



Geol. Antonello DONNINI
Via Piano di Frassineta, 109 - 60041 Sassoferrato (AN)
Tel/Fax 0732-96839 - Cell.:338-9056200
Mail:anto.donnini@libero.it - P.I.:02171550425

Regione: Toscana

Provincia: Pisa

Comune: Pontedera

Oggetto: PIANO DI RECUPERO "IL PINO"
PROGETTO DI RIGENERAZIONE IN AMBITO
RURALE

Ubicazione: LOC. VIA DELLE MAREMME

Committente: "CASA DEGLI ALBERI " SOCIETA'
COOPERATIVA EDILIZIA DI ABITAZIONE

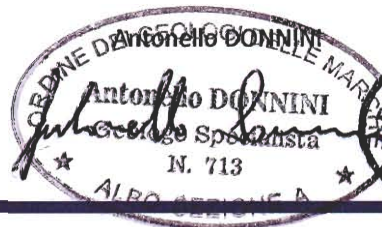
RELAZIONE GEOLOGICA



Sassoferrato 17/11/2016

Collaboratore: Dr. Goffredo BELLOCCHI

I Geologi



I N D I C E

1. PREMESSA	2
1.1 <i>Normativa di riferimento</i>	3
1.2 <i>Documenti di riferimento</i>	3
2. METODOLOGIA DI INDAGINE	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE	5
3.1 <i>Dati esistenti</i>	5
3.2 <i>Inquadramento geologico</i>	5
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO	6
5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA	7
6. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	7
6.1 <i>Classificazione dei terreni di fondazione</i>	8
7. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA	10
8. VERIFICA DELLA STABILITA' DEL VERSANTE	13
9. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA IN ESAME	16
9.1 <i>Pericolosità geomorfologica</i>	16
9.2 <i>Pericolosità idraulica</i>	17
9.3 <i>Pericolosità sismica</i>	18
10. FATTIBILITA' DEL PIANO DI RECUPERO	18
11. CONCLUSIONI	19

Elenco Tavole:

Tavola 1	COROGRAFIA CON UBICAZIONE AREA DI INDAGINE	Scala 1:10.000
Tavola 2	PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOFISICA	Scala 1:500
Tavola 3	SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA A-A'	Scala 1:300
Tavola 4	PERIMETRAZIONE DELLE AREE CON PERICOLOSITA' -P.A.I.	Scala 1:10.000
Tavola 4a	CARTA GEOLOGICA- GEOMORFOLOGICA	Scala 1:5.000
Tavola 4b	CARTA IDROGEOLOGICA E DEL RETICOLO MINORE	Scala 1:5.000
Tavola 4c	CARTA DELL'ACCLIVITA'	Scala 1:2.500
Tavola 4d	CARTA LITOTECNICA	Scala 1:10.000

RELAZIONE GEOLOGICA PER IL PIANO DI RECUPERO "IL PINO" - PROGETTO DI RIGENERAZIONE IN
AMBITO RURALE, VIA DELLE MAREMME, COMUNE DI PONTEDERA (PI)

Tavola 4e	CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	Scala 1:5.000
Tavola 4f	CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA- ART.80 P.I.T	Scala 1:5.000
Tavola 4g	CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA- ART.7 P.T.C	Scala 1:5.000
Tavola 4h	CARTA DELLA VULNERABILTA' IDROGEOLOGICA	Scala 1:5.000
Tavola 5	CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA – D.P.G.R. 25/10/2011 n° 53R	Scala 1:2.500
Tavola 5a	CARTA DELLA FATTIBILITA' – D.P.G.R. 25/10/2011 n° 53R	Scala 1:2.500

Elenco Allegati:

Allegato A	Interpretazione stratigrafica e geotecnica prove CPT	
Allegato B	Indagine Geofisica (RIFRAZIONE-MASW e HVSR)	
Allegato C	Report della verifica di stabilità dell'area	

1. PREMESSA

Il presente rapporto contiene i risultati dell'indagine geologica, geotecnica e sismica eseguita dagli scriventi a corredo del progetto di recupero e di rigenerazione in ambito rurale ubicato in località via delle Maremme nel Comune di Pontedera (PI).

Lo studio, svolto su incarico ricevuto della "Casa degli Alberi" Società Cooperativa Edilizia di Abitazione è stato eseguito con le seguenti finalità:

- ✓ verificare la compatibilità dell'intervento con le condizioni geomorfologiche e litostratigrafiche del sito ed eventualmente individuare l'esistenza di problematiche o limiti imposti al progetto dalle caratteristiche del sottosuolo;
- ✓ ricostruire il modello geologico del sottosuolo determinando le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni fondali;
- ✓ fornire indicazione sulla fattibilità geologica, geomorfologica, idraulica e sismica del sito in esame.

1.1 Normativa di riferimento

Nella redazione della seguente relazione e per la scelta delle indagini geognostiche ci si è attenuti a quanto previsto dalla normativa di seguito elencata:

- **D.M. 14 gennaio 2008 T.U.:** "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- **Decreto del Ministro dei LL.PP. del 16/1/1996**
Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.
- **Circolare del ministero dei lavori Pubblici, n°3797 (Pres. Cons. Superiore Servizio Tecnico Centrale, 6 novembre 1967)**
Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle fondazioni.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003** ("Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e norme tecniche per le costruzioni in zona sismica") e successive modifiche ed integrazioni.
- **Decreto Ministeriale 14.01.2008**
Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- **Piano Strutturale vigente del Comune di Pontedera;**
- **Regolamento Urbanistico vigente del Comune di Pontedera;**
- **L.R. 3 gennaio 2005, n. 1:** "Norme per il governo del territorio";
- **D.G.R.T. 8 ottobre 2012, n.878:** "Nuova classificazione sismica regionale 2012";
- **D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n.53/R:** "Regolamento di attuazione dell'Art. 62 L.R. .1/2005
- **D.C.R. 24 luglio 2007, n. 72:** "Piano di Indirizzo Territoriale";
- **Autorità di Bacino del Fiume Arno D.P.C.M. 6 maggio 2005:** "Approvazione del Piano di Bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico";

1.2 Documenti di riferimento

- ✓ Carta Geologica, Geomorfologica e dei dati di Base, scala 1:50.000
- ✓ Cartografia estratta dal Piano Strutturale del Comune di Pontedera
- ✓ Assetto di Bacino del fiume Arno, Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P:A:I:), scala 1:25.000. Perimetrazione delle aree con Pericolosità Idraulica, livello di dettaglio.

2. METODOLOGIA DI INDAGINE

Tenendo conto della tipologia dell'intervento in progetto, e delle favorevoli condizioni geomorfologiche dell'area di intervento (area sub-pianeggiante di dorsale collinare), l'indagine è stata condotta nel modo di seguito elencato:

- Rilievo geologico geomorfologico di superficie finalizzato al reperimento di informazioni utili per valutare le condizioni di stabilità generale dell'area;
- ricerca dei dati esistenti e dei vincoli; in particolare sono stati consultati gli elaborati grafici gentilmente forniteci dall'Ufficio Urbanistico del Comune di Pontedera;
- esecuzione a cura della ditta Servizi Sismici Snc, di quattro prove penetrometriche statiche CPT spinte fino al rifiuto alla penetrazione, avvenuto all'interno della locale formazione di base, alle profondità rispettivamente di:
9,80 m. (CPT.-1), 11,20 m. (CPT.2), 9,80 m. (CPT.3) e di m. 11,80 (CPT.4). Le prove svolte hanno permesso di caratterizzare dal punto di vista geotecnico e stratigrafico il volume significativo e di ricostruire il modello geologico dell'area interessata dal piano di recupero. Le prove sono state posizionate in maniera tale da poter caratterizzare arealmente l'intero lotto destinato ad accogliere il progetto di co-housing (vedi planimetria Tav. 2). I dettagli delle prove eseguite sono riportate nell'allegato A.
- esecuzione, a cura della ditta Servizi Sismici Snc, di due linee sismiche eseguite rispettivamente con metodologia MASW e rifrazione in onde P con interpretazione tomografica. Entrambe le linee sono state eseguite in direzione nord-sud, passanti tra i due fabbricati esistenti (fabbricato "A" e Fabbricato "B"), come specificato nella Planimetria Stato attuale (Tav. 2). La Prova MASW è stata effettuata con uno stendimento di 16 canali con geofoni da 4,5 Hz spaziate di 3 metri, con 3 shot distinti posti rispettivamente a 7 e 4 metri da G1, denominati S.1.1 ed S.1.2, e ad una distanza di 5 metri da G16, denominato S.2. La prova a Rifrazione è stata effettuata con uno stendimento di 24 canali, con geofoni da 10 Hz spaziate a 3 metri, con 5 shot distinti, di cui 2 esterni, posizionati rispettivamente ad 1,5 metri da G1 e da G24 e 3 interni a -1,5 da G7, -1,5 metri da G13 e -1,5 metri da G19.
- Esecuzione a cura della ditta Servizi Sismici Snc, di due prove sismiche passive con la metodologia dei rapporti spettrali (HVSr). Tali registrazioni sono state posizionate in maniera tale da determinare un valore medio delle caratteristiche sismiche del terreno interessato dal progetto. L'indagine geofisica realizzata consente, attraverso l'interpretazione delle misure con il metodo HVSr (Horizontal

to Vertical Spectral Ratio), di definire la frequenza propria naturale dei depositi costituenti la locale successione stratigrafica ed individuare la presenza di eventuali contrasti di impedenza sismica. Il metodo HVSr o tecnica dei rapporti spettrali rappresenta una delle metodologie di maggior impiego per la stima delle frequenze proprie di vibrazione del sottosuolo (frequenza di risonanza). Inoltre consente di individuare la presenza di eventuali inversioni di velocità e stimare la profondità della formazione compatta (bedrock geofisico) qualora presente.

I dati consultati ed interpretati hanno consentito di ricostruire con sufficiente chiarezza il quadro litostratigrafico e geotecnico del sito di interesse. Per l'ubicazione delle indagini in sito si rimanda alla planimetria della Tav. 2, allegata alla presente perizia. Nell'appendice A sono riportati i grafici con la relativa interpretazione stratigrafica e geotecnica delle prove penetrometriche statiche eseguite, mentre nell'appendice B sono presenti i report dell'Indagine Geofisica condotta.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

3.1 Dati esistenti

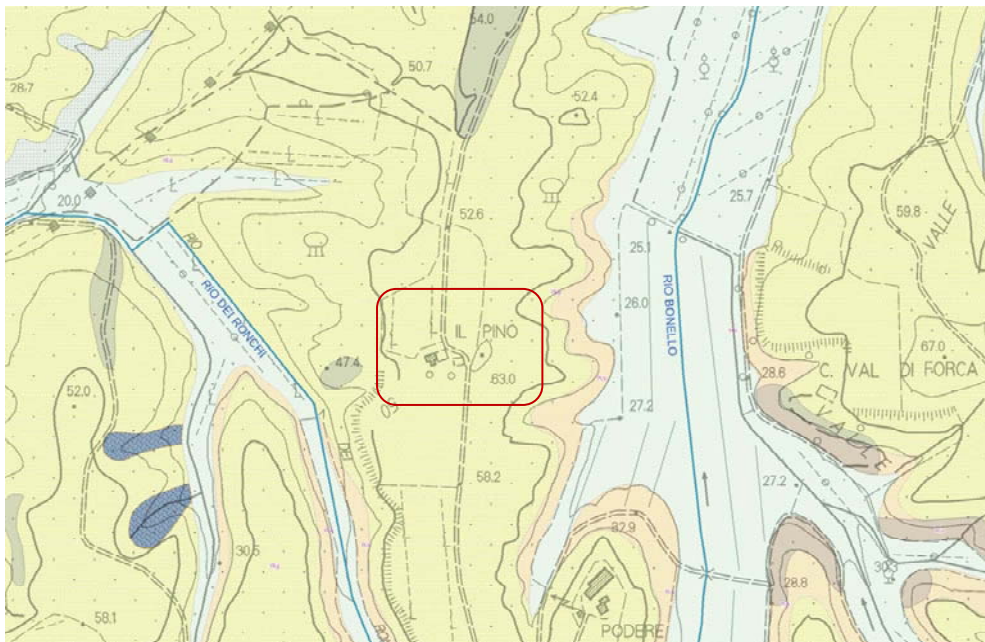
Per l'inquadramento geologico dell'area è stata consultata la carta geologica reperita sul sito della Regione Toscana e la carta geologica del P.S. del comune di Pontedera.

3.2 Inquadramento geologico

I terreni costituenti la successione stratigrafica dell'area oggetto di indagine sono attribuibili alla formazione quaternaria denominata "Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci" (Pleistocene medio-superiore), tipica di un ambiente di sedimentazione variabile da fluviale a fluvio-lacustre fino a deltizio, inquadrata all'interno del complesso neo-autoctono (dal Pliocene inf-medio all'attuale).

La formazione affiora, generalmente, sulle colline contigue a destra e a sinistra della Piana dell'Arno. Da punto di vista litologico essa è generalmente costituita da sabbie e sabbie fini limose rossastre miste a conglomerati rimaneggiati in ambiente fluviale, regolarmente presente in orizzonti con spessori da pochi decimetri a svariati metri. All'interno dei livelli conglomeratici ci sono ciottoli sub-arrotondati che possono anche raggiungere dimensioni rilevanti. Ai livelli granulari sono presenti in maniera alternata strati di limo e limo argilloso rossastro, generalmente di consistenza media e medio-alta. I suoli superficiali, nelle zone ove prevalgono i sedimenti sabbioso-limosi e limo-sabbiosi, garantiscono un apprezzabile drenaggio verticale; nei siti in cui diversamente prevalgono

i sedimenti a granulometria fine di tipo limo-argillosi, l'infiltrazione verticale risulta difficoltosa, per cui, la filtrazione delle acque piovane si concentra nei primi metri provocando, nei periodi particolarmente umidi, saturazioni e ristagni temporanei.



Stralcio tavola geologica estratta dal sito della Regione Toscana

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

I terreni interessati dal piano di recupero oggetto del presente lavoro sono ubicati, dal punto di vista topografico, sulla tavoletta della carta tecnica regionale n° 274090 quadrante est.

L'area in esame è posta in corrispondenza della zona di cresta di una dorsale collinare che si estende in direzione N-S, con i fianchi che declinano lateralmente, con pendenze comprese tra circa 6-8 gradi, verso le rispettive linee di impluvio rappresentate dal fosso Rio Bonello ad Est e Rio dei Ronchi ad Ovest. L'area posta alla sommità della larga dorsale presenta, in corrispondenza dei ruderi da demolire, una quota media di circa 60 metri s.l.m..

Immediatamente a sud dei suddetti manufatti è presente una discontinuità topografica caratterizzata, rispetto all'area complessiva del lotto edificabile, da un'estensione molto limitata, con un dislivello massimo inferiore ai 2 metri; tale rottura di pendio si riconforma poi, lungo la direttrice topografica trasversale della medesima, all'acclività naturale del terreno in entrambi i suoi lati. Tale discontinuità è da imputare ad una precedente attività antropica. Il rilevamento geologico e geomorfologico esteso ad un intorno significativo dell'area destinata al progetto in esame non ha evidenziato

controindicazioni dal punto di vista geologico e geomorfologico; infatti non sono stati individuati processi morfogenetici in atto o potenziali in grado di modificare la naturale stabilità dell'area.

Il sito interessato dal progetto rientra all'interno dell'area perimetrata P.F.2 (vedi stralcio tav. 4) della cartografia del P.A.I., redatta dall'Autorità del Piano di Bacino del Fiume Arno, e nella sottoclasse 3a della cartografia del Piano Strutturale del Comune di Pontedera (tav. 4e).

5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

All'interno dell'area soggetta al Piano di Recupero, il reticolo idraulico superficiale è pressoché inesistente, con le acque piovane che confluiscono naturalmente verso i due fossi (Rio dei Ronchi e Rio Bonello) appartenenti al reticolo minore, posti rispettivamente ad una distanza di 200 e 300 mt circa dall'area in esame.

Nel corso delle indagini geognostici eseguite nel sito di interesse non è stata rilevata alcuna percolazione idrica significativa sino alle profondità direttamente indagate.

Le acque superficiali sono limitate a quelle meteoriche che, a seguito di eventi particolarmente intensi e/o prolungati, possono ristagnare nelle aree pianeggianti o a debole pendenza più prossime all'area oggetto di intervento, per poi essere smaltite più o meno lentamente in funzione della bassa permeabilità dei litotipi costituenti la porzione più superficiale e prossima alla superficie topografica della locale successione stratigrafica.

La realizzazione degli interventi previsti non comporterà alcuna variazioni del regime idrico superficiale e sotterraneo della zona.

6. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per la valutazione dell'azione sismica di progetto è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera in progetto, unitamente alle condizioni topografiche del sito di interesse, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale; tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale. Si denomina "risposta sismica

locale" l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Tali modifiche sono dovute a:

- *effetti stratigrafici*, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- *effetti topografici*, legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

Il metodo semplificato per la valutazione della risposta sismica locale proposto dalle NTC 2008 può essere utilizzato solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta; in tal caso si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 3.2.II e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2.IV delle NTC 2008. La valutazione della risposta sismica locale consiste nella modifica dello spettro di risposta in accelerazione del moto sismico di riferimento, relativo all'affioramento della formazione rocciosa (categoria di sottosuolo A) su superficie orizzontale (categoria topografica T1).

6.1. Classificazione dei terreni di fondazione

Per la classificazione dei terreni di fondazione del sito di interesse nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 e per la determinazione indicativa del profilo verticale delle onde di taglio è stata eseguita un'indagine geofisica con metodologia MASW, i cui risultati completi sono riportati in allegato. Con V_{S30} si definisce la velocità media di propagazione nei primi 30 metri di profondità delle onde di taglio, il cui calcolo viene effettuato utilizzando la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

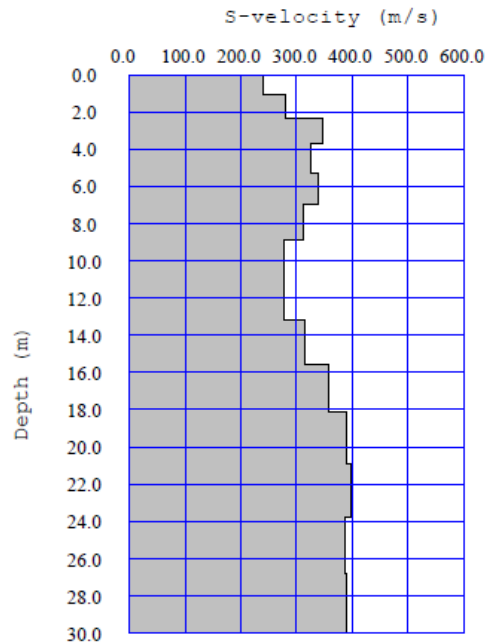
Il profilo verticale delle onde di taglio e il valore di V_{S30} necessario per la classificazione dei terreni di fondazione dell'area di interesse nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 sono riassunti nella tabella di seguito riportata.

Profondità (mt)	h_i (mt)	V_i (m/s)	h_i/V_i	V_{S30} (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	239	0,0045	$V_{S30} = 335 \text{ m/s}$
1,07 ÷ 2,31	1,24	279	0,0044	
2,31 ÷ 3,71	1,40	348	0,0040	
3,71 ÷ 5,27	1,57	326	0,0048	
5,27 ÷ 7,01	1,73	340	0,0051	
7,01 ÷ 8,90	1,90	313	0,0060	
8,90 ÷ 10,96	2,06	278	0,0074	
10,96 ÷ 13,19	2,23	278	0,0080	
13,19 ÷ 15,58	2,39	314	0,0076	
15,58 ÷ 18,13	2,55	357	0,0072	
18,13 ÷ 20,85	2,72	389	0,0070	
20,85 ÷ 23,74	2,88	398	0,0072	
23,74 ÷ 26,79	3,05	386	0,0079	
26,79 ÷ 30,00	3,21	389	0,0083	
$\Sigma h_i/V_i = 0,0895$				

Sulla base della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità i terreni di sedime del sito oggetto di indagine risultano attribuibili alla categoria di sottosuolo C, come si evince dalla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2008 di seguito riportata. Si rimanda comunque alla fase di progettazione esecutiva per la determinazione della categoria di sottosuolo per ogni singolo intervento edificatorio, da effettuarsi sulla base dell'effettiva posizione planimetrica e del piano di imposta di progetto delle strutture fondali.

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
----------	---

Profilo verticale delle onde di taglio



Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs sopra riportato si evince la bassa velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno della formazione geologica basale ($V_{s_{max}} \approx 398 \text{ m/sec} \ll 800 \text{ m/sec}$), che pertanto non costituisce un vero bedrock sismico e non si può neppure considerare un terreno duro equivalente usando i criteri usuali, dal momento che i valori di Vs rilevati sono notevolmente inferiori ai valori convenzionali assunti di norma come riferimento. Conseguentemente non sono evidenziabili contrasti di rigidità sismica significativi ($R_i = V_i \cdot \gamma_i$) sino alle profondità direttamente indagate, così come confermato anche dall'analisi delle curve dei rapporti spettrali H/V ottenute dalle due registrazioni effettuate nell'area oggetto di indagine. Le due curve presentano una buona sovrapposizione (buona qualità fisica del dato) ed entrambe presentano un picco di risonanza (fascia gialla) compreso nel range di frequenza 42 - 44 Hz. Entrambi i picchi hanno un valore del rapporto $H/V \leq 2$ caratteristico di un basso contrasto di impedenza sismica e sono inoltre collocati al di fuori del campo delle frequenze di interesse ingegneristico.

7. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Le prove penetrometriche statiche con punta meccanica eseguite nel sito di interesse (C.P.T.) hanno permesso di ricostruire la locale successione stratigrafica e

attribuire i parametri geotecnici medi e caratteristici¹ ai terreni attraversati che risultano così rappresentabili dall'alto verso il basso, in termini di schema litostratigrafico:

- A) Terreno vegetale e terreno di riporto**
B) Sabbie argillose con livelli conglomeratici
B') Limi sabbiosi e limi argillosi
- } **FORMAZIONE DI CASA POGGIO AI LECCI**

A) Terreno vegetale e riporto: è stato rinvenuto sulle quattro verticali eseguite a diverse altezze topografiche con spessori variabili dai 0,6 – 1,0 m. Lo spessore massimo riscontrato è quello della verticale CPT. 3 posizionata nella porzione sud dell'area, al piede della scarpata antropica ivi presente.

B) Sabbie argillose consistenti con livelli conglomeratici: Si rinvencono al di sotto del terreno vegetale e del terreno di riporto. Si tratta di depositi continentali di ambiente fluvio-deltizio, costituiti principalmente da ciottoli arrotondati fortemente eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso sabbiosa e sabbiosa argillosa di colore rossastro. Tale colore è da attribuire ad un alterazione pedogenetica. Le prove eseguite hanno mostrato l'eterogeneità del deposito con valori della resistenza all'avanzamento non correlabili tra le singole verticali di indagine. Comunque la resistenza media Q_c osservata nel deposito non assume mai valori minori di 30 kg/cmq. I valori minori della resistenza del terreno si sono registrati nelle prove CPT.2 e CPT.3 posizionate nella porzione sud del lotto. In queste verticali i livelli conglomerati o sabbiosi addensati hanno spessori minori mentre i livelli argillosi presentano potenze variabili dai 0,4 a 2,4 mt.. Nelle prove CPT.1 e CPT.4 i livelli conglomerati e/o sabbioso addensati sono prevalenti e presentano una buona continuità verticale con spessori maggiori di 4 mt.. In quest'ultime verticali si registrano solo due intervalli con valori della Q_c minori di 60 Kg/cmq posti rispettivamente nella CPT. 1 nell'intervallo di profondità 4,2-6,2 mt. e nella CPT.4 nell'intervallo di profondità 6,6-8,6 mt.

Pertanto di seguito, per tener conto di tali differenze di resistenza, si è introdotta una sottoclasse denominata B' costituita essenzialmente dai terreni di natura prevalentemente coesiva rappresentati da argille limose e limi argilloso sabbiosi, caratterizzati da valori di consistenza molto minori della classe B.

Questa sottoclasse permetterà di parametrizzare, dal punto di vista geotecnico, i terreni che hanno mostrato una resistenza all'avanzamento del cono statico (Q_c) compresa tra 30-60 kg/cmq.

I parametri geomeccanici medi e caratteristici dedotti dalle prove eseguite per il litotipo B sono riassunti nella seguente tabella:

¹ Per la determinazione dei parametri geotecnici caratteristici è stata eseguita una stima ragionata e cautelativa dei valori medi riscontrati nelle prove eseguite

RELAZIONE GEOLOGICA PER IL PIANO DI RECUPERO "IL PINO" - PROGETTO DI RIGENERAZIONE IN
 AMBITO RURALE, VIA DELLE MAREMME, COMUNE DI PONTEDERA (PI)

			Parametri medi	Parametro caratteristico	
<i>Peso di volume</i>	γ	=	1,95- 2,05		t/m ³
<i>Angolo di attrito</i>	F_i		29 - 34	29	gradi
<i>Coesione efficace</i>	C'		0,13-0,25	0.1	
<i>Modulo elastico</i>	E'		80-205		
<i>Coesione non drenata</i>	C_u	=	2,6 - 5,0	2.2	Kg/cm ²
<i>Modulo Edometrico</i>	E_d	=	123-300		Kg/cm ²
<i>Coefficiente di Poisson</i>	ν	=	0,30 - 0,34		adimensionale
<i>Resistenza statica di punta</i>	Q_C	=	62-158		Kg/cm ²

B') Argille limose e limi argilloso sabbiosi: *Questi litotipi sono stati intercettati soprattutto in corrispondenza delle verticali CPT.2 e CPT.3 eseguite nei pressi del lato sud del lotto rispettivamente a monte e a valle della scarpata antropica precedentemente descritta. I livelli attraversati presentano come detto un valore di Q_c compreso tra 30 e 60 Kg/cm² e spessori massimi prossimi ai 2 metri. In particolare nella prova CPT.2 è presente un livello di argille limose debolmente sabbiose nell'intervallo di profondità 3,2-5,2 metri con un valore medio di Q_c pari a 41 Kg/cm².*

I parametri geomeccanici medi e caratteristici dedotti dalle prove eseguite per questi terreni classificati come una sottoclasse denominata B' (in modo da poterli differenziare dal momento che presentano parametri geotecnici minori rispetto a quelli precedentemente elencati).

			Parametri medi	Parametro caratteristico	
<i>Peso di volume</i>	γ	=	1,85 - 2,0		t/m ³
<i>Angolo di attrito</i>	F_i		26 - 28	24	gradi
<i>Coesione efficace</i>	C'		0,08 - 1,0	0,06	Kg/cm ²
<i>Modulo elastico</i>	E'		52 - 60		
<i>Coesione non drenata</i>	C_u	=	1.7- 2.0	1,2	Kg/cm ²
<i>Modulo Edometrico</i>	E_d	=	80 - 100		Kg/cm ²
<i>Coefficiente di Poisson</i>	ν	=	0,36-0,40		adimensionale
<i>Resistenza statica di punta</i>	Q_C	=	39 - 57		Kg/cm ²

Cautelativamente i parametri caratteristici elencati nella soprastante tabella sono stati utilizzati per effettuare la verifica della stabilità dell'area oggetto del piano di recupero.

8. VERIFICA DELLA STABILITA' DEL VERSANTE

Per verificare la compatibilità tra il sito oggetto della presente indagine e l'assetto idrogeologico dell'area si rende necessaria la verifica di stabilità del pendio naturale sul quale andranno ad insistere gli interventi in progetto secondo le modalità stabilite dal D.M. 11/03/1988 e dalle N.T.C. 2008.

Le procedure di analisi di stabilità di un pendio in terra, attraverso la valutazione dell'equilibrio limite, consistono nella stima di un coefficiente di sicurezza alla traslazione e/o rotazione del volume di terra compreso tra la superficie del versante e un superficie di taglio impostata. La procedura di calcolo prende in considerazione tutte le forze e/o i momenti agenti lungo il piano di taglio, fornendo una valutazione della stabilità globale attraverso le equazioni di equilibrio fornite dalla statica. Il coefficiente di sicurezza globale del pendio viene calcolato attraverso il rapporto fra la resistenza di taglio massima disponibile lungo la superficie di rottura e gli sforzi tangenziali mobilitati lungo tale piano; al limite dell'equilibrio F_s deve essere uguale a 1, ossia $T_{max} = T_{mob}$.

L'analisi delle condizioni di stabilità del pendio in condizioni sismiche è stata eseguita mediante il metodo pseudostatico, nel quale l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso del volume di terreno potenzialmente instabile. La condizione di stato limite ultimo (SLU) viene riferita al meccanismo di collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza F_S :

$$F_S = (\tau_s/R_2)/\tau_M$$

dove

τ_s = resistenza al taglio disponibile (valore caratteristico)

$R_2 = 1,1$ coefficiente parziale (Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2))

τ_M = sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale)

Nelle verifiche allo stato limite ultimo le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica si ricavano da:

$$F_h = K_h \times W$$

$$F_v = K_v \times W$$

dove F_h e F_v sono incrementi di forza proporzionali al peso del volume di terreno potenzialmente instabile e K_h e K_v i coefficienti sismici orizzontale e verticale determinati e indicati nell'allegato C.

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$
$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h.$$

dove

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max} = S \cdot a_g = S_T \cdot S_S \cdot a_g$ = accelerazione massima attesa al sito

g = accelerazione di gravità.

Il valore dei coefficienti sismici sopra descritti per lo stato limite ultimo SLV sono riassunti nella seguente tabella:

Coefficienti sismici	SLV
K_h	0,0463
K_v	0,0231

Per il calcolo, eseguito utilizzando uno specifico software dedicato alla verifica di stabilità di pendii in terra, è stato utilizzato il metodo dell'equilibrio limite sviluppato da Morgenstern-Price (1965), assumendo le più sfavorevoli condizioni di stabilità, in situazione dinamica con sisma, al fine di prevedere la concomitanza di eventi sfavorevoli che potrebbero verificarsi con tempi di ritorno secolari; sono state verificate in automatico numerose superfici di potenziale scorrimento sia nella situazione attuale che in quella di progetto, dopo la realizzazione degli interventi previsti dallo studio di fattibilità, per ricercare la superficie alla quale corrisponda il coefficiente di sicurezza più basso. La sezione più significativa sulla quale è stata condotta la verifica di stabilità è stata gentilmente fornita dal tecnico progettista.

Le verifiche sono state eseguite in termini di sforzi efficaci ($c = c'$ e $\phi = \phi'$), in condizioni drenate, che rappresentano la condizione più critica ai fini della stabilità. I parametri drenati sono stati desunti dalle correlazioni di De Beer e Searle applicabili ai valori di

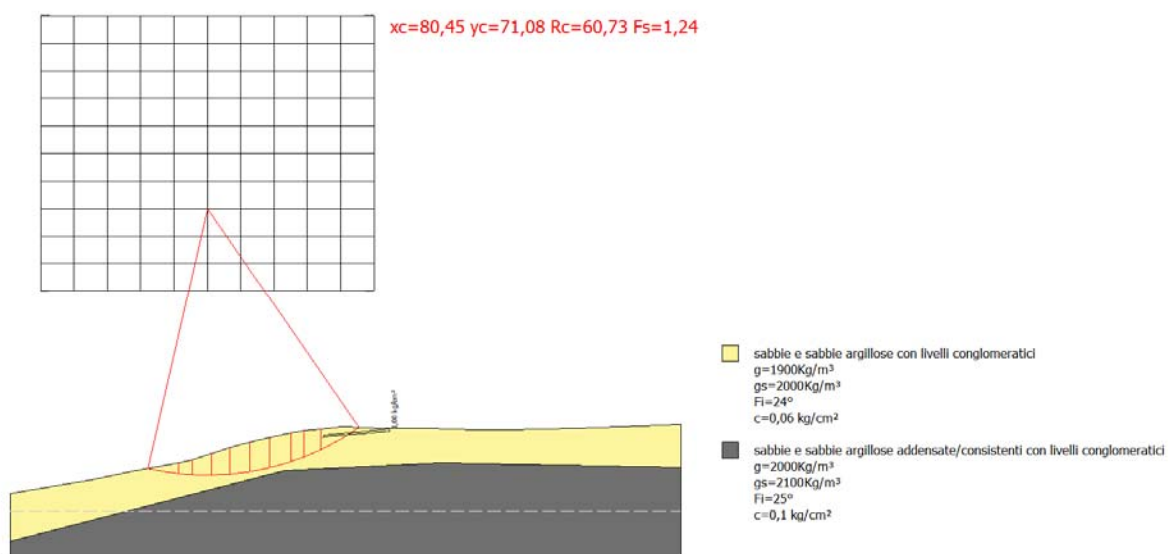
resistenza (q_c e f_s) ottenibili dalle prove penetrometriche statiche. Gli interventi previsti sono stati simulati ipotizzando sulla sezione topografica bidimensionale utilizzata per la verifica di stabilità carichi assimilabili a quelli di esercizio. I parametri geotecnici caratteristici utilizzati sono quelli ottenuti per il litotipo B', presenti nel paragrafo 7; gli stessi sono stati opportunamente ridotti applicando i coefficienti parziali (*Approccio 1 Combinazione 2 - A2+M2+R2*) definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 14/01/2008.

Le verifiche di stabilità eseguite hanno evidenziato come alle attuali condizioni idrogeologiche il versante di interesse, nell'area oggetto dello studio di fattibilità, si presenti stabile ($F_s > 1,00$) e come gli interventi previsti non vadano ad alterare in maniera significativa l'equilibrio delle forze in gioco agenti sul pendio, come si evince dalla seguente tabella, dove sono riportati i valori minimi dei coefficienti di sicurezza ottenuti, che, dopo la simulazione degli interventi in progetto sulla sezione utilizzata per le verifiche, subiscono una lieve riduzione rimanendo comunque sempre ampiamente al di sopra dell'unità.

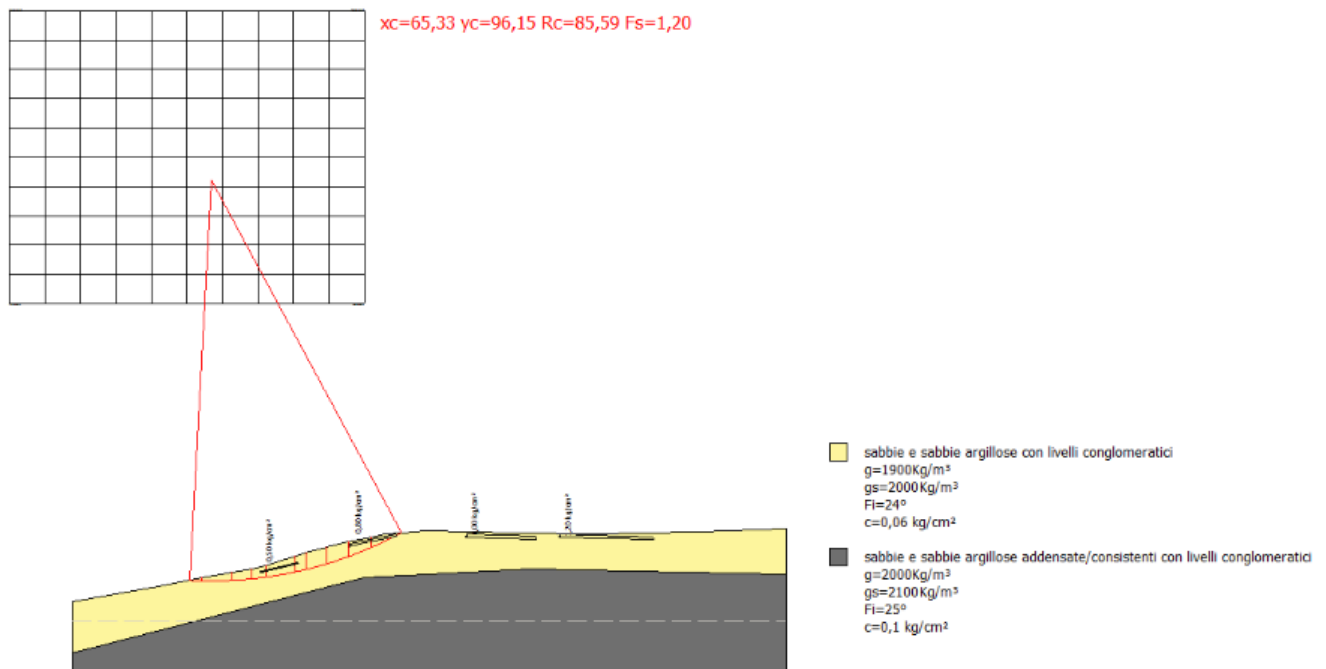
Verifiche di stabilità del versante

CONDIZIONI	FS MINIMO
STATO ATTUALE	$F_s=1,238 > 1,00$
STATO DI PROGETTO	$F_s=1,198 > 1,00$

Verifica di stabilità stato attuale



Verifica di stabilità stato di progetto



9. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA IN ESAME

9.1 Pericolosità geomorfologica

La pericolosità geomorfologica della zona in oggetto è stata analizzata sulla base della cartografia di supporto al vigente Piano Strutturale del Comune di Pontedera.

In tale cartografia (vedi Tav.4e) l'area in studio ricade nella classe di pericolosità 3 definita a **pericolosità media** e, specificatamente, nella **sottoclasse 3a**, relativa a "zone acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche favorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi, pur possibili, coinvolgono porzioni di territorio di ampiezza limitata".

In riferimento al **D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n.53/R** (*Regolamento di attuazione dell'Art. 62 L.R. 3/1/2005 n° 1*), il sito in esame è classificabile come un'area a **pericolosità geomorfologica media G2** "aree con fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%".

Per ultimo, il sito in esame ricade all'interno dell'area **P.F.2** perimetrata nella cartografia del "Piano per l'assetto idrogeologico" redatto dall'Autorità del Piano di Bacino del fiume

Arno (Tav. 4): "aree in cui è consentita ogni tipologia d'intervento prevista dagli strumenti del governo del territorio, purchè l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni d'instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze".

9.2 Pericolosità idraulica

Per la pericolosità idraulica della zona in oggetto si è fatto riferimento alle indagini di supporto al vigente Piano Strutturale del Comune di Pontedera, redatta ai sensi dell'art. 80 del P.I.T (vedi Tav.4f). Il sito in esame risulta ricadere all'interno della seguente classe:

Classe 1-pericolosità irrilevante "aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
- b) sono in situazione favorevole di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a 2 mt rispetto al piede esterno dell'argine, in mancanza, al ciglio di sponda".

Mentre in base ai dati ricavati dal presente studio ed in ottemperanza del **D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n.53/R** l'area in esame ricade nella classe a **Pericolosità idraulica bassa 1.1**: "aree collinari o montane prossime a corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni
- b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a 2 mt rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda".

E' presente in allegato anche la tavola della pericolosità idraulica dedotta applicando i criteri dell'art.7 del P.T.C. ai risultati delle verifiche idrologiche-idrauliche (vedi Tav.4g).

In tale tavola l'area in esame è classificata nella **Classe 1-Pericolosità irrilevante**: "Riguarda le aree collinari e montuose in cui sono giudicati impossibili eventi di esondazione o sommersione; si individuano su base geologica, per esclusione dal gruppo di formazioni di origine alluvionale o palustre di età olocenica".

9.3 Pericolosità sismica

Sulla base della Delibera della Giunta Regionale della Regione Toscana del 8 ottobre 2012 n°878, riguardante l'aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008-Revoca della DGRT 431/2006 e riguardante la classificazione sismica del territorio nazionale, che ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, il Comune di Pontedera rientra nella Zona 3 dove i valori di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono compresi tra 0.05 e 0.15g.

In base ai dati ricavati dal presente studio (vedi Tav.5) ed in ottemperanza **del D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n.53/R** l'area in esame è classificabile come:

Pericolosità sismica locale media S.2 "zone suscettibili d'instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici, quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe S.3)"

Specificatamente, l'area in esame ricade nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, anche se dalle indagini eseguite non si rilevano contrasti di impedenza sismica tali da generare amplificazioni del moto sismico di base. L'attribuzione a tale categoria è principalmente connessa all'assenza, sino alle profondità indagate, di un substrato rigido di riferimento con $V_s \geq 800$ m/s.

10. FATTIBILITA' DEL PIANO DI RECUPERO

Le pericolosità analizzate dal punto di vista geologico-geomorfologico, idraulico e sismico alla luce dei criteri definiti dal **D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n.53/R** ci portano a valutare le seguenti condizioni di fattibilità del piano di recupero in oggetto (vedi Tav.5a):

In base alla classe di pericolosità geomorfologica (G.2) e sismica (S.2) si attribuisce all'area in esame una condizione di fattibilità **F2 - Fattibilità con normali vincoli**: *"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 abitativo all'attività edilizia"*.

In base alla classe di pericolosità idraulica (pericolosità idraulica bassa 1.1) all'area in esame si attribuisce una condizione di fattibilità **F1 - Fattibilità senza particolari limitazioni**: *"si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non"*

sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia".

11. CONCLUSIONI

L'indagine geologica e geotecnica effettuata ha permesso di evidenziare quanto segue:

- L'area in studio non presenta evidenze morfologiche o processi attribuibili a dissesti idrogeologici in atto o passati;
- Dal momento che il Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità del Piano di Bacino del fiume Arno perimetra l'area interessata dall'intervento in progetto in P.F.2., si è ritenuto opportuno, nonostante la ridotta acclività del sito, effettuare l'analisi della stabilità del versante, sia allo stato attuale che in quello di progetto. Tali verifiche hanno permesso di evidenziare come le condizioni di stabilità dell'area rimangano pressoché invariate anche dopo la realizzazione degli interventi proposti, con i coefficiente di sicurezza ottenuti sempre maggiori dell'unità.
- Dalle indagini geognostiche eseguite si è potuto constatare che i terreni presenti nell'area presentano una discreta eterogeneità stratigrafica sia in senso areale che verticale, ma comunque con valori della resistenza alla punta del cono statico (Q_c) che si mantengono sempre al di sopra dei 30 kg/cm², tipici di depositi a media consistenza. Sarà necessario, in sede di progettazione esecutiva, valutare puntualmente le caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta dei singoli interventi edilizi, al fine di individuare le più idonee tipologie fondali in funzione dei reali carichi trasmessi ai terreni di sedime.
- Data la configurazione morfologica regolare dell'area in esame, caratterizzata da andamento sub-pianeggiante, e considerata la successione stratigrafica rilevata, si dovrà provvedere alla corretta regimazione delle acque di origine meteorica (sia provenienti dalle coperture che dai piazzali) mediante la realizzazione di opportune reti di smaltimento che evitino la dispersione delle acque superficiali nelle immediate vicinanze dei fabbricati, al fine di mantenere inalterate le caratteristiche geotecniche dei terreni fondali; le acque raccolte dovranno confluire in un apposito sistema di allontanamento o in eventuali depositi per il recupero/stoccaggio temporaneo delle acque piovane.

- Sulla base dell'indagine sismica con metodologia MASW effettuata tra i ruderi presenti nell'area è emerso che i terreni di fondazione sono attribuibili alla categoria di sottosuolo "C" descritta nella tabella 3.2.II delle N.T.C. 2008. Si rimanda alla fase di progettazione definitiva l'attribuzione della categoria di sottosuolo per ogni singolo intervento edificatorio.

Sassoferrato, 17/11/2016

I Geologi



Collaboratore: Dr Goffredo BELLOCCHI

REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

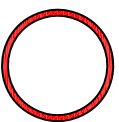
CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' COOPERATIVA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica

PIANO DI RECUPERO "IL PINO"
PROGETTO DI RIGENERAZIONE IN
AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME
COMUNE DI PONTEDERA

COROGRAFIA

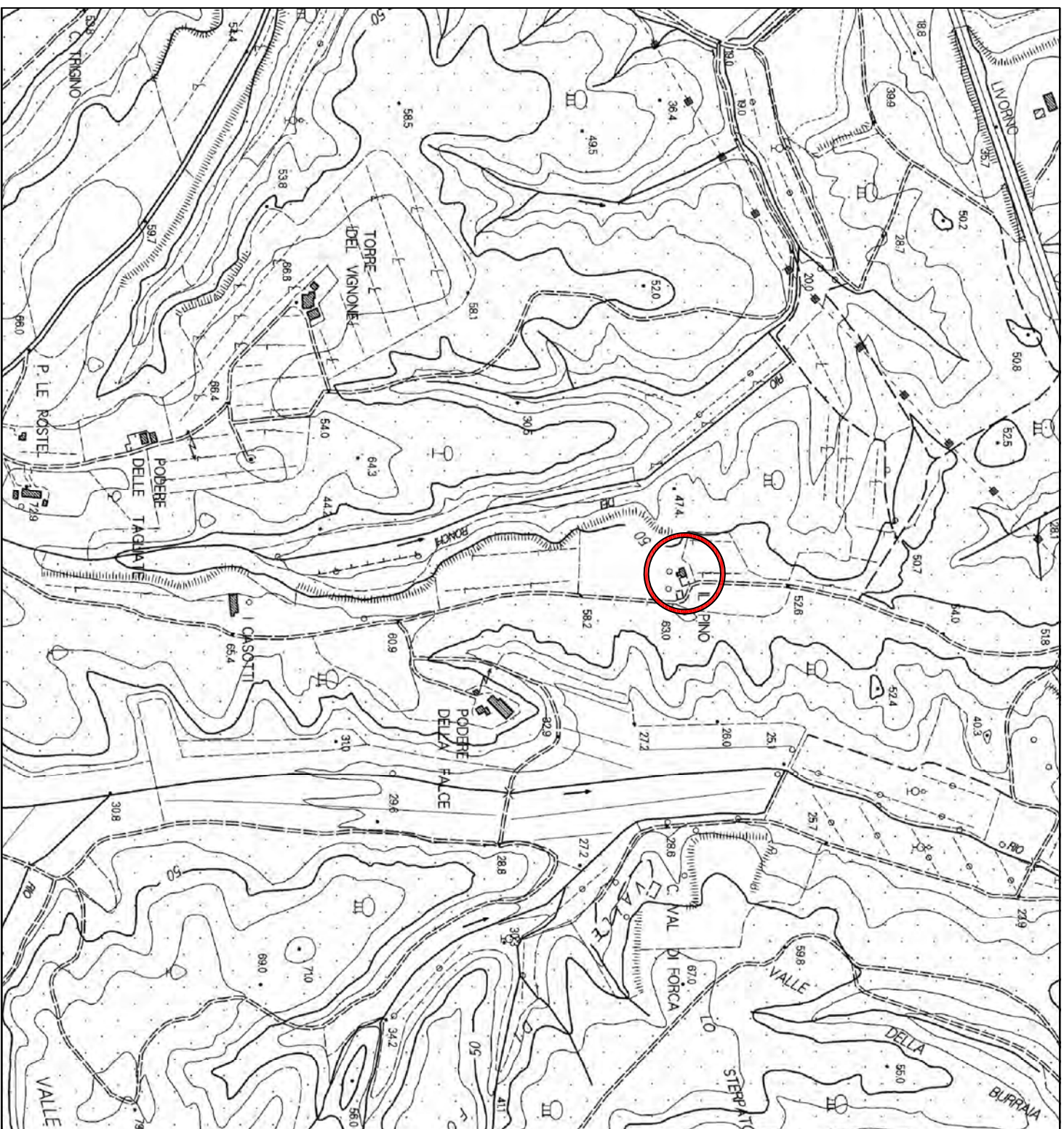
Legenda

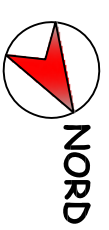


Area di Indagine

Tav. 1

Scala 1:10.000







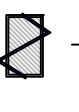






Committente:
CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' COOPERATIVA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

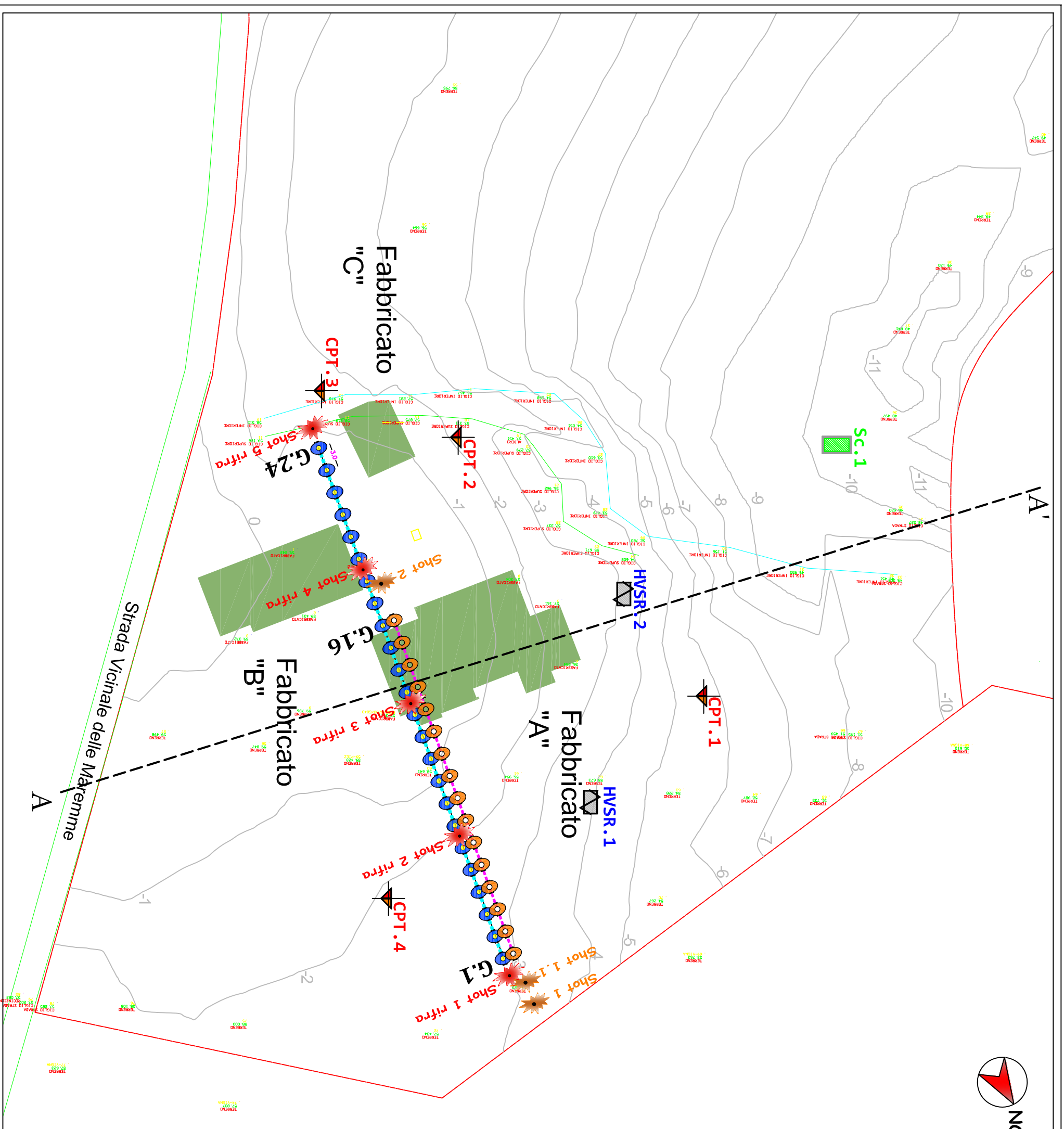
Indagine geologico-geotecnica
PIANO DI RECUPERO "IL PINO"
PROGETTO DI RIGENERAZIONE IN
AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME
COMUNE DI PONTEDERA

Planimetria Stato attuale
con ubicazione delle
Indagini Geologiche e Geofisiche

Tav. 2	Scala 1:500
---------------	-------------

Legenda

-  Ubicazione saggi esplorativi -Sc
-  Ubicazione prove penetrometriche statiche - CPT
-  Ubicazione registrazioni sismiche passive - HVSr
-  Linea sismica Masw
16 geofoni da 4,5 Hz-spaziati 3 mt.
-  Punti di energizzazione prova Masw
-  Linea sismica rifrazione
24 geofoni da 10 Hz-spaziati 3 mt.
-  Punti di energizzazione prova sismica a rifrazione
-  Ingombro degli edifici esistenti
-  Traccia della sezione litostratigrafica (Tav.3)



LEGENDA:

A

Terreno vegetale e di riporto

B

Argille sabbiose consistenti e sabbie argillose addensate con livelli conglomeratici

FORMAZIONE
DI CASA POGGIO AI
LEGGI
(PLEISTOCENE MEDIO-SUP.)

B'

Argille limose e limi argillosi a media consistenza (30 Q_c<math>< 60</math> Kg/cmq)

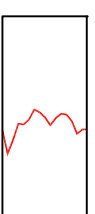


Grafico della resistenza
alla punta del cono statico (Q_c)

Committente:

CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' COOPERATIVA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

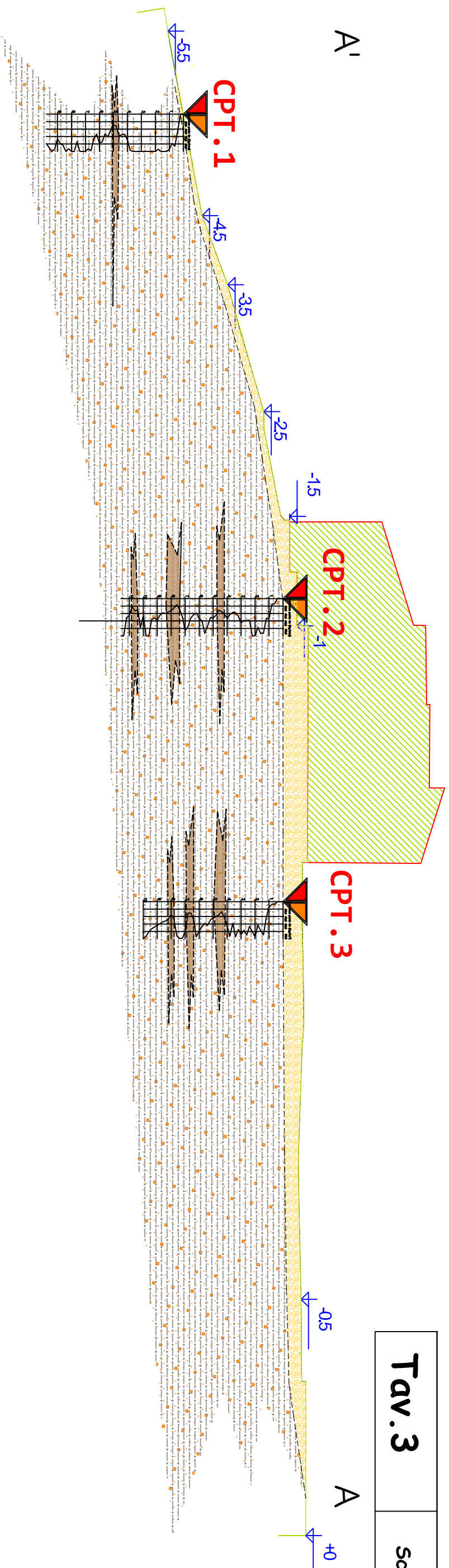
Indagine geologico-geotecnica

PIANO DI RECUPERO "IL PINO"
PROGETTO DI RIGENERAZIONE IN
AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME
COMUNE DI PONTEDERA

SEZIONE
LITOSTRATIGRAFICA

Tav. 3

Scala 1:300



Parametri caratteristici	Φ_k (gradi)	C'_k (kg/cmq)	C_{uk} (kg/cmq)
B	29	0,10	2,2
B'	24	0,06	1,2

REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica

PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
PROGETTO DI RIGENERAZIONE
IN AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME

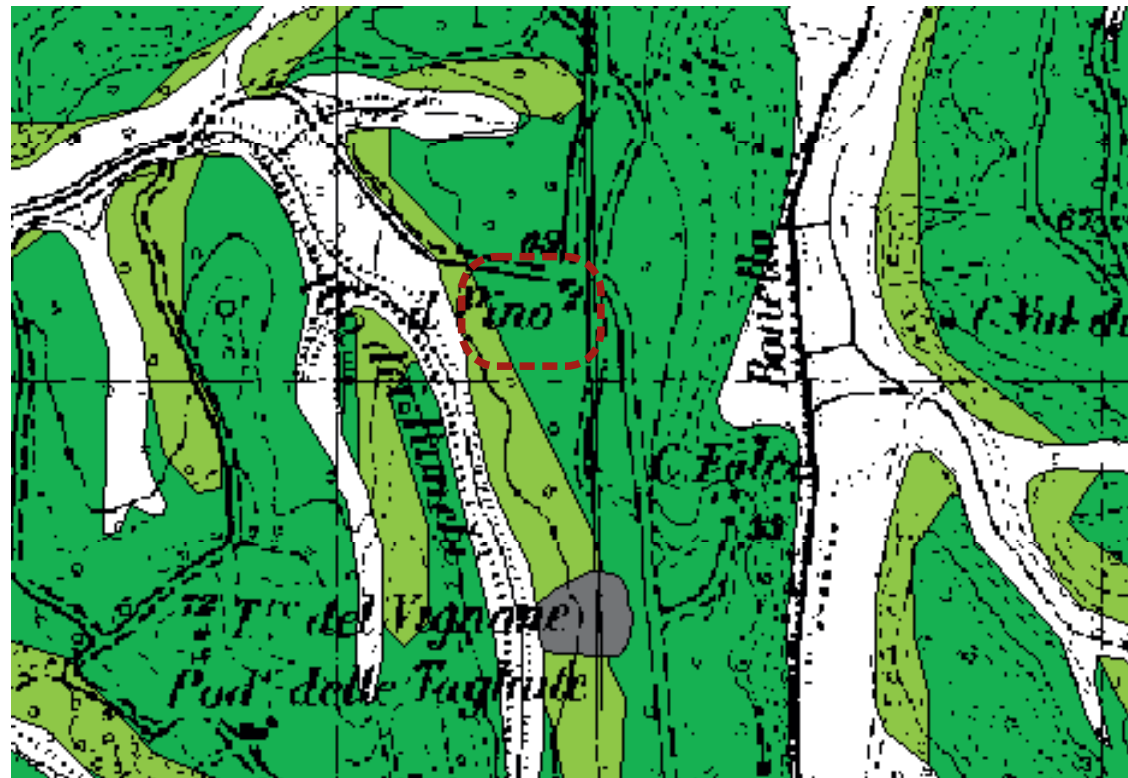
Perimetrazione delle
aree con pericolosità
da fenomeni geomorfologici
di versante-P.A.I.
Stralcio Tavola 78 -scala 1:25.000

TAV.4

scala 1:10.000



Area di studio



Legenda:



P.F.3 Aree a pericolosità elevata



P.F.2 Aree a pericolosità media



P.F.1 Aree a pericolosità moderata

REGIONE TOSCANA
 PROVINCIA DI PISA
 COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

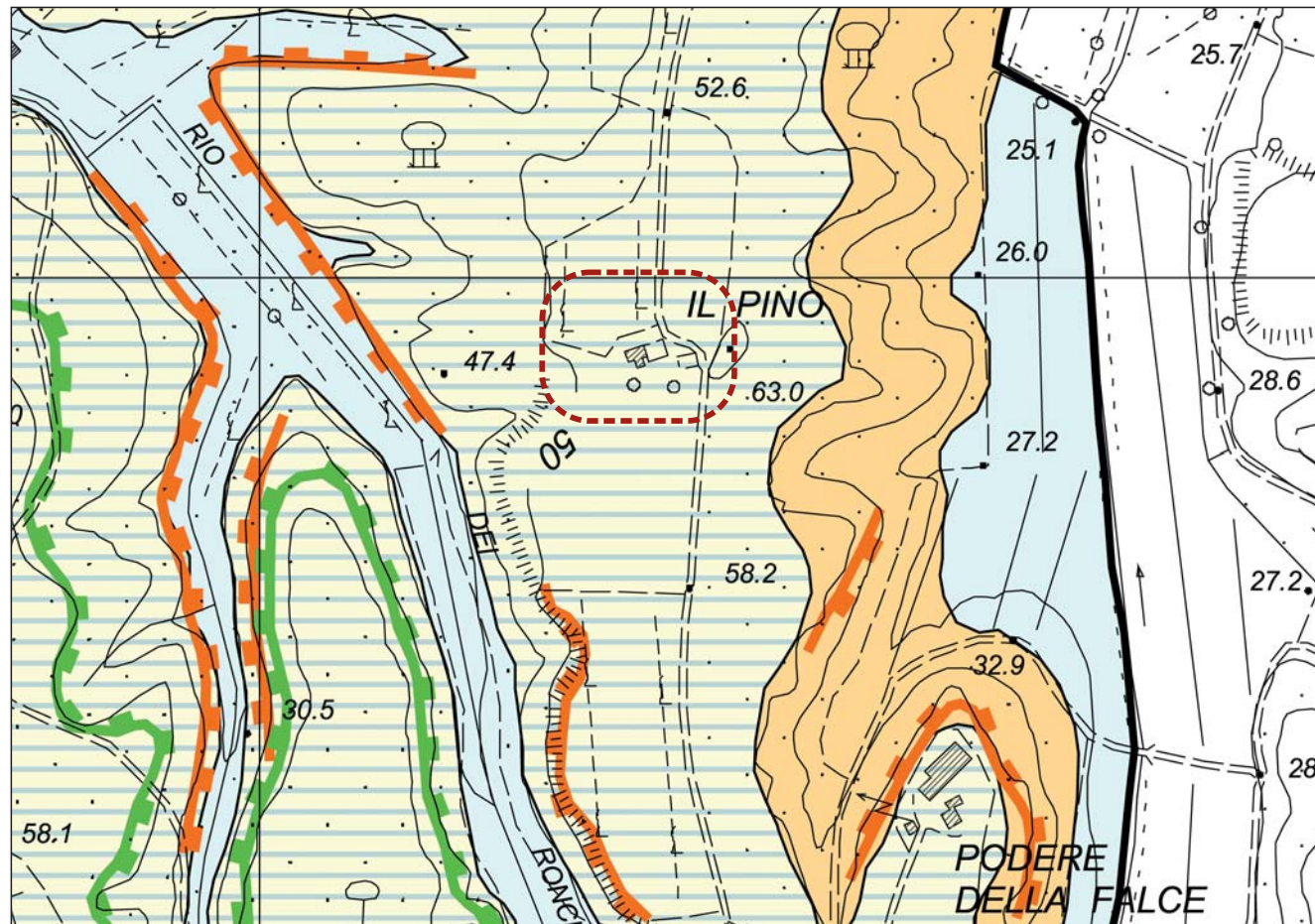
CASA DEGLI ALBERI
 SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
 DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica
 PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
 PROGETTO DI RIGENERAZIONE
 IN AMBITO RURALE
 LOC. VIA DELLE MAREMME

Carta
 Geologica-Geomorfologica

TAV.4a

scala 1:5.000



Legenda:

COMPLESSO NEOAUTOCTONO

- | | | |
|-------------------|--|--|
| Pleistocene Sup. | | Q11 - Sabbie e limi di Vicarello |
| | | Q6t - Tufiti marno-sabbiose |
| Pleistocene Medio | | Q6 - Conglomerati, Sabbie e Limi di Casa Poggio ai Lecci |

Area di studio

Forme e processi di versante

- | | |
|--|------------------------------------|
| | Soliflusso |
| | Scarpate attive |
| | Scarpate quiescenti |
| | Corona e corpo di frana attiva |
| | Corona e corpo di frana quiescente |

REGIONE TOSCANA
 PROVINCIA DI PISA
 COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

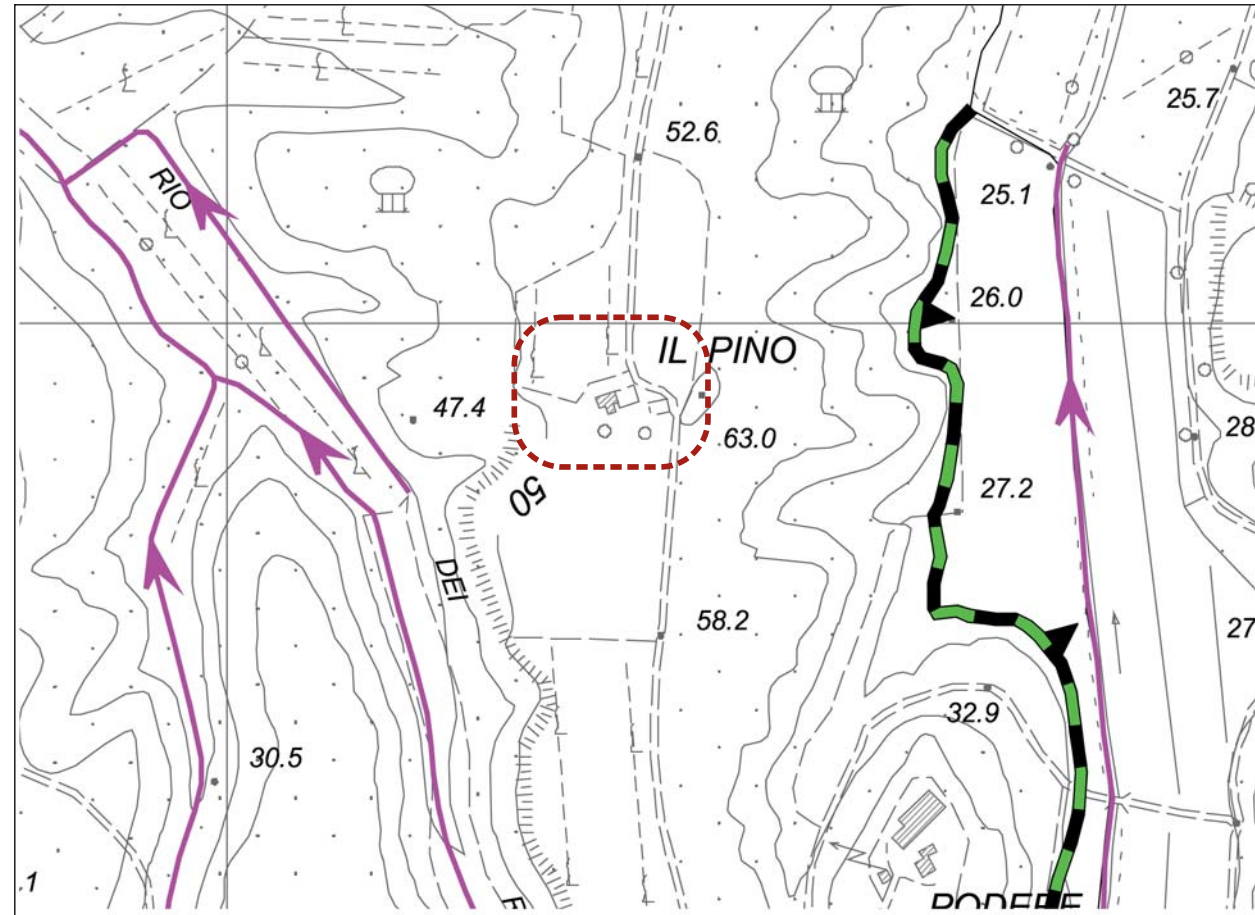
CASA DEGLI ALBERI
 SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
 DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica
 PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
 PROGETTO DI RIGENERAZIONE
 IN AMBITO RURALE
 LOC. VIA DELLE MAREMME

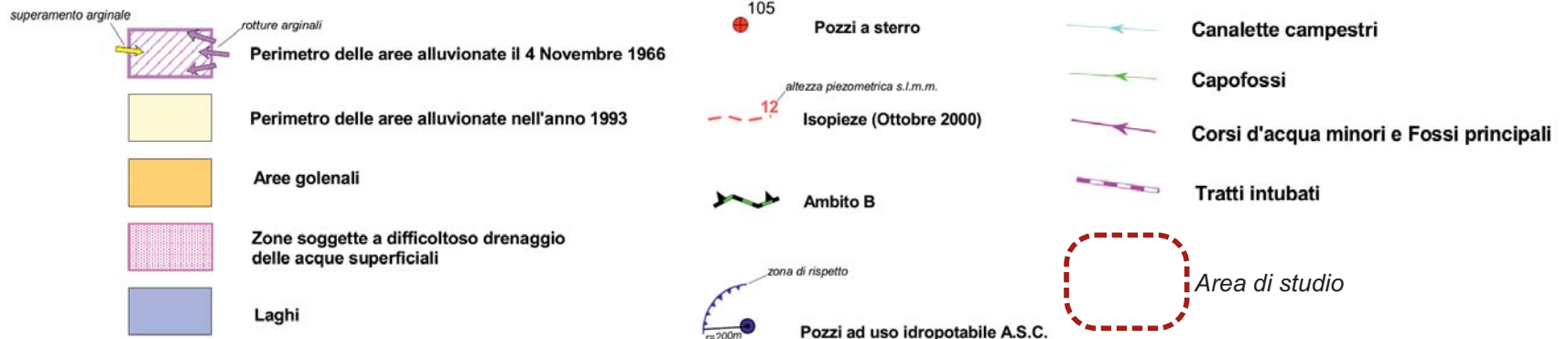
Carta Idrogeologica
 e
 del reticolo minore

TAV.4b

scala 1:5000



Legenda:



REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

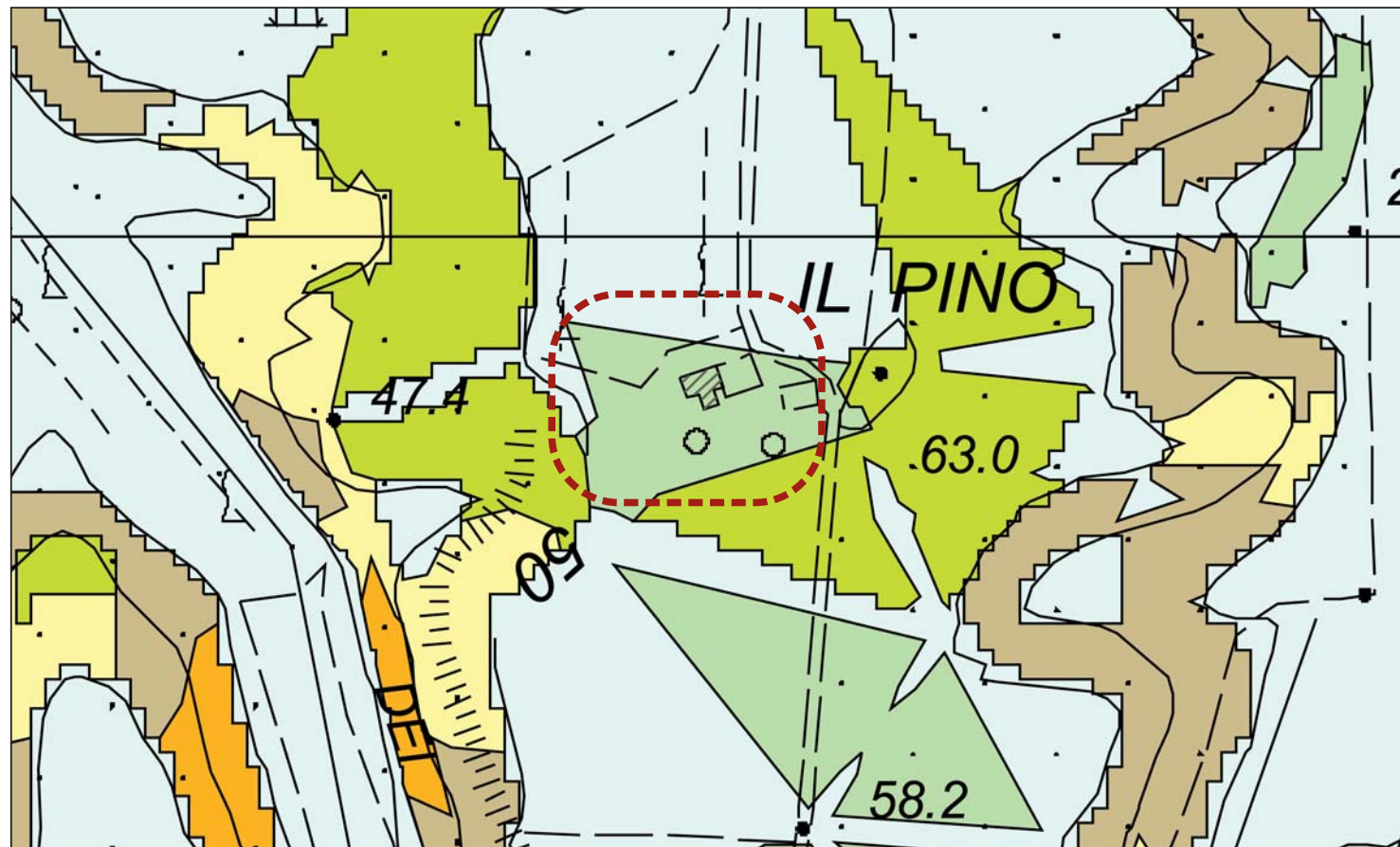
CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica
PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
PROGETTO DI RIGENERAZIONE
IN AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME

Carta
dell'Acclività

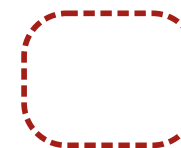
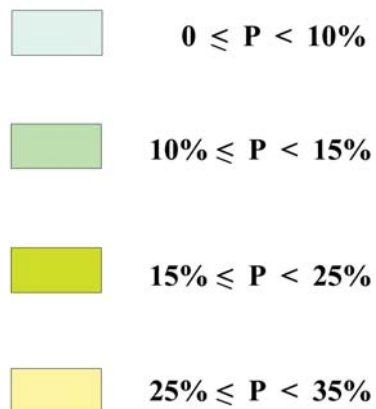
TAV.4c

scala 1:2.500



Legenda:

CLASSI DI ACCLIVITA'



Area di studio

REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

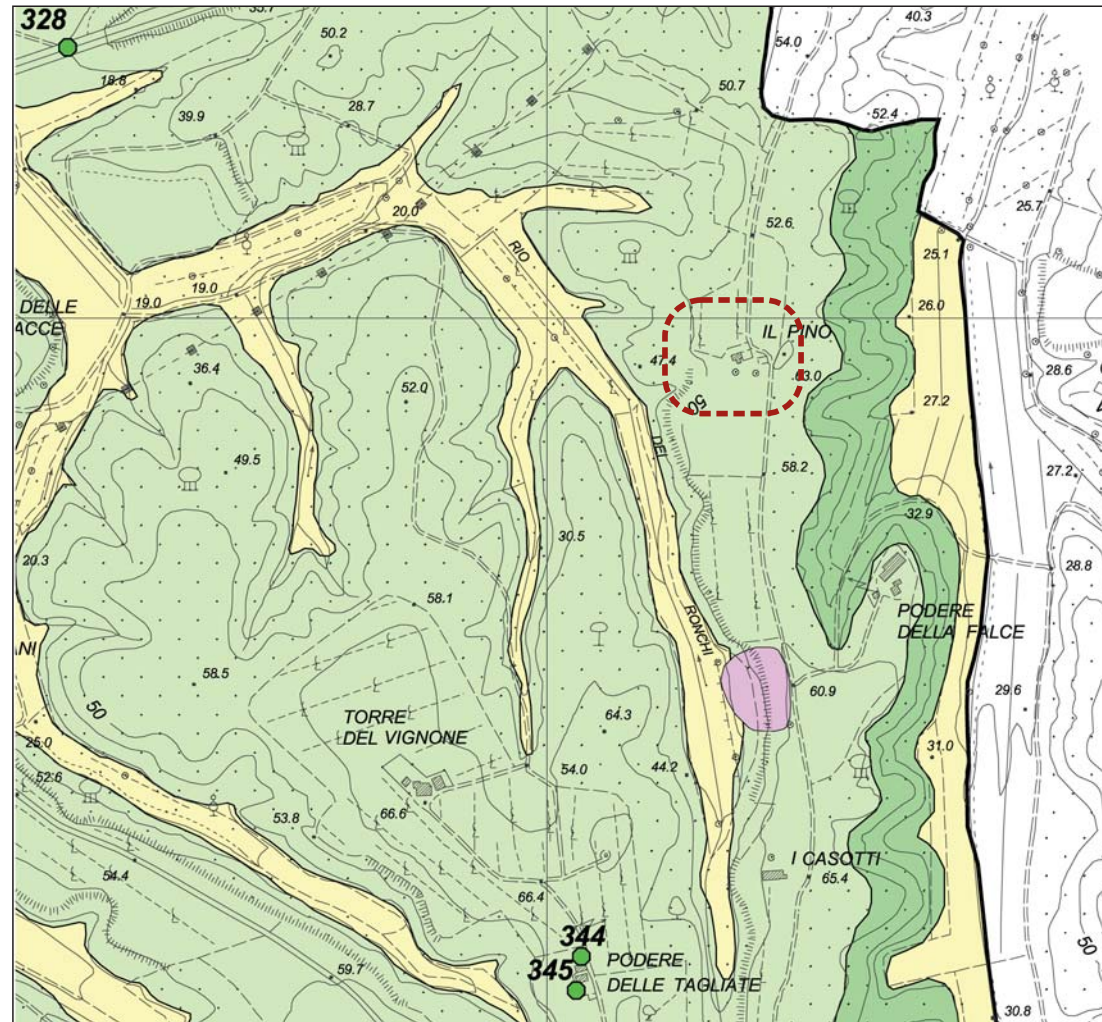
CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica
PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
PROGETTO DI RIGENERAZIONE
IN AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME

Carta Litotecnica





TAV.4d




scala 1:10.000



Legenda:

Classi Litotecniche:

-  Unità 1 : Formazioni di media resistenza (non rappresentata)
-  Unità 2 : Formazioni semicoerenti conglomeratiche (Q6 - Q11)
-  Unità 3 : Formazioni incoerenti sabbiose (P3 - Q3)
-  Unità 4 : Formazioni coerenti di scarsa resistenza (non rappresentata)

-  Ubicazione Prove Penetrometriche Dinamiche
-  Ubicazione Prove Penetrometriche Statiche
-  Ubicazione Sondaggi e Saggi

 Area di studio

REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

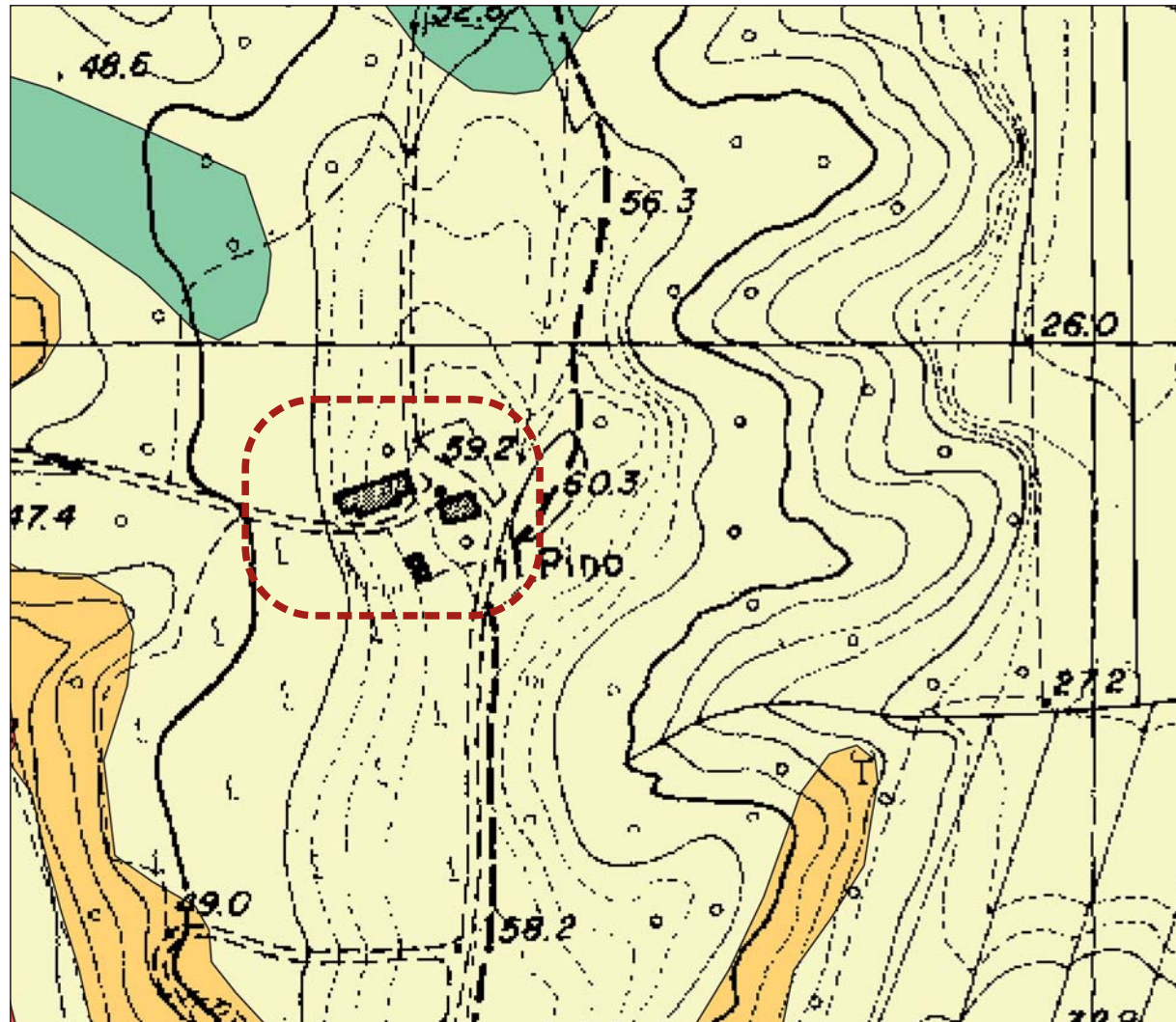
CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica
PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
PROGETTO DI RIGENERAZIONE
IN AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME

Carta della Pericolosità
Geomorfologica

TAV.4e

scala 1:5.000



Legenda:



Area di studio

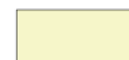
Pericolosità Bassa
(CLASSE 2)



CLASSE 2 - PERICOLOSITA' BASSA

Corrisponde a situazioni geologico-tecniche e morfologiche apparentemente stabili sulle quali però permangono dubbi che possono essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione delle trasformazioni; in essa ricadono le aree di fondovalle o di altopiano con sottosuolo costituito prevalentemente da terreni con buone caratteristiche geotecniche, nonché le aree su versante con pendenze inferiori al 15 per cento, distanti da scarpate, nicchie ed accumuli di frana.

Pericolosità Media
(CLASSE 3)



Sottoclasse 3a

In essa ricadono le aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche favorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi, pur possibili, coinvolgono porzioni di territorio di ampiezza limitata, e altresì le aree della pianura alluvionale con sottosuolo eterogeneo.



Sottoclasse 3b

In essa ricadono le aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche sfavorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi si manifestano coinvolgendo ampie porzioni di territorio e di sottosuolo, sono altresì comprese le aree della pianura alluvionale interessate in passato da episodi di alluvionamento, quelle con prevalenza di terreni compressibili a bassa resistenza penetrometrica statica e quelle in cui sono presenti significativi riporti di terreno.

REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica
PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
PROGETTO DI RIGENERAZIONE
IN AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME

**Carta della Pericolosità
Idraulica**
nel rispetto Art.80
del P.I.T.

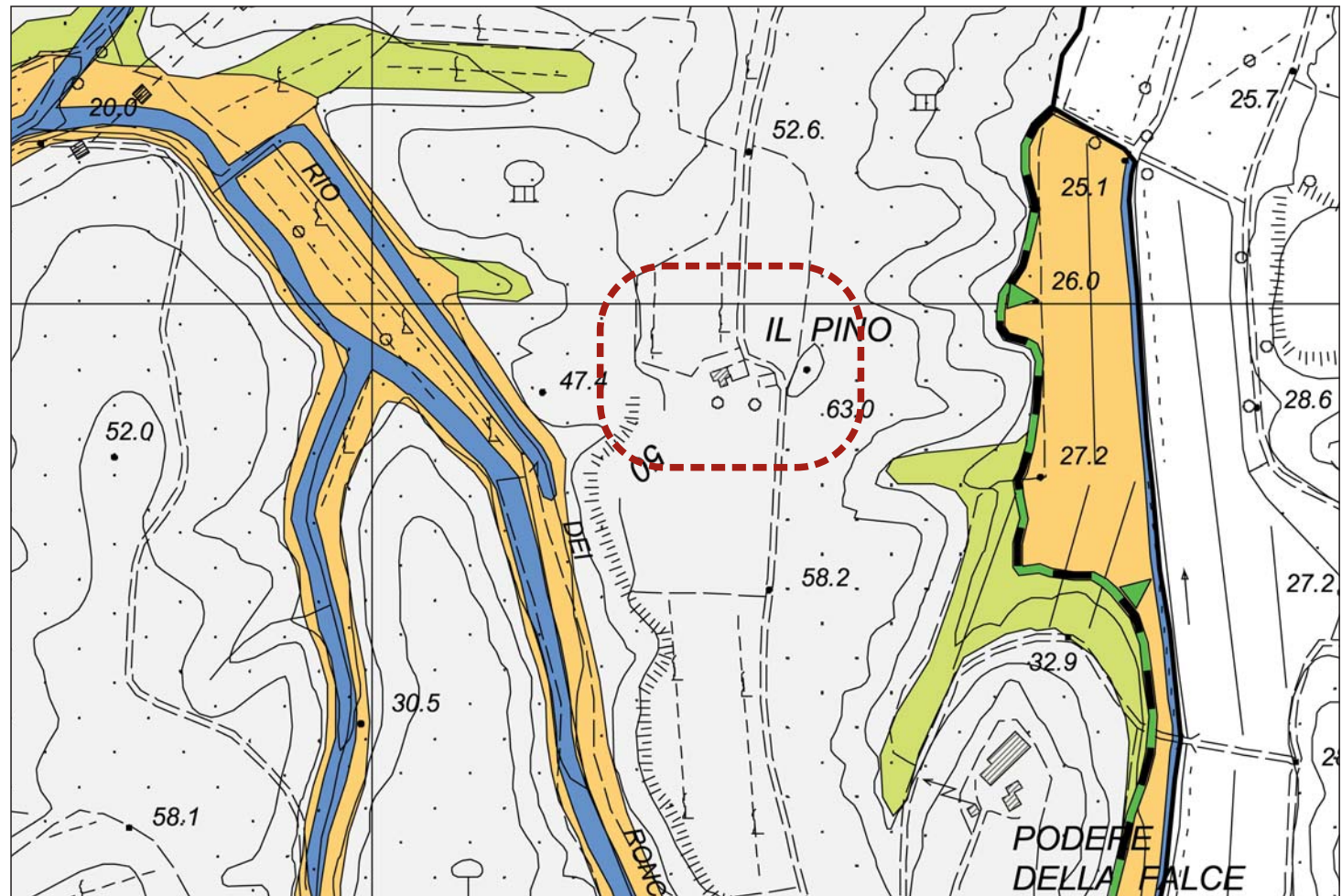
TAV.4f

scala 1:5.000

Legenda:



Area di studio



Legenda:

CLASSE 1 - PERICOLOSITA' IRRILEVANTE



Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
- b) sono in situazione favorevole di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori di ml. 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

CLASSE 2 - PERICOLOSITA' BASSA



Aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori di ml. 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica
PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
PROGETTO DI RIGENERAZIONE
IN AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME

**Carta della Pericolosità
Idraulica**
dedotta applicando
i criteri dell'Art.7 del P.T.C.
ai risultati delle verifiche
idrologico/idrauliche

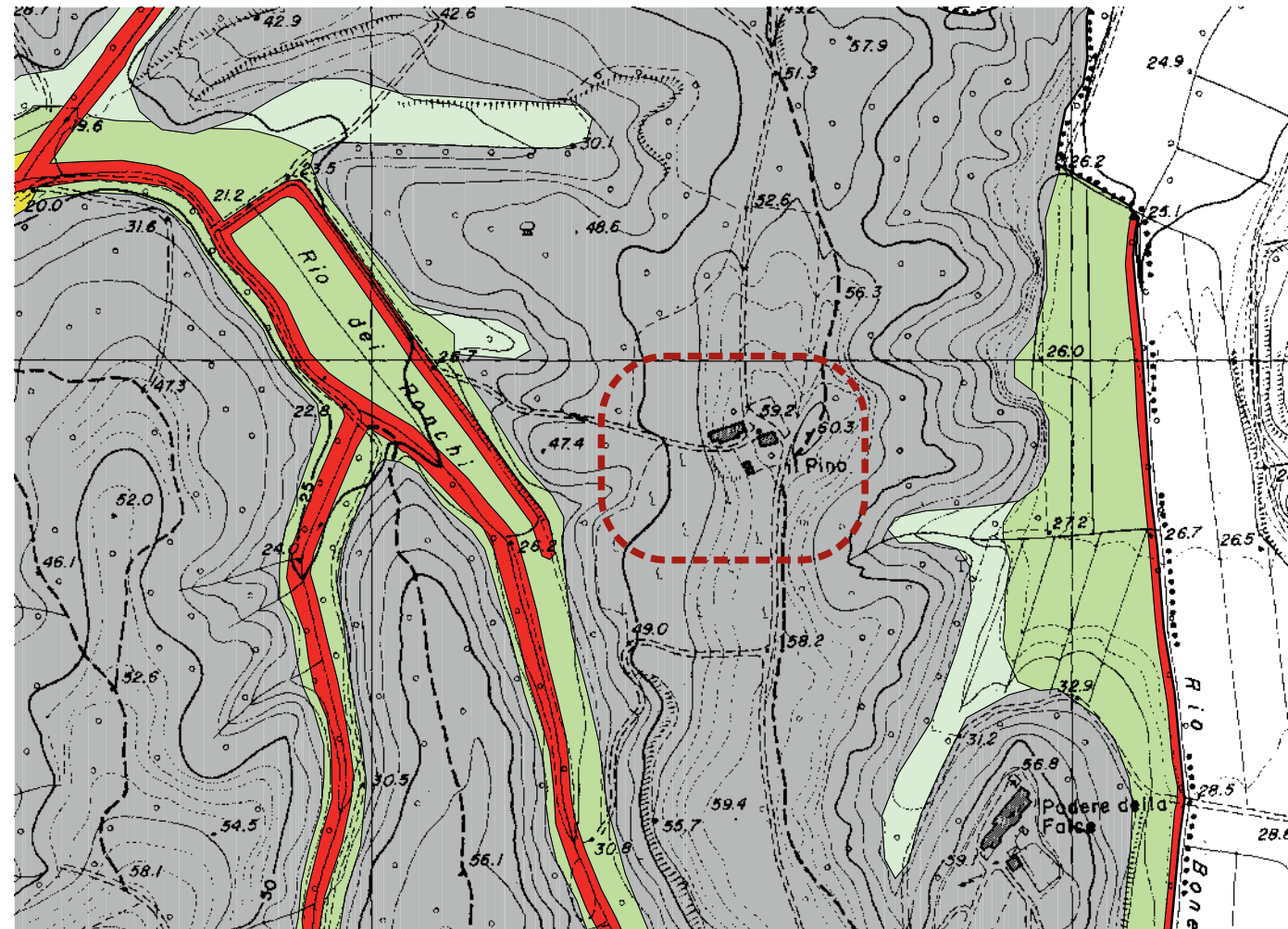
TAV.4G

scala 1:5.000

Legenda:



Area di studio



CLASSI DI PERICOLOSITA' NEL RISPETTO DELL'ART.7 DEL P.T.C.

CLASSE 1 - PERICOLOSITA' IRRILEVANTE



Riguarda le aree collinari e montuose in cui sono giudicati impossibili eventi di esondazione o sommersione; si individuano su base geologica, per esclusione dal gruppo di formazioni di origine alluvionale o palustre di età olocenica

CLASSE 2 - PERICOLOSITA' BASSA



Riguarda le aree, anche se costituite da depositi di origine alluvionale o palustre di età olocenica, apparentemente non coinvolgibili da eventi di esondazione o sommersione; si individuano su base geomorfologica e corrispondono ai depositi terrazzati, distanti in quota dall'attuale reticolo fluviale

REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica
PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
PROGETTO DI RIGENERAZIONE
IN AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME

Carta della Vulnerabilità
idrogeologica

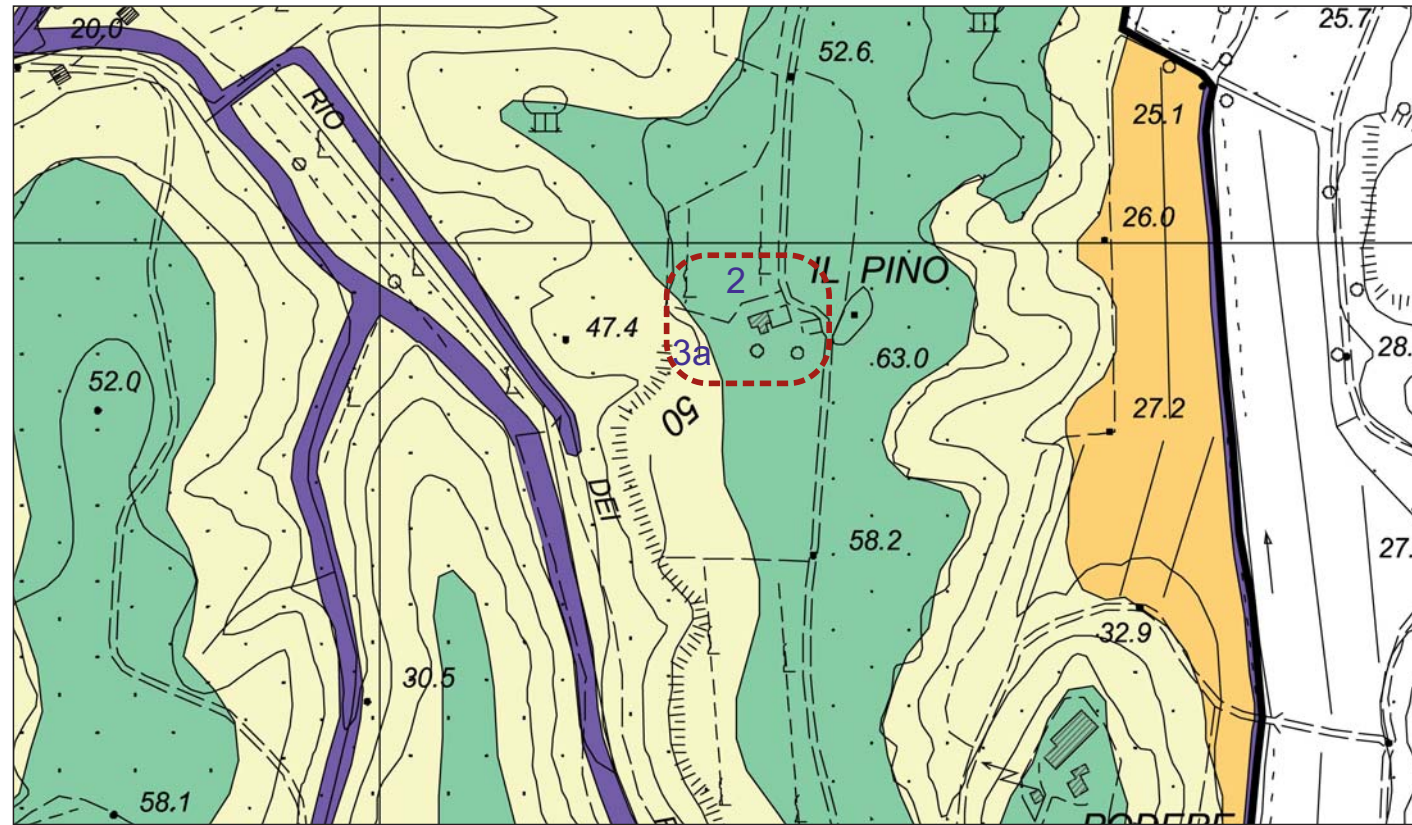
TAV.4h

scala 1:5.000

Legenda:



Area di studio



Legenda:

CLASSE 1 - VULNERABILITA' IRRILEVANTE



Riguarda le aree in cui la risorsa idrica considerata non è presente, essendo i terreni praticamente privi di circolazione idrica sotterranea, per cui gli eventuali inquinanti raggiungono direttamente le vicine acque superficiali o ristagnano sul terreno;

CLASSE 2 - VULNERABILITA' BASSA



Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è apparentemente non vulnerabile, in base a considerazioni riguardanti la natura degli eventuali acquiferi e quella dei terreni di copertura, ma per cui permangono margini di incertezza dovuti a diversi fattori, quali la scarsa disponibilità di dati, la non precisa definibilità delle connessioni idrogeologiche, e simili; corrisponde altresì alle situazioni in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda superiori a 30 giorni; in essa ricadono corpi idrici multifalda caratterizzati dalla presenza di alternanze tra litotipi a diversa ma comunque bassa permeabilità non completamente definiti su base idrogeologica, terreni a bassa permeabilità sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20 per cento o con piezometria media profonda, terreni alluvionali in vallette secondarie in cui non si rilevano indizi certi di circolazione idrica e con bacino di alimentazione caratterizzato in affioramento da litologie argiloso-sabbiose;

CLASSE 3 - VULNERABILITA' MEDIA

Sottoclasse 3a



Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 ed i 30 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano campagna, da falde idriche in materiali a medio-bassa permeabilità con piezometria depressa per cause naturali, da falde idriche spesso sospese attestata in terrazzi alluvionali non direttamente connessi con gli acquiferi principali ovvero in estesi corpi detritici pedecollinari, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità e le zone interessate da falde freatiche attestata in complessi detritici sufficientemente estesi o con evidenze di circolazione idrica;

Sottoclasse 3b



Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 7 ed i 15 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio-alta ma con superficie freatica depressa per cause naturali, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi a media permeabilità, le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità con sufficiente estensione e ricarica, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie poco permeabili;

REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica

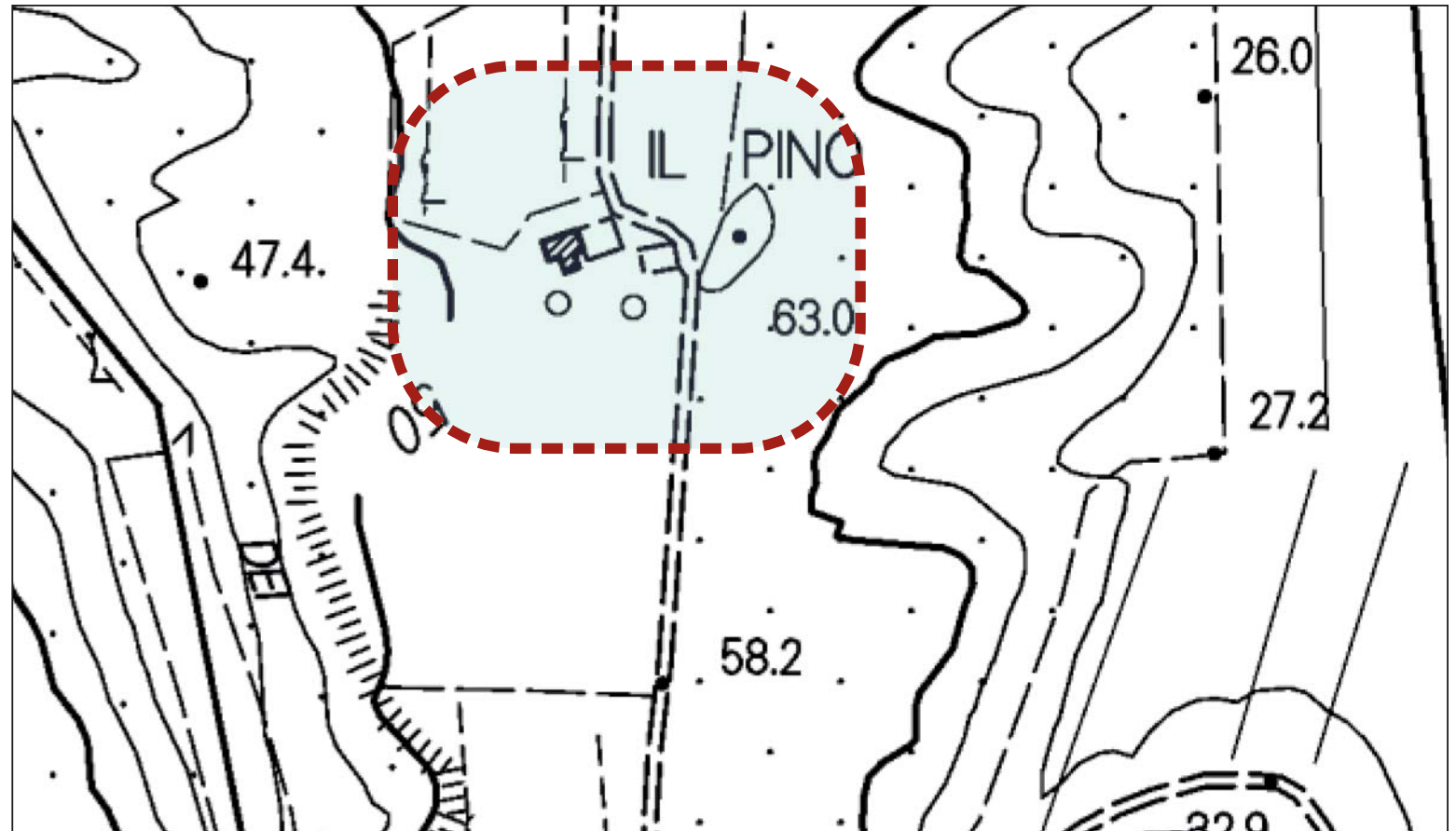
PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
PROGETTO DI RIGENERAZIONE
IN AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME

**Carta della pericolosità
sismica**

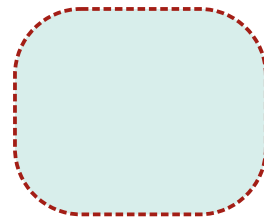
D.P.G.R. 25/10/2011 n°53/R

TAV.5

scala 1:2.500



Legenda:



PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MEDIA (CLASSE S.2): zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)

REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA

Committente:

CASA DEGLI ALBERI
SOCIETA' AGRICOLA EDILIZIA
DI ABITAZIONE

Indagine geologico-geotecnica

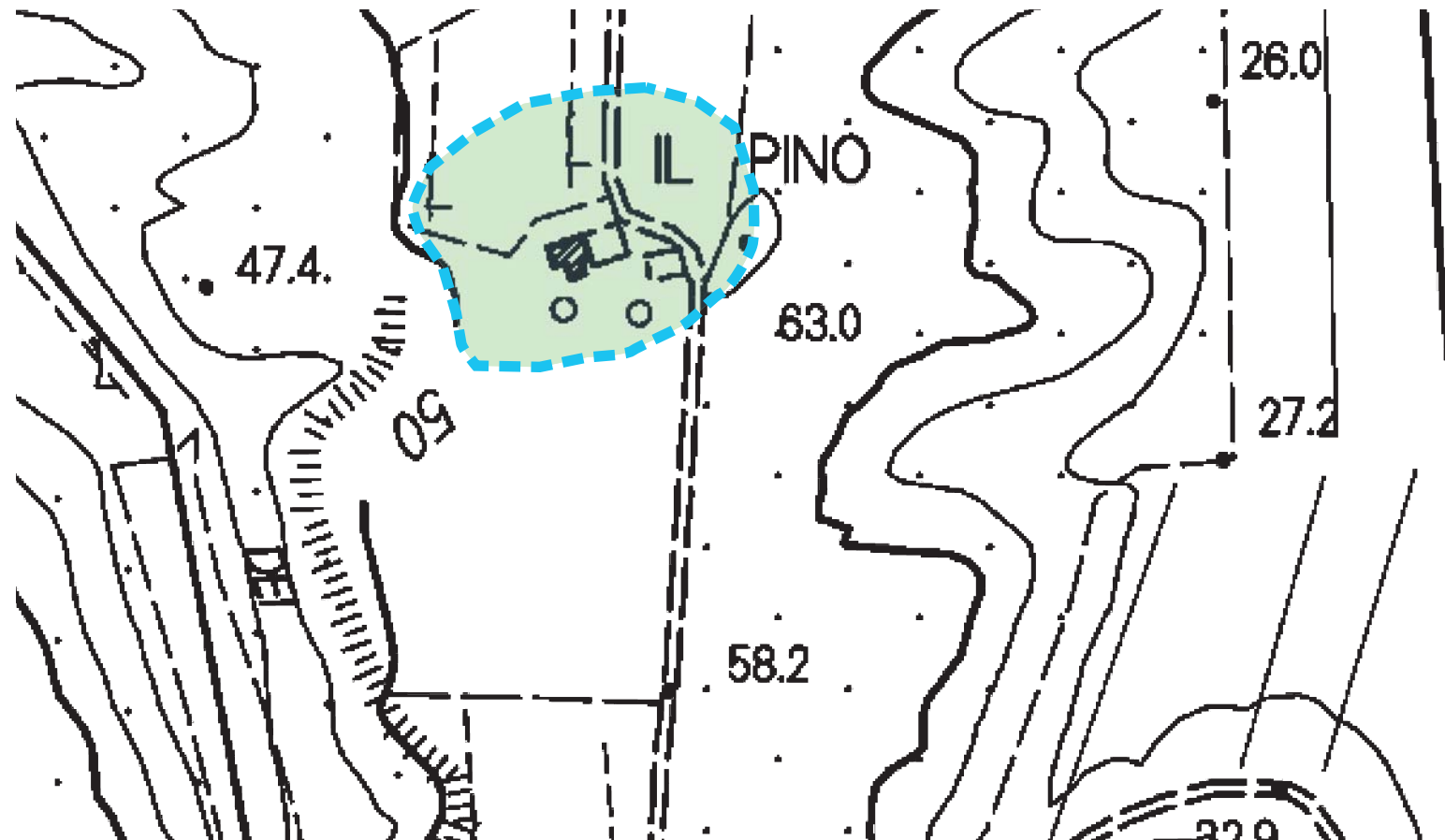
PIANO DI RECUPERO «IL PINO»
PROGETTO DI RIGENERAZIONE
IN AMBITO RURALE
LOC. VIA DELLE MAREMME

Carta della fattibilità

D.P.G.R. 25/10/2011 n°53/R

TAV.5a

scala 1:2.500



Legenda:

F.2

- Fattibilità con normali vincoli
in merito agli aspetti geomorfologici e sismici

F.1

- Fattibilità senza particolari limitazioni
in merito agli aspetti idraulici

ALLEGATO A

ELABORATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE
STATICHE ESEGUITE



di **DONNINI A. & MANTONI F.**

Via Piano di Frassineta, 109 - 60041 Sassoferrato (AN)
Tel/Fax: 0732/96839 - Cell.: 338/9056200 & 328/2652947
P.Iva: 02495830420 - C.F.: 02495830420

INDAGINI & GEOFISICHE
PROVE IN SITO
servizisismici@hotmail.it

PROVA PENETROMETRICA STATICA **C.P.T. Cone Penetration Test**

Prove n°: CPT. 1 - 2 - 3 - 4

Committente: Casa degli Alberi-Società agricola di abitazione

Cantiere: Via delle Maremme

Località: Pontedera (PI)

CARATTERISTICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE
(Penetrometro Statico Semovente Autoancorante Pagani TG 63-200)
Capacità di Spinta 200 Kn

Rif. Norme:	ASTM D3441-86
Diametro Punta Conica:	35.7 mm
Angolo di apertura punta:	60°
Area punta:	10 cmq
Superficie manicotto di attrito:	150cmq
Rapporto delle aree di punta:	0.58
Rapporto delle aree del manicotto:	0.014
Passo di lettura:	20 cm
Costante di trasformazione Ct:	10 m

LEGENDA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

fs: attrito laterale sulla superficie del manicotto

Qc: resistenza specifica alla punta del cono

Qc/fs: Rapporto Begemann 1965



Sassoferrato, novembre 2016

Servizi Sismici Snc

PROVA ... Nr.1

Committente: Cohousing

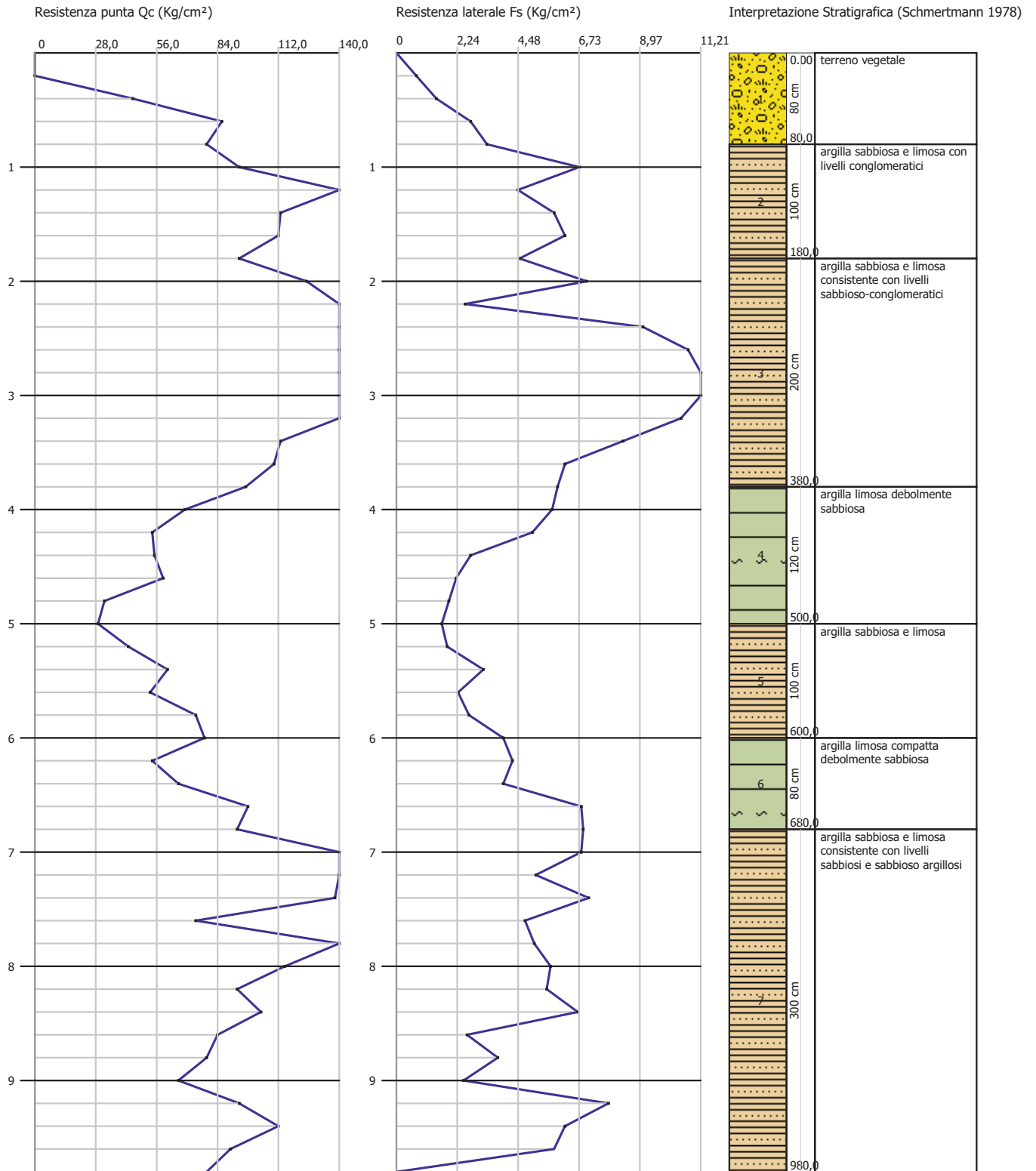
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 18/10/2016

Profondità prova: 9,80 mt

Località: Pontedera

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,733	0,0	
0,40	45,00	56,0	45,0	1,467	30,675	3,3
0,60	86,00	108,0	86,0	2,73	31,502	3,2
0,80	79,00	120,0	79,0	3,33	23,724	4,2
1,00	94,00	144,0	94,0	6,73	13,967	7,2
1,20	288,00	389,0	288,0	4,47	64,43	1,6
1,40	113,00	180,0	113,0	5,8	19,483	5,1
1,60	112,00	199,0	112,0	6,2	18,065	5,5
1,80	94,00	187,0	94,0	4,53	20,751	4,8
2,00	125,00	193,0	125,0	7,0	17,857	5,6
2,20	153,00	258,0	153,0	2,53	60,474	1,7
2,40	215,00	253,0	215,0	9,07	23,705	4,2
2,60	204,00	340,0	204,0	10,73	19,012	5,3
2,80	219,00	380,0	219,0	11,2	19,554	5,1
3,00	192,00	360,0	192,0	11,2	17,143	5,8
3,20	147,00	315,0	147,0	10,47	14,04	7,1
3,40	113,00	270,0	113,0	8,33	13,565	7,4
3,60	110,00	235,0	110,0	6,2	17,742	5,6
3,80	97,00	190,0	97,0	5,93	16,358	6,1
4,00	69,00	158,0	69,0	5,73	12,042	8,3
4,20	54,00	140,0	54,0	5,0	10,8	9,3
4,40	55,00	130,0	55,0	2,73	20,147	5,0
4,60	59,00	100,0	59,0	2,2	26,818	3,7
4,80	32,00	65,0	32,0	1,93	16,58	6,0
5,00	29,00	58,0	29,0	1,67	17,365	5,8
5,20	43,00	68,0	43,0	1,87	22,995	4,3
5,40	61,00	89,0	61,0	3,2	19,063	5,2
5,60	53,00	101,0	53,0	2,27	23,348	4,3
5,80	74,00	108,0	74,0	2,67	27,715	3,6
6,00	78,00	118,0	78,0	3,93	19,847	5,0
6,20	54,00	113,0	54,0	4,27	12,646	7,9
6,40	66,00	130,0	66,0	3,93	16,794	6,0
6,60	98,00	157,0	98,0	6,8	14,412	6,9
6,80	93,00	195,0	93,0	6,87	13,537	7,4
7,00	140,00	243,0	140,0	6,8	20,588	4,9
7,20	143,00	245,0	143,0	5,13	27,875	3,6
7,40	138,00	215,0	138,0	7,07	19,519	5,1
7,60	74,00	180,0	74,0	4,73	15,645	6,4
7,80	148,00	219,0	148,0	5,07	29,191	3,4
8,00	115,00	191,0	115,0	5,67	20,282	4,9
8,20	93,00	178,0	93,0	5,53	16,817	5,9
8,40	104,00	187,0	104,0	6,67	15,592	6,4
8,60	84,00	184,0	84,0	2,6	32,308	3,1
8,80	79,00	118,0	79,0	3,73	21,18	4,7
9,00	66,00	122,0	66,0	2,47	26,721	3,7
9,20	94,00	131,0	94,0	7,8	12,051	8,3
9,40	112,00	229,0	112,0	6,2	18,065	5,5
9,60	90,00	183,0	90,0	5,8	15,517	6,4
9,80	79,00	166,0	79,0	0,0		0,0



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	52,5	2,065	0,1	0,1	Baligh ed altri 1980 Nk=23	2,28
Strato 2	1,80	140,2	5,546	0,2	0,2		6,09
Strato 3	3,80	157,5	8,266	0,6	0,6		6,82
Strato 4	5,00	49,667	3,21	0,9	0,9		2,12
Strato 5	6,00	61,8	2,788	1,2	1,2		2,64
Strato 6	6,80	77,75	5,468	1,4	1,4		3,32
Strato 7	9,80	103,933	5,018	1,8	1,8		4,44

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	52,5	2,065	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	105,0
Strato 2	1,80	140,2	5,546	0,2	0,2		280,4
Strato 3	3,80	157,5	8,266	0,6	0,6		315,0
Strato 4	5,00	49,667	3,21	0,9	0,9		99,33
Strato 5	6,00	61,8	2,788	1,2	1,2		123,6
Strato 6	6,80	77,75	5,468	1,4	1,4		155,5
Strato 7	9,80	103,933	5,018	1,8	1,8		207,86

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0,80	52,5	2,065	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	
Strato 2	1,80	140,2	5,546	0,2	0,2		9,0
Strato 3	3,80	157,5	8,266	0,6	0,6		9,0
Strato 4	5,00	49,667	3,21	0,9	0,9		9,0
Strato 5	6,00	61,8	2,788	1,2	1,2		9,0
Strato 6	6,80	77,75	5,468	1,4	1,4		9,0
Strato 7	9,80	103,933	5,018	1,8	1,8		9,0

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,80	52,5	2,065	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 2	1,80	140,2	5,546	0,2	0,2		2,3
Strato 3	3,80	157,5	8,266	0,6	0,6		2,3
Strato 4	5,00	49,667	3,21	0,9	0,9		2,1
Strato 5	6,00	61,8	2,788	1,2	1,2		2,1
Strato 6	6,80	77,75	5,468	1,4	1,4		2,2
Strato 7	9,80	103,933	5,018	1,8	1,8		2,2

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0,80	52,5	2,065	0,1	0,1	Jamolkowski 1985	100,0
Strato 2	1,80	140,2	5,546	0,2	0,2		100,0
Strato 3	3,80	157,5	8,266	0,6	0,6		96,01
Strato 5	6,00	61,8	2,788	1,2	1,2		49,11
Strato 7	9,80	103,933	5,018	1,8	1,8		51,92

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0,80	52,5	2,065	0,1	0,1	Caquot	41,08
Strato 2	1,80	140,2	5,546	0,2	0,2		39,44
Strato 3	3,80	157,5	8,266	0,6	0,6		37,61
Strato 5	6,00	61,8	2,788	1,2	1,2		29,5
Strato 7	9,80	103,933	5,018	1,8	1,8		29,98

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	52,5	2,065	0,1	0,1	Schmertmann	68,25
Strato 2	1,80	140,2	5,546	0,2	0,2		182,26
Strato 3	3,80	157,5	8,266	0,6	0,6		204,75
Strato 5	6,00	61,8	2,788	1,2	1,2		80,34
Strato 7	9,80	103,933	5,018	1,8	1,8		135,11

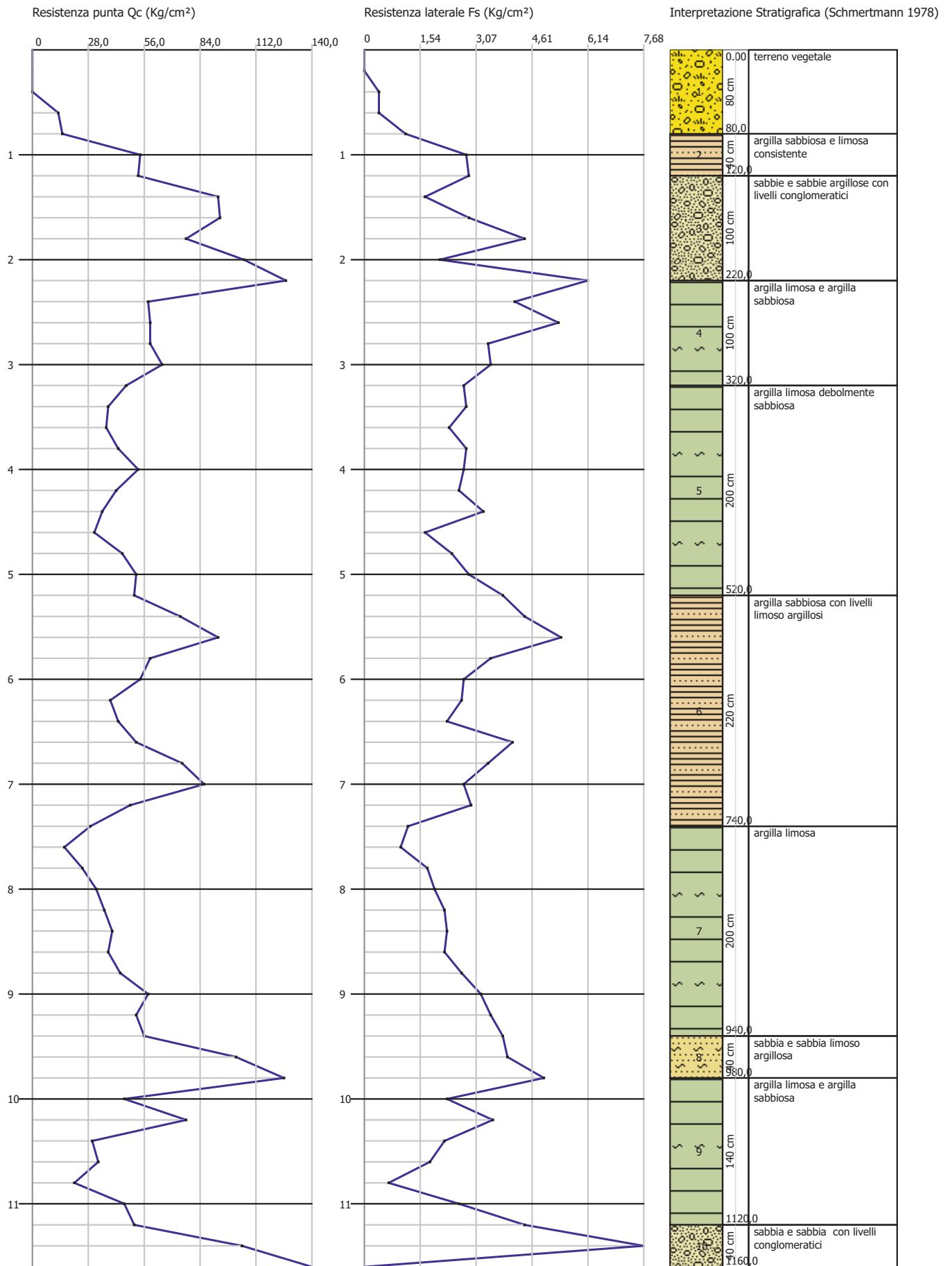
Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,80	52,5	2,065	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 2	1,80	140,2	5,546	0,2	0,2		1,8
Strato 3	3,80	157,5	8,266	0,6	0,6		1,8
Strato 5	6,00	61,8	2,788	1,2	1,2		1,8
Strato 7	9,80	103,933	5,018	1,8	1,8		1,8

PROVA ... Nr.2

Committente: Cohousing
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 18/10/2016
 Profondità prova: 11,60 mt
 Località: Pontedera

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,4	0,0	
0,60	13,00	19,0	13,0	0,4	32,5	3,1
0,80	15,00	21,0	15,0	1,13	13,274	7,5
1,00	54,00	71,0	54,0	2,8	19,286	5,2
1,20	53,00	95,0	53,0	2,87	18,467	5,4
1,40	93,00	136,0	93,0	1,67	55,689	1,8
1,60	94,00	119,0	94,0	2,87	32,753	3,1
1,80	77,00	120,0	77,0	4,4	17,5	5,7
2,00	106,00	172,0	106,0	2,07	51,208	2,0
2,20	127,00	158,0	127,0	6,13	20,718	4,8
2,40	58,00	150,0	58,0	4,13	14,044	7,1
2,60	59,00	121,0	59,0	5,33	11,069	9,0
2,80	59,00	139,0	59,0	3,4	17,353	5,8
3,00	65,00	116,0	65,0	3,47	18,732	5,3
3,20	47,00	99,0	47,0	2,73	17,216	5,8
3,40	38,00	79,0	38,0	2,8	13,571	7,4
3,60	37,00	79,0	37,0	2,33	15,88	6,3
3,80	43,00	78,0	43,0	2,8	15,357	6,5
4,00	53,00	95,0	53,0	2,73	19,414	5,2
4,20	42,00	83,0	42,0	2,6	16,154	6,2
4,40	35,00	74,0	35,0	3,27	10,703	9,3
4,60	31,00	80,0	31,0	1,67	18,563	5,4
4,80	45,00	70,0	45,0	2,4	18,75	5,3
5,00	52,00	88,0	52,0	2,87	18,118	5,5
5,20	51,00	94,0	51,0	3,8	13,421	7,5
5,40	74,00	131,0	74,0	4,4	16,818	5,9
5,60	93,00	159,0	93,0	5,4	17,222	5,8
5,80	59,00	140,0	59,0	3,47	17,003	5,9
6,00	54,00	106,0	54,0	2,73	19,78	5,1
6,20	39,00	80,0	39,0	2,67	14,607	6,8
6,40	43,00	83,0	43,0	2,27	18,943	5,3
6,60	52,00	86,0	52,0	4,07	12,776	7,8
6,80	75,00	136,0	75,0	3,4	22,059	4,5
7,00	86,00	137,0	86,0	2,73	31,502	3,2
7,20	49,00	90,0	49,0	2,93	16,724	6,0
7,40	29,00	73,0	29,0	1,2	24,167	4,1
7,60	16,00	34,0	16,0	1,0	16,0	6,3
7,80	25,00	40,0	25,0	1,73	14,451	6,9
8,00	32,00	58,0	32,0	1,93	16,58	6,0
8,20	36,00	65,0	36,0	2,2	16,364	6,1
8,40	40,00	73,0	40,0	2,27	17,621	5,7
8,60	38,00	72,0	38,0	2,2	17,273	5,8
8,80	44,00	77,0	44,0	2,67	16,479	6,1
9,00	58,00	98,0	58,0	3,2	18,125	5,5
9,20	52,00	100,0	52,0	3,47	14,986	6,7
9,40	56,00	108,0	56,0	3,8	14,737	6,8
9,60	102,00	159,0	102,0	3,93	25,954	3,9
9,80	126,00	185,0	126,0	4,93	25,558	3,9
10,00	46,00	120,0	46,0	2,27	20,264	4,9
10,20	77,00	111,0	77,0	3,53	21,813	4,6
10,40	30,00	83,0	30,0	2,2	13,636	7,3
10,60	33,00	66,0	33,0	1,8	18,333	5,5
10,80	21,00	48,0	21,0	0,67	31,343	3,2
11,00	46,00	56,0	46,0	2,6	17,692	5,7
11,20	51,00	90,0	51,0	4,4	11,591	8,6
11,40	105,00	171,0	105,0	7,67	13,69	7,3
11,60	300,00	415,0	300,0	0,0		0,0



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	7,0	0,483	0,0	0,0	Baligh ed altri 1980 Nk=23	0,3
Strato 2	1,20	53,5	2,835	0,1	0,1		2,32
Strato 3	2,20	99,4	3,428	0,3	0,3		4,31
Strato 4	3,20	57,6	3,812	0,5	0,5		2,48
Strato 5	5,20	41,556	2,727	0,8	0,8		1,77
Strato 6	7,40	59,364	3,206	1,2	1,2		2,53
Strato 7	9,40	39,7	2,447	1,7	1,7		1,65
Strato 8	9,80	114,0	4,43	1,9	1,9		4,87
Strato 9	11,20	43,429	2,496	2,1	2,1		1,8

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	7,0	0,483	0,0	0,0	Metodo generale del modulo Edometrico	35,22
Strato 2	1,20	53,5	2,835	0,1	0,1		107,0
Strato 3	2,20	99,4	3,428	0,3	0,3		198,8
Strato 4	3,20	57,6	3,812	0,5	0,5		115,2
Strato 5	5,20	41,556	2,727	0,8	0,8		83,11
Strato 6	7,40	59,364	3,206	1,2	1,2		118,73
Strato 7	9,40	39,7	2,447	1,7	1,7		79,4
Strato 8	9,80	114,0	4,43	1,9	1,9		228,0
Strato 9	11,20	43,429	2,496	2,1	2,1		86,86

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0,80	7,0	0,483	0,0	0,0	P.W.Mayne 1991	1,2
Strato 2	1,20	53,5	2,835	0,1	0,1		9,0
Strato 3	2,20	99,4	3,428	0,3	0,3		9,0
Strato 4	3,20	57,6	3,812	0,5	0,5		9,0
Strato 5	5,20	41,556	2,727	0,8	0,8		8,11
Strato 6	7,40	59,364	3,206	1,2	1,2		9,0
Strato 7	9,40	39,7	2,447	1,7	1,7		7,74
Strato 8	9,80	114,0	4,43	1,9	1,9		9,0
Strato 9	11,20	43,429	2,496	2,1	2,1		8,49

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,80	7,0	0,483	0,0	0,0	Meyerhof	1,8
Strato 2	1,20	53,5	2,835	0,1	0,1		2,1
Strato 3	2,20	99,4	3,428	0,3	0,3		2,2
Strato 4	3,20	57,6	3,812	0,5	0,5		2,1
Strato 5	5,20	41,556	2,727	0,8	0,8		2,1
Strato 6	7,40	59,364	3,206	1,2	1,2		2,1
Strato 7	9,40	39,7	2,447	1,7	1,7		2,1
Strato 8	9,80	114,0	4,43	1,9	1,9		2,2
Strato 9	11,20	43,429	2,496	2,1	2,1		2,1

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	1,20	53,5	2,835	0,1	0,1	Jamiolkowski 1985	100,0
Strato 3	2,20	99,4	3,428	0,3	0,3		100,0
Strato 5	5,20	41,556	2,727	0,8	0,8		49,01
Strato 6	7,40	59,364	3,206	1,2	1,2		46,47
Strato 8	9,80	114,0	4,43	1,9	1,9		52,61
Strato 10	11,60	202,5	3,835	2,3	2,3		63,85

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	1,20	53,5	2,835	0,1	0,1	Caquot	40,31
Strato 3	2,20	99,4	3,428	0,3	0,3		39,27
Strato 5	5,20	41,556	2,727	0,8	0,8		29,48
Strato 6	7,40	59,364	3,206	1,2	1,2		29,04
Strato 8	9,80	114,0	4,43	1,9	1,9		30,1
Strato 10	11,60	202,5	3,835	2,3	2,3		32,05

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 2	1,20	53,5	2,835	0,1	0,1	Schmertmann	69,55
Strato 3	2,20	99,4	3,428	0,3	0,3		129,22
Strato 5	5,20	41,556	2,727	0,8	0,8		54,02
Strato 6	7,40	59,364	3,206	1,2	1,2		77,17
Strato 8	9,80	114,0	4,43	1,9	1,9		148,2
Strato 10	11,60	202,5	3,835	2,3	2,3		263,25

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	1,20	53,5	2,835	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 3	2,20	99,4	3,428	0,3	0,3		1,8
Strato 5	5,20	41,556	2,727	0,8	0,8		1,8
Strato 6	7,40	59,364	3,206	1,2	1,2		1,8
Strato 8	9,80	114,0	4,43	1,9	1,9		1,8
Strato 10	11,60	202,5	3,835	2,3	2,3		1,8

PROVA ... Nr.3

Committente: Cohousing

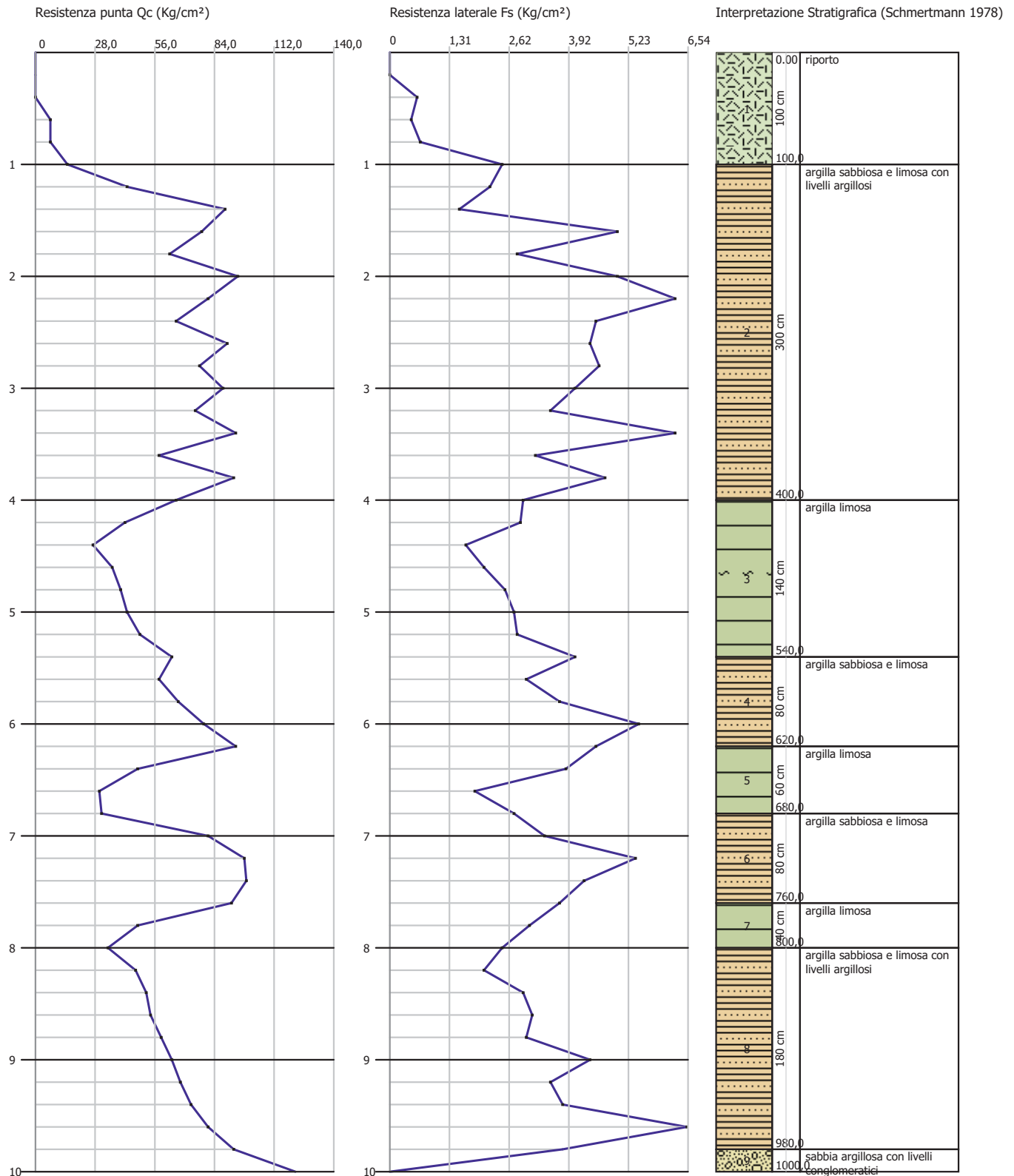
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 18/10/2016

Profondità prova: 10,00 mt

Località: Pontedera

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,6	0,0	
0,60	7,00	16,0	7,0	0,47	14,894	6,7
0,80	7,00	14,0	7,0	0,67	10,448	9,6
1,00	15,00	25,0	15,0	2,47	6,073	16,5
1,20	43,00	80,0	43,0	2,2	19,545	5,1
1,40	89,00	122,0	89,0	1,53	58,17	1,7
1,60	78,00	101,0	78,0	5,0	15,6	6,4
1,80	63,00	138,0	63,0	2,8	22,5	4,4
2,00	95,00	137,0	95,0	5,0	19,0	5,3
2,20	81,00	156,0	81,0	6,27	12,919	7,7
2,40	66,00	160,0	66,0	4,53	14,57	6,9
2,60	90,00	158,0	90,0	4,4	20,455	4,9
2,80	77,00	143,0	77,0	4,6	16,739	6,0
3,00	88,00	157,0	88,0	4,07	21,622	4,6
3,20	75,00	136,0	75,0	3,53	21,246	4,7
3,40	94,00	147,0	94,0	6,27	14,992	6,7
3,60	58,00	152,0	58,0	3,2	18,125	5,5
3,80	93,00	141,0	93,0	4,73	19,662	5,1
4,00	66,00	137,0	66,0	2,93	22,526	4,4
4,20	42,00	86,0	42,0	2,87	14,634	6,8
4,40	27,00	70,0	27,0	1,67	16,168	6,2
4,60	36,00	61,0	36,0	2,07	17,391	5,8
4,80	40,00	71,0	40,0	2,53	15,81	6,3
5,00	43,00	81,0	43,0	2,73	15,751	6,3
5,20	49,00	90,0	49,0	2,8	17,5	5,7
5,40	64,00	106,0	64,0	4,07	15,725	6,4
5,60	58,00	119,0	58,0	3,0	19,333	5,2
5,80	67,00	112,0	67,0	3,73	17,962	5,6
6,00	79,00	135,0	79,0	5,47	14,442	6,9
6,20	94,00	176,0	94,0	4,53	20,751	4,8
6,40	48,00	116,0	48,0	3,87	12,403	8,1
6,60	30,00	88,0	30,0	1,87	16,043	6,2
6,80	31,00	59,0	31,0	2,73	11,355	8,8
7,00	81,00	122,0	81,0	3,4	23,824	4,2
7,20	98,00	149,0	98,0	5,4	18,148	5,5
7,40	99,00	180,0	99,0	4,27	23,185	4,3
7,60	92,00	156,0	92,0	3,73	24,665	4,1
7,80	48,00	104,0	48,0	3,07	15,635	6,4
8,00	34,00	80,0	34,0	2,47	13,765	7,3
8,20	47,00	84,0	47,0	2,07	22,705	4,4
8,40	52,00	83,0	52,0	2,93	17,747	5,6
8,60	54,00	98,0	54,0	3,13	17,252	5,8
8,80	59,00	106,0	59,0	3,0	19,667	5,1
9,00	64,00	109,0	64,0	4,4	14,545	6,9
9,20	68,00	134,0	68,0	3,53	19,263	5,2
9,40	73,00	126,0	73,0	3,8	19,211	5,2
9,60	81,00	138,0	81,0	6,53	12,404	8,1
9,80	93,00	191,0	93,0	3,8	24,474	4,1
10,00	122,00	179,0	122,0	0,0		0,0



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1,00	5,8	0,842	0,1	0,1	Baligh ed altri 1980 Nk=23	0,25
Strato 2	4,00	77,067	4,071	0,4	0,4		3,33
Strato 3	5,40	43,0	2,677	0,9	0,9		1,83
Strato 4	6,20	74,5	4,183	1,2	1,2		3,19
Strato 5	6,80	36,333	2,823	1,3	1,3		1,52
Strato 6	7,60	92,5	4,2	1,4	1,4		3,96
Strato 7	8,00	41,0	2,77	1,6	1,6		1,71
Strato 8	9,80	65,667	3,688	1,8	1,8		2,78

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1,00	5,8	0,842	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	30,75
Strato 2	4,00	77,067	4,071	0,4	0,4		154,13
Strato 3	5,40	43,0	2,677	0,9	0,9		86,0
Strato 4	6,20	74,5	4,183	1,2	1,2		149,0
Strato 5	6,80	36,333	2,823	1,3	1,3		72,66
Strato 6	7,60	92,5	4,2	1,4	1,4		185,0
Strato 7	8,00	41,0	2,77	1,6	1,6		82,0
Strato 8	9,80	65,667	3,688	1,8	1,8		131,33

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,00	5,8	0,842	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	0,96
Strato 2	4,00	77,067	4,071	0,4	0,4		9,0
Strato 3	5,40	43,0	2,677	0,9	0,9		8,4
Strato 4	6,20	74,5	4,183	1,2	1,2		9,0
Strato 5	6,80	36,333	2,823	1,3	1,3		7,07
Strato 6	7,60	92,5	4,2	1,4	1,4		9,0
Strato 7	8,00	41,0	2,77	1,6	1,6		8,0
Strato 8	9,80	65,667	3,688	1,8	1,8		9,0

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,00	5,8	0,842	0,1	0,1	Meyerhof	1,7
Strato 2	4,00	77,067	4,071	0,4	0,4		2,2
Strato 3	5,40	43,0	2,677	0,9	0,9		2,1
Strato 4	6,20	74,5	4,183	1,2	1,2		2,2
Strato 5	6,80	36,333	2,823	1,3	1,3		2,0
Strato 6	7,60	92,5	4,2	1,4	1,4		2,2
Strato 7	8,00	41,0	2,77	1,6	1,6		2,1
Strato 8	9,80	65,667	3,688	1,8	1,8		2,1

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	4,00	77,067	4,071	0,4	0,4	Jamiolkowski 1985	83,35
Strato 4	6,20	74,5	4,183	1,2	1,2		54,79
Strato 6	7,60	92,5	4,2	1,4	1,4		54,43
Strato 7	8,00	41,0	2,77	1,6	1,6		28,65
Strato 8	9,80	65,667	3,688	1,8	1,8		38,23
Strato 9	10,00	122,0	0,0	2,0	2,0		52,85

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	4,00	77,067	4,071	0,4	0,4	Caquot	35,42
Strato 4	6,20	74,5	4,183	1,2	1,2		30,48
Strato 6	7,60	92,5	4,2	1,4	1,4		30,42
Strato 7	8,00	41,0	2,77	1,6	1,6		25,96
Strato 8	9,80	65,667	3,688	1,8	1,8		27,62
Strato 9	10,00	122,0	0,0	2,0	2,0		30,15

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 2	4,00	77,067	4,071	0,4	0,4	Schmertmann	100,19
Strato 4	6,20	74,5	4,183	1,2	1,2		96,85
Strato 6	7,60	92,5	4,2	1,4	1,4		120,25
Strato 7	8,00	41,0	2,77	1,6	1,6		53,3
Strato 8	9,80	65,667	3,688	1,8	1,8		85,37
Strato 9	10,00	122,0	0,0	2,0	2,0		158,6

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	4,00	77,067	4,071	0,4	0,4	Meyerhof	1,8
Strato 4	6,20	74,5	4,183	1,2	1,2		1,8
Strato 6	7,60	92,5	4,2	1,4	1,4		1,8
Strato 7	8,00	41,0	2,77	1,6	1,6		1,8
Strato 8	9,80	65,667	3,688	1,8	1,8		1,8
Strato 9	10,00	122,0	0,0	2,0	2,0		0,0

PROVA ... Nr.4

Committente: Cohousing

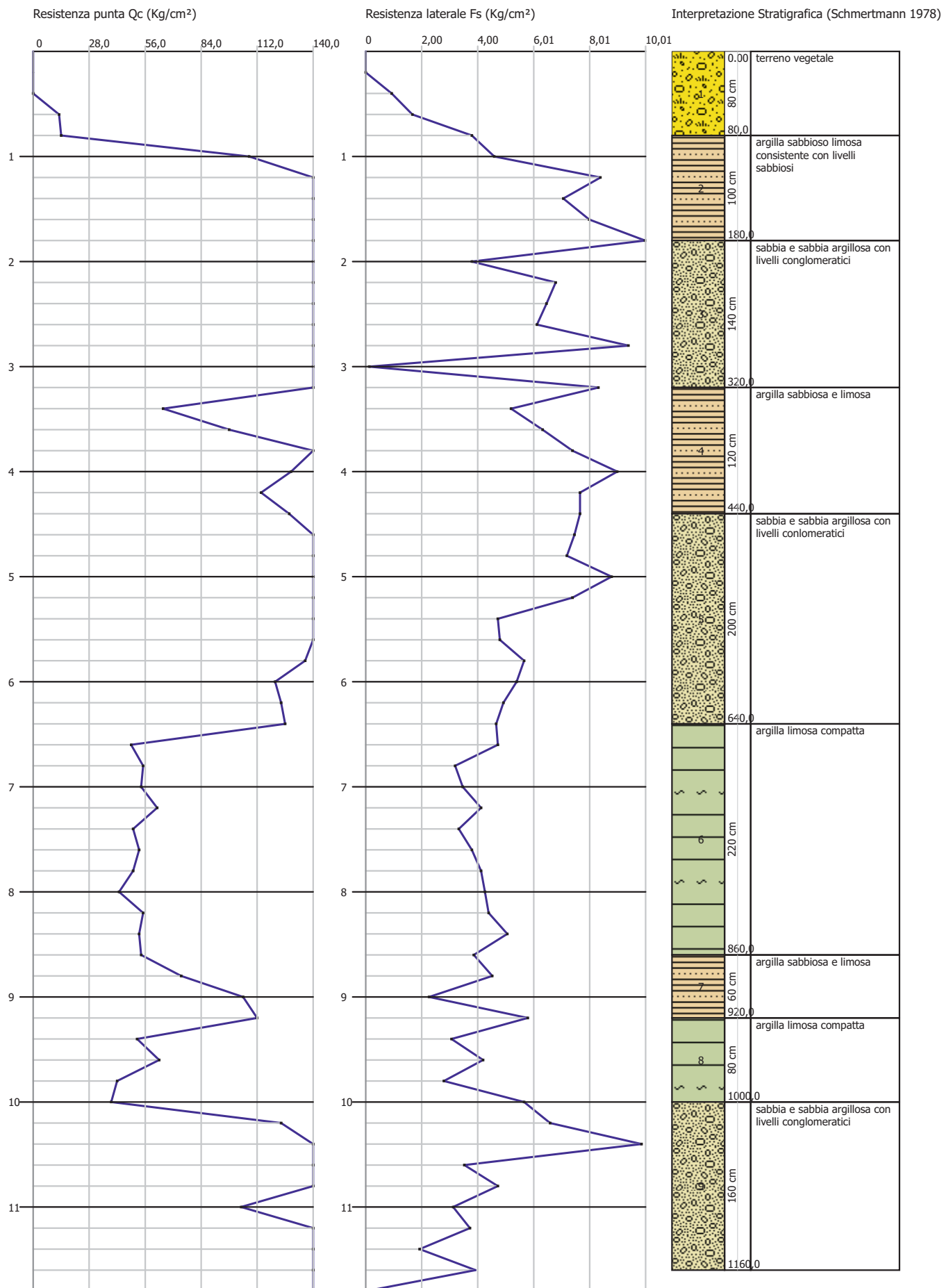
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 18/10/2016

Profondità prova: 11,80 mt

Località: Pontedera

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,00	0,0	0,0	0,93	0,0	
0,60	13,00	27,0	13,0	1,67	7,784	12,8
0,80	14,00	39,0	14,0	3,8	3,684	27,1
1,00	108,00	165,0	108,0	4,6	23,478	4,3
1,20	196,00	265,0	196,0	8,4	23,333	4,3
1,40	141,00	267,0	141,0	7,07	19,943	5,0
1,60	159,00	265,0	159,0	8,0	19,875	5,0
1,80	184,00	304,0	184,0	10,0	18,4	5,4
2,00	162,00	312,0	162,0	3,8	42,632	2,3
2,20	193,00	250,0	193,0	6,8	28,382	3,5
2,40	149,00	251,0	149,0	6,47	23,029	4,3
2,60	146,00	243,0	146,0	6,13	23,817	4,2
2,80	150,00	242,0	150,0	9,4	15,957	6,3
3,00	148,00	289,0	148,0	0,13	1138,462	0,1
3,20	145,00	147,0	145,0	8,33	17,407	5,7
3,40	65,00	190,0	65,0	5,2	12,5	8,0
3,60	98,00	176,0	98,0	6,33	15,482	6,5
3,80	158,00	253,0	158,0	7,4	21,351	4,7
4,00	129,00	240,0	129,0	9,0	14,333	7,0
4,20	114,00	249,0	114,0	7,67	14,863	6,7
4,40	128,00	243,0	128,0	7,67	16,688	6,0
4,60	183,00	298,0	183,0	7,47	24,498	4,1
4,80	185,00	297,0	185,0	7,2	25,694	3,9
5,00	206,00	314,0	206,0	8,8	23,409	4,3
5,20	143,00	275,0	143,0	7,4	19,324	5,2
5,40	151,00	262,0	151,0	4,73	31,924	3,1
5,60	169,00	240,0	169,0	4,8	35,208	2,8
5,80	136,00	208,0	136,0	5,67	23,986	4,2
6,00	121,00	206,0	121,0	5,4	22,407	4,5
6,20	124,00	205,0	124,0	4,93	25,152	4,0
6,40	126,00	200,0	126,0	4,67	26,981	3,7
6,60	49,00	119,0	49,0	4,73	10,359	9,7
6,80	55,00	126,0	55,0	3,2	17,188	5,8
7,00	54,00	102,0	54,0	3,47	15,562	6,4
7,20	62,00	114,0	62,0	4,13	15,012	6,7
7,40	50,00	112,0	50,0	3,33	15,015	6,7
7,60	53,00	103,0	53,0	3,8	13,947	7,2
7,80	50,00	107,0	50,0	4,13	12,107	8,3
8,00	43,00	105,0	43,0	4,27	10,07	9,9
8,20	55,00	119,0	55,0	4,4	12,5	8,0
8,40	53,00	119,0	53,0	5,07	10,454	9,6
8,60	54,00	130,0	54,0	3,87	13,953	7,2
8,80	74,00	132,0	74,0	4,53	16,336	6,1
9,00	105,00	173,0	105,0	2,27	46,256	2,2
9,20	112,00	146,0	112,0	5,8	19,31	5,2
9,40	52,00	139,0	52,0	3,07	16,938	5,9
9,60	63,00	109,0	63,0	4,2	15,0	6,7
9,80	42,00	105,0	42,0	2,8	15,0	6,7
10,00	39,00	81,0	39,0	5,67	6,878	14,5
10,20	124,00	209,0	124,0	6,6	18,788	5,3
10,40	244,00	343,0	244,0	9,87	24,721	4,0
10,60	202,00	350,0	202,0	3,53	57,224	1,7
10,80	143,00	196,0	143,0	4,73	30,233	3,3
11,00	104,00	175,0	104,0	3,13	33,227	3,0
11,20	143,00	190,0	143,0	3,73	38,338	2,6
11,40	142,00	198,0	142,0	1,93	73,575	1,4
11,60	176,00	205,0	176,0	3,93	44,784	2,2
11,80	174,00	233,0	174,0	0,0		0,0



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	6,75	1,6	0,0	0,0	Baligh ed altri 1980 Nk=23	0,29
Strato 2	1,80	157,6	7,614	0,2	0,2		6,84
Strato 4	4,40	115,333	7,212	0,8	0,8		4,98
Strato 6	8,60	52,545	4,036	1,6	1,6		2,22
Strato 7	9,20	97,0	4,2	1,9	1,9		4,14
Strato 8	10,00	49,0	3,935	2,0	2,0		2,04
Strato 9	11,60	159,75	4,681	2,3	2,3		6,85

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,80	6,75	1,6	0,0	0,0	Metodo generale del modulo Edometrico	34,34
Strato 2	1,80	157,6	7,614	0,2	0,2		315,2
Strato 4	4,40	115,333	7,212	0,8	0,8		230,66
Strato 6	8,60	52,545	4,036	1,6	1,6		105,09
Strato 7	9,20	97,0	4,2	1,9	1,9		194,0
Strato 8	10,00	49,0	3,935	2,0	2,0		98,0
Strato 9	11,60	159,75	4,681	2,3	2,3		319,49

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0,80	6,75	1,6	0,0	0,0	P.W.Mayne 1991	1,15
Strato 2	1,80	157,6	7,614	0,2	0,2		9,0
Strato 4	4,40	115,333	7,212	0,8	0,8		9,0
Strato 6	8,60	52,545	4,036	1,6	1,6		9,0
Strato 7	9,20	97,0	4,2	1,9	1,9		9,0
Strato 8	10,00	49,0	3,935	2,0	2,0		9,0
Strato 9	11,60	159,75	4,681	2,3	2,3		9,0

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,80	6,75	1,6	0,0	0,0	Meyerhof	1,8
Strato 2	1,80	157,6	7,614	0,2	0,2		2,3
Strato 4	4,40	115,333	7,212	0,8	0,8		2,2
Strato 6	8,60	52,545	4,036	1,6	1,6		2,1
Strato 7	9,20	97,0	4,2	1,9	1,9		2,2
Strato 8	10,00	49,0	3,935	2,0	2,0		2,1
Strato 9	11,60	159,75	4,681	2,3	2,3		2,3

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	1,80	157,6	7,614	0,2	0,2	Jamiołkowski 1985	100,0
Strato 3	3,20	156,143	5,866	0,5	0,5		100,0
Strato 4	4,40	115,333	7,212	0,8	0,8		79,39
Strato 5	6,40	158,111	6,186	1,1	1,1		77,21
Strato 7	9,20	97,0	4,2	1,9	1,9		48,37
Strato 9	11,60	159,75	4,681	2,3	2,3		57,01

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	1,80	157,6	7,614	0,2	0,2	Caquot	43,21
Strato 3	3,20	156,143	5,866	0,5	0,5		38,67
Strato 4	4,40	115,333	7,212	0,8	0,8		34,74
Strato 5	6,40	158,111	6,186	1,1	1,1		34,36
Strato 7	9,20	97,0	4,2	1,9	1,9		29,37
Strato 9	11,60	159,75	4,681	2,3	2,3		30,86

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 2	1,80	157,6	7,614	0,2	0,2	Schmertmann	204,88
Strato 3	3,20	156,143	5,866	0,5	0,5		202,99
Strato 4	4,40	115,333	7,212	0,8	0,8		149,93
Strato 5	6,40	158,111	6,186	1,1	1,1		205,54
Strato 7	9,20	97,0	4,2	1,9	1,9		126,1
Strato 9	11,60	159,75	4,681	2,3	2,3		207,68

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	1,80	157,6	7,614	0,2	0,2	Meyerhof	1,8
Strato 3	3,20	156,143	5,866	0,5	0,5		1,8
Strato 4	4,40	115,333	7,212	0,8	0,8		1,8
Strato 5	6,40	158,111	6,186	1,1	1,1		1,8
Strato 7	9,20	97,0	4,2	1,9	1,9		1,8
Strato 9	11,60	159,75	4,681	2,3	2,3		1,8

ALLEGATO B

INDAGINI GEOFISICHE

**REGIONE TOSCANA
PROVINCIA DI PISA
COMUNE DI PONTEDERA**

**COMMITTENTE: CASA DEGLI ALBERI
Società Cooperativa Edilizia di Abitazione**

**INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA INTERESSATA
DAL PIANO DI RECUPERO DENOMINATO "IL PINO" IN
VIA DELLE MAREMME NEL COMUNE DI PONTEDERA (PI)**



Sassoferrato, 15 novembre 2016

SERVIZI SISMICI S.n.c.
di Donnini A. & Mantoni F.
Via Piano di Frassineta, 109
60041 - SASSOFERRATO (AN)
Cod. Fisc. e P.IVA: 02495830420
n. Rea: AN-192227

Antonello Scerifini

**INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA INTERESSATA
DAL PIANO DI RECUPERO DENOMINATO "IL PINO" IN
VIA DELLE MAREMME NEL COMUNE DI PONTEDERA (PI)**

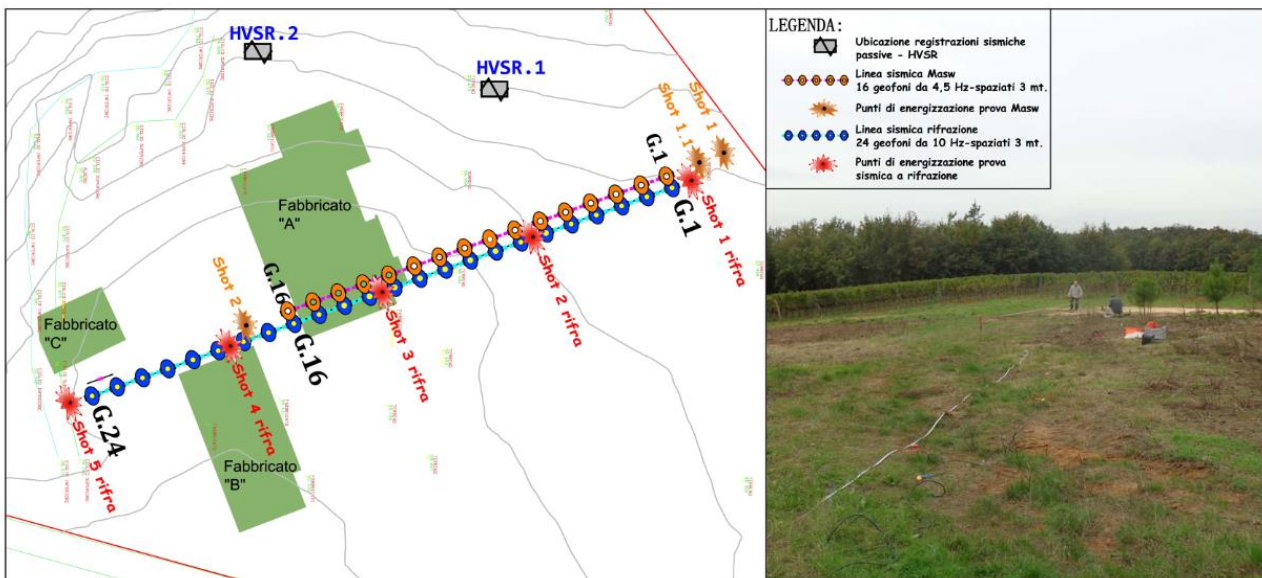
INDICE

1	PREMESSA	pag. 1
2	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	
2.1	<i>Generalità della metodologia</i>	<i>pag. 1</i>
2.2	<i>Strumentazione e metodologia di indagine</i>	<i>pag. 3</i>
2.3	<i>Acquisizione e elaborazione dei dati</i>	<i>pag. 4</i>
3	INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW	
3.1	<i>Analisi multicanale delle onde superficiali</i>	<i>pag. 8</i>
3.2	<i>Descrizione generale della procedura MASW</i>	<i>pag. 9</i>
3.3	<i>Strumentazione e metodologia di indagine</i>	<i>pag. 10</i>
3.4	<i>Classificazione dei terreni di fondazione (Vs30)</i>	<i>pag. 11</i>
4	MISURE SISMICHE PASSIVE HVSR	
4.1	<i>Cenni teorici</i>	<i>pag. 14</i>
4.2	<i>Elaborazione delle registrazioni eseguite</i>	<i>pag. 16</i>
4.3	<i>Conclusioni</i>	<i>pag. 27</i>

1 PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla "Casa degli Alberi" Società Cooperativa Edilizia di Abitazione è stata eseguita un'indagine geofisica nell'area interessata dal piano di recupero denominato "il Pino" in via delle Maremme nel Comune di Pontedera (PI). L'indagine è consistita nell'esecuzione di n°1 stendimento sismico con metodologia MASW per la determinazione del profilo verticale delle onde di taglio e del valore V_{s30} necessario per la classificazione dei terreni di fondazione degli interventi in progetto nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 "D.M. 14/01/2008"; sulla stessa stesa geofonica è stata inoltre eseguita un'indagine sismica a rifrazione per la taratura dell'indagine MASW, per l'individuazione delle principali unità sismostratigrafiche e per l'ottenimento di informazioni sulla natura e sulla geometria del sottosuolo. Nell'area oggetto della presente indagine sono inoltre state eseguite n°2 misure sismiche passive HVSr per la determinazione della frequenza di risonanza dei terreni costituenti la locale successione stratigrafica.

Ubicazione stendimento sismico



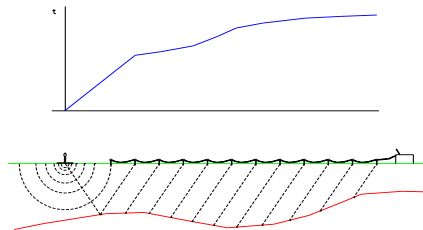
2 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

2.1 Generalità della metodologia

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo non invasivo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o SH) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono la stima delle geometrie del sottosuolo e delle velocità di propagazione delle onde sismiche. Tali onde vengono



generate e si propagano nel terreno ogni qualvolta quest'ultimo viene sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale che artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.). La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di energizzazione) in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni attraversati, di stimare il loro grado di consistenza e di ottenere informazioni sulla natura e sulla geometria del sottosuolo.



I principali limiti della sismica a rifrazione risiedono nell'impossibilità teorica di rilevare strati a velocità inferiore rispetto a quelli sovrastanti (inversioni di velocità), in quanto il raggio incidente la superficie di separazione tra i due mezzi si approfondirebbe sempre di più non creando l'onda birifratta. Un'altra limitazione di tale metodologia si può verificare in presenza di strati di ridotto spessore, per i quali è possibile che la relativa birifratta non arrivi in alcun geofono per prima, per il fatto che il tratto di superficie dove arriva per prima è molto breve e può non contenere alcun geofono o al più uno solo. Infatti uno strato per essere visto deve essere campionato da almeno due geofoni e se questo non avviene è come se non esistesse (stato nascosto). Entrambe le situazioni appena descritte possono portare a sottostimare o sovrastimare le velocità delle onde sismiche e degli spessori delle coperture. Si ritiene inoltre opportuno ricordare che la velocità delle onde di compressione in terreni saturi dipende talora in maniera determinante dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido e perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del mezzo attraversato.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di energizzazione e quelli di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, si ricavano le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale poi, tramite opportuno programma di calcolo utilizzando il metodo del Delay - time, alle velocità reali nei singoli sismostrati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. La validità del modello bidimensionale così determinato viene successivamente verificata attraverso una procedura iterativa basata sulla determinazione dell'errore minimo quadrato tra le dromocrone osservate e quelle teoriche (Ray-tracing).

L'elaborazione dei dati sismici acquisiti viene pertanto effettuata attraverso la procedura sopra descritta, consistente sinteticamente nell'esecuzione delle seguenti



fasi: individuazione del tempo di primo arrivo delle onde di compressione su ciascuna traccia di ogni sismogramma → dromocrone → modello delay time → procedura di ray-tracing → iterazione tomografica → modello tomografico.

La tomografia sismica a rifrazione utilizza le onde sismiche rifratte per ricostruire la distribuzione nel sottosuolo della velocità delle onde sismiche. Questa tecnica migliora i risultati ottenibili con la sismica a rifrazione tradizionale sopra descritta e limita i problemi interpretativi dovuti agli strati ad inversione di velocità (orizzonte fantasma) o di ridotti spessori. La tomografia sismica a rifrazione è applicabile a tutte quelle situazioni in cui è necessario mappare le variazioni di velocità (quindi di "resistenza") nel sottosuolo. Si adatta meno bene a quelle situazioni meno complesse dove il sito da indagare è costituito semplicemente da una coltre uniforme posta su un substrato roccioso molto veloce. In questi casi la rifrazione tradizionale individua meglio il passaggio tra la coltre e il substrato roccioso (rifrattore). L'assenza di rifrattori significativi, individuabili sui diagrammi spazio-tempo (dromocrone) con la presenza dei punti di ginocchio, ha reso necessario l'elaborazione dei dati ottenuti in campagna attraverso l'applicazione diretta del metodo tomografico. La procedura di inversione prevede la generazione di un modello semplificato iniziale, calcolato attraverso una procedura automatica, quindi vengono calcolati i tempi di arrivo delle onde sismiche nel modello e i tempi vengono confrontati con le misure effettivamente registrate. In base agli errori il modello è stato aggiornato ripetendo poi la procedura fino a che non si è raggiunge una adeguata soglia di affidabilità.

2.2 Strumentazione e metodologia di indagine

Le prospezioni sismiche oggetto del presente lavoro sono state eseguite utilizzando un Sismografo multicanale a trasmissione digitale della Sara Electronic Instruments dotato di memoria indipendente per ogni canale in grado di memorizzazione oltre 30.000 campioni. Gli intervalli di campionamento sono programmabili da 5 a 0.05 millisecondi, corrispondenti a frequenze di campionamento da 200 a 20000 Hz. La durata del campionamento è selezionabile fra 0.1 e 60 secondi. Elevata dinamica (96dB al convertitore, 155dB totale). Impedenza d'ingresso: $>100k\Omega$. La trasmissione digitale dei dati consente un'elevata silenziosità e immunità ai rumori.

Per la presente indagine si è adottato un intervallo di campionamento pari a 0,2 ms, una corrispondente frequenza di campionamento di 5000 Hz e una durata del campionamento pari a 0,25 secondi. Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 10Hz 380 ohms del tipo elettromagnetico a bobina mobile equispaziati con interdistanza geofonica di 3,00 mt. Questi sono dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale



elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una specifica sorgente.

La base sismica a rifrazione è stata eseguita con 5 punti di scoppio in linea secondo il seguente schema:

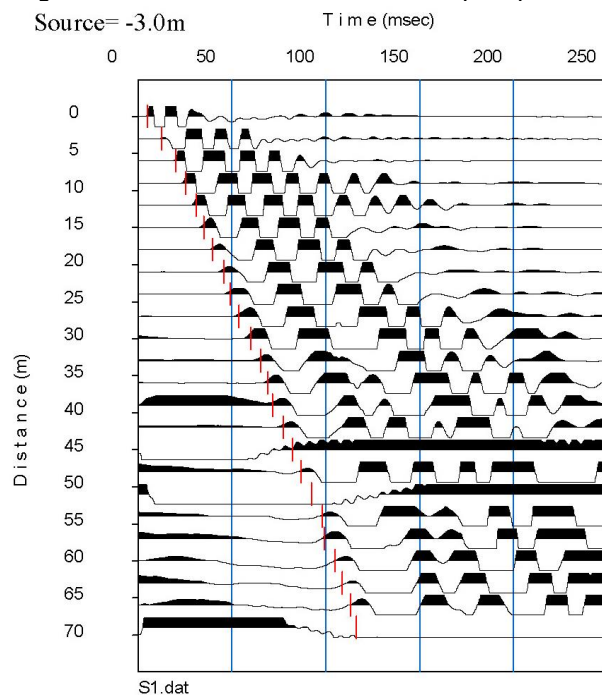


Nel dettaglio sono stati eseguiti n°2 end-shot posti ad una distanza di 1,50 mt dai geofoni esterni e n°3 shot all'interno dello stendimento geofonico. La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. Il sito interessato dal profilo sismico eseguito dagli scriventi è caratterizzato da una morfologia pressochè pianeggiante o comunque dalle modeste acclività.

2.3 Acquisizione e elaborazione dei dati

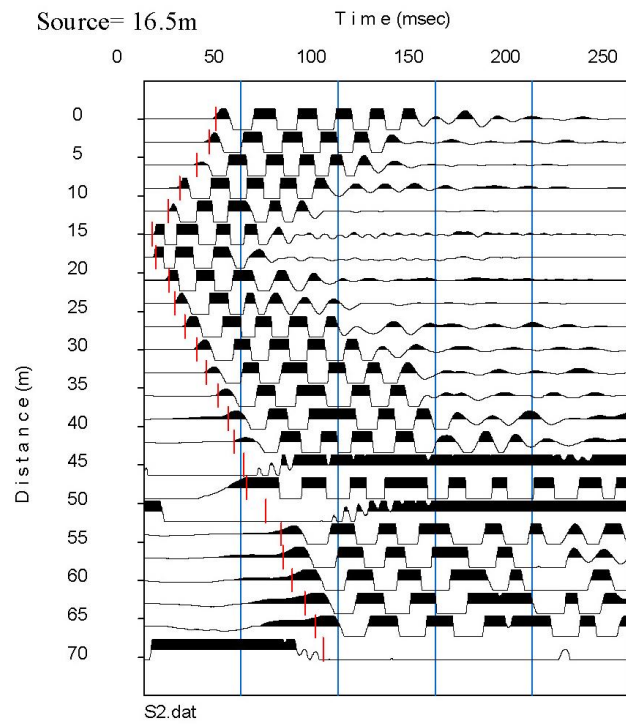
L'acquisizione di dati è avvenuta dopo le opportune verifiche di corretto funzionamento della strumentazione e del circuito di time-break. Il controllo della qualità dei dati acquisiti è stata verificata immediatamente dopo ogni energizzazione. Le fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno permesso di ottenere i seguenti elaborati:

Sismogramma S1 con individuazione dei tempi di primo arrivo

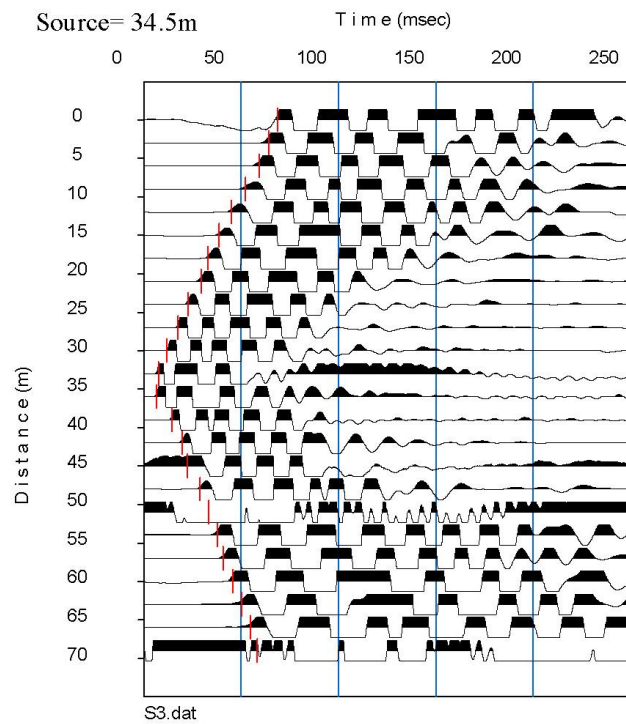




Sismogramma S2 con individuazione dei tempi di primo arrivo

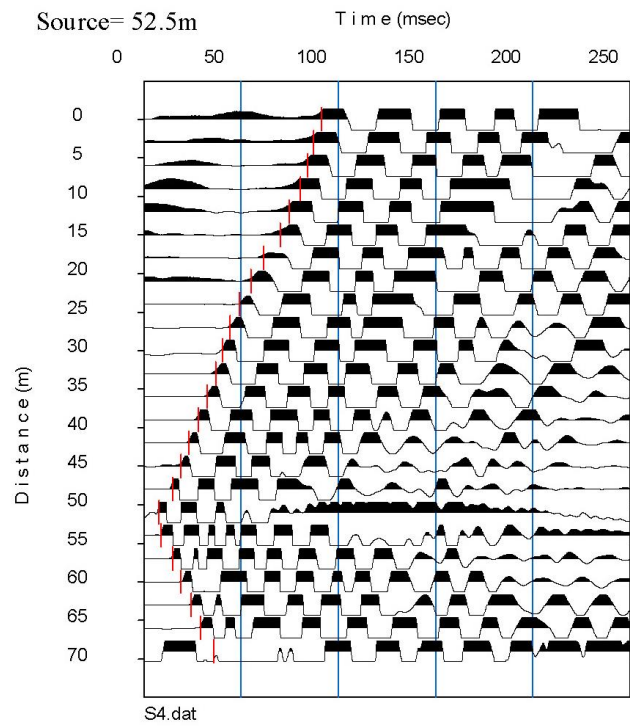


Sismogramma S3 con individuazione dei tempi di primo arrivo

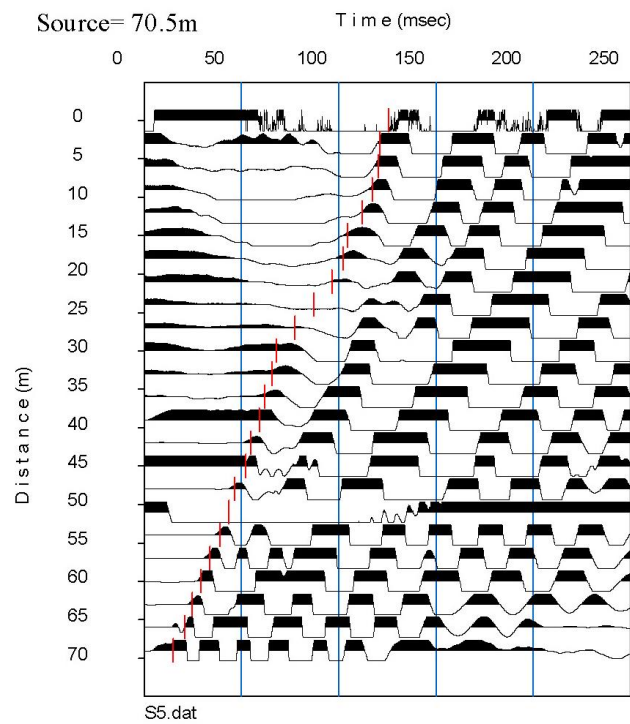




Sismogramma S4 con individuazione dei tempi di primo arrivo

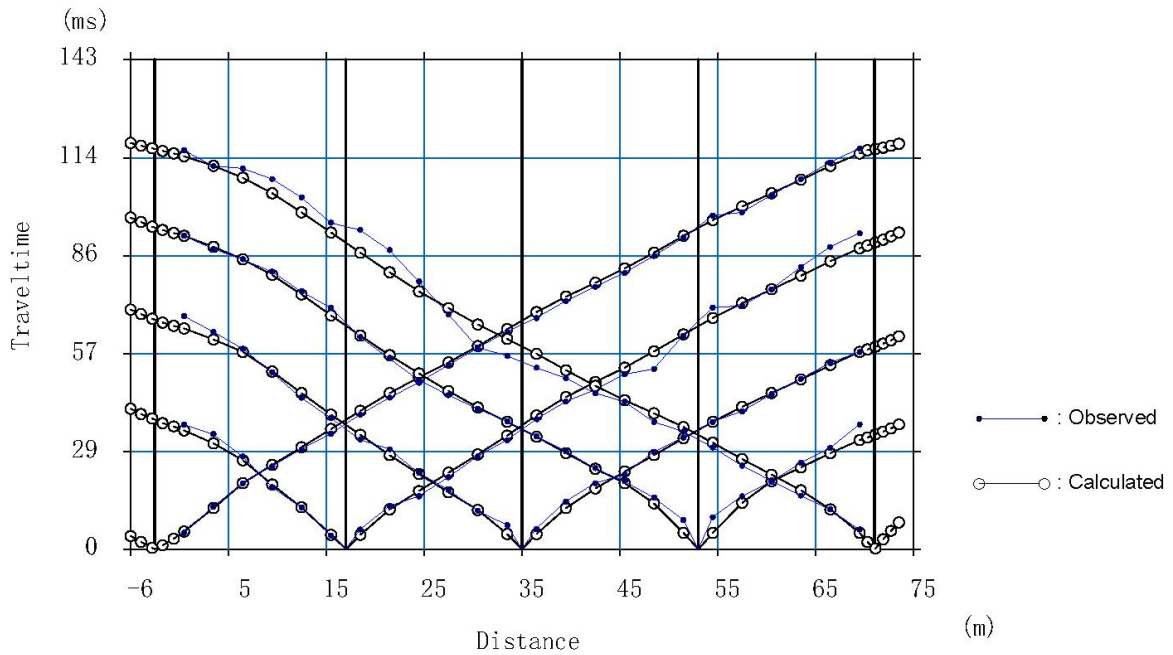


Sismogramma S5 con individuazione dei tempi di primo arrivo

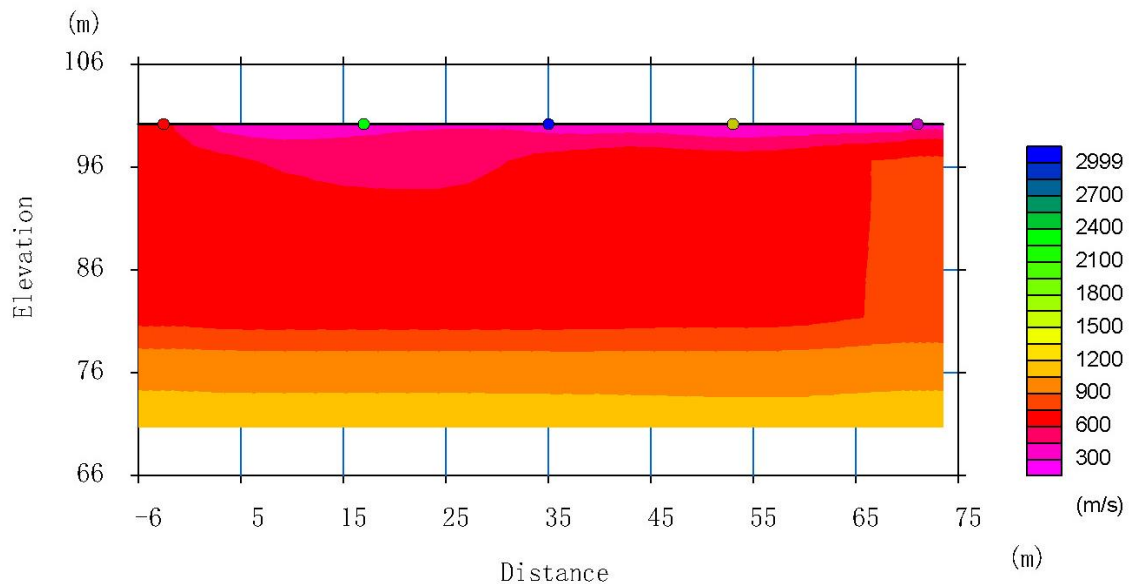




Dromocrone osservate e calcolate (modello tomografico)



Sezione tomografica



Come precedentemente detto, l'assenza di punti di ginocchio sui diagrammi spazio-tempo (dromocrone) ottenuti dalle registrazioni eseguite ha reso necessario l'elaborazione dei dati attraverso l'applicazione diretta del metodo tomografico. La procedura di inversione è stata eseguita previa generazione di un modello semplificato iniziale, calcolando poi i tempi di arrivo delle onde sismiche nel modello e procedendo poi con il confronto con le misure effettivamente registrate. In base agli errori il modello è



stato aggiornato ripetendo poi la procedura fino a che non si è raggiunge una adeguata soglia di affidabilità. Dall'esame della sezione bidimensione sopra riportata è quindi ancora possibile evidenziare l'assenza di rifrattori significativi e il graduale e lieve incremento del valore della velocità delle onde di compressione con la profondità.

3 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

3.1 Analisi multicanale delle onde superficiali

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Le onde di Rayleigh sono generate dall'iterazione tra le onde di pressione e le onde di taglio verticali ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Alla superficie libera hanno un moto ellittico retrogrado (antiorario) che si inverte ad una profondità di $\lambda/2\pi$. In un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente sino ad estinguersi ad una profondità pari circa ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrispondende la stessa velocità di fase. In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, le onde superficiali presentano un comportamento dispersivo, ossia a frequenza diverse corrispondono diverse velocità di fase. Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati differenti ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

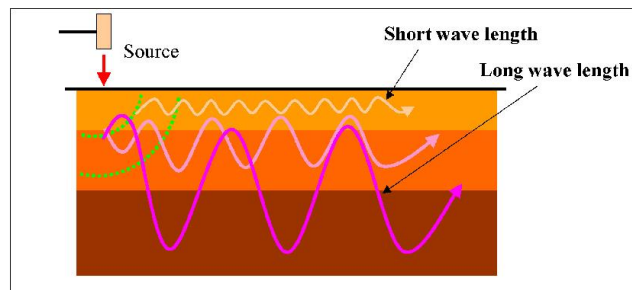
Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di *processing* che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche per estrarre dai sismogrammi acquisiti le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale nel dominio $f-k$ (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio $x-t$ (spazio-tempo) al dominio $f-k$. Lo spettro $f-k$ del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggior contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. La velocità delle onde di Rayleigh è infatti associata ai massimi dello spettro $f-k$; si può così ottenere una curva



di dispersione individuando ad ogni frequenza un picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_r determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_r(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori V_r - f in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco - elastico a strati piano paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Il processo di inversione si basa su algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati che consentono di automatizzare la procedura.



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

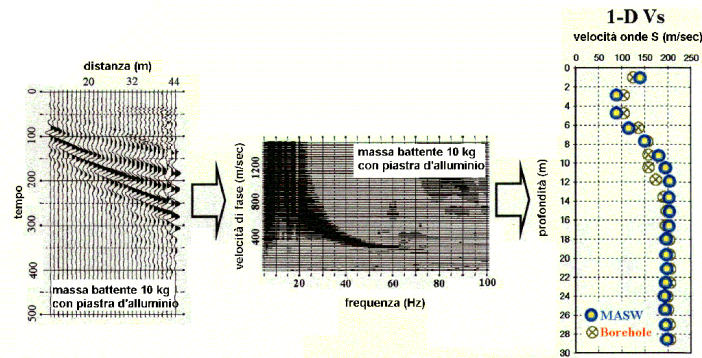
3.2 Descrizione generale della procedura MASW

La procedura MASW comprende tre passi successivi:

- 1 acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- 2 estrazione della curva di dispersione caratteristica del sito (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- 3 inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s



(profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

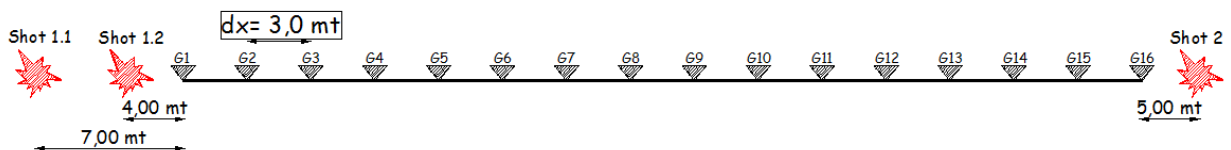


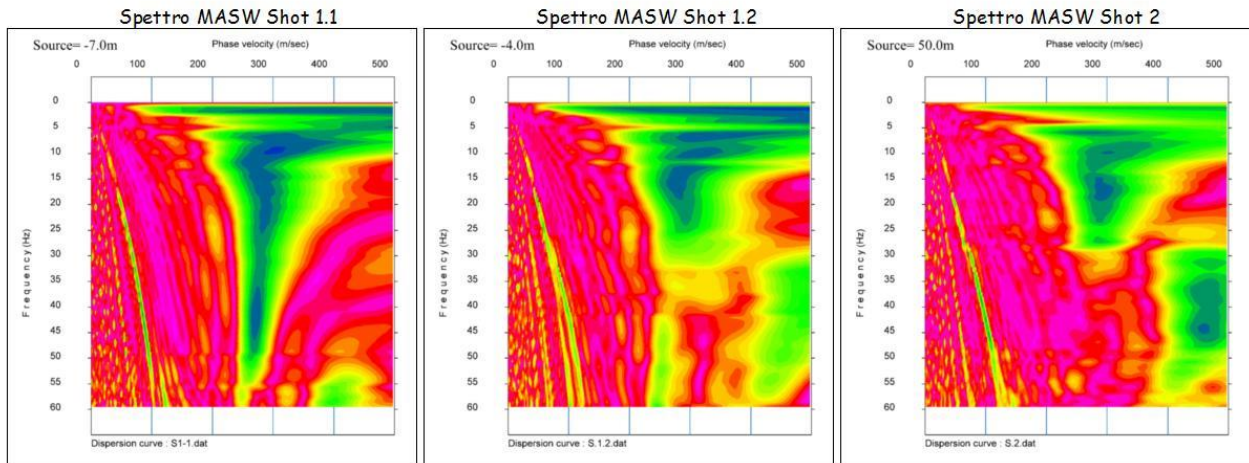
3.3 Strumentazione e metodologia di indagine

Le prospezioni sismiche con metodologia MASW sono state eseguite con la strumentazione descritta al precedente § 2.2. Per la presente indagine si è adottata una frequenza di campionamento pari a 2000 Hz e una durata del campionamento di 1 secondo. Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 16 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 4.5Hz 4000 ohms equispaziati con interdistanza geofonica di 3,00 mt.

I fondamenti teorici della metodologia MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali; pertanto una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 15°-20° sia della topografia che delle diverse discontinuità elastiche. Per valutare la validità di monodimensionalità (strati piano paralleli) e la stabilità della curva di dispersione caratteristica del sito, durante la fase di acquisizione si sono eseguiti due shots coniugati posti alle estremità opposte dello stendimento. Per ciascun punto di scoppio si sono eseguite più energizzazioni con le tracce che sono state poi sommate al fine di evidenziare il segnale sismico (stack) rispetto ai rumori ambientali presenti.

La base sismica con metodologia MASW è stata eseguita con 3 punti di scoppio in linea secondo lo schema di seguito riportato.





Le curve di dispersione così ottenute, riportate nella precedente figura, risultano fra loro simili confermando quindi l'applicabilità delle metodologie basate sulla registrazione delle onde sismiche superficiali; il processo di inversione è stato eseguito sulla curva di dispersione ottenuta dallo Shot 1.1, posto ad una distanza di 7,00 mt dal geofono G1, meglio definita nell'intervallo di frequenze utilizzato e caratterizzata dal miglior rapporto segnale/rumore e dal minore errore sul fitting con la curva di dispersione sperimentale apparente.

La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione.

3.4 Classificazione dei terreni di fondazione (V_{s30})

L'esecuzione dell'indagine sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) consente di classificare i terreni di fondazione degli interventi in progetto nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 "D.D.L. 14/01/2008". La metodologia MASW presenta rispetto ad altre tecniche sismiche il vantaggio di non essere limitata dalla presenza di inversioni di velocità, consentendo pertanto l'individuazione di strati soffici compresi tra strati più rigidi o di strati più rigidi compresi tra strati più soffici. Il metodo MASW consente quindi di individuare il profilo di velocità V_s anche in presenza di contrasti di rigidità tra gli strati del suolo. Tale prova fornisce un profilo di velocità V_s monodimensionale. La velocità di propagazione delle onde di taglio dipende dalle proprietà elastiche dei mezzi attraversati e il parametro geofisico V_{s30} è quello che meglio rappresenta la condizione geotecnica media dei materiali geologici del sottosuolo dei primi 30 metri. Infatti la velocità di propagazione delle onde trasversali dipende dalle proprietà elastiche del mezzo attraversato, come si evince dalla seguente relazione:



$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\gamma}}$$

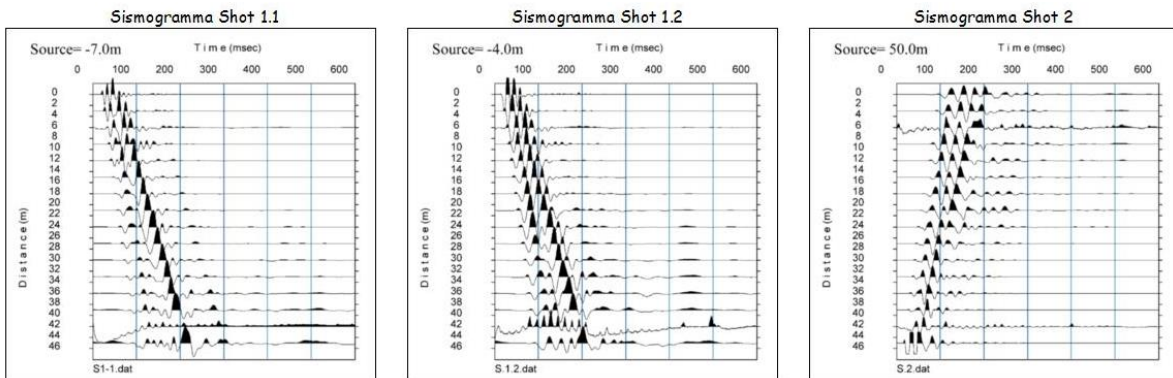
dove γ rappresenta la densità del corpo e μ il modulo di rigidità o modulo di taglio che indica la resistenza di un corpo alle variazioni di forma. Le proprietà elastiche del mezzo sono a loro volta influenzate da numerosi fattori quali la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura, il grado alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, la profondità, ecc.

Con V_{s30} si definisce la velocità media di propagazione nei primi 30 metri di profondità delle onde di taglio, il cui calcolo viene effettuato utilizzando la seguente espressione:

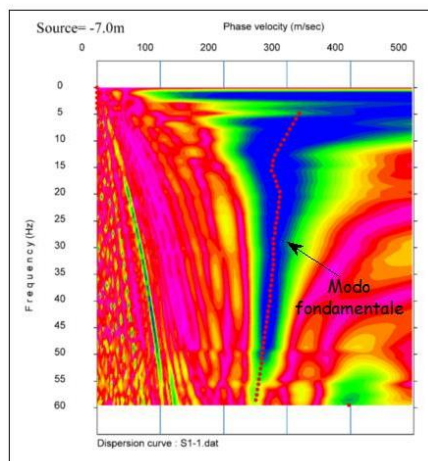
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

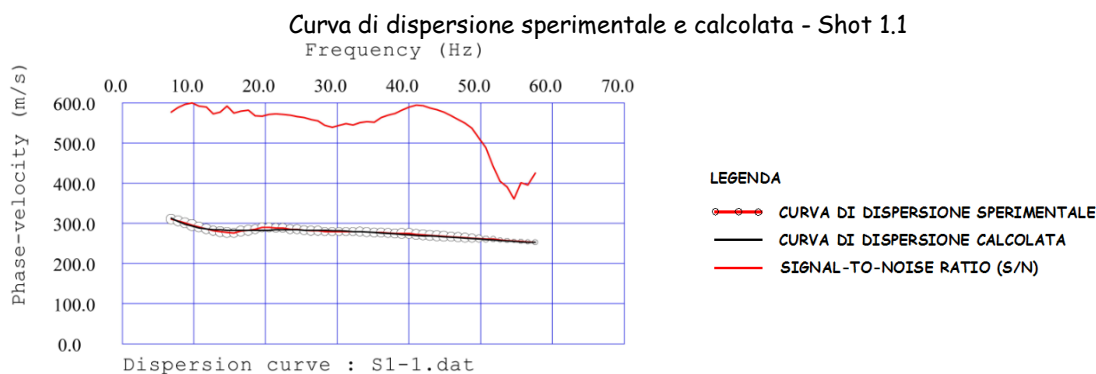
Dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Le diverse fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno portato alla creazione dei seguenti elaborati:



Spettro di velocità e curva di dispersione misurata - Shot 1.1





Il profilo verticale delle onde di taglio e il valore V_{s30} necessario per la classificazione dei terreni di fondazione dell'area di interesse nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 sono riassunti nella tabella di seguito riportata.

Profondità (mt)	h_i (mt)	V_i (m/s)	h_i/V_i	V_{s30} (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	239	0,0045	$V_{s30} = 335$ m/s
1,07 ÷ 2,31	1,24	279	0,0044	
2,31 ÷ 3,71	1,40	348	0,0040	
3,71 ÷ 5,27	1,57	326	0,0048	
5,27 ÷ 7,01	1,73	340	0,0051	
7,01 ÷ 8,90	1,90	313	0,0060	
8,90 ÷ 10,96	2,06	278	0,0074	
10,96 ÷ 13,19	2,23	278	0,0080	
13,19 ÷ 15,58	2,39	314	0,0076	
15,58 ÷ 18,13	2,55	357	0,0072	
18,13 ÷ 20,85	2,72	389	0,0070	
20,85 ÷ 23,74	2,88	398	0,0072	
23,74 ÷ 26,79	3,05	386	0,0079	
26,79 ÷ 30,00	3,21	389	0,0083	

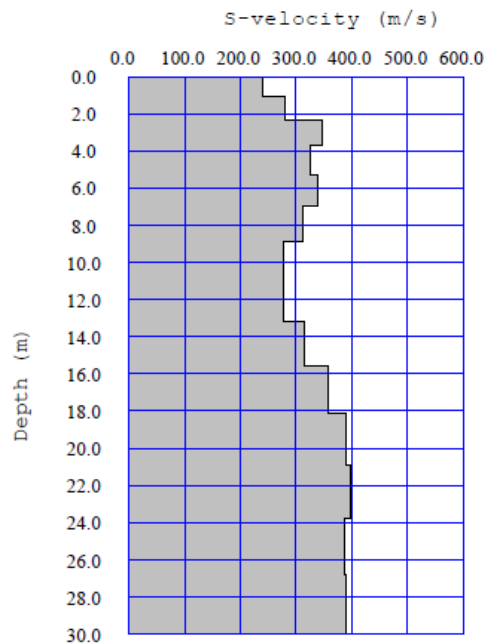
$$\Sigma h_i/V_i = 0,0895$$

Sulla base della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità i terreni di sedime del sito oggetto di indagine risultano attribuibili alla categoria di sottosuolo C, come si evince dalla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2008 di seguito riportata. Si rimanda comunque alla fase di progettazione esecutiva per la determinazione della categoria di sottosuolo per ogni singolo interventi edificatorio, da effettuarsi sulla base dell'effettivo piano di imposta delle strutture fondali.

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
----------	---



Profilo verticale delle onde di taglio - Shot 1.1



4 MISURE SISMICHE PASSIVE HVSR

4.1 Cenni teorici

La prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o prova HVNSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio) o prova "di Nakamura", è una tecnica di sismica passiva che si basa sull'analisi del campo delle vibrazioni ambientali (microtremore sismico ambientale è un campo d'onde costituito prevalentemente da onde di superficie) finalizzata alla determinazione delle caratteristiche del sottosuolo al di sotto del punto di osservazione. Dato che le vibrazioni ambientali sono costituite da onde che attraversano porzioni significative del sottosuolo, la struttura del segnale che si registra in superficie è potenzialmente in grado di fornire informazioni sul mezzo attraversato dalle onde. Considerando che il rumore è caratterizzato da lunghezze d'onda anche molto grandi (decine o centinaia di metri), confrontabili con quelle tipiche dei fenomeni sismici, tale tecnica di sismica passiva trova una ideale applicazione negli studi della risposta sismica locale. In particolare, essa permette di individuare situazioni sismostratigrafiche potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza sismica, consentendo una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni, la determinazione dei periodi di risonanza delle coperture sedimentarie e la determinazione del profilo di velocità delle onde S fino a profondità dell'ordine di diverse decine di metri.



In particolare, la prova effettua una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Il risultato di questa 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. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. La frequenza di risonanza sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi. In assenza di contrasti di impedenza alla base della copertura, il rapporto H/V sarà all'incirca unitario.

I criteri SESAME (2004) considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Questo criterio ha carattere puramente empirico. Tuttavia va tenuto presente che massimi H/V di ampiezza inferiore a 2 indicano bassi contrasti di impedenza e, in questo caso, la frequenza corrispondente al massimo della curva H/V potrebbe fornire una indicazione meno precisa della frequenza di risonanza delle onde S.

Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata per una durata non inferiore ai 15-20 minuti. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce. Queste finestre vengono filtrate in base a criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio,



una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile stimare indicativamente il parametro normativo Vs30.

4.2 Elaborazione delle registrazioni eseguite

Tracce in input (Registrazione 1)

Dati riepilogativi:

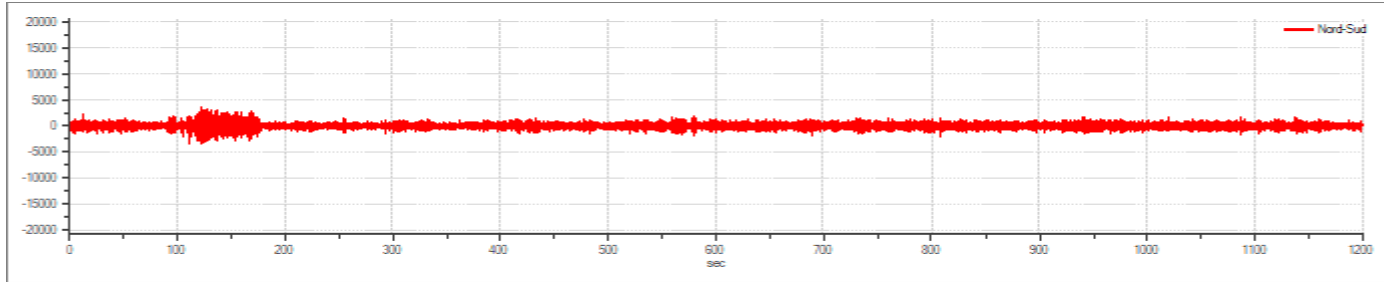
Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	359892
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Registrazione HVSR-1

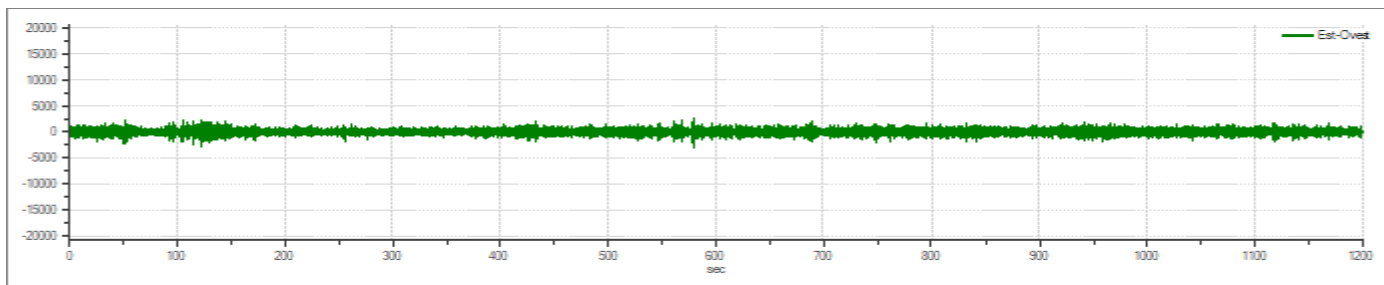




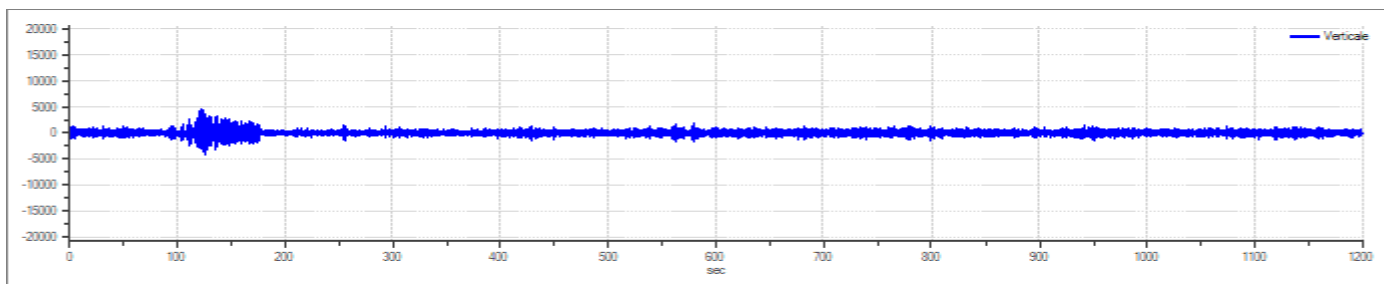
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 41
 Numero finestre incluse nel calcolo: 41
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s
 Tipo di lisciamiento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %

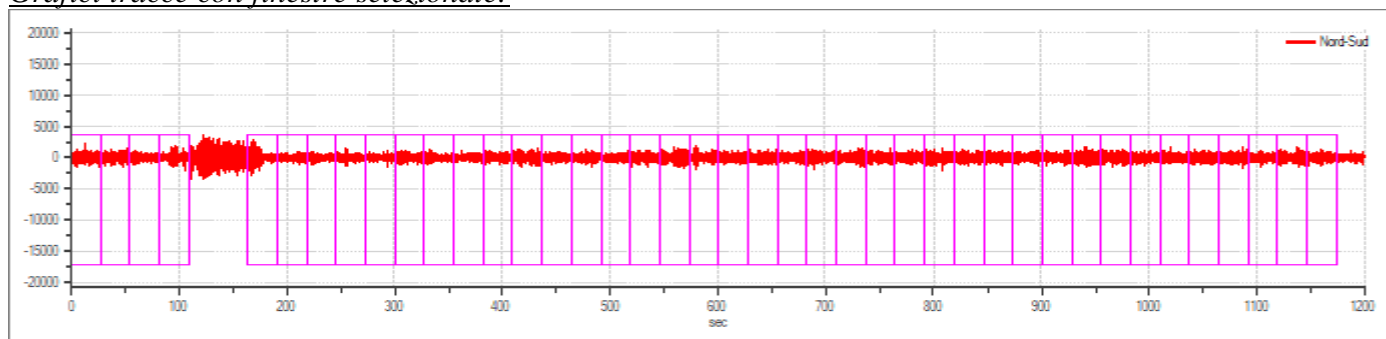
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Inclusa
2	27,307	54,613	Inclusa
3	54,613	81,92	Inclusa
4	81,92	109,227	Inclusa
5	163,84	191,147	Inclusa
6	191,147	218,453	Inclusa
7	218,453	245,76	Inclusa

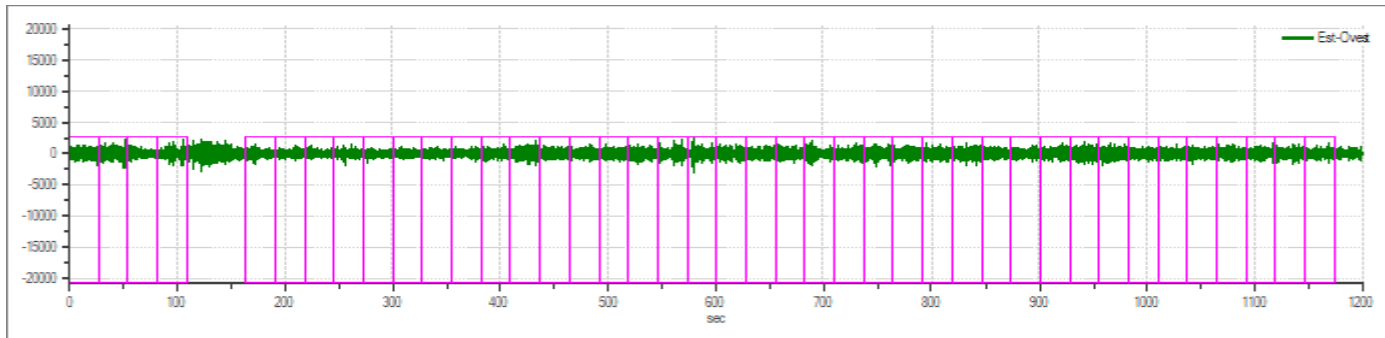


8	245,76	273,067	Inclusa
9	273,067	300,373	Inclusa
10	300,373	327,68	Inclusa
11	327,68	354,987	Inclusa
12	354,987	382,293	Inclusa
13	382,293	409,6	Inclusa
14	409,6	436,907	Inclusa
15	436,907	464,213	Inclusa
16	464,213	491,52	Inclusa
17	491,52	518,827	Inclusa
18	518,827	546,133	Inclusa
19	546,133	573,44	Inclusa
20	573,44	600,747	Inclusa
21	600,747	628,053	Inclusa
22	628,053	655,36	Inclusa
23	655,36	682,667	Inclusa
24	682,667	709,973	Inclusa
25	709,973	737,28	Inclusa
26	737,28	764,587	Inclusa
27	764,587	791,893	Inclusa
28	791,893	819,2	Inclusa
29	819,2	846,507	Inclusa
30	846,507	873,813	Inclusa
31	873,813	901,12	Inclusa
32	901,12	928,427	Inclusa
33	928,427	955,733	Inclusa
34	955,733	983,04	Inclusa
35	983,04	1010,347	Inclusa
36	1010,347	1037,653	Inclusa
37	1037,653	1064,96	Inclusa
38	1064,96	1092,267	Inclusa
39	1092,267	1119,573	Inclusa
40	1119,573	1146,88	Inclusa
41	1146,88	1174,187	Inclusa

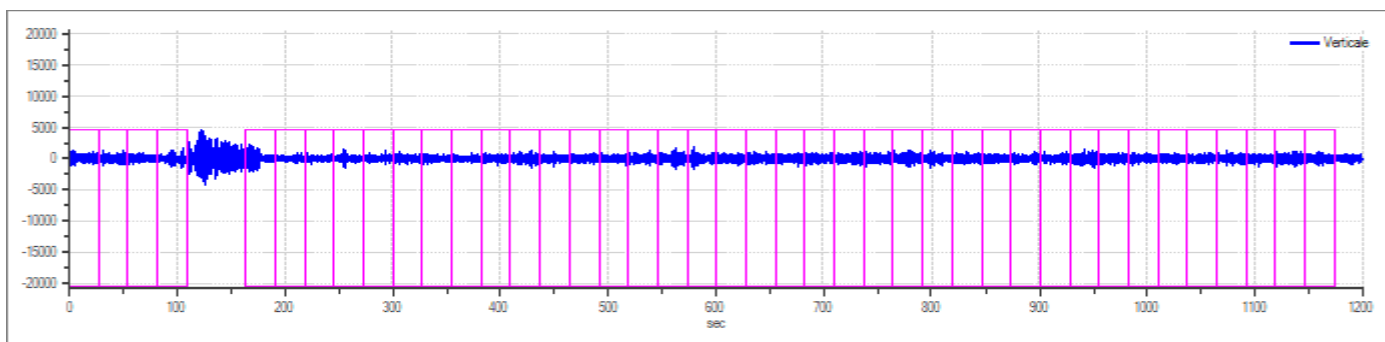
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

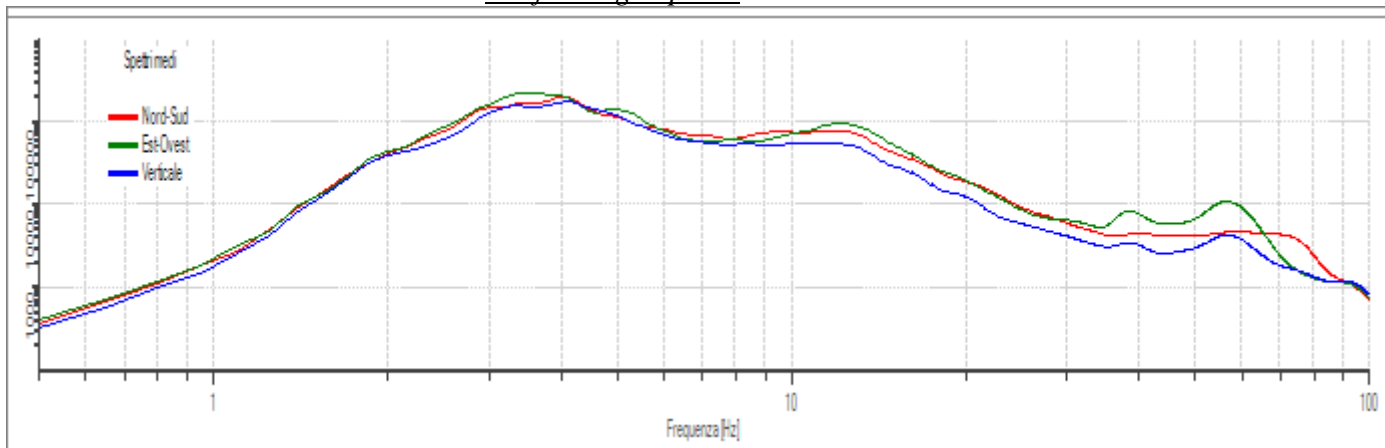


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

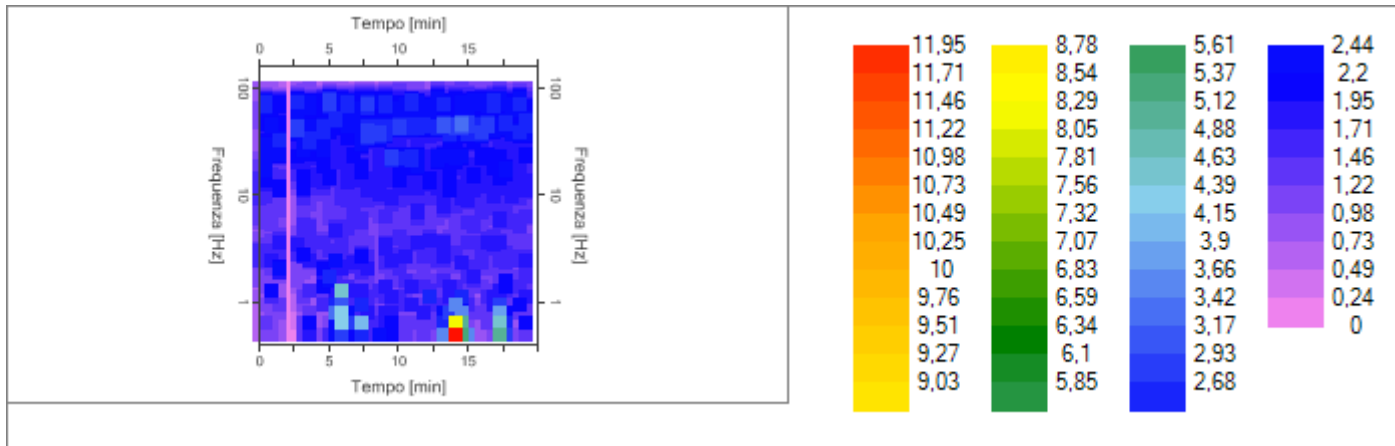


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

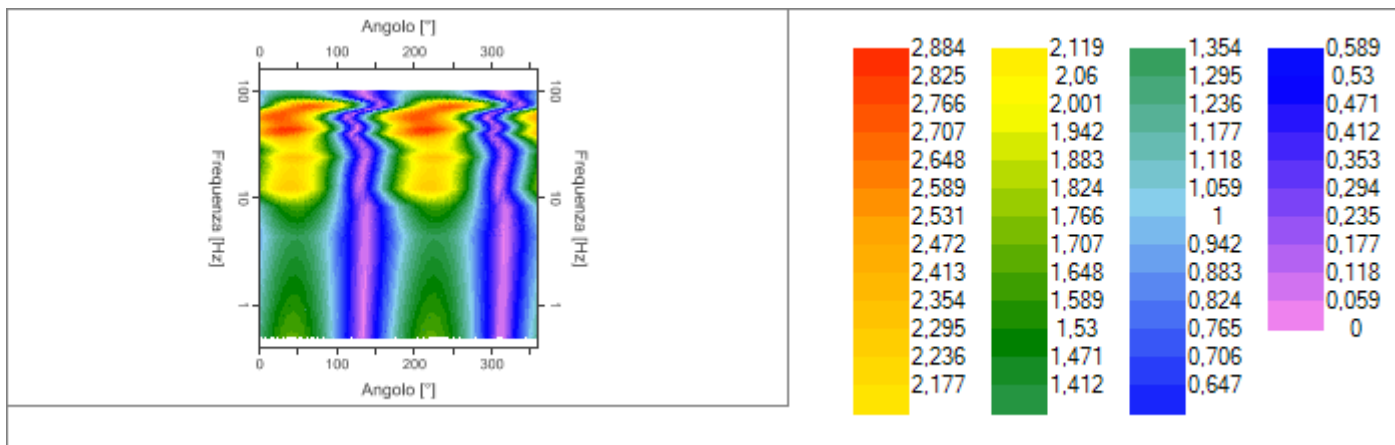
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

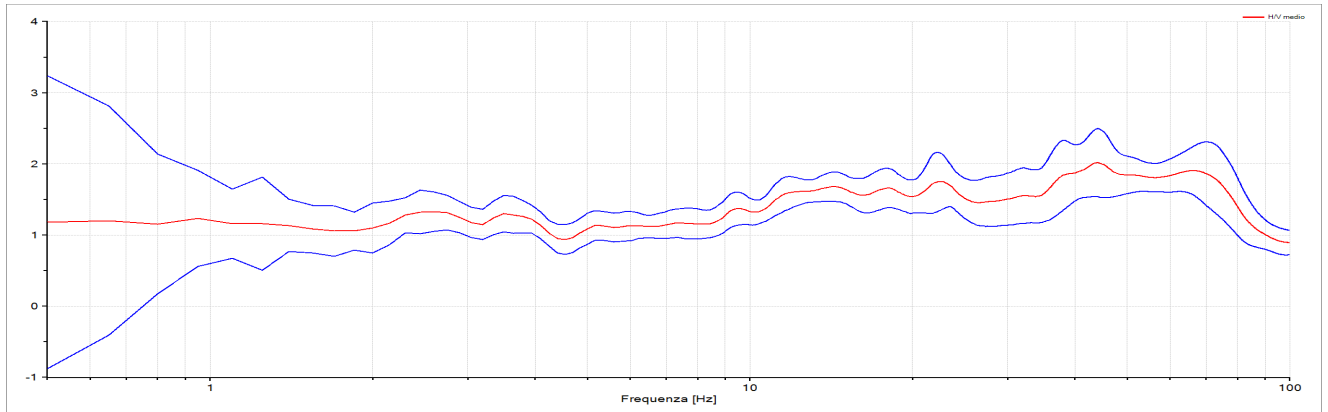
Frequenza massima: 100,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,15 Hz
 Tipo lisciamiento:: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 44,00 Hz ±0,24 Hz



Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Il progetto SESAME ha definito una serie di criteri di tipo statistico sulla stabilità della curva e sulle modalità di campionamento. Tali criteri non permettono di valutare la qualità “fisica” della misura, che deve essere invece valutata sulla base della sua ripetibilità, confrontando misure condotte in posizioni vicine o in condizioni ambientali differenti. Per una curva H/V attendibile i primi 3 criteri del progetto SESAME devono essere verificati (robustezza statistica).

Tracce in input (Registrazione 2)

Dati riepilogativi:

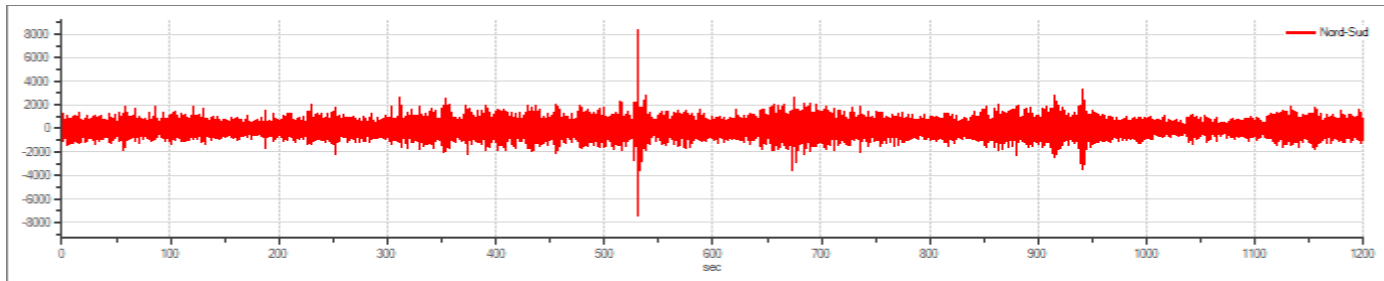
Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.



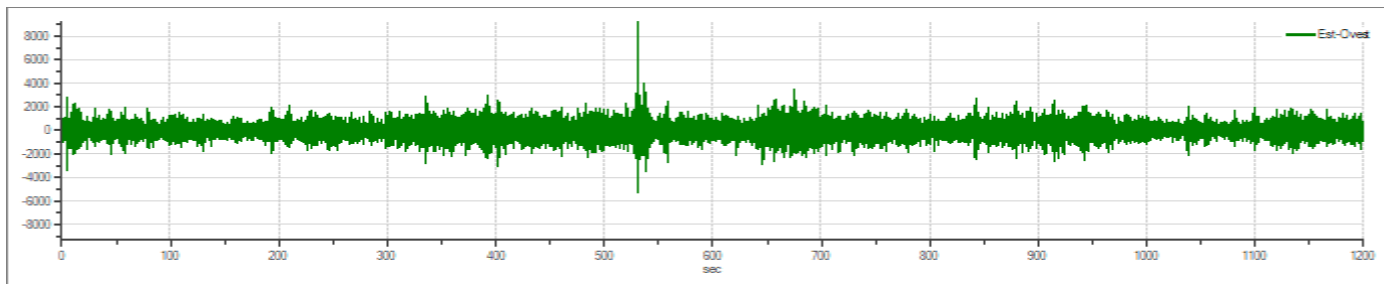
Registrazione HVSR-2



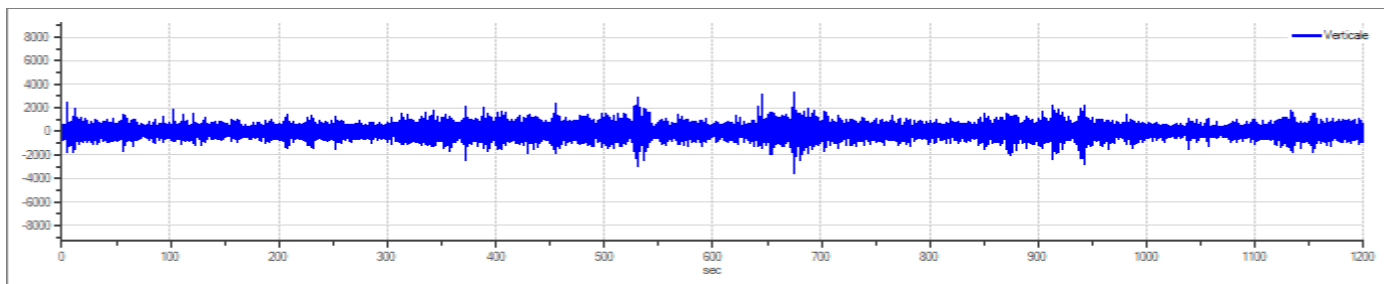
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale



Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

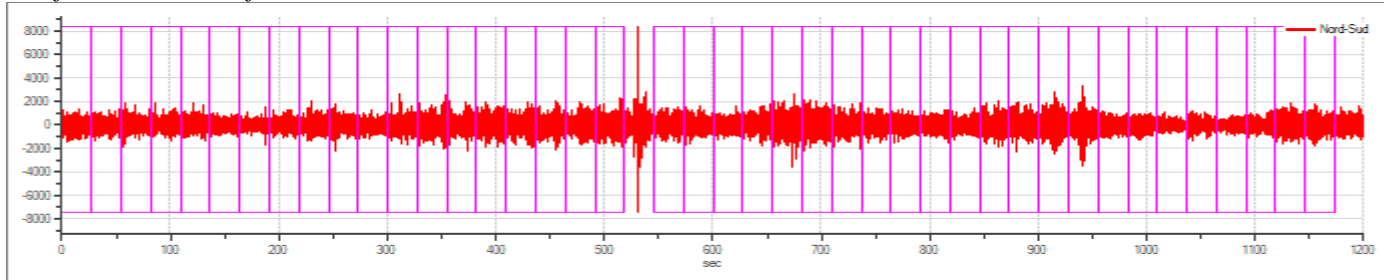
Numero totale finestre selezionate: 42
 Numero finestre incluse nel calcolo: 42
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s
 Tipo di lisciamiento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %

Tabella finestre:

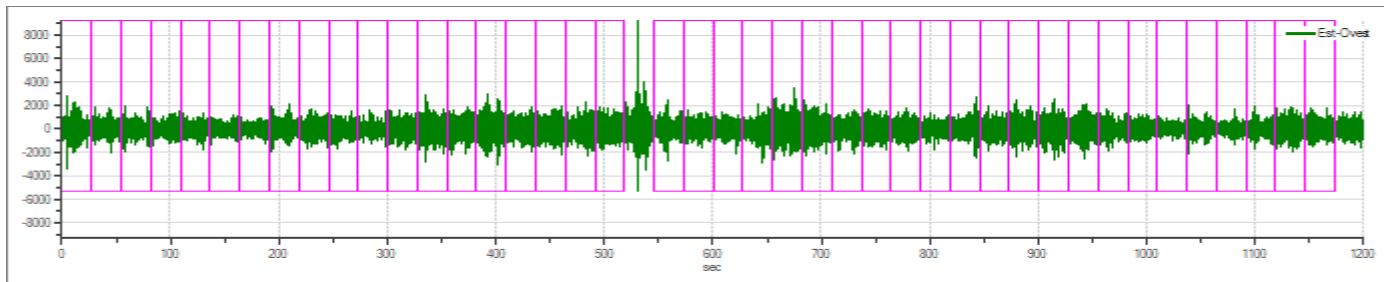
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Inclusa
2	27,307	54,613	Inclusa
3	54,613	81,92	Inclusa
4	81,92	109,227	Inclusa
5	109,227	136,533	Inclusa
6	136,533	163,84	Inclusa
7	163,84	191,147	Inclusa
8	191,147	218,453	Inclusa
9	218,453	245,76	Inclusa
10	245,76	273,067	Inclusa
11	273,067	300,373	Inclusa
12	300,373	327,68	Inclusa
13	327,68	354,987	Inclusa
14	354,987	382,293	Inclusa
15	382,293	409,6	Inclusa
16	409,6	436,907	Inclusa
17	436,907	464,213	Inclusa
18	464,213	491,52	Inclusa
19	491,52	518,827	Inclusa
20	518,827	546,133	Inclusa
21	546,133	573,44	Inclusa
22	573,44	600,747	Inclusa
23	600,747	628,053	Inclusa
24	628,053	655,36	Inclusa
25	655,36	682,667	Inclusa
26	682,667	709,973	Inclusa
27	709,973	737,28	Inclusa
28	737,28	764,587	Inclusa
29	764,587	791,893	Inclusa
30	791,893	819,2	Inclusa
31	819,2	846,507	Inclusa
32	846,507	873,813	Inclusa
33	873,813	901,12	Inclusa
34	901,12	928,427	Inclusa
35	928,427	955,733	Inclusa
36	955,733	983,04	Inclusa
37	983,04	1010,347	Inclusa
38	1010,347	1037,653	Inclusa
39	1037,653	1064,96	Inclusa
40	1064,96	1092,267	Inclusa
41	1092,267	1119,573	Inclusa
42	1119,573	1146,88	Inclusa
42	1146,88	1174,187	Inclusa



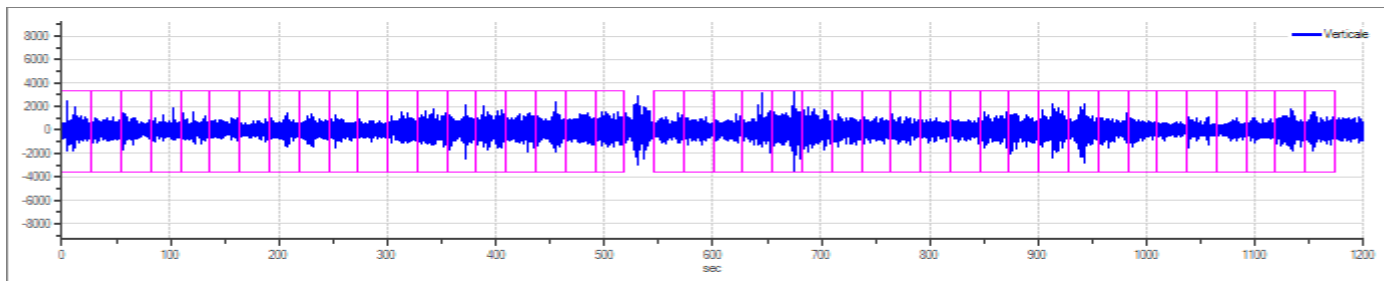
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

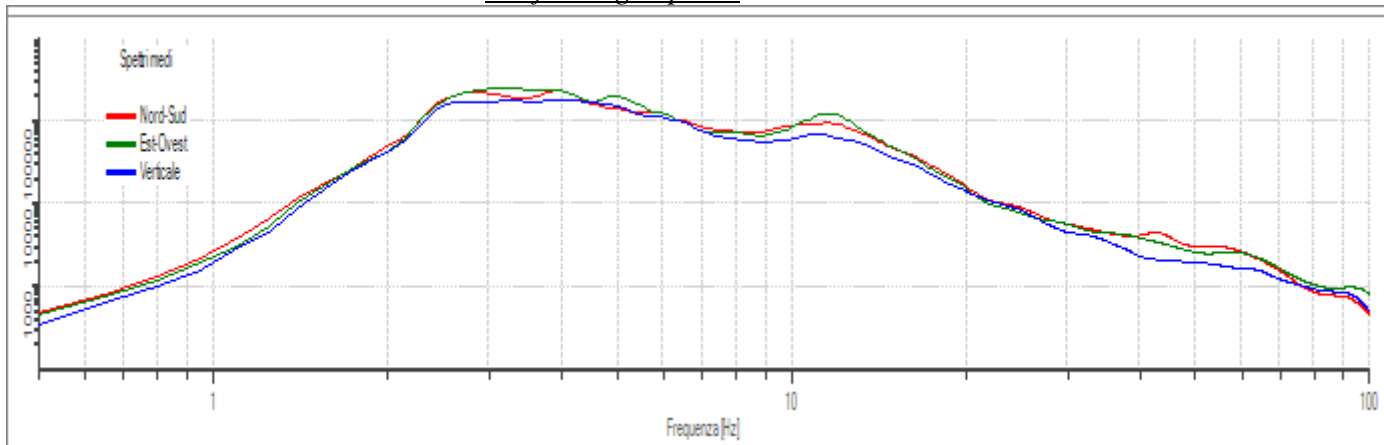


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

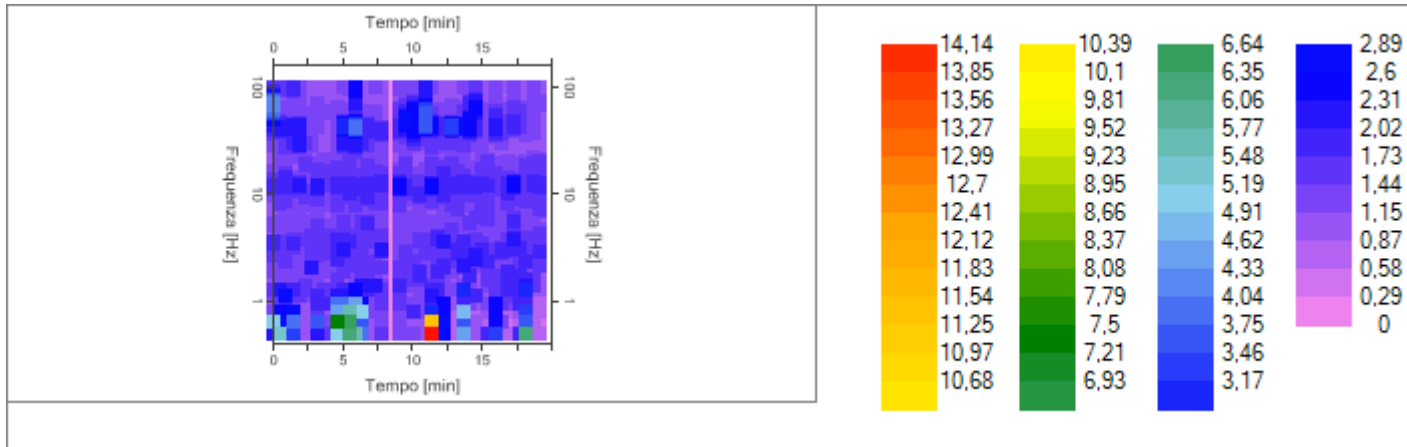


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

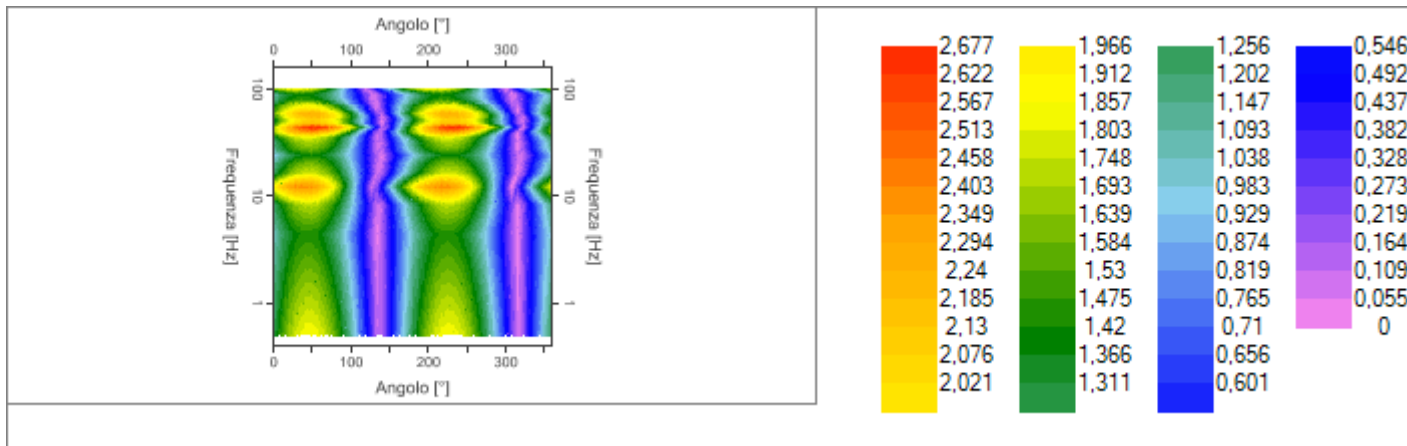
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

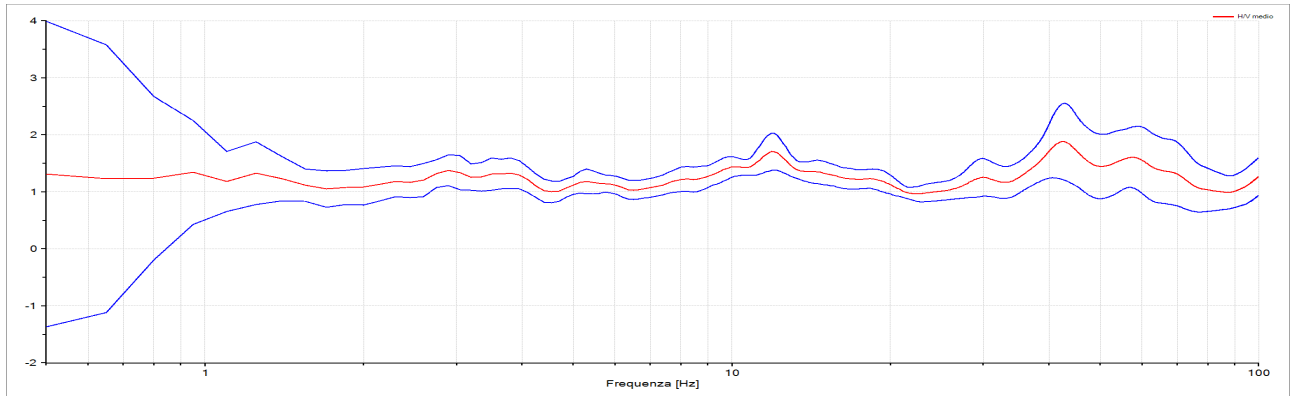
Frequenza massima: 100,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,15 Hz
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 42,50 Hz \pm 0,36 Hz



Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

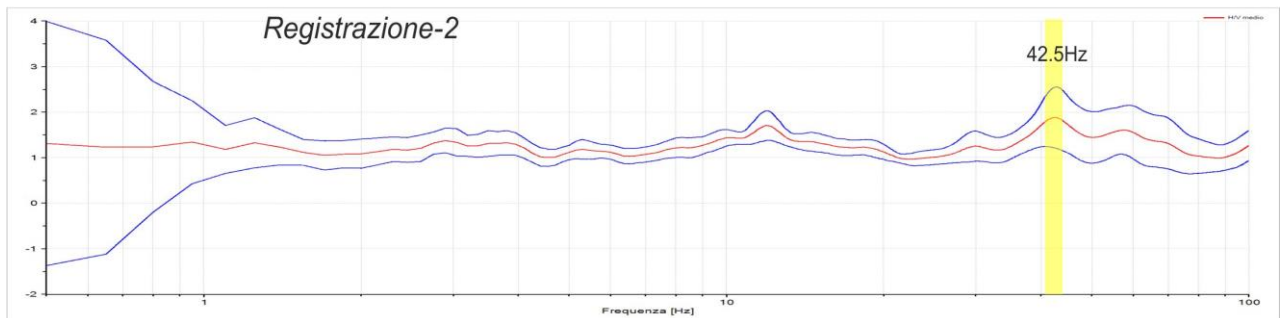
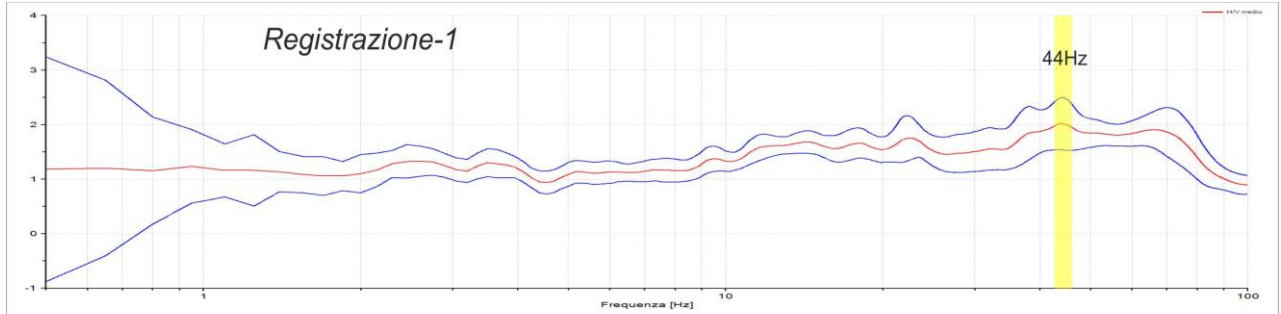
Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Non superato
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok



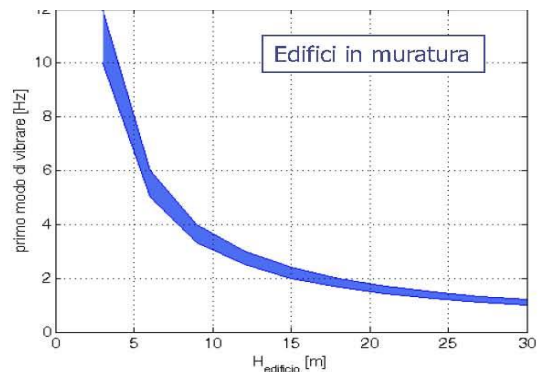
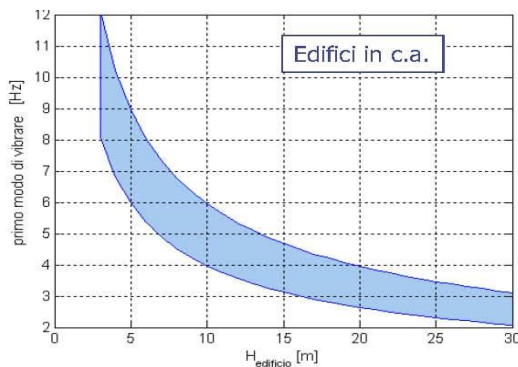
4.3 Conclusioni

Di seguito si riportano le curve dei rapporti spettrali H/V ottenute dalle due registrazioni effettuate nell'area oggetto di indagine.



Confronto registrazione HVSR-1 e HVSR-2

Le due curve presentano una buona sovrapposizione (buona qualità fisica del dato) ed entrambe presentano un picco di risonanza (fascia gialla) compreso nel range di frequenza 42 - 44 Hz.. Entrambi i picchi hanno un valore del rapporto H/V ≤ 2 , pertanto presentano un basso contrasto di impedenza e gli stessi sono collocati al di fuori del campo delle frequenze di interesse ingegneristico, come si evince dai seguenti grafici.



Sassoferrato, 15 novembre 2016

27/27

SERVIZI SISMICI S.n.c.
di Donnini A. & Mantoni F.
Via Piano di Frassineta, 109
60041 - SASSOFERRATO (AN)
Cod. Fisc. e P.IVA: 02995830420
n. Rea: AN-192227

ALLEGATO C

REPORT DELLA VERIFICA DI STABILITA'

Relazione di calcolo – stato attuale

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	43,654691/10,701788
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	42,42 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	52,33 m
Ascissa vertice destro superiore xs	118,48 m
Ordinata vertice destro superiore ys	114,84 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,42	2,55	0,24
S.L.D.	50,0	0,53	2,54	0,25
S.L.V.	475,0	1,26	2,52	0,28
S.L.C.	975,0	1,6	2,5	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.D.	0,795	0,2	0,0162	0,0081
S.L.V.	1,89	0,24	0,0463	0,0231
S.L.C.	2,3284	0,24	0,057	0,0285

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0463
 Coefficiente azione sismica verticale 0,0231

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	35,49	6,08
2	53,94	9,38
3	63,25	11,19
4	73,87	13,14
5	77,03	13,86
6	85,65	16,62
7	90,06	17,88
8	94,6	18,88
9	99,47	19,96
10	102,57	20,5
11	106,26	20,84
12	111,1	21,28
13	120,82	20,98
14	130,07	20,91
15	136,53	20,85
16	141,85	20,67
17	147,61	20,63
18	157,71	20,86
19	169,82	21,12
20	188,52	21,88

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	35,49	-4,67
2	97,89	11,37
3	133,72	13,19
4	188,52	12,1

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25
 Coesione efficace 1,25
 Coesione non drenata 1,4
 Riduzione parametri geotecnici terreno Si

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,06		24	1900	2000	sabbie e sabbie argillose con livelli conglomeratici
2	0,1		25	2000	2100	sabbie e sabbie argillose addensate/consistenti con livelli conglomeratici

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	107	19	122	20,37853	1

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,24
Ascissa centro superficie	80,45 m
Ordinata centro superficie	71,08 m
Raggio superficie	60,73 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 80,451 yc = 71,083 Rc = 60,735 Fs=1,238

Lambda = 0,255

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	6,92	-9,53	7,01	17352,37
2	3,16	-4,73	3,17	17692,26
3	4,35	-1,18	4,35	34631,21
4	4,27	2,89	4,28	44708,89
5	4,41	7,01	4,44	53972,01
6	4,54	11,29	4,63	59220,49
7	4,87	15,86	5,06	62610,01
8	3,1	19,8	3,29	37070,18
9	3,69	23,25	4,01	37789,85
10	8,78	29,93	10,14	127044,4

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	3023,23	11857,45	0,0	0,0	12695,79	5791,31	0,0
2	5469,51	21452,04	3023,23	11857,45	14878,3	5008,9	0,0
3	8646,0	33910,64	5469,51	21452,04	32024,72	9907,21	0,0
4	11477,86	45017,5	8646,0	33910,64	43311,17	12833,6	0,0
5	13579,65	53260,96	11477,86	45017,5	53421,06	15534,39	0,0
6	14584,72	57202,97	13579,65	53260,96	58665,98	16974,02	0,0
7	14297,26	56075,52	14584,72	57202,97	60793,73	17681,36	0,0
8	13814,34	54181,45	14297,26	56075,52	34914,89	10291,18	0,0
9	12759,33	50043,57	13814,34	54181,45	34168,25	10349,16	0,0
10	3749,89	14707,52	12759,33	50043,57	99888,13	29692,48	0,0

Relazione di calcolo – Previsione di Progetto

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	43,654691/10,701788
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	19,69 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	96,15 m
Ascissa vertice destro superiore xs	95,75 m
Ordinata vertice destro superiore ys	158,65 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,42	2,55	0,24
S.L.D.	50,0	0,53	2,54	0,25
S.L.V.	475,0	1,26	2,52	0,28
S.L.C.	975,0	1,6	2,5	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.D.	0,795	0,2	0,0162	0,0081
S.L.V.	1,89	0,24	0,0463	0,0231
S.L.C.	2,3284	0,24	0,057	0,0285

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0463
 Coefficiente azione sismica verticale 0,0231

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	35,49	6,08
2	53,94	9,38
3	63,25	11,19
4	73,87	13,14
5	77,03	13,86
6	85,65	16,62
7	90,06	17,88
8	94,6	18,88
9	99,47	19,96
10	102,57	20,5
11	106,26	20,84
12	111,1	21,28
13	120,82	20,98
14	130,07	20,91
15	136,53	20,85
16	141,85	20,67
17	147,61	20,63
18	157,71	20,86
19	169,82	21,12
20	188,52	21,88

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	35,49	-4,67
2	97,89	11,37
3	133,72	13,19
4	188,52	12,1

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25
 Coesione efficace 1,25
 Coesione non drenata 1,4
 Riduzione parametri geotecnici terreno Si

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,06		24	1900	2000	sabbie e sabbie argillose con livelli conglomeratici	B'
2	0,1		25	2000	2100	sabbie e sabbie argillose addensate/consistenti con livelli conglomeratici	B

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	76	12,5	84	14,3085	0,5
2	95	18	105	20,21728	0,8
3	120	20	135	19,52597	1
4	140	20	160	19,33308	1,2

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,2
Ascissa centro superficie	65,33 m
Ordinata centro superficie	96,15 m
Raggio superficie	85,59 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 65,326 yc = 96,146 Rc = 85,59 Fs=1,198

Lambda = 0,274

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	2,6	-2,26	2,6	1544,27
2	6,46	0,77	6,46	14954,89
3	4,15	4,33	4,16	15461,04
4	3,16	6,79	3,18	19222,55
5	6,27	9,99	6,37	67239,56
6	2,35	12,93	2,41	19167,76
7	4,41	15,27	4,57	30760,46
8	4,54	18,4	4,79	29821,53
9	4,87	21,76	5,24	61460,32
10	6,48	25,92	7,21	61014,14

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	844,48	3076,84	0,0	0,0	616,45	1113,65	0,0
2	2489,6	9070,76	844,48	3076,84	13725,68	6062,23	0,0
3	3829,04	13950,95	2489,6	9070,76	14751,96	5503,23	0,0
4	5061,12	18439,96	3829,04	13950,95	18730,79	6221,47	0,0
5	6576,97	23962,88	5061,12	18439,96	66674,73	20337,75	0,0
6	7187,96	26189,02	6576,97	23962,88	18817,32	5962,21	0,0
7	7423,57	27047,46	7187,96	26189,02	29984,36	9766,41	0,0
8	7228,58	26337,01	7423,57	27047,46	28476,02	9439,03	0,0
9	5183,7	18886,58	7228,58	26337,01	56484,46	17173,16	0,0
10	2013,62	7336,52	5183,7	18886,58	52709,47	16868,34	0,0