

**Dott. Enrico Focardi  
Geologo**



PROVINCIA DI: FIRENZE

COMUNE DI: PONTASSIEVE

LOCALITÀ: CAPOLUOGO - VIA BEATO ANGELICO

PROPRIETÀ: COOPERATIVA DON MAESTRINI S.C.A.R.L.

OGGETTO: VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO COMUNALE PER IL NUOVO  
AMBITO RESIDENZIALE "P14 - DON MAESTRINI"

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA  
D.P.G.R.T. 53/R/2011

**Pontassieve  
11 luglio 2018**



VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO COMUNALE PER IL NUOVO AMBITO  
RESIDENZIALE "P14 – DON MAESTRINI"  
RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA  
D.P.G.R.T. 53/R/2011

Premessa

La presente nota espone i risultati di uno studio geologico tecnico eseguito in via Beato Angelico a Pontassieve, di supporto alla presentazione della Variante al Regolamento Urbanistico Comunale per il nuovo ambito residenziale "P14 – Don Maestrini". Nel suo insieme il progetto prevede la realizzazione di volumi abitativi, la viabilità interna alla lottizzazione e la realizzazione di spazi a verde.

L'area è costituita da un comparto territoriale attualmente utilizzato per impianti sportivi (Centro Sportivo "Don Maestrini"), l'intervento è indicato con la sigla 13 ed è destinato a carattere residenziale. La scheda di fattibilità dell'intervento (f.4 - allegata) indica una classe di fattibilità 3.

Lo studio è stato articolato come riportato nella D.P.G.R.T. 53/R/2011 ai sensi del regolamento di attuazione dell'art. 62 della Legge Regionale del 3 gennaio 2005 n° 1 (Norme per il Governo del Territorio) in materia di indagini geologiche.

In particolare le indagini (iniziate già nel 2007 con una prima ipotesi di Piano Attuativo successivamente modificato nell'attuale) si sono articolate nelle seguenti fasi:

- rilevamento geologico di dettaglio volto all'individuazione delle Formazioni affioranti ed alla loro caratterizzazione litotecnica;
- raccolta dei dati di base allegati allo Strumento Urbanistico Comunale;
- raccolta di dati provenienti da studi precedentemente effettuati nella stessa area ed in aree limitrofe;
- consultazione ed analisi dei dati di bibliografia relativi all'area in oggetto;
- esecuzione di tre sondaggi a carotaggio continuo distribuiti sull'area di lottizzazione;
- esecuzione di analisi di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi;
- esecuzione di prova Down Hole in foro di sondaggio profondo 30 m per la determinazione delle  $v_{s30}$  e  $v_{p30}$ ;
- installazione di tubo inclinometrico e di piezometri;
- esecuzione di una indagine sismica passiva mediante quattro misure HVSR

### Geomorfologia

L'area in studio è ubicata circa 1 km a nord del centro di Pontassieve sul versante a monte di via San Martino a Quona ad est della zona residenziale di Mezzana, ad una quota media di circa 130 m s.l.m..

Si tratta di una zona la cui morfologia risente degli interventi antropici che hanno portato negli anni '90 alla realizzazione di un impianto sportivo (campo polivalente) e dei locali di servizio. La modellazione morfologica per la realizzazione del campo di gioco ebbe luogo mediante parziali operazioni di sbancamento sul lato di monte e l'allestimento di una struttura in terre rinforzate a contenimento dei riporti (4 ordini per 1.5 m di altezza ciascuno) per complessivi 6 metri nel punto di massima altezza.

Nel suo complesso il pendio è caratterizzato da acclività comprese fra il 15% ed il 25% ed è solcato da una linea di impluvio sede di un piccolo fosso, attivo solo a seguito di eventi meteorici.

Dalle osservazioni di campagna non risultano particolari situazioni di instabilità, si notano solo lievi deformazioni nella parte a valle oltre il lotto in oggetto, prodotte dal lento "movimento" della sottile coltre di alterazione.

### Geologia e litologia

L'area di studio è impostata sulla formazione di Sillano (Indifferenziato p.p.). Si tratta di argilliti prevalenti con livelli calcareo – marnosi, arenarie fini, siltiti e marne. Spesso l'insieme dei litotipi è disorganizzato e mostra un assetto caoticizzato.

Tali materiali sono nella zona coperti da una coltre detritico colluviale costituita da argille limose con clasti eterometrici calcareo marnosi. Nell'ambito degli studi di fattibilità (Dott. Innocenti P. – 1987, 1990, 1993) del complesso sportivo furono eseguiti alcuni saggi con escavatore che misero in luce la presenza di una coltre spessa mediamente circa 1.5 m passante poi ad argilliti molto consistenti alternanti a livelli di calcare marnoso mediamente fratturato. I materiali più profondi sono ascrivibili al Sillano e sono rappresentati da argilliti e marne varicolori (da grigi a grigio scuri e/o rossastri) con assetto variabile (nell'area veniva registrato, laddove visibile, un prevalente assetto a reggipoggio).

### Carta della permeabilità (Tav. 3.6-S "Indagini geologico tecniche di supporto Piano Strutturale")

La copertura detritica è costituita da materiali prevalentemente argillosi e limoso argillosi che sono dotati di una permeabilità per porosità primaria molto bassa. Nelle zone ove sia più abbondante lo scheletro lapideo è possibile una certa circolazione in particolare al contatto con il substrato con linee di deflusso che assecondano il gradiente

di pendio. Per quanto riguarda la formazione di Sillano, questa è di per sé da considerarsi costituita da litotipi essenzialmente impermeabili per porosità primaria. Una certa circolazione idrica può svilupparsi nei livelli calcarei e calcareo marnosi di maggiore spessore che risultano in generale mediamente fratturati; si tratta quindi di una porosità e permeabilità secondaria con distribuzione irregolare degli spazi porosi che difficilmente in questa formazione può raggiungere valori di notevole interesse.

Per la zona in studio i piezometri installati nel corso della campagna di sondaggi indicano la presenza di una filtrazione piuttosto superficiale con un livello piezometrico a profondità comprese fra i 2 ed i 4.5 metri circa.

#### Carta delle pendenze (Tav. 3.5-S “Indagini geologico tecniche di supporto Piano Strutturale”)

Le classi di pendenza che sono state definite nella carta sono quelle indicate nella D.R. 94/85. In sostanza il significato delle varie classi è il seguente:

- < 15% generalmente non vi sono problematiche connesse alla stabilità dei versanti;
- dal 15% al 25% vi si possono verificare fenomeni di instabilità dinamica per sabbie sciolte, argille e detriti nel caso di falda superficiale. Limite di pendenza per macchine agricole a ruote;
- dal 25% al 35% si possono verificare dissesti nelle precedenti litologie anche non in presenza di falda. Il 35% rappresenta la pendenza limite per macchine agricole a cingoli;
- > 35% si tratta di acclività molto elevate ed indicano versanti dove si possono verificare crolli e distacchi di rocce fessurate e/o alterate per fenomeni fisici e/o meccanici.

L'area in oggetto è inserita parte in classe 3 (10% - 15%) e parte in classe 4 (15% - 25%). In realtà l'area è stata modificata antropicamente ed è attualmente costituita da due ripiani raccordati da una scarpata alta circa 5 metri in parte artificiale realizzata con terre rinforzate a sostegno dei riporti che furono necessari per la realizzazione del campetto polivalente.

#### Carta litotecnica (Tav. 3.4-S “Indagini geologico tecniche di supporto Piano Strutturale”)

In questa carta sono stati raggruppati in Unità Litotecniche i litotipi che presentano caratteristiche tecniche simili indipendentemente dalla appartenenza a formazioni geologiche diverse ed alla posizione stratigrafica. I principali parametri dei quali è stato tenuto conto sono relativi alla composizione ed al grado di cementazione, alla tipologia di

stratificazione ed allo stato di fratturazione ed alterazione. La cartografia di riferimento è quella allegata allo S.U. vigente. La zona in studio è inserita nell'Unità Litotecnica B che raggruppa "rocce stratificate e strutturalmente ordinate costituite da prevalenti litotipi argillitici e marnosi alternati a litotipi calcarei, calcareo marnosi e arenacei".

#### Ambiti fluviali (D.R.T. 230/94 e 12/00)

L'area in studio si colloca in una posizione di alto morfologico rispetto ai fiumi Arno e Sieve ed è quindi esclusa dagli ambiti di applicazione delle prescrizioni e vincoli della Direttiva regionale. Non si ha inoltre notizia, né è stato osservato, che la zona sia stata in passato interessata da fenomeni di ristagno.

#### Carta della pericolosità geomorfologica (Tav. B.3.9 sud "Indagini geologico tecniche di supporto Piano Strutturale")

Negli elaborati geologico tecnici di supporto allo S.U. comunale vigente l'area nel suo complesso è stata inserita in classe di pericolosità G2.

#### Carta di sintesi dei rischi territoriali geomorfologica (Tav. 3.10 "Indagini geologico tecniche di supporto Piano Strutturale")

In questa cartografia alla zona in studio viene attribuito un rischio geologico "medio".

#### Estratto P.A.I. 1:25.000

Nella perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante, livello di sintesi scala 1: 10.000 stralcio n° 54 del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) la zona in oggetto è inserita in classe di pericolosità (P.F. 2). Non è stata redatta per questa zona la cartografia di dettaglio in scala 1:10.000.

#### Pericolosità sismica

Si attribuisce una pericolosità sismica S2 in quanto il rilevato antropico costituente il campetto polivalente che potrebbe significare la presenza di "litotipi con caratteristiche fisico - meccaniche significativamente diverse", verrà completamente asportato. Ci si riferisce quindi ai litotipi in posto tenendo conto anche delle risultanze delle indagini sismiche e stratigrafiche che non evidenziano la possibilità di fenomeni di amplificazione stratigrafica.

### Carta della fattibilità

Sulla base delle previsioni del Piano Attuativo in oggetto e della classe attribuita nella scheda di fattibilità dell'intervento (intervento 13 – scheda f4) si assegna per i lotti edificativi una classe di fattibilità 3. Ugualmente classe 3 per le opere di urbanizzazione.

## INDAGINI E CARATTERISTICHE TECNICHE

### *Saggi con escavatore*

Negli studi di supporto alla realizzazione del centro sportivo, già citati, furono eseguiti due saggi con escavatore. I saggi, che raggiunsero profondità di 2 e di 3 metri misero in luce la presenza di un primo orizzonte spesso al massimo circa 1.5 metri, alterato, rappresentato dal suolo agrario e da argille limose debolmente sabbiose, da giallo bruno a rosso vinaccia con trovanti di calcari marnosi grigio verdastri fratturati. Al disotto si ritrovavano alternanze di argilliti grigie, nerastre e rossastre, fogliettate, molto consistenti, con calcari marnosi grigio verdastri, mediamente fratturati, ove riconoscibile con assetto a reggipoggio, attribuibili alla formazione in posto (Sillano). Nel corso dei saggi fu individuata una filtrazione idrica a livello del substrato.

### *Sondaggi*

Nel corso degli studi di supporto alla presentazione del Piano Attuativo, per una migliore comprensione delle caratteristiche stratigrafiche e tecniche dell'area nel suo insieme, sono stati eseguiti (Gea s.n.c. di Chiesina Uzzanese – PT) tre sondaggi a carotaggio continuo distribuiti come nella planimetria allegata. Detti sondaggi hanno raggiunto profondità comprese fra i 15 m (S3) ed i 30 m (S1) dal piano campagna. Di questi il sondaggio S1 è stato attrezzato per l'esecuzione di una prova Down Hole ai sensi della Normativa sismica per la determinazione della velocità delle onde S a 30 metri. Lo stesso sondaggio potrà servire per l'esecuzione delle letture inclinometriche di monitoraggio dell'area. Gli altri due sondaggi sono stati attrezzati con piezometri Norton per il controllo della filtrazione idrica.

Nel corso dei sondaggi si sono eseguite prove SPT e prelevati campioni indisturbati poi sottoposti ad analisi di laboratorio.

Le stratigrafie rilevate, allegate, mettono in evidenza la presenza, come per altro già riscontrato nei saggi, di un limitato orizzonte eluvio colluviale costituito da limi argillosi con frammenti lapidei calcareo marnosi al disopra di argilliti e marne della formazione di Sillano. Queste per i primi 4 – 7 metri si presentano in un assetto più

disarticolato e con maggiori tracce di alterazione, dopo di che abbiamo argilliti e marne varicolori fino al fondo dei sondaggi.

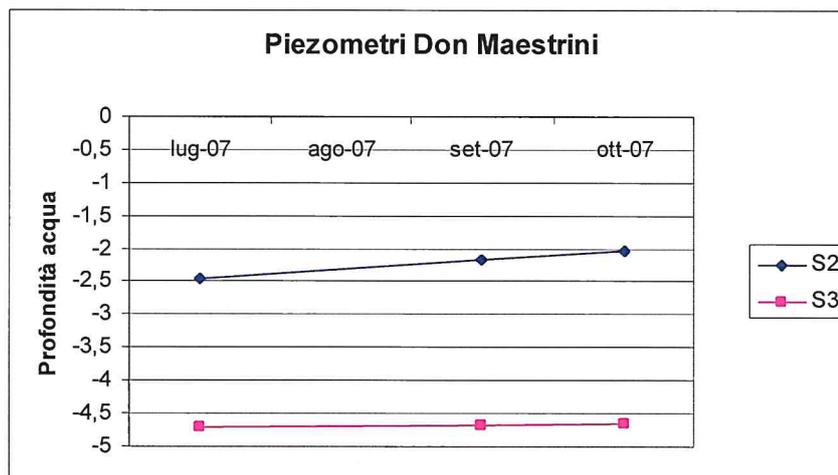
I valori degli SPT sono propri di materiali definibili, in ambiente argilloso, da “molto consistenti” a “duri”.

Sondaggio	Profondità	Nspt
S1	3,60 - 4,05	6/10/15
	6,0 - 6,45	10/9/8
S2	3,50 - 3,95	10/19/R
	7,0 - 7,45	16/R
S3	2,50 - 2,95	6/8/8
	5,40 - 5,85	8/16/R

### Misure piezometriche

Nel corso della campagna geognostica eseguita nel 2007 e descritta, furono installati due piezometri per il controllo della filtrazione idrica. Nella seguente tabella si riportano le misure piezometriche allora eseguite:

	27/07/2007	01/09/2007	01/10/2007
S2	-2,45	-2,18	-2,05
S3	-4,7	-4,67	-4,65



Le misure effettuate mostrano un modesto innalzamento del livello nel periodo compreso fra luglio 2007 e ottobre 2007.

La falda risulta a profondità all'incirca comprese all'incirca fra i 2 ed i 4.5 metri rispetto al piano campagna, quindi a profondità tali da potere interferire con gli scavi. Allo stato attuale, causa difficoltà di accesso, non è stato possibile ripetere le misure. Si dovrà comunque ripeterle propedeuticamente alla progettazione esecutiva, e predisporre adeguati accorgimenti atti al controllo delle acque di filtrazione ed al loro allontanamento in fase di scavo.

### *Indagini sismiche (2007 – 2009)*

Una prima indagine sismica è stata eseguita nel 2007 (Igetecma s.a.s. di Firenze) ed è consistita nella esecuzione di una prova Down Hole nel sondaggio S1. I dati rilevati tale indagine indicano che dal piano campagna fino a 6 metri di profondità le velocità delle onde sismiche hanno valori compresi tra 211 m/s e 633 m/s per le onde P e tra 108 m/s e 271 m/s per le onde SH, riferibili, sulla base della stratigrafia, ai materiali di riporto ed alle marne ed agli scisti in assetto caotico. Da 6 metri fino a 30 metri i valori di velocità delle onde di compressione variano da 1430 m/s a 2700 m/s, mentre le onde di taglio hanno valori compresi fra 354 m/s e 716 m/s riferibili alle alternanze fra argilliti e siltiti.

Il parametro  $v_{s30}$  è risultato pari a 375 m/s. Il suolo di fondazione è stato classificato di categoria B.

Quanto sopra è più dettagliatamente riportato nella relazione geofisica (Igetecma s.a.s.) allegata.

L'indagine sismica fin qui descritta è stata integrata con una nuova campagna di rilievo eseguita da Geognostica F.na s.r.l. mediante misure HVSR. Dai risultati acquisiti non sembrano emergere significativi contrasti di impedenza che possano dare luogo ad amplificazione sismica per motivi stratigrafici, come avvalorato anche dalle altre indagini geognostiche eseguite che mostrano una situazione stratigrafica omogenea fin dai primi metri di profondità.

### Caratteristiche tecniche

#### *Analisi di laboratorio*

Nel corso della esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati cinque campioni, poi sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio presso Igetecma s.a.s. di Firenze.

<b>Sondaggio</b>	<b>Sigla</b>	<b>Profondità</b>
<b>S1</b>	S1C1	3,0 - 3,60
	S1C2	6,50 - 6,90
<b>S2</b>	S2C1	1,50 - 1,85
<b>S3</b>	S3C1	2,0 - 2,50
	S3C2	5,0 - 5,40

Si tratta prevalentemente di argille ed argilliti caratterizzate da un peso di volume secco  $\gamma_d$  di compreso fra 1.56 e 1.74 t/m<sup>3</sup> e peso di volume naturale  $\gamma$  compreso fra 1.9 e 2.1 t/m<sup>3</sup> classificabili nella carta di Plasticità di Casagrande come ML – OL (limi inorganici ed argille organiche di media plasticità) i campioni più superficiali e come CH (argille inorganiche di alta plasticità) quelli più profondi. L'Indice di Plasticità definisce i

materiali più superficiali (S2C1 e S3C1) come “poco plastici”, mentre quelli più profondi (S1C1 e S3C2) sono “plastici”.

L’Indice di Consistenza è sempre maggiore o molto maggiore di 1 e si tratta quindi di materiali ad uno stato di consistenza fra il “semisolido” ed il “solido”.

Per quanto riguarda i parametri medi delle caratteristiche di resistenza al taglio l’angolo di attrito interno  $\phi_m'$  è di circa 22° con una coesione  $c_m'$  mediamente pari a 0.11 kg/cm<sup>2</sup>.

La coesione non drenata  $c_u$ , ad eccezione del campione S3C1 dove risulta di circa 0.4 kg/cm<sup>2</sup>, mentre è dell’ordine di 0.7 – 0.9 kg/cm<sup>2</sup> o superiore.

Quadro riassuntivo delle analisi di laboratorio.

CAMPIONE	S1C1	S1C2	S2R1	S3C1	S3C2
Profondità metri	3.0 - 3.6	6.45 - 6.85	1.5 - 1.85	2.0 - 2.5	5.0 - 5.38
<b>Prova E.L.L.</b>					
Cu (kPa)		143.3	72.3	45.2	94.9
Eti (kPa)		21513	9232	9766	16950
<b>Prova di taglio</b>					
C (kPa)	6.2	11.4			47.7
$\phi$ (°)	23.0	20.3			22.2
<b>Prova edometrica</b>					
Cr (indice di ricomprensione)				--	0.053569
Cr' (indice di ricomprensione)				0.023266	0.007319
Cc (indice di compressione)				0.148041	0.208164
Cs (indice di rigonfiamento)				0.050864	0.059798
Cv (cm <sup>2</sup> /sec)				7.659E-03	9.380E-03
K (cm/sec)				4.31E-08	7.91E-08
Cv (cm <sup>2</sup> /sec)				5.615E-03	8.180E-03
K (cm/sec)				3.99E-08	5.09E-08
$\sigma'_{vmax}$ (kPa)				132.6	147.7
<b>Parametri fisici</b>					
Peso volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	19.3	20.6	19.7	18.4 - 20.2	18.8 - 20.2
Peso volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	15.6	17.4	16.8	15.5 - 16.7	15.7 - 16.7
Peso specifico dei grani (kN/m <sup>3</sup> )				25.85	26.36
Indice dei vuoti				0.673	0.648
Grado di saturazione (%)				73.80	88.02
<b>Limiti di Atterberg</b>					
Umidità naturale (%)	21.39		14.69	24.73	23.98
Limite liquido (%)	51.1		42.1	45.9	51.4
Limite plastico (%)	26.6		26.1	29.1	27.5
Indice di plasticità (%)	24.5		16.0	16.7	24.0
Indice di consistenza	1.21		1.72	1.26	1.15
Indice di attività	--		--	0.39	--
Classificaz. Casagrande	CH		ML-OL	ML-OL	CH
<b>Granulometria</b>					
Ghiaia (%)				18.0	
Sabbia (%)				26.6	
Limo (%)				26.6	
Argilla (%)				28.7	

### Stabilità generale

Per studiare la stabilità globale dell’area si sono effettuate già in questa fase di piano attuativo verifiche di stabilità sulla sezione BB’ della planimetria (ritenuta la più gravosa) allegata. Si è utilizzato il programma Soils 2 di Program Geo (Brescia) con i metodi di Jambu e Bishop e generazione “random” di superfici. Ai sensi del D.M. 14/01/2008, la successiva circolare per i terreni e il D.M. 17/01/2018 si sono assunti i

parametri medi ricavati con le analisi di laboratorio nella ipotesi di un unico strato argillitico operando cautelativamente una riduzione dei valori di coesione. Si è inoltre inserita la falda e l'accelerazione sismica. A titolo indicativo è stata effettuata una risagomatura secondo le ipotesi progettuali (a livello di Piano Attuativo) ed inserito sulla un presunto carico incidente.

Come si vede nella seguente tabella si ottengono valori del coefficiente di sicurezza  $F_s$  superiori ai limiti di legge.

	<b>Sezione BB - Stato</b>	<b><math>F_s</math></b>
a	Attuale	1,25
b	Modificato	1,37
c	Mod. con falda	1,14
d	Mod. con sovraccarico	1,31
e	Mod. con svr e falda	1,05

Come si vede nello schema sopra riportato la presenza della falda a profondità prossime a quella dei piani di sbancamento, determina una diminuzione dei valori del coefficiente di sicurezza  $F_s$  fino a valori prossimi al limite di equilibrio (caso e). Da qui la necessità di effettuare un buon controllo delle acque meteoriche e di infiltrazione.

Per quanto concerne gli sbancamenti, premettendo che questi dovranno essere presi in esame nel dettaglio una volta definite le specifiche dei singoli interventi in sede di progettazione esecutiva, si segnala che sono possibili situazioni di instabilità nel caso di possibili decadimenti della coesione per alterazione, ad esempio nel prolungarsi della situazione di "scavo aperto". Risulta comunque necessario valutare in sede esecutiva, la stabilità dei singoli fronti di sbancamento.

### Conclusioni

Sulla base di quanto fin qui esposto non si riscontrano controindicazioni di carattere geologico tecnico alla fattibilità del progetto in esame.

Le ipotesi fondazionali dovranno essere verificate in sede di studi di supporto alla progettazione esecutiva, così come, nello stesso tempo, si dovrà puntualmente valutare la stabilità dei fronti di scavo e della pendice a seguito della nuova modellazione e dei carichi effettivamente incidenti. In tale sede si potrà ricorrere ad un approfondimento della campagna geognostica secondo le problematiche specifiche dei singoli lotti.

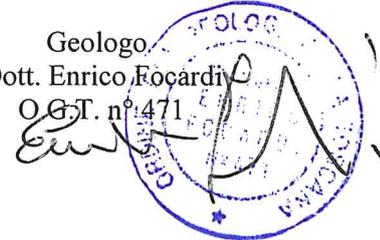
I materiali di scavo saranno in parte ridistribuiti nella stessa area di trasformazione per le necessarie opere di reinserimento ambientale, la parte eventualmente eccedente potrà essere allontanata nel rispetto delle specifiche di Legge.

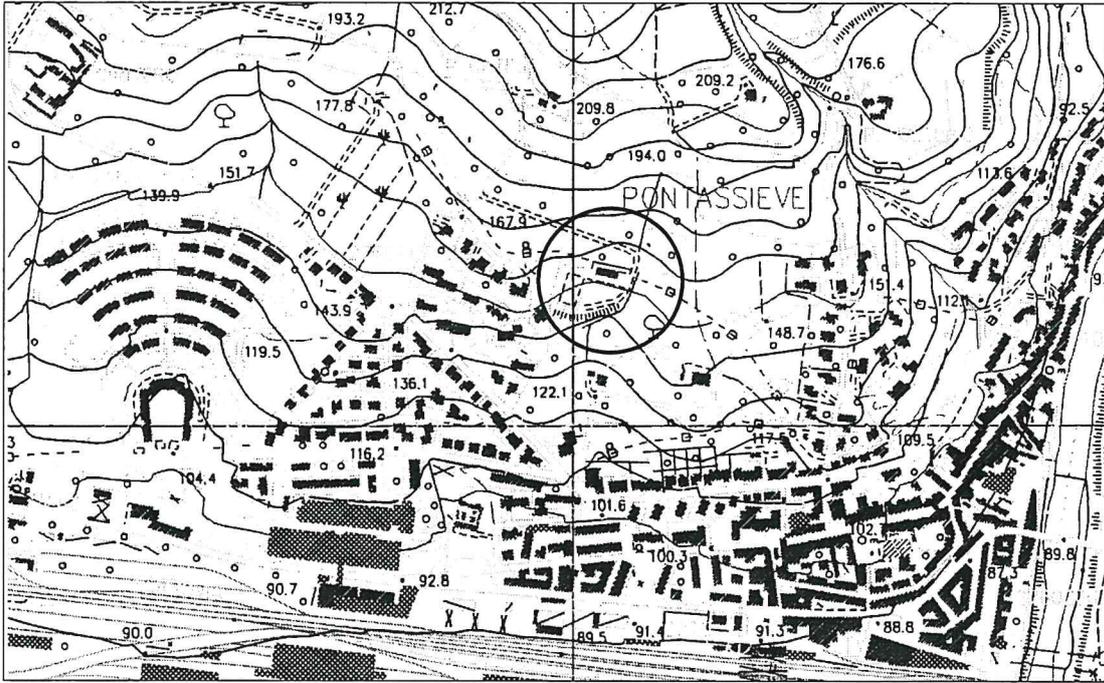
Le misure piezometriche effettuate indicano la possibilità di interferenze tra falda e scavi. Si dovranno possibilmente ripetere le misure piezometriche e valutare le situazioni

locali prevedendo gli accorgimenti necessari all'allontanamento di eventuali acque interferenti per poter operare in sicurezza. Si segnala fino d'ora la necessità di realizzare un'ottima rete di sistemazione idraulica delle acque pluviali ed ipodermiche per esempio mediante l'allestimento di un dreno centrale ed una trincea drenante di protezione di adeguata profondità al limite di monte del comparto.

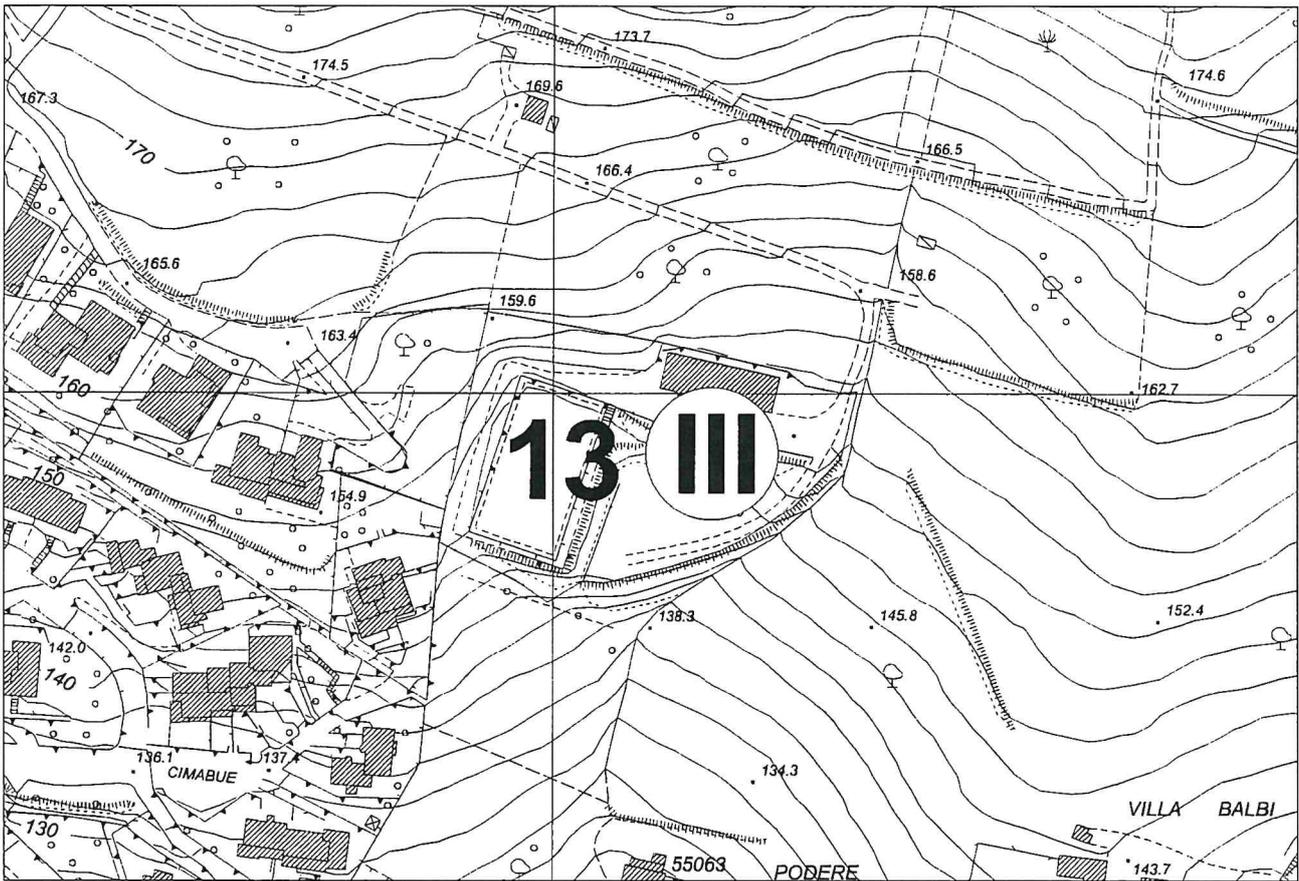
Pontassieve, 11 luglio 2018

Geologo  
Dott. Enrico Focardi  
O.G.T. n° 471





Corografia  
C.T.R. scala 1:10.000



Estratto Regolamento Urbanistico del Comune di Pontassieve  
scala 1:2.000

Intervento n° 13

Fattibilità III



LA PROPRIETA' IL PROGETTISTA



**SOLUZIONE A**  
 N° 16 VILLETTE AFFIANCATE  
 N° PARCHEGGI ESTERNI STANDARD 26  
 N° PARCHEGGI ESTERNI INVALIDI 2

VASCIALE DI LAVAZIONE INTERRATA

COLLABORAZIONE: GEOM. E. CORELLI, GEOM. F. INNOCENTI, GEOM. A. VAGGELLI

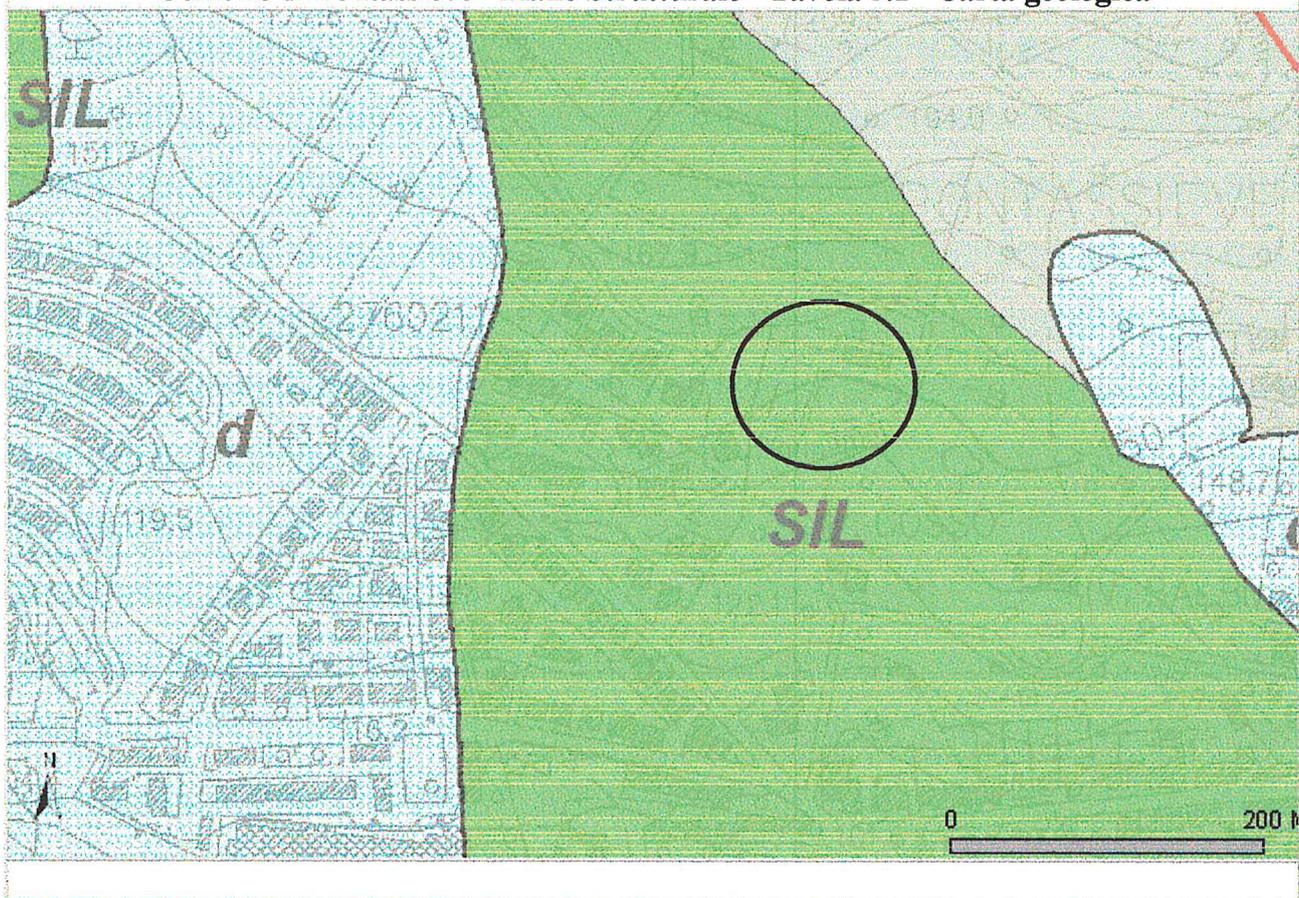
W.O. 0801  
**TAV.**  
**02 SOS**  
 A  
 SCALA 1:200

LOTTIZZAZIONE DON MAESTRINI  
**PIANO TERRA**

**WALTER PETTONI**  
 ARCHITETTO  
 N° 12548/1999  
 ANNO 1999

DATA	EMESSO PER	ESIBITORE	FRAMA	REV.
LUGLIO 2017	PER PARAME PREVENTIVO			A

Comune di Pontassieve - Piano Strutturale - Tavola 3.1 - Carta geologica



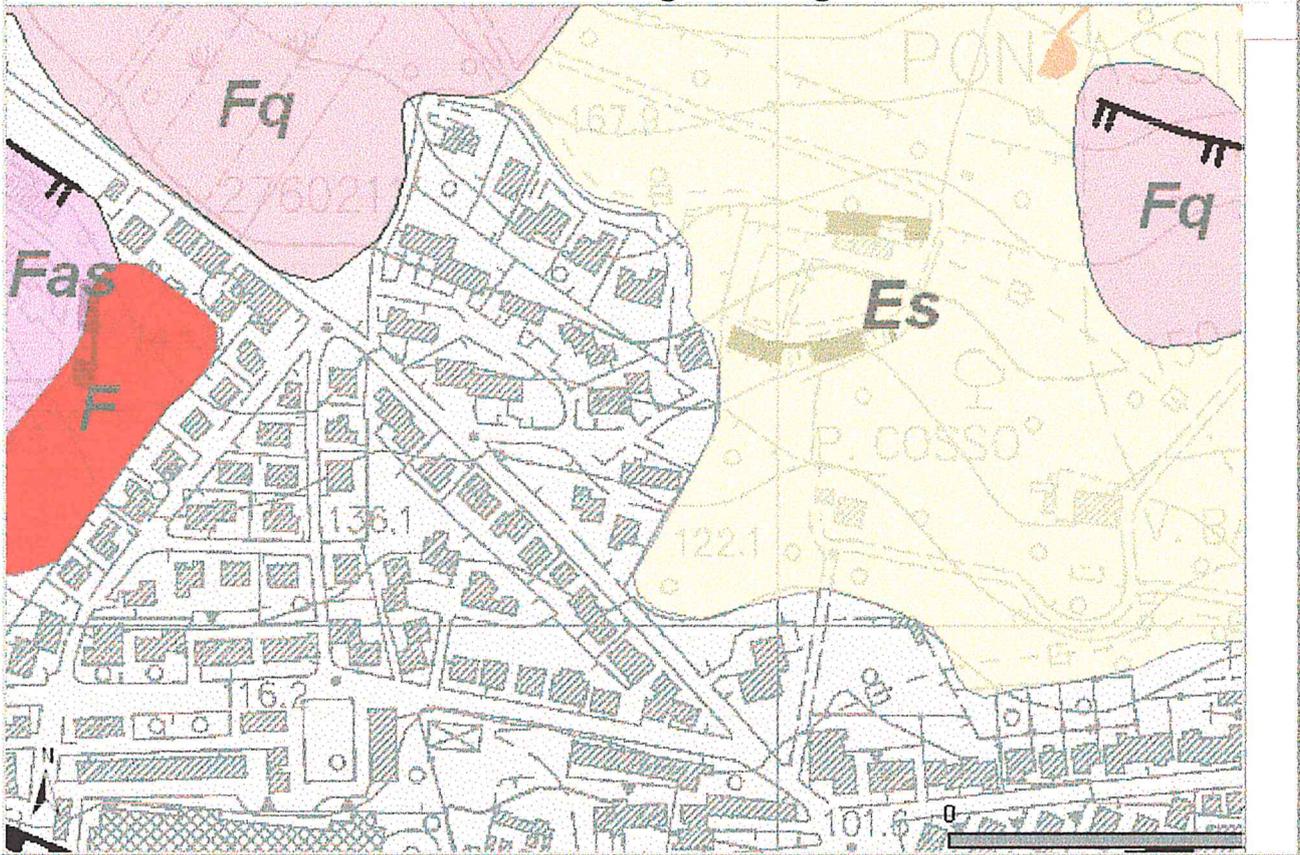
## Legenda dei simboli

-  DIREZIONE DEGLI STRATI
-  FAGLIA CERTA
-  FAGLIA INCERTA ABBASSATA
-  FAGLIA PRESUNTA
-  SOVRASCORRIMENTO CERTO
-  SOVRASCORRIMENTO PRESUNTO

## LITOLOGIA

-  d - COLTRI DETRITICHE E COPERTIURE ELUVIO-COLLUVIALI
-  a - DEPOSITI ALLUVIONALI
-  t - DEPOSITI FLUVIALI TERRAZZATI
-  CONOIDE
- UNITA' TOSCANE - Unità dei Flysch terziari - Unità "Cervarola - Falterona"
-  Cev - ARENARIE DEL CERVAROLA
-  Poo - MARNE DI SAN POLO
-  Fal - ARENARIE DEL FALTERONA
-  c' - OLISTOSTROMI
- UNITA' SUBLIGURI - Unità di Canetolo
-  Sen - ARENARIE DI MONTE SENARIO
-  Sne - CALCARI E BRECCIOLE DI MONTE SENARIO
-  NUM - BRECCIOLE NUMMULITICHE
- UNITA' LIGURI - Supergruppo della calvana
-  MLL - FORMAZIONE DI MONTE MORELLO
-  SIL - FORMAZIONE DI SILLANO
-  RAA - FORMAZIONE DI MLLA RADDA
-  PTF - PIETRAFORTE
- LEMBI CAOTICIZZATI
-  c - COMPLESSO CAOTICO
- Luoghi noti
-  Confine comunale
-  Grafo ferroviario
-  Grafo fluviale

Comune di Pontassieve - Piano Strutturale - Tavola 3.3 - Rischio connesso alla instabilità dei versanti / Carta geomorfologica



## 1 FORME E PROCESSI DI EROSIONE IDRICA E DEL PENDIO

### Forme di denudazione o erosione

	Orlo di scarpata fluviale o di terrazzo
	Orlo di scarpata in erosione
	Orlo di scarpata non in erosione
	Orlo rimodellato di scarpata o debole rottura di pendio
	Area soggetta ad erosione a calanchi
	Area soggetta ad erosione profonda
	Area soggetta ad erosione superficiale
	Area di limitata estensione, soggetta ad erosione superficiale
	Alveo con tendenza all'approfondimento
	Solco di erosione concentrata
	Erosione laterale di sponda

## 2 FORME E PROCESSI DOVUTI A GRAVITA'

### 2.1 Forme di denudazione

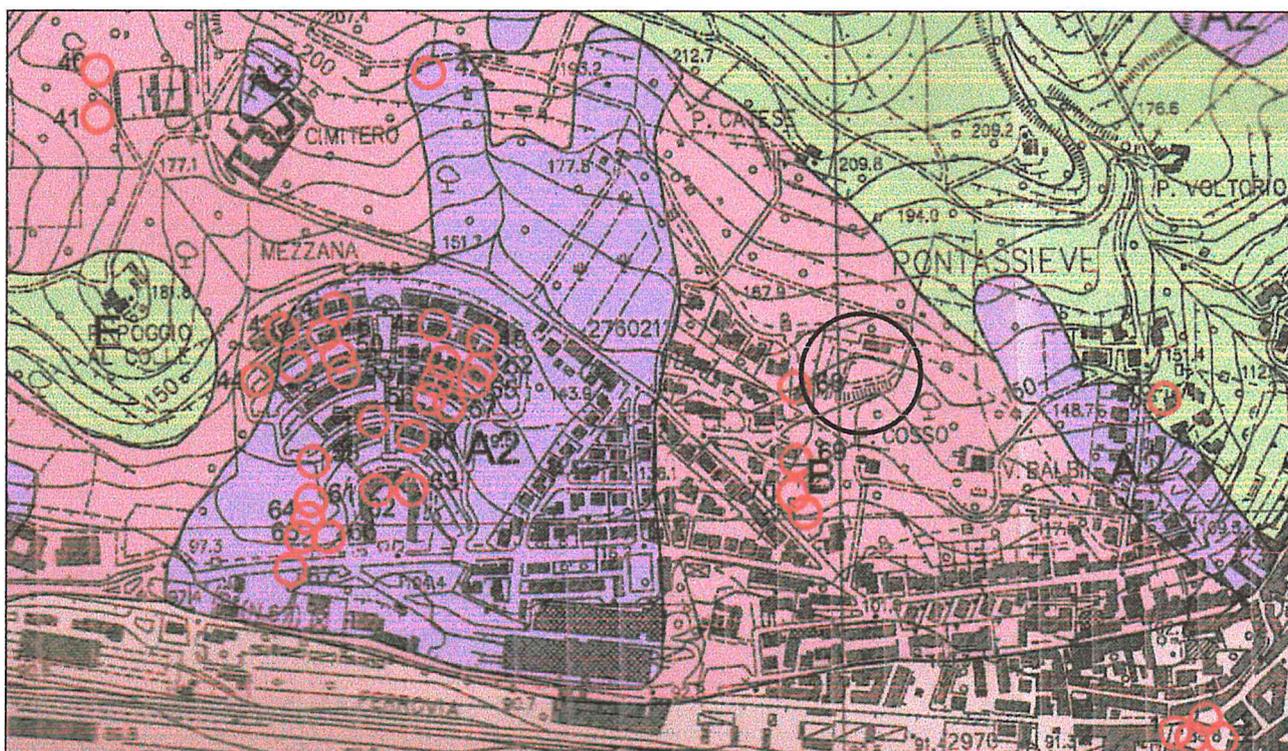
	Corona di frana
	Frana di limitata estensione
	Area molto instabile per franosità diffusa
	Area instabile per soliflusso generalizzato
	Area interessata da deformazioni superficiali lente
	Soliflusso localizzato
	Reptazione

### 2.2 Forme di accumulo e relativi depositi

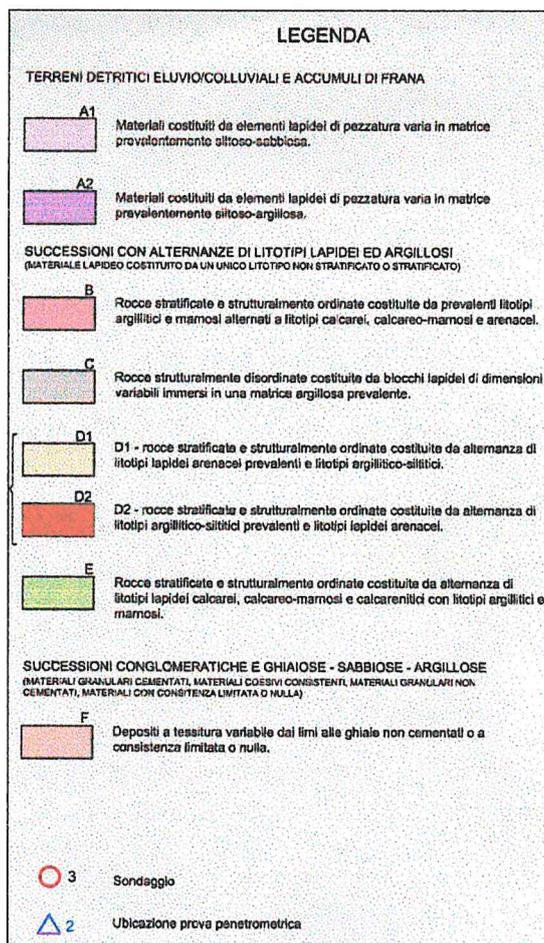
	Corpo di frana attiva
	Corpo di frana quiescente
	Corpo di frana antica
	Corpo di frana artificialmente stabilizzata
	Contropendenza

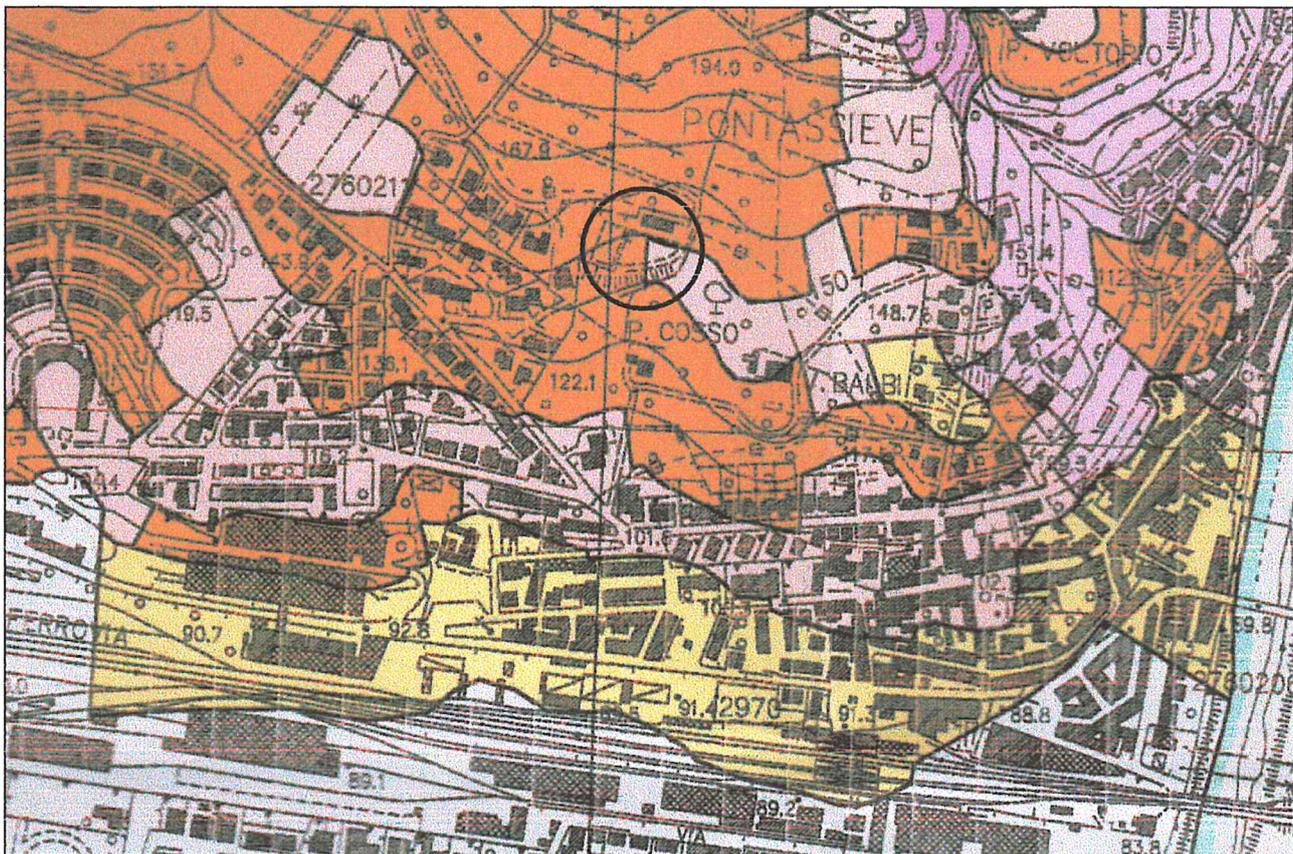
## 3 FORME ARTIFICIALI (ANTROPICHE)

	Orlo di scarpata di origine antropica
	Cava inattiva
	Corpo d'acqua
	Diga in terra
	Terrazzamento agrario
	Rilevato stradale
	Area intensamente modellata da interventi umani

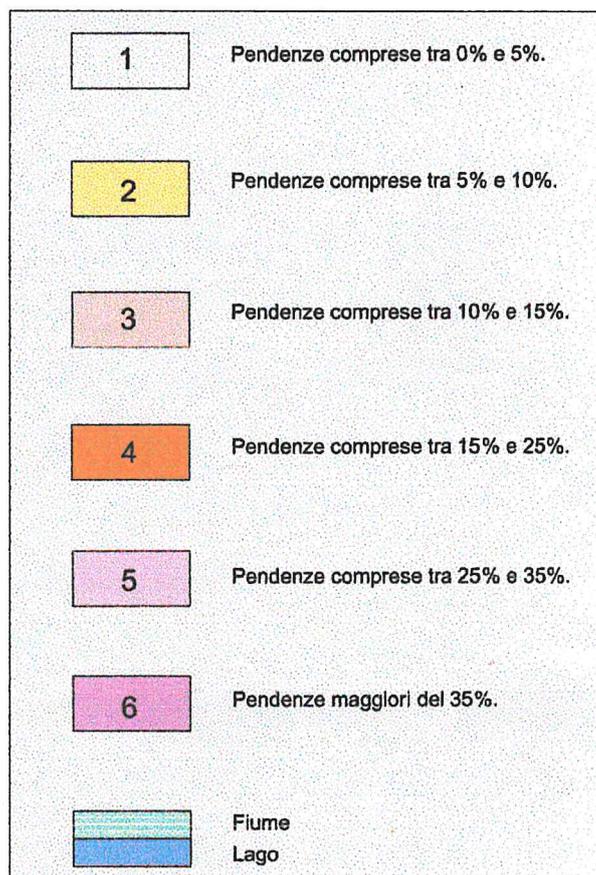


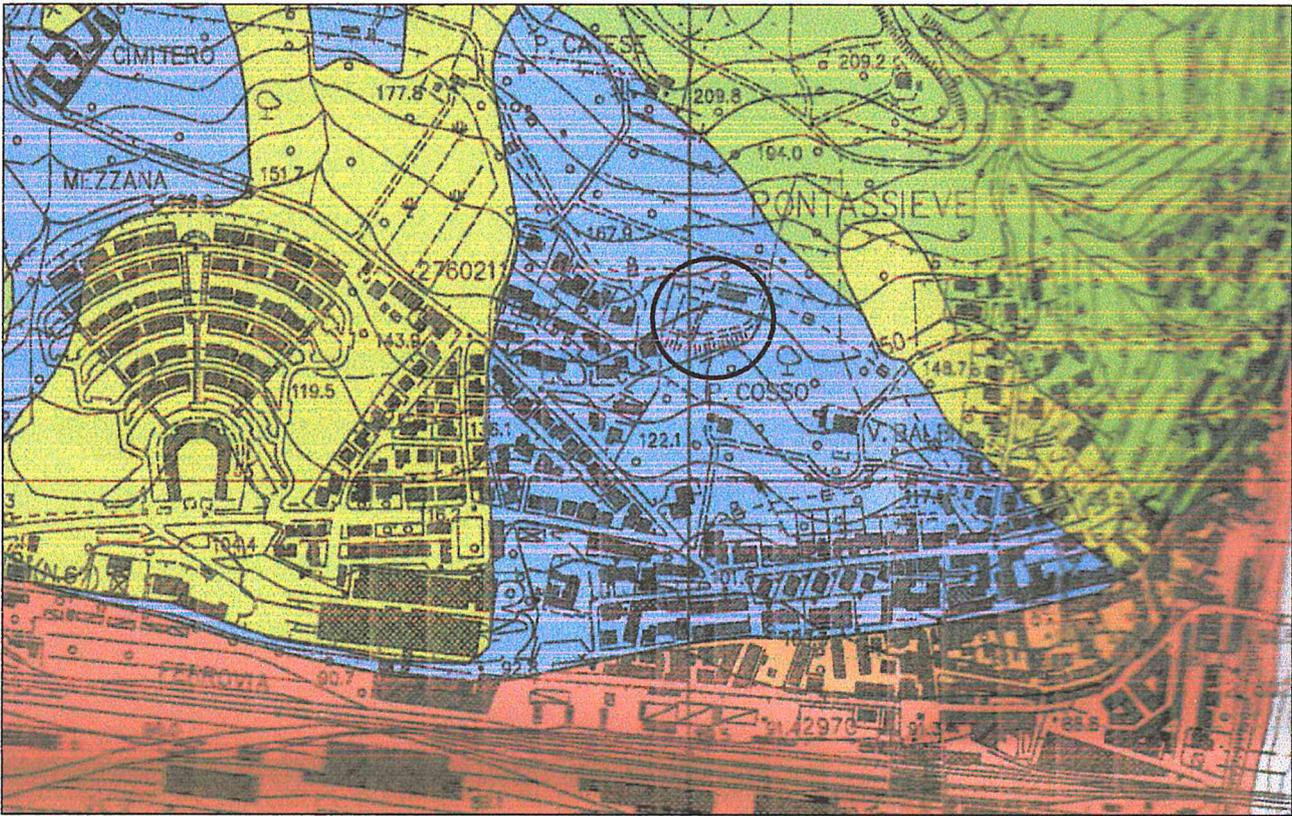
Carta Litotecnica dei Sondaggi e dei dati di Base scala 1:10.000  
 (estratto da Tav. 3.4 – S “Indagini Geologico Tecniche di supporto al Piano Strutturale”)



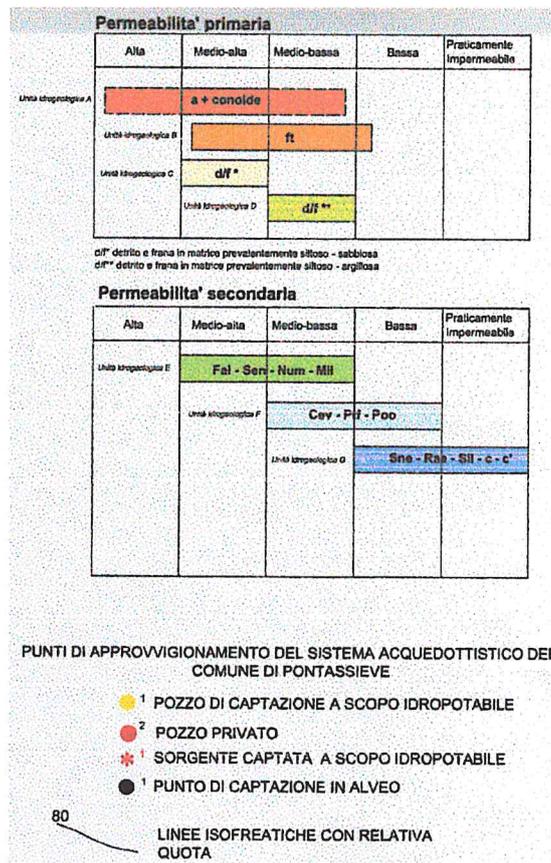


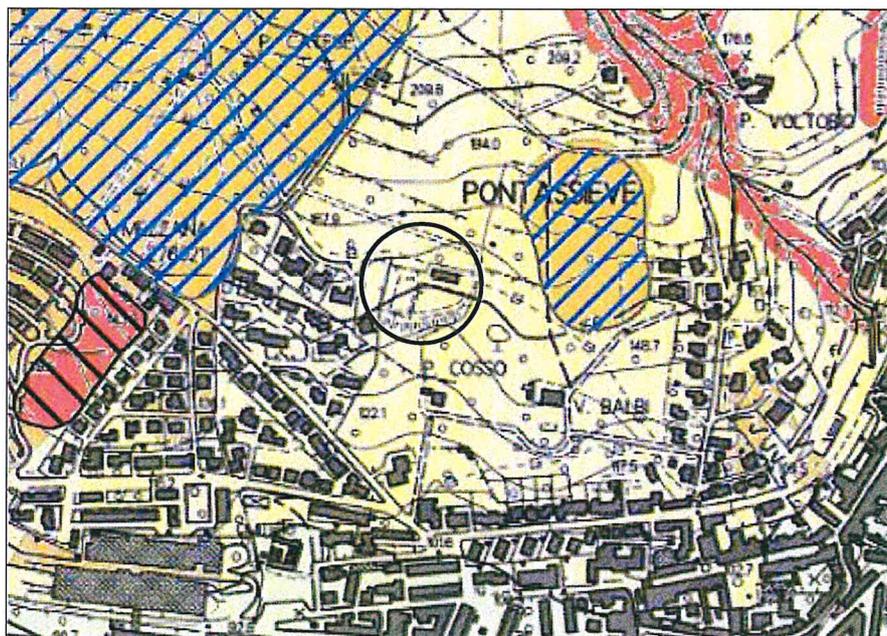
Carta delle Pendenze scala 1:10.000  
 (estratto da Tav. 3.5 – S “Indagini Geologico Tecniche di supporto al Piano Strutturale”)





Carta della permeabilità ed idrogeologica scala 1:10.000  
(estratto da Tav. 3.6 – S “Indagini Geologico Tecniche di supporto al Piano Strutturale”)





Carta della pericolosità geomorfologica  
Estratto Tav. B.3.9 sud Piano Strutturale Comune di Pontassieve

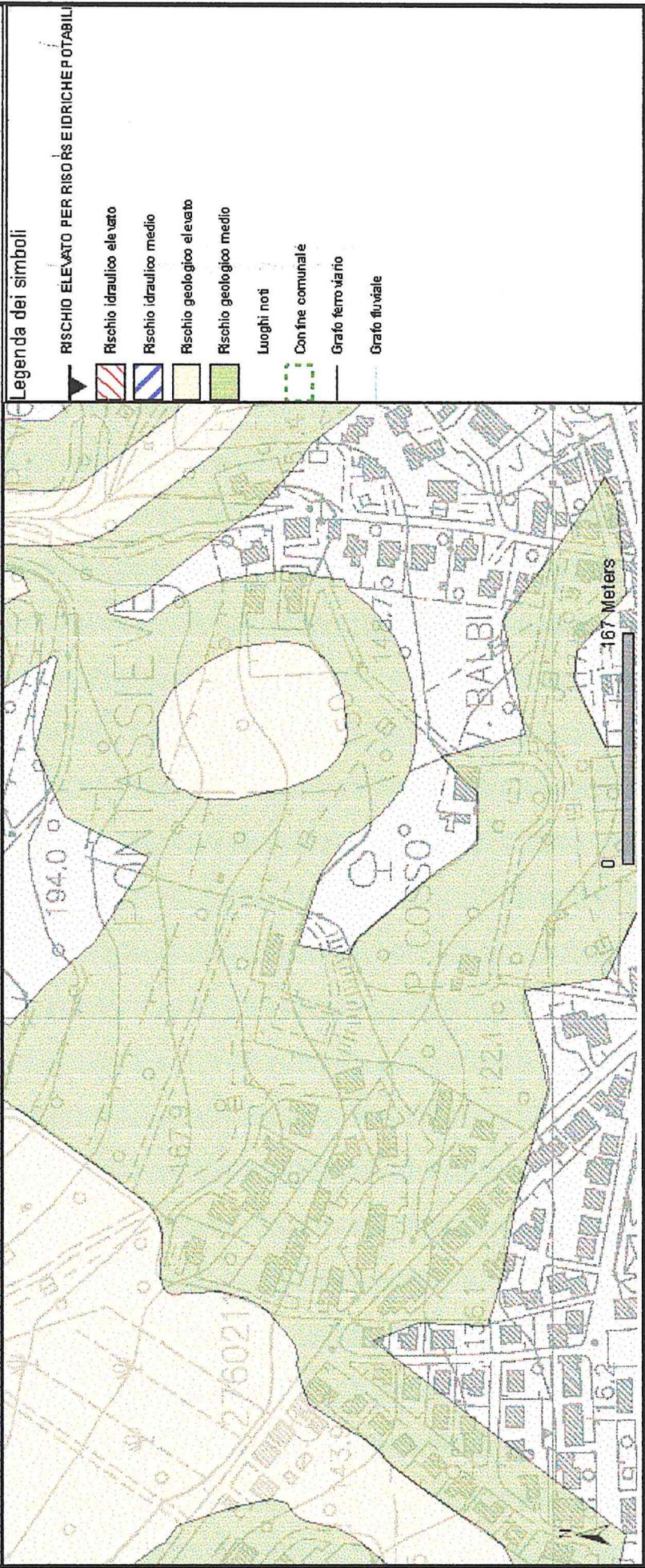
-  Pericolosità geomorfologica bassa G.1: aree in cui non ci sono fattori predisponenti per il verificarsi di movimenti di massa
-  Pericolosità geomorfologica media G.2: aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati; aree con bassa propensione al dissesto
-  Pericolosità geomorfologica elevata G.3: aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti; aree con indizi di instabilità; aree interessate da intensi fenomeni erosivi o di subsidenza
-  Pericolosità geomorfologica molto elevata G.4: aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di influenza

Perimetrazione delle aree a pericolosità da frana - da Piano Assetto Idrogeologico (Autorità di Bacino dell'Arno)

-  PF3 - Aree a pericolosità elevata
-  PF4 - Aree a pericolosità molto elevata

 Area in studio

### Comune di Pontassieve - Piano Strutturale - Tavola 10.1 - Carta di sintesi dei rischi territoriali





# Autorità di Bacino del Fiume Arno

## Piano di Bacino del fiume Arno Stralcio "Assetto idrogeologico"

### Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante livello di sintesi

Scala 1:25.000



sistema di riferimento ED 1950  
rappresentazione UTM - fuso 32



Ambito spaziale all'interno del quale la pericolosità è individuata su cartografia di dettaglio alla scala 1:10.000  
Codice identificativo area a pericolosità  
**51004-V003** al livello di dettaglio





Carta della Pericolosità Sismica

#### Pericolosità sismica S2

Si attribuisce una pericolosità sismica S2 in quanto il rilevato antropico costituente il campo polivalente che potrebbe significare la presenza di “litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche significativamente diverse”, verrà completamente asportato. Ci si riferisce quindi ai litotipi in posto tenendo conto anche delle risultanze delle indagini sismiche e stratigrafiche che non evidenziano la possibilità di fenomeni di amplificazione stratigrafica.



Carta della Fattibilità  
(D.P.G.R.T. 53/R/2011)

**FG3:** come da scheda P.S. Pontassieve

**FS2:** ai sensi del paragrafo 3 punto 3.5 dell'allegato A del D.P.G.R.T. stante una classe di pericolosità sismica media (S2) "non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa ..."

INTERVENTO : 13 SCHEDA DI FATTIBILITA' : f.4	<b>COMUNE: PONTASSIEVE</b> <b>UTOE N° 3</b>
PROPRIETA': Cooperativa Don Maestrini	Località: via Beato Angelico - Pontassieve
TIPOLOGIA: variante al R.U.C.	
PENDENZE: le pendenze generali del versante sono comprese fra il 15 ed il 25%. L'area è stata modificata antropicamente realizzando due ripiani, dei quali uno in parte in rilevato di riporto sostenuto da terre rinforzate, separati da una scarpata alta circa 5 metri.	
GEOMORFOLOGIA: l'area non presenta indicazioni di fenomeni geomorfologici in atto. L'attuale morfologia è il risultato delle citate trasformazioni antropiche finalizzate alla realizzazione del complesso sportivo.	
GEOLOGIA E LITOLOGIA: argilliti e marne con livelli calcarei spesso in assetto disarticolato o mal definibile riconducibili alla formazione di Sillano. E' presente una modesta copertura (1 - 1.5 m) di materiali argilloso limosi con frammenti lapidei calcareo marnosi eterometrici.	
IDROGEOLOGIA: copertura praticamente impermeabile per porosità primaria. Substrato localmente permeabile nei termini litoidi per porosità acquisita mediante fratturazione. E' presente una filtrazione idrica fra i due ed i quattro metri di profondità dal piano campagna.	
AMBITI DEL 230: assenti. L'area non risulta essere stata interessata da fenomeni di ristagno.	
SISMICA: Il suolo di fondazione è stato classificato di categoria B mediante indagini Down Hole. Dalle misure HVSR non sembrano emergere significativi contrasti di impedenza che possano dare luogo ad amplificazione sismica per motivi stratigrafici, come avvalorato anche dalle altre indagini geognostiche eseguite che mostrano una situazione stratigrafica omogenea fin dai primi metri di profondità.	
PERICOLOSITÀ: Geomorfologica <b>G2</b> Sismica <b>S2</b> Idraulica <b>I1</b>	

**FATTIBILITÀ: Data l'entità dell'intervento si assegna una CLASSE III per edifici ed urbanizzazione.**

**Fattibilità Sismica FSII**

Ai sensi del paragrafo 3 punto 3.5 dell'allegato A del D.P.G.R.T. stante una classe di pericolosità sismica media (S2) "non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa ..."

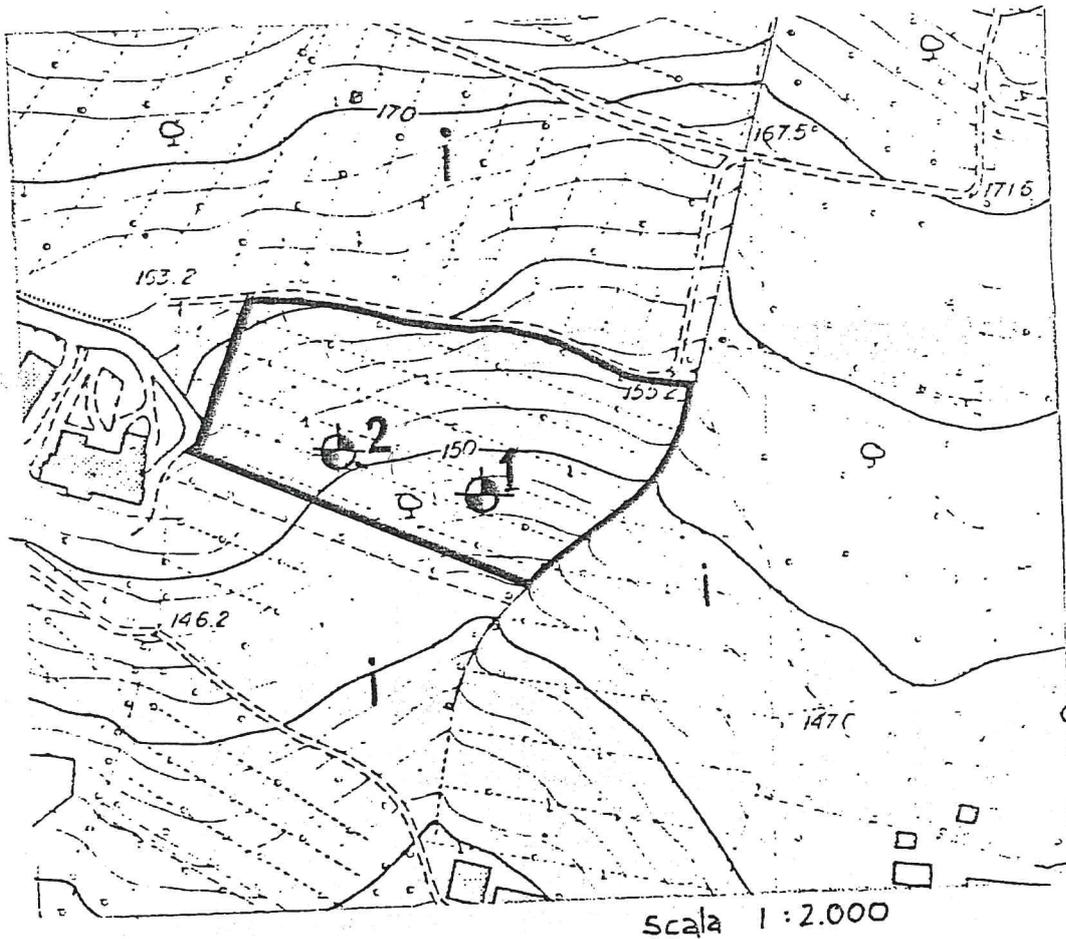
**Prescrizioni:**

**approfondimento delle indagini geognostiche in sede di progettazione esecutiva;**

**propedeuticamente all'intervento si consiglia di realizzare una rete drenante consistente in un dreno disposto secondo l'asse centrale dell'area ed in una trincea drenante ad esso raccordata che bordi il limite di monte della lottizzazione. Da valutare la realizzazione di altri rami laterali secondari.**

**La tipologia fondazionale sarà da analizzare in dettaglio per i singoli lotti in sede di progettazione esecutiva e gli interventi dovranno tenere conto della presenza della struttura in terra armata messa in opera per la realizzazione del campo polivalente da asportare; nella stessa sede dovranno essere esaminati nel dettaglio i singoli sbancamenti ed indicate le eventuali opere di contenimento che dovessero rendersi necessarie analizzando anche soluzioni con interventi di consolidamento locale.**

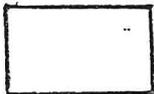
Indagini eseguite nell'area



## LEGENDA



Terreni appartenenti alla  
formazione "Indifferenziato".



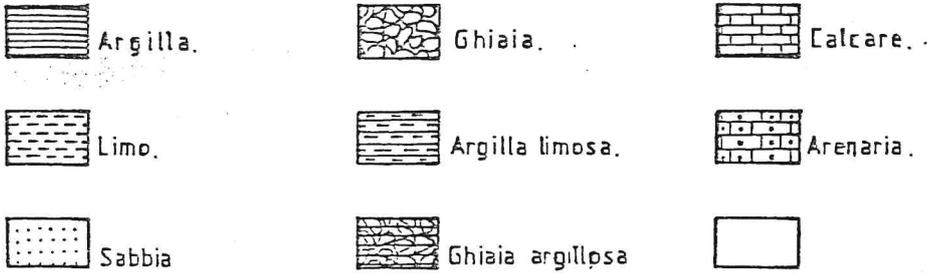
Area dell' intervento.



Saggio Geognostico.



SAGGIO N° 1  
 Eseguito per Coop Sport e Cultura  
 Località Pontassieve  
 Quota slm. 147



Profondità m. dal pc.	Stratigrafia	Descrizione terreni	Campioni
0,40		Suolo agricolo argilloso-limoso, con piccole ghiaie sparse, molto alterato e rimaneggiato. Contiene resti vegetali.	
1,50		Argille limose debolmente sabbiose, gillo-brune grige e rosso vinaccia con trovanti di calcare marnoso grigio verdastri, alterate talora rimaneggiate. I trovanti calcarei sono di $\phi$ 20-30cm.	
3,00		Alternanze di argilliti grigie, nerastre e rosastre, molto consistenti, fittamente fratturate, con calcari marnosi grigio-verdastri in starti di spessore di 20-30 cm. mediamente fratturati. In questo orizzonte si è riscontrato la presenza di una piccola falda acquifera.	
			3,00

SAGGIO N 2

Eseguito per Coop Sport e Cultura

Località Pontassieve

Quota s.l.m. 152



Argilla.



Ghiaia.



Calcere.



Limo.



Argilla limosa.



Arenaria.



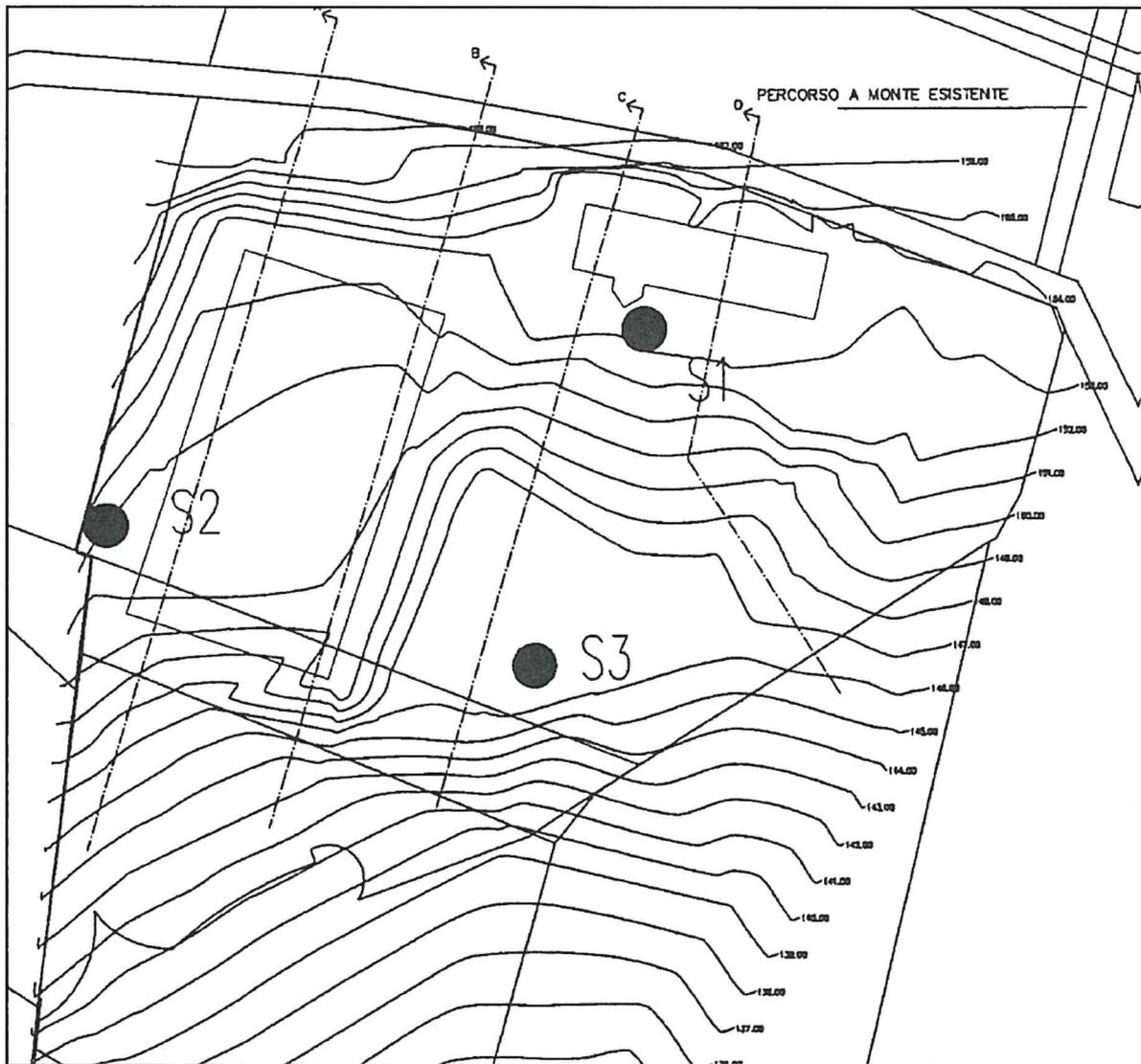
Sabbia



Ghiaia argillosa



Profondità m. dal pc.	Stratigrafia	Descrizione terreni	Campioni
0,40		Suolo agricolo argilloso-limoso, con piccole ghiaie sparse, molto alterato e rimaneggiato.	
		Alternanza di argilliti grigie, nerastre e rosastre, molto consistenti, fittamente scagliose, con calcari marnosi grigio-verdastri, in strati di spessore di 20-30 cm., mediamente fratturati. I materiali, asciutti, hanno un'assetto a reggi-poggio.	
2,00			



Ubicazione sondaggi

S1 – sondaggio utilizzato per Down Hole

S2 – sondaggi attrezzati con piezometro

GEA s.n.c. - indagini geognostiche	N. sondaggio S1
Committente Cooperativa Don Maestrini	Scala sondaggio 1:100
Perforatore	D.L. Dott. Geol. Enrico Focardi
Cantiere S. Martino a Quora - Pontassieve	Quota (p.c.)
Metodo perf. carotaggio continuo	Data ultimazione 16/07/07

Scala 1:100	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	S.P.T. 10203040	Inclinometro	Cassetta
1	1.40		Materiale di riporto costituito da clasti e laterizi in matrice limo argilloso sabbiosa di colore marrone chiaro				
2	1.60		Mame calcaree in assetto caotico in matrice limo argillosa di colore da marrone a rosso vinaccia; clasti di dimensioni da mm a cm di forma angolosa				1
3							
4	0.60		Scisti policromi alterati e in assetto caotico: scaglie di argilliti e siltiti in matrice rosso vinaccia. Presenza di strutture fogliettate in giacitura sub verticale	S1 C1 3.00 3.60	3.60 4.05		
5	2.40						
6							
7	0.50		Argilliti e siltiti in assetto caotico, alterate e fogliettate; presenza di blocchi calcarei fratturati da 15,00 a 15,20	S1 C3 6.50 6.90	6.00 6.45		2
8	12.60						
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15						3	

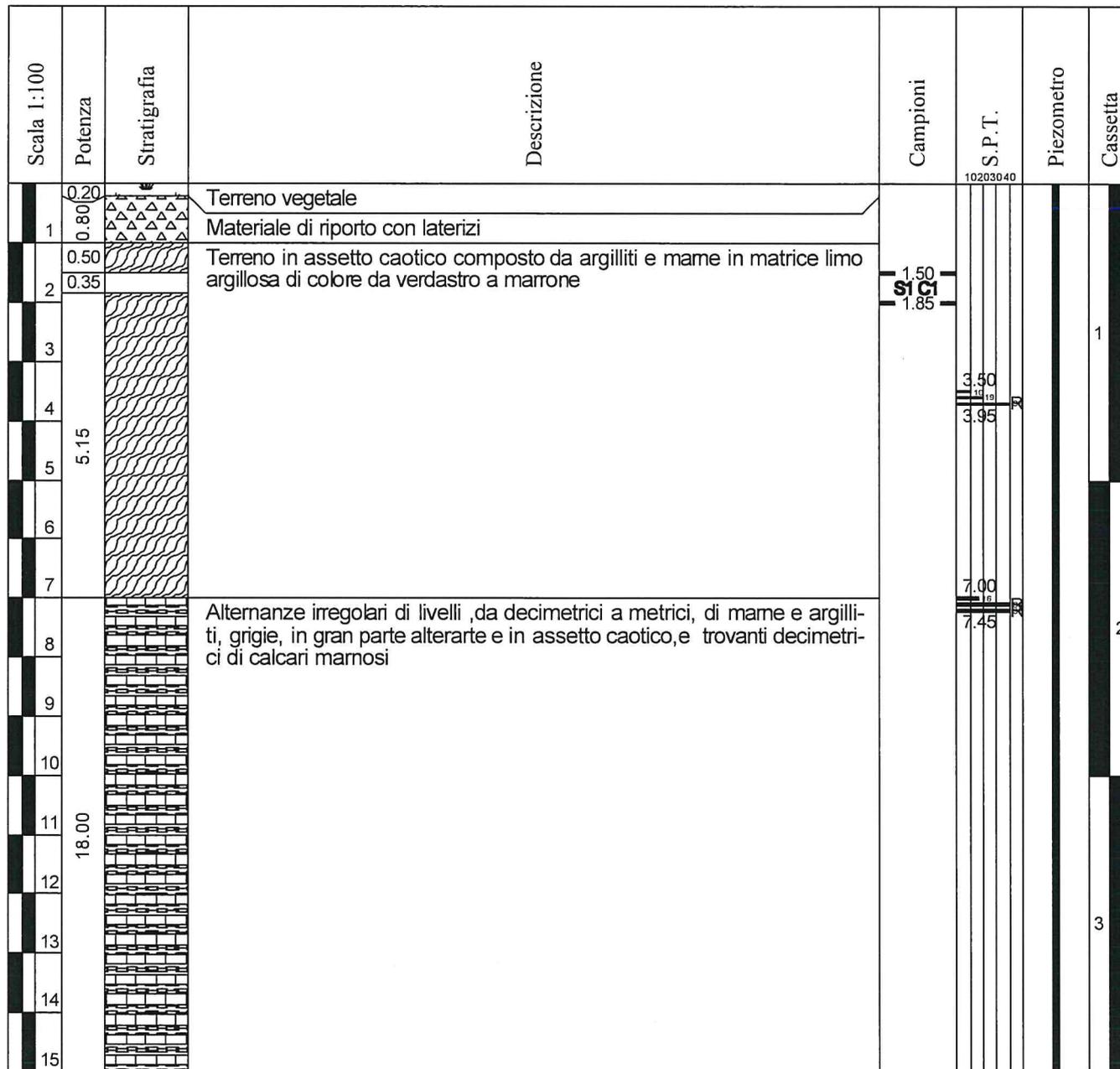
s.p.t.: da 3.60 a 4.05 m 6/10/15  
s.p.t.: da 6.00 a 6.45 m 10/9/8

GEA s.n.c. - indagini geognostiche	N. sondaggio S1
Committente Cooperativa Don Maestrini	Scala sondaggio 1:100
Perforatore	D.L. Dott. Geol. Enrico Focardi
Cantiere S. Martino a Quona - Pontassieve	Quota (p.c.)
Metodo perf. carotaggio continuo	Data ultimazione 16/07/07

Scala 1:100	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	S.P.T. 10203040	Inclinometro	Cassetta
16	12.60		Argilliti e siltiti in assetto caotico, a lterate e fogliettate; presenza di blocchi calcarei fratturati da 15,00 a 15,20				4
17							
18							
19							
20	5.50		Argilliti sericitiche fogliettate e fratturate ,colore da grigio a verdastro, con intercalazione di blocchi calcarei grigi fratturati; angolo di fratturazione intorno a 45°				5
21							
22							
23							
24							
25	5.00		Argilliti e scisti sericitici in assetto caotico e alterato in matrice fine e colore da grigio a rosso vinaccia				6
26							
27							
28							
29							
30							

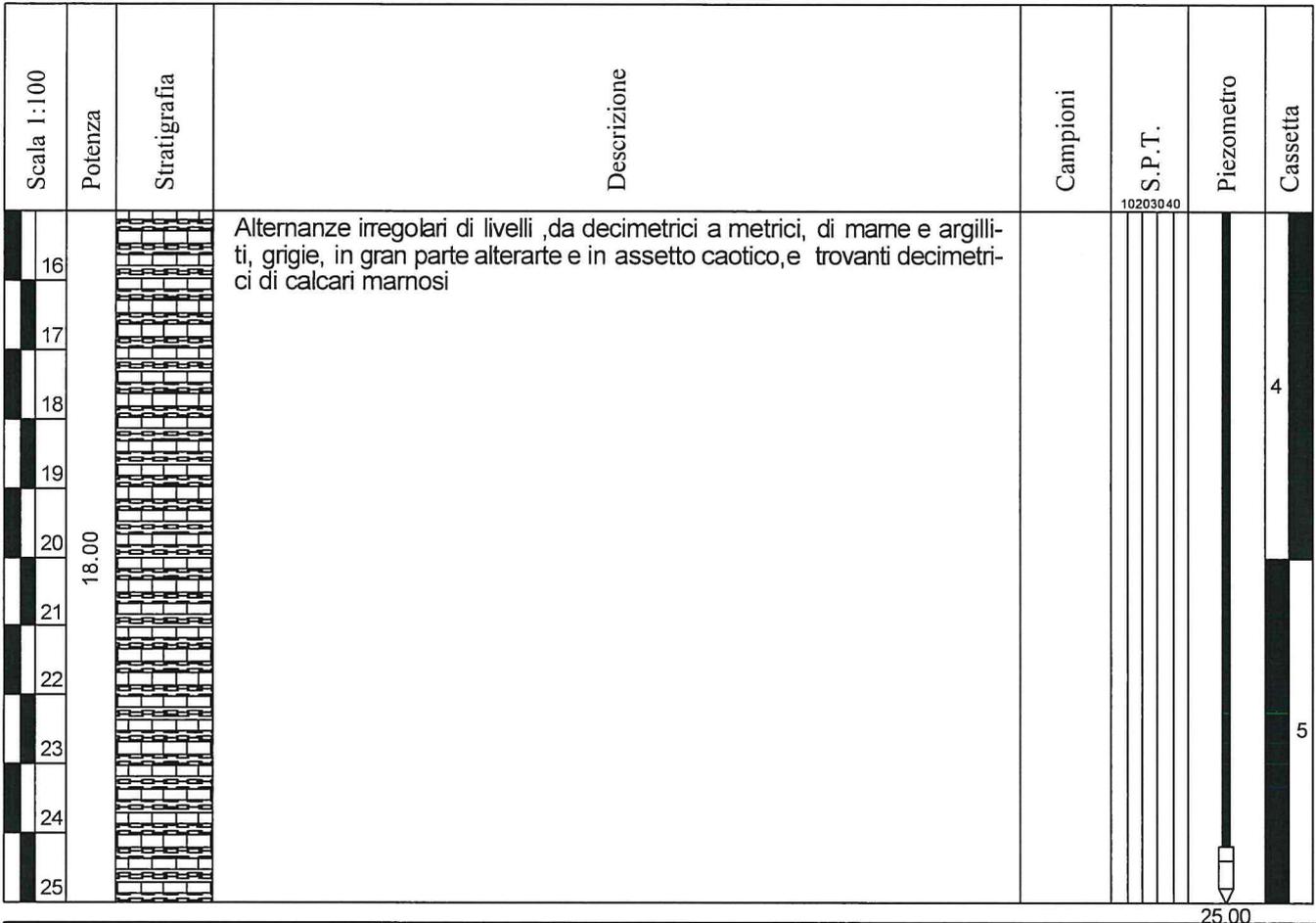
s.p.t.: da 3.60 a 4.05 m 6/10/15  
s.p.t.: da 6.00 a 6.45 m 10/9/8

GEA s.n.c. - indagini geognostiche	N. sondaggio S2
Committente Cooperativa Don Maestrini	Scala sondaggio 1:100
Perforatore	D.L. Dott. Geol. Enrico Focardi
Cantiere S. Martino a Quora - Pontassieve	Quota (p.c.)
Metodo perf. carotaggio continuo	Data ultimazione 17/07/07



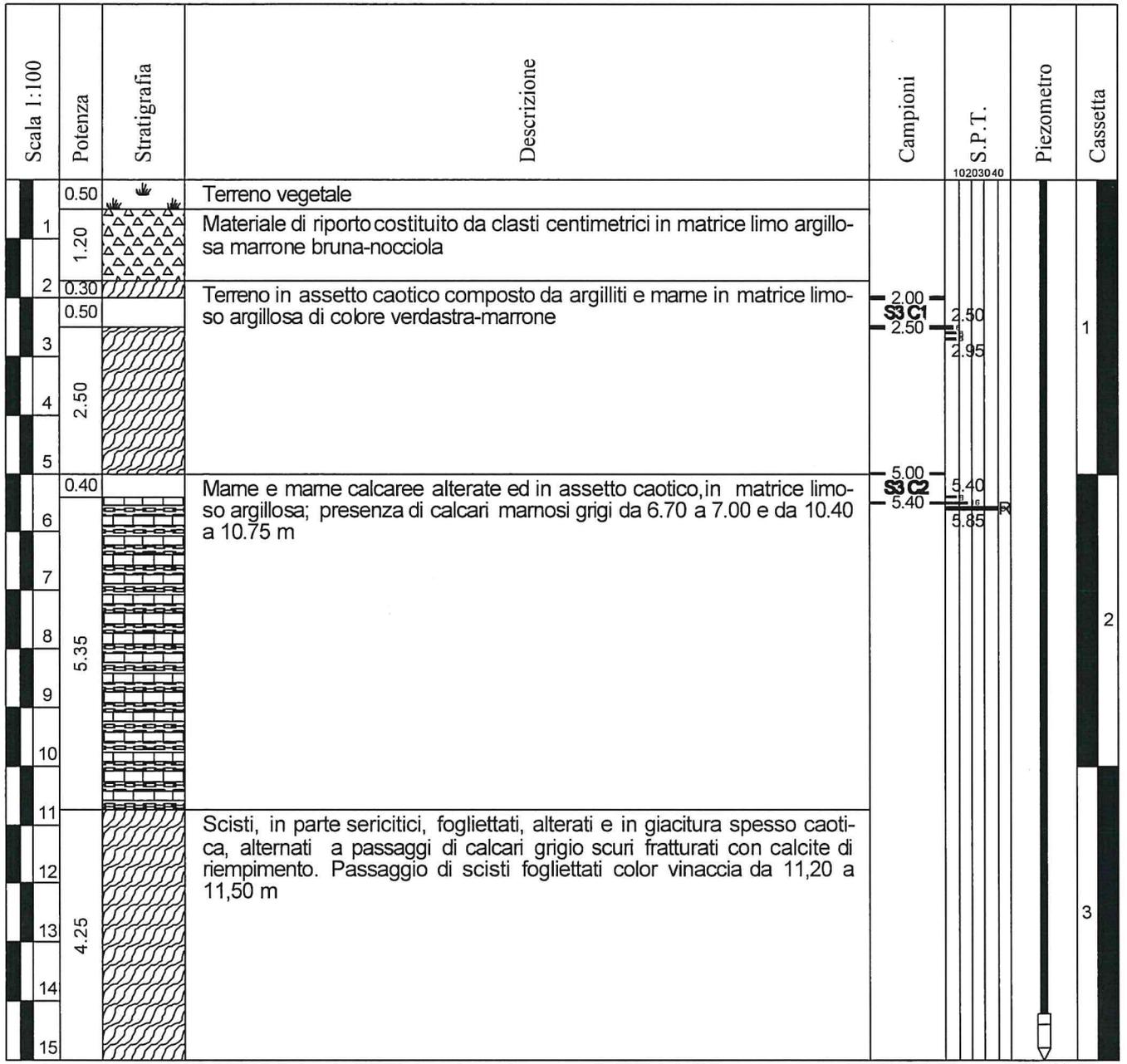
s.p.t.: da 3.50 a 3.95 m 10/19/rif(12 cm)  
s.p.t.: da 7.00 a 7.45 m 16/rif(10 cm)

GEA s.n.c. - indagini geognostiche	N. sondaggio S2
Committente Cooperativa Don Maestrini	Scala sondaggio 1:100
Perforatore	D.L. Dott. Geol. Enrico Focardi
Cantiere S. Martino a Quora - Pontassieve	Quota (p.c.)
Metodo perf. carotaggio continuo	Data ultimazione 17/07/07



s.p.t.: da 3.50 a 3.95 m	10/19/rif(12 cm)
s.p.t.: da 7.00 a 7.45 m	16/rif(10 cm)

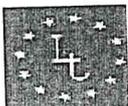
GEA s.n.c. - indagini geognostiche	N. sondaggio S3
Committente Cooperativa Don Maestrini	Scala sondaggio 1:100
Perforatore	D.L. Dott. Geol. Enrico Focardi
Cantiere S. Martino a Quora - Pontassieve	Quota (p.c.)
Metodo perf. carotaggio continuo	Data ultimazione 18/07/07



15.00

s.p.t.: da 2.50 a 2.95 m 6/8/8  
s.p.t.: da 5.40 a 5.85 m 8/16/rif(13 cm)

**Analisi di laboratorio**  
TABELLA RIASSUNTIVA  
(Laboratorio Igetecma s.a.s. di Firenze)



**IGETECMA s.a.s.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Firenze li 26/09/2007

LOCALITA': Pontassieve (FI)

COMMITTENTE: Cooperativa Don Maestrini

V.A. n. 156/2007 del 23/07/09

**TABELLA RIASSUNTIVA CERTIFICATI DI PROVA N. 1390-1405/2007**

CAMPIONE	S1C1	S1C2	S2R1	S3C1	S3C2
Profondità metri	3.0 - 3.6	6.45 - 6.85	1.5 - 1.85	2.0 - 2.5	5.0 - 5.38
<b>Prova E.L.L.</b>					
Cu (kPa)		143.3	72.3	45.2	94.9
Eti (kPa)		21513	9232	9766	16950
<b>Prova di taglio</b>					
C (kPa)	6.2	11.4			47.7
$\phi$ (°)	23.0	20.3			22.2
<b>Prova edometrica</b>					
Cr (indice di ricomprensione)				--	0.053569
Cr' (indice di ricomprensione)				0.023266	0.007319
Cc (indice di compressione)				0.148041	0.208164
Cs (indice di rigonfiamento)				0.050864	0.059798
Cv (cm <sup>2</sup> /sec)				7.659E-03	9.380E-03
K (cm/sec)				4.31E-08	7.91E-08
Cv (cm <sup>2</sup> /sec)				5.615E-03	8.180E-03
K (cm/sec)				3.99E-08	5.09E-08
$\sigma'_{vmax}$ (kPa)				132.6	147.7
<b>Parametri fisici</b>					
Peso volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	19.3	20.6	19.7	18.4 - 20.2	18.8 - 20.2
Peso volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	15.6	17.4	16.8	15.5 - 16.7	15.7 - 16.7
Peso specifico dei grani (kN/m <sup>3</sup> )				25.85	26.36
Indice dei vuoti				0.673	0.648
Grado di saturazione (%)				73.80	88.02
<b>Limiti di Atterberg</b>					
Umidità naturale (%)	21.39		14.69	24.73	23.98
Limite liquido (%)	51.1		42.1	45.9	51.4
Limite plastico (%)	26.6		26.1	29.1	27.5
Indice di plasticità (%)	24.5		16.0	16.7	24.0
Indice di consistenza	1.21		1.72	1.26	1.15
Indice di attività	--		--	0.39	--
Classificaz. Casagrande	CH		ML-OL	ML-OL	CH
<b>Granulometria</b>					
Ghiaia (%)				18.0	
Sabbia (%)				26.6	
Limo (%)				26.6	
Argilla (%)				28.7	

*Michele Colan*



**IGETECMA s.a.s.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione Ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

## **Rapporto di Prova n°217/07/S**

**SETTORE:** Geofisica – sismica down-hole

**COMMITTENTE:** Cooperativa Don Maestrini

**D.L. :** Dott. Geol. E. Focardii

**CANTIERE:** Impianti sportivi Don Maestrini, San Martino a Quona, Pontassieve (FI).

**RIFERIMENTO:** R.P.E. n°271/07

### **Indice:**

Premessa

1 Correlazione tra velocità delle onde sismiche e parametri elastici e geomeccanici

2 Procedure di campagna

3 Metodo di elaborazione dei dati

4 Risultati dell'indagine

5 Calcolo del parametro Vs30

6 Presentazione dei dati

7 Caratteristiche della strumentazione

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi

Il Tecnico

Geol. A. Farolfi



---

IGETECMA s.a.s. - Sede Legale: Via dei Ciliegi, 10 - 50018 SCANDICCI (FI)  
Sede Laboratorio: Via di Ugnano, 41/b - Tel. 055780705 - Fax 0557320415 - 50142 Firenze  
Iscr. Trib. Fi 69963 - CCIAA Fi 462056 - P.I. e C.F. 04576560488 - [www.igetecma.it](http://www.igetecma.it)

***LABORATORIO ASSOCIATO A.L.G.I.***

## Premessa

Per conto della COOPERATIVA DON MAESTRINI, sotto la D.L. del Dott. Geol. E. Focardi è stata eseguita una prospezione sismica in foro con onde P ed SH presso gli impianti sportivi in località San Martino a Quonq, Pontassieve (FI), all'interno di un sondaggio eseguito in modalità di carotaggio continuo ed attrezzato con tubo di rivestimento, spinto fino alla profondità di 30 m (S1).

## 1 Correlazione fra velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S.

Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato  $\sigma_{ij}$  e la deformazione prodotta  $\epsilon_{kl}$ ) espressa come:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

nella quale le costanti di proporzionalità  $C_{ijkl}$  sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici, diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico ( $G$ ,  $E$ ,  $K$ ,  $\nu$ ), mentre  $\lambda$  rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè  $\lambda$  e  $\mu$  come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\lambda = (\nu E) / [(1 + \nu)(1 - 2\nu)] \quad \mu = E / 2(1 + \nu)$$

Analogamente i due moduli  $E$  e  $\nu$  possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \mu(3\lambda + 2\nu) / (\lambda + \nu) \quad \nu = \lambda / 2(\lambda + \nu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici  $G$ ,  $E$ ,  $K$  e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.



La costante **E** viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young). E' importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio, **G**.

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk, **k**. Il Modulo di Poisson **v** è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale. Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità, la densità **p** del materiale.

Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ((\lambda + 2\nu) / \rho)^{1/2}$$

$$V_s = (\nu / \rho)^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di  $V_p$  e  $V_s$  ed il valore  $\rho$  della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

$$\nu = (V_p^2 - 2 V_s^2) / (2 (V_p^2 - V_s^2))$$

$$G = \rho V_s^2$$

$$E = 2 \rho V_s^2 (1 + \nu)$$

$$K = (2 \rho V_s^2 (1 + \nu)) / (3 (1 - 2 \nu))$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono, infatti, nel campo elastico delle deformazioni del materiale, per cui sebbene in teoria il modulo di Poisson sia considerato stress-indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress-dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare, secondo GREGORY (1976), a valori negativi.

I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.50

Il rapporto fra  $V_p$  e  $V_s$  non è costante e dipende dallo stato di saturazione e dalla pressione interstiziale dei pori, in Tabella I sono riportati valori medi delle  $V_p$  per i principali litotipi e il



range di Vs relative comprese fra i rapporti di Vp/Vs di 3.5 e 1.9; questi valori sono da ritenere indicativi in quanto in particolari condizioni il rapporto Vp/Vs può aumentare.

Materiale	V P m/sec	V SH m/sec.	
		VP/VSH 3.5-1.9	VP/VSH 3.5-1.9
Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 - 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 - 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 - 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 - 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Acqua salata	1460 - 1530	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 - 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 - 2211
Calcare	2000 - 6000	571 - 1053	1714 - 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 - 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità delle onde sismiche nei principali materiali.

## 2 Procedure di campagna

Per la registrazione delle onde di compressione e delle onde di taglio in profondità viene utilizzato un geofono da pozzo munito di un ricevitore costituito da tre sensori sensibili alle componenti del moto lungo tre direzioni: uno verticale e due orizzontali ortogonali fra loro.

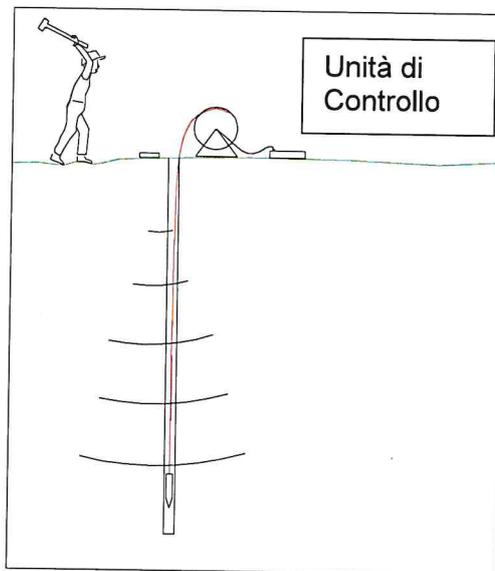
Il geofono da pozzo, munito di un sistema teleguidato di orientazione azimutale e di ancoraggio meccanico alle pareti del rivestimento, viene calato all'interno del foro di sondaggio, preventivamente attrezzato con un tubo di rivestimento, e ad intervalli determinati vengono registrati i treni d'onda prodotti dalle energizzazioni poste in superficie.

L'orientazione è garantita da una bussola posta all'interno del geofono che posiziona la terna con il 1° sensore orizzontale disposto secondo il Nord.

Energizzando su una piastra posta a diretto contatto con il terreno vengono generate predominanti onde P di compressione, mentre per le onde SH di taglio si utilizza una trave di legno posta a diretto contatto col terreno, gravata dal peso di un automezzo, che viene colpita lateralmente: le battute destra e sinistra vengono sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata in senso orizzontale che viene generata; orientando la sorgente di energizzazione in superficie a 45° rispetto ad un punto cardinale, si può così avere un completo controllo nell'analisi del treno d'onda che attraversa i

terreni da investigare. In questo modo per ogni punto di energizzazione si hanno due treni d'onda diversi: uno per le onde P e l'altro per le onde SH.

Il passo delle registrazioni è stato di 1 m.



**Fig. 1 – Schema del sistema d'acquisizione**

Un'unità esterna di controllo gestisce le fasi di ancoraggio e registrazione del geofono da pozzo, mentre le tracce sismiche relative ad ogni intervallo di profondità vengono registrate mediante un sismografo digitale per la loro successiva elaborazione.

### **3 Metodo di elaborazione dei dati**

Questa tecnica di prospezione sismica prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione P e di taglio SH tra il punto di energizzazione posto in superficie ed il punto di ricezione situato in profondità nel foro di sondaggio.

I tempi letti sui sismogrammi devono poi essere corretti poiché le onde sismiche non percorrono tragitti verticali tra la sorgente in superficie ed il sensore nel foro, ma inclinati rispetto alla verticale: indicando con  $t_z$  il tempo d'arrivo, con  $d$  la distanza orizzontale tra sorgente ed il boccaforo e con  $z$  la profondità del sensore, il tempo di arrivo corretto  $t_c$  alla profondità  $z$  sarà dato dalla relazione:

$$t_c = t_z * \cos (\alpha_z)$$

$$\alpha_z = \arctang ( d / z )$$

La velocità delle onde P e delle onde SH viene calcolata mediante la pendenza della dromocrona.



Tali valori di velocità vengono quindi diagrammati per visualizzare le variazioni di velocità con la profondità, ed utilizzati per ricavare i moduli dinamici, secondo le formule di paragrafo 1. Dalla variazione delle velocità e dei parametri elastici con la profondità si risale al tipo di materiale in cui sta passando il treno d'onda a quella profondità.

In Allegato sono riportati i grafici delle dromocrone corrette, delle velocità delle onde P e delle onde SH rispetto alla profondità, e le Tabelle numeriche con i moduli elastici dinamici (rapporto di Poisson  $\nu$ , modulo di Taglio G, di Young E, di rigidità volumetrica K espressi in MPa); i valori di densità utilizzati nei calcoli sono stimati sulla base delle litologie.

#### 4 Risultati dell'indagine

S1 (30 m): le energizzazioni sono state effettuate a 2,5 m dal boccaforo. Da piano campagna a 6 m di profondità le velocità delle onde sismiche hanno valori compresi tra 211 m/sec. e 633 m/sec. per le P e tra 108 m/sec. e 271 m/sec. per le SH, riferibili, sulla base della stratigrafia, ai materiali di riporto ed alle marne ed agli scisti in assetto caotico; da 6 m a 30 m i valori di velocità delle onde di compressione variano da 1430 m/sec. a 2700 m/sec. mentre le onde di taglio hanno valori compresi fra 354 m/sec. e 716 m/sec., riferibili alle alternanze fra argilliti e siltiti. L'aumento e/o la diminuzione del rapporto  $V_p/V_{sh}$  può essere riferibile al diverso comportamento agli sforzi di compressione e di taglio dovuti all'assetto, alla giacitura ed al grado di alterazione.

#### 5 Calcolo del parametro Vs30

In riferimento all'Ordinanza P.C.M. n°3274/04 il calcolo del parametro Vs30 è dato da:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i/V_i)$$

dove  $h_i$  è lo spessore dello strato  $i$ -esimo e  $V_i$  è la velocità in m/sec. dello strato  $i$ -esimo.

Nella Tabella II viene riportato in m/sec., il valore di  $V_{s30}$  calcolato per il sondaggio sismico down-hole e relativa categoria di appartenenza, rispetto ai valori di riferimento della normativa.

Sondaggio	$V_{s30}$	Categoria
S1	375	B

Tab. II – Valori di Vs30



Categorie di Suolo di Fondazione	V <sub>s</sub> 30 m/sec.	N <sub>spt</sub> - C <sub>u</sub>
<b>A</b> Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m.	V <sub>s</sub> 30 > 800	
<b>B</b> Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica N <sub>spt</sub> > 50, o coesione non drenata cu > 250 kPa)	360 < V <sub>s</sub> 30 < 800	N <sub>spt</sub> > 50 C <sub>u</sub> > 250 kPa
<b>C</b> Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (15 < N <sub>spt</sub> < 50, 70 < cu < 250 kPa)	180 < V <sub>s</sub> 30 < 360	15 < N <sub>spt</sub> < 50 70 < C <sub>u</sub> < 250 kPa
<b>D</b> Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/sec (N <sub>spt</sub> < 15, cu < 70 kPa)	V <sub>s</sub> 30 < 180	N <sub>spt</sub> < 15 C <sub>u</sub> < 70 kPa
<b>E</b> Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/sec.	V <sub>s</sub> 30 < 360	
<b>S1</b> Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (Ip > 40) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/sec.	V <sub>s</sub> 30 < 100	10 < C <sub>u</sub> < 20 kPa
<b>S2</b> Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.		

Tabella III – Categorie di suolo di fondazione

## 6 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- grafici delle dromocrone dei tempi di arrivo e delle velocità V<sub>p</sub> e V<sub>s</sub>
- tabulati numerici dei tempi d'arrivo, delle velocità sismiche e dei parametri geofisici
- registrazioni di campagna effettuate e rimontate per le onde P ed SH

## 7 Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagini è composto da un sistema modulare della Geometrics così configurato:

Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:



- Risoluzione segnale A/D 24 bit
  - Escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms
  - Passo di campionamento da 0.02 a 16 msec indipendente dal tempo d'acquisizione
  - Fino a 64.000 campioni per traccia
  - Distorsione 0.0005% a 2 msec, 1.75 – 208 Hz
  - Amplificazione del segnale da 0 a 36 dB
  - Filtri analogici anti-aliasing a 90 dB della frequenza di Nyquist
  - Filtri digitali low-cut, high-cut, notch a 24 o 48 dB/oct
  - Precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento
  - Pre-trigger fino a 4096 campioni, delay sino a 10000 msec
  - Salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato
  - Sistema di starter mediante accelerometro
  - Mazza da 5 Kg
  - Modulo di controllo GEOSTUFF mod. BHGC-1
  - Geofono da pozzo a con tripletta di sensori sismici OYO con frequenza propria di 10 Hz
- 
- 
- 



## DH - S1 (Distanza di energizzazione 2.5 m)

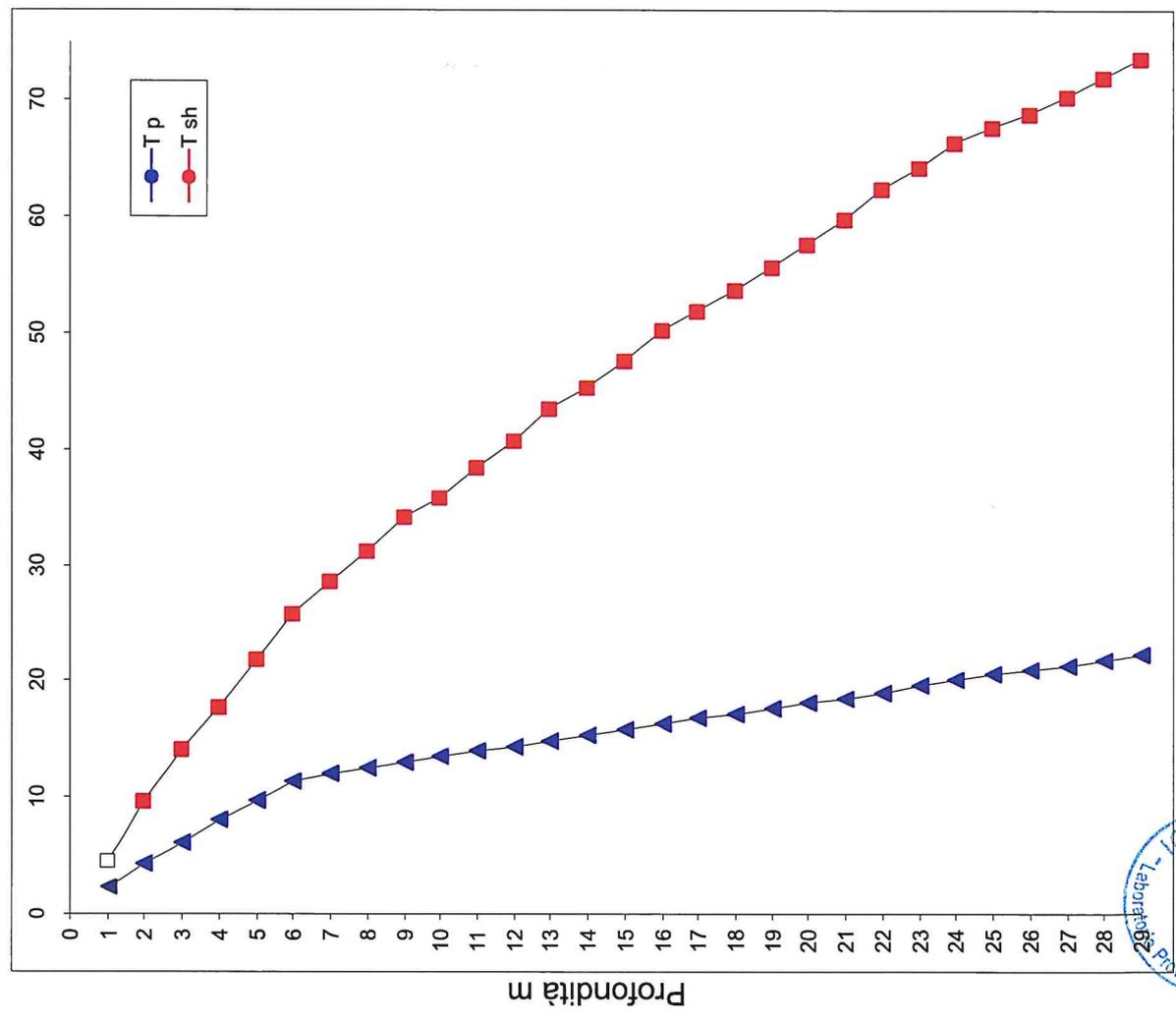
Z	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	m/sec.	t / m <sup>3</sup>	-	MPa	MPa	MPa
Z	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	m/sec.	t / m <sup>3</sup>	v	G	E	K
1	6.38	12.50	2.37	4.64	211	108	1.6	0.32	19	49	47				
2	6.75	15.63	4.22	9.76	541	195	1.7	0.42	65	185	411				
3	7.88	18.38	6.05	14.12	546	230	1.8	0.39	95	264	409				
4	9.50	21.00	8.06	17.81	498	271	1.9	0.29	139	360	286				
5	10.88	24.50	9.73	21.91	598	244	2.0	0.40	119	332	558				
6	12.25	28.00	11.31	25.85	633	254	2.1	0.40	136	381	659				
7	12.75	30.38	12.01	28.61	1430	362	2.2	0.47	289	847	4111				
8	13.13	32.75	12.53	31.26	1922	377	2.3	0.48	327	967	8059				
9	13.50	35.50	13.01	34.20	2084	339	2.3	0.49	265	788	9632				
10	13.90	37.00	13.48	35.90	2094	592	2.3	0.46	805	2345	9015				
11	14.28	39.50	13.92	38.52	2273	381	2.3	0.49	334	994	11439				
12	14.64	41.63	14.33	40.75	2455	448	2.3	0.48	462	1369	13244				
13	15.00	44.38	14.73	43.58	2514	354	2.3	0.49	288	858	14149				
14	15.50	46.13	15.26	45.41	1892	546	2.3	0.45	687	1997	7318				
15	15.96	48.38	15.74	47.72	2065	433	2.3	0.48	431	1273	9235				
16	16.50	50.88	16.30	50.27	1788	392	2.3	0.47	354	1045	6879				
17	16.92	52.50	16.74	51.94	2284	597	2.3	0.46	819	2396	10911				
18	17.34	54.38	17.18	53.86	2298	522	2.3	0.47	626	1844	11310				
19	17.76	56.25	17.61	55.77	2309	523	2.3	0.47	630	1855	11423				
20	18.24	58.13	18.10	57.68	2037	524	2.3	0.46	633	1853	8700				
21	18.60	60.25	18.47	59.83	2700	465	2.3	0.48	497	1476	16099				
22	19.00	62.88	18.88	62.47	2445	378	2.3	0.49	329	978	13317				
23	19.63	64.63	19.51	64.25	1583	564	2.3	0.43	731	2087	4791				
24	20.13	66.75	20.02	66.39	1974	466	2.3	0.47	500	1471	8294				
25	20.63	68.13	20.52	67.79	1976	716	2.3	0.42	1180	3362	7412				
26	21.00	69.25	20.90	68.93	2625	873	2.3	0.44	1754	5043	13510				
27	21.38	70.75	21.28	70.45	2629	659	2.3	0.47	1000	2933	14564				
28	21.84	72.38	21.75	72.09	2130	610	2.3	0.46	856	2490	9293				
29	22.32	74.00	22.24	73.73	2066	610	2.3	0.45	857	2489	8673				

Z	Profondità
Tp	Tempo di arrivo onde di compressione
Ts	Tempo di arrivo onde di taglio
Tp Corr.	Tempo di arrivo corretto onde di compressione
Ts Corr.	Tempo di arrivo corretto onde di taglio

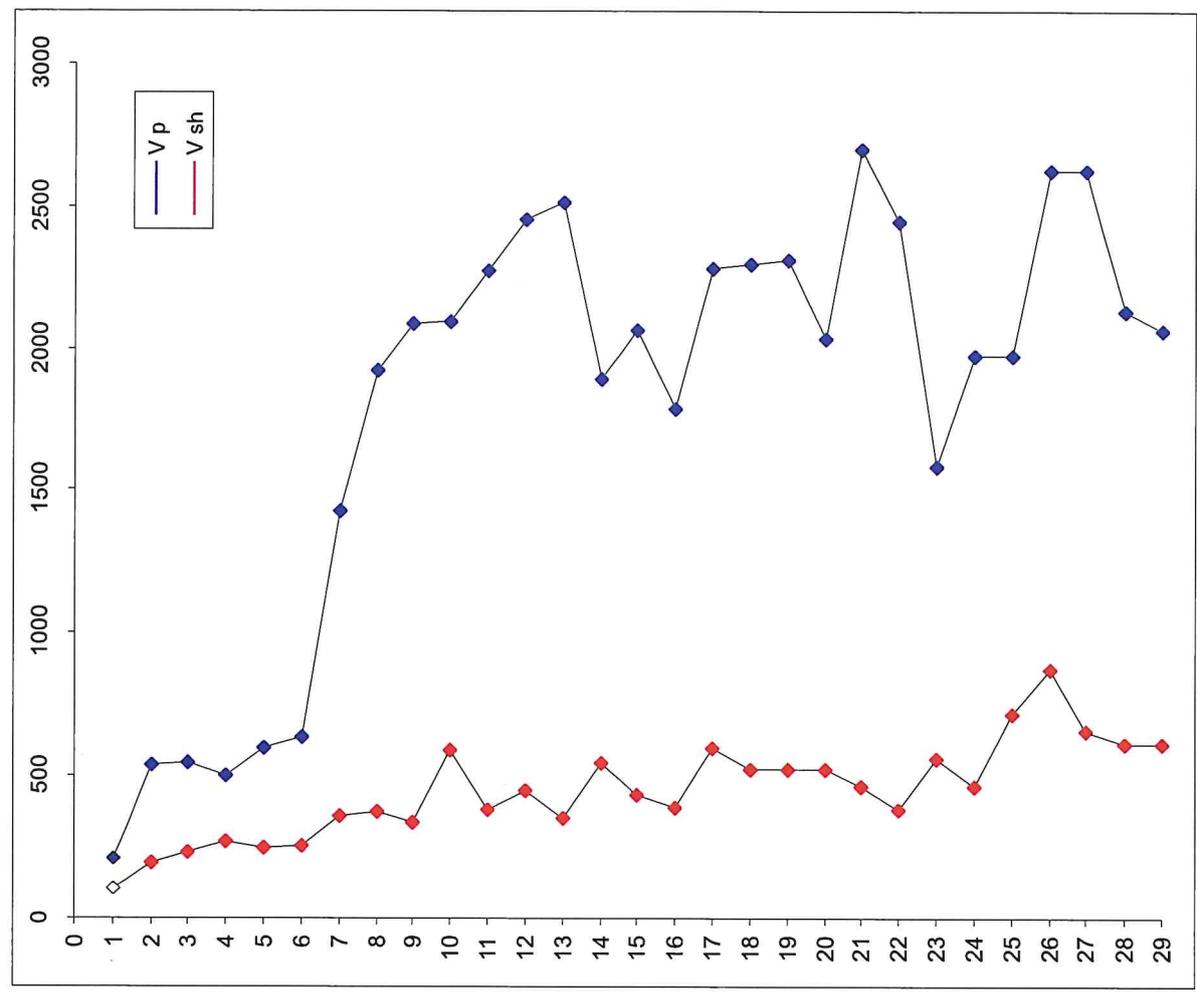
Vp	Velocità onde di compressione
Vs	Velocità onde di taglio
ρ	Densità
v	Modulo di Poisson
G	Modulo taglio
E	Modulo di Young
K	Modulo di rigidità volumetrica

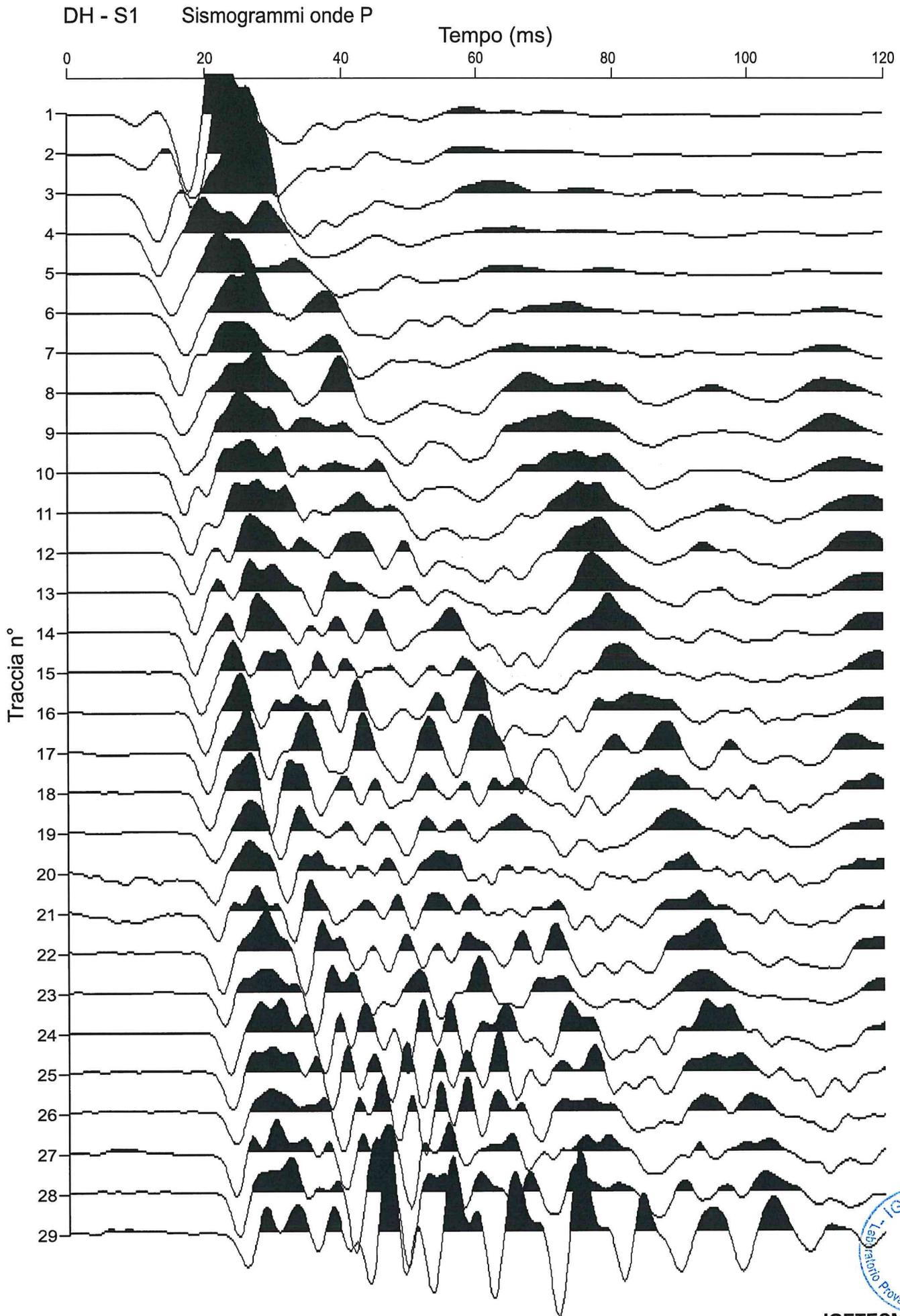


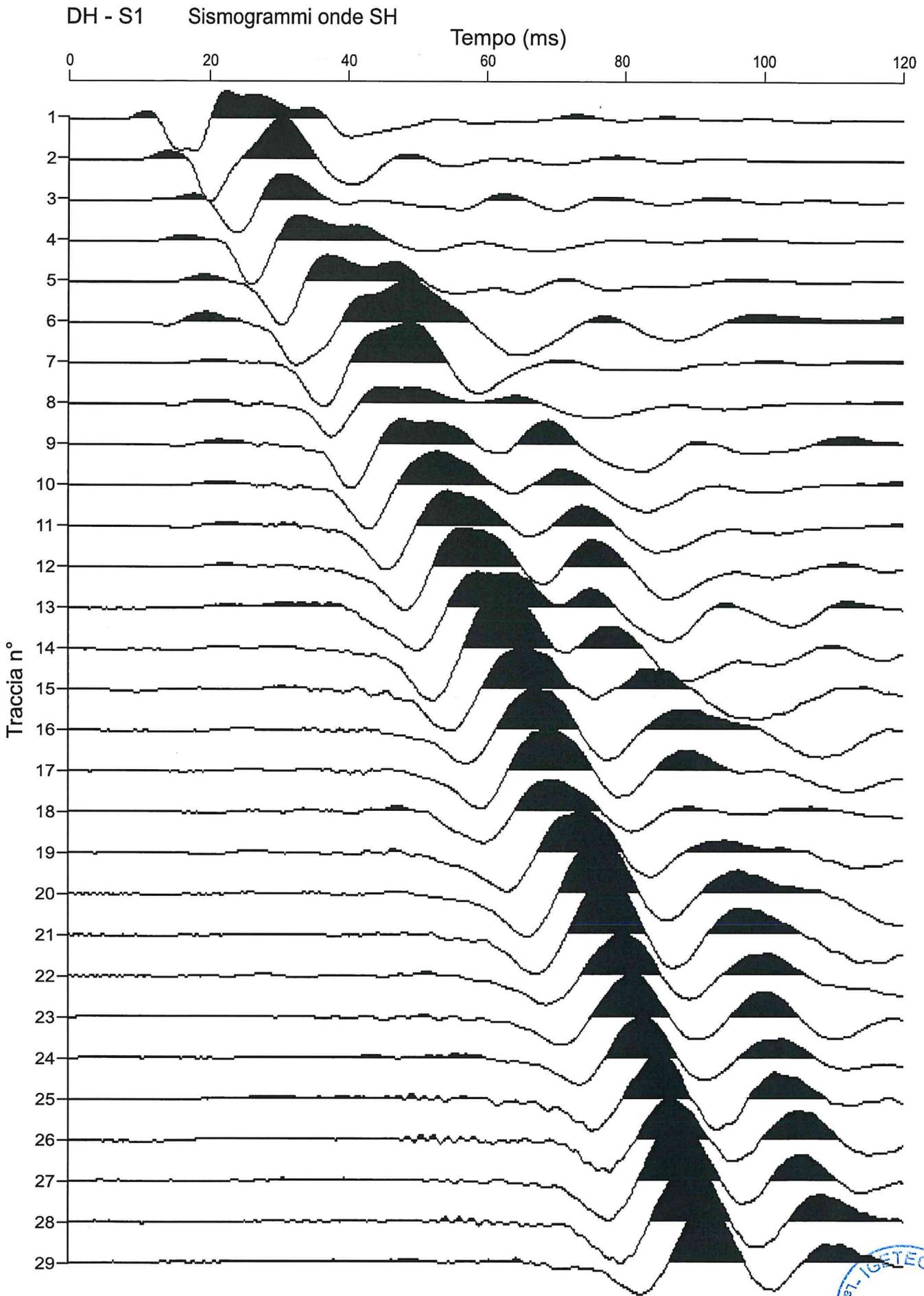
### DH - S1



### Velocità onde sismiche (m/sec.)









**GEOGNOSTICA  
FIORENTINA SRL**

**Geognostica Fiorentina srl**  
Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)  
C.F./P.IVA • 05256260489  
Tel. e Fax • 055 720195  
E-mail • info@geognosticafiorentina.com

COMUNE DI PONTASSIEVE  
Provincia di Firenze



Oggetto:

Indagine di sismica passiva mediante  
metodologia HVSR

RELAZIONE TECNICA



Località:

Via Beato Angelico – Pontassieve (Fi)



Committente:

Cooperativa Don Maestrini

## Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica passiva eseguita mediante metodologia HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio) in data 11 giugno 2014, come concordato con il Dott. Geol. Enrico Focardi, in via Beato Angelico - Comune di Pontassieve (Fi).

Di seguito vengono descritte la metodologia d'indagine, lo schema operativo, la strumentazione utilizzata, le modalità di analisi dei dati, ed infine i risultati ottenuti.

## HVSR: metodologia d'indagine

Il metodo HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio), è una tecnica di sismica "passiva" che si basa sulla misura delle vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate, attraverso un apparato di registrazione dotato di 3 velocimetri disposti nelle tre direzioni dello spazio, e sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) di quello che viene definito "rumore sismico", "vibrazione ambientale" o "microtremore", costituito da piccole vibrazioni del terreno dell'ordine di  $10^{-4}$ - $10^{-2}$  cm. Gli spettri verticali e orizzontali variano in funzione dell'anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo:

$$\text{Rapporto di impedenza sismica } I = \rho_r V_r / \rho_s V_s$$

Dove  $\rho_r$  è la densità del substrato e  $\rho_s$  del terreno soprastante;  $V_r$  la velocità delle onde di taglio del substrato e  $V_s$  del terreno.

Gli effetti stratigrafici di amplificazione sismica sono influenzati dal rapporto d'impedenza, e le frequenze corrispondenti ai massimi della funzione di amplificazione si chiamano frequenze (periodi) naturali di vibrazioni del deposito. Il periodo proprio di sito è indicato dalla seguente formula:

$$T_0 = 4H/V_s$$

Dove:  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio fino al bedrock (inteso come un orizzonte con forte contrasto di  $V_s$  che dà origine ad un picco dell'H/V); H lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock. Di fondamentale importanza risulta la conoscenza della frequenza di sito per il fenomeno della "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra la frequenza fondamentale del segnale sismico trasmesso in superficie e la frequenza delle strutture in progetto o dei manufatti già esistenti.

## Schema operativo

In TAVOLA 1, è riportato un inquadramento dell'area con ubicati i quattro punti di misura effettuati. Per ciascuna acquisizione si è adottata la seguente configurazione:

- Acquisizione:

- o registrazione: 20 minuti
- o frequenza di campionamento: 300 Hz (ricampionato a 128 Hz in fase di elaborazione)

- Elaborazione:

- o finestra: 40 secondi
- o tapering: 10%
- o lisciamento: finestra triangolare (20%)

## Strumentazione impiegata

L'acquisizione HVSR è stata effettuata tramite sismografo triassiale SR04C3 - SARA electronic instruments, con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, collegato ad un Notebook ASUS Eee PC 1001PX. I dati acquisiti mediante software SEISMOLOG-MT, della SARA electronic instruments, ed analizzati mediante WINMASW 4.8 Pro della Elicosoft.

## Analisi e risultati dell'indagine

Per ciascuna analisi dei dati HVSR, individuati eventuali transienti (eventi con eccessiva ampiezza) da rimuovere, viene creato lo spettro di frequenza delle tre componenti (le due orizzontali e quella verticale) ed il rapporto spettrale H/V, dividendo la serie temporale in n finestre da 40 secondi, in parziale sovrapposizione (TAVOLE 2-5).

Per quanto riguarda il computo dei criteri SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti), sono risultati soddisfatti, per tutte le misure eseguite, i "criteri per un'affidabile curva H/V".

In base alla Classificazione (di qualità) delle misure H/V (secondo Albarello et al. 2010) data la loro relativa somiglianza nel rapporto spettrale, possono essere tutte considerate in classe B: *Curva H/V sospetta (da interpretare), va usata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze; e possono ricadere nella sottoclasse tipo 2: Curva H/V che non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenza d'interesse (assenza di risonanza).*

Dai risultati ottenuti si può così concludere che non sembrano presenti significativi contrasti d'impedenza che possano dar luogo ad amplificazione sismica per motivi stratigrafici. Tale ipotesi sembra essere avvalorata da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) eseguite nell'area in questione, che mostrano una situazione stratigrafica omogenea fin dai primi metri di profondità.

Scandicci, lì 17/06/2014

I Tecnici

Dott. Santi Accetta



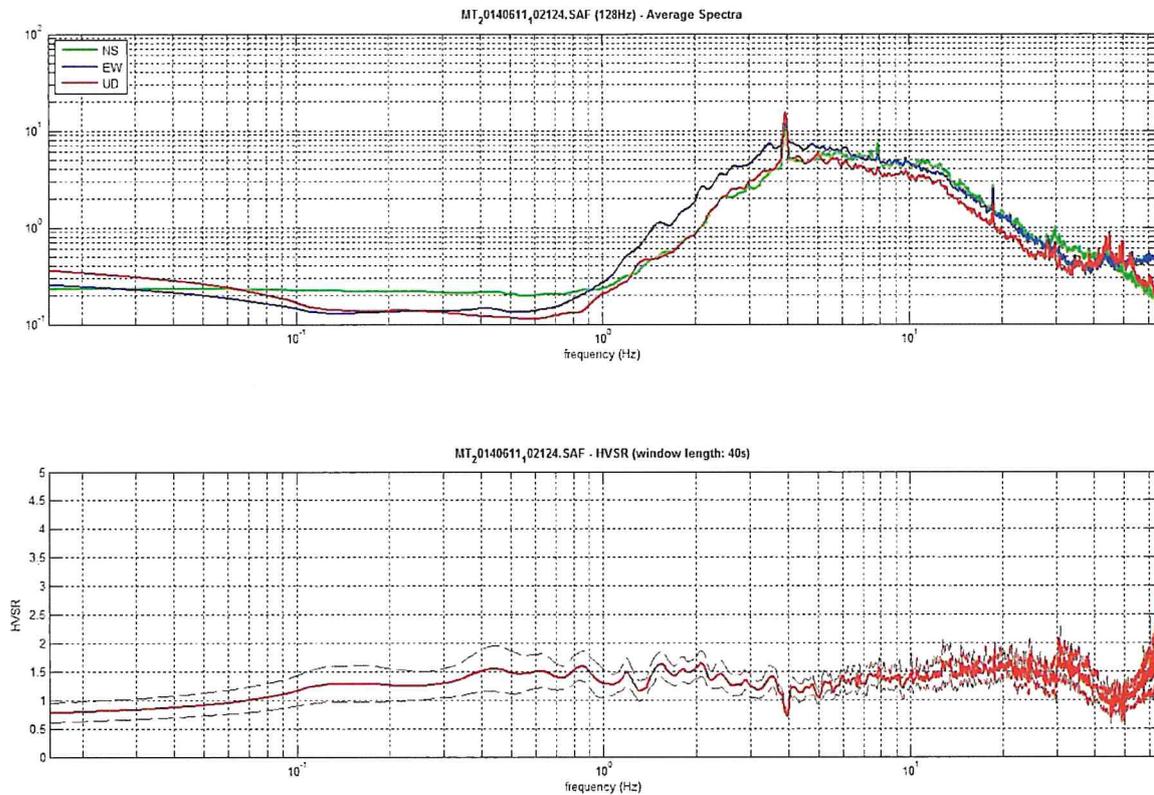
Dott. Silvio Brenna





TAVOLA 1

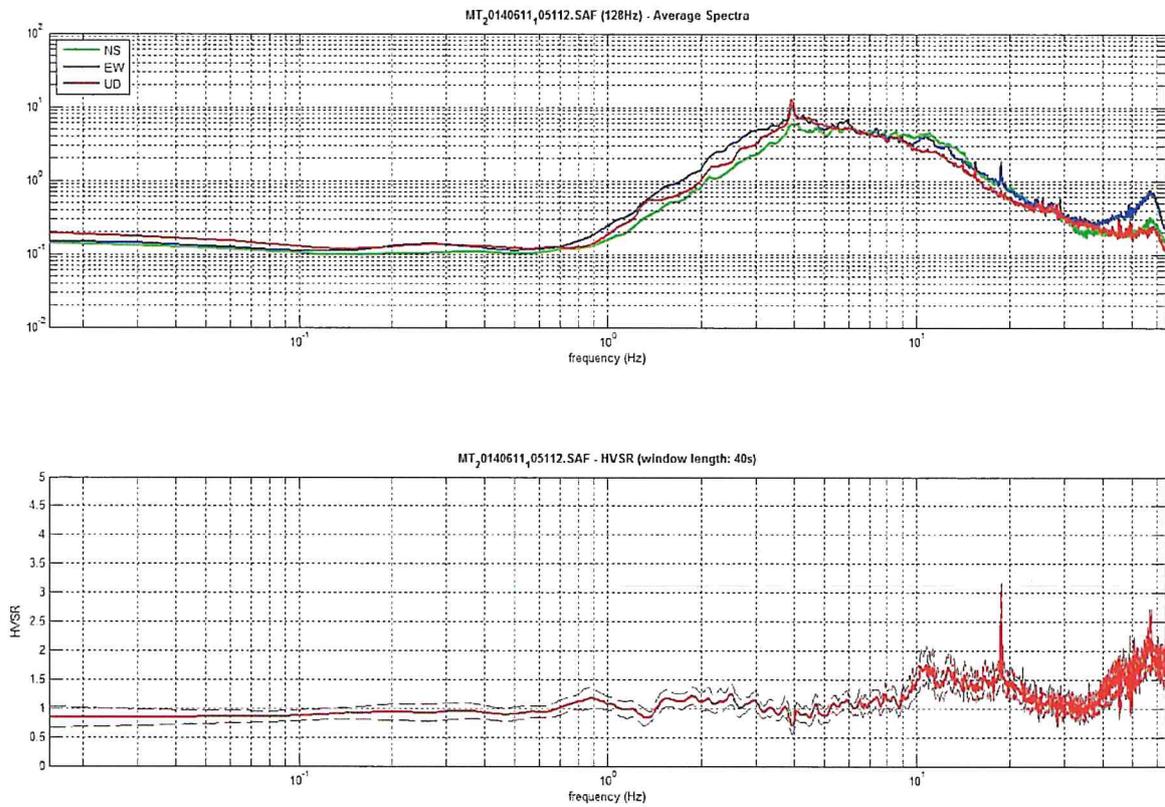
## HVSR\_1



- In alto: Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)
- In basso: Rapporto spettrale H/V

TAVOLA 2

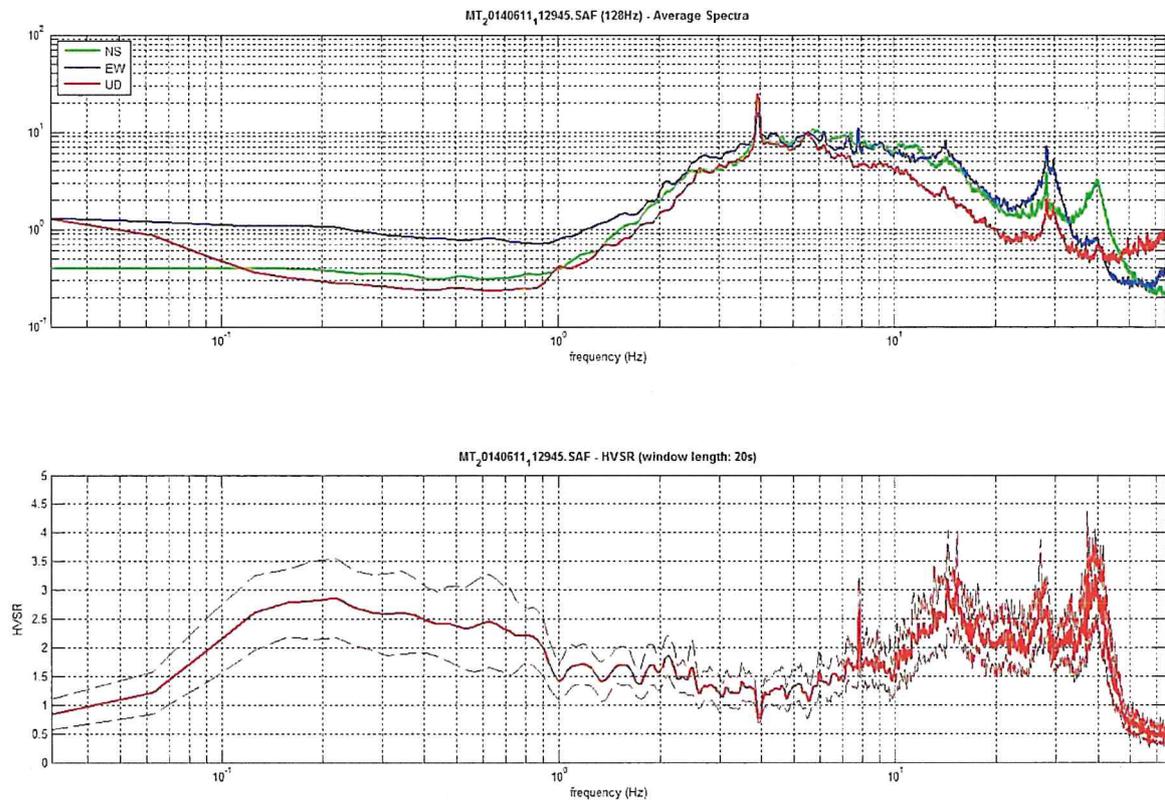
## HVSR\_2



- In alto: Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)
- In basso: Rapporto spettrale H/V

TAVOLA 3

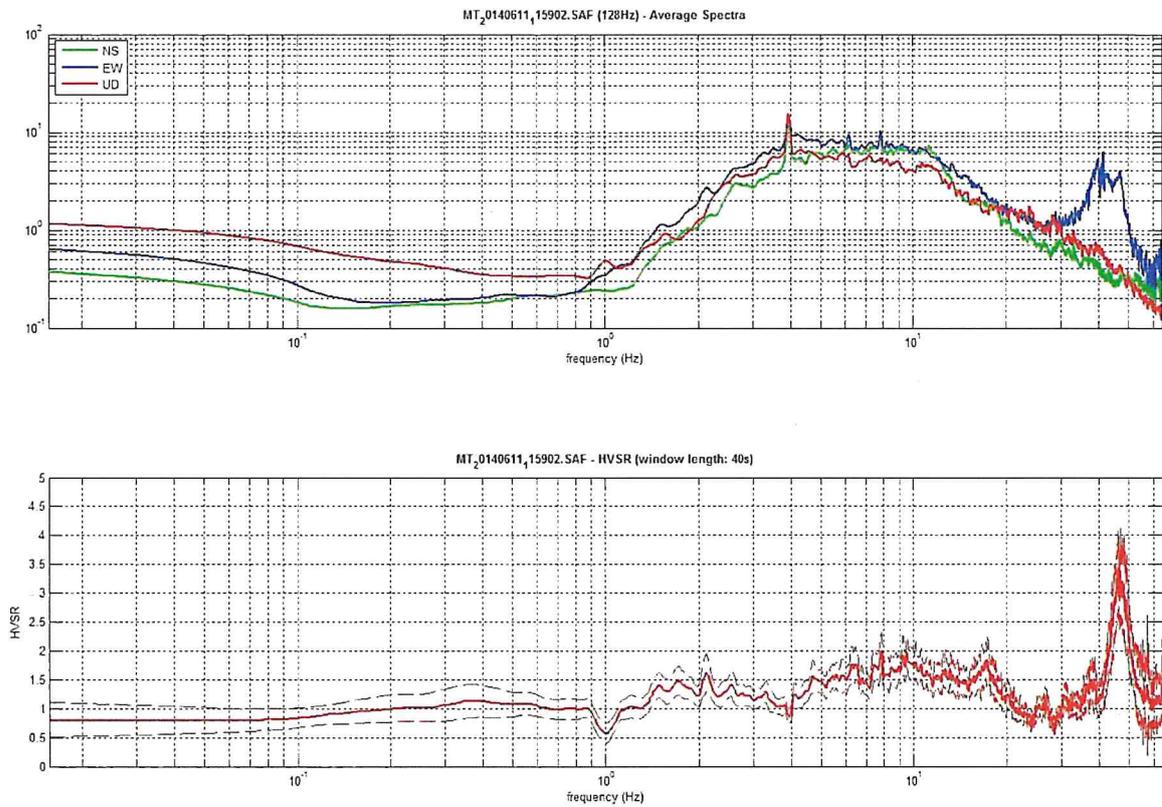
## HVSR\_3



- In alto: Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)
- In basso: Rapporto spettrale H/V

TAVOLA 4

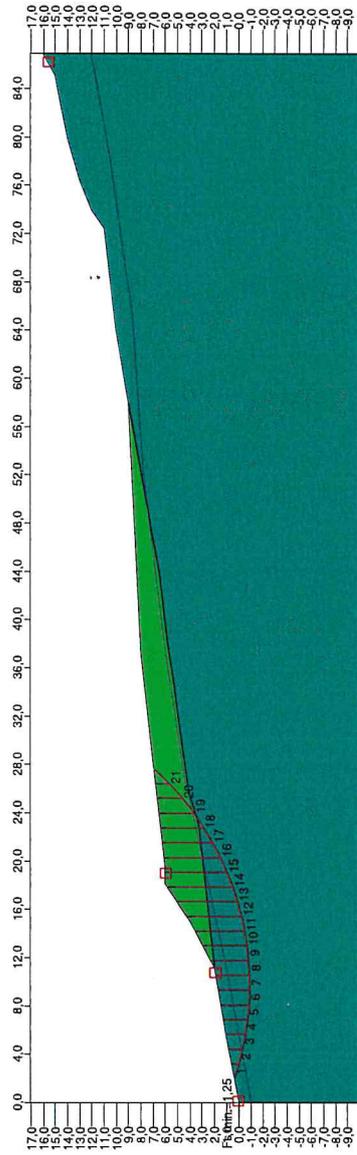
## HVSR\_4



- In alto: Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)
- In basso: Rapporto spettrale H/V

TAVOLA 5

**Verifiche di stabilità**  
(programma Soils 2.1 di Program Geo - Brescia)



Committente:

Località: Pontassieve - via Beato Angelico

Data: luglio 2018

Riferimenti: BB attuale

## Parametri geotecnici degli strati

Strato n. \_\_\_\_\_

1

Descrizione litologica:

Ghiaia e sabbia

Angolo di attrito (°):	33
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1850
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2050
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	400
Coefficiente di Poisson:	0,3
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

---

Strato n.

2

Descrizione litologica:

Argilla e argilliti

Angolo di attrito (°):	22
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0,11
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1600
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	1900
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	100
Coefficiente di Poisson:	0,35
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile



--

Superf.	$F_s$ minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghez za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
---------	-----------------	-------------------	--------	-------------	-------------	-----------------	--------------------	--------------	---------	--------------------	--------------	--------------	---------	-------------------

### LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)      Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)      C= Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,17

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta.....:0,24

Committente: Cooperativa Don Maestrini

Località: via Beato Angelico - Pontassieve (FI)

Data: luglio 2018

Riferimenti: Sezione BB modificata

## Parametri geotecnici degli strati

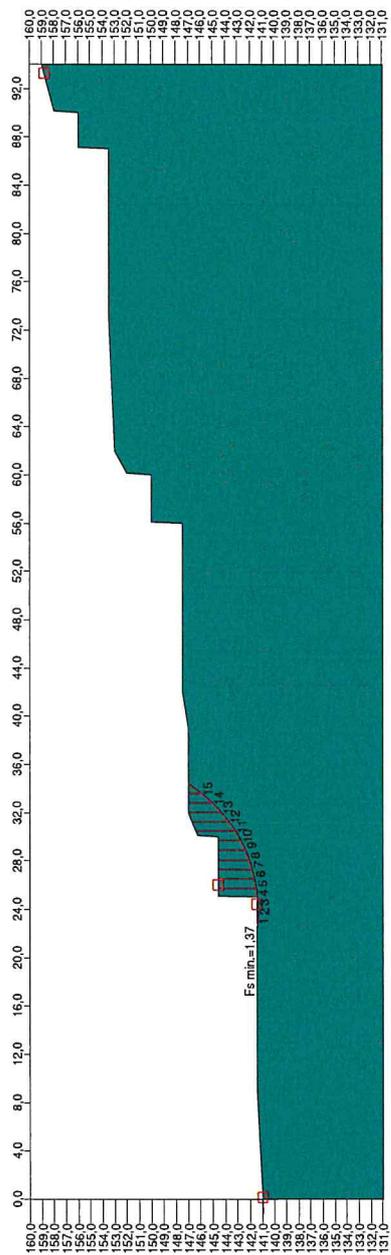
Strato n. \_\_\_\_\_

1

Descrizione litologica:

Argilla e argilliti

Angolo di attrito (°):	22
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0,11
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1600
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	1900
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	100
Coefficiente di Poisson:	0,4
O.C.R.:	1
Angolo di attrito residuo (°)	0
Coefficiente di pressione neutra:	0
Modulo dinamico di taglio (kg/cmq):	0
Comportamento meccanico:	Livello coesivo
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile



Committente: Cooperativa Don Maestrini

Località: via Beato Angelico - Pontassieve (FI)

Data: luglio 2018

Riferimenti: Sezione BB modificata

### Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm <sup>2</sup> )	du (m)
161	1,375	Janbu semplificato	1	22,602	141,5	0,79	-4,4	0,024	0	0	0	0	17,9	0,09	0
			2	23,389	141,44	0,79	-0,8	0,052	0	0	0	0	17,9	0,09	0
			3	24,176	141,428	0,79	2,8	0,041	0	0	0	0	17,9	0,09	0
			4	24,963	141,466	0,79	6,4	1,211	1888,24	0	0	0	17,9	0,09	0
			5	25,749	141,555	0,8	9,9	2,342	3650,59	0	0	0	17,9	0,09	0
			6	26,536	141,692	0,81	13,7	2,212	3398,83	0	0	0	17,9	0,09	0
			7	27,323	141,885	0,82	17,4	2,04	3147,07	0	0	0	17,9	0,09	0
			8	28,11	142,131	0,84	21,2	1,823	2769,42	0	0	0	17,9	0,09	0
			9	28,896	142,436	0,87	25,1	1,558	2265,89	0	0	0	17,9	0,09	0
			10	29,683	142,805	0,9	29,1	1,947	2895,3	0	0	0	17,9	0,09	0
			11	30,47	143,242	0,94	33,4	2,399	3650,59	0	0	0	17,9	0,09	0
			12	31,257	143,761	0,99	37,7	2,193	3398,83	0	0	0	17,9	0,09	0
			13	32,044	144,37	1,07	42,5	1,786	2769,42	0	0	0	17,9	0,09	0
			14	32,83	145,09	1,17	47,6	1,164	1762,36	0	0	0	17,9	0,09	0
			15	33,617	145,952	1,31	53,1	0,412	629,41	0	0	0	17,9	0,09	0
				34,404	147										

#### LEGENDA

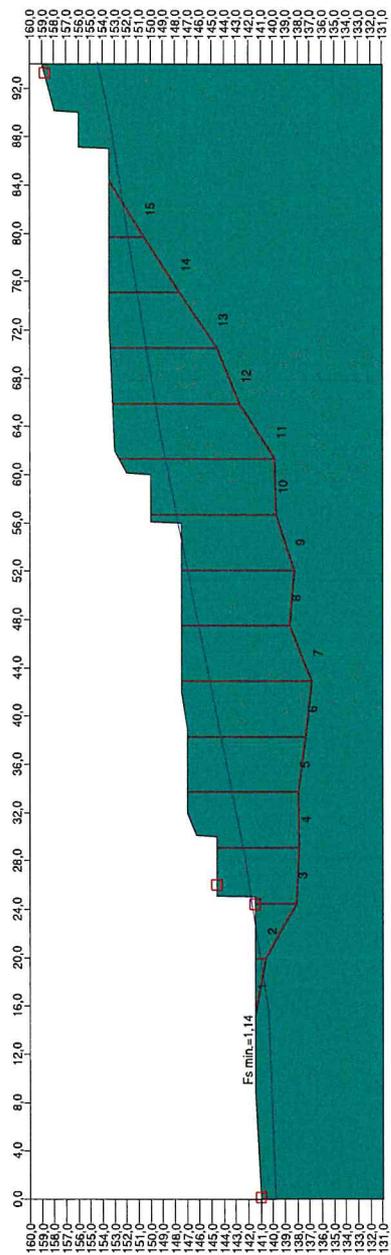
Carichi N= Carichi normali (kg)      Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)      C= Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,17

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta.....:0,24



Committente: Cooperativa Don Maestrini

Località: via Beato Angelico - Pontassieve (FI)

Data: luglio 2018

Riferimenti: Sezione BB modificata con falda

### Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf. minimo	Fs	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghz za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
240	1,138	Janbu semplificato	1	15,31	141,5	4,68	-10,7	1,994	3218,99	0,2	0	0	17,9	0,09
			2	19,909	140,633	5,25	-28,9	9,829	18072,32	1,9	155,42	-85,85	17,9	0,09
			3	24,507	138,093	4,6	-2,7	23,3	42306,71	4	143,85	-6,85	17,9	0,09
			4	29,106	137,874	4,6	1,1	36,241	64287,76	5	0	0	17,9	0,09
			5	33,704	137,964	4,6	-7,6	42,964	76979,76	6,2	0	0	17,9	0,09
			6	38,303	137,349	4,64	-6,3	46,691	84935,32	7,7	0	0	17,9	0,09
			7	42,901	136,844	4,63	21,2	44,894	82268,12	7,9	0	0	17,9	0,09
			8	47,5	138,631	4,93	-3,8	41,49	76519,89	8	0	0	17,9	0,09
			9	52,099	138,324	4,61	17	44,701	82222,14	8,4	181,1	55,52	17,9	0,09
			10	56,697	139,734	4,81	1,6	52,955	95604,01	8,5	0	0	17,9	0,09
			11	61,296	139,864	4,6	32,2	53,316	95512,03	7,9	0	0	17,9	0,09
			12	65,894	142,754	5,43	22	44,139	78727,24	6,4	0	0	17,9	0,09
			13	70,493	144,612	4,96	33,8	33,543	59459,3	4,7	0	0	17,9	0,09
			14	75,091	147,685	5,53	32,6	19,971	34949,02	2,4	0	0	17,9	0,09
			15	79,69	150,629	5,46	32	6,601	11128,51	0,6	0	0	17,9	0,09
				84,288	153,5	5,42								

#### LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

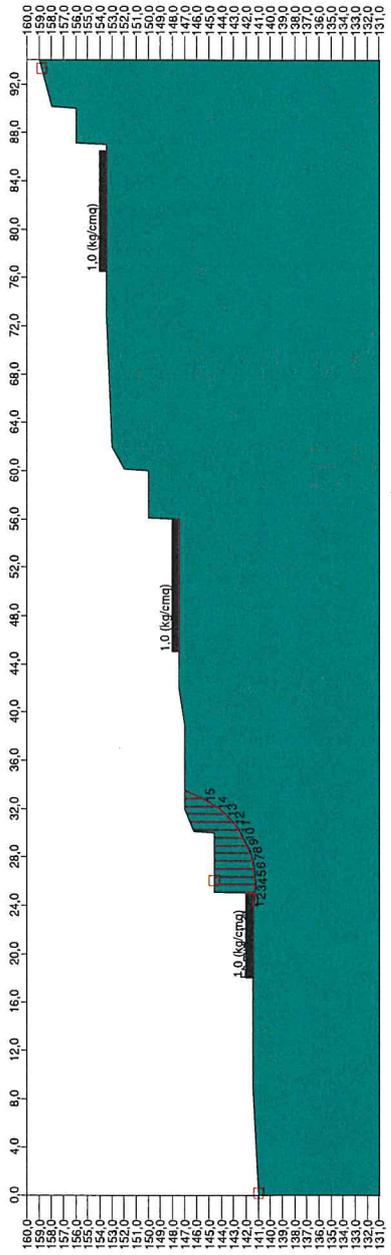
Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,17

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta.....:0,24



Committente: Cooperativa Don Maestrini

Località: via Beato Angelico - Pontassieve (FI)

Data: luglio 2018

Riferimenti: Sezione BB modificata con sovraccarico

### Analisi di stabilità: riempimento delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf. minima	Fs	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghez za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C (kg/cm du (m)
255	1,312	Janbu semplificato	1	23,777	141,5	0,66	-11,5	0,042	0	0	0	0	17,9	0,09
			2	24,424	141,369	0,65	-6,8	0,817	1137,89	0	0	0	17,9	0,09
			3	25,071	141,291	0,65	-2,3	1,852	2793,01	0	0	0	17,9	0,09
			4	25,717	141,266	0,65	2,3	2,147	3310,23	0	0	0	17,9	0,09
			5	26,364	141,291	0,65	6,8	2,114	3310,23	0	0	0	17,9	0,09
			6	27,01	141,369	0,66	11,5	2,046	3206,79	0	0	0	17,9	0,09
			7	27,657	141,501	0,67	16,2	1,943	2999,9	0	0	0	17,9	0,09
			8	28,303	141,689	0,69	21	1,801	2793,01	0	0	0	17,9	0,09
			9	28,95	141,938	0,72	26	1,619	2482,68	0	0	0	17,9	0,09
			10	29,596	142,253	0,76	31,2	1,942	2999,9	0	0	0	17,9	0,09
			11	30,243	142,645	0,81	36,8	2,293	3620,57	0	0	0	17,9	0,09
			12	30,889	143,128	0,88	42,7	2,109	3310,23	0	0	0	17,9	0,09
			13	31,536	143,726	0,99	49,3	1,814	2793,01	0	0	0	17,9	0,09
			14	32,182	144,479	1,19	57	1,308	1965,45	0	0	0	17,9	0,09
			15	32,829	145,475	1,66	67	0,493	724,11	0	0	0	17,9	0,09
				33,475	147									

#### LEGENDA

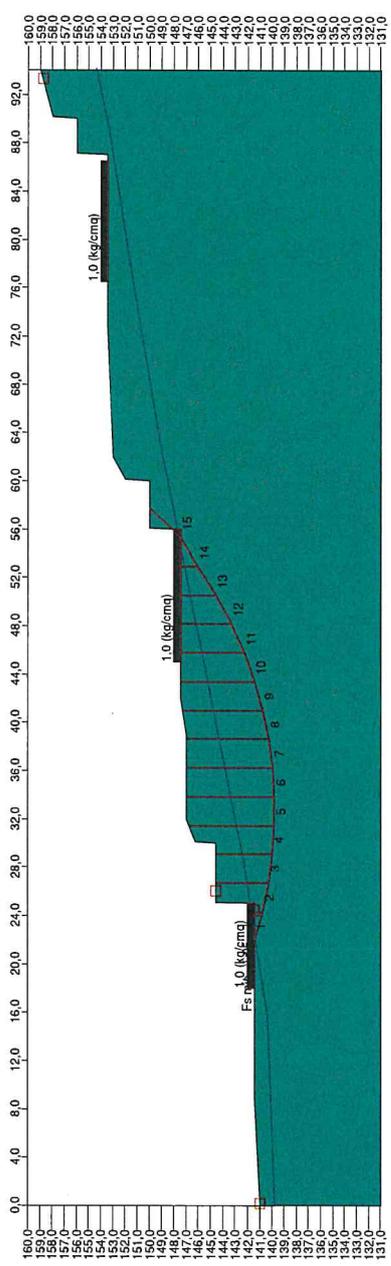
Carichi N= Carichi normali (kg) Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°) C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,17

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta.....:0,24



Committente: Cooperativa Don Maestrini

Località: via Beato Angelico - Pontassieve (FI)

Data: luglio 2018

Riferimenti: Sezione BB modificata sovraccarico e falda

### Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf. minimo	Fs	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghz za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kg	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(kg/cm du (m)
102	1,047	Janbu semplificato	1	21,918	141,5	2,48	-15,5	0,791	1359,8	0,3	131,02	29720,89	17,9	14,08
			2	24,303	140,837	2,44	-11,6	5,865	10019,57	1,2	194,83	31020,14	17,9	14,08
			3	29,075	140,019	2,41	-7,8	10,539	17915,95	2,1	0	32319,38	17,9	14,09
			4	31,46	139,857	2,39	-3,9	13,73	23307,42	2,7	0	33618,63	17,9	14,1
			5	33,846	139,853	2,39	-0,1	16,791	28627,33	3,2	0	34917,88	17,9	14,11
			6	36,231	140,007	2,39	3,7	16,866	28913,59	3,6	0	36217,13	17,9	14,13
			7	38,617	140,326	2,41	7,6	16,303	28364,9	3,9	0	37516,37	17,9	14,14
			8	41,003	140,808	2,43	11,4	15,745	27673,08	4	0	38815,62	17,9	14,16
			9	43,388	141,463	2,47	15,3	14,985	26456,43	3,9	0	40114,87	17,9	14,17
			10	45,774	142,304	2,53	19,4	13,4	23569,84	3,6	7297,74	41414,12	17,9	14,19
			11	48,159	143,34	2,6	23,5	11,16	19395,02	3,1	21879,75	42713,37	17,9	14,21
			12	50,545	144,592	2,69	27,7	8,431	14695,38	2,4	21125,63	44012,61	17,9	14,23
			13	52,931	146,093	2,82	32,2	5,147	9160,75	1,6	20190,43	45311,86	17,9	14,26
			14	55,316	147,497	2,77	30,5	1,682	3101,3	0,6	20591,8	46611,11	17,9	14,28
			15	57,702	150	3,46	46,4	0,003	0	0	4808,46	47910,36	17,9	14,31

#### LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kg)

Carichi T= Carichi tangenziali (kg)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (kg/cmq)

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,17

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,09

Coefficiente beta.....:0,24