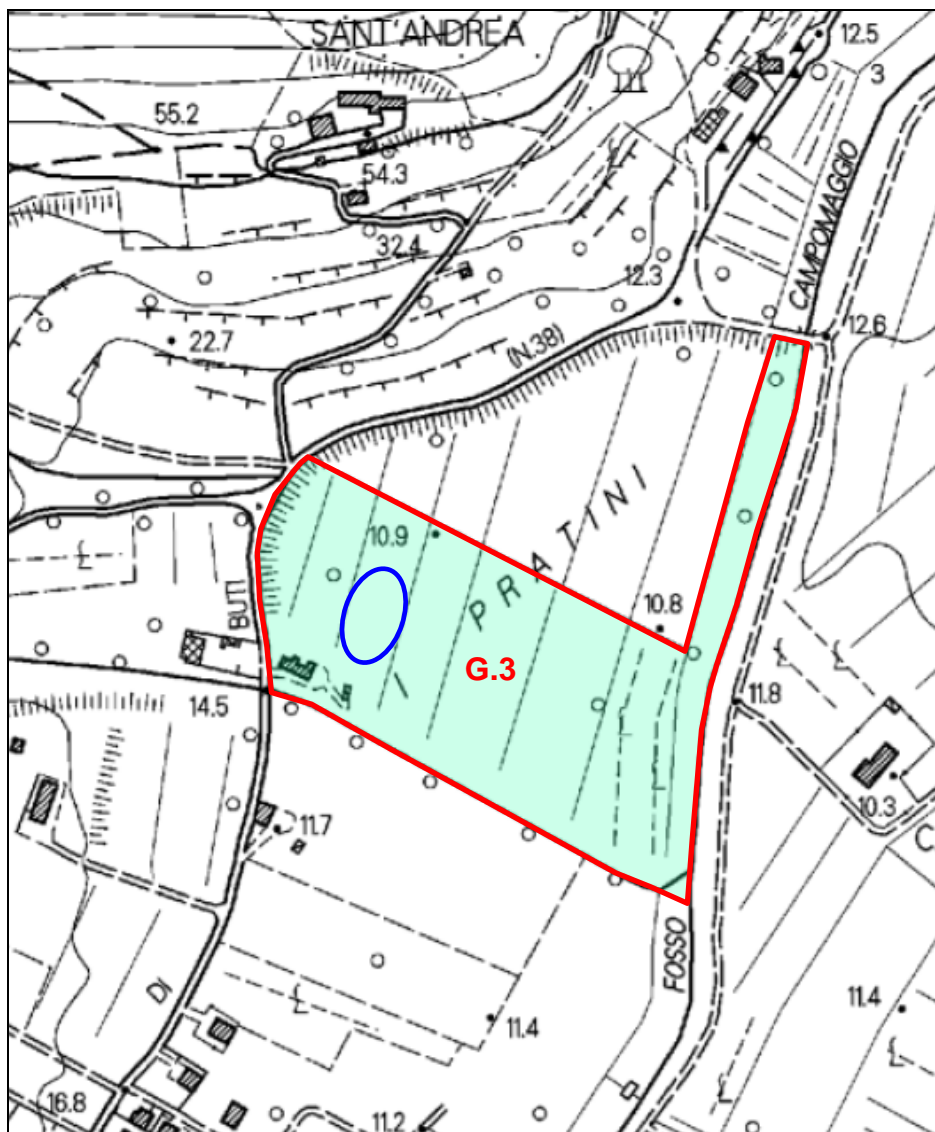
Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 2011

Scala 1:5.000

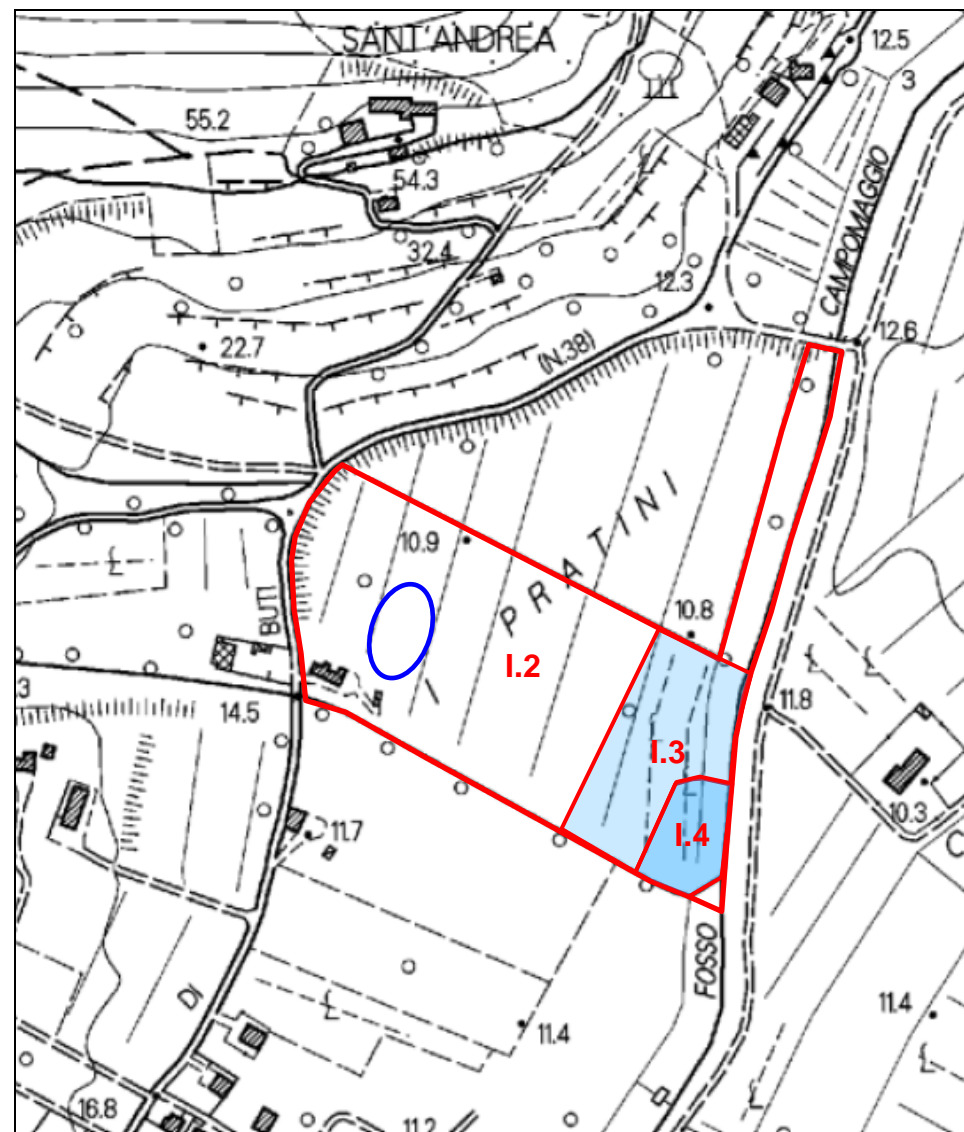


- ▭ Perimetro dell'azienda
- Ubicazione annesso agricolo

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 2011 – Estratto dallo Studio Idrologico - Idraulico

Scala 1:5.000



ALLEGATO 10