

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA ED IDROGEOLOGIA

Dott. Geol. Stefano Palpacelli Via S.Maria in Selva, 25/A

62010 - Treia - Macerata - Tel. 0733/561247

cod. fisc. PLP SFN 65A09 L366M - part. IVA 01173080431

DOTTORE DI RICERCA

# *Comune di Calderola*



Indagine geologica relativa al "Piano di Lottizzazione Zona C2" sito in località Piandebussi.

COMMITTENTE: *Sig. Pucciarelli Francesco*

Macerata lì, 10/01/2019

IL GEOLOGO



## 1. PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE

Su incarico del Sig. PUCCIARELLI FRANCESCO, è stata condotta un'indagine geologica in località *Piandebussi* nel Comune di *Caldarola* (TAVOLA I), in occasione del “Richiesta Piano di Lottizzazione – Zona C2” sita in località Piandebussi.

Lo scopo dello studio è quello di caratterizzare dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e litotecnico l'area in oggetto, al fine di poter salvaguardare i caratteri geologico ambientali e di acquisire i dati per una corretta pianificazione territoriale e poterne determinare eventuali situazioni di pericolosità geologiche, nonché fornire le indicazioni progettuali di massima per la realizzazione delle future opere.

Il presente lavoro è stato elaborato in base alle direttive disposte dal P.P.A.R. di cui alla LR. 26/87, e successive circolari esplicative, e del Testo Unico per le costruzioni in zone sismiche (DM 14/01/2008) e del DD.MM. del 17 Gennaio 2018 “*Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*”.

La relazione di fattibilità geologica è stata redatta nel rispetto di quanto riportato nell'art. 13 della Legge 64/74 e dal quadro H del suddetto D.M.

L'indagine, estesa ad una porzione di area e di sottosuolo ritenuta significativa ai fini della lottizzazione in oggetto, è stata eseguita effettuando:

- un rilevamento di campagna sulla scorta dei dati forniti dalla recente cartografia geologica e geomorfologica;
- l'interpretazione dei risultati scaturiti dalle analisi e prove effettuate durante l'esecuzione di 4 sondaggi geognostici con trivella a rotazione a secco;
- prelievo di un campione di terreno indisturbato in corrispondenza del sondaggio geognostico S2 (C1: profondità = 4.0 ÷ 4.5 m) ed esecuzione di prove di laboratorio presso la “Geotecno” del dr. Bellesi Roberto;

- l'esecuzione di 2 prove penetrometriche DPSH 1 e CPT2 (GE.CO. S.r.l., gennaio 2019);
- l'esecuzione di una campagna di indagini geofisiche (MASW e HVSR) con elaborazione in *fitting congiunto* (GE.CO. S.r.l., gennaio 2019);
- acquisizione di dati e informazioni storiche da parte dei residenti più anziani nella zona;
- un'analisi critica dei precedenti studi effettuati nelle zone contigue all'area in esame. In particolare è stato analizzato il lavoro: “*Indagine geologica, geomorfologica, idrogeologica e botanico-vegetazionale per la redazione del Piano Regolare Generale in adeguamento al P.P.A.R.*” (Comune di Calderola, dott. I. Losego, 1995);
- esame degli elaborati della Microzonizzazione Sismica di III<sup>^</sup> Livello del Comune di Calderola (dr. Mauro Cataldi, gennaio 2018).

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

L'area oggetto di studio è situata sulla destra idrografica del *fiume Chienti*, nella fascia di spartiacque compresa tra il *fosso Pisciarelle* ed un altro fosso del I° ordine del *fosso delle Conce*, nell'intervallo altimetrico compreso tra circa 320 e 335 m s.l.m., in località “*Piandebussi*”. L'area in esame è distinta al Catasto del Comune di Calderola con Foglio n. 16 - P.lle nn. 120 e 68.

Dal punto di vista geologico la zona ricade ai margini orientali della dorsale carbonatica marchigiana in cui durante il *Messiniano p.p.* in uno dei tanti bacini minori si sedimentavano i depositi della Formazione Gessoso-Solfifera costituiti da gessi, arenarie gessose, gessareniti, calcari solfiferi, argille bituminose e diatomiti.

L'unità litologica è affiorante o sub-affiorante nella porzione centro-orientale dell'area di intervento (TAVOLA II). Nella restante porzione il substrato è stato ricoperto durante l'*Olocene* da depositi alluvionali terrazzati prevalentemente ghiaiosi e/o da una coltre di terreni colluviali.

Nel dettaglio, infatti, per quanto riguarda forme, depositi e processi riconducibili all'opera della gravità (TAVOLA III), nell'area interessata dall'intervento non sono stati rilevati segnali caratteristici di movimento in atto ed è pertanto da ritenersi, nelle attuali condizioni idrogeologiche, stabile; anche dall'esame della Cartografia Regionale del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. – aggiornamento 2016) (TAVOLA IV) l'area in oggetto non risulta ricompresa tra le aree a rischio idrogeologico per frana e/o esondazioni.

Per quanto riguarda forme, depositi e processi legati all'azione delle acque correnti superficiali, nella zona in esame sono stati individuate solo limitate aree con un ruscellamento diffuso in assenza di copertura vegetazionale.

Tra le forme di origine antropica spiccano numerose le scarpate ai bordi soprattutto delle strade e a ridosso delle abitazioni.

### **3. CARATTERIZZAZIONE GEOLITOLOGICA**

Per ricreare la successione litostratigrafica dei terreni sottostanti il PIANO DI LOTTIZZAZIONE in esame, oltre ai dati scaturiti dal rilevamento geologico-geomorfologico condotto in campagna, si è ritenuto opportuno eseguire 4 sondaggi geognostici con trivella a carotaggio rotazione a secco, la cui ubicazione è riportata nella TAVOLA V.

Dall'alto verso il basso (TAVOLA VI) si riscontrano i seguenti litotipi:

a) Terreno agrario/riporto costituito da materiale di alterazione, color marrone tendenzialmente scuro, a granulometria prevalentemente limoso-sabbioso ed inglobante elementi organici quali resti di radici. Lo spessore è compreso tra circa 0.2 m (S2) e 0.5 m (S3).

b) Depositi alluvionali terrazzati:

b1 – Granulometria prevalentemente grossolana: ghiaie di taglia media a *basso* indice di arrotondamento, con matrice sabbiosa debolmente limosa, rari ciottoli di natura calcarea e subordinatamente silicea, *asciutte/quasi asciutte e mediamente addensate*. I litotipi in questione sono stati rinvenuti in corrispondenza del sondaggio geognostico S1 e permangono fino alla profondità di circa -6.9 m.

b2 – Granulometria prevalentemente fine/colluvioni: sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi, limi argillosi e, subordinatamente, argille limose. La colorazione è variabile dal marrone chiaro/nocciola al grigastro. Il contenuto naturale in acqua varia da asciutti ad umidi in profondità; il grado di consistenza è compreso tra *molto duro* e *plastico*. I litotipi in questione sono stati rinvenuti in tutti i sondaggi geognostici eseguiti (ad eccezione della zona del sondaggio S4), con approfondimento nella zona del sondaggio S3 ubicato alla sommità dell'area sub pianeggiante.

c) Eluvioni: argille siltose color marrone, con locali accumuli sabbiosi, asciutte e dure (zona S2), e sabbie debolmente limose color marrone chiaro, con rare  $\text{CaCO}_3$  passanti in profondità ad arenarie, *asciutte e mediamente addensate/consistenti* (zona S4). Tali litotipi si rinvengono fino alla profondità massima di 12.1 m (zona S1) ÷ 7.6 m (zona S2), rispetto la quota del p.c. attuale.

- d) Formazione Gessoso-Solfifera (Messiniano p.p.): gessi ed arenarie gessose color marrone chiaro/giallastro passanti in profondità al grigio/azzurrognolo (zona S4), *asciutte e molto dure/durissime.*

Tali litotipi, costituiscono il substrato dell'area di intervento.

La situazione geologico-stratigrafica che emerge dagli elementi di cui sopra, è schematizzata nella TAVOLA VII.

Durante l'esecuzione del sondaggio geognostico S1 sono state osservate venute idriche a partire dalla profondità di circa -9 m. Il livello piezometrico statico è stato misurato a -6.4 m rispetto la quota del p.c. attuale.

#### **4. CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI**

Dalle analisi e prove in situ effettuate sulle carote di terreno estratte durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, mediante l'impiego di penetrometro e scissometro tascabili, dall'esecuzione ed interpretazione delle prove penetrometriche (ALLEGATO I), dai risultati delle prove di laboratorio (ALLEGATO II), congiuntamente alla conoscenza dei principali parametri fisico-meccanici registrati durante lo svolgimento di altre indagini geologico-tecniche effettuate dallo scrivente in terreni analoghi sono scaturiti, per i litotipi incontrati, i seguenti parametri geomeccanici:

Depositi alluvionali terrazzati a granulometria prevalentemente grossolana  
(ghiaie – litotipo “b1”)

$\gamma$ = Peso di volume	= 1.9 ÷ 1.95 g/cm <sup>3</sup>
C' = Coesione drenata	= 0.0 Kg/cm <sup>3</sup>
$\phi'$ = Angolo di attrito interno	= 32° ÷ 35°
E = Modulo elastico	> 250 Kg/cm <sup>3</sup>

Depositi alluvionali terrazzati a granulometria prevalentemente fine/colluvioni  
(litotipi “b2”)

$\gamma$ = Peso di volume	= 2.0 ÷ 2.05 g/cm <sup>3</sup>
Cu = Coesione non drenata	= 0.8 ÷ 1.3 Kg/cm <sup>3</sup>
C' = Coesione drenata (da prova di laboratorio)	= 0.18 Kg/cm <sup>3</sup>
$\phi'$ = Angolo di attrito interno (da prova di laboratorio)	= 23.9°
Ed = Modulo edometrico	= 40 ÷ 75 Kg/cm <sup>3</sup>

Eluvioni (litotipi “c”)

$\gamma$ = Peso di volume	= 1.9 ÷ 1.95 g/cm <sup>3</sup>
C' = Coesione drenata	= 0.0 ÷ 0.02 Kg/cm <sup>3</sup>
$\phi'$ = Angolo di attrito interno	= 27° ÷ 30°
E = Modulo elastico	> 110 Kg/cm <sup>3</sup>

Formazione Gessoso-Solfifera – substrato (litotipo “d”)

$\gamma$ = Peso di volume	= 2.05 ÷ 2.1 g/cm <sup>3</sup>
C' = Coesione drenata	= 0.15 ÷ 0.25 Kg/cm <sup>3</sup>
$\phi'$ = Angolo di attrito interno	= 28° ÷ 35°
E = Modulo elastico	> 200 Kg/cm <sup>3</sup>

## 5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

L'area in esame è situata in destra idrografica del *fiume Chienti*, nella fascia di spartiacque compresa tra il *fosso Pisciarelle* ed un altro fosso del I° ordine tributario del *fosso delle Conce*. L'idrografia superficiale naturale della zona, nonostante la non trascurabile energia di rilievo, non è molto svilupata in conseguenza della media-elevata permeabilità dei terreni affioranti. La zona di intervento non è attraversata dal reticolo idrografico e/o fossi minori.

Per quanto riguarda invece le acque sotterranee è stato rilevato che nella zona su cui insiste il PIANO DI LOTTIZZAZIONE in esame, nella porzione topograficamente più depressa (margini settentrionale), in occasione del sondaggio geognostico S1, sono state osservate venute idriche a partire dalla profondità di circa -9 m. Il livello piezometrico statico è stato misurato a -6.4 m rispetto la quota del p.c. attuale (dato riferito al 21/11/2018: inizio periodo di ricarica).

Una testimonianza è rappresentata dalla *Fonte Acquaviva* con portata di magra  $\leq 0.05$  l/s e la cui area di ricarica è localizzata esternamente all'area di intervento, a sud della stessa. La falda è comunque protetta per la presenza dei limi argillosi a bassa permeabilità.

Pertanto il PIANO DI LOTTIZZAZIONE in oggetto è compatibile con il contesto idrogeologico dell'area investigata

## 6. CARTA DELLE PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

La carta in esame (TAVOLA IX) rappresenta una sintesi critica dei singoli tematismi precedentemente trattati. Nella zona interessata dalla Proposta Urbanistica in oggetto ed in un intorno geologico, geomorfologico ed idrogeologico significativo, sono state individuate due possibili scenari di PERICOLOSITÀ in caso di terremoto:

T3 – AREA DI DORSALE O COCUZZOLO in cui potrebbe potenzialmente manifestarsi amplificazione diffusa del moto del suolo. Corrisponde alla porzione topograficamente più elevata.

T4 – AREA DI CONTATTO TRA LITOTIPI AVENTI CARATTERISTICHE MECCANICHE MOLTO DIVERSE in cui potrebbe potenzialmente manifestarsi amplificazione differenziale del moto del suolo e/o cedimenti differenziali del terreno. Corrisponde alla fascia di passaggio stratigrafico tra la Formazione Geossoso-Solfifera ed i depositi alluvionali terrazzati.

In ambedue gli scenari l’edificazione potrà avvenire tenendo conto dei risultati delle analisi di Risposta Sismica Locale.

Le indagini geofisiche specificamente eseguite ai fini della presente indagine geologica, non hanno comunque evidenziato fenomeni di amplificazione significativi. Per maggiori dettagli si può fare riferimento all’ALLEGATO III (MASW + HVSR con elaborazione *fitting* congiunto – GE.CO. S.r.l. gennaio 2019).

Il perimetro della PIANO DI LOTTIZZAZIONE in esame è esterno al perimetro della Microzonazione Sismica di III<sup>^</sup> livello del Comune di Calderola.

## 6.1 – CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Con riferimento al *Testo Unico – Norme tecniche per le costruzioni* (DM 14/01/2008) e al DD.MM. del 17 Gennaio 2018 “*Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*”, è stato determinato il valore della Vseq (*velocità media di propagazione delle onde di taglio fino al tetto del substrato simico*), parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto. Nel caso dei terreni presenti nella zona ove ricade la Lottizzazione in oggetto, sulla base delle indagini geofisiche (MASW e HVSR) con elaborazione in *fitting congiunto* (GE.CO. S.r.l., gennaio 2019) (ALLEGATO III), è stata determinata la velocità delle **Vseq: = 473 m/sec**. Sulla base quindi del DECRETO DEL 17 GENNAIO 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI - CATEGORIE DI SOTTOSUOLO, si ritiene opportuno attribuire il suolo di fondazione alla categoria “**B**” – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

## 7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dall’analisi comparativa degli elementi sopra evidenziati di ordine topografico, geomorfologico, litostratigrafico, geotecnico ed idrogeologico, si esprime parere favorevole circa la fattibilità geologica del PIANO DI LOTTIZZAZIONE – ZONA C2 in oggetto.

Le attuali condizioni del sottosuolo non verranno interessate da variazioni significative e, pertanto, non vengono individuati particolari limiti da imporre al progetto.

La stabilità della zona rimarrà pressoché inalterata anche a seguito della realizzazione delle singole opere.

Gli interventi in progetto non andranno ad interferire in maniera significativa con l'attuale reticolo idrografico superficiale della zona in cui ricade l'area in esame.

Condizione essenziale per la fattibilità geologica all'intervento urbanistico in oggetto sono:

- realizzare adeguate reti fognarie, evitare le perdite ed operare una corretta regimazione delle acque meteoriche;
- autorizzare gli eventuali emungimenti solo se corredati da una idonea relazione idrogeologica volta a stabilire la stratigrafia del pozzo, il dispositivo di captazione, la disposizione e modalità esecutive dei filtri e delle impermeabilizzazioni e verificare le interazioni del nuovo pozzo con l'intero acquifero.

Per la progettazione e realizzazione delle singole opere previste nell'area in oggetto (fabbricati, eventuali muri controterra, ecc.) si dovranno in futuro acquisire ulteriori dati di carattere stratigrafico, idrogeologico geomeccanico e sismico, per la corretta valutazione delle tipologie di fondazione, dei carichi ammissibili, dell'analisi dell'interazioni terreno-strutture, dei sedimenti, ecc.

Macerata, lì 10 gennaio 2019

IL GEOLOGO

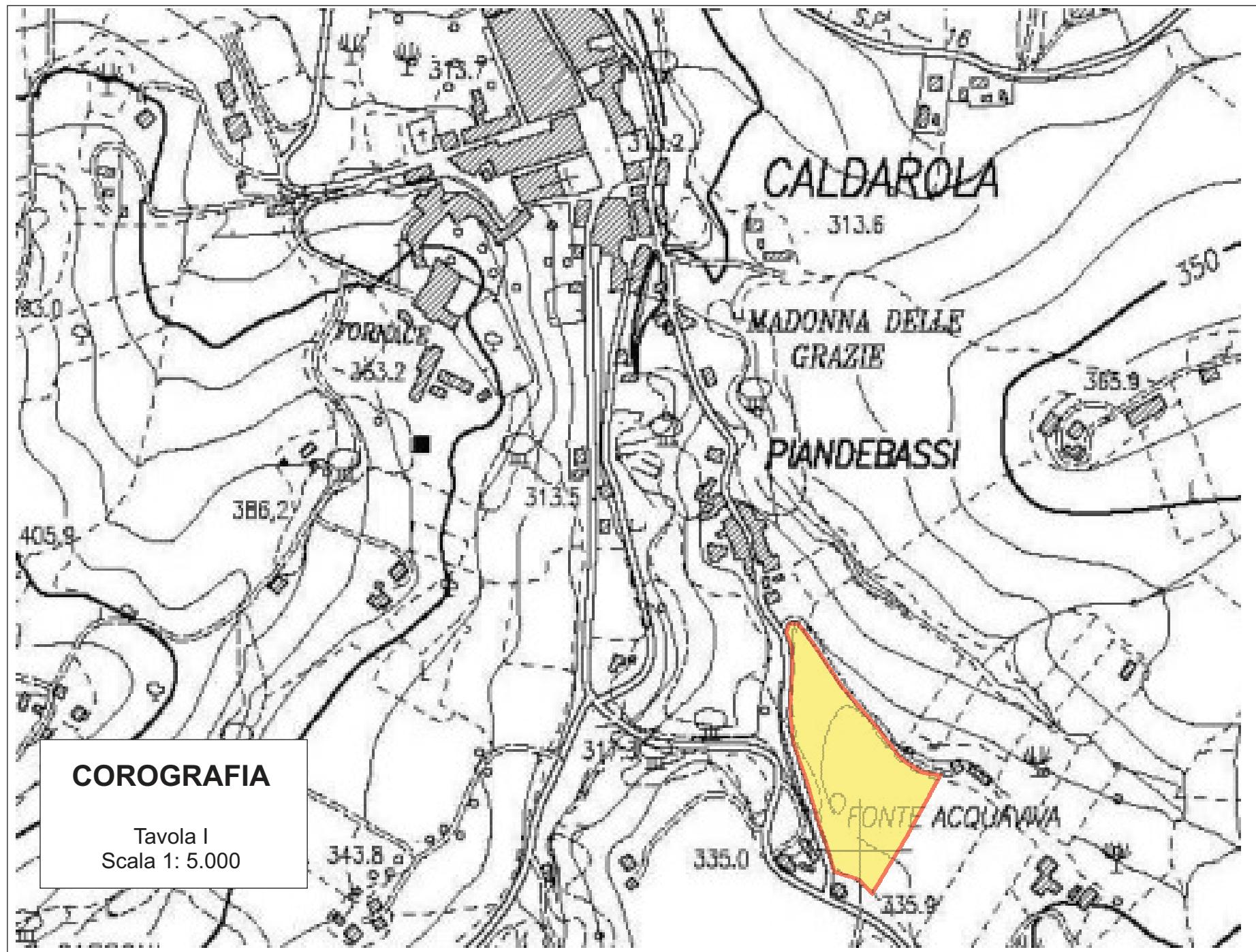


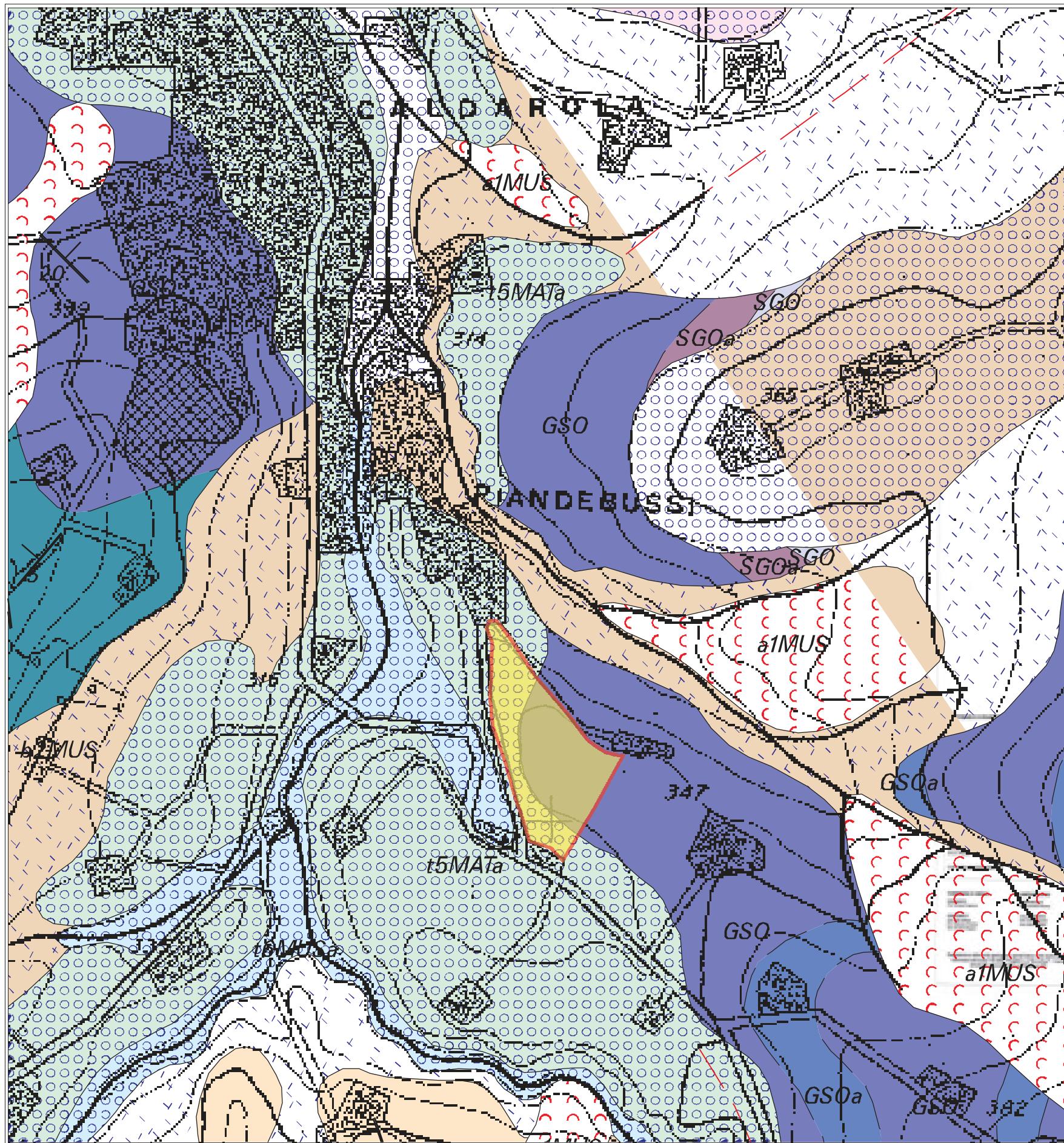
**TAVOLE:**

- I) Corografia
- II) Carta Geologica
- III) Carta Geomorfologica
- IV) Stralcio cartografia P.A.I. Regione Marche
- V) Planimetria
- VI) Stratigrafie
- VII) Sezioni geologico-stratigrafiche
- VIII) Carta Litotecnica
- IX) Carta delle Pericolosità Sismiche Locali

**TAVOLE:**

- I) Elaborati delle prove penetrometriche
- II) Certificati delle prove di laboratorio
- III) MASW + HVSR con elaborazione fitting congiunto





## CARTA GEOLOGICA

## TAVOLA II

SCALA 1: 5.000

## LEGENDA



## Area in oggetto

## CARTA GEOMORFOLOGICA

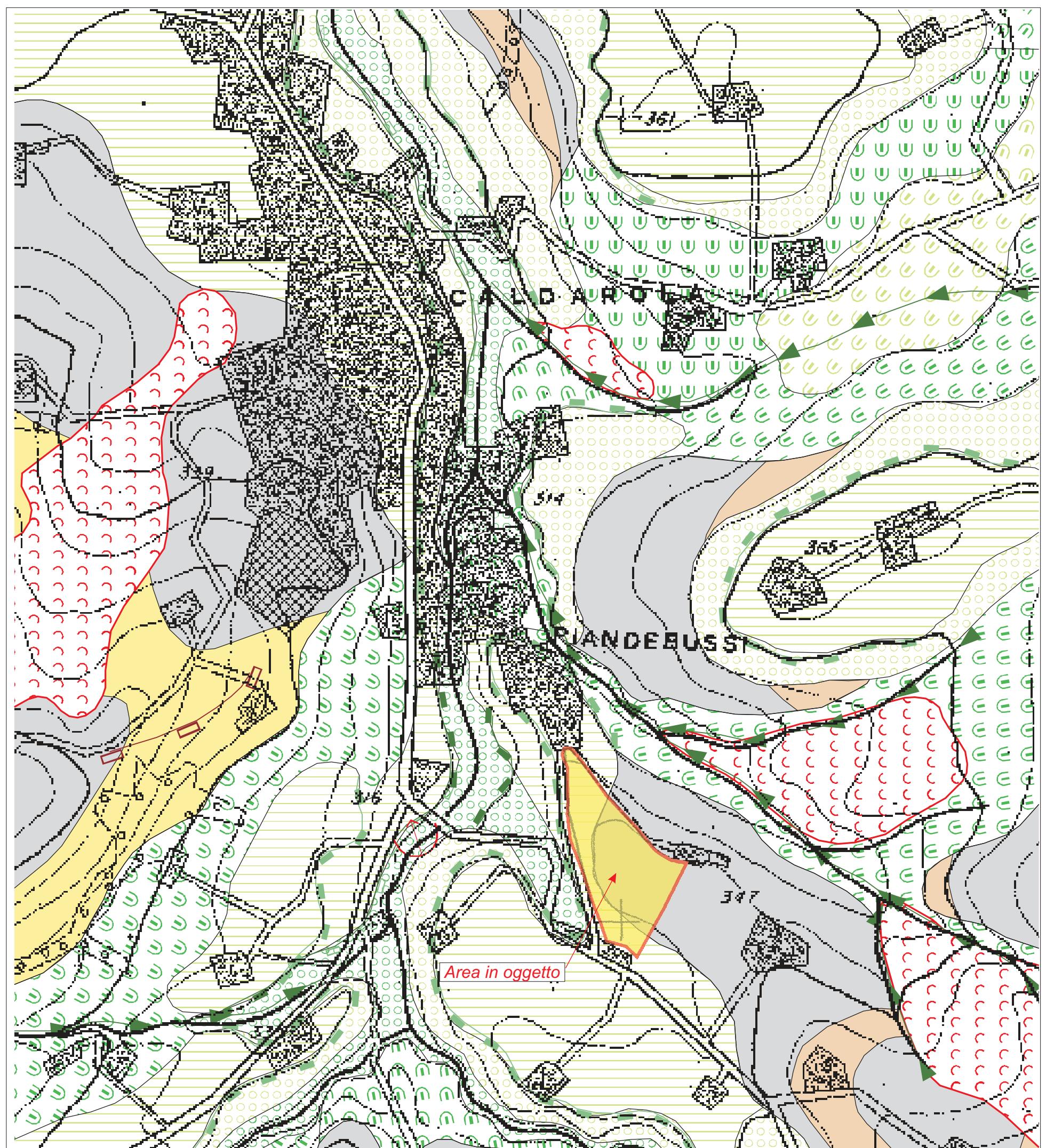
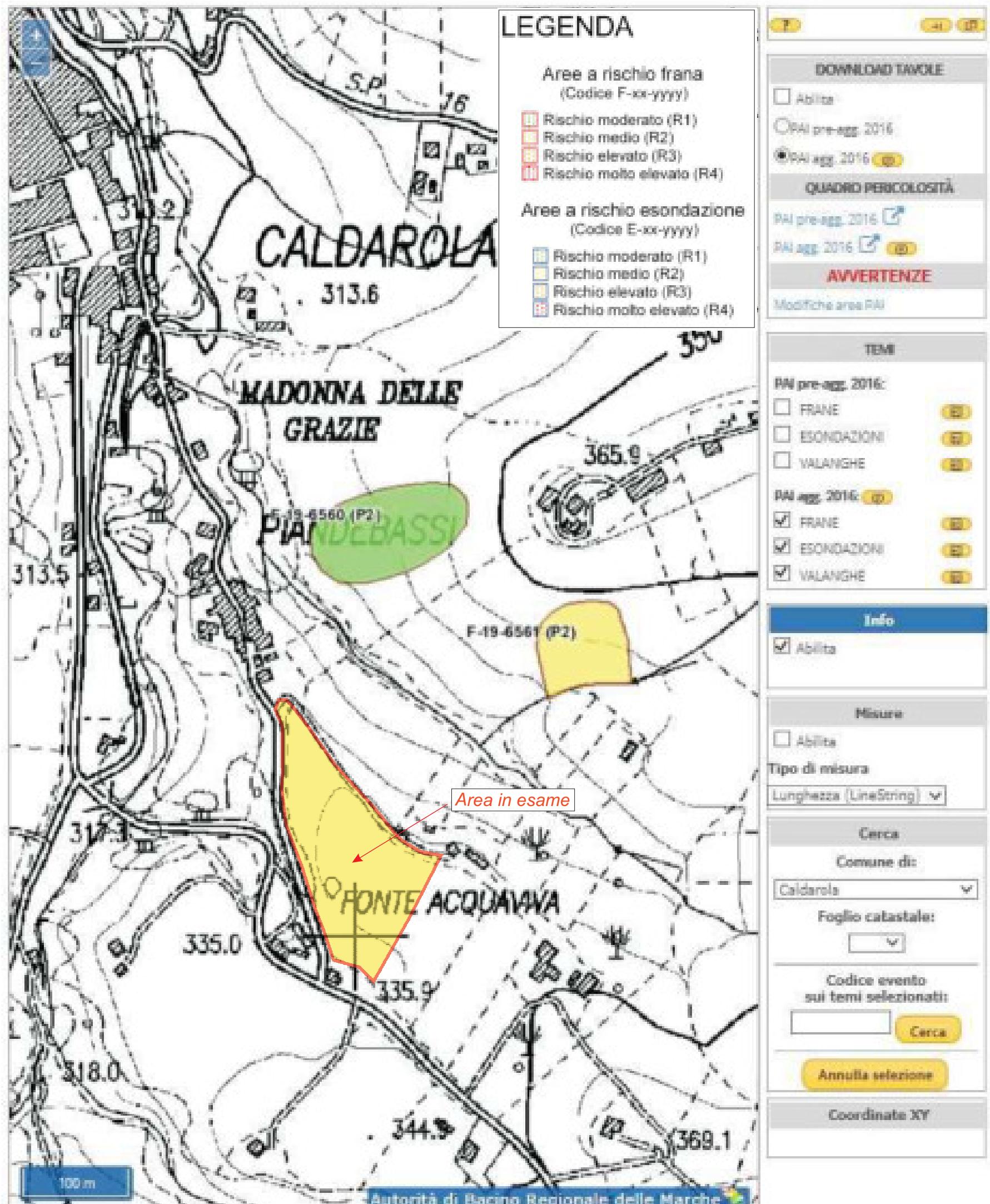


TAVOLA III

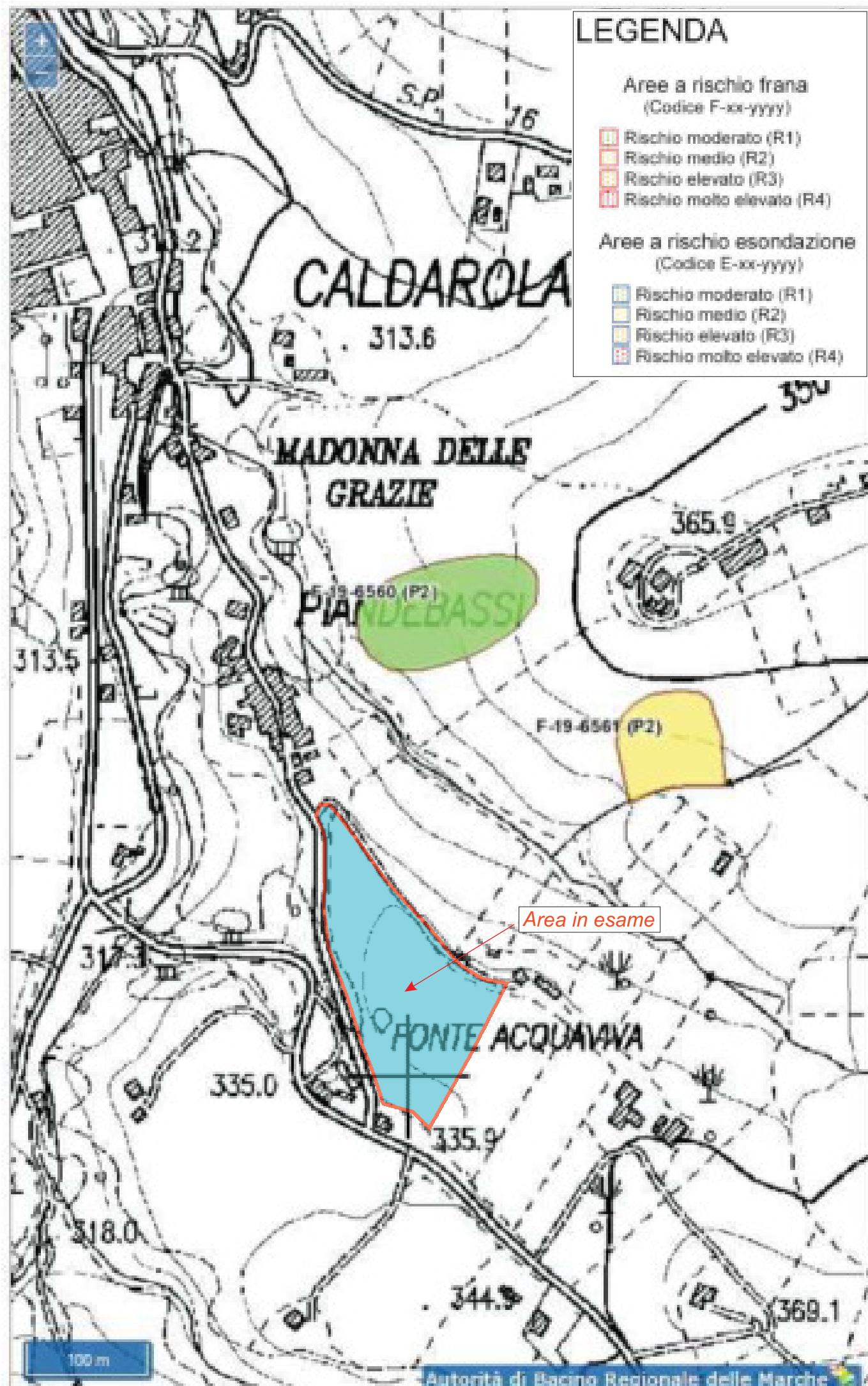
SCALA 1: 5.000





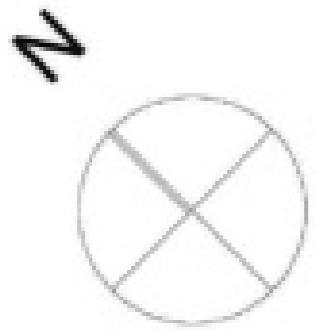
**STRALCIO CARTOGRAFIA P.A.I.**  
(aggiornato 2016)

Tavola IV



**STRALCIO CARTOGRAFIA P.A.I.**  
(aggiornato 2016)

Tavola IV



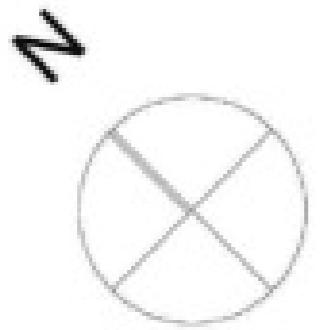
## LEGENDA

- Sn ● Sondaggi geognostici a carotaggio a secco
  - DPSH ● Prove penetrometriche statiche
  - HVSR ■ Indagine sisimica passiva HVSR
  - Indagine sismica MASW



## PLANIMETRIA

Tavola V  
Scala 1: 2.000



### LEGENDA

- Sn ● Sondaggi geognostici a carotaggio a secco
- DPSH ● Prove penetrometriche statiche
- HVS R ■ Indagine sisimica passiva HVS R
- Indagine sismica MASW



### PLANIMETRIA

Tavola V  
Scala 1: 2.000

COMUNE: Calderola (MC)

LOCALITA': Plandebu

COMMITTENTE: S.Ig. Pucciaro Francesco

Studio di Geologia  
 Dottore di Ricerca Stefano Palpacelli  
 Santa Maria in Selva, 62010 Treia (MC)  
 Telefono 0733/561247 - 329/6137149

SONDAGGIO  
(carotaggio a secco)

1

24 novembre 2018

STRATIGRAFIA	QUOTE		LITOLOGIA	Rs. (kg/cm²)	Rp. (kg/cm²)	OSSERVAZIONI
	p.c.	parz.				
1,0	0,3	0,3	<i>Terreno agrario</i>			
2,0			<i>Depositi alluvionali terrazzati</i>			
3,0			Ghiaie di taglia media a basso indice di arrotondamento, con matrice sabbiosa debolmente limosa, rari ciottoli di natura calcarea e subordinatamente silicea, <i>asciutte/quasi asciutte e mediamente addensate</i> .			
4,0						
5,0						
6,0						
7,0	6,9	6,6	Limi sabbiosi color nocciola, <i>saturi e molli</i> .			
8,0	7,6	0,7	Limi argillosi color marrone, con piccoli frustoli carboniosi e frammenti detritici, <i>leggermente umidi e plastici</i> .			
9,0	9,0	1,4	<i>Eluvioni</i>			
10,0			Sabbie e frammenti arenacei, con rari granuli ghiaiosi, con abbondanti venute idriche.			
11,0						
12,0	12,1	3,1	<b>Formazione Gessoso-Solfifera (substrato)</b>			
13,0	13,0	0,9	Arenarie leggermente fratturate e sabbie, <i>asciutte e molto dure/durissime</i> .			
14,0						
15,0						
16,0						
17,0						
18,0						
19,0						
20,0						
21,0						
22,0						
23,0						
24,0						

Rp = resistenza penetrometrica

Rs = resistenza scissometrica

C = campioni prelevati

H = manifestazioni idriche

NOTE: livello piezometrico al termine delle perforazioni = -6,4 m dal p.c.

COMUNE: Caldarola (MC)

LOCALITA': Plandebu

COMMITTENTE: S.Ig. Pucciaro Francesco

Studio di Geologia  
 Dottore di Ricerca Stefano Palpacelli  
 Santa Maria in Selva, 62010 Treia (MC)  
 Telefono 0733/561247 - 329/6137149

SONDAGGIO  
(carotaggio a secco)

2

24 novembre 2018

STRATIGRAFIA	QUOTE		LITOLOGIA	Rs. (kg/cm²)	Rp. (kg/cm²)	OSSERVAZIONI
	p.c.	parz.				
1,0	0,2	0,2	<i>Terreno agrario</i>			
2,0			<i>Depositi alluvionali a granulometria fine/colluvioni</i>	> 2.0	5.8	
3,0			Argille limose color marrone, asciutte e dure/molto dure.	> 2.0	4.9	
4,0	3,7	3,5		> 2.0	5.2	
4,00			Limi argillosi color marrone, con piccoli frammenti calcarei	1.7	3.5	
4,50			a spigoli vivi, quasi asciutti e leggermente plasticci.	1.5	3.1	
6,0	5,8	2,1	<i>Eluvioni</i>	> 2.0	4.5	
7,0	7,6	1,8	Argille siltose color marrone, con locali accumuli sabbiosi, asciutte e dure.	> 2.0	4.7	
8,0						
9,0			<b>Formazione Gessoso-Solfifera (substrato)</b>			
10,0			Arenarie leggermente fratturate e sabbie, asciutte e molto dure/durissime.			
11,0						
12,0	12,0	4,4				
13,0						
14,0						
15,0						
16,0						
17,0						
18,0						
19,0						
20,0						
21,0						
22,0						
23,0						
24,0						

Rp = resistenza penetrometrica  
 Rs = resistenza scissometrica

C = campioni prelevati  
 H = manifestazioni idriche

**NOTE: foro asciutto al termine delle perforazioni**

COMUNE: Calderola (MC)

LOCALITA': Plandebu

COMMITTENTE: S.Ig. Pucciaro Francesco

Studio di Geologia  
 Dottore di Ricerca Stefano Palpacelli  
 Santa Maria in Selva, 62010 Treia (MC)  
 Telefono 0733/561247 - 329/6137149

SONDAGGIO  
(carotaggio a secco)

3

24 novembre 2018

STRATIGRAFIA	QUOTE		LITOLOGIA	Rs. (kg/cm²)	Rp. (kg/cm²)	OSSERVAZIONI
	p.c.	parz.				
1,0	0,5	0,5	<i>Terreno agrario</i>			
	1,2	0,7	<i>Paleosuolo</i> Limi argillosi color marrone tendenzialmente scuro, asciutti e molto duri.	> 2.0	> 6.0	
2,0						
3,0	3,6	2,4	<i>Depositi alluvionali a granulometria fine/colluvioni</i> Sabbie e sabbie limose color nocciola, con $\text{CaCO}_3$ nodulari fini, asciutte e dure/dense.			
4,0						
5,0						
6,0						
7,0						
8,0	8,0	4,4				
9,0	9,2	1,2	Limi argillosi color grigiastro, con frammenti calcarei a spigoli vivi, umidi e plastici.	1.2	2.7	
10,0						
11,0	11,0	1,8	Limi sabbiosi color marrone tendenzialmente chiaro, con granuli ghiaiosi di piccole dimensioni e frammenti calcarei a spigoli vivi delle dimensioni delle ghiaie medio/fini, umidi e plastici.	1.9	4.2	
12,0						
13,0						
14,0						
15,0						
16,0						
17,0						
18,0						
19,0						
20,0						
21,0						
22,0						
23,0						
24,0						

Rp = resistenza penetrometrica  
 Rs = resistenza scissometrica

C = campioni prelevati  
 H = manifestazioni idriche

NOTE: foro asciutto al termine delle perforazioni

COMUNE: Caldarola (MC)

LOCALITA': Plandebu

COMMITTENTE: S.Ig. Pucciaro Francesco

Studio di Geologia  
 Dottore di Ricerca Stefano Palpacelli  
 Santa Maria in Selva, 62010 Treia (MC)  
 Telefono 0733/561247 - 329/6137149

SONDAGGIO  
 (carotaggio a secco)

4

24 novembre 2018

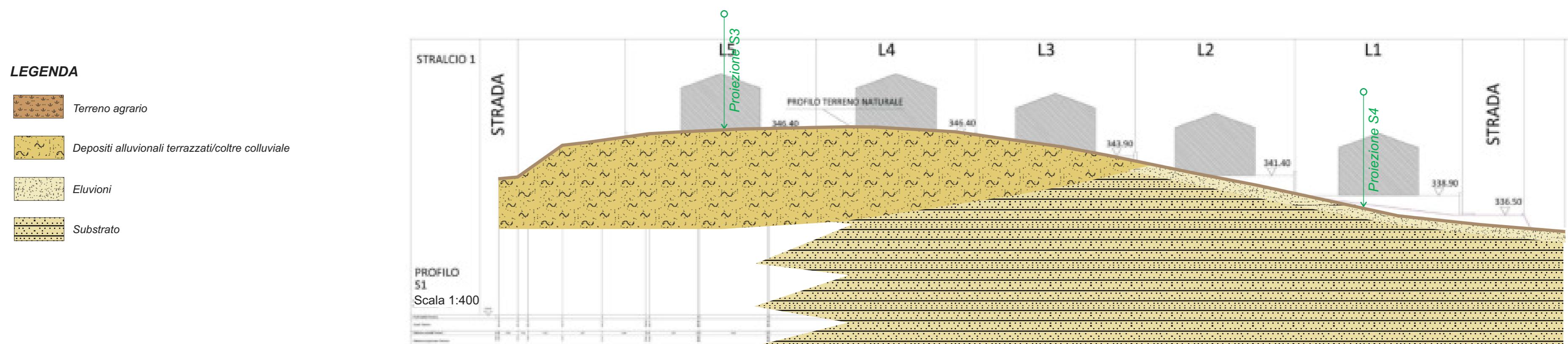
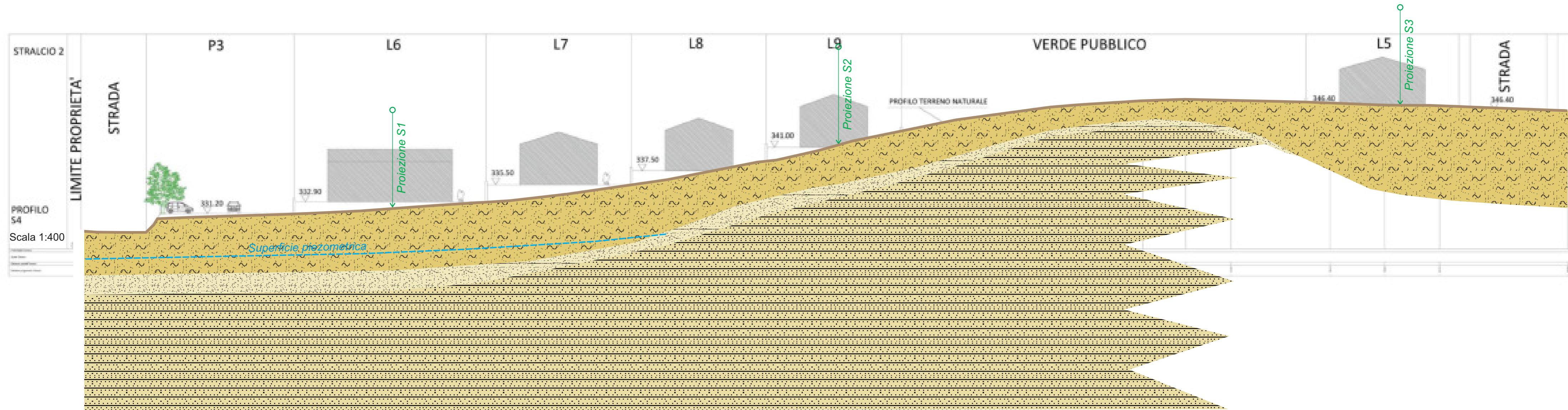
STRATIGRAFIA	QUOTE		LITOLOGIA	Rs. (kg/cm²)	Rp. (kg/cm²)	OSSERVAZIONI
	p.c.	parz.				
1,0	0,3	0,3	<b>Terreno agrario</b>			
	1,1	0,8	<b>Eluvioni</b> Sabbie debolmente limose color marrone chiaro, con rare CaCO <sub>3</sub> fino a circa -0,8 m, passanti in profondità ad arenarie, asciutte e mediamente addensate/consistenti.			
2,0						
3,0			<b>Formazione Gessoso-Solfifera (substrato)</b> Arenarie leggermente fratturate e sabbie, asciutte e molto dure/durissime.			
4,0	4,2	3,1				
5,0						
6,0			<b>Formazione Gessoso-Solfifera (substrato)</b> Arenarie color grigiastro/azzurrognolo, asciutte e durissime.			
7,0						
8,0	8,0	3,8				
9,0						
10,0						
11,0						
12,0						
13,0						
14,0						
15,0						
16,0						
17,0						
18,0						
19,0						
20,0						
21,0						
22,0						
23,0						
24,0						

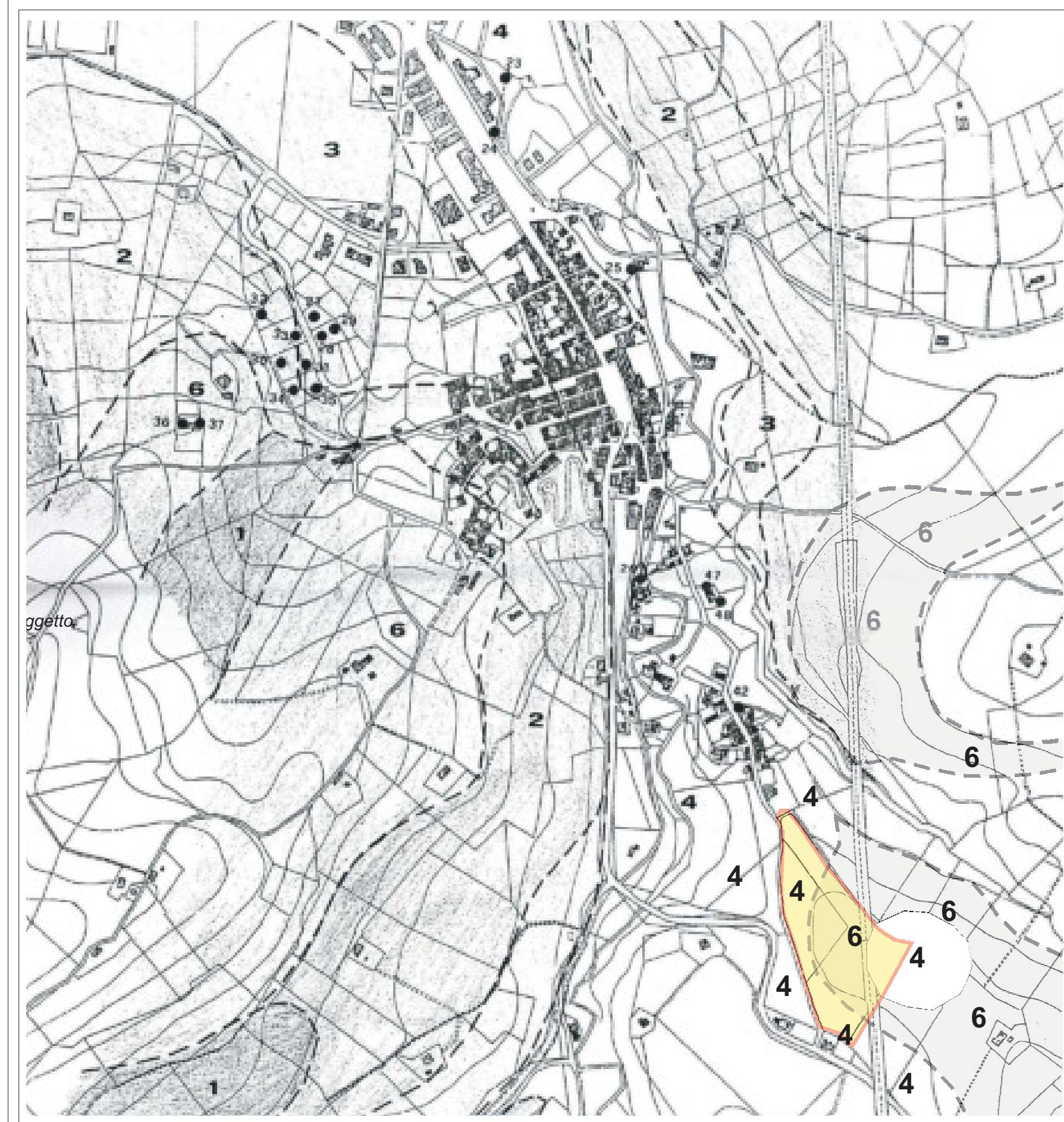
Rp = resistenza penetrometrica  
 Rs = resistenza scissometrica

C = campioni prelevati  
 H = manifestazioni idriche

**NOTE: foro asciutto al termine delle perforazioni**

## SEZIONE GEOLOGICO-STRATIGRAFICHE





CARTA LITOLOGICO-TECNICA  
(PRG Caldara - Dott. I. Losego, 1995 - modificata)

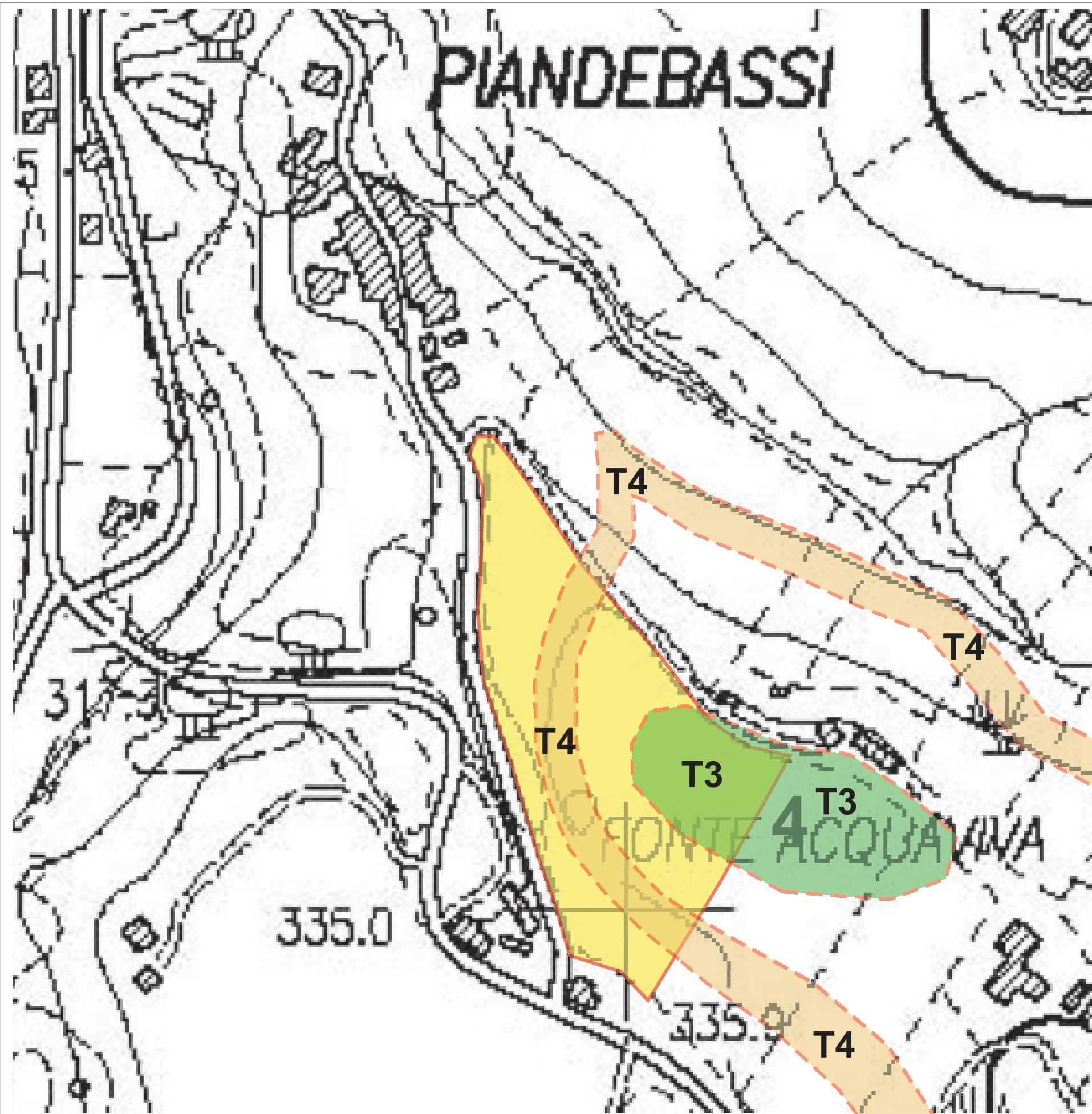
TAVOLA VIII  
SCALA 1: 5.000

LEGENDA

	LITOLOGIA	CAR. MECCANICHE
1	Strati laterizi di fango	Molto scadenti
2	Aggregato limo-argillo-sabbioso di origine colluviale	Da scadenti a mediocri
3	Sabbie limose e/o limo-argillo-sabbiosi di origine fluviale	Moderati
4	Ornate non coesive a matrice limo-sabbiosa	Buone
5	Ornate a legante calcitico e/o argillitico a grado di cementazione piuttosto basso	Da buone a molto buone
6	Sabbie affioranti e susaffioranti a ricchezza essenzialmente argillo-marnosa arenacea	Da buone a molto buone
7	Sabbie affioranti e susaffioranti a ricchezza essenzialmente calcarea e/o siliceo-marnosa	Da buone ad ottime
•	Indicazione geognostica	
— — —	Indica la linea di massima altitudine	



# PIANDEBASSI



## CARTA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

TAVOLA IX  
SCALA 1: 2.000

### TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI

T1 Area caratterizzata da frane recenti e quiescenti, area potenzialmente franosa caratterizzata da diffusa circolazione idrica, area con copertura detritica interessata da erosione al piede, area eccessivamente acclive, in rapporto al substrato roccioso al suo stato fisico e alle condizioni di giacitura degli strati.

T2 Area caratterizzata da depositi superficiali di caratterizzazione meccanica piuttosto scadente.

T3 Area di consolle o cocuzzolo

T4 Area di contatto tra litici avendo caratteristiche meccaniche molto diverse

T5 Area di borgo e ciglia di scarpata, bordo di cava

T6 Area caratterizzata da forze acustiche poco profonda

T7 Area pedemontana in falda o detrito

T8 Area interessata da carrie attivazione

### POSSIBILI EFFETTI IN CASO DI TERREMOTO

Accelerazione di fenomeni in atto e potenziali dovuta agli effetti dinamici del sisma

Cedimenti diffusi del terreno per stressessi dinamici, amplificazione del moto dovuta a differente risposta sismica

Amplificazione diffusa del moto del suolo

Amplificazione differentiale del moto del suolo per segmento differenti del terreno

Amplificazione diffusa del moto del suolo per fenomeni di focalizzazione con possibili disaccoppi

Aumento dei gradi di instabilità del terreno

Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a differenza di resistenza a flessione e resistenza all'attrito

Disomogenea propagazione dei fenomeni

Perimetro di intervento



**DPSH 1**



**CPT 2**

**INDAGINE GEOTECNICA MEDIANTE PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE  
IN LOCALITA' PIANDEBUSSI PER LOTTIZZAZIONE  
NEL COMUNE DI CALDAROLA (MC)**

**Oggetto:** Prove penetrometriche

**Committente:** Sig. Pucciarelli Francesco

**Comessa:** 012-19

**Data acquisizione:** 08/01/2019

Falconara M.ma, il 14 Gennaio 2019

Il Responsabile

(sott. geol. Angelo Cusato)

## Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63-(200Kn)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

### Legenda parametri geotecnici DPSH:

**PROVA DPSH1 – Loc. Piandebussi - Comune di Calderola (MC)**

Prova eseguita in data 08/01/2019

Profondità prova DPSH - 6.60 m

Falda non rilevata



**TABELLA VALORI DI RESISTENZA**

Prof. Strato (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.2	1.00	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.4	2.00	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.6	8.00	0.847	65.34	77.15	3.27	3.86
0.8	13.00	0.793	99.46	125.36	4.97	6.27
1.0	15.00	0.790	114.24	144.65	5.71	7.23
1.2	15.00	0.786	113.73	144.65	5.69	7.23
1.4	22.00	0.733	155.48	212.16	7.77	10.61
1.6	25.00	0.730	162.52	222.77	8.13	11.14
1.8	25.00	0.726	161.80	222.77	8.09	11.14
2.0	10.00	0.823	73.35	89.11	3.67	4.46
2.2	6.00	0.820	43.85	53.47	2.19	2.67
2.4	26.00	0.717	166.15	231.68	8.31	11.58
2.6	28.00	0.714	165.62	231.89	8.28	11.59
2.8	22.00	0.711	129.62	182.20	6.48	9.11
3.0	28.00	0.709	164.33	231.89	8.22	11.59
3.2	33.00	0.656	179.28	273.30	8.96	13.66
3.4	32.00	0.653	173.16	265.01	8.66	13.25
3.6	30.00	0.701	162.65	232.07	8.13	11.60
3.8	21.00	0.698	113.45	162.45	5.67	8.12
4.0	34.00	0.646	169.91	263.01	8.50	13.15
4.2	37.00	0.644	184.24	286.21	9.21	14.31
4.4	36.00	0.641	178.63	278.48	8.93	13.92
4.6	37.00	0.639	171.64	268.51	8.58	13.43
4.8	38.00	0.637	175.69	275.76	8.78	13.79
5.0	40.00	0.585	169.82	290.28	8.49	14.51
5.2	41.00	0.583	173.46	297.53	8.67	14.88
5.4	40.00	0.581	168.66	290.28	8.43	14.51
5.6	42.00	0.579	166.23	287.03	8.31	14.35
5.8	44.00	0.577	173.59	300.70	8.68	15.04
6.0	44.00	0.575	173.05	300.70	8.65	15.04
6.2	40.00	0.574	156.84	273.36	7.84	13.67
6.4	45.00	0.572	175.91	307.53	8.80	15.38
6.6	55.00	0.570	202.58	355.18	10.13	17.76

**PROVA DPSH1 – Loc. Piandebussi - Comune di Calderola (MC)**

Prova eseguita in data 08/01/2019

Profondità prova DPSH - 6.60 m

Falda non rilevata



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**

Strato			Nspt	Cu	Ey	Mo	Classificazione	Puv	PuvS	Dr	Φ <sub>1</sub>	Φ <sub>2</sub>	Φ <sub>3</sub>
Nr.	Prof.	Tipo	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	%	(°)	(°)	(°)
1	0.2	I-C	1.47	0.09	-	6.74	SCIOLTO	1.52	1.85	10.79	30.14	19.7	27.44
2	0.4	I-C	2.94	0.18	13.41	13.49	SCIOLTO	1.63	1.86	15.13	30.79	21.64	27.88
3	0.6	I	11.76	-	114.84	53.96	MODERATAMENTE ADDENSATO	2.01	2.21	36.75	34.33	28.28	30.53
4	0.8	I	19.11	-	199.37	87.68	MODERATAMENTE ADDENSATO	2.1	2.31	49.89	36.8	31.93	32.73
5	1	I	22.05	-	233.18	101.17	MODERATAMENTE ADDENSATO	2.11	2.14	54.15	37.67	33.19	33.61
6	1.2	I	22.05	-	233.18	101.17	MODERATAMENTE ADDENSATO	2.11	2.14	54.15	37.67	33.19	33.61
7	1.4	I	32.34	-	351.51	148.38	ADDENSATO	2.21	2.45	65.79	40.16	37.02	36.7
8	1.6	I	36.75	-	402.23	168.61	ADDENSATO	2.35	2.5	69.71	40.97	38.48	38.03
9	1.8	I	36.75	-	402.23	168.61	ADDENSATO	2.35	2.5	69.71	40.97	38.48	38.03
10	2	I	14.7	-	148.65	67.44	MODERATAMENTE ADDENSATO	2.06	2.27	42.47	35.37	29.85	31.41
11	2.2	I	8.82	-	81.03	40.47	POCO ADDENSATO	1.93	2.12	30.33	33.22	26.5	29.65
12	2.4	I	38.22	-	419.13	175.35	ADDENSATO	2.42	2.5	70.93	41.21	38.94	38.47
13	2.6	I	41.16	-	452.94	188.84	ADDENSATO	2.5	2.5	73.29	41.63	39.85	39.35
14	2.8	I	32.34	-	351.51	148.38	ADDENSATO	2.21	2.45	65.79	40.16	37.02	36.7
15	3	I	41.16	-	452.94	188.84	ADDENSATO	2.5	2.5	73.29	41.63	39.85	39.35
16	3.2	I	48.51	-	537.47	222.56	ADDENSATO	2.5	2.5	79.13	42.37	41.97	41.55
17	3.4	I	47.04	-	520.56	215.82	ADDENSATO	2.5	2.5	77.93	42.26	41.56	41.11
18	3.6	I	44.1	-	486.75	202.33	ADDENSATO	2.5	2.5	75.6	41.98	40.72	40.23
19	3.8	I	30.87	-	334.61	141.63	ADDENSATO	2.18	2.4	64.38	39.86	36.52	36.26
20	4	I	49.98	-	554.37	229.31	ADDENSATO	2.5	2.5	80.35	42.47	42.38	41.99
21	4.2	I	54.39	-	605.09	249.54	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	84.26	42.66	43.56	43.32
22	4.4	I	52.92	-	588.18	242.8	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	82.9	42.61	43.17	42.88
23	4.6	I	54.39	-	605.09	249.54	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	84.26	42.66	43.56	43.32
24	4.8	I	55.86	-	621.99	256.29	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	85.67	42.68	43.95	43.76
25	5	I	58.8	-	655.8	269.77	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	88.71	42.69	44.7	44.64
26	5.2	I	60.27	-	672.71	276.52	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	90.36	42.66	45.07	45.08
27	5.4	I	58.8	-	655.8	269.77	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	88.71	42.69	44.7	44.64
28	5.6	I	61.74	-	689.61	283.26	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	92.09	42.62	45.43	45.52
29	5.8	I	64.68	-	723.42	296.75	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	95.88	42.49	46.15	46.4
30	6	I	64.68	-	723.42	296.75	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	95.88	42.49	46.15	46.4
31	6.2	I	58.8	-	655.8	269.77	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	88.71	42.69	44.7	44.64
32	6.4	I	66.15	-	740.33	303.5	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	97.95	42.4	46.5	46.85
33	6.6	I	80.85	-	909.38	370.94	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	100	40.51	49.82	51.26

**SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI**

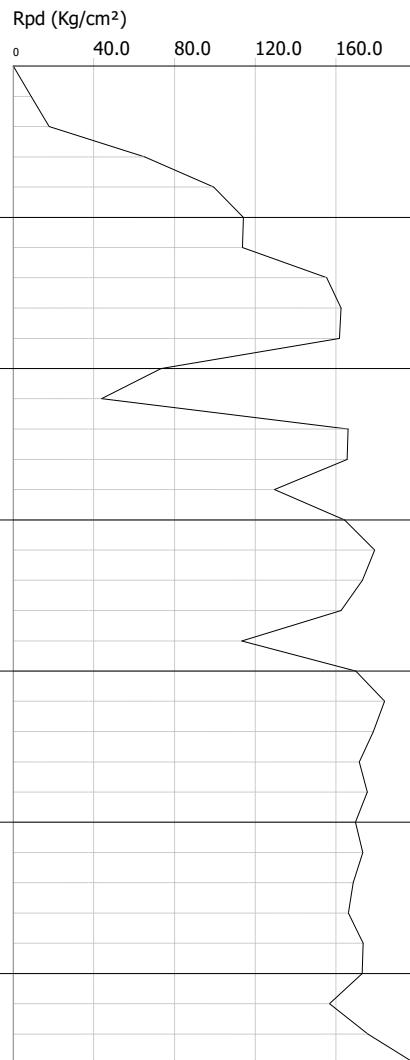
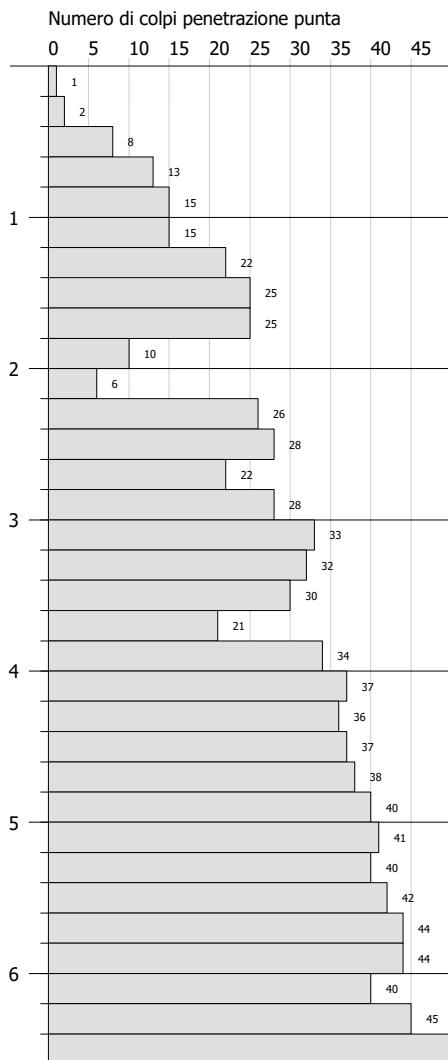
Strato			Nspt	Cu	Ey	Mo	Classificazione	Puv	PuvS	Dr	Φ1	Φ2	Φ3
Nr.	Prof.	Tipo	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	%	(°)	(°)	(°)
1	0.4	I-C	2.2	0.1	13.4	10.1	TERRENO VEGETALE	1.6	1.9	13.0	30.5	20.7	27.7
2	2.2	I	22.7	-	240.7	104.2	POCO ADDENSATO	2.1	2.3	52.6	37.5	33.0	33.8
3	6.6	I	53.0	-	589.0	243.1	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	83.5	42.1	43.0	42.9

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

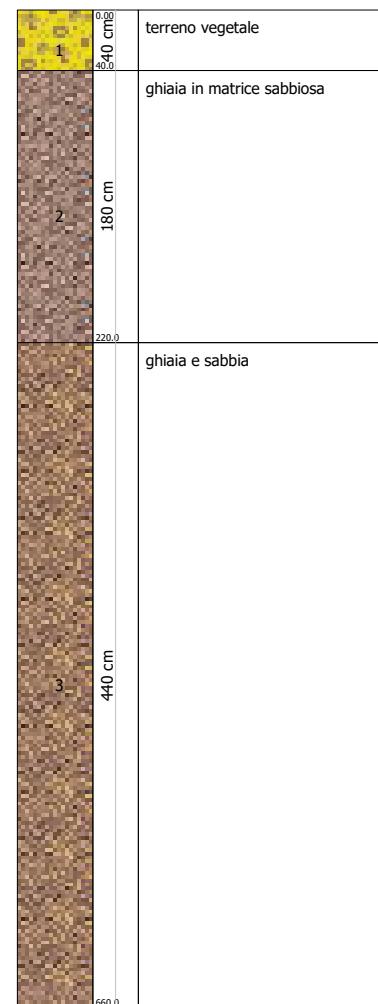
Committente: Sig. Pucciarelli Francesco  
Cantiere: loc. Piandebusi  
Località: Calderola (MC)

Data: 14/01/2019

Scala 1:50



Interpretazione Stratigrafica



## Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63-200

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica (mm)	35,7
Angolo di apertura punta (°)	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

### Legenda parametri geotecnici CPT:

**PROVA CPT2 – Loc. Piandebussi - Comune di Calderola (MC)**

Prova eseguita in data 08/01/2019

Profondità prova CPT - 14.20 m

Note: Falda non rilevata



**TABELLA VALORI DI RESISTENZA**

Prof. Strato (m)	Lettura Punta (kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura Laterale (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>s</sub> /qc <sub>x100</sub> (Schmertmann)
0.2	-	-	-	-	-	-
0.4	10	24	10.1	0.9	11.2	8.9
0.6	10	23	10.1	1.3	7.8	12.9
0.8	11	31	11.1	1.9	5.8	17.1
1.0	27	56	27.1	2.1	12.9	7.7
1.2	95	127	95.3	4.0	23.8	4.2
1.4	105	165	105.3	5.7	18.5	5.4
1.6	97	183	97.3	5.7	17.1	5.9
1.8	92	177	92.3	5.7	16.2	6.2
2.0	77	162	77.3	4.7	16.4	6.1
2.2	65	136	65.4	3.8	17.2	5.8
2.4	65	122	65.4	3.8	17.2	5.8
2.6	55	112	55.4	3.4	16.3	6.1
2.8	61	112	61.4	3.1	19.8	5.0
3.0	65	111	65.4	3.0	21.8	4.6
3.2	60	105	60.6	3.1	19.5	5.1
3.4	57	103	57.6	2.9	19.9	5.0
3.6	65	108	65.6	2.5	26.2	3.8
3.8	51	89	51.6	2.1	24.6	4.1
4.0	50	82	50.6	2.7	18.7	5.3
4.2	54	95	54.7	2.2	24.9	4.0
4.4	54	87	54.7	2.1	26.0	3.8
4.6	48	80	48.7	2.4	20.3	4.9
4.8	40	76	40.7	1.7	23.9	4.2
5.0	38	63	38.7	1.6	24.2	4.1
5.2	45	69	45.8	1.8	25.4	3.9
5.4	43	70	43.8	1.8	24.3	4.1
5.6	39	66	39.8	1.5	26.5	3.8
5.8	36	59	36.8	1.6	23.0	4.3
6.0	33	57	33.8	1.4	24.1	4.1
6.2	24	45	25.0	1.1	22.7	4.4
6.4	28	45	29.0	1.1	26.4	3.8
6.6	27	44	28.0	1.1	25.5	3.9
6.8	28	45	29.0	1.3	22.3	4.5
7.0	29	48	30.0	1.3	23.1	4.3
7.2	25	44	26.1	1.3	20.1	5.0
7.4	25	44	26.1	1.3	20.1	5.0
7.6	35	54	36.1	1.5	24.1	4.2
7.8	29	51	30.1	1.4	21.5	4.7
8.0	22	43	23.1	1.5	15.4	6.5
8.2	30	52	31.2	1.5	20.8	4.8
8.4	25	47	26.2	1.3	20.2	5.0
8.6	28	47	29.2	1.4	20.9	4.8
8.8	27	48	28.2	1.1	25.6	3.9
9.0	25	42	26.2	1.1	23.8	4.2
9.2	23	40	24.4	0.9	27.1	3.7
9.4	26	40	27.4	1.1	24.9	4.0
9.6	24	41	25.4	1.4	18.1	5.5
9.8	24	45	25.4	0.9	28.2	3.5
10.0	28	42	29.4	0.8	36.8	2.7
10.2	36	48	37.5	1.1	34.1	2.9
10.4	25	41	26.5	1.0	26.5	3.8
10.6	52	67	53.5	1.3	41.2	2.4
10.8	38	57	39.5	0.8	49.4	2.0
11.0	36	48	37.5	0.8	46.9	2.1
11.2	43	55	44.7	1.4	31.9	3.1
11.4	30	51	31.7	1.5	21.1	4.7
11.6	29	52	30.7	1.6	19.2	5.2
11.8	29	53	30.7	1.4	21.9	4.6
12.0	29	50	30.7	1.3	23.6	4.2
12.2	27	47	28.8	1.3	22.2	4.5
12.4	28	47	29.8	1.2	24.8	4.0
12.6	26	44	27.8	1.2	23.2	4.3
12.8	28	46	29.8	1.3	22.9	4.4
13.0	27	46	28.8	1.3	22.2	4.5
13.2	31	50	32.9	1.5	21.9	4.6
13.4	34	56	35.9	1.5	23.9	4.2
13.6	34	56	35.9	1.7	21.1	4.7
13.8	41	66	42.9	1.7	25.2	4.0
14.0	45	70	46.9	3.3	14.2	7.0
14.2	300	350	302.1	-	-	-

**PROVA CPT2 – Loc. Piandebussi - Comune di Calderola (MC)**

Prova eseguita in data 08/01/2019

Profondità prova CPT - 14.20 m

Note: Falda non rilevata



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**

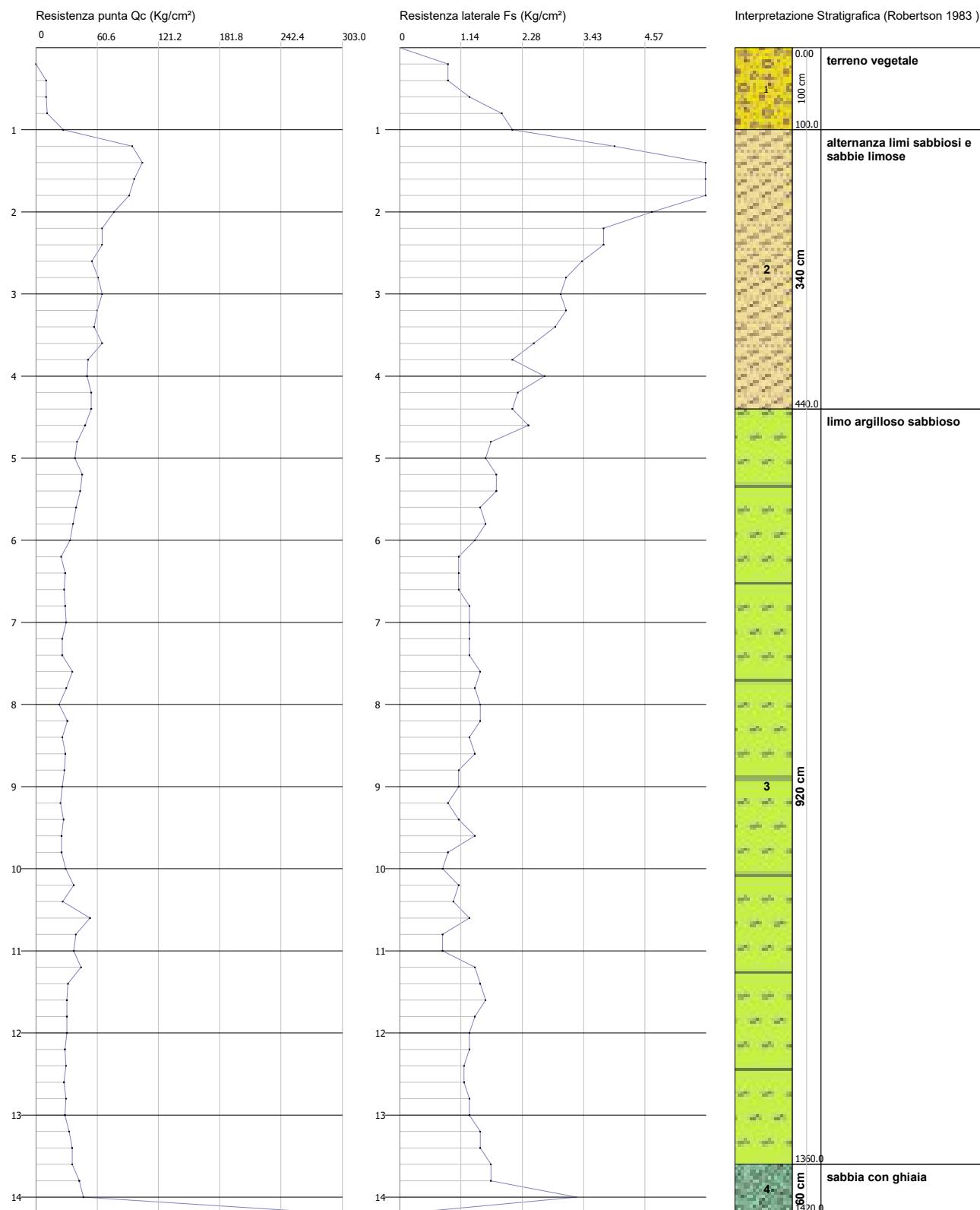
Strato			Cu	Mo	Eu	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Φ	Ey	K
Nr.	Prof.	Tipo	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	%	(°)	Kg/cm <sup>2</sup>	cm/s
1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0.4	C	0.50	30.30	51.00	115.00	-	1.86	1.94	-	-	-	-
3	0.6	C	0.50	30.30	51.00	115.00	-	1.86	1.94	-	-	-	-
4	0.8	C	0.60	33.30	56.00	121.90	-	1.87	1.95	-	-	-	-
5	1.0	C	1.30	81.30	136.00	210.20	-	2.02	2.10	-	-	-	-
6	1.2	I-C	4.80	143.00	477.00	453.30	-	2.23	2.31	100	35.86	190.6	-
7	1.4	I-C	5.30	158.00	527.00	481.80	-	2.25	2.33	100	35.25	210.6	-
8	1.6	C	4.90	146.00	487.00	459.10	-	2.24	2.32	-	-	-	-
9	1.8	C	4.60	138.50	462.00	444.50	-	2.23	2.31	-	-	-	-
10	2.0	C	3.80	116.00	387.00	398.90	-	2.20	2.28	-	-	-	-
11	2.2	C	3.30	98.10	327.00	360.10	-	2.17	2.25	-	-	-	-
12	2.4	C	3.20	98.10	327.00	360.10	-	2.17	2.25	-	-	-	-
13	2.6	C	2.70	83.10	277.00	325.40	-	2.14	2.22	-	-	-	-
14	2.8	I-C	3.00	92.10	307.00	346.50	-	2.16	2.24	70.08	28.54	122.8	-
15	3.0	I-C	3.20	98.10	327.00	360.10	-	2.17	2.25	70.23	28.46	130.8	-
16	3.2	I-C	3.00	90.90	303.00	343.80	-	2.16	2.24	65.45	27.74	121.2	-
17	3.4	I-C	2.80	86.40	288.00	333.30	-	2.15	2.23	61.78	27.18	115.2	-
18	3.6	I-C	3.20	98.40	328.00	360.80	-	2.17	2.25	64.84	27.5	131.2	-
19	3.8	I-C	2.50	77.40	258.00	311.60	-	2.13	2.21	54.45	26.07	103.2	-
20	4.0	I-C	2.50	75.90	253.00	307.90	-	2.13	2.21	52.26	25.72	101.2	-
21	4.2	I-C	2.70	82.10	274.00	322.90	-	2.14	2.22	53.71	25.84	109.4	-
22	4.4	I-C	2.70	82.10	274.00	322.90	-	2.14	2.22	52.38	25.61	109.4	-
23	4.6	I-C	2.40	73.10	244.00	300.80	-	2.12	2.20	46.86	24.83	97.4	-
24	4.8	I-C	2.00	122.10	204.00	269.50	-	2.09	2.17	39.09	23.76	81.4	-
25	5.0	I-C	1.90	116.10	194.00	261.40	-	2.08	2.16	36.08	23.32	77.4	-
26	5.2	I-C	2.20	68.70	229.00	289.70	-	2.11	2.19	41.14	23.92	91.6	-
27	5.4	I-C	2.10	131.40	219.00	281.90	-	2.10	2.18	38.44	23.52	87.6	-
28	5.6	I-C	1.90	119.40	199.00	265.90	-	2.08	2.16	33.91	22.88	79.6	-
29	5.8	I-C	1.80	110.40	184.00	253.40	-	2.07	2.15	30.05	22.34	73.6	-
30	6.0	I-C	1.60	101.40	169.00	240.60	-	2.06	2.14	25.99	21.76	67.6	-
31	6.2	I-C	1.20	75.00	125.00	200.10	-	2.00	2.08	14.05	20.17	50	-
32	6.4	I-C	1.40	87.00	145.00	219.10	-	2.03	2.11	18.63	20.72	58	-
33	6.6	I-C	1.30	84.00	140.00	214.50	-	2.02	2.10	16.53	20.41	56	-
34	6.8	I-C	1.40	87.00	145.00	219.10	-	2.03	2.11	17.01	20.44	58	-
35	7.0	I-C	1.40	90.00	150.00	223.70	-	2.03	2.11	17.48	20.46	60	-
36	7.2	I-C	1.20	78.30	131.00	205.50	-	2.01	2.09	11.63	19.66	52.2	-
37	7.4	I-C	1.20	78.30	131.00	205.50	-	2.01	2.09	10.9	19.54	52.2	-
38	7.6	I-C	1.70	108.30	180.00	250.50	-	2.06	2.14	22.04	20.95	72.2	-
39	7.8	I-C	1.40	90.30	151.00	224.20	-	2.03	2.11	14.67	19.96	60.2	-
40	8.0	C	1.10	69.30	116.00	190.70	-	1.99	2.07	-	-	-	-
41	8.2	I-C	1.50	93.60	156.00	229.10	-	2.04	2.12	14.65	19.89	62.4	-
42	8.4	I-C	1.20	78.60	131.00	205.90	-	2.01	2.09	7.61	18.95	52.4	-
43	8.6	I-C	1.40	87.60	146.00	220.00	-	2.03	2.11	10.95	19.35	58.4	-
44	8.8	I-C	1.30	84.60	141.00	215.40	-	2.02	2.10	9.06	19.08	56.4	-
45	9.0	I-C	1.20	78.60	131.00	205.90	-	2.01	2.09	5.77	18.62	52.4	-
46	9.2	I-C	1.10	73.20	122.00	197.20	-	1.99	2.07	-	18.18	48.8	-
47	9.4	I-C	1.30	82.20	137.00	211.70	-	2.01	2.09	6.24	18.63	54.8	-
48	9.6	C	1.20	76.20	127.00	202.10	-	2.00	2.08	-	-	-	-
49	9.8	I-C	1.20	76.20	127.00	202.10	-	2.00	2.08	-	18.07	50.8	-
50	10.0	I-C	1.40	88.20	147.00	221.00	-	2.03	2.11	7.16	18.67	58.8	-
51	10.2	I-C	1.80	112.50	188.00	256.40	-	2.07	2.15	15.53	19.73	75	-
52	10.4	I-C	1.20	79.50	132.00	207.40	-	2.01	2.09	-	17.99	53	-
53	10.6	I-C	2.60	80.30	268.00	318.60	-	2.13	2.21	27.48	21.24	107	-
54	10.8	I-C	1.90	118.50	198.00	264.70	-	2.08	2.16	15.85	19.7	79	-
55	11.0	I-C	1.80	112.50	188.00	256.40	-	2.07	2.15	13.43	19.36	75	-
56	11.2	I-C	2.10	134.10	224.00	285.40	-	2.10	2.18	19.36	20.11	89.4	-
57	11.4	I-C	1.50	95.10	159.00	231.40	-	2.04	2.12	6.3	18.39	63.4	-
58	11.6	C	1.40	92.10	154.00	226.90	-	2.03	2.11	-	-	-	-
59	11.8	I-C	1.40	92.10	154.00	226.90	-	2.03	2.11	-	18.07	61.4	-
60	12.0	I-C	1.40	92.10	154.00	226.90	-	2.03	2.11	-	17.99	61.4	-
61	12.2	I-C	1.30	86.40	144.00	218.20	-	2.02	2.10	-	17.61	57.6	-
62	12.4	I-C	1.40	89.40	149.00	222.80	-	2.03	2.11	-	17.7	59.6	-
63	12.6	I-C	1.30	83.40	139.00	213.50	-	2.01	2.09	-	17.29	55.6	-
64	12.8	I-C	1.40	89.40	149.00	222.80	-	2.02	2.10	-	17.55	59.6	-
65	13.0	I-C	1.30	86.40	144.00	218.20	-	2.02	2.10	-	17.31	57.6	-
66	13.2	I-C	1.50	98.70	165.00	236.70	-	2.04	2.12	-	17.87	65.8	-
78	13.4	I-C	1.70	107.70	180.00	249.60	-	2.06	2.14	6.53	18.21	71.8	-
79	13.6	I-C	1.70	107.70	180.00	249.60	-	2.06	2.14	6.11	18.14	71.8	-
80	13.8	I	-	128.70	215.00	278.30	-	2.09	2.17	12.22	18.92	85.8	-
81	14.0	I	-	70.40	235.00	293.90	-	2.11	2.19	-	-	-	-
82	14.2	I	-	453.20	1511.00	917.30	-	2.43	2.51	82.83	28.06	604.2	-

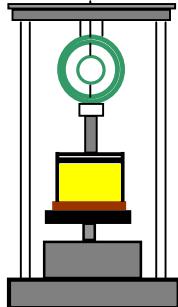
**SINTESI STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**

Strato			Cu	Mo	Eu	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Φ	Ey	K
Nr.	Prof.	Tipo	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	%	(°)	Kg/cm <sup>2</sup>	cm/s
1	1.0	C	0.73	43.80	73.50	140.53	-	1.90	1.98	-	-	-	-
2	4.4	I-C	3.42	103.78	346.06	370.18	-	2.18	2.26	67.74	28.52	131.42	-
3	13.6	I-C	1.54	92.76	162.83	233.89	-	2.04	2.12	18.95	19.82	65.91	-
4	14.2	I	-	217.43	653.67	496.50	-	2.21	2.29	47.53	23.49	345.00	-

Committente: Sig. Pucciarelli Francesco  
Cantiere: loc. Piandebusi  
Località: Caldaro (MC)

Data: 14/01/2019  
Pag. 1 Scala 1:70





**GEOTECNO**  
di Dr. Bellesi Roberto  
LABORATORIO GEOTECNICO  
Via Cluentina, 57 62100 Piediripa (MC)  
Tel e Fax 0733/283589  
P.I.V.A. 01737150431 – C.F. BLLRRT66E18E783P

## DATI DELLE PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

Richiedente:  
Dott. Palpacelli Stefano

Indagine:  
Pucciarelli Francesco Piano di Lottizzazione 2  
Loc. Piandebussi Calderola (MC)

14 Dicembre 2018



Il responsabile  
Dr. Geol. Bellesi Roberto

---

Richiedente:	Dott. Palpacelli Stefano		
con sede in:	Treia (MC)		
Indagine:	Pucciarelli Francesco Piano di Lottizzazione 2 Piandebussi Calderola (MC)		
Sondaggio:	<b>S2</b>	Campione: <b>C1</b>	Profondità prelievo m <b>4,00-4,50</b>
Dimensione del campione:	Diametro <b>100</b> mm	lunghezza <b>240</b> mm	

### Caratteristiche generali del campione

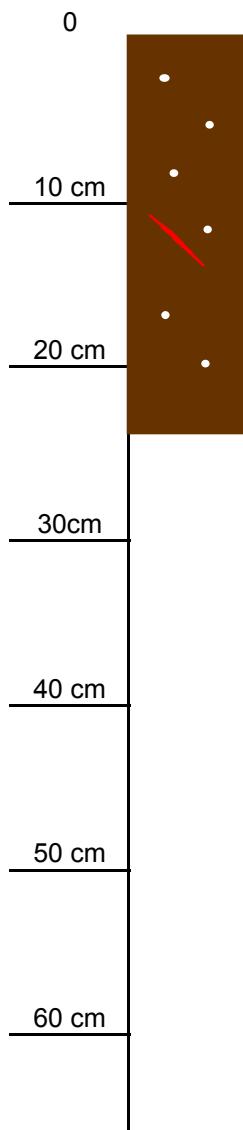
<b>indisturbato</b>
Stato del campione
rimaneggiato

Data di prelievo
26/11/2018

### Prove eseguite

Alto	Rp= <b>2,25</b> kg/cm <sup>2</sup>
Basso	Tv= _____ kg/cm <sup>2</sup>

Basso	Rp= <b>2,00</b> kg/cm <sup>2</sup>
Tv= _____ kg/cm <sup>2</sup>	



### Identificazione

#### Descrizione visuale

Limo argilloso-argilla limosa marrone scuro con clasti millimetrici calcarei e screziature di ossidazione, struttura brecciata, consistente.

<b>2,05</b>	Peso di volume $\gamma$	<b>41,24</b>	Limite liquido <b>WI</b>
<b>19,12</b>	Contenuto in acqua <b>Wn</b>	<b>23,50</b>	Limite plastico <b>Wp</b>
	Grado di saturazione <b>Sr</b>	<b>17,74</b>	Indice plastico <b>Ip</b>
<b>1,72</b>	Peso volume secco $\gamma_d$	<b>1,24</b>	Indice di consistenza <b>Ic</b>
	Indice dei vuoti <b>e</b>	<b>-0,24</b>	Indice di liquidità <b>IL</b>
	Porosità <b>n</b>		Limite di ritiro <b>Ws</b>
	Peso specifico dei grani <b>Gs</b>		Attività <b>A</b>

### Granulometria

Argilla      Limo      Sabbia      Ghiaia

Classificazione      USCS (AGI)      AASHTO (CNR UNI 10006)

### Caratterizzazione meccanica

Compressione laterale libera

**X** Taglio diretto CD

Taglio diretto RS

Consolidazione edometrica

Compressione triassiale UU

Compressione triassiale CU

Compressione triassiale CD

Costipamento Proctor standard

Costipamento Proctor Modificata

Permeabilità diretta a carico variabile in cella edometrica

Permeabilità diretta a carico variabile

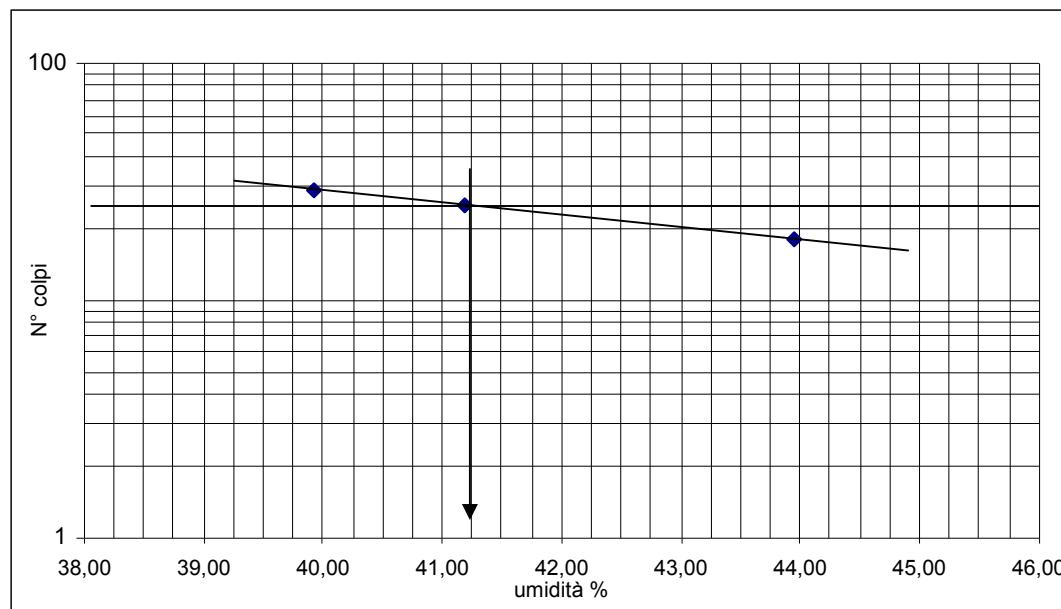
Permeabilità diretta a carico costante

**Limo argilloso-argilla limosa**

Richiedente:	Dott. Palpacelli Stefano		
con sede in:	Treia (MC)		
Indagine:	Pucciarelli Francesco Piano di Lottizzazione 2 Piandebusi Caldarola (MC)		
Sondaggio:	<b>S2</b>	Campione: <b>C1</b>	Profondità prelievo m <b>4,00-4,50</b>

**Determinazione del limite di liquidità e di plasticità**

N° dei colpi	18	25	29	Limite plastico	
Recipiente n°	36	36	39	61	63
Peso lordo campione umido g	71,16	70,24	64,78	66,16	52,21
Peso lordo campione asciutto g	58,70	58,60	54,12	59,40	48,04
Peso acqua g	12,46	11,64	10,66	6,76	4,17
Tara g	30,35	30,34	27,42	30,50	30,38
Peso netto secco g	28,35	28,26	26,70	28,90	17,66
Umidità %	43,95	41,19	39,93	23,39	23,61



Limite liquido 41,24  
Limite plastico 23,50  
Indice di plasticità 17,74

Carta di Plasticità di Casagrande:  
Argille inorganiche di media plasticità  
(CL)

Richiedente:	Dott. Palpacelli Stefano		
con sede in:	Treia (MC)		
Indagine:	Pucciarelli Francesco Piano di Lottizzazione 2 Piandebussi Calderola (MC)		
Sondaggio:	<b>S2</b>	Campione: <b>C1</b>	Profondità prelievo m <b>4,00-4,50</b>

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

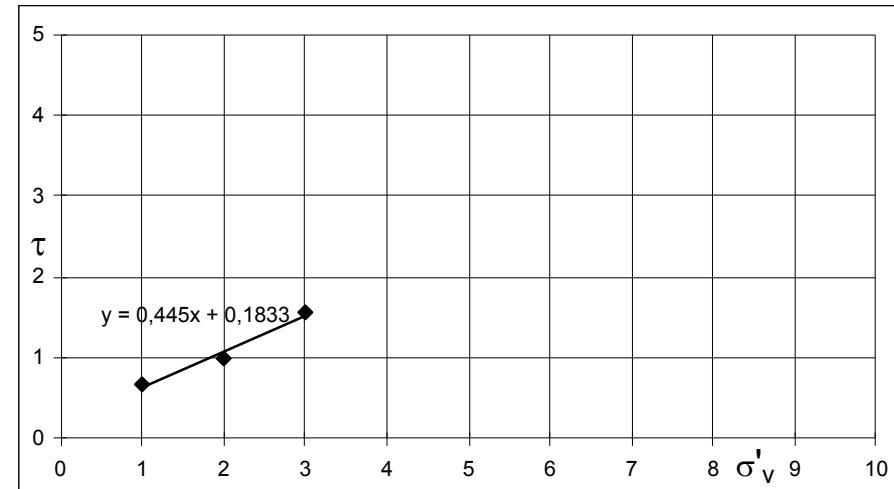
Caratteristiche iniziali medie dei provini

Peso: = 147,78 g  
 Peso dell'unità di volume: Y= 2,05 g/cm<sup>3</sup>  
 Peso specifico dei grani: Ys=  g/cm<sup>3</sup>  
 Contenuto in acqua: W= 19,12 %  
 Indice dei vuoti: e=   
 Porosità: n=  %  
 Grado di saturazione: Sr=

Velocità di deformazione: 0,004 mm/min

Stato del campione: **indisturbato**  
 rimaneggiato  
 costipato  
 Dimensione dei provini:  
 L= 60 mm  
 altezza 20 mm  
 Tipo della prova:  
 Non consolidata-non drenata  
 Consolidata-non drenata  
**Consolidata-drenata**

PROVINO			1	2	3
<b>CONSOLIDAZIONE</b>					
Pressione verticale	σ	Kg/cm <sup>2</sup>	1,00	2,00	3,00
Tempo di consolidazione		h	24,00	24,00	24,00
Cedimento finale	δ <sub>1</sub>	mm	0,38	0,94	1,37
<b>ROTTURA</b>					
Sollecitazione tangenziale di picco	τ	Kg/cm <sup>2</sup>	0,67	0,99	1,56
Deformazione trasversale	δτ	mm	1,82	2,66	2,97
Deformazione normale	δω	mm	0,13	0,42	0,57
Sollecitazione tangenziale residua	τ	Kg/cm <sup>2</sup>			
Deformazione trasversale	δτ	mm			
Deformazione normale	δω	mm			
Contenuti in acqua finale	Wf	%	20,57	20,36	19,81



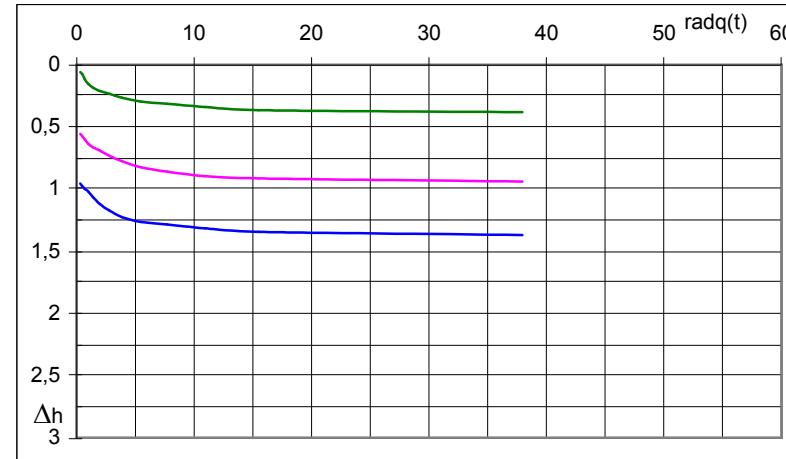
$$\Phi' = \underline{23,9^\circ} \quad c' = \underline{0,18} \text{ Kg/cm}^2$$

Richiedente:	Dott. Palpacelli Stefano		
Indagine:	Pucciarelli Francesco Piano di Lottizzazione 2 Piandebussi Calderola (MC)		
Sondaggio:	<b>S2</b>	Campione: <b>C1</b>	Profondità prelievo m <b>4,00-4,50</b>

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

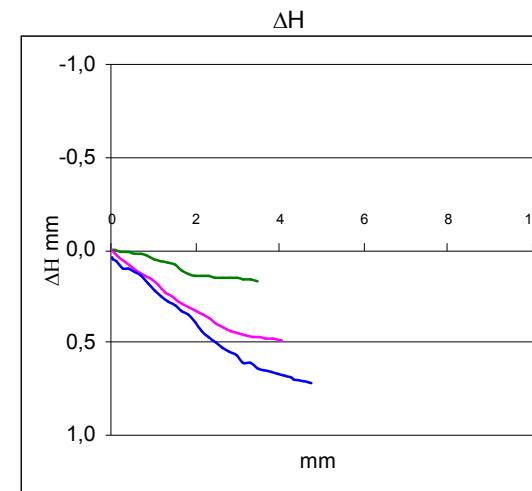
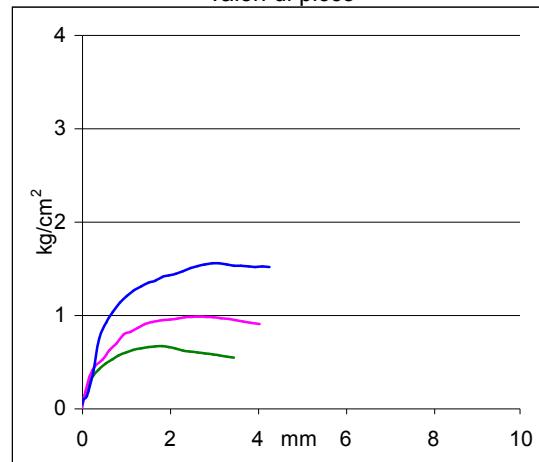
#### Consolidazione

tempi	prov. n°1	prov. n°2	prov. n°3
6"	6	55,5	95,5
15"	7,5	57,5	97,5
30"	11,5	60	100
1'	15,5	63,5	102
2'	18,5	66,5	106,5
4'	21	69	112
8'	23,5	73,5	117,5
15'	26,5	77,5	122,5
30'	29,5	82,5	126,5
1h	31,5	86	128,5
2h	34	89,5	131,5
4h	36,5	91,5	134,5
24h	38	94	137



#### Rottura

##### valori di picco





**INDAGINI GEOFISICHE AD INTEGRAZIONE DELLA RELAZIONE  
GEOLOGICA ESEGUITE PRESSO LA LOTTIZZAZIONE PUCCIARELLI  
NEL COMUNE DI CALDAROLA (MC)**

**Oggetto:** Indagine Geofisica

**Committente:** Dott. Geol. S. Palpacelli

**Commissa:** 12-19

Falconara M.ma, lì 14 Gennaio 2019

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
1.1 <i>GEOFISICA</i> .....	3
2. INDAGINE SISMICA TIPO MASW .....	3
2.1 Strumentazione utilizzata .....	3
2.2 Indagine <i>MASW</i> : metodologia ed acquisizione .....	4
3. INDAGINE SISMICA PASSIVA H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) .....	5
3.1 Strumentazione impiegata .....	6
3.2 Procedura di analisi dati .....	6
3.3 .....	14
4. CONCLUSIONI .....	15
4.1 Frequenza di risonanza Terreno .....	16

## ALLEGATO – GRAFICI E MODELLI DI CALCOLO INVERSIONE CONGIUNTA

- Tabulati e grafici

## 1. PREMESSA

Su incarico e per conto del Dott. Geol. S. Palpacelli, ai sensi del DD.MM. del 17 Gennaio 2018, è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche ad integrazione della relazione geologica eseguite presso la Scuola De Amicis in Corso Amendola nel Comune di Ancona.

Le indagini sono state eseguite secondo il seguente programma.

;

### 1.1 GEOFISICA

- esecuzione di n°1 indagini sismica tipo Masw;
- esecuzione di n°1 indagine sismica tipo HVSR;

n°	Stesa	Lunghezza	N° Scoppi	Data
1	Masw	46,0	6	08/01/19
2	HVSR	-	-	09/01/19

**Tab.1** – Elenco indagini geofisiche.

## 2. INDAGINE SISMICA TIPO MASW

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale mediante il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie(Rayleigh) con tecnica MASW.

### 2.1 Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria 4.5 Hz (Masw), ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali prodotte da una specifica sorgente;
- sistema di acquisizione dati: Sismografo Geometrix ES-2401 con memoria dinamica a 12 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali ciascuno per un totale di 24 canali, n° 2 cavi sismici telemetrici di 60 m ciascuno, il sistema è in grado di registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione;
- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra metallica), consentendo ad un

condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

## 2.2 Indagine MASW: metodologia ed acquisizione

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio VS, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 2-100Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 10m ed i 50m, in funzione della rigidezza del suolo e delle caratteristiche della sorgente e presenta una maggiore affidabilità per profondità di circa 20m.

Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S.

I vantaggi della tecnica M.A.S.W. possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

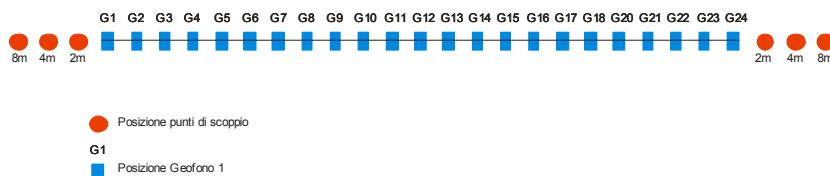
- Creazione dello spettro FK;
- Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- Profilo di velocità delle onde s.

I limiti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali ed omogenei, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata sia dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Nell'area indagata le condizioni sopra riportate sono quasi del tutto rispettate. Si rammenta in ogni caso che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

La "copertura" dei tiri sulla base sismica è stata tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alla profondità stabilita dall'indagine. L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (V. Roma, 2007). L'acquisizione è stata eseguita posizionando i 24 geofoni da 4.5 Hz, secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

Lunghezza stendimento ricevitori: 46 m; n. geofoni: 24; distanza intergeofonica: 2m

n. punti di energizzazione: 6; offset sorgenti: 2 m, 4m e 8m; durata acquisizione: 1024 ms e 2048ms; intervallo di campionamento: 0.5 ms 1 ms



**Fig.1** : Geometria di acquisizione ed ubicazione punti di energizzazione.

### 3. INDAGINE SISMICA PASSIVA H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V. La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva e si avvale del rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Tale registrazione è stata utilizzata per la determinazione della frequenza caratteristica di risonanza che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare manufatti aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi in caso di sisma.

Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

### **3.1 Strumentazione impiegata**

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Per tale scopo viene utilizzato un sismografo 24 bit GEOBOX prodotto dalla ditta Sara Instruments Srl (frequenza di risonanza 0.45 Hz).

Lo strumento (GeoBox – Sara Instrument) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione, alimentato a batterie, senza cavi esterni.

### **3.2 Procedura di analisi dati**

Sui terreni di sedime è stata condotta, un'indagine geofisica attraverso l'acquisizione di n.1 registrazione a stazione singola, denominata Geo1.

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero si ricava la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), avendo utilizzato i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale;
- rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene riprodotta creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Tale operazione è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo che può essere la profondità, nota tramite prove dirette (Sondaggi eseguiti in situ), di un riflettore sismico il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mularia, 2008) o la velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) del primo strato nota da altre indagini.

Di seguito viene riportata l'elaborazione congiunta delle indagini sismiche.

Campagna	Caldarola	Data:	09/01/2019
Sito	Lott. Pucciarelli	Operatore	G. Giambattistini
Strumento Acquisitore	Tromografo	Sismometro Tipo	SARA geobox
Frequenza Sismometro	-	Fondo scala	4,5 Hz
Freq. Campionamento	300 Hz	GPS LOC	No
Inizio Registrazione	16:16	Durata (sec)	1200
NOME FILE		FORMATO FILE	SAF
Coordinate			
	GPS	UTM	ALTRO
Latitudine		4777159.00 m N	
Longitudine		355946.00 m E	
Quota (m)	333		

**Indicazioni sul Sito:**



**INSTALLAZIONE SISMOMETRO: ACCOPPIAMENTO**

- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Roccia          | <input type="checkbox"/> Asfalto                     | <input type="checkbox"/> Sabbia          | <input type="checkbox"/> Erba          |
| <input type="checkbox"/> Terreno Riporto | <input checked="" type="checkbox"/> Terreno_compatto | <input type="checkbox"/> Terreno_bagnato | <input type="checkbox"/> Terreno_secco |
| <input type="checkbox"/> Cemento         | <input type="checkbox"/> Sterrato                    | <input type="checkbox"/> Pavimentazione  | <input type="checkbox"/> Marciapiede   |

**Modalità Accoppiamento Sismometro Terreno:**

appoggiato

**INSTALLAZIONE SISMOMETRO : GEOLOGIA**

- |                                 |   |                                  |                                  |
|---------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Roccia | <input checked="" type="checkbox"/> Terreno | <input type="checkbox"/> Detrito | <input type="checkbox"/> Riporto |
|---------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|

**altro/commento:** .....

**INSTALLAZIONE SISMOMETRO : POSIZIONAMENTO in**

## Inversione congiunta HV+MASW

- |   |   |  |                                       |
|---|---|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Città_via_principale       | <input type="checkbox"/> Città_via_secondaria | <input type="checkbox"/> Città_cortile | <input type="checkbox"/> Città_parco  |
| <input type="checkbox"/> Strada_principale          | <input type="checkbox"/> Strada_secondaria    | <input type="checkbox"/> Mura          | <input type="checkbox"/> Mura_antiche |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aperta_campagna | <input type="checkbox"/> Galleria             | <input type="checkbox"/> Cunicolo      |                                       |

**altro/commento:**.....

### INSTALLAZIONE GEOFONO : VICINANZA

- |   |   |  |                                   |
|---|---|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Fiume                      | <input type="checkbox"/> Canale         | <input type="checkbox"/> Fabbrica      | <input type="checkbox"/> Cantiere |
| <input type="checkbox"/> Lavori_stradali            | <input type="checkbox"/> Alberi         | <input type="checkbox"/> Ponti         | <input type="checkbox"/> Viadotti |
| <input type="checkbox"/> Mura                       | <input type="checkbox"/> Gallerie       | <input type="checkbox"/> fognature     |                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Edifici_nessuno | <input type="checkbox"/> Edifici_scarsi | <input type="checkbox"/> Edifici_densi |                                   |

distanza\_edificio\_vicino: numero\_piani\_edificio\_vicino:...

**strutture\_sotterranee:**.....

### CONDIZIONI ATMOSFERICHE :

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> vento_forte   | <input type="checkbox"/> vento_debole   | <input checked="" type="checkbox"/> no_vento   |
| <input type="checkbox"/> pioggia_forte | <input type="checkbox"/> pioggia_debole | <input checked="" type="checkbox"/> no_pioggia |

**altro/commento:**.....

### RUMORE RILEVABILE:

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Auto_nessuna              | <input type="checkbox"/> Auto_poche          | <input checked="" type="checkbox"/> Auto_tante |
| <input type="checkbox"/> Mezzi_pesanti_nessuno     | <input type="checkbox"/> Mezzi_pesanti_pochi | <input type="checkbox"/> Mezzi_pesanti_tanti   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pedoni_nessuno | <input type="checkbox"/> Pedoni_pochi        | <input type="checkbox"/> Pedoni_tanti          |

### ALTRI SORGENTI DI RUMORE

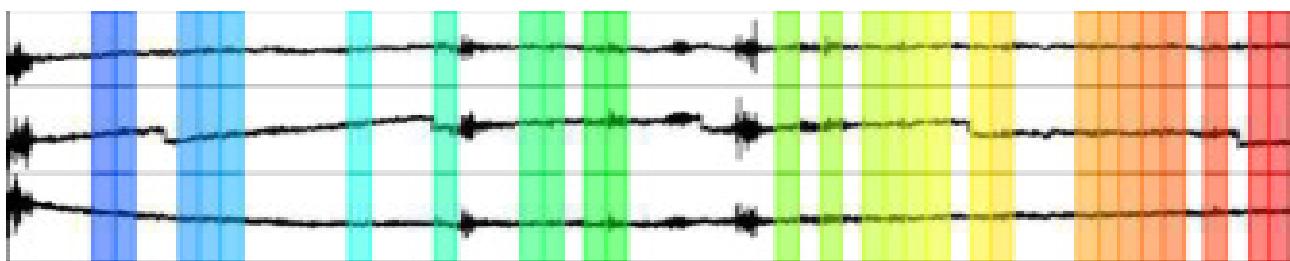
.....  
.....

**Stazione singola Geo1 - Dati di input**

Dati riepilogativi:

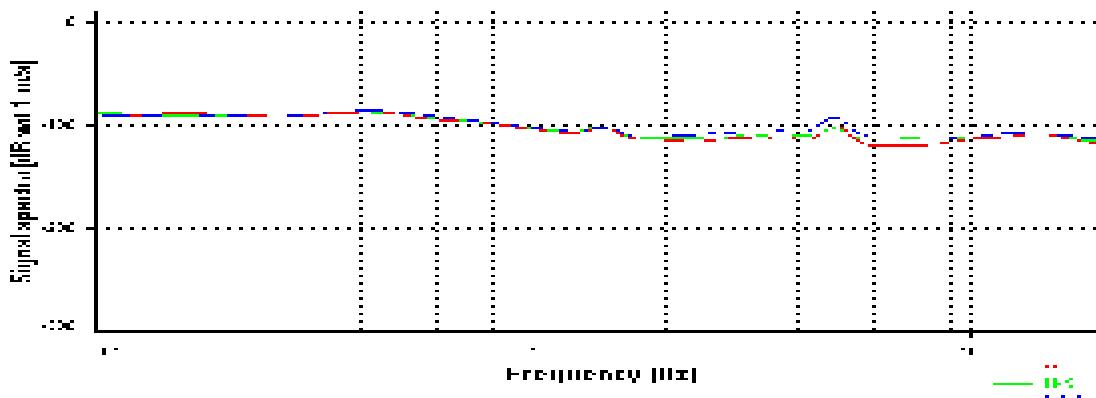
Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.
Numero totale finestre selezionate:	60
Numero finestre incluse nel calcolo:	29
Dimensione temporale finestre:	20 s
Tipo di lisciamento:	Konno - Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)
Percentuale di lisciamento:	5,00 %

Grafici tracce con finestre selezionate (in ordine V; N/S; E/W) :



**Fig.1:** Traccia e finestre selezionate in direzione N-S, E-W e Verticale.

Grafici degli spettri

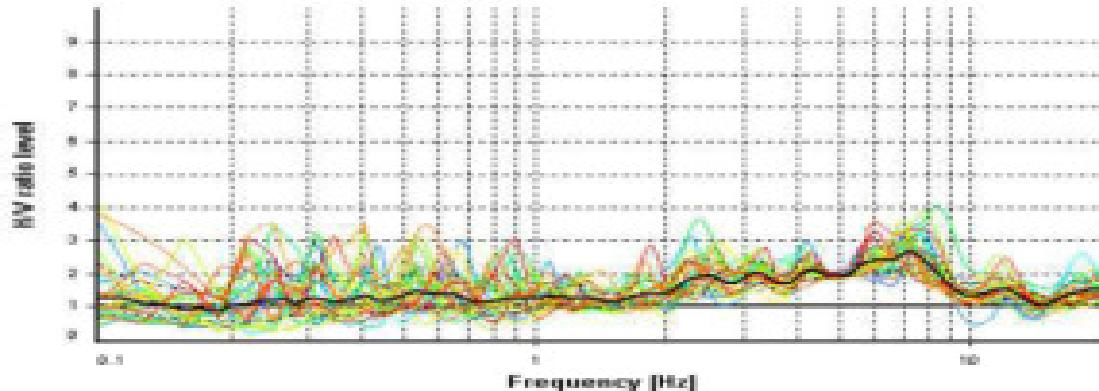


### Rapporto spettrale H/V

#### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 20,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,10 Hz  
 Passo frequenze: 0,10 Hz

#### Grafico rapporto spettrale H/V



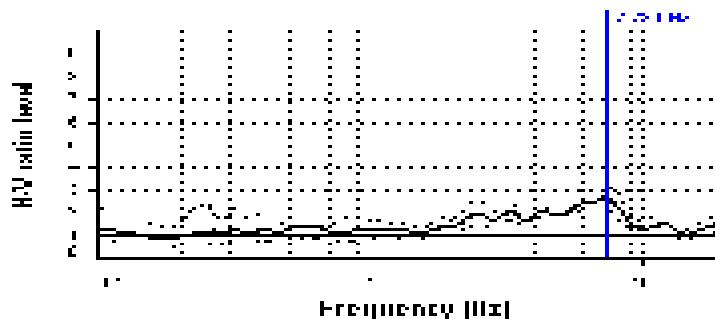
**Fig.5:** grafici rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia.

#### Verifiche SESAME:

**Selected  $f_0$  frequency 7.284 Hz**

**$A_0$  amplitude = 2.643**

**Average  $f_0 = 6.955 \pm 0.784$  Hz**



HVSR curve reliability criteria		
$t_0 > 10 \sqrt{L_0}$	27 valid windows (length > 1.37 s) out of 27	OK
$n_0(t_0) = 200$	3933.38 > 200	OK
$\alpha_0(t_0) = 2$ for 0.5%, $t_0 = 21$	Exceeded 0 times in 79	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \in [t_0/4, t_0] \mid A_{\text{HVSR}}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f \in [t_0, 4t_0] \mid A_{\text{HVSR}}(f) < A_0/2$	10.02064 Hz	OK
$A_0 > 2$	$2.64 > 2$	OK
$t_{\text{HVSR}}[A_{\text{HVSR}}(f) \pm \alpha_0(f)] = t_0 \pm 5\%$	$1.79\% < 5\%$	OK
$\alpha_0 < \alpha(t_0)$	$0.78407 > 0.3642$	NO
$\alpha_0(t_0) < \alpha(t_0)$	$1.18136 < 1.68$	OK
Overall criteria fulfillment:		NO

**Tab.2:** Sesame – Affidabilità del picco.

Campagna	Cadarola	Data	08-01-2019
Profilo	Lott. Pucciarelli	Operatore	M. Gaggiotti
Strumento	Ambrogeo Echo24	Condizioni Meteo	Sereno
Sorgente	mazza battente	Formato Dati	Sgy-Sg2
Frequenza Geofoni	4,5 Hz	Spaziatura Geofoni	1.5 m
Freq. Campionamento	0.478 ms	Lungh. registrazione	2000 ms
Coordinate			
Inizio Profilo		Fine Profilo	
Latitudine	4830284.83 m N	Latitudine	4830294.71 m N
Longitudine	381003.35 m E	Longitudine	380959.01 m E
Quota	38	Quota	38



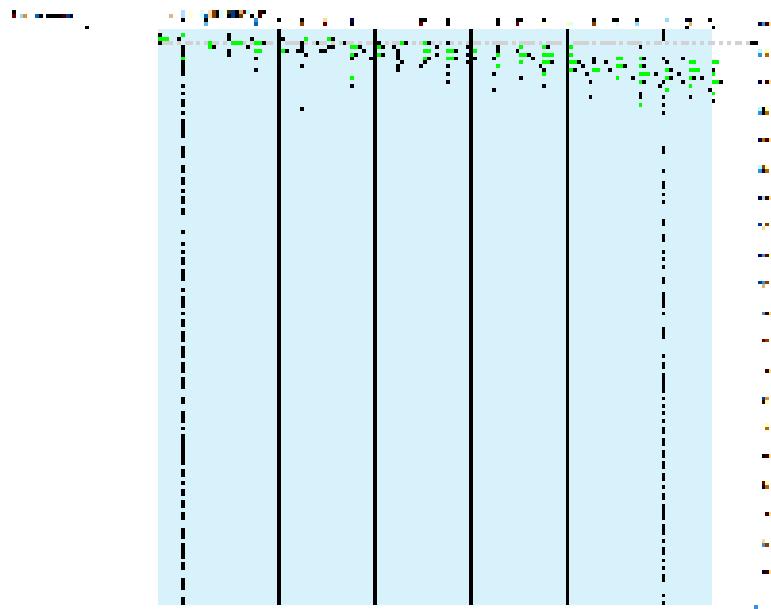
#### Schema geometria

Energizzazioni: 06      Ricevitori      24

Energiz. N°	Posizione Energiz.	Nome file	Posizioni Ricevitori	Tracce inattive	Note (Rumore, Energ. singola, stack Energ.)
1	- 2.0 m	01	0-46.0 m	0	6
2	- 4 m	02	0-46.0 m	0	6
3	-8 m	03	0-46.0	0	6
4	48.0 m	04	0-46.0	1	6
5	50.0 m	05	0-46.0	1	6
6	54.0	06	0-46.0	1	6

### Interpretazione dei risultati

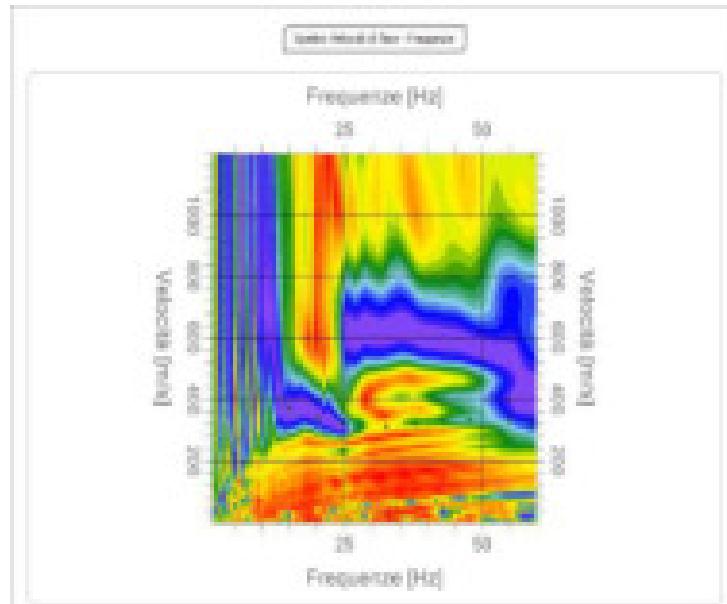
Numero di ricevitori	24
Numero di campioni temporali	2090
Passo temporale di acquisizione	0,478 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	2000 ms
Offset	4 m
Frequenza finale	60 Hz
Frequenza iniziale	02 Hz



**Fig. 6:** Tracce sperimentali

<b>Freq. [Hz]</b>	<b>V. fase [m/s]</b>	<b>Std. Dev</b>
13.33	399.85	39.98
15.02	370.30	37.03
20.22	338.30	33.83
24.57	323.52	32.35
27.59	308.75	30.88
32.67	311.21	31.12
37.87	321.06	32.11
42.83	328.45	32.84
47.66	330.91	33.09
55.04	328.45	32.84
59.15	318.60	31.86

**Tab.3:** Curva di dispersione ed intervallo di confidenza.



**Fig. 7:** Curva dispersione sperimentale e suo intervallo di fiducia.

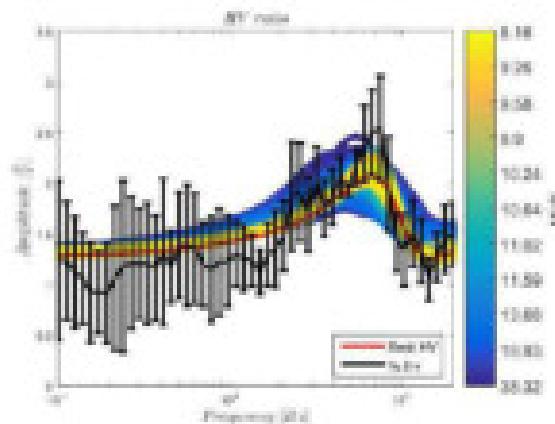
### ANALISI CONGIUNTA ONDE DI RAYLEIGH + HVSR

INVERSION SETTINGS		
Type of inversion algorithm	Global optimization - Monte Carlo sampling	
Number of iterations	1000	
Initial population	100	
Perturbation range	10% (firts model) 5 % (second model)	
Low parameters zone	Allows low velocity zones to exist (LVZ) for Vs	Yes
	Allows low velocity zones to exist (LVZ) for Vp	Yes
	Maimum Vs for half space	Yes
Wave parameters	Rayleigh wave modes	5
	Love wave modes	5
	Minimum number of samples	1000
	Maximum number of samples	2000
	Regularization factor	0.01

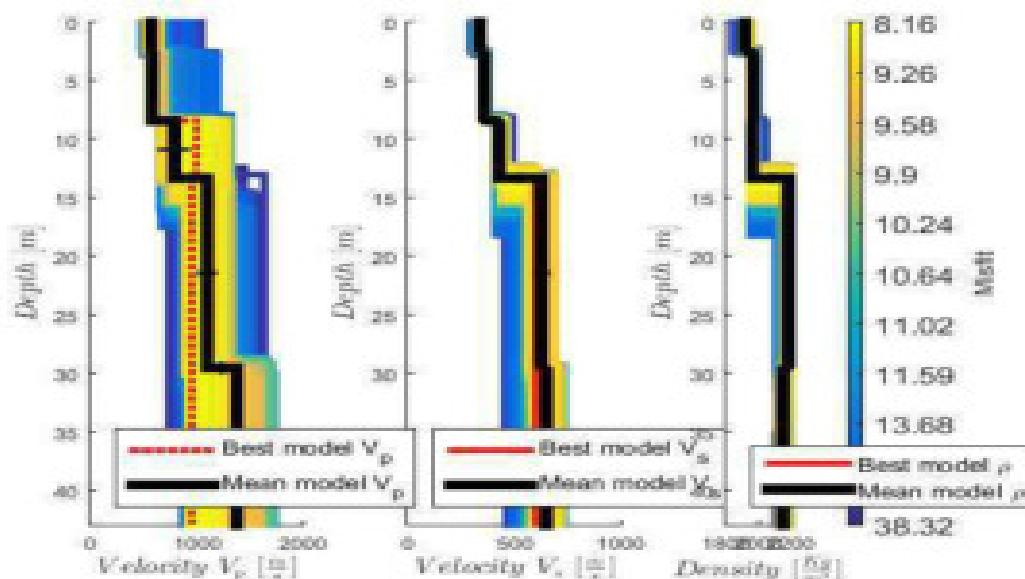
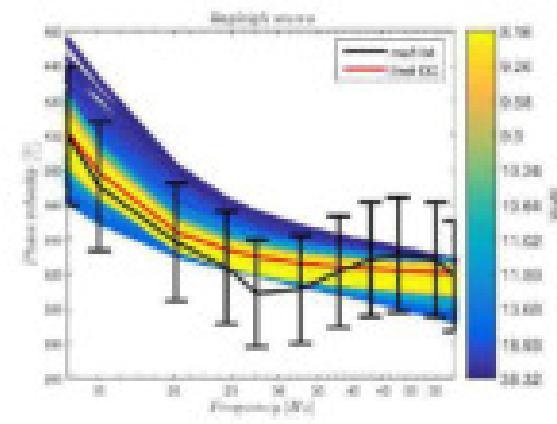
Spessore min (m)	Spessore max (m)	VP min (m/sec)	VP max (m/sec)	VS min (m/sec)	VS max (m/sec)	Densità min (kg/m <sup>3</sup> )	Densità max (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson ratio min	Poisson ratio max
2	3	250	1500	200	300	1850	2000	0.15	0.45
5	6	300	2000	350	500	1900	2000	0.15	0.45
2	10	400	2500	350	500	1950	2100	0.15	0.45
10	20	400	3000	400	1000	2000	2200	0.15	0.45
semispazio	-	400	3000	400	1000	2000	2200	0.15	0.45

**Tab.4:** Parametri di input per la modellazione.

**Fig.8** Range di spettri H/V calcolati



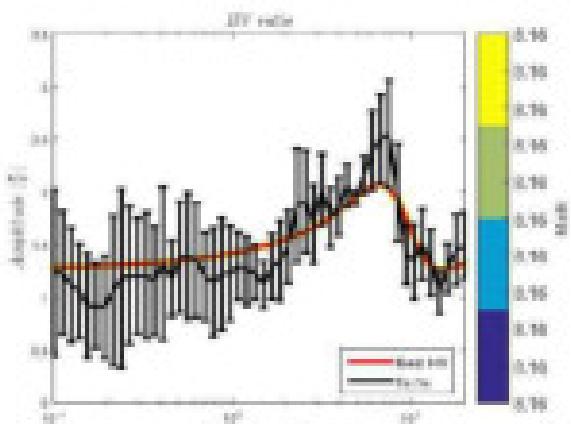
**Fig.9** Range di curva di dispersione calcolati



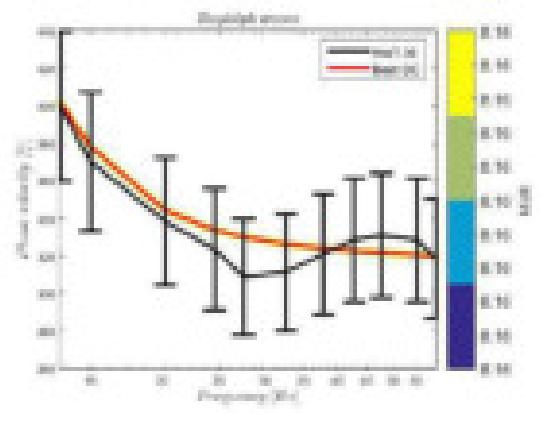
3.3

**Fig. 10:** range di velocità  $P$ ,  $S$  e densità calcolati

**Fig.11** best fitting H/V



**Fig.12** best fitting curva di dispersione



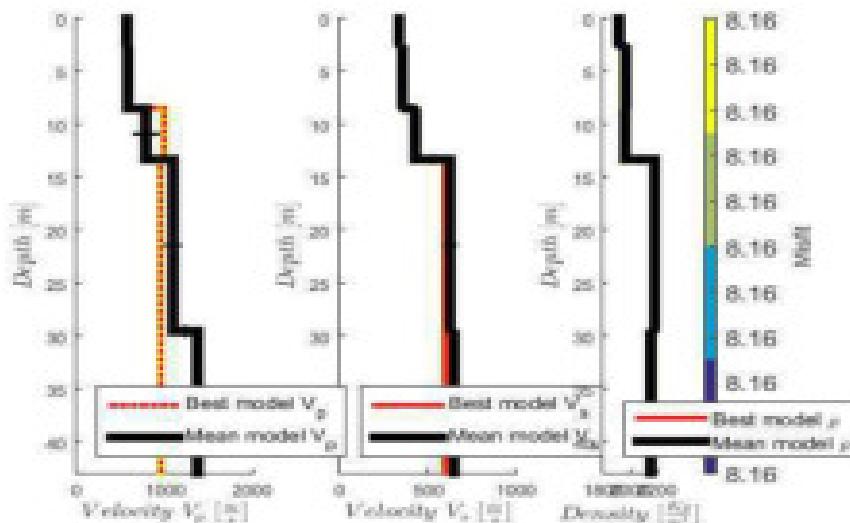


Fig. 13: best fitting velocità P, S e densità calcolati

Spessore min (m)	Profondità (m)	VP (m/sec)	VS (m/sec)	Density n (kg/m³)
2.5	2.5	596	344	1929
5.8	8.3	566	356	1947
5.0	13.3	1000	434	1957
15.8	29.1	958	598	2199
semispazio	-	962	600	2170

Tab.5: Parametri di output miglior modello individuato.

#### 4. CONCLUSIONI

Tale indagine, scaturita da un'analisi comparativa su tutte le soluzioni disponibili, ha permesso di calcolare la velocità in Vseq:

$$V_{seq} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} h_i V_{s,i}^2 + H^2}$$

con:

**hi** spessore dell'i-esimo strato;

**Vs,i** velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

**N** numero di strati;

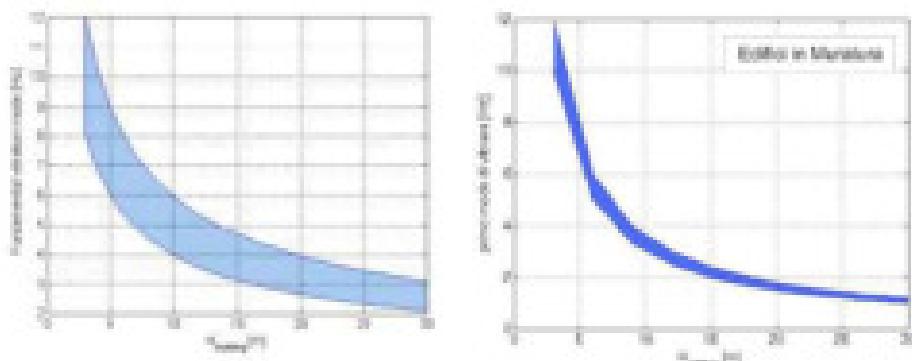
**H** profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

$V_{seq} = 473 \text{ m/sec.}$

## 4.1 Frequenza di risonanza Terreno

Essendo dunque l'intervallo di frequenze del sottosuolo più esteso di quello possibile per le strutture, alcune frequenze del sottosuolo possono essere trascurate ai fini della progettazione in zona sismica in quanto non comportano aggravi particolari per le strutture standard. In quest'ottica ad esempio non verranno segnalate le frequenze superiori a 20 Hz. Nel caso in esame si evidenzia che l'area sollecitata da input sismico amplifica le onde di superficie ad una frequenza di risonanza prossima a  **$6.955 \pm 0.784$  Hz**, il picco risulta non verificato secondo i criteri Sesame. Poiché la coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo.

E' da tenere presente che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono principalmente dalla loro altezza. Per edifici standard in c.a. relazioni tipiche sono date in Figura 14 relativamente al primo modo di vibrare.



**Fig. 14 - Relazione tra altezza e frequenze di vibrazione in edifici in c.a. ed in muratura**

Falconara M.ma, li 14 Gennaio 2019

GECO srl

I Responsible  
for this Work