

SP 15 "Lucchese-Romana" SP60 "Pesciatina" e SP61 "Di Poggio Adorno"

**VARIANTE URBANISTICA SEMPLIFICATA PER
L'APPROVAZIONE DEL PROGETTO (ART. 34 L.R.65/2014) DI
ADEGUAMENTO DELL'INTERSEZIONE ESISTENTE MEDIANTE
REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA ROTATORIA IN LOC. VEDUTE
NEL COMUNE DI FUCECCHIO**



Città Metropolitana di Firenze
DIREZIONE VIABILITÀ E GRANDI ASSI VIARI

RELAZIONE GEOLOGICA

Marco Bani Micheletti, geologo

Iscritto all'Ordine dei Geologi della Toscana sez. A
con anzianità del 16 aprile 1998 e riferimento n.1022

REVISIONE	DATA	MOTIVO DELLA MODIFICA	REDATTO	VERIFICATO	RESPONSABILE COMMESSA
0	23/06/2023	Prima emissione	Marco Bani Micheletti	-	Marco Bani Micheletti

SEZIONE	ID COMMESSA	IDENTIFICAZIONE
GEOINGEGNERIA	23g0606	23g0606_relaz.geol_vedute_variante.docx

Questodocumento è stato prodotto da Marco Bani Micheletti che tutelerà i propri diritti a termini di legge

SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	INTRODUZIONE	5
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	8
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	10
5	IDROGEOLOGIA.....	16
6	INQUADRAMENTO SISMICO.....	17
6.1	Sisma di riferimento.....	17
6.2	Suscettibilità alla liquefazione dinamica	25
6.3	Pericolosità sismica di base.....	26
6.4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)	31
7	PERICOLOSITÀ – QUADRO CONOSCITIVO	34
7.1	Autorità di bacino distrettuale dell’Appennino Settentrionale.....	34
7.1.1	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – PGRA	34
7.1.2	Piano per l’Assetto Idrogeologico (PAI)	36
7.2	Comune di Fucecchio – Strumento Urbanistico.....	42
7.2.1	Pericolosità geologica	42
7.2.2	Pericolosità sismica.....	42
8	INDAGINI E DATI DI BASE	44
8.1	Stratigrafia	44
8.1.1	Pozzo codice ISPRA 187127	44
8.1.2	Carotaggio continuo S1	45

8.1.3	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica	45
8.2	Microzonazione sismica	46
8.2.1	Prospezioni sismiche.....	46
8.2.2	Microzonazione sismica di livello 2	46
8.2.3	Amplificazione topografica	49
9	MODELLO GEOLOGICO.....	49
10	VALUTAZIONI DI PERICOLOSITÀ.....	50
10.1	Pericolosità geologica	50
10.2	Pericolosità da alluvioni	51
10.3	Pericolosità sismica locale.....	51
11	VINCOLO IDROGEOLOGICO	53
12	CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ.....	55
12.1	Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici.....	55
12.2	Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni	55
12.3	Criteri generali di fattibilità in relazione alle alluvioni costiere	55
12.4	Criteri generali di fattibilità in relazione a problematiche connesse alla risorsa idrica.....	55
12.5	Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici	56

IN ALLEGATO:

TAVOLA 1 – Ubicazione delle indagini geognostiche

ALLEGATO 1 – Dati geognostici di base

1 Premessa

Il comune di Fucecchio è dotato del Regolamento Urbanistico approvato con delibera del Consiglio Comunale n°22 del 14 maggio 2015, al quale ha fatto seguito una prima variante approvata con delibera di Consiglio Comunale n°4 del 7 febbraio 2018, una seconda variante approvata con delibera di Consiglio Comunale n.61 del 4 novembre 2019 ed una terza variante approvata con delibera di Consiglio Comunale n.109 del 29 novembre 2021. Nel 2015, con il RU è stata approvata anche la variante di adeguamento al P.S approvato a suo tempo con D.C.C. n.23 del 15.04.2009.

Le indagini geologiche di supporto alla pianificazione territoriale sono state redatte allo scopo di aggiornare il quadro delle Pericolosità Geologiche, idrauliche e sismiche alle normative vigenti e definire le condizioni di fattibilità delle previsioni urbanistiche inserite nel POC.

Fino alla seconda variante al RU, lo studio è stato condotto in ottemperanza del Decreto del Presidente della Giunta Regionale n.53/R del 25 Ottobre 2011 "Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche", nel rispetto delle norme dei PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno e del Fiume Serchio, del PGRA, e della D.C.R.T. n.72 del 24/07/07 di approvazione del nuovo Piano di Indirizzo Territoriale (P.I.T.) della Regione Toscana.

Le direttive contenute nell'Allegato A del D.P.G.R. n. 53/R/2011, sono state abrogate in data 05 aprile 2020 con l'entrata in vigore del "Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche." DPGR 30 gennaio 2020, n. 5/R.

Gli studi a supporto della terza variante al RU sono stati redatti a partire dalle conoscenze già acquisite in sede di redazione del RU e della prima e seconda variante e per le aree di variante sono state aggiornate le cartografie delle pericolosità geologica, idraulica e sismica per adeguarle al nuovo D.P.G.R. 5/r 2020.

Relativamente agli aspetti sismici, è stata condotta una nuova campagna di indagini consistente in undici misure sismiche passive a stazione singola distribuite in tutte le aree di variante.

Lo studio a supporto della terza variante al RU è stato condotto in ottemperanza del Decreto del Presidente della Giunta Regionale n.5/R del 30 gennaio 2020, della L.R. 24/07/2018 n°41, nel rispetto delle norme del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, del PGRA, della D.C.R.T. n.72 del 24/07/07 di approvazione del nuovo Piano di Indirizzo Territoriale (P.I.T.) della Regione Toscana.

La terza variante al RU non interessa alcuna area riconducibile alla località Le Vedute, oggetto del presente studio.

Nel frattempo, dopo aver dato avvio al procedimento di formazione del nuovo Piano Strutturale intercomunale tra i Comuni di San Miniato e di Fucecchio (ai sensi dell'art. 17 della L.R. 65/2014), l'Amministrazione Comunale sta procedendo con l'iter di approvazione del Piano Operativo comunale (di cui all'art. 95 della medesima Legge Regionale).

In merito all'opera pubblica in oggetto, l'approvazione del progetto andrà a costituire variante ai vigenti strumenti di pianificazione territoriale del comune.

2 Introduzione

Il progetto prevede di migliorare la fruibilità dell'intersezione tra le strade Provinciali SP15 (al km 5+700), SP60 (presso il km 0+000) ed SP61 (presso il km 0+000) in località Le Vedute, nel Comune di Fucecchio, adeguando l'esistente quadrivio a raso, attualmente regolata da stop, mediante la realizzazione di una rotatoria.

Figura 1 - inquadramento con ortofoto



Figura 2 – Stato sovrapposto su foto aerea



Nel redigere questa relazione geologica si è fatto riferimento al seguente quadro normativo:

- D.M. 17 gennaio 2018 - *Norme Tecniche per le Costruzioni*
- CIRCOLARE n.7 Reg. Atti Int. CONSUP del 21.01.2019 - *Istruzioni per l'applicazione dello "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*
- D.P.G.R. del 19 gennaio 2022, n. 1/R – *Regolamento di attuazione dell'art. 181 della legge regionale 10 novembre 2014 n.65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina*

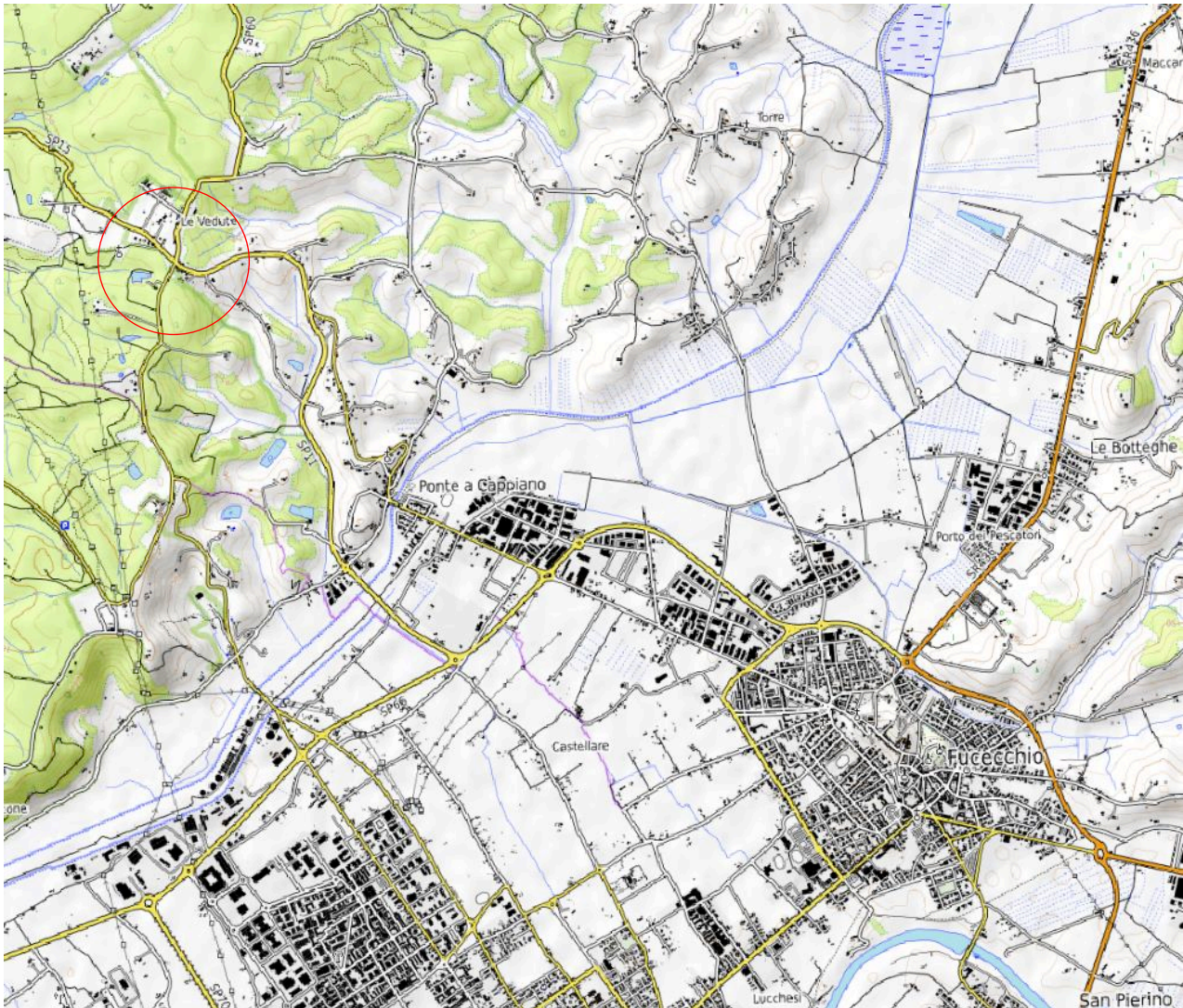
sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.

- Decreto del Presidente della Giunta Regionale 30 gennaio 2020, n. 5/R - *Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche.*
- Legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 - *Norme per il governo del territorio*
- Del. G.R.T. n.421 del 26 maggio 2014 - *Aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della deliberazione G.R.T. n. 878 dell'8 ottobre 2012, recante "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 - Revoca della D.G.R.T. 431/2006" e cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a Maggior Rischio Sismico della Toscana (D.G.R.T. 841/2007).*
- D.P.G.R. del 08 agosto 2003, n. 48/R - *Regolamento forestale della Toscana*
- Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico del Comune di Fucecchio, aggiornati al 2021.

3 Inquadramento geografico

Il sito in studio è situato sul versante Sud-Est delle Colline delle Cerbaie, rivolto verso il centro abitato di Fucecchio, dal cui centro storico dista circa 5,4 km in linea d'aria, come rappresentato in FIGURA 3.

Figura 3 – Inquadramento topografico (fonte OpenTopoMap)



Lo strumento urbanistico del Comune di Fucecchio classifica l'area di interesse come fisiotipo F16 corrispondente ad area pianeggiante in ambito collinare, caratterizzata da depositi fluviali ed esente da un significativo rischio di frana.

La FIGURA 4 rappresenta un estratto della carta tecnica regionale in scala 1:10.00 dove si può osservare come il sito si trovi lungo il crinale che arriva a Poggio Adorno, ad una quota di

80 m s.l.m., su un alto morfologico da cui scaturiscono il Rio della Maniera ad Est ed il rio Lischeto ad Ovest.

Figura 4 – Inquadramento geografico (base C.T.R. 10K).

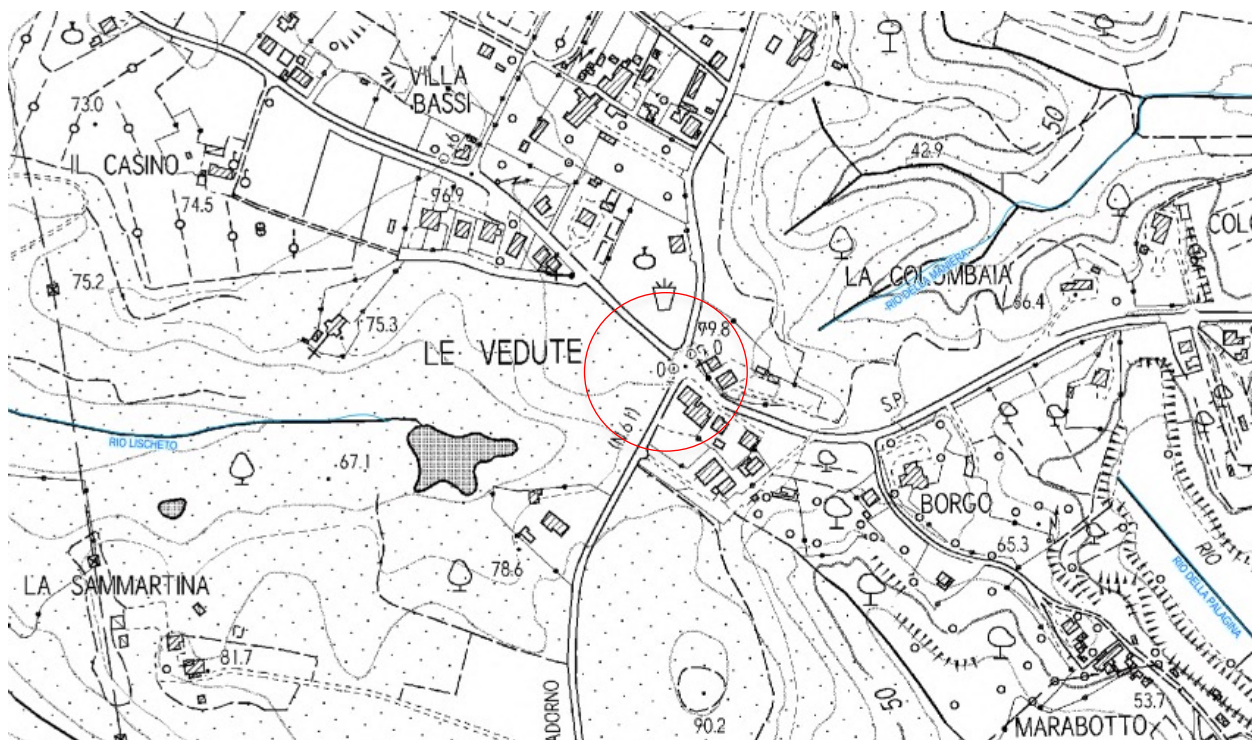
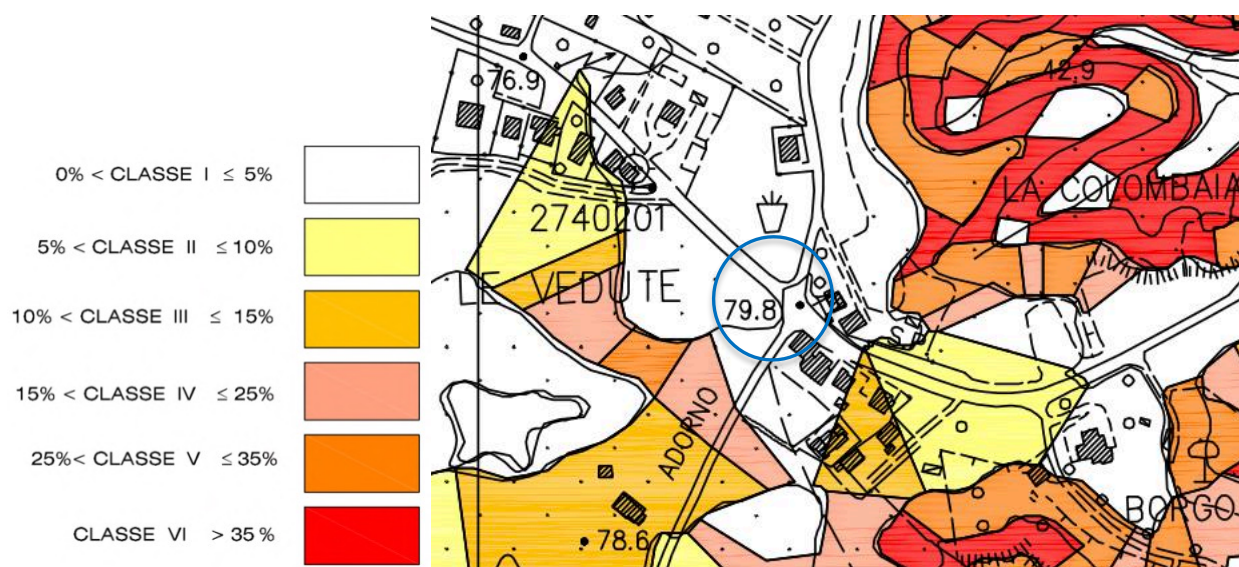


Figura 5 – Stralcio della carta delle pendenze - Tav. C.6.1.3 sud del piano strutturale 2009 (base CTR in scala 1:10.000)

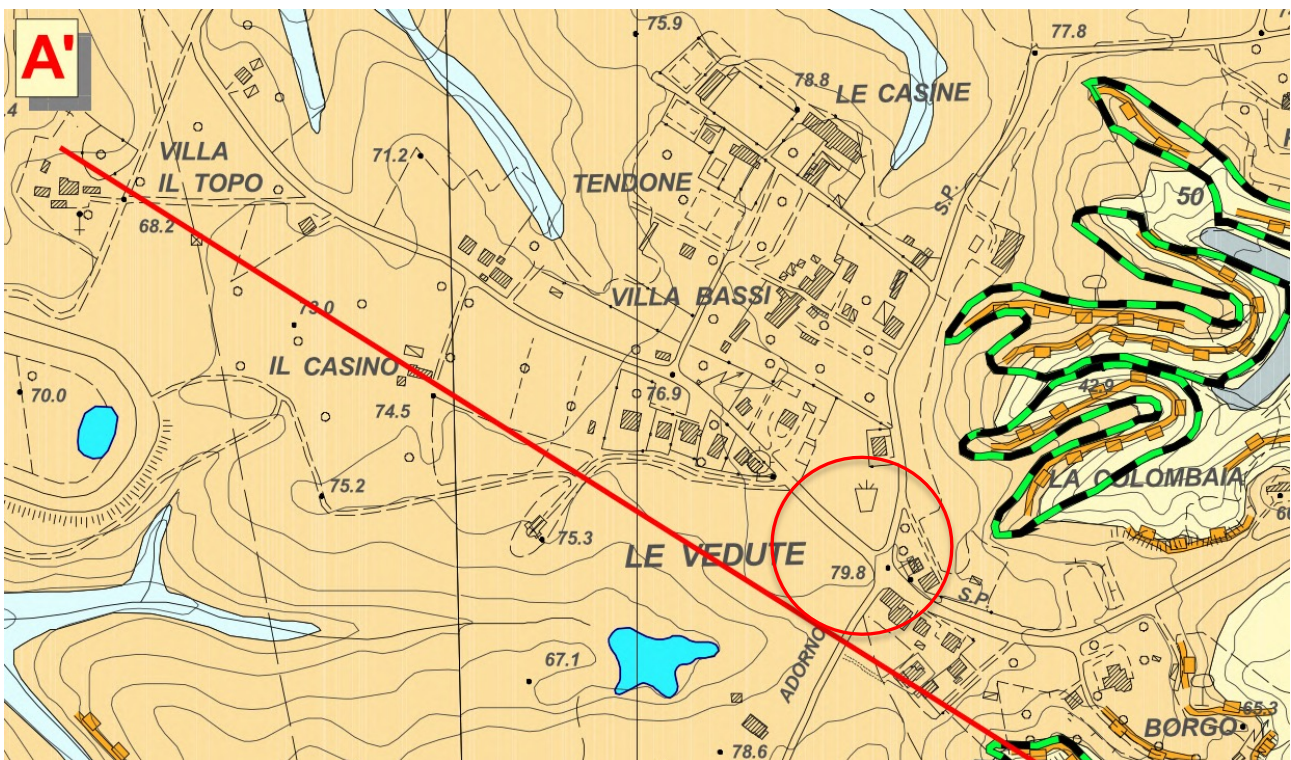


Lo stralcio della carta delle pendenze riportata in FIGURA 5 evidenzia come l'area oggetto dell'intervento di adeguamento dell'intersezione viaria con una rotatoria, sia sostanzialmente pianeggiante.

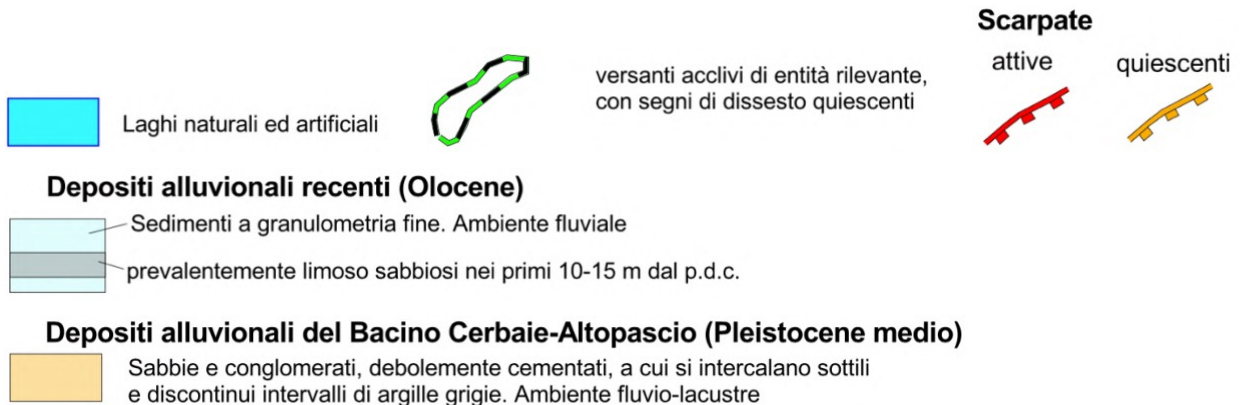
4 Inquadramento geologico e geomorfologico

Osservando la carta geologico-geomorfologica di FIGURA 6, a supporto dello strumento urbanistico del comune di Fucecchio, si può osservare come l'area di studio sia caratterizzata essenzialmente dai depositi alluvionali del bacino Cerbaie - Altopascio (Pleistocene medio).

Figura 6 - Stralcio della carta geologica e geomorfologica - Tav. A.4.1.2 del regolamento urbanistico e variante al piano strutturale 2015 (base CTR in scala 1:10.000)



LEGENDA



I depositi del "Terrazzo delle Cerbaie" sono di ambiente fluvio lacustre costituiti da sabbie e conglomerati, addensati, a cui si intercalano sottili e discontinui intervalli di argille grigie di bassa energia.

I ciottoli hanno dimensioni generalmente inferiori a 10-15 cm e sono costituiti da anageniti, arenarie, scisti, diaspri, metacalcari e selci. La matrice sabbiosa si presenta caratteristicamente arrossata per pedogenesi, lo stato d'alterazione è particolarmente accentuato e caratterizzato da frequente ed abbondante argillificazione con presenza di plintiti.

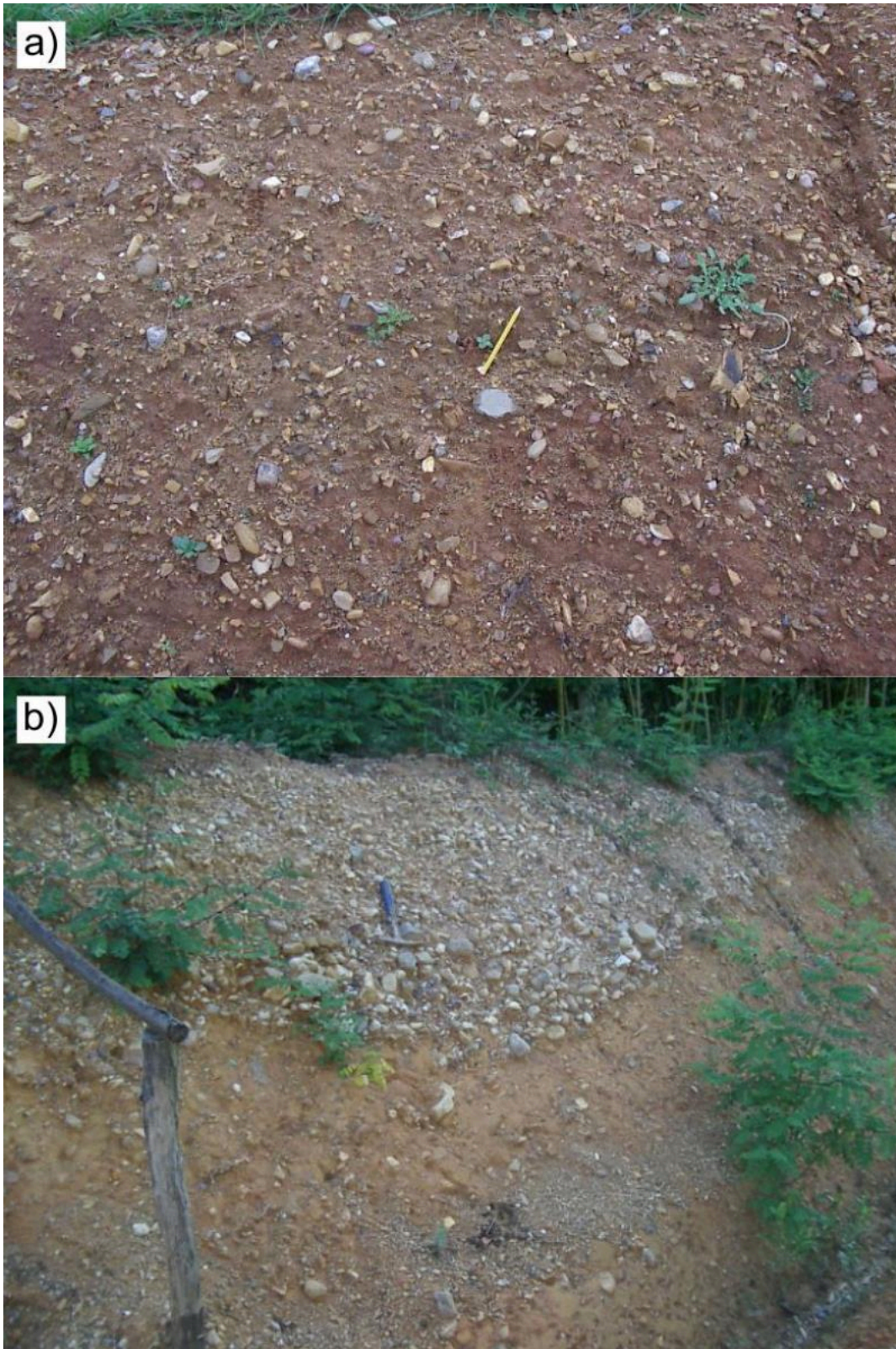
Figura 7 - Paleosuolo plintitico affiorante in località Quattrostrate di Bientina (fonte Note illustrative relative al foglio 273 - Pisa della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000)



Le note illustrative relative al foglio 273 - Pisa della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, descrivono così la formazione delle Cerbaie (BCE), che affiora sui rilievi delle Cerbaie e forma una serie complessa di terrazzi:

Si tratta di conglomerati eterometrici di aspetto massivo, con clasti di dimensioni mediamente inferiori al decimetro, mal classati, con grado di arrotondamento variabile da angoloso a sub-arrotondato, sostenuti da una matrice sabbiosa di colore rosso e con un forte grado di alterazione pedogenetica. I clasti sono costituiti da quarziti bianche, rosa, violette e verdi, provenienti dal Monte Pisano oltre a calcari fortemente decarbonati e diaspri.

Figura 8 – a) Conglomerati della formazione delle Cerbaie, presso Perignano; b) episodio di canalizzazione (fonte Note illustrative relative al foglio 273 – Pisa della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000)



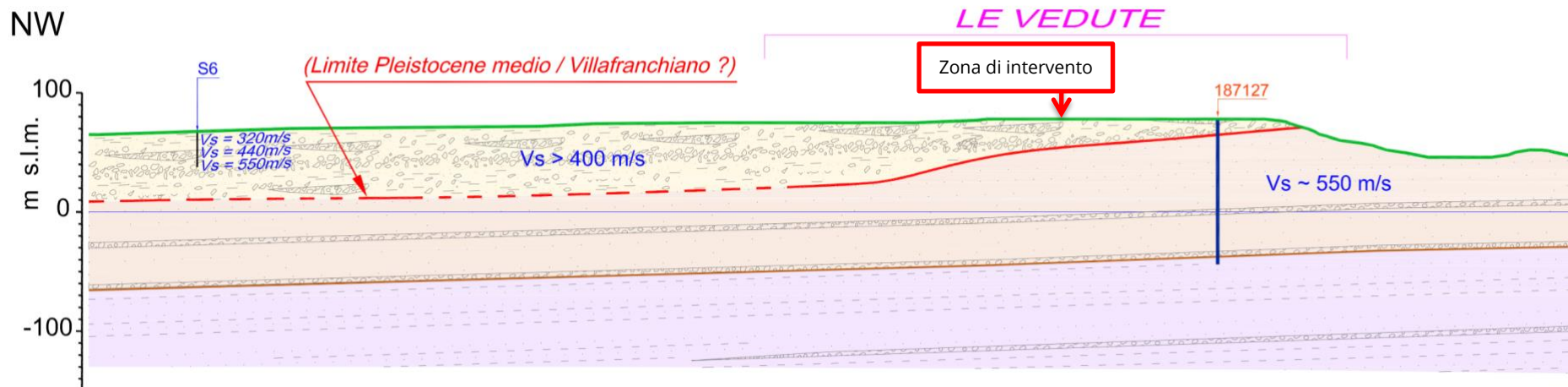
Localmente i conglomerati passano a livelli sabbiosi o limoso argillosi di colore grigio, ad andamento lentiforme. Paleosuoli con plintite (FIGURA 7) sono osservabili a più livelli stratigrafici. L'aspetto è generalmente caotico (FIGURA 8a) anche se in alcuni casi, soprattutto nelle porzioni stratigraficamente più alte, sono stati osservati episodi di canalizzazione con stratificazioni incrociate concave (FIGURA 8b). Sono interpretabili come depositi fluviali ad alta energia, talvolta associati a processi di trasporto massivi. La formazione raggiunge uno spessore di circa 45 m.

La sezione geologica di FIGURA 9 evidenzia come in corrispondenza della zona di intervento lo spessore dei depositi della formazione delle Cerbaie sia di circa 40 m e al di sotto siano presenti, in contatto stratigrafico inconforme, i *depositi fluviali e lacustri del bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci*, ovvero le *Argille e sabbie di Marginone-Mastromarco (AGM)*, come rappresentato nella carta geologica della Toscana in scala 1:10.000 e così descritte: sabbie gialle, limi sabbiosi ed argille limose di colore grigio-nocciola, con strutture sedimentarie (facies di canale e di piana alluvionale) ed associazione fossilifera (malacofaune dulcicole e terrestri) di ambiente deposizionale fluviale e palustre; talvolta, nelle facies di canale, sono presenti anche sottili livelli conglomeratici, spesso cementati e con ciottoli prevalentemente carbonatici, ove si distinguono elementi pertinenti alla Falda Toscana (preponderanti) ed elementi del Verrucano dei Monti Pisani (più rari).


In merito agli aspetti geomorfologici, verso NE si può osservare la presenza di versanti acclivi di entità rilevante caratterizzati da pendenze ed altezze significative e/o con evidenze di fragilità geomorfologica.

Dal punto di vista litotecnico (FIGURA 10), lo studio geologico di supporto allo strumento urbanistico classifica i depositi alluvionali del bacino Cerbaie – Altopascio come ciottoli e ghiaie addensate con presenza di frazione fine interstiziale coesiva non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale, infatti tali depositi sono costituiti da limi addensati e sabbie con lenti di conglomerati, con la frazione argillosa che si ritrova sia nella matrice sia in sottili e discontinui livelli che hanno una consistenza da media ad elevata.


Figura 9 - Stralcio della sezione geolitologica "A" (Tav. A.4.2 del regolamento urbanistico e variante al piano strutturale 2015)



Depositi alluvionali del bacino Cerbaie-Altopascio
 (Pleistocene medio)

 Sabbie e conglomerati debolmente cementati a cui si intercalano sottili e discontinui intervalli di argille grigie. Ambiente fluvio-lacustre.

Depositi fluviali e lacustri del bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci
 (?Rusciniano-Villafranchiano)

 Sabbie di Marginone-Mastromarco
 Sabbie gialle clinostatificate di ambiente fluviale con livelli coesivi di piana alluvionale. Rari livelli di ghiaie fluviali.

Depositi marino-costieri del bacino dell'Elsa-Pesa-Cerreto Guidi
 (Pliocene inferiore - medio)

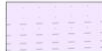
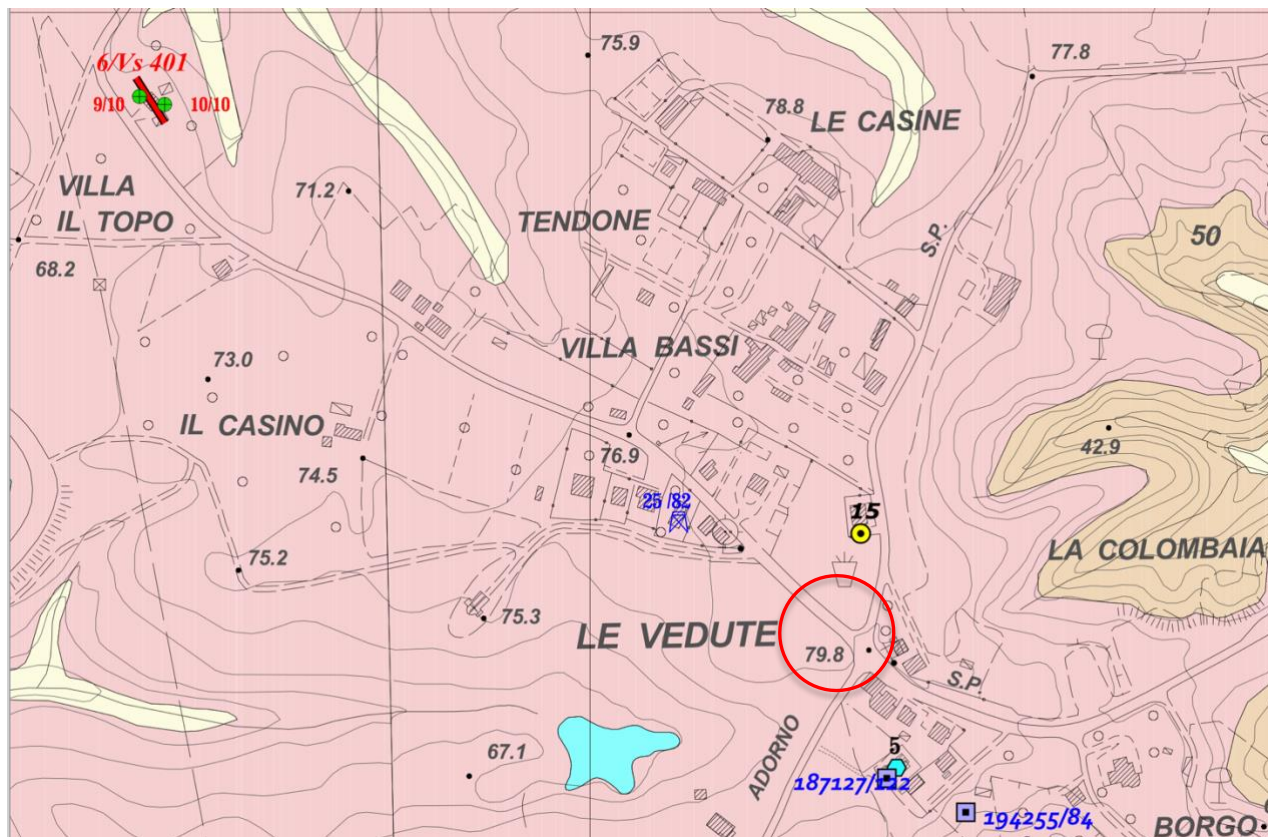
 Argille ed argille sabbiose con intercalazioni di sabbia e sabbia argillosa. Lenti ghiaiose rare.

Figura 10 – Stralcio della carta litotecnica - Tav. A.4.3.3 del regolamento urbanistico e variante al piano strutturale 2015 (base CTR in scala 1:10.000)



LEGENDA

UNITA' LITOLOGICO - TECNICA E

MATERIALI GRANULARI NON CEMENTATI O POCO CEMENTATI

L' U.L.T.E comprende i terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituiti da materiale prevalentemente granulare non cementato o con lieve grado di cementazione

E1-E2.a1-2.t3 – Ciottoli e ghiaie addensate con presenza di frazione fine interstiziale coesiva non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale



Sabbie e conglomerati addensati con frazione argilloso-sabbiosa e livelli argillosi.
Formazione del Bacino Cerbaie-Altopascio

E2-E3.a3-4.t1 – Sabbie e ghiaie poco addensate con frammenti di dimensioni maggiori



Sabbie e limi con ciottoli e subordinatamente brecciole. Depositi alluvionali terrazzati

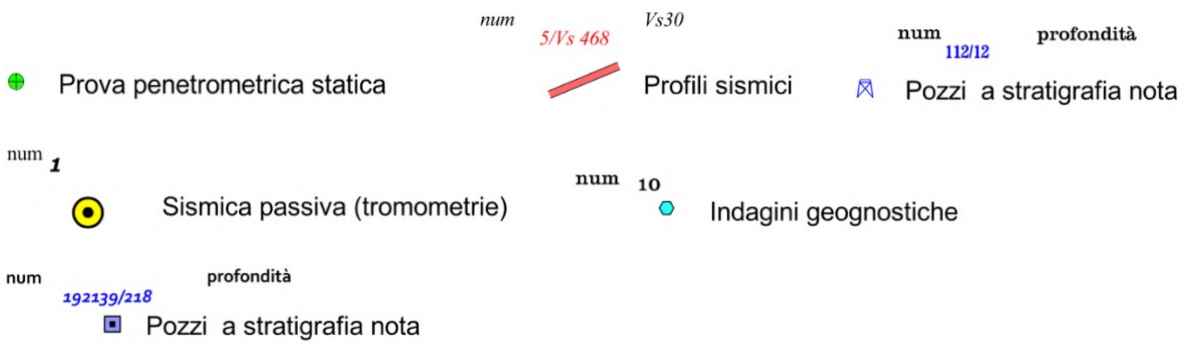
E3.a3-4.t3 – sabbie sciolte con presenza di frazione fine interstiziale coesiva non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale



Depositi alluvionali recenti, con composizione principalmente sabbiosa

(segue)

Variante Urbanistica per la realizzazione di una nuova rotatoria in loc. Vedute nel comune di Fucecchio (FI)
Relazione geologica

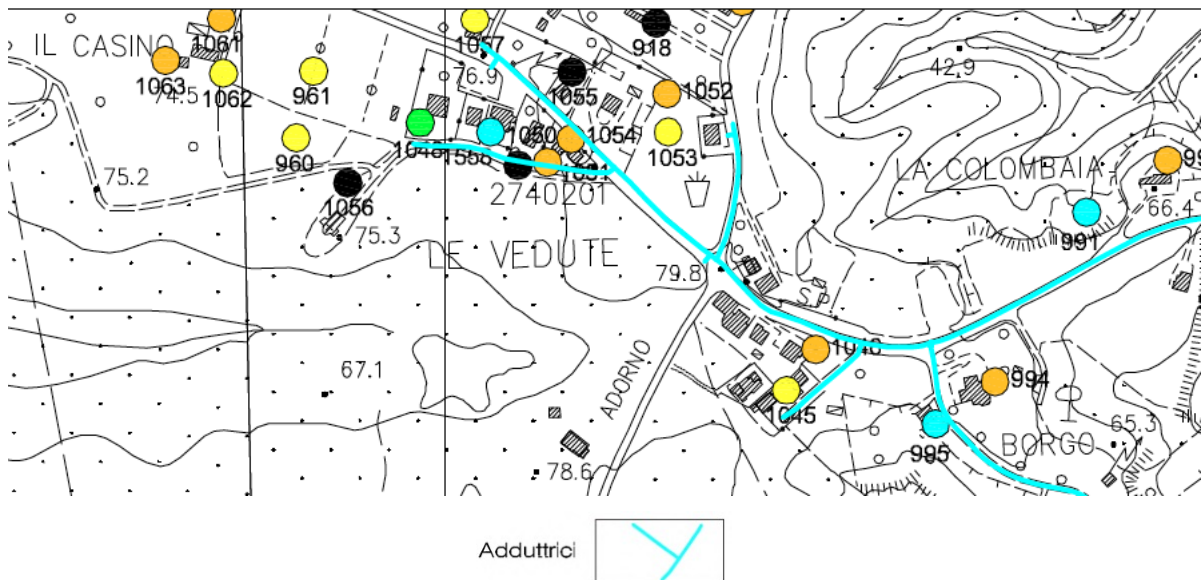


(Le indagini geognostiche di interesse sono riportate in ALLEGATO 1 e la loro ubicazione è in parte visibile anche nella sezione di FIGURA 9)

5 Idrogeologia

Osservando la carta delle risorse idriche riportata in FIGURA 11, si può notare quanto siano frequenti i pozzi in località le Vedute a testimonianza di una significativa circolazione idrica sotterranea che si sviluppa nei depositi fluviali antichi costituiti in modo eterogeneo da ghiaie e sabbie in abbondante matrice fine. Tra 30 e 50 m di profondità sono presenti orizzonti ghiaiosi che costituiscono acquiferi di interesse locale. L'alimentazione principale è per infiltrazione superficiale su una morfologia sostanzialmente pianeggiante che origina anche una falda superficiale abbastanza diffusa nei terreni a prevalente tessitura granulare.

Figura 11 – Stralcio della carta delle risorse idriche - Tav. C.6.1.7 sud del piano strutturale 2009 (base CTR in scala 1:10.000)



6 Inquadramento sismico

6.1 Sisma di riferimento

Nell'ambito del *Rapporto Conclusivo (bozza - aprile 2004) sulla Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica* (nel seguito RC) ad opera dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale, denominata ZS9 (vedi FIGURA 12), alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

La porzione del territorio del Comune di Fucecchio ove è ubicata l'area di intervento ricade nella zona sismogenetica 916 (Versilia-Chianti) cui corrisponde una profondità "efficace", definita come l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, di 5 - 8 km e un meccanismo di fagliazione prevalente normale.

Ad ogni zona sismogenetica corrisponde un valore di M_{MAX}^1 che rappresenta un elemento di tipo cautelativo adottato per garantire le determinazioni di a_{MAX} dalla possibilità che si verificano, seppure con probabilità molto bassa, eventi di magnitudo superiore a quelle verificatisi nel corso del periodo di osservazione del catalogo dei terremoti utilizzato nel RC. Questa scelta riflette ovviamente la scarsa conoscenza del potenziale sismogenetico di una data regione; non a caso, è oggetto di particolare attenzione nelle regioni a sismicità medio-bassa e/o in quelle poco investigate.

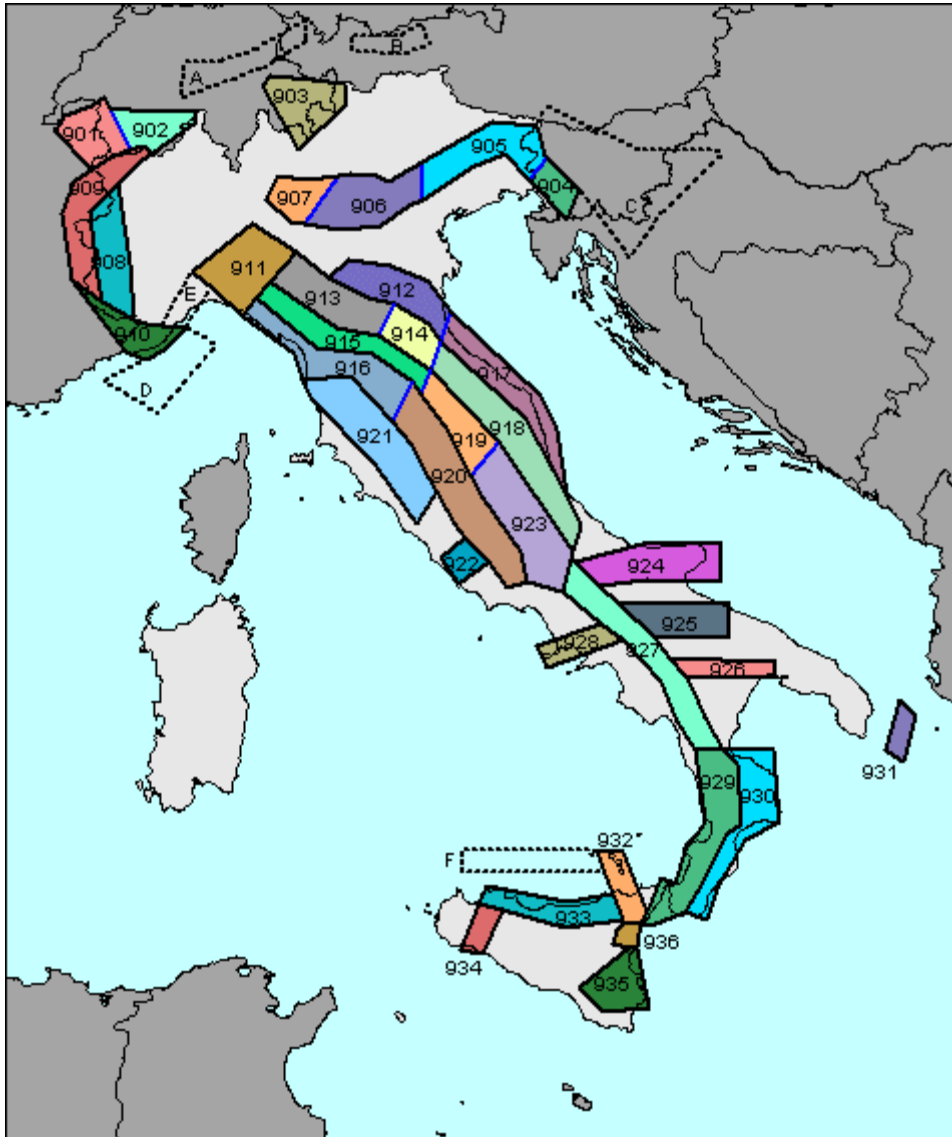
Nel RC sono stati definiti due insiemi di valori di M_{MAX} :

- a) uno calibrato, in modo cautelativo, sui dati sismologici e geologici, definito M_{MAX1} ("osservata")
- b) uno maggiormente cautelativo corrispondente al criterio di portare al valore Mw_{MAX} = 6,14 Mw tutte le ZS con $Mw_{MAX}CPTI2$ inferiore a tale valore M_{MAX2} ("cautelativa")

La zona sismogenetica in oggetto è caratterizzata da un valore M_{MAX1} di 5,68 e, conseguentemente, da un valore M_{MAX2} di 6,14.

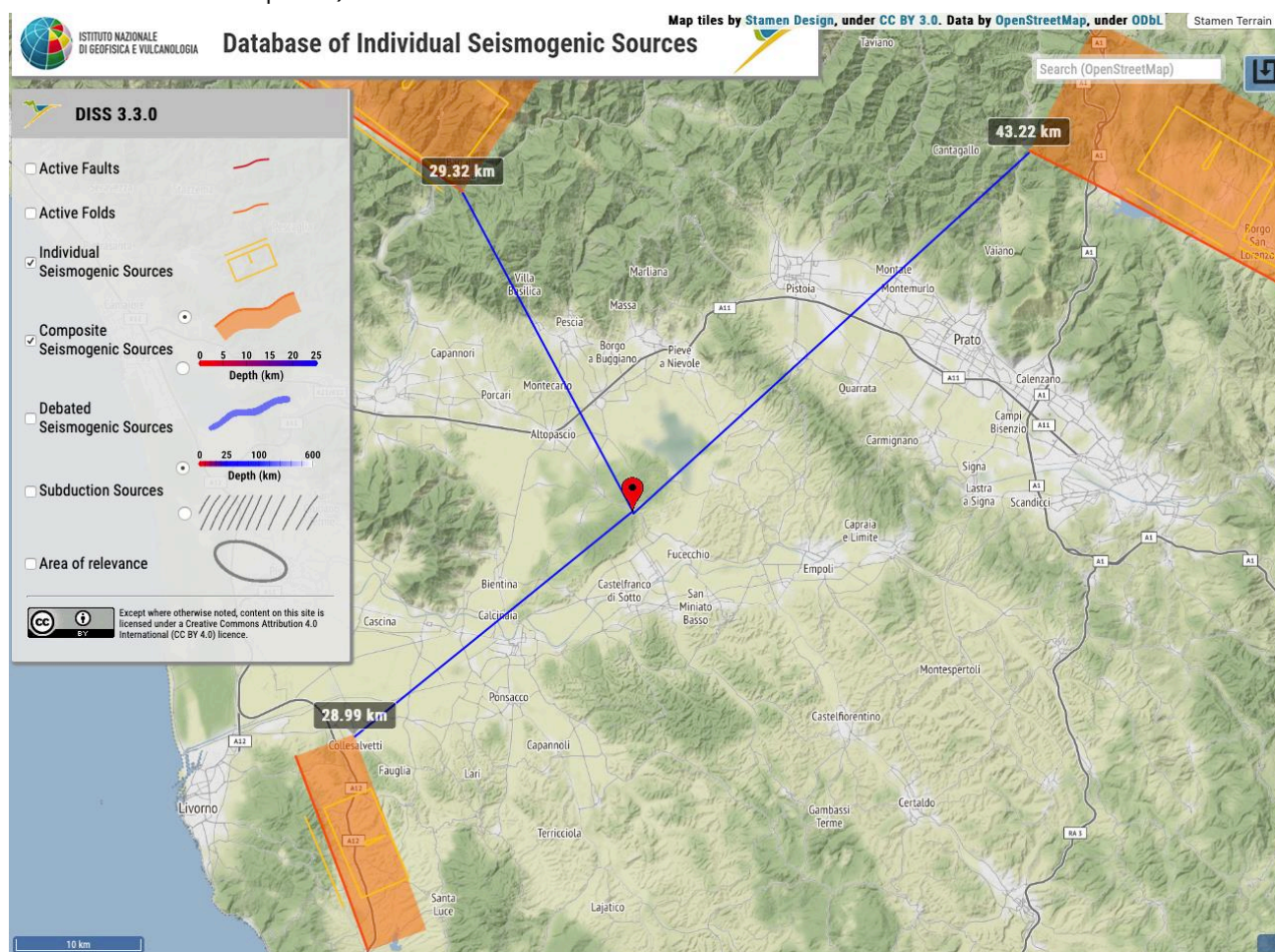
¹ Magnitudo momento

Figura 12 – Zonazione sismogenetica ZS9 (da Rapporto Conclusivo (bozza – aprile 2004) sulla Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – INGV)



La FIGURA 13, tratta dal Catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (DISS) dell'I.N.G.V., rappresenta le principali sorgenti sismogenetiche nell'intorno del comune di Fucecchio. Le sorgenti sismogenetiche composite più vicine distano circa 29 km dalla località Le Vedute e sono catalogate rispettivamente con l'identificativo ITCS088 – Colline Livornesi e ITCS083 – Garfagnana. Le sorgenti appartengono al sistema di faglie normali che delimita il sistema di horst e graben con direzione NW-SE sviluppatosi durante il tardo Miocene-Pleistocene (FIGURA 14).

Figura 13 – Sorgenti sismogenetiche composite (fonte INGV - Catalogo sorgenti sismogenetiche italiane | DISS)

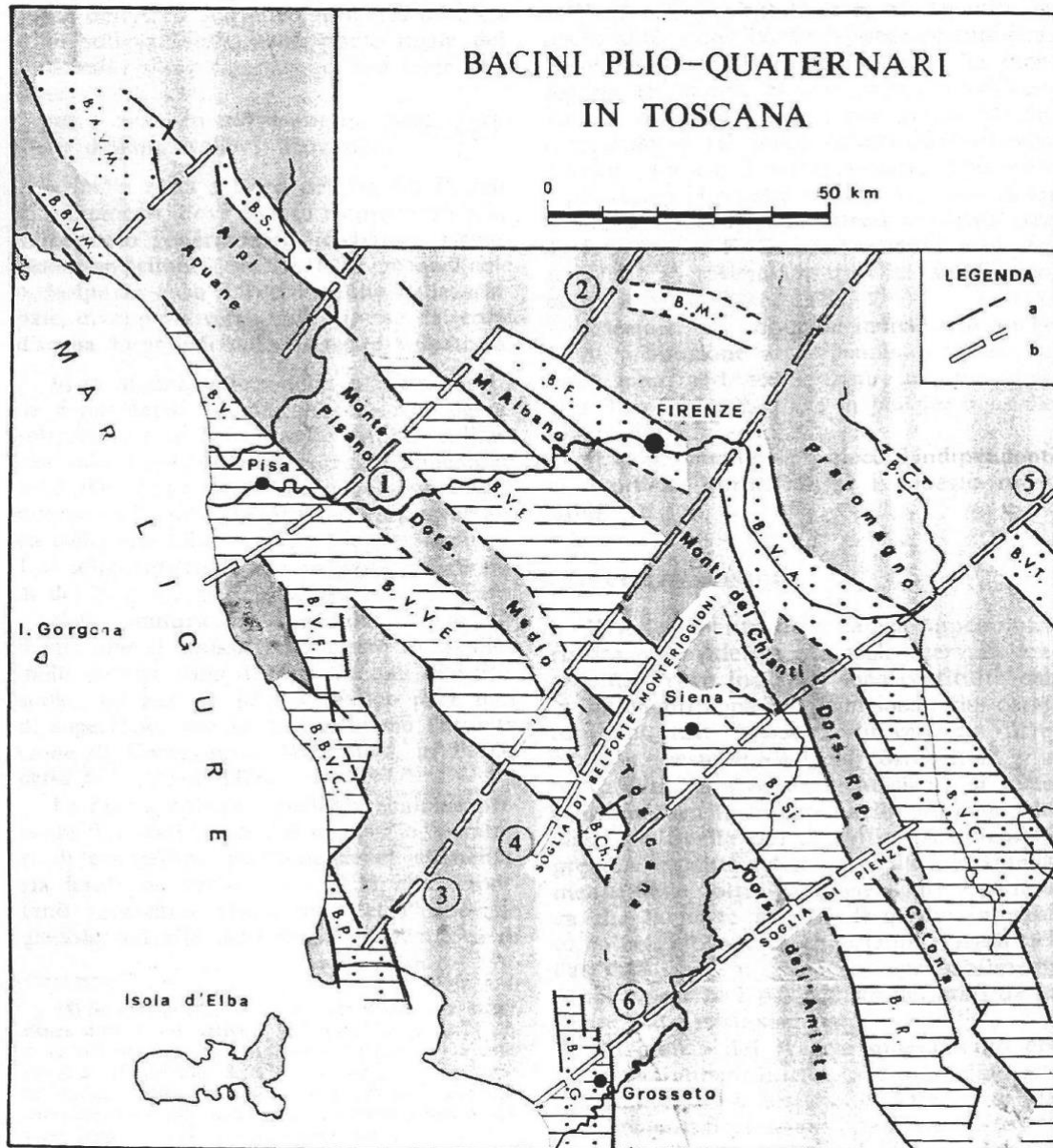


La TABELLA 1 riporta le caratteristiche principali delle sorgenti sismogenetiche composite rappresentate in FIGURA 13.

Tabella 1 – Caratteristiche principali delle sorgenti sismogenetiche composite nell'intorno del Comune di Fucecchio

Identificativo	Profondità ipocentrale	Magnitudo massima Mw
ITCS037 Mugello-Città di Castello-Leonessa	variabile tra 0,5 km e 8,0 km	6,9
ITCS083 Garfagnana	variabile tra 1,0 km e 10,0 km	6,9
ITCS088 Colline Livornesi	variabile tra 1,0 km e 7,0 km	6,2

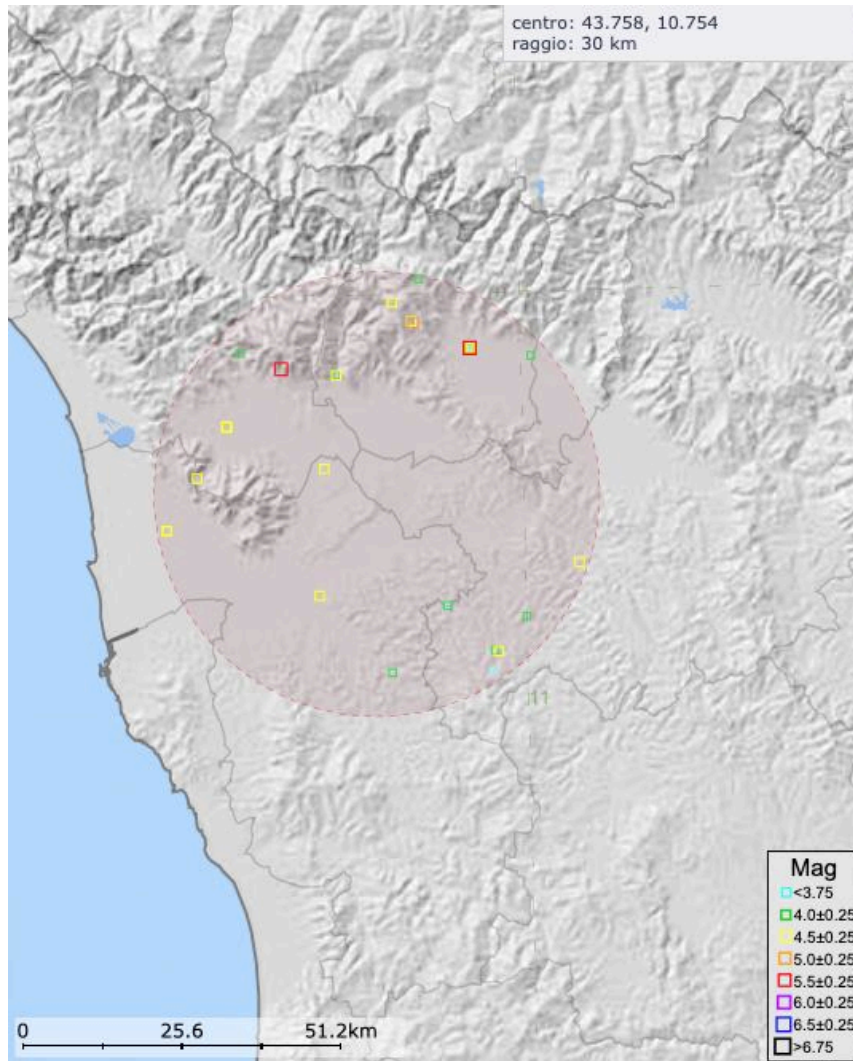
Figura 14 – Distribuzione dei principali bacini post-orogenici formatisi in Toscana durante il Pliocene-Quaternario (fonte I.N.G.V.)



from Costantini et al. [1982]). Key: B.V.F) Bacino della Val di Fine; a) normal fault; b) tectonic lineament; 1) Livorno-Pistoia Line

La FIGURA 15, estratta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 dell'I.N.G.V., rappresenta l'epicentro e la magnitudo M_w dei terremoti storici avvenuti in un raggio di 30 km dalla località Le Vedute e si può notare come i terremoti di maggior intensità si siano verificati in prossimità del limite meridionale dei rilievi appenninici.

Figura 15 – Terremoti storici nell'intorno in un raggio di 30 km dalla località Le Vedute nel Comune di Fucecchio (fonte CPTI15 – INGV)



Il Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia). L'insieme di questi dati consente, tra l'altro, di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti. DBMI15 presenta le intensità adottando lo standard proposto da AHEAD (European Archive of Historical Earthquake Data), cioè numeri arabi interi e, nel caso di attribuzioni incerte si indicano i due estremi separati da un trattino (es.: 5-6, 7-8).

La scala macrosismica europea (EMS) è utilizzata per la valutazione dell'intensità sismica nelle nazioni d'Europa e viene indicata come EMS-98. Diversamente alle scale di magnitudo per

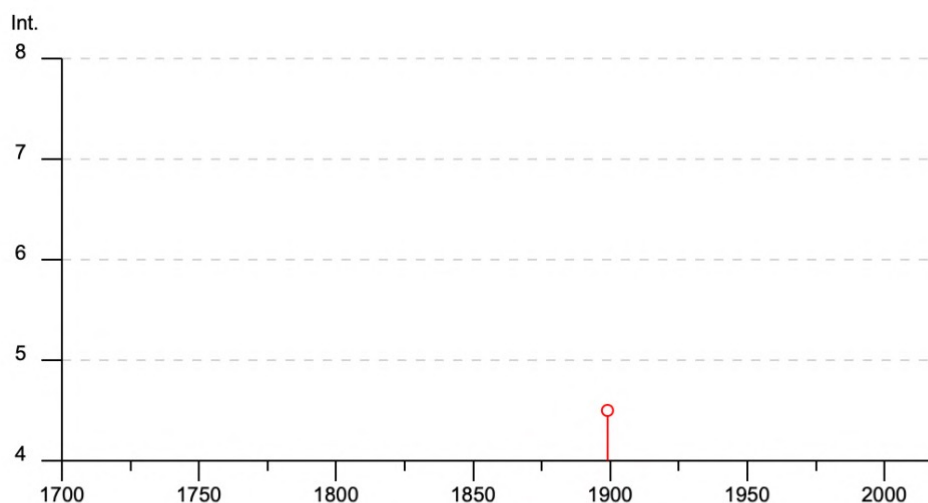
i terremoti, che esprimono l'energia sismica rilasciata dal terremoto, l'intensità della EMS-98 rileva la forza degli effetti di un terremoto in uno luogo specifico (TABELLA 2).

Tabella 2 – Scala intensità macrosismica (Fonti EMS-98, INGV)

<i>Grado intensità macrosismica</i>	<i>Effetti sulle persone</i>	<i>Effetti sugli oggetti e l'ambiente</i>	<i>Danni agli edifici</i>
4. Ampiamente avvertito	All'interno è avvertito da molti, all'esterno solo da pochi. Poche persone vengono svegliate. Il livello di vibrazione non spaventa. La vibrazione è moderata. Osservatori avvertono un leggero tremore o oscillazione dell'edificio, stanza, letto, sedia ecc.	Oggetti in porcellana, bicchieri, finestre e porte tremano. Oggetti appesi dondolano. In alcuni casi la mobilia leggera trema visibilmente. In alcuni casi i manufatti in legno scricchiolano.	Nessun danno.
5. Forte	All'interno è avvertito dalla maggior parte, all'esterno da pochi. Alcune persone sono spaventate e fuggono all'aperto. Molte persone che dormono si svegliano. Osservatori avvertono una forte scossa o un dondolio dell'intero edificio, stanza o mobilia	Gli oggetti appesi oscillano considerevolmente. Porcellana e vetri tintinnano. Piccoli oggetti in equilibrio precario possono essere spostati o cadere. Porte e finestre si spalancano o sbattono. In alcuni casi i vetri delle finestre si rompono. Liquidi oscillano e potrebbero versarsi da contenitori ben riempiti. Gli animali in casa potrebbero agitarsi.	Danni di grado 1 ad alcuni edifici di classi di vulnerabilità A e B
6. Leggermente dannoso	Avvertito dalla maggior parte delle persone all'interno e da molte all'esterno; alcuni	Piccoli oggetti stabili possono cadere e mobili muoversi. In pochi casi piatti e oggetti di vetro si	Danni di grado 1 in molti edifici di classe A e B; alcuni di classe A e B soffrono danni di grado 2;

<i>Grado intensità macrosismica</i>	<i>Effetti sulle persone</i>	<i>Effetti sugli oggetti e l'ambiente</i>	<i>Danni agli edifici</i>
	perdono l'equilibrio, molti si spaventano e corrono all'esterno	rompono. Animali domestici potrebbero spaventarsi (anche all'esterno)	alcuni di classe C soffrono danni di grado 1
7. Dannoso	La maggior parte delle persone è spaventata e fugge all'esterno. Molti non riescono a stare in piedi, specie ai piani alti.	I mobili si spostano e quelli poco stabili possono cadere. Molti oggetti cadono dagli scaffali. L'acqua fuoriesce da contenitori, cisterne e piscine.	Molti edifici di classe A subiscono danni di grado 3; alcuni di grado 4. Molti edifici di classe B subiscono danni di grado 2; alcuni di grado 3. Alcuni edifici di classe C subiscono danni di grado 2. Alcuni edifici di classe D subiscono danni di grado 1

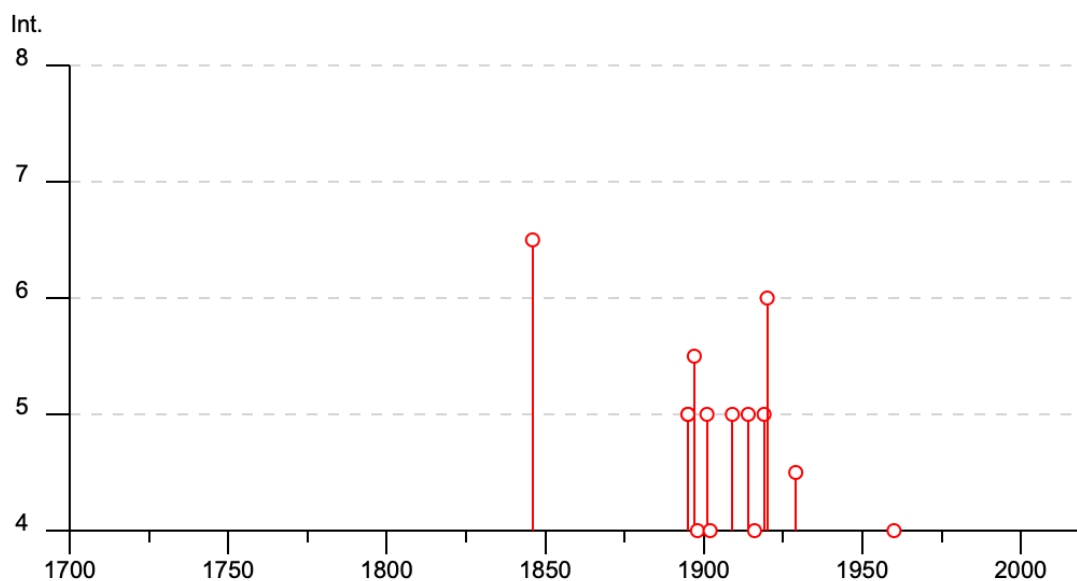
Figura 16 – Intensità macrosismica dei terremoti storici avvertiti in località **Le Vedute** (fonte DBMI15 – INGV)



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02

Figura 17 – Intensità macrosismica dei terremoti storici avvertiti nel centro abitato di **Fucecchio**
 (fonte DBMI15 – INGV)



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1846	08	14	12			Colline Pisane	121	9	6.04
6	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
5-6	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
5	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
5	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
5	1901	09	22	21	42	1	Valdelsa	35	6	4.68
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
5	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
4-5	1929	07	18	21	02		Mugello	56	6-7	4.96
4	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
4	1902	03	05	07	06		Garfagnana	83	7	4.98
4	1916	08	16	07	06	1	Riminese	257	8	5.82
4	1960	10	29	00	08	3	Mugello	69	7	4.91
3-4	1895	06	06	00	35	0	Fiorentino	29	5-6	4.55
3-4	1895	10	25	00	24	5	Chianti	36	5-6	4.51

La FIGURA 16 è stata estratta dal DBMI15 e rappresenta l'intensità macrosismica dei terremoti storici avvertiti proprio in località Le Vedute con intensità macrosismiche comprese tra 4 e 7, come descritte in TABELLA 2, mentre la FIGURA 17 fa riferimento ai terremoti avvertiti nel centro abitato di Fucecchio.

Purtroppo, le informazioni storiche sui terremoti non permettono una correlazione tra i due siti, benché la distanza tra loro sia inferiore ai 10 km. Si può però notare come, in entrambi i siti, terremoti con magnitudo $M_w > 4.5$ possano essere ampiamente avvertiti, con la possibilità che si possano avere danni di grado 1 ad alcuni edifici di classi di vulnerabilità A e B.

6.2 Suscettibilità alla liquefazione dinamica

Nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ)" (2017), redatte dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica del Dipartimento della Protezione Civile, viene proposta una metodologia innovativa per la determinazione della magnitudo M_w da utilizzare per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione, basata sull'uso diretto delle osservazioni macrosismiche relative ai terremoti che in passato hanno interessato il sito di studio (storia sismica di sito) e che costituiscono la maggior parte delle informazioni disponibili sulla sismicità del territorio italiano.

Nella metodologia proposta viene utilizzata l'implementazione del codice SASHA (D'Amico e Albarello, 2008), che, nella sua versione più recente, è in grado di compiere una specifica "analisi di disaggregazione" volta ad identificare gli eventi sismici del passato più rappresentativi della pericolosità locale (Albarello, 2012). Il codice fornisce per ciascuna località capoluogo comunale i valori delle intensità macrosismiche caratterizzate da una fissata probabilità di eccedenza in un fissato tempo di esposizione² (I_{rif}) e identificando quegli eventi storici che hanno maggiormente contribuito alla definizione di questa pericolosità. Fra questi viene infine selezionato quell'evento che ha fornito il maggiore contributo per l'intensità I_{rif} indicandone la magnitudo macrosismica e la distanza epicentrale così come riportate dal catalogo sismico di riferimento.

Per la definizione di un dato territorio comunale come potenzialmente soggetto a liquefazione (in termini di condizioni scatenanti ed al netto della possibile presenza di fattori predisponenti) vengono proposte due condizioni che costituiscono, se verificate entrambe, la condizione per la quale il sito in esame può essere considerato potenzialmente soggetto a liquefazione dinamica:

1. un valore di I_{rif} almeno pari a VII MCS; questa scelta è dettata dalla considerazione che nelle numerose leggi di conversione I_MCS -PGA, il grado VII MCS corrisponde a

² per esempio caratterizzata da una probabilità di eccedenza inferiore al 10% in 50 anni

circa 0,1 g; inoltre, si vede che solo dal VII grado della scala EMS98 sono presenti effetti di liquefazione fra quelli osservati nell'ambiente naturale in occasione di eventi con questa intensità

2. la presenza nella lista degli eventi che contribuiscono a I_{rif} di almeno un evento con M_w e distanze R (km) compatibile con la relazione di Galli (2000) rappresentata in FIGURA 18

Figura 18 - Relazione tra la distanza epicentrale R e la minima magnitudo M_w necessario a provocare fenomeni di liquefazione (Galli, 2000)

$$M_w > 2.75 + 2.0 * \log_{10} R$$

Distanza R (km)	M_w
15	5
24	5.5
45	6
75	6.5
120	7

Nel caso specifico del comune di Fucecchio non sono verificate entrambe le condizioni, per cui lo si può considerare potenzialmente non soggetto a liquefazione dinamica.

6.3 Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008³ (di seguito DM) la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale⁴ su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalle precedenti normative nazionali in campo antisismico, l'accelerazione di base a_g , senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, era direttamente derivante dalla Zona sismica di appartenenza del comune nel cui territorio è localizzato il sito di progetto. Ai sensi della classificazione sismica del

³ Sostituite dalle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 17 gennaio 2018.

⁴ L'accelerazione massima a_{MAX} corrisponde al picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni), per terreni compatti, roccia o suolo molto rigido, in occasione di terremoti di moderata o alta magnitudo, che si verificano a distanza dal sito da media a elevata.

territorio regionale entrata in vigore con la Del. G.R.T. n. 421 del 26 maggio 2014, il comune di Pisa è inserito in un'area a bassa sismicità (zona sismica 3), cui corrisponde una $a_{MAX} < 0,15 g$.

Con l'entrata in vigore del DM la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). La "pericolosità sismica di base" costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Le valutazioni della "pericolosità sismica di base" debbono derivare da studi condotti a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure trasparenti e metodologie validate.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. I valori di pericolosità sismica indicati in FIGURA 13 sono espressi in termini di accelerazione massima del suolo (a_g = frazione della accelerazione di gravità) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{seq} > 800$ m/s, ovvero cat. A NTC).

La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito, o meglio di un nodo del reticolo di riferimento. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che

permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M (FIGURA 19). Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Tabella 3 – Coordinate di riferimento dell'intersezione viaria in Loc. Le Vedute

Sistema di riferimento	Latitudine	Longitudine
WGS84	43,757631°	10,753850°
ED50	43,758593°	10,754844°

Figura 19 – Reticolo di riferimento in accelerazione orizzontale massima a_g per la pericolosità sismica nell'intorno dell'intersezione viaria in loc. Le Vedute (Lat. 43.758 – Lon. 10.754)

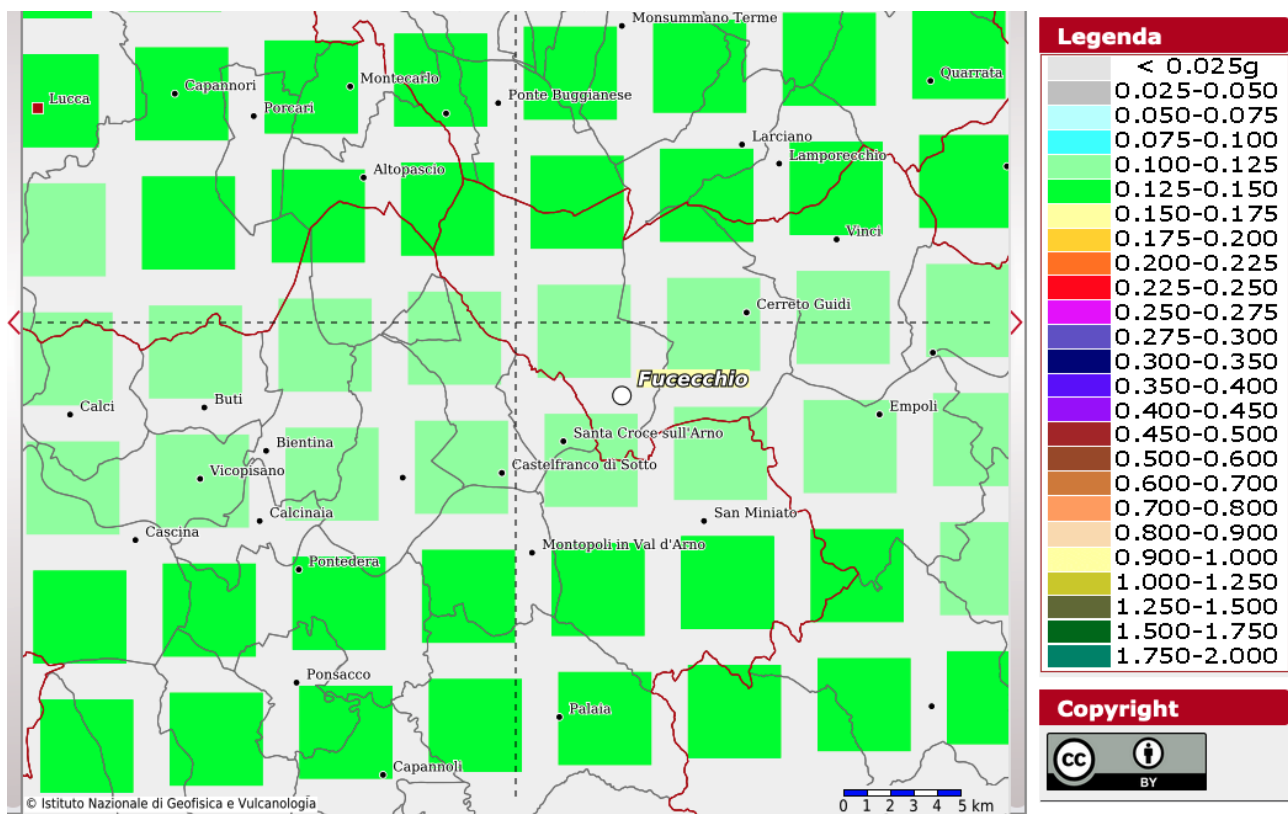
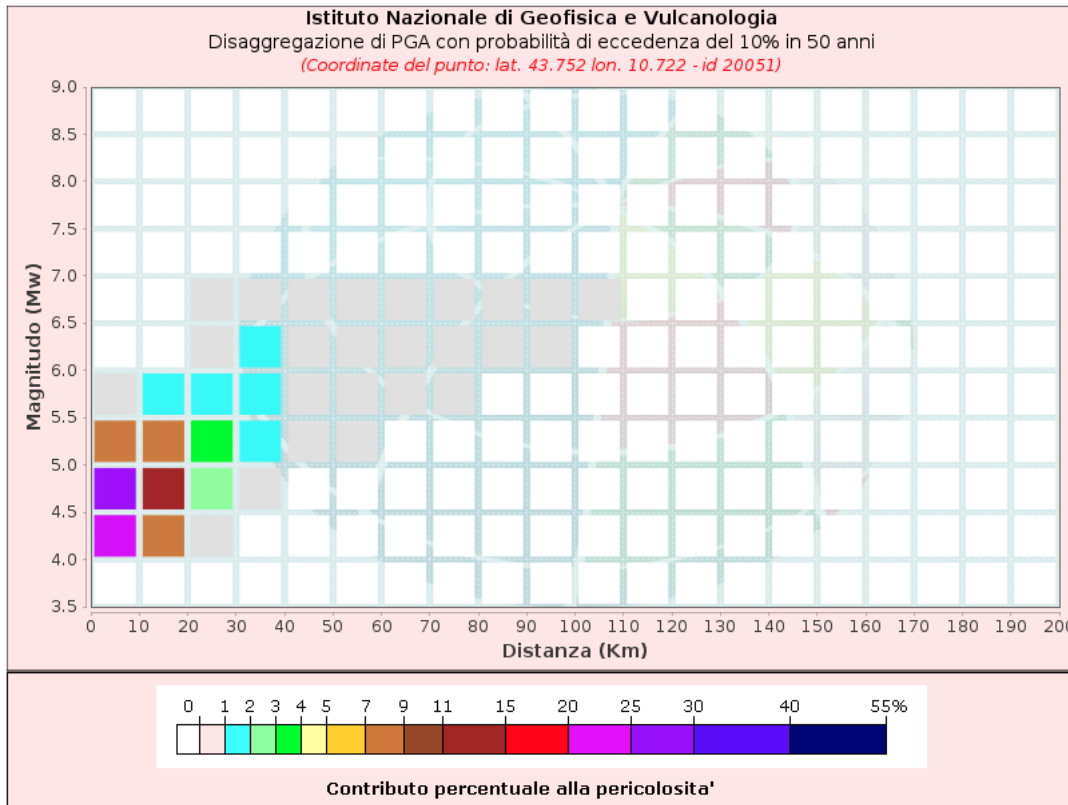


Figura 20 – Diagramma di disaggregazione associato al nodo più vicino, quello ad Ovest dell'intersezione viaria in loc. Le Vedute.



Le azioni di progetto ai sensi delle NTC si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- F_0 e T^*_c i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun

sito e ciascun periodo di ritorno).

Pertanto, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

L'allegato B al DM riporta i valori dei suddetti parametri, per ciascun nodo del reticolo di riferimento, relativi alla pericolosità sismica.

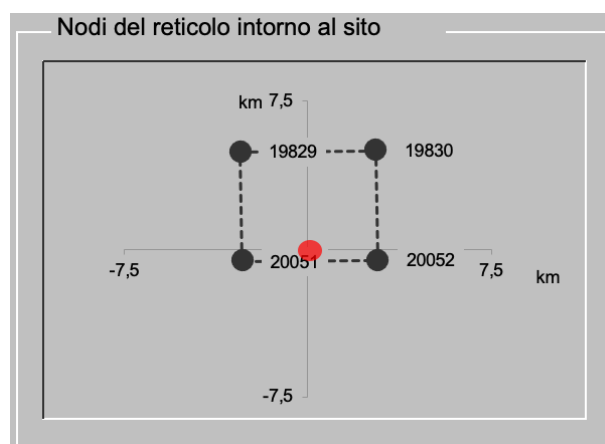
Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri "p" (a_g , F_0 e T^*_c) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (FIGURA 15), utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale:

- p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame
- p_i è il valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame
- d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta

Figura 21 – Ubicazione area di intervento rispetto ai nodi del reticolo di riferimento



(da Spettri di risposta del Consiglio Superiore LL.PP.)

Partendo dai valori definiti dagli studi condotti a livello nazionale nei nodi del reticolo di riferimento associati alle coordinate del sito (TABELLA 3), sono calcolati i dati di base (TABELLA 4) che identificano la pericolosità sismica in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R , forniti per periodi di ritorno T_R di riferimento in termini di:

- valore di accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g);
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0);
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c^*).

Tabella 4 – Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per vari periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
30	0,043	2,560	0,241
50	0,052	2,578	0,254
72	0,059	2,607	0,266
101	0,067	2,595	0,272
140	0,075	2,606	0,277
201	0,085	2,583	0,284
475	0,124	2,392	0,290
975	0,158	2,378	0,294
2475	0,210	2,398	0,308

(da Spettri di risposta del Consiglio Superiore LL.PP.)

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

6.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Lo studio di MS di livello 1 rappresenta un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del

comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica ("MOPS").

Questa carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.).

Gli studi di MS hanno l'obiettivo di individuare ad una scala comunale o subcomunale le zone in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, per le infrastrutture e per l'ambiente.

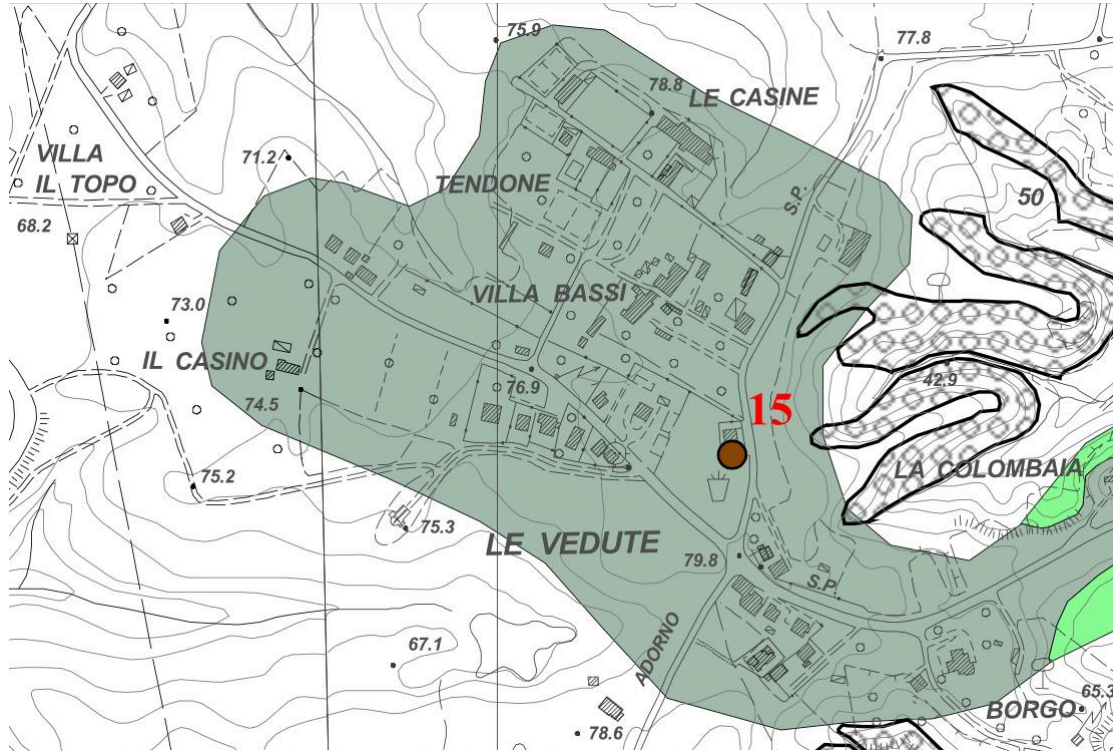
Nello specifico, la cartografia MOPS individua e caratterizza:

- 1) le zone stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- 2) le zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Sono le zone dove sono presenti terreni di copertura con spessori superiori ai 5 m;
- 3) le zone suscettibili di instabilità: nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono naturalmente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto) quali instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali e cedimenti differenziali.

Osservando la FIGURA 22 si evince che l'area di interesse appartiene ad una zona stabile suscettibile di amplificazione locale (Zona 1) per possibili amplificazioni del moto sismico a seguito della situazione topografica locale, per la presenza di pendenze mediamente elevate e complessivamente superiori a 25°, con dislivelli rilevanti.

Così come in loc. Le Vedute (FIGURA 22), l'altopiano delle Cerbaie risulta privo di picchi di amplificazione in ragione dell'assenza di una copertura soffice e quindi di bruschi aumenti di velocità di propagazione delle onde S nelle prime decine di metri. Negli stendimenti sismici a disposizione, infatti, la Vs cresce piuttosto uniformemente con la profondità in tutto l'altopiano.

Figura 22 – Stralcio della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica e delle frequenze fondamentali - Tav. A.4.5.2 del regolamento urbanistico e variante al piano strutturale 2015 del Comune di Fucecchio (base CTR scala 1:10.000)



Sismica passiva (misure tromometriche)

Frequenza F_0 (Hz)

Ampiezza A_0

I Misure eseguite a supporto del presente lavoro

TrI Misure a disposizione

● <1.0

● 1.0 - 1.5

● 1.5 - 2.0

● 2.0 - 3.0

● 3.0 - 10

● >10

○ 2 - 3

⊙ 3 - 4

⊗ >4

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



Zona 1

ALTOPIANO DELLE CERBAIE ZONA NORD
 CONTESTO COLLINARE PLEISTOCENICO
 Sabbie e conglomerati debolmente cementati con livelli di argille grigie



Zona 2

ALTOPIANO DELLE CERBAIE ZONA SUD
 CONTESTO COLLINARE PLIO-PLEISTOCENICO
 Sabbie gialle, limi sabbiosi e argille limose

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

Amplificazione topografica



VERSANTE ACCLIVI DI ENTITA' RILEVANTE

7 Pericolosità – quadro conoscitivo

7.1 Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale

7.1.1 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – PGRA

Con le delibere del Comitato Istituzionale Integrato n. 231 e n. 232 del 17 dicembre 2015 è stato adottato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, nel quale ricade il bacino del fiume Arno, con apposizione delle misure di salvaguardia.

Successivamente con delibera dello stesso Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016 il Piano è stato definitivamente approvato.

Il PGRA rappresenta un forte elemento di innovazione in quanto sostituisce a tutti gli effetti, per ciò che riguarda la cartografia della pericolosità da alluvione, il PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) dell'Arno. Il lavoro svolto per l'applicazione dei disposti della direttiva nel bacino, ha infatti permesso di aggiornare e modernizzare il quadro conoscitivo esistente, renderlo coerente con i requisiti richiesti dalla Commissione europea (Direttiva "acqua" 2000/60/CE e Direttiva "alluvioni" 2007/60/CE) e, quindi, di giungere ad una semplificazione delle norme e delle procedure in materia di pericolosità e rischio di alluvioni. La disciplina di PGRA va quindi a subentrare alle disposizioni previste dalle norme dei PAI con particolare riguardo ai disposti del "Capo I – Pericolosità Idraulica".

Le misure del PGRA seguono quattro concetti fondamentali:

- quadro di pericolosità da alluvione condiviso e con modalità definite per il suo aggiornamento e sviluppo;
- direttive precise per la predisposizione degli strumenti urbanistici comunali con indicazione di cosa è opportuno prevedere e non prevedere nelle aree a pericolosità, lasciando al Comune il diritto di scelta finale;
- norme rigorose tese ad evitare l'aumento del rischio per gli insediamenti esistenti e tese a far sì che, in ogni caso, le previsioni siano eventualmente realizzate in condizioni tali da conoscere e gestire il rischio idraulico;
- competenza dell'Autorità per ciò che riguarda naturalmente l'aggiornamento del quadro conoscitivo del bacino, con rilascio di pareri solo per gli interventi del PGRA e per le opere pubbliche più importanti quali ospedali, scuole ed infrastrutture primarie, senza influire sulle attività edilizie la cui competenza è demandata, come è logico che sia, alla azione comunale.

In questa impostazione il ruolo delle Autorità di bacino, come quello delle regioni, diventa pertanto maggiormente orientato ad approfondire i temi del quadro conoscitivo e a fornire agli

enti locali gli indirizzi in base ai quali poi gli stessi enti attuano, in piena autonomia, le proprie scelte. La norma principale su cui è impostata tutta la disciplina di piano è che, sia nelle aree a pericolosità elevata che media, qualsiasi intervento edificatorio deve eventualmente essere realizzato in maniera tale da non provocare dei rischi per i beni esistenti e in condizioni tali da poter gestire il rischio a cui è soggetto. Nelle norme si parla, infatti, di “gestione” e non di “annullamento” del rischio. È un cambio considerevole d’impostazione poiché teoricamente consente anche di mantenere un rischio residuo, alla condizione che questo sia conosciuto e ben percepito dai soggetti in gioco, e quindi gestito responsabilmente al momento dell’evento. La disciplina si sviluppa quindi con direttive tese a considerare l’opportunità o meno di certe scelte di tipo urbanistico. Le direttive sono basate sull’analisi dei fatti accaduti negli ultimi anni, dei morti e dei danni che abbiamo subito; direttive che cercano di impedirne il ripetersi. Tuttavia, è poi sempre l’ente locale che decide, come è giusto che sia e come stabilisce la legge. Il Comune può seguire le proprie scelte ma, in ogni caso, dovrà rispettare la norma principale, ovvero che le eventuali realizzazioni non devono portare rischio agli altri e devono gestire il proprio.

Per quanto ci riguarda, le mappe di pericolosità e rischio da alluvioni del PGRA del bacino dell’Arno, indicano che il sito d’interesse specifico non risulta soggetto ad alcuna disciplina.

Figura 23 – PGRA Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera

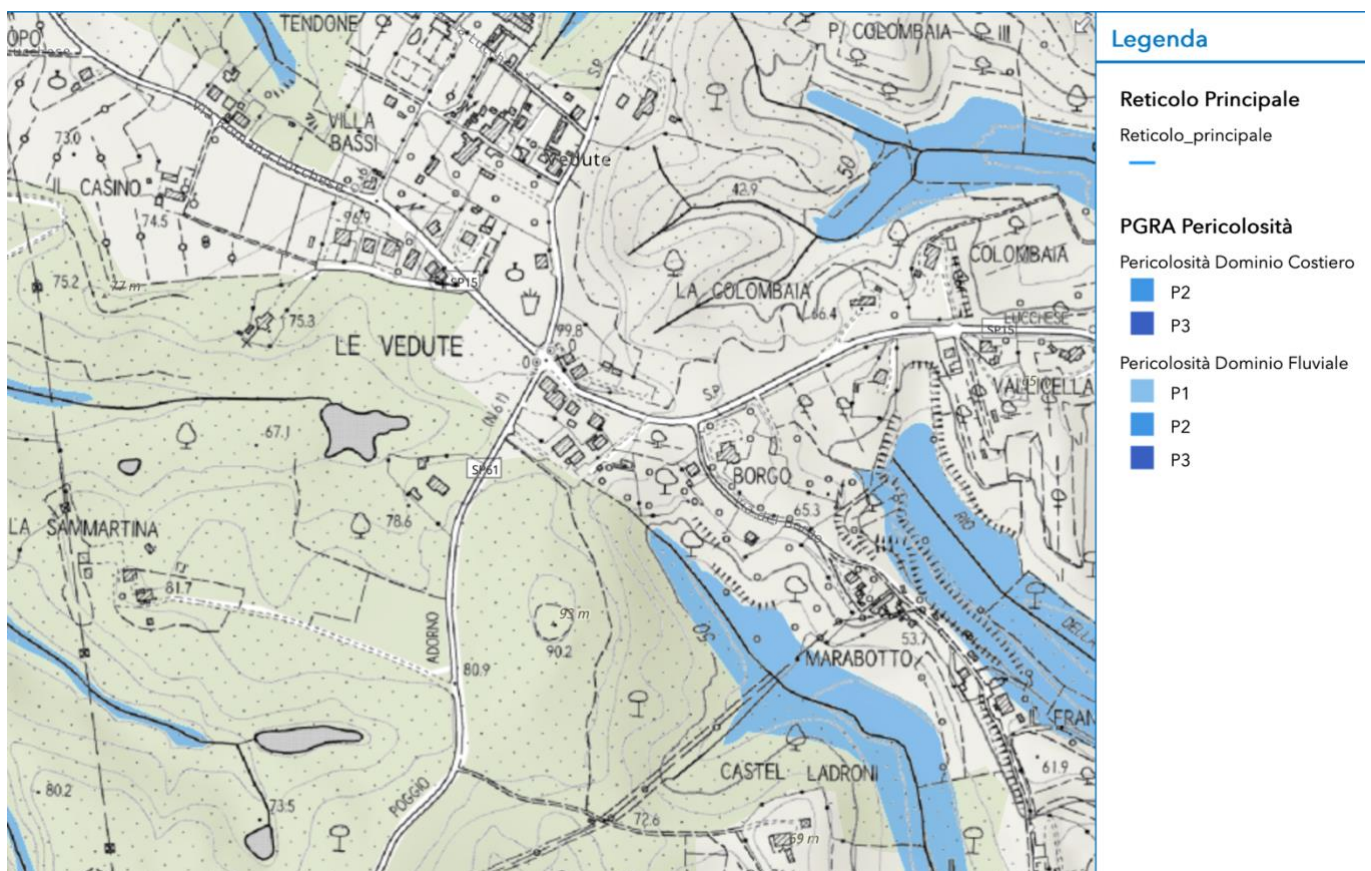
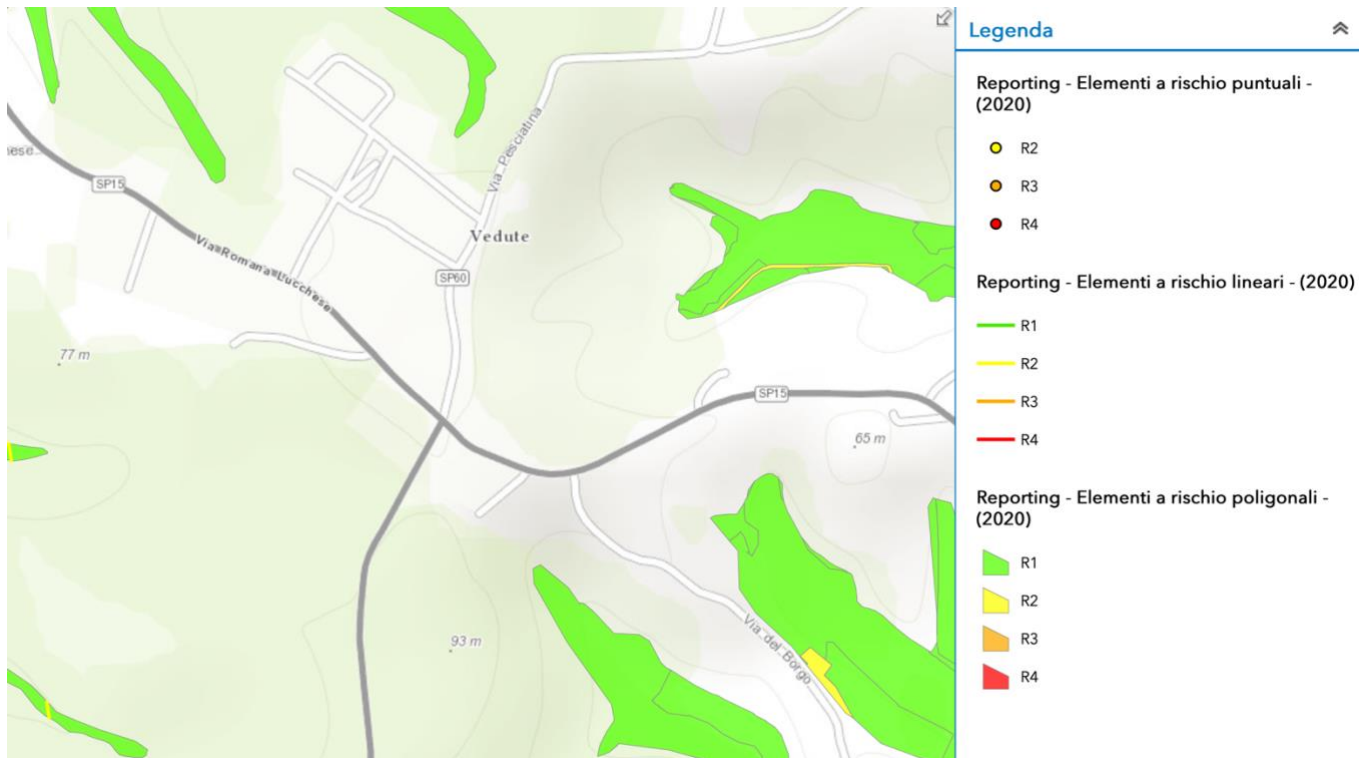


Figura 24 – PGRA Mappa del rischio di alluvione ai sensi del D.Lgs. 49/2010



7.1.2 Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) è lo stralcio del Piano di bacino mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo nelle che aree a pericolosità e rischio legate ai processi geomorfologici. Con la prossima definitiva approvazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni a scala di distretto il PAI diventa il piano stralcio dedicato alla gestione del rischio di natura geomorfologica.

Sul territorio del distretto sono vigenti e approvati cinque diversi PAI, che resteranno operativi sino alla conclusione del processo di approvazione del nuovo PAI unificato a scala distrettuale previsto a fine del 2023. Dal 2 febbraio 2017, con la pubblicazione in G.U. del decreto ministeriale n. 294 del 26 ottobre 2016, la loro competenza è passata all'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale.

A causa delle loro specificità tecniche e normative allo stato attuale la normativa e la cartografia sono distinte secondo i cinque PAI "originali": bacino del fiume Arno, bacino del fiume Serchio, ex bacino interregionale del fiume Magra, ex bacini regionali toscani ed ex bacini regionali liguri.

Il PAI per il bacino dell'Arno è entrato in vigore con la pubblicazione del D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del Piano di Bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3/10/2005), le norme di attuazione e gli allegati sono stati pubblicati sulla G.U. n. 248 del 24.10.2005, riferimento formale per la corretta applicazione della normativa alle aree a pericolosità.

L'area di interesse non è soggetta a pericolosità da frana, anche se prossima ad aree con pericolosità elevata – PF3 (FIGURA 25), ma ricade nella classe PF2 delle aree con propensione al dissesto media (FIGURA 26); un'indicazione della suscettibilità geomorfologica al dissesto franoso di un'area, risultante dalla presenza di fattori predisponenti legati essenzialmente alle condizioni geologiche, geotecniche e di copertura del suolo.

Nella seduta della Conferenza Operativa del 30 novembre 2022 è stato approvato in via tecnica il progetto di PAI "Dissesti Geomorfologici" relativo a tutto il territorio del Distretto Appennino Settentrionale e la Conferenza Istituzionale Permanente con delibera n. 28 del 21 dicembre 2022 ha adottato il progetto di Piano.

Con la pubblicazione dell'avviso di adozione del Progetto di Piano nella Gazzetta Ufficiale n. 3 del 04.01.2023 ha avuto inizio il procedimento pubblico di consultazione e osservazione.

Le relative Norme di Piano adottate definiscono la classe di pericolosità elevata P3a (FIGURA 27) come *aree potenzialmente instabili non interessate da fenomeni di dissesto attivi ma in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali aree interessate da instabilità in passato e/o segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, sulla base dei quali non è possibile escludere la riattivazione dei dissesti.*

Il rischio basso R1 (FIGURA 28) è attribuito alle aree in cui il verificarsi di fenomeni di dissesto può condurre gli elementi presenti ad un rischio di perdita basso. Rischio da dissesti di natura geomorfologica R: è il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alla proprietà, dei danni ai beni ambientali e ai beni culturali e delle perturbazioni alle attività economiche dovuto al fenomeno naturale considerato di assegnata intensità.

Figura 25 -PAI frane nel bacino dell'Arno Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale - Aree con pericolosità da frana - vigente

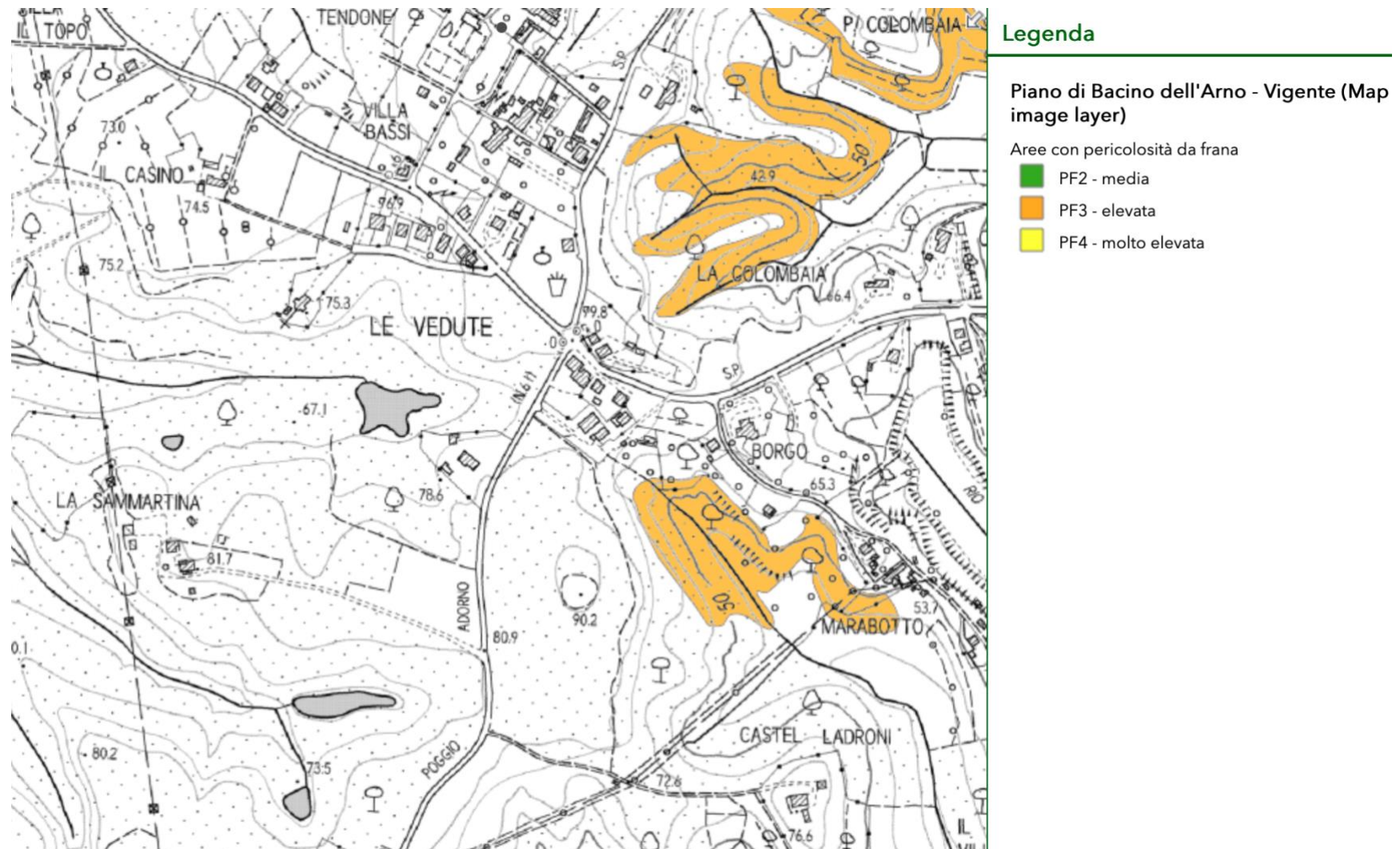


Figura 26 –PAI frane nel bacino dell'Arno Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale – Aree con propensione al dissesto – vigente

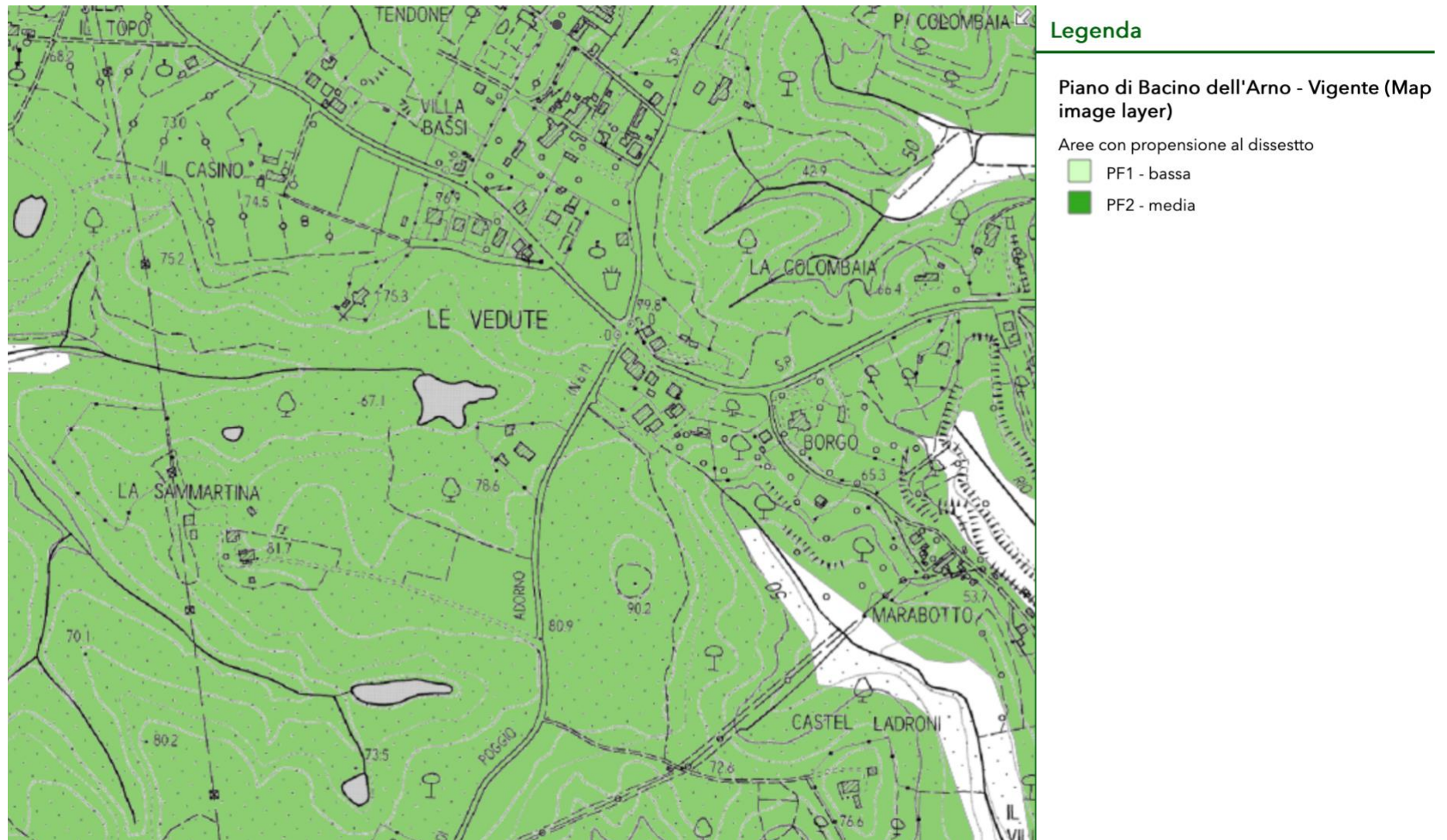


Figura 27 – Progetto PAI "Dissesti Geomorfoloici" Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale – adottato

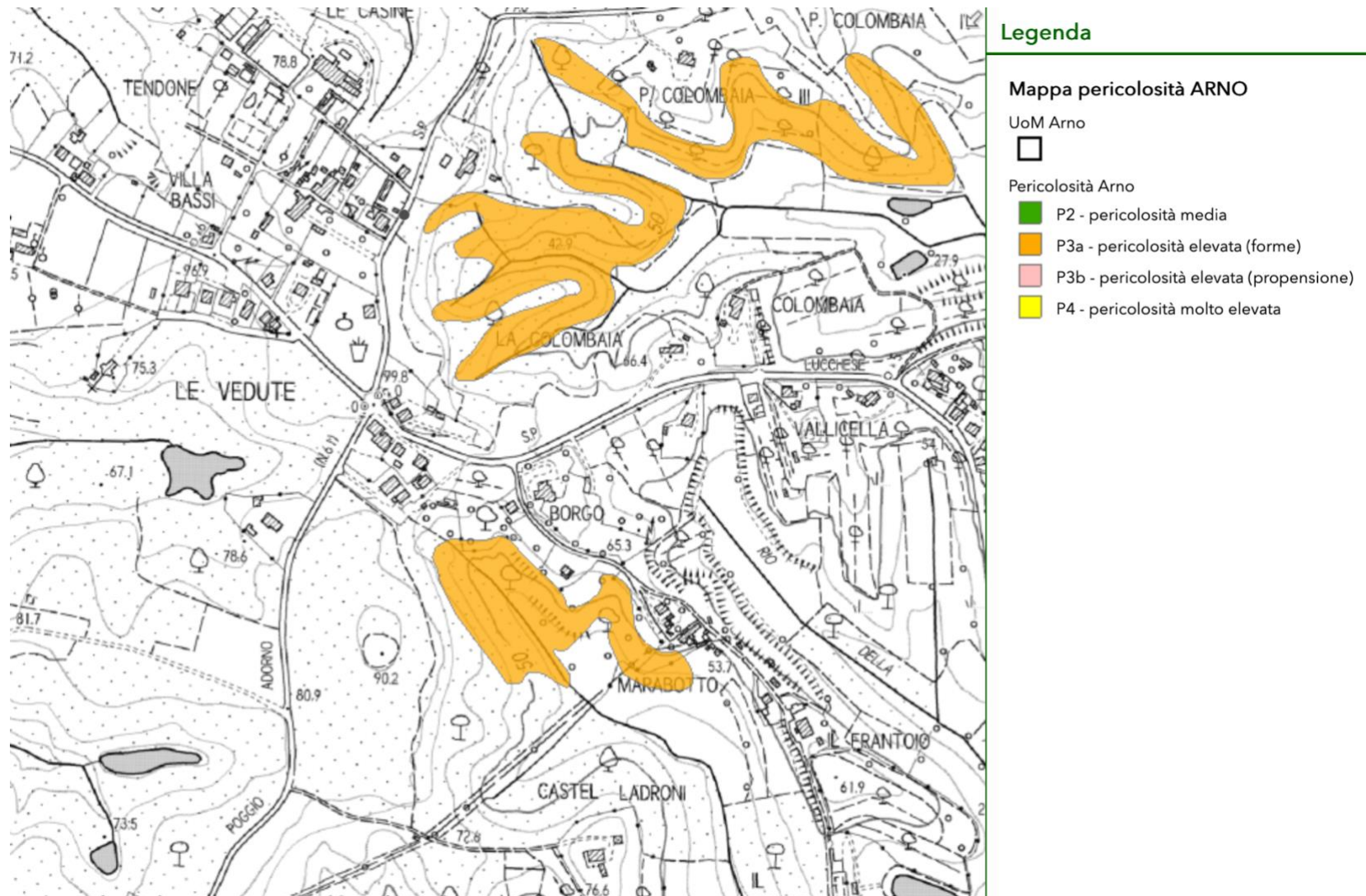
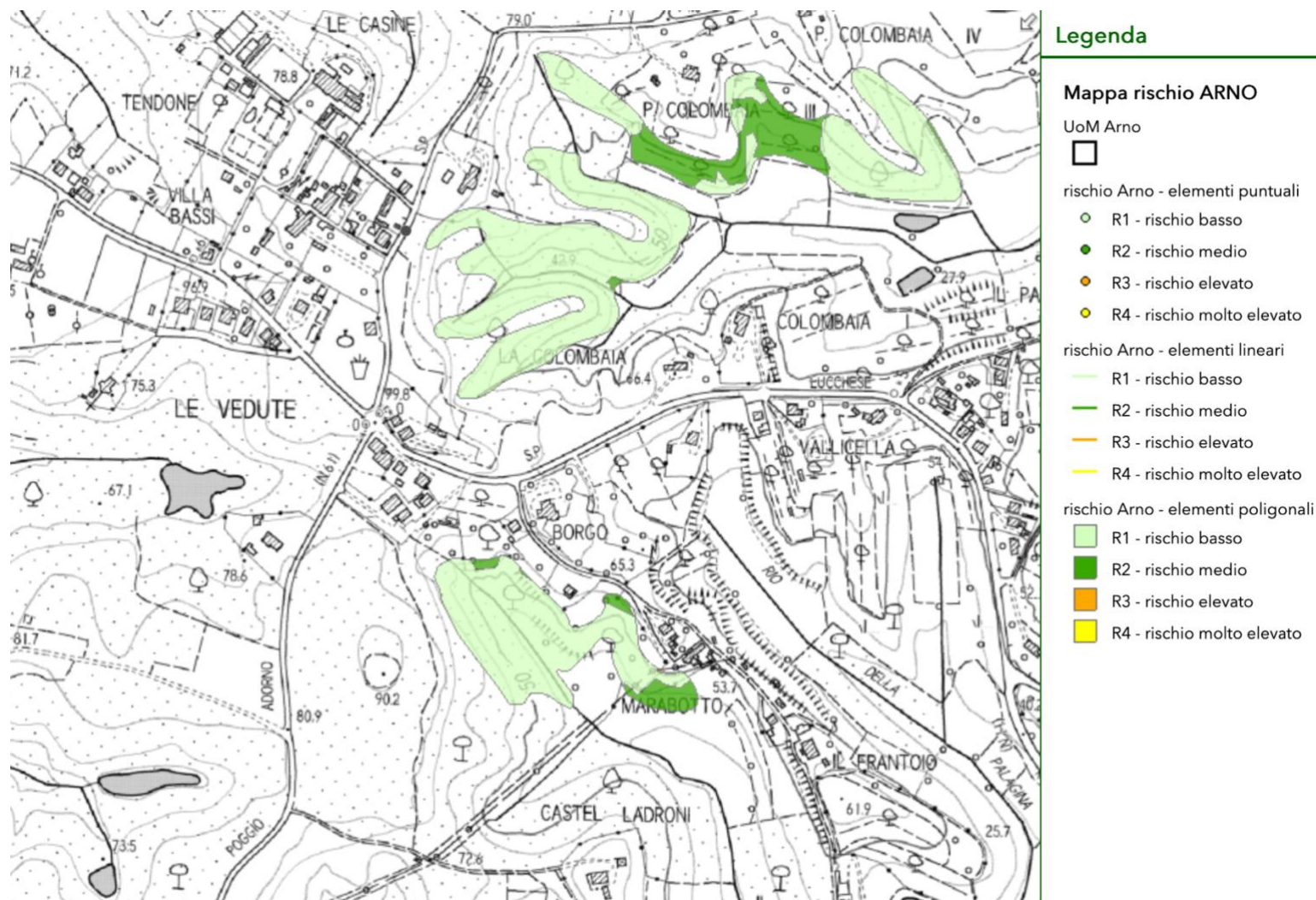


Figura 28 – Progetto PAI "Dissesti Geomorfologici" - Cartografia del Rischio (DPCM 29/09/1998) Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale – adottato



7.2 Comune di Fucecchio – Strumento Urbanistico

7.2.1 *Pericolosità geologica*

L'area di interesse ricade all'interno della classe di pericolosità geologica media (G.2) (FIGURA 29): *"aree in cui sono presenti fenomeni inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%"*. In questa classe sono state quindi inserite le porzioni di versante non ricadenti in classi di pericolosità superiori, ove risulta una bassa propensione al dissesto.

Nella classe di pericolosità geologica bassa (G.1) sono state invece inserite solo porzioni del territorio collinare, in cui si hanno terreni di buona consistenza ad inclinazione bassa o nulla (pendenze inferiori al 15%) e distanti da corsi d'acqua e da fenomeni di dissesto.

Infine, nella classe di pericolosità elevata (G.3) sono state inserite le aree soggette ad erosione per ruscellamento superficiale, le zone coperte da terreni colluviali, i soliflussi localizzati, le coltri detritiche di versante, i versanti con inclinazione superiore al 25%, le scarpate quiescenti e le frane quiescenti con relativa area di influenza.

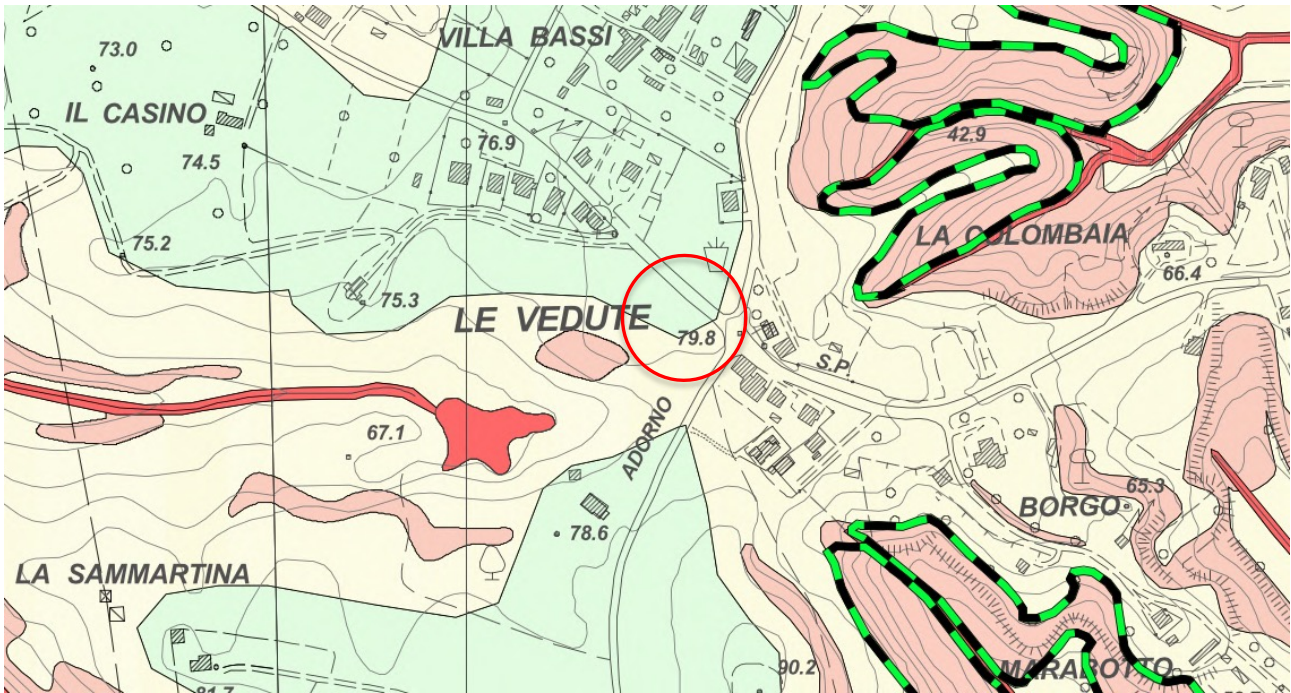
Le norme tecniche di attuazione del regolamento urbanistico prevedono che, nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geologica media G.2, le condizioni di attuazione siano indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

7.2.2 *Pericolosità sismica*

L'area di interesse ricade all'interno della classe di pericolosità sismica locale media (S.2) (FIGURA 30) attribuita alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non ricadenti in classe di pericolosità superiore. Si tratta delle aree subpianeggianti e poco inclinate con terreni dalle buone caratteristiche geotecniche, prive di indizi di instabilità.

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica media, secondo le norme tecniche di attuazione non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Figura 29 – Stralcio della carta della pericolosità geologica ai sensi del D.P.G.R. 53/R - Tav. C.2.2 del regolamento urbanistico e variante al piano strutturale 2015 del Comune di Fucecchio (base CTR scala 1:5.000)



G.4 - Pericolosità Geologica Molto Elevata



Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza.
Sono inoltre compresi i corsi d'acqua, i laghi e la depressione del Padule

G.3 - Pericolosità Geologica Elevata



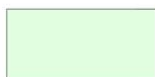
Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti;
aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia,
alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado
di carattere antropico;
aree interessate da fenomeni erosivi;
aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche

G.2 - Pericolosità Geologica Media



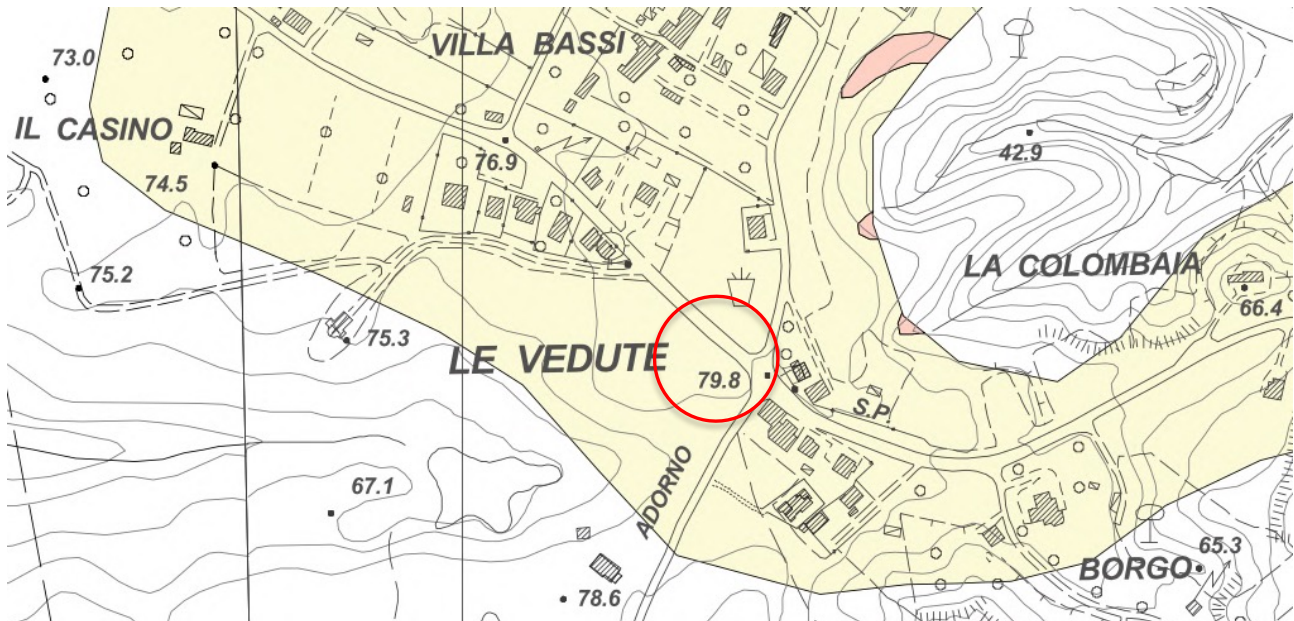
Aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione
risulta una bassa propensione al dissesto.

G.1 - Pericolosità Geologica Bassa



Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali
non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

Figura 30 – Stralcio della carta della pericolosità sismica ai sensi del D.P.G.R. 53/R - Tav. C.3.2 del regolamento urbanistico e variante al piano strutturale 2015 del Comune di Fucecchio (base CTR scala 1:5.000)



S.2 - Pericolosità sismica locale media



Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali che non rientrano tra quelle previste per la classe di pericolosità sismica S3.

8 Indagini e dati di base

Nei capitoli seguenti sono prese in esame le indagini geognostiche ed i dati di base di interesse, reperibili nell'archivio comunale, la cui ubicazione è rappresentata in TAVOLA 1, mentre il dettaglio è riportato in ALLEGATO 1.

8.1 Stratigrafia

8.1.1 Pozzo codice ISPRA 187127

Confrontando la sezione geolitologica di FIGURA 9 con la stratigrafia del pozzo con codice ISPRA 187127, si può notare come ai depositi della formazione delle Cerbaie sia stato attribuito uno spessore di circa 23 m e siano descritti come argille sabbiose nei primi 12 m di spessore e limi argillosi nei successivi 11 m di spessore. Il passaggio ai sottostanti depositi fluviali e lacustri è contraddistinto dalle argille grigie con uno spessore di 50 m.

Quanto sopra è in linea con la descrizione litologica della formazione delle Cerbaie, in quanto i clasti sono sostenuti da una matrice sabbiosa di colore rosso e con un forte grado di

alterazione pedogenetica. Lo stato d'alterazione è particolarmente accentuato e caratterizzato da frequente ed abbondante argillificazione con presenza di plintiti. Se presenti, le argille grigie sono intercalate in intervalli sottili e discontinui. I clasti sono eterometrici, mediamente di dimensioni inferiori al decimetro e con una disposizione normalmente caotica.

I sottostanti depositi fluviali e lacustri sono invece descritti come sabbie gialle, limi sabbiosi ed argille limose di colore grigio-nocciola.

8.1.2 Carotaggio continuo S1

La descrizione stratigrafica del carotaggio S1, che ha raggiunto la profondità di 11 m, è in accordo con la sezione geolitologica di FIGURA 9 e rispecchia la descrizione litotecnica riportata nello strumento urbanistico che definisce i terreni come depositi costituiti da limi addensati e sabbie con lenti di conglomerati, con la frazione argillosa che si ritrova sia nella matrice sia in sottili e discontinui livelli che hanno una consistenza da media ad elevata.

8.1.3 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica

Le prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT9 e CPT10) distano circa 720 m di distanza dal luogo dell'intervento e raggiungono la profondità di 10 m dal p.c. interessando esclusivamente i depositi della formazione delle Cerbaie (FIGURA 9), fatto salvo lo spessore superficiale di terreno vegetale. Si può osservare sia come la resistenza alla punta q_c sia sempre ≥ 20 kgf/cm 2 sia come i valori massimi di q_c si abbiano entro i primi 5 m di profondità sia come q_c nei primi 4 m di profondità abbia sempre valori > 30 kgf/cm 2 .

La prova CPT1 molto più vicina alla zona d'intervento è stata spinta fino alla profondità di 15 m e nei primi 10 m ha sostanzialmente caratteristiche analoghe alle soprascritte. Negli ultimi 5 m di profondità individua due orizzonti maggiormente consistenti, verosimilmente costituiti da argille limose molto consistenti, in accordo con quanto rinvenuto nel carotaggio S1.

Quanto sopra conferma la presenza di terreni addensati di buona consistenza e non contrasta con la descrizione stratigrafica del paragrafo precedente, in quanto i valori di resistenza sono attribuibili a terreni sabbiosi ed i picchi di resistenza osservabili potrebbero essere causati dalla presenza di clasti lungo la verticale di infissione.

Inoltre, la possibilità di correlare il carotaggio S1 con la CPT1, data la vicinanza, unita alla possibilità di correlare tra loro le CPT, data la medesima tipologia d'indagine, fa presupporre una buona omogeneità dei depositi nei primi 10 m di profondità in località Le Vedute, come d'altronde già evidenziato sia dalla carta litotecnica di FIGURA 10 sia dalla sezione geolitologica di FIGURA 9.

8.2 Microzonazione sismica

8.2.1 *Prospezioni sismiche*

In FIGURA 9 si può osservare come ai depositi delle Cerbaie sia stata attribuita una velocità delle onde sismiche di taglio $SH > 400$ m/s sulla base dei risultati ottenuti dalla indagine sismica di superficie MASW – S6 eseguita in prossimità delle penetrometrie CPT9 e CPT10, di cui al paragrafo precedente.

Tale velocità è compatibile con depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti (categoria di sottosuolo B – NTC18), in accordo con quanto evidenziato dalle prove penetrometriche.

Analizzando i risultati ottenuti dalla verticale d'indagine in sismica passiva (HVSR) n.15, distante circa 50 m dall'area di intervento, si può notare come il picco H/V corrisponda ad una frequenza caratteristica di sito piuttosto alta, pari a circa 45 Hz.

Tale frequenza indica un contrasto di impedenza⁵ piuttosto superficiale di entità modesta, in quanto l'ampiezza del picco è $< 2,5$, che potrebbe corrispondere al passaggio tra il terreno vegetale ed i depositi addensati delle Cerbaie.

I risultati della prospezione Down Hole eseguita a supporto del progetto di realizzazione della scuola "Le Vedute" evidenziano un primo contrasto d'impedenza di modesta entità alla profondità di 4 m, sostanzialmente in linea con le altre indagini sismiche soprascritte.

La DH evidenzia lungo la verticale indagata una velocità media delle Vs pari a 325 m/s, inferiore rispetto a quanto evidenziato dalla MASW, ma comunque compatibile con depositi addensati e/o consistenti.

In conclusione, quanto scritto sopra evidenzia sia la buona omogeneità in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche nei depositi sottostanti all'area d'intervento sia quanto siano correlabili tra loro i vari dati geognostici disponibili.

8.2.2 *Microzonazione sismica di livello 2*

Visti i dati disponibili è stato possibile eseguire una Microzonazione Sismica di livello 2 per l'area di intervento, applicando le specifiche tecniche regionali ed utilizzando i relativi abachi litostratigrafici regionali aggiornati nel 2019.

La seguente TABELLA 5 riporta i dati di ingresso sito specifici utilizzati negli abachi al fine di determinare i valori attesi di amplificazione del moto sismico (FA – Fattore di Amplificazione) rispetto ad un terreno di riferimento.

⁵ differenza di velocità delle onde sismiche tra due sismostrati contigui

Considerando che i terremoti hanno frequenze fondamentali comprese tra $0.1 < f_{0,i} < 20$ Hz si ritiene opportuno, ai fini del presente studio, utilizzare come frequenza fondamentale di sito f_0 la frequenza con ampiezza massima compresa tra $0.1 < f < 20$ Hz, anziché la frequenza di 45 Hz, come rappresentato in FIGURA 31, considerando tra l'altro che le frequenze fondamentali dei depositi di terreno nel range di interesse per le costruzioni variano tra $0.25 < f < 20$ Hz (FIGURA 32)

Figura 31 - Curva H/V estratta dall'indagine sismica tromometria n.15

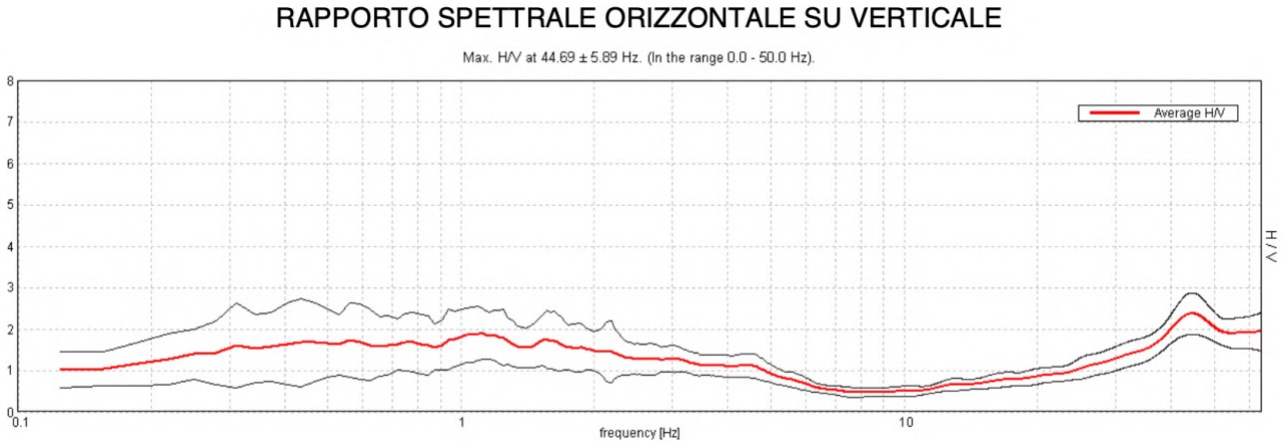
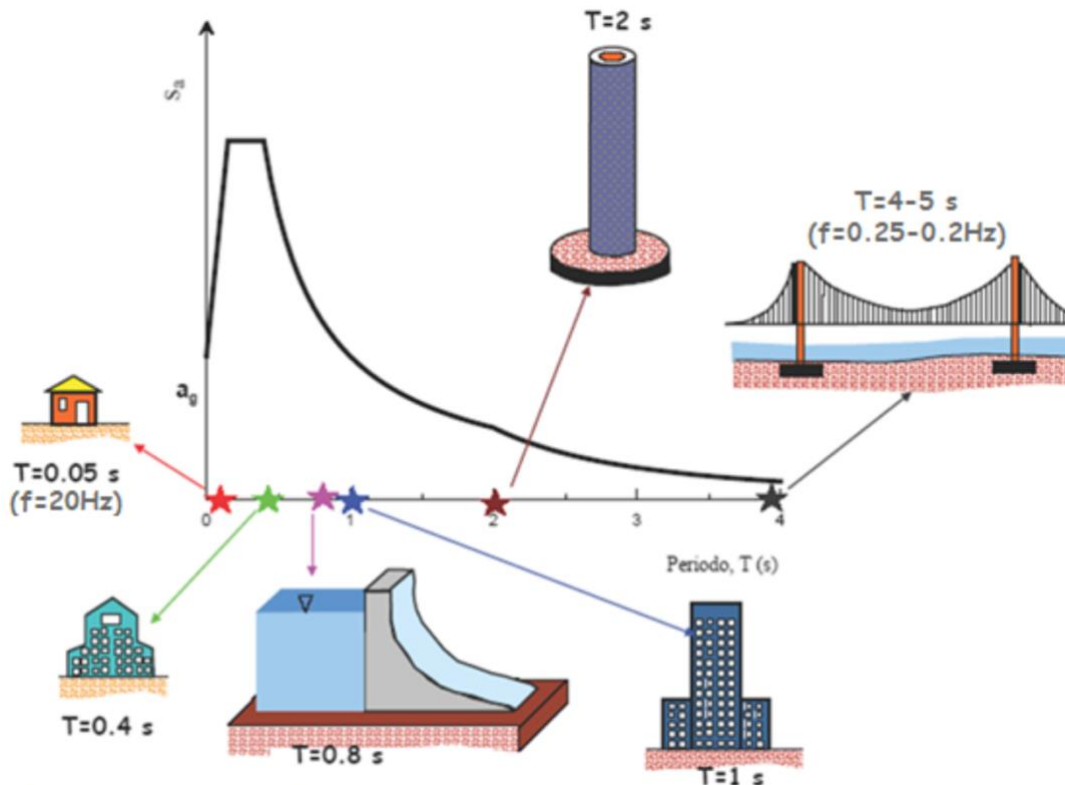


Figura 32 - Frequenze fondamentali dei depositi di terreno nel range di interesse per le costruzioni



(Lanzo, 2013 - mod)

Estratta dal CORSO DI FORMAZIONE: ANALISI 2D PER GLI STUDI DI MS DI LIVELLO 3 - Firenze, ottobre 2018

La TABELLA 6 riporta la conseguente determinazione dei valori di FA, per ognuno degli intervalli d'interesse.

Lo scopo è ottenere una caratterizzazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione attesa nelle zone "stabili suscettibili di amplificazione" per le quali un approccio semplificato possa avere significato (situazioni litostratigrafiche caratterizzate da alternanza di formazioni lungo superfici di discontinuità con buona approssimazione piane e orizzontali). D'altra parte, si sottolinea come gli abachi in oggetto possano essere utilizzati esclusivamente nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 2. In particolare, è fatto assoluto divieto di utilizzo dei dati di output degli abachi di secondo livello in attività connesse alla determinazione dell'azione sismica a corredo della progettazione edilizia.

Tabella 5 – Applicazione degli abachi litostratigrafici regionali di secondo livello

Informazioni richieste	Dati di ingresso sito specifici	
<i>Macroarea di appartenenza</i>	Toscana interna	
<i>Stima del valore di accelerazione di base</i>	0,124g	
<i>Spessore delle coperture*</i>	> 30 m	
<i>Frequenza fondamentale del terreno (F0)</i>	45 Hz (tromometria n.15 - strumento urbanistico)	1,12 Hz (f con ampiezza massima tra quelle tipiche dei terremoti)
<i>Parametro Vs₃₀ (o Vs_h)</i>	325 m/s (DH - progetto scuola "Le Vedute")	

* In presenza di elevati contrasti d'impedenza con rapporto tra Vs del livello di base e Vs delle coperture > 2 e/o chiari picchi nelle misure H/V > 3 è opportuno considerare il litotipo impendente alla stregua di un substrato sismico (anche se caratterizzato da Vs propria < 800m/s) poiché la risposta sismica del sito sarà correlabile in maniera netta proprio con il suindicato contrasto d'impedenza sismica.

Tabella 6 – Fattori di Amplificazione di riferimento

Fattore di amplificazione	Valore per f₀ = 45 Hz	Valore per f₀ = 1,12 Hz
<i>FA 0.1<T<0.5 s</i>	1.8	1.4
<i>FA 0.4<T<0.8 s</i>	1.8	1.9
<i>FA 0.7<T<1.1 s</i>	1.7	2.1

8.2.3 Amplificazione topografica

Osservando la FIGURA 5 si può notare come l'opera in progetto dista circa 60 m dal rilievo a NordEst con pendenza media superiore al 15 % e quindi non possono essere esclusi a priori fenomeni di amplificazione topografica.

D'altra parte, la relazione per l'"*Aggiornamento degli abachi di amplificazione sismica per la redazione di studi di MS di livello 2*" propone anche abachi per la stima del fattore di amplificazione legato alla presenza morfologie superficiali non planari. Si tratta di abachi dedotti mediante modellazione numerica nell'ipotesi che la morfologia riguardi materiali appartenenti al substrato sismico, ovvero nell'ipotesi che non esistano congiuntamente anche fenomeni di amplificazione stratigrafica dovuti alla presenza di coperture. Questa limitazione suggerisce di non combinare i fattori di amplificazione dedotti dagli abachi morfologici con quelli stratigrafici (come proposto invece dalle Norme Tecniche per le Costruzioni), ma di utilizzarli solo laddove il substrato sismico affiora e per i soli intervalli di periodi per i quali i fattori di amplificazione morfologica sono diversi da 1. Nel caso in cui le coperture siano caratterizzate da morfologie non planari, viene suggerito di confrontare, per ciascuna frequenza, il valore del fattore di amplificazione stratigrafica con quello morfologico: laddove il secondo fosse confrontabile o maggiore del primo, viene indicato come necessario un approfondimento basato su specifiche modellazioni numeriche. Nel caso specifico il fattore di amplificazione morfologico è pari a 1,4, quindi non superiore a quello per amplificazione stratigrafica.

9 Modello geologico

L'area di studio ricade in località Le Vedute sul versante Sud-Est delle Colline delle Cerbaie caratterizzata dai depositi alluvionali del bacino Cerbaie - Altopascio (Pleistocene medio). Tali depositi sono di ambiente fluvio lacustre, costituiti di conglomerati eterometrici, massivi di aspetto caotico, con clasti di dimensioni mediamente inferiori al decimetro, mal classati, con grado di arrotondamento variabile da angoloso a sub-arrotondato, sostenuti da una matrice sabbiosa di colore rosso e con un forte grado di alterazione pedogenetica, addensati, a cui si intercalano sottili e discontinui intervalli di argille grigie di bassa energia.

La sezione geologica di FIGURA 9 evidenzia come in corrispondenza della zona di intervento lo spessore dei depositi della formazione delle Cerbaie sia di circa 40 m e al di sotto siano presenti, in contatto stratigrafico inconforme, i *depositi fluviali e lacustri del bacino di Lucca-Montecarlo-Vinci*, ovvero le *Argille e sabbie di Marginone-Mastromarco (AGM)* costituiti principalmente da sabbie gialle, limi sabbiosi ed argille limose di colore grigio-nocciola, con strutture sedimentarie (facies di canale e di piana alluvionale) ed associazione fossilifera (malacofaune dulcicole e terrestri) di ambiente deposizionale fluviale e palustre.

Quanto sopra si può rilevare osservando la stratigrafia del non lontano pozzo con codice ISPRA 187127, dove i depositi della formazione delle Cerbaie hanno uno spessore di circa 23 m e sono descritti come argille sabbiose nei primi 12 m di spessore e limi argillosi nei successivi 11 m di spessore; mentre il passaggio ai sottostanti depositi fluviali e lacustri è contraddistinto dalle argille grigie con uno spessore di 50 m.

I dati ottenuti dal carotaggio continuo S1, eseguito per il progetto della scuola "Le Vedute", confermano la classificazione attribuita ai depositi alluvionali del bacino Cerbaie – Altopascio, classificati come ciottoli e ghiaie addensate con presenza di frazione fine interstiziale coesiva non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale, infatti tali depositi sono costituiti da limi addensati e sabbie con lenti di conglomerati, con la frazione argillosa che si ritrova sia nella matrice, che in sottili e discontinui livelli e hanno una consistenza da media ad elevata.

Tra 30 e 50 m di profondità sono presenti orizzonti ghiaiosi che costituiscono acquiferi di interesse locale. L'alimentazione principale è per infiltrazione superficiale su una morfologia sostanzialmente pianeggiante che origina anche un acquifero superficiale abbastanza diffuso, la cui soggiacenza storicamente può arrivare a 1,00 m. Nel carotaggio continuo S1 la profondità della falda superficiale è stata rilevata alla quota di -9,30 m dal p.c. in data 19/01/2019.

In base agli studi di supporto allo strumento urbanistico vigente, i depositi delle Cerbaie sono contraddistinti da una velocità delle onde sismiche di taglio $SH > 400$ m/s che cresce piuttosto uniformemente con la profondità in tutto l'altopiano. L'indagine sismica DH, eseguita all'interno del carotaggio S1, evidenzia come velocità delle $V_s \geq 400$ m/s si abbiano oltre i 20 m di profondità, mentre al di sopra si abbia una velocità V_s media di circa 325 m/s, comunque compatibile con terreni granulari addensati e/o mediamente addensati. Non sono presenti significativi contrasti d'impedenza e la V_s tende a crescere regolarmente con la profondità.

In base alle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ)" (2017), redatte dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica del Dipartimento della Protezione Civile, si può considerare l'area di interesse potenzialmente non soggetto a liquefazione dinamica.

10 Valutazioni di pericolosità

10.1 Pericolosità geologica

Si conferma la classe di *pericolosità geologica media (G.2)* indicata dallo strumento urbanistico vigente in quanto l'area in cui andrà ad insistere l'opera in progetto è caratterizzata da elementi geomorfologici, litologici e giacitureali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto, come evidenziato dalla cartografia del Progetto PAI "Dissesti Geomorfologici" dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale (adottato).

10.2 Pericolosità da alluvioni

In questo caso l'area è classificabile come a *pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità (P1)*, facendo riferimento alla cartografia del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale e considerando che siamo sulle Colline delle Cerbaie ad una quota di + 65 m rispetto alla pianura del Fiume Arno.

10.3 Pericolosità sismica locale

La seguente TABELLA 7 rappresenta una sintesi schematica di come è stata individuata la classe di pericolosità sismica locale per l'opera in progetto, confermando la classe già individuata dallo strumento urbanistico vigente ovvero la *classe di pericolosità sismica locale media S.2*.

Tabella 7 – Matrice con i criteri di classificazione per le classi di pericolosità sismica locale di interesse per l'area di intervento

<i>Criteri di classificazione</i>	<i>Elevata S.3</i>	<i>Media S.2</i>
Caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione	Particolarmente scadenti in relazione ai cedimenti	Buone
Suscettibilità alla liquefazione dinamica	SI	NO
Contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse	SI	NO
Alto contrasto di impedenza sismica atteso	<u>Entro</u> alcune decine di metri (40) dal piano di campagna	<u>Oltre</u> alcune decine di metri (40) dal piano di campagna e, indicativamente, con $f_0 < 1\text{hz}$
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione	$(F_x) > 1.4$	$(F_x) < 1.4$
Instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonché aree potenzialmente franose	SI	NO
Pendii con inclinazione superiore a 15°	(Non rilevante)	SI

Nota: le celle con sfondo verde evidenziano le condizioni verificate sulla base dei dati e dei risultati ottenuti dalle indagini geognostiche disponibili, di cui ai capitoli precedenti.

Le considerazioni principali che hanno portato alla conferma dell'attuale classe di pericolosità sismica locale sono:

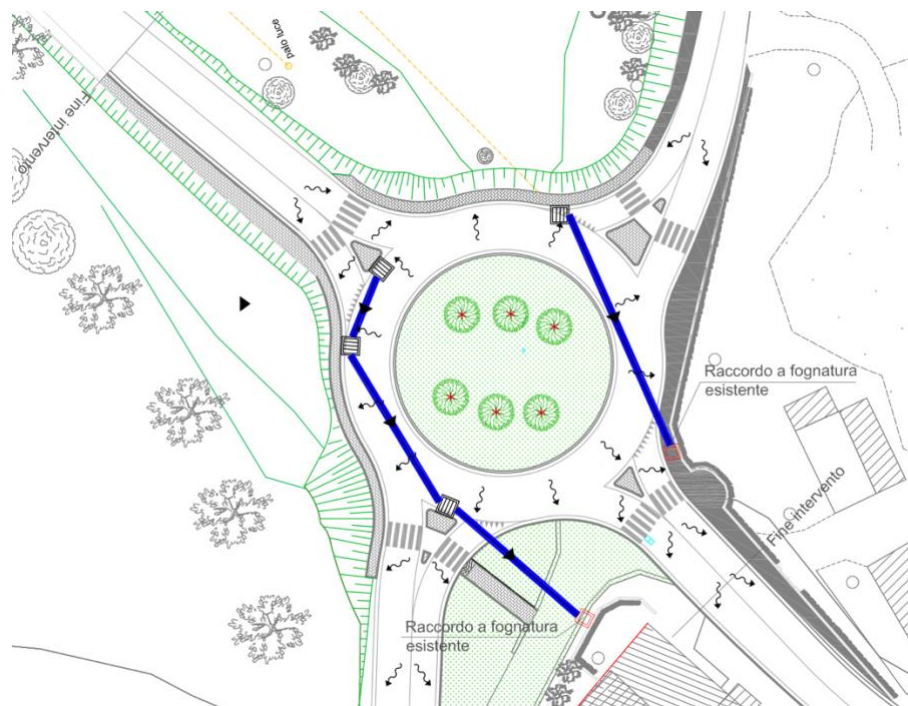
- FA0105 è ritenuto, a meno di particolari caratteristiche dell'area di studio, il fattore principalmente diagnostico per la determinazione dell'amplificazione locale (rif. specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica) e non è superiore a 1,4.
- In accordo con le *F.A.Q. Regolamento 1R/2022 disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico* (Settore Rischio Sismico della Regione Toscana), per valori di $FA0105 \leq 1.4$ NON si ha un'elevata amplificazione sismica; la soglia è definita considerando come riferimento il fattore di amplificazione tra 0,1s e 0,5s (FA0105).
- Le vicine indagini sismiche non evidenziano la presenza di un significativo contrasto di impedenza.
- L'opera in progetto è lineare e non in elevazione per cui non sono attesi fenomeni di oscillazione delle strutture.

11 Vincolo idrogeologico

L'area d'intervento è soggetta al vincolo idrogeologico, per cui il sistema di regimazione dovrà garantire un adeguato deflusso delle acque meteoriche senza determinare fenomeni di erosione o ristagno. Qualora il progetto preveda un sistema di regimazione che canalizzi e convogli le acque nell'impluvio naturale più vicino, dovranno essere previste adeguate opere che evitino l'insorgere di fenomeni di erosione, ristagno e dissesto idrogeologico (art.74, comma 1, lett. a) del d.p.g.r. 48/R/2003), visto che gli impluvi naturali più vicini (Colomabaia) sono contraddistinti da una pericolosità da frana elevata (PF3) per la presenza di versanti acclivi, anche di entità rilevante, con segni di dissesto quiescenti.

Nel caso specifico il progetto prevede un sistema di regimazione delle acque pluviali mediante tubi e pozzetti dotati di griglia di raccolta (FIGURA 33), le quali saranno convogliate nella fognatura esistente (FIGURA 34) per essere recapitate agli attuali recettori finali.

Figura 33 – Estratto della planimetria di progetto per la regimazione idraulica – Tav. n. EEA_04_01_00



LEGENDA

Opere di regimazione superficiale




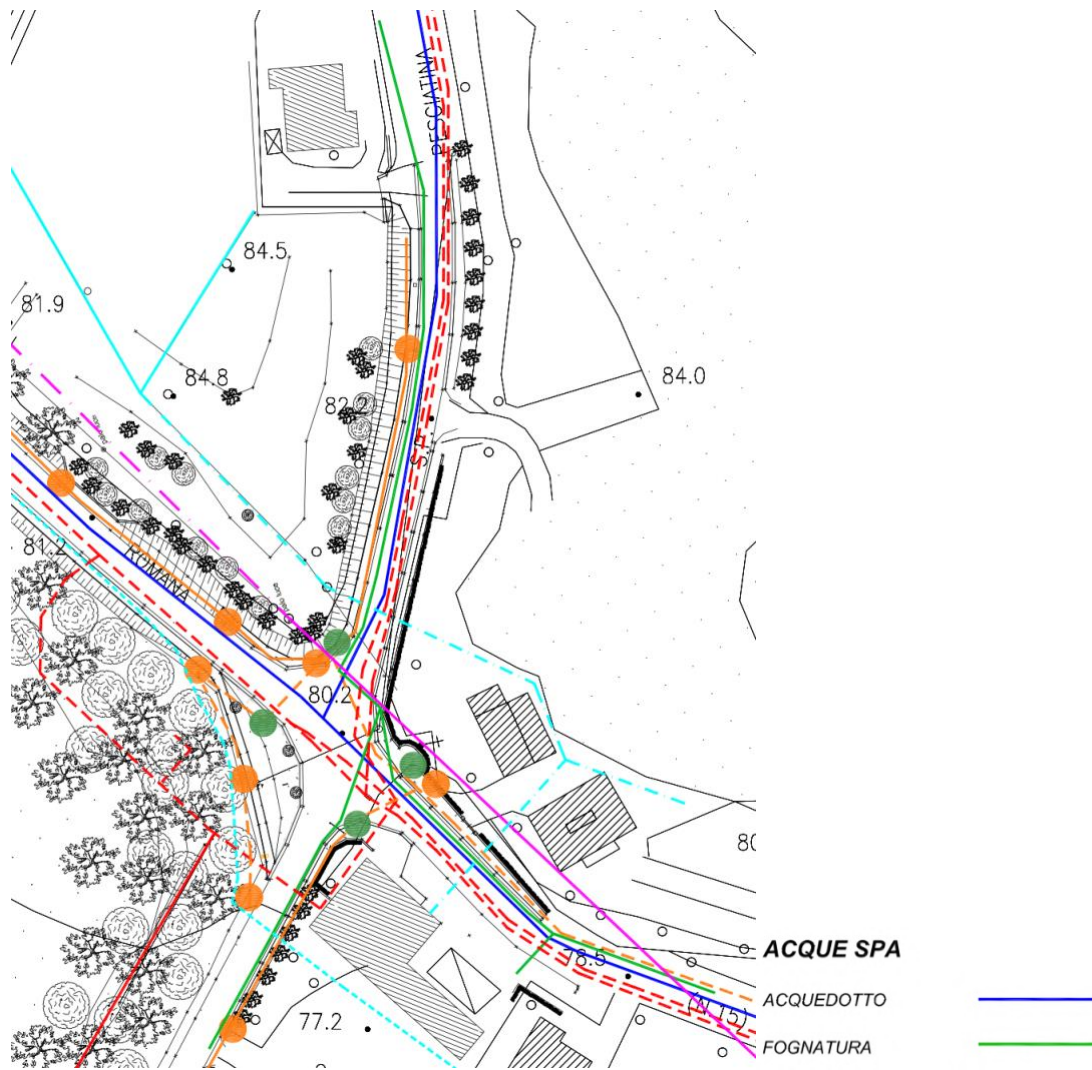
-  Pozzetto Esistente
-  Pozzetto con griglia 50x50
-  Tubo in pvc a servizio strada Ø 250

Figura 34 – Estratto della planimetria di progetto per i sottoservizi – Tav. n. EEA_06_01_00



12 Condizioni di fattibilità

In merito alla valutazione della fattibilità degli interventi edilizi in oggetto, nei capitoli seguenti si farà riferimento ai criteri generali di fattibilità indicati ai capitoli 3.2), 3.3), 3.4), 3.5) e 3.6) delle "direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche" in allegato A alla D.G.R. n.31 del 20 gennaio 2020, di cui al comma 3 dell'art.2 del **D.P.G.R. 5/R/2020**.

12.1 Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici

La fattibilità degli interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, effettuate in fase di progetto ai sensi del DPR 380/2001 (testo unico edilizia), finalizzate sia alla verifica delle effettive condizioni di stabilità sia al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'intorno dell'area in riferimento alle problematiche inerenti il vincolo idrogeologico, con particolare riferimento alla regimazione delle acque meteoriche Art. 74 del Regolamento Forestale della Toscana 48/R/2003.

Qualora durante l'esecuzione dei lavori o al termine dell'opera, sia realizzato un qualsiasi sistema di regimazione che canalizzi e convogli le acque nell'impluvio naturale più vicino, dovranno essere previste adeguate opere che evitino sia fenomeni di ruscellamento concentrato sia l'insorgere di fenomeni di erosione, ristagno e dissesto idrogeologico (art.74, comma 1, lett. a) del d.p.g.r. 48/R/2003), visto, tra l'altro, che gli impluvi naturali più vicini (Colomabaia) sono contraddistinti da una pericolosità da frana elevata (PF3) per la presenza di versanti acclivi, anche di entità rilevante, con segni di dissesto quiescenti.

12.2 Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni

Nessun vincolo di fattibilità in quanto l'opera in oggetto non è soggetta al rischio alluvioni, come scritto nei capitoli precedenti.

12.3 Criteri generali di fattibilità in relazione alle alluvioni costiere

Nessun vincolo di fattibilità in quanto non applicabile

12.4 Criteri generali di fattibilità in relazione a problematiche connesse alla risorsa idrica

La fattibilità degli interventi è subordinata a contenere i possibili rischi d'inquinamento dovuti ad uno sversamento accidentale di sostanze inquinanti autotrasportate, data sia la

buona permeabilità dei terreni sia la presenza di una falda superficiale diffusa, alimentata per infiltrazione meteorica e sfruttata con numerosi pozzi.

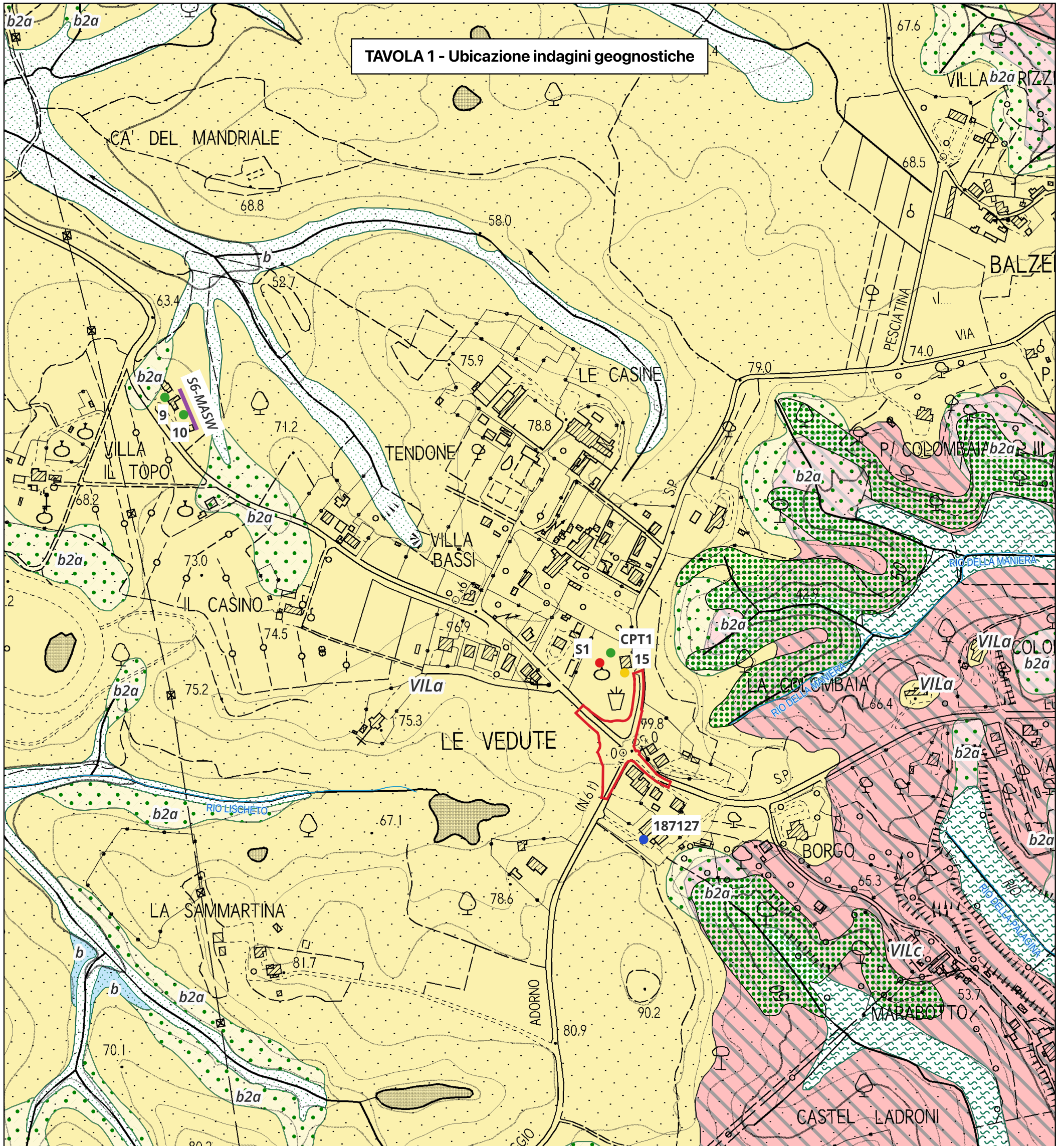
12.5 Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici

Nelle aree caratterizzate da pericolosità sismica media (S2) non è necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi. Limitatamente a quelle connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore ad 1herz, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione tiene conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia.

Marco Bani Micheletti, geologo

Documento firmato digitalmente

TAVOLA 1 - Ubicazione indagini geognostiche



Legenda

indagini geognostiche puntuali

- pozzo
- HVSr
- carotaggio DH
- CPT
- indagini geognostiche lineari

Area soggetta a variante

- rotatoria
- perimetro

Frane IFFI

- Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'
- Scivolamento rotazionale/traslattivo
- Aree soggette a frane superficiali diffuse

Depositi Superficiali

- Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali
- Deposito alluvionale Attivo Sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Frazione fine abbondante (SM) - b
- Deposito alluvionale Attivo Limi inorganici - b
- Deposito alluvionale Inattivo Sabbie - b
- Deposito eluvio-colluviale - b2a

Depositi Continentali

- Argille e argille sabbiose lignitifere lacustri e fluvio-lacustri - VILc
- Conglomerati e ciottolami poligenici - VILa

scala 1:5.000



Variante Urbanistica semplificata per l'approvazione del progetto di realizzazione di una nuova rotatoria in
loc. Vedute nel comune di Fucecchio (FI)
Relazione geologica

ALLEGATO 1

DATI GEOGNOSTICI DI BASE

Variante Urbanistica semplificata per l'approvazione del progetto di realizzazione di una nuova rotatoria in
loc. Vedute nel comune di Fucecchio (FI)

Relazione geologica

ALLEGATO 1 - Dati geognostici di base

Indagini geognostiche presso l'archivio comunale (pratiche 2006-2011)
(estratto dallo strumento urbanistico)

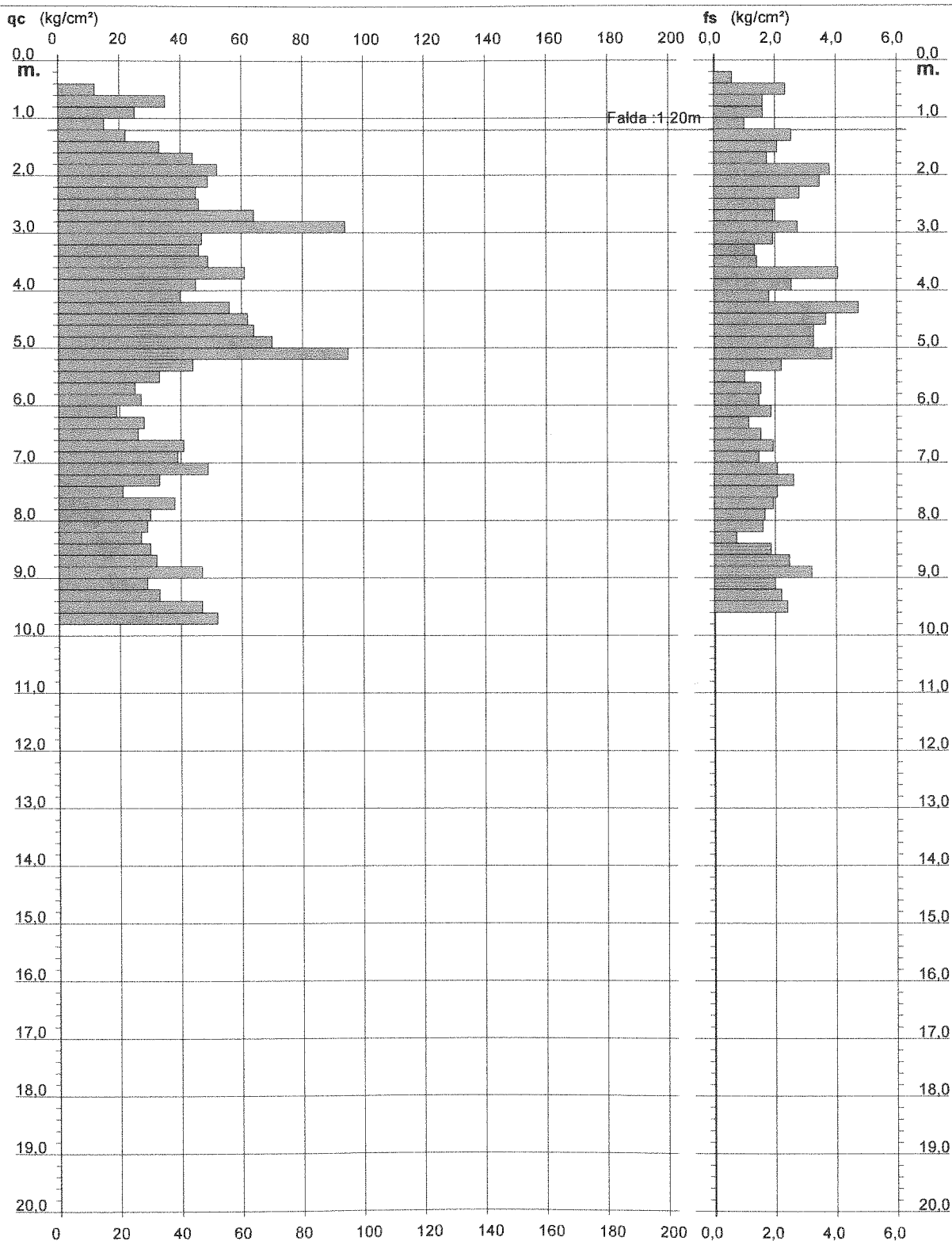
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 2

2.01PG05-077

- committente : Sig. Tiezzi Giacomo
 - lavoro :
 - località : Le Vedute, via Romana Lucchese

- data : 02/03/2011
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio
 - scala vert. : 1 : 100



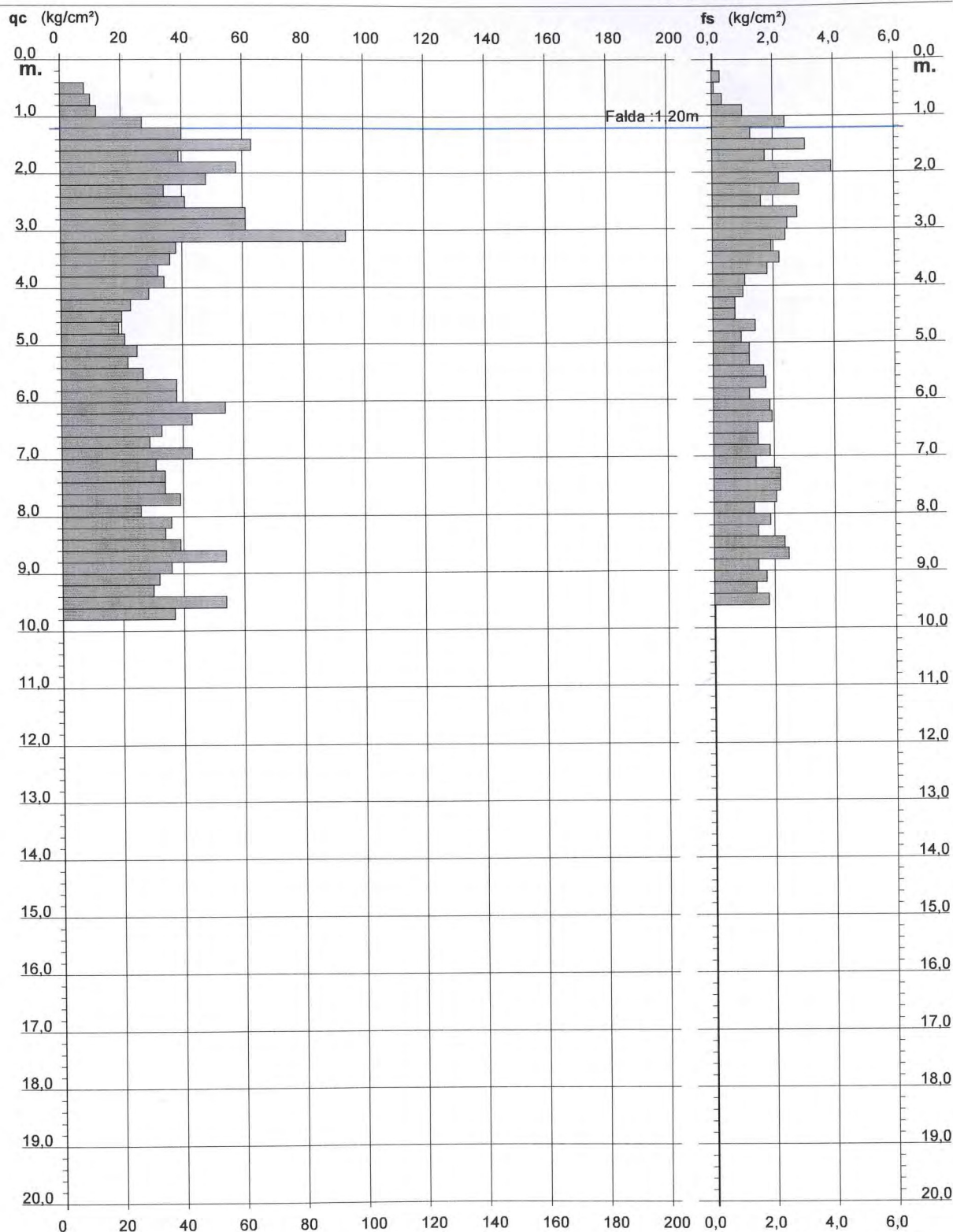
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : Sig. Tiezzi Giacomo
- lavoro :
- località : Le Vedute, via Romana Lucchese

- data : 02/03/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,20 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



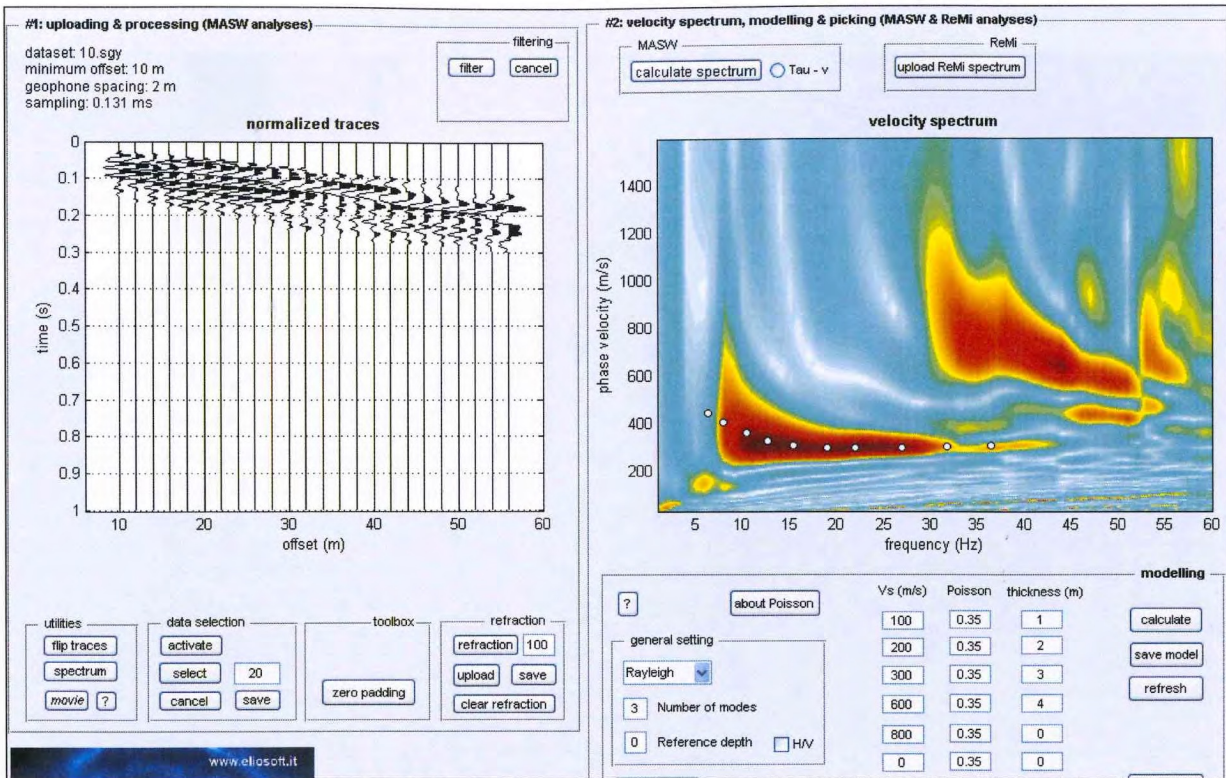
Variante Urbanistica semplificata per l'approvazione del progetto di realizzazione di una nuova rotatoria in
loc. Vedute nel comune di Fucecchio (FI)

Relazione geologica

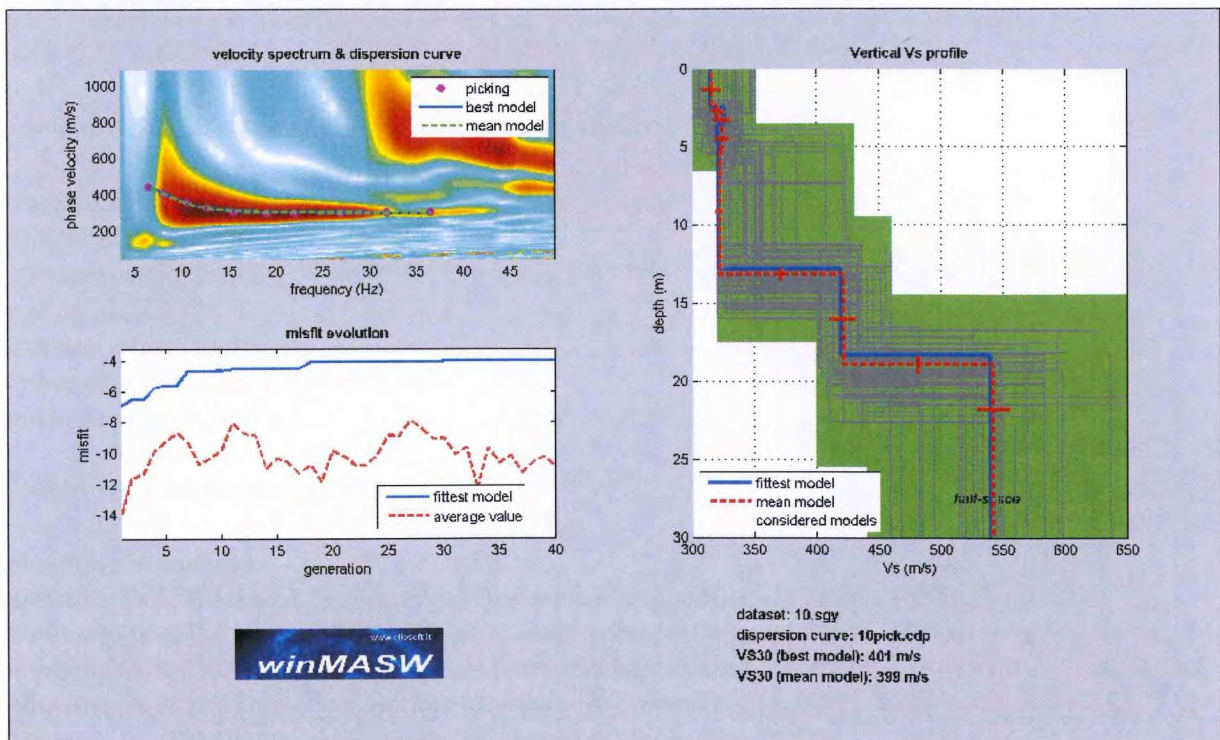
ALLEGATO 1 - Dati geognostici di base

Indagini sismiche presso l'archivio comunale (pratiche 2006-2013)
(estratto dallo strumento urbanistico)

GRAFICI INDAGINE SISMICA MASW



Common-shot gather e spettro di velocità



Risultato inversione

Variante Urbanistica semplificata per l'approvazione del progetto di realizzazione di una nuova rotatoria in
loc. Vedute nel comune di Fucecchio (FI)

Relazione geologica

ALLEGATO 1 - Dati geognostici di base

Pozzi profondi a stratigrafia nota dal database ISPRA

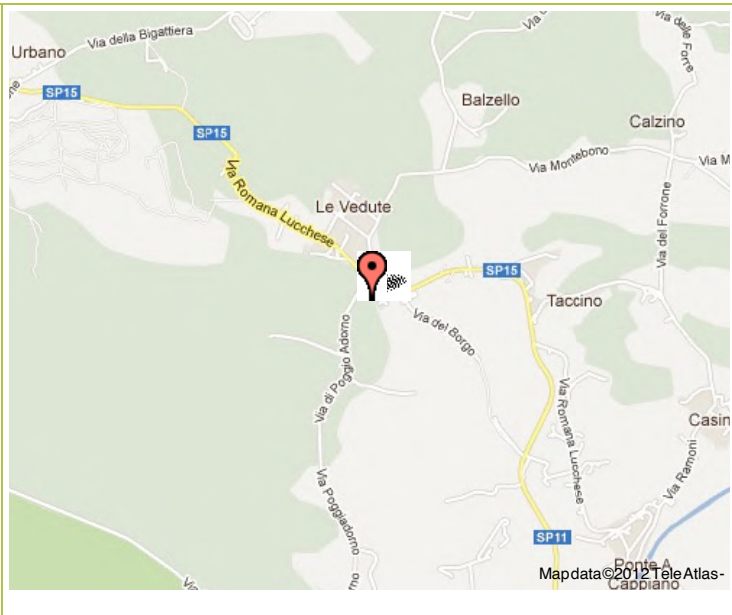
Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984)

Scheda indagine

Codice 187127
Regione TOSCANA
Provincia FIRENZE
Comune FUCECCHIO
Tipologia PERFORAZIONE
Uso: DOMESTICO
Profondità(m): 122.00
Quota pc slm (m): 84
Anno realizzazione 2001
Numerodiametri 1
Presenzaacqua SI
Portatamassima(l/s): 2
Portataesercizio(l/s): 1
Numerofalde: 2
Numerofiltri 1
Numeropiezometrie 1
Stratigrafia SI
Certificazione(*): ND
Numerostrati 9
LongitudineED50 (dd): 10.755278
LatitudineED50 (dd): 43.757500
LongitudineWGS84 (dd): 10.754311
LatitudineWGS84 (dd): 43.756520

(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine



DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità(m)	A profondità(m)	Lunghezza(m)	Diametro(mm)
1	0	122	122	320

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità(m)	A profondità(m)	Lunghezza(m)
1	74	79	5
2	110	113	3

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità(m)	A profondità(m)	Lunghezza(m)	Diametro(mm)
1	110	113	3	160

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico(m)	Livello dinamico(m)	Abbassamento(m)	Portata(l/s)
MAR / 2001	52.2	55.6	3.4	1.5

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità(m)	A profondità(m)	Spessore(m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0	12	12.0		ARGILLA SABBIA SAGIALLA
2	12	23	11.0		LIMO ARGILLOSO
3	23	74	51.0		ARGILLA GRIGIA
4	74	79	5.0		SABBIA LIMOSA CON GHIAIA
5	79	86	7.0		ARGILLA
6	86	88	2.0		SABBIA ARGILLOSA
7	88	110	22.0		ARGILLA
8	110	113	3.0		GHIAIA
9	113	122	9.0		ARGILLA

Variante Urbanistica semplificata per l'approvazione del progetto di realizzazione di una nuova rotatoria in
loc. Vedute nel comune di Fucecchio (FI)

Relazione geologica

ALLEGATO 1 - Dati geognostici di base

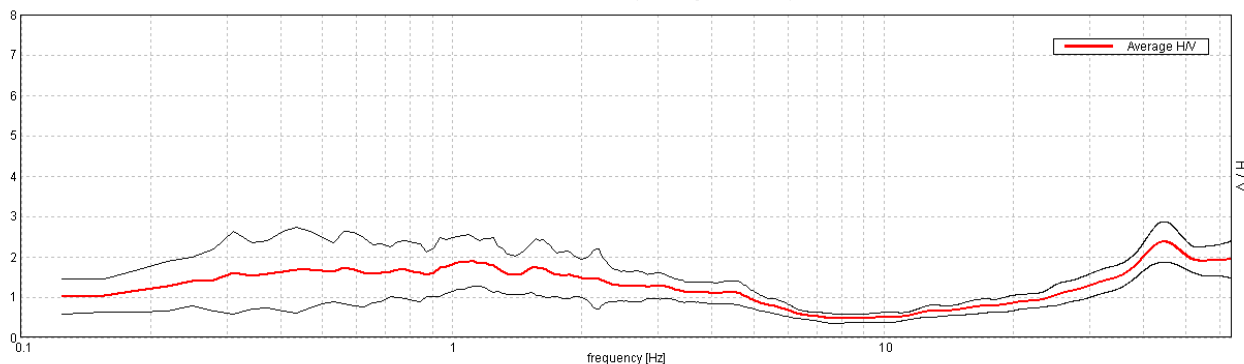
Indagini sismiche a supporto del regolamento urbanistico

J13_061_10_08_FUCECCHIO_TR, VIA PESCIATINA SITO_15

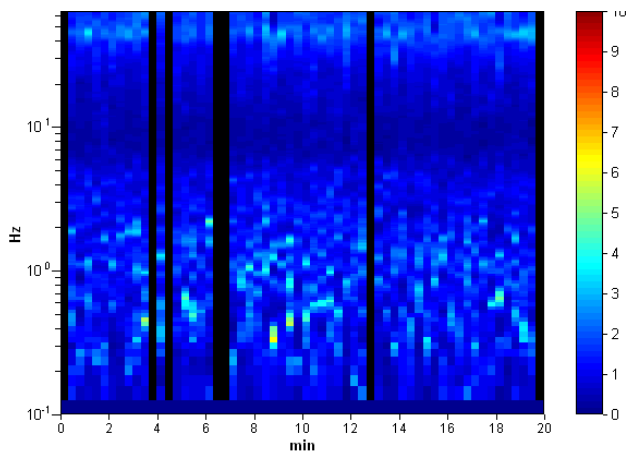
Strumento: TEP-0085/01-10
 Inizio registrazione: 08/10/13 12:51:34 Fine registrazione: 08/10/13 13:11:35
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

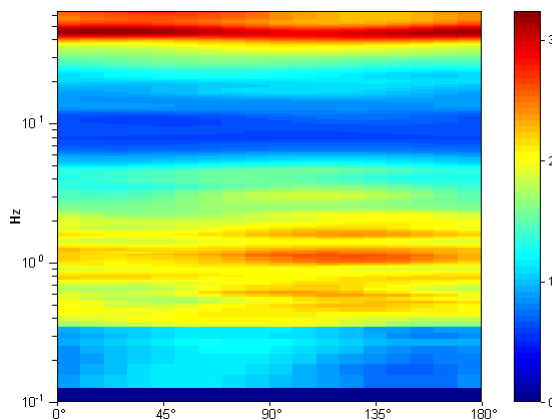
Max. H/V at 44.69 ± 5.89 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



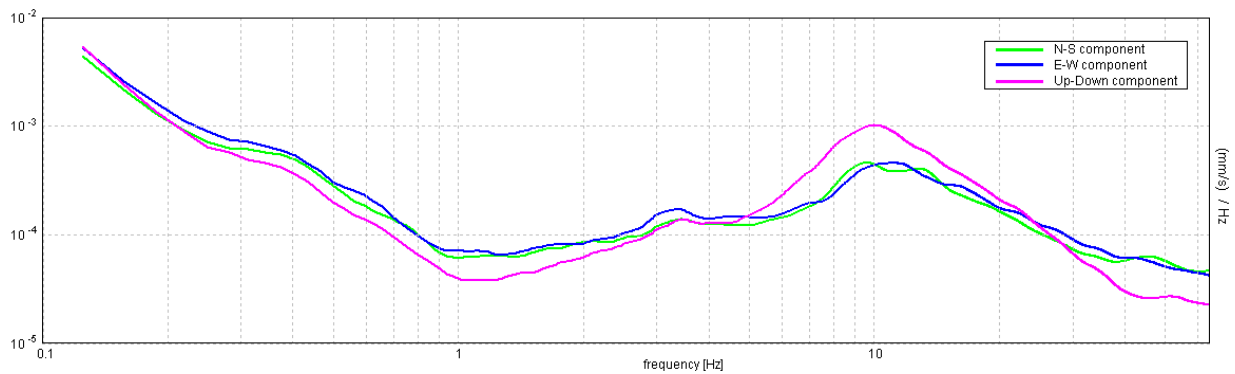
SERIE TEMPORALE H/V



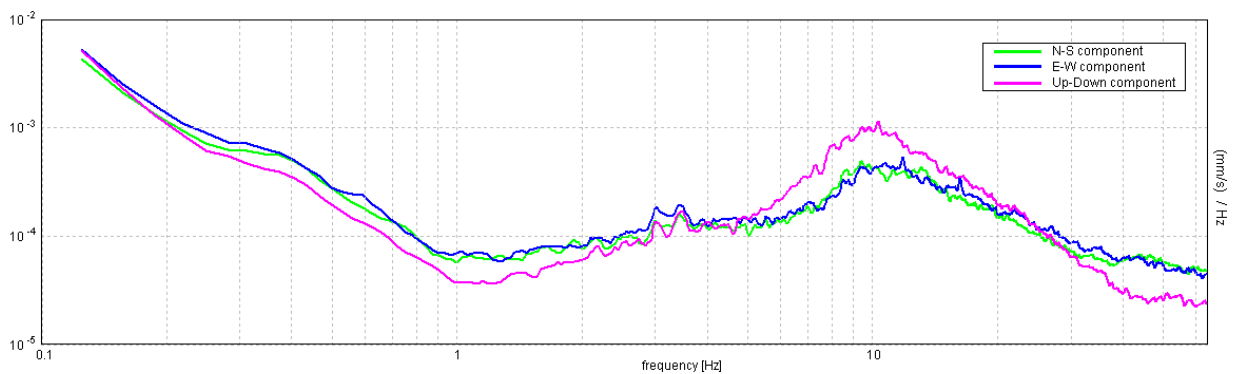
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI (Con lisciamento all'1%)



Sito 15. Verifica secondo le linee guida SESAME, 2005:

Picco H/V a 44.69 ± 5.89 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

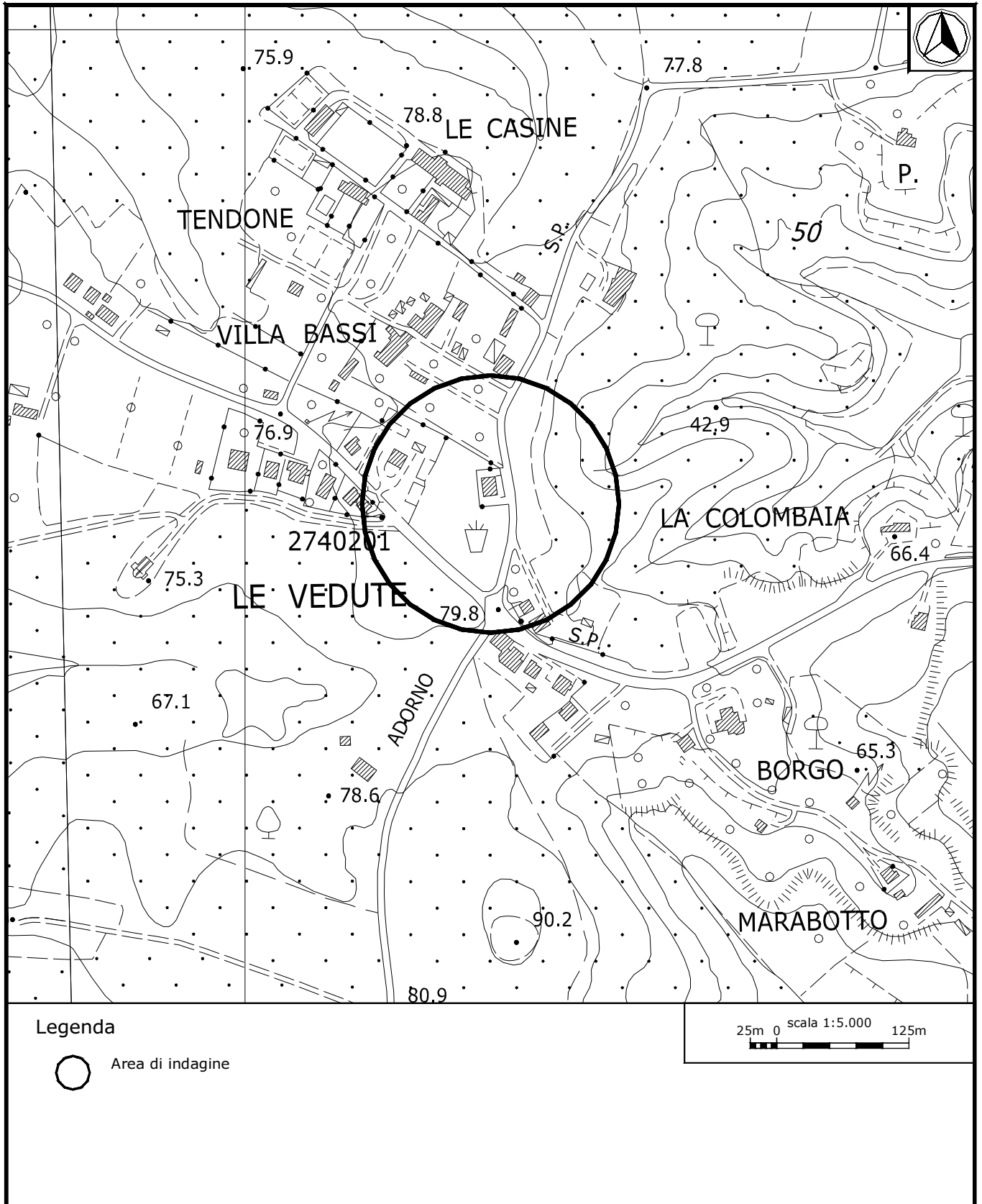
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	44.69 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	47368.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1334	OK	

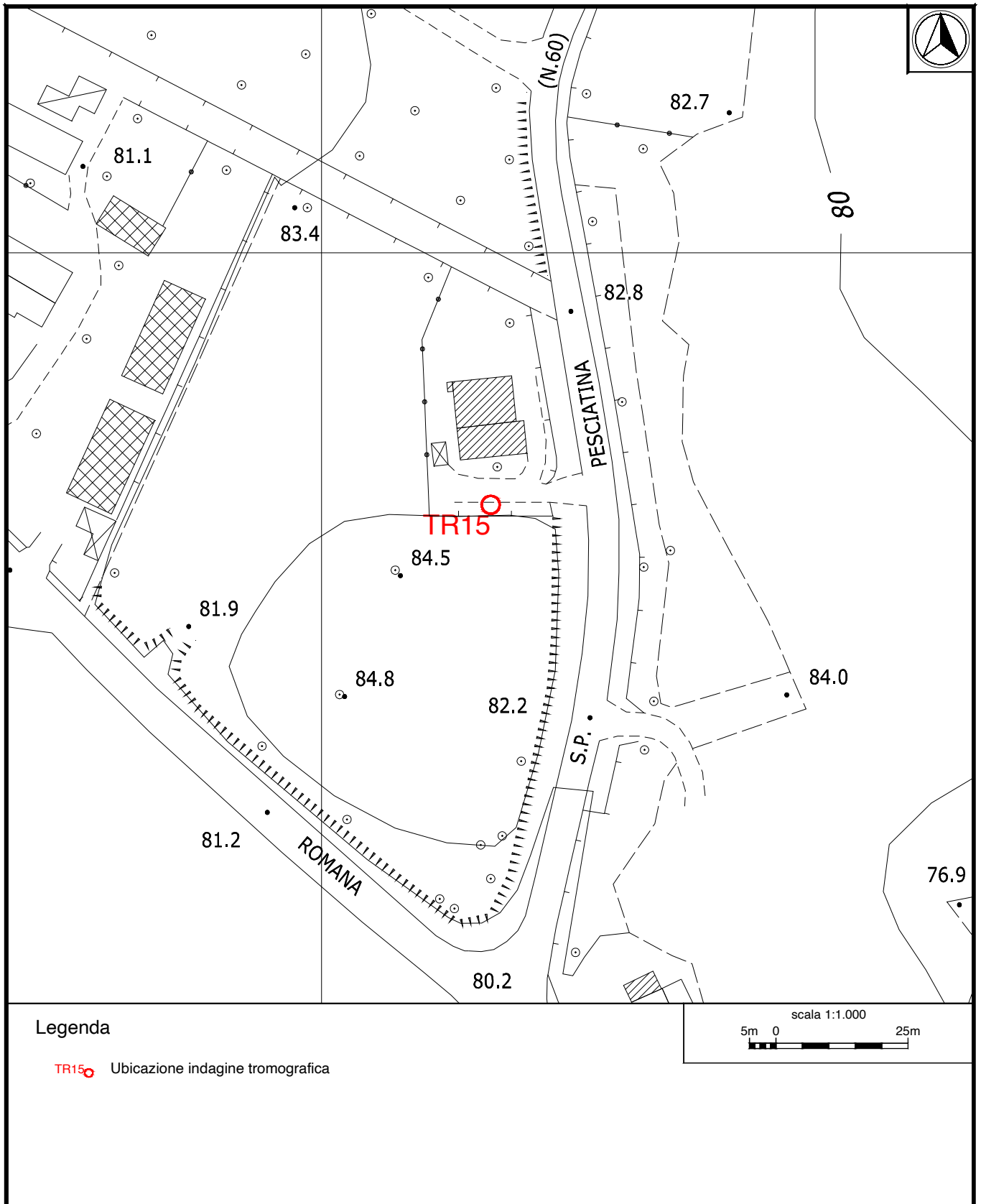
Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	28.063 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.37 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	10.131831 < 0.05		NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	5.89112 < 2.23438		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5025 < 1.58	OK	



Ubicazione indagine in sismica passiva Sito 15. Inquadramento.



Ubicazione indagine in sismica passiva Sito 15. Dettaglio.



Indagine Tromografica – Sito 15 - Documentazione fotografica.

Variante Urbanistica semplificata per l'approvazione del progetto di realizzazione di una nuova rotatoria in
loc. Vedute nel comune di Fucecchio (FI)

Relazione geologica

ALLEGATO 1 - Dati geognostici di base

Indagini a supporto della Nuova Scuola dell'Infanzia "Le Vedute"

RELAZIONE TECNICA

Committente:

Comune di Fucecchio

Località: Scuola dell'Infanzia
Le Vedute – Fucecchio (FI)

Data Indagine: 18/01/2019

Codice lavoro: 190118b

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 18/01/2019

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



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Prova penetrometrica CPT 1

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

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

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

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

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

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

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

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

CONVERSIONI

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

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

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

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

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

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

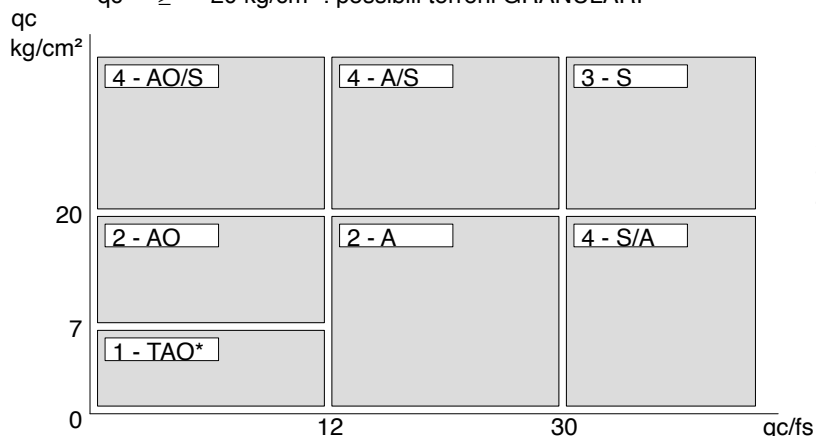
Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

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

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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

$q_c \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se (q_c / f_s) > 30
 $q_c \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se (q_c / f_s) < 30



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

riferimento

190118b

certificato n°

010/19

Committente: **Comune di Fucecchio**
 Cantiere: **190118b**
 Località: **Scuola dell'Infanzia loc. Le Vedute - Fucecchio (FI)**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data exec.: **18/01/2019**

 Pagina: **1**

 Data certificato: **18/01/2019**

Elaborato:

 Falda: **-9,30 m da p.c.**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00			15,20	26,0	59	0	26,00	2,22	12	8,5
0,40	15,0	24	0	15,00	0,60	25	4,0	15,40	40,0	87	0	40,00	3,13	13	7,8
0,60	15,0	18	0	15,00	0,20	75	1,3	15,60	51,0	98	0	51,00	3,13	16	6,1
0,80	16,0	29	0	16,00	0,87	18	5,4								
1,00	19,0	27	0	19,00	0,53	36	2,8								
1,20	43,0	57	0	43,00	0,93	46	2,2								
1,40	97,0	117	0	97,00	1,33	73	1,4								
1,60	39,0	52	0	39,00	0,87	45	2,2								
1,80	50,0	96	0	50,00	3,07	16	6,1								
2,00	53,0	79	0	53,00	1,73	31	3,3								
2,20	80,0	104	0	80,00	1,60	50	2,0								
2,40	116,0	129	0	116,00	0,87	133	0,8								
2,60	45,0	97	0	45,00	3,43	13	7,6								
2,80	42,0	75	0	42,00	2,20	19	5,2								
3,00	41,0	74	0	41,00	2,20	19	5,4								
3,20	42,0	67	0	42,00	1,67	25	4,0								
3,40	36,0	59	0	36,00	1,53	24	4,3								
3,60	33,0	57	0	33,00	1,60	21	4,8								
3,80	35,0	60	0	35,00	1,67	21	4,8								
4,00	38,0	56	0	38,00	1,20	32	3,2								
4,20	45,0	94	0	45,00	3,27	14	7,3								
4,40	38,0	82	0	38,00	2,93	13	7,7								
4,60	43,0	83	0	43,00	2,67	16	6,2								
4,80	45,0	82	0	45,00	2,47	18	5,5								
5,00	33,0	73	0	33,00	2,70	12	8,2								
5,20	49,0	72	0	49,00	1,53	32	3,1								
5,40	61,0	82	0	61,00	1,40	44	2,3								
5,60	58,0	106	0	58,00	3,20	18	5,5								
5,80	40,0	90	0	40,00	3,33	12	8,3								
6,00	45,0	85	0	45,00	2,67	17	5,9								
6,20	69,0	86	0	69,00	1,13	61	1,6								
6,40	48,0	104	0	48,00	3,73	13	7,8								
6,60	45,0	90	0	45,00	3,00	15	6,7								
6,80	42,0	71	0	42,00	1,93	22	4,6								
7,00	36,0	78	0	36,00	2,80	13	7,8								
7,20	44,0	64	0	44,00	1,33	33	3,0								
7,40	53,0	78	0	53,00	1,67	32	3,2								
7,60	39,0	67	0	39,00	1,87	21	4,8								
7,80	55,0	90	0	55,00	2,33	24	4,2								
8,00	66,0	109	0	66,00	2,87	23	4,3								
8,20	63,0	118	0	63,00	3,67	17	5,8								
8,40	56,0	114	0	56,00	3,87	14	6,9								
8,60	46,0	71	0	46,00	1,67	28	3,6								
8,80	40,0	76	0	40,00	2,40	17	6,0								
9,00	44,0	84	0	44,00	2,67	16	6,1								
9,20	51,0	94	0	51,00	2,87	18	5,6								
9,40	81,0	109	0	81,00	1,87	43	2,3								
9,60	94,0	165	0	94,00	4,73	20	5,0								
9,80	144,0	202	0	144,00	3,87	37	2,7								
10,00	138,0	198	0	138,00	4,00	35	2,9								
10,20	87,0	126	0	87,00	2,60	33	3,0								
10,40	51,0	62	0	51,00	0,73	70	1,4								
10,60	52,0	96	0	52,00	2,93	18	5,6								
10,80	40,0	82	0	40,00	2,80	14	7,0								
11,00	39,0	79	0	39,00	2,67	15	6,8								
11,20	42,0	76	0	42,00	2,27	19	5,4								
11,40	43,0	79	0	43,00	2,40	18	5,6								
11,60	50,0	92	0	50,00	2,80	18	5,6								
11,80	58,0	104	0	58,00	3,07	19	5,3								
12,00	52,0	103	0	52,00	3,40	15	6,5								
12,20	60,0	108	0	60,00	3,20	19	5,3								
12,40	71,0	129	0	71,00	3,87	18	5,5								
12,60	77,0	140	0	77,00	4,20	18	5,5								
12,80	57,0	118	0	57,00	4,07	14	7,1								
13,00	48,0	104	0	48,00	3,73	13	7,8								
13,20	52,0	101	0	52,00	3,27	16	6,3								
13,40	91,0	134	0	91,00	2,87	32	3,2								
13,60	114,0	199	0	114,00	5,67	20	5,0								
13,80	41,0	92	0	41,00	3,39	12	8,3								
14,00	198,0	244	0	198,00	3,07	64	1,6								
14,20	243,0	295	0	243,00	3,47	70	1,4								
14,40	95,0	213	0	95,00	7,87	12	8,3								
14,60	72,0	137	0	72,00	4,33	17	6,0								
14,80	167,0	233	0	167,00	4,40	38	2,6								
15,00	76,0	152	0	76,00	5,07	15	6,7								

H = profondità

qc = resistenza di punta

L1 = prima lettura (punta)

fs = resistenza laterale calcolata

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

alla stessa quota di qc

Lt = terza lettura (totale)

F = rapporto Begemann (qc / fs)

CT = 10,00 costante di trasformazione

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

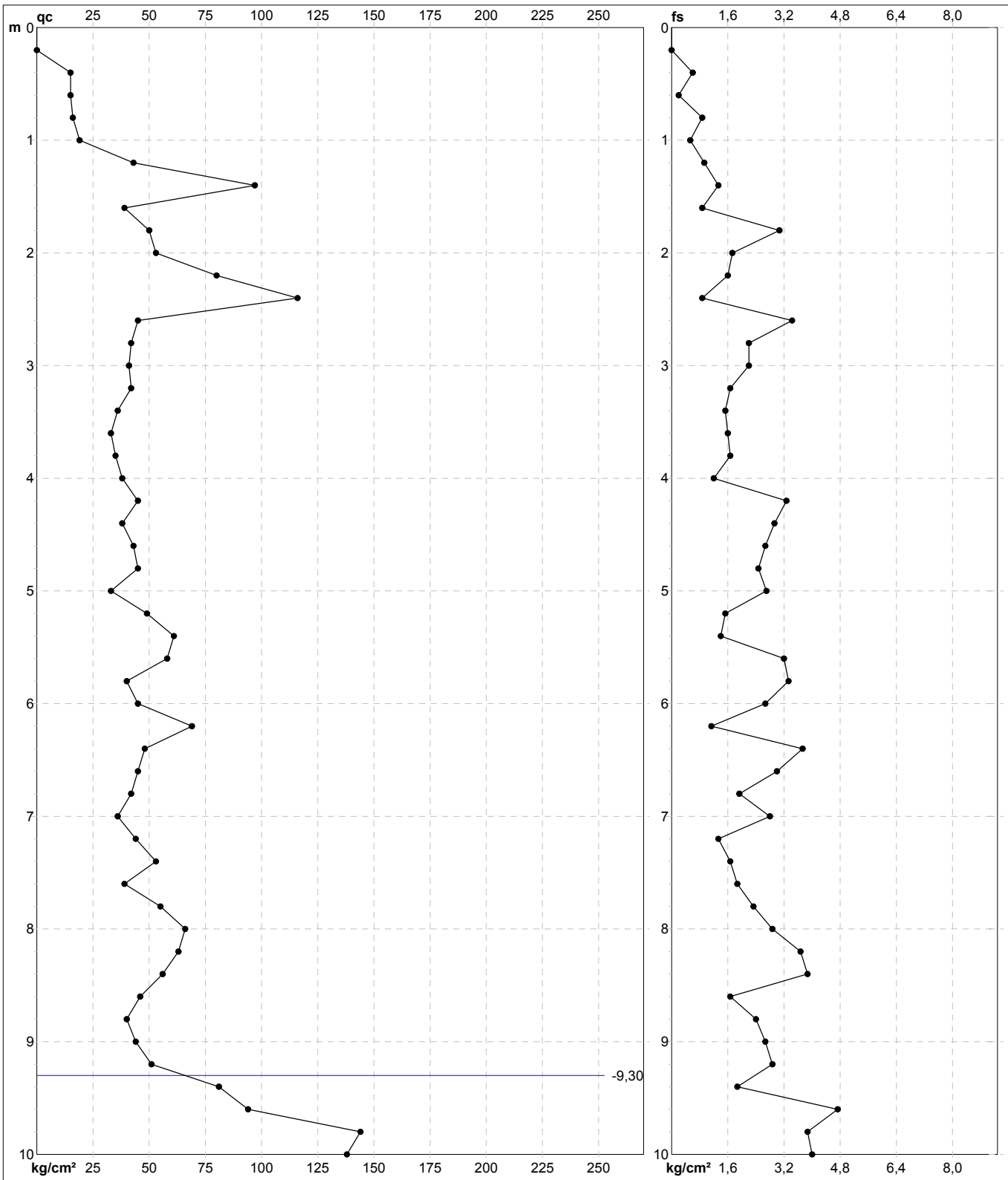
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
referimento	190118b
certificato n°	010/19

Committente: **Comune di Fucecchio**
 Cantiere: **190118b**
 Località: **Scuola dell'Infanzia loc. Le Vedute - Fucecchio (FI)**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 18/01/2019
 Scala: 1:50 Data certificato: 18/01/2019
 Pagina: 1 Quota inizio:
 Elaborato: Falda: -9,30 m da p.c.



Penetrometro: TG63-200	Preforo: m
Responsabile: Geol. Jacopo Martini	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod. punta:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

1

referimento

190118b

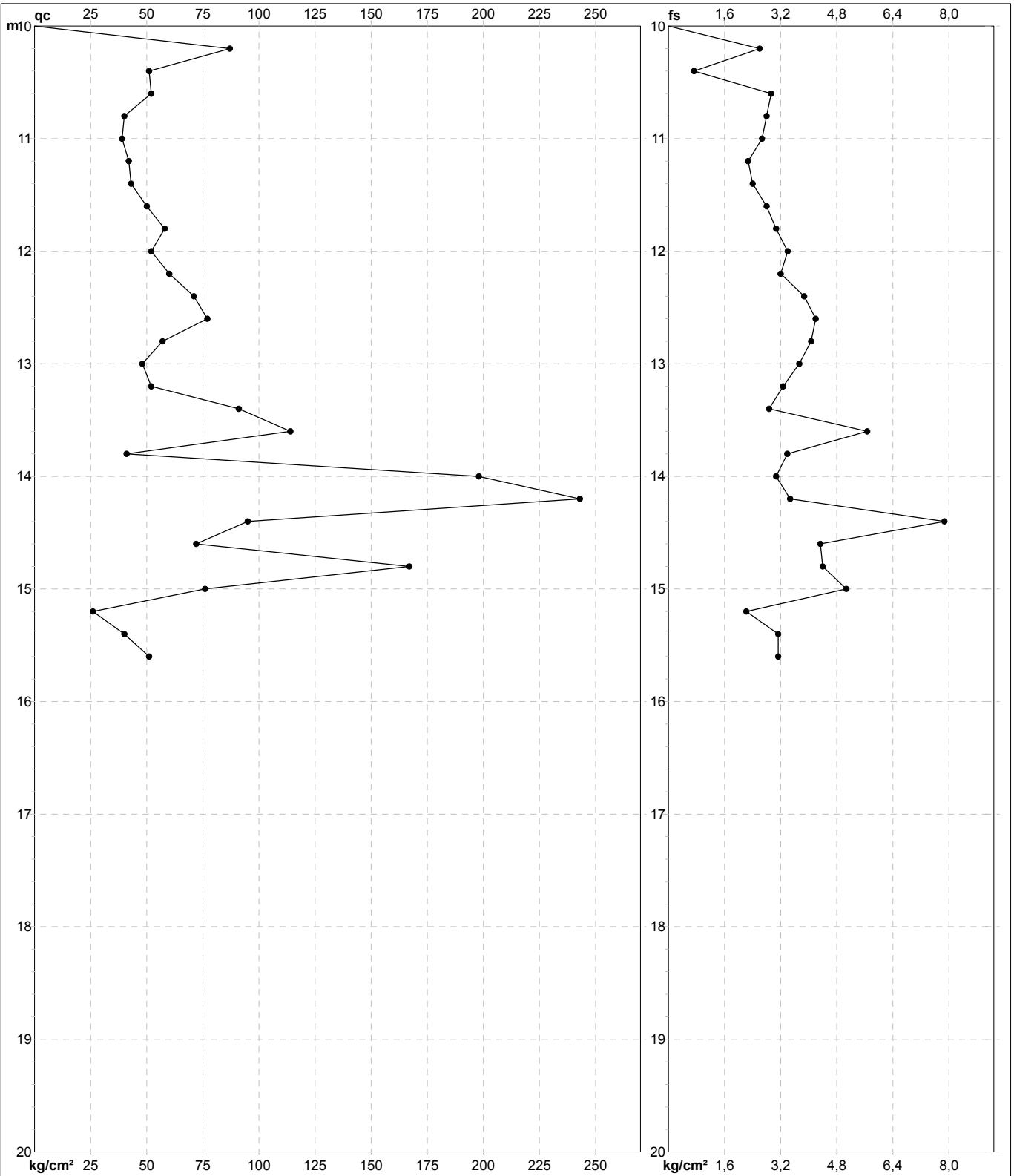
certificato n°

010/19

Committente: **Comune di Fucecchio**
 Cantiere: **190118b**
 Località: **Scuola dell'Infanzia loc. Le Vedute - Fucecchio (FI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **2**
 Elaborato:

Data esec.: **18/01/2019**
 Data certificato: **18/01/2019**
 Quota inizio:
 Falda: **-9,30 m** da p.c.



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Geol. Jacopo Martini Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

riferimento

190118b

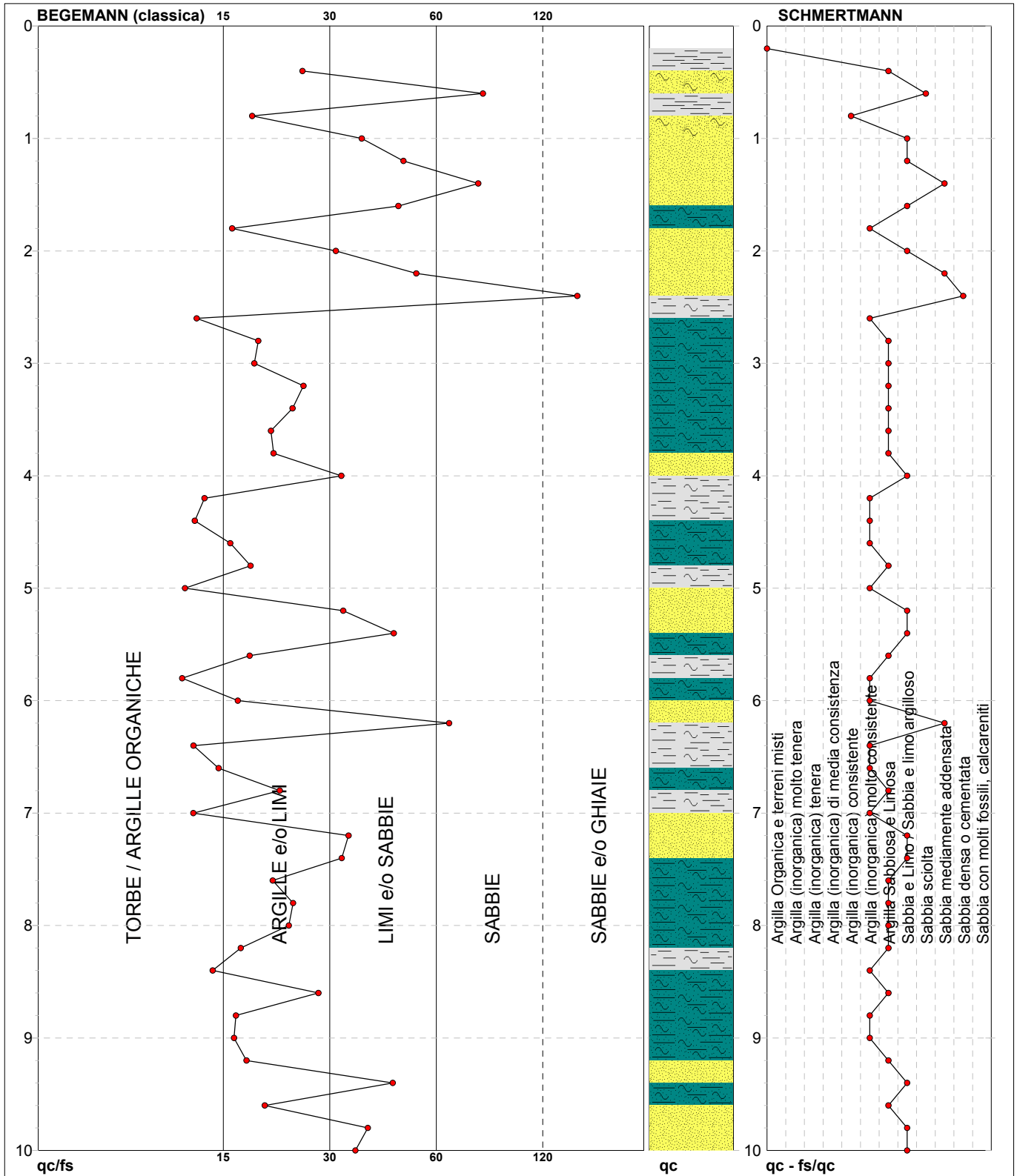
certificato n°

010/19

Committente: **Comune di Fucecchio**
 Cantiere: **190118b**
 Località: **Scuola dell'Infanzia loc. Le Vedute - Fucecchio (FI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:50
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data exec.: 18/01/2019
 Data certificato: 18/01/2019
 Falda: -9,30 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	10 punti, 20,41%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 2,04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	17 punti, 34,69%
Argille e/o Limi :	23 punti, 46,94%	Argilla (inorganica) molto consist.:	14 punti, 28,57%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	12 punti, 24,49%
Limi e/o Sabbie :	13 punti, 26,53%			Sabbia sciolta:	1 punti, 2,04%
Sabbie:	3 punti, 6,12%			Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 6,12%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 2,04%			Sabbia densa o cementata:	1 punti, 2,04%

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

riferimento

190118b

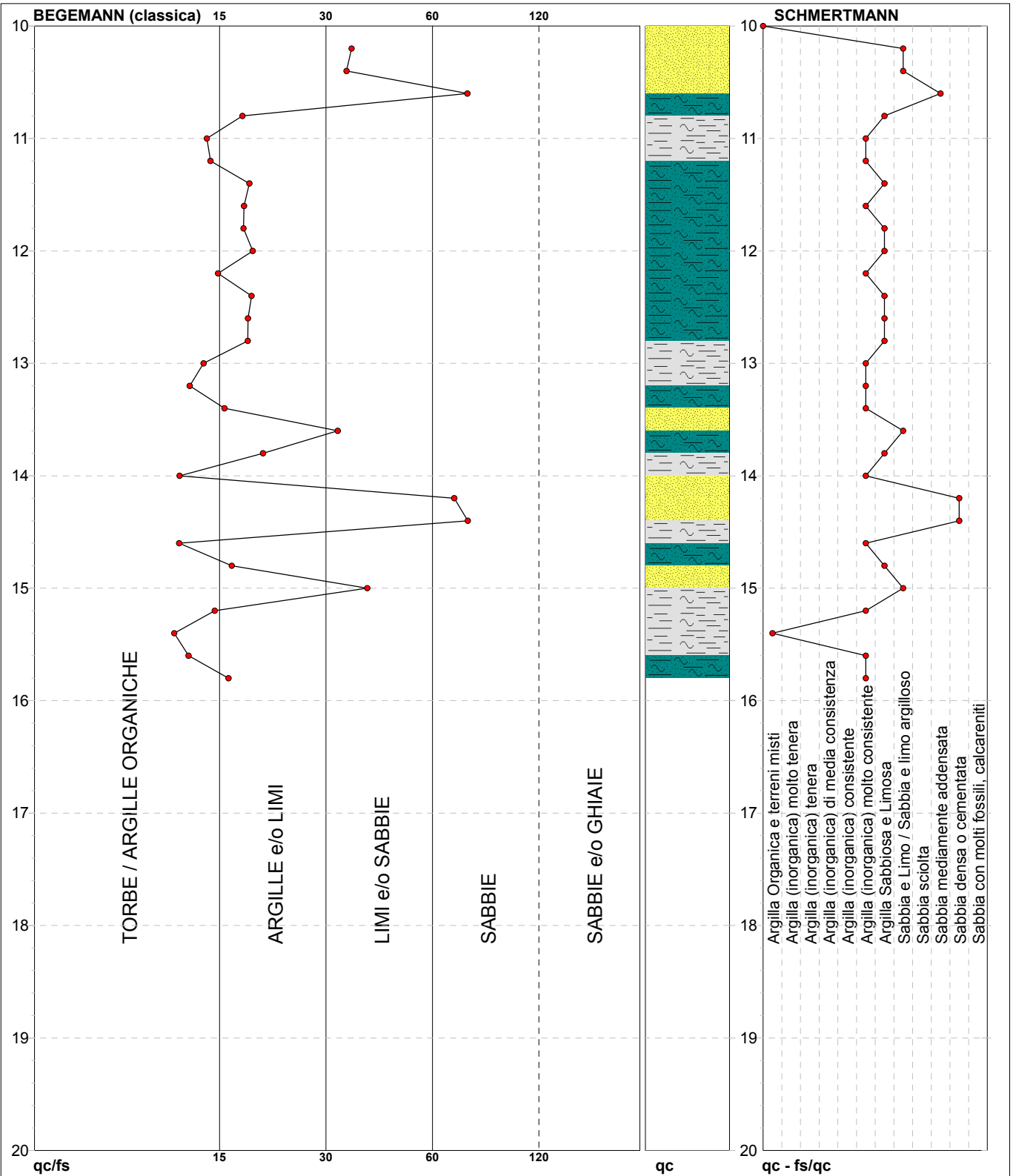
certificato n°

010/19

Committente: **Comune di Fucecchio**
 Cantiere: **190118b**
 Località: **Scuola dell'Infanzia loc. Le Vedute - Fucecchio (FI)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **2**
 Elaborato:

Data eseg.: **18/01/2019**
 Data certificato: **18/01/2019**
 Falda: **-9,30 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	30 punti, 61,22%	Argilla Organica e terreni misti:	1 punti, 2,04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	9 punti, 18,37%
Argille e/o Limi :	13 punti, 26,53%	Argilla (inorganica) molto consist.:	12 punti, 24,49%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	4 punti, 8,16%
Limi e/o Sabbie :	4 punti, 8,16%			Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 2,04%
Sabbie:	3 punti, 6,12%			Sabbia densa o cementata:	2 punti, 4,08%

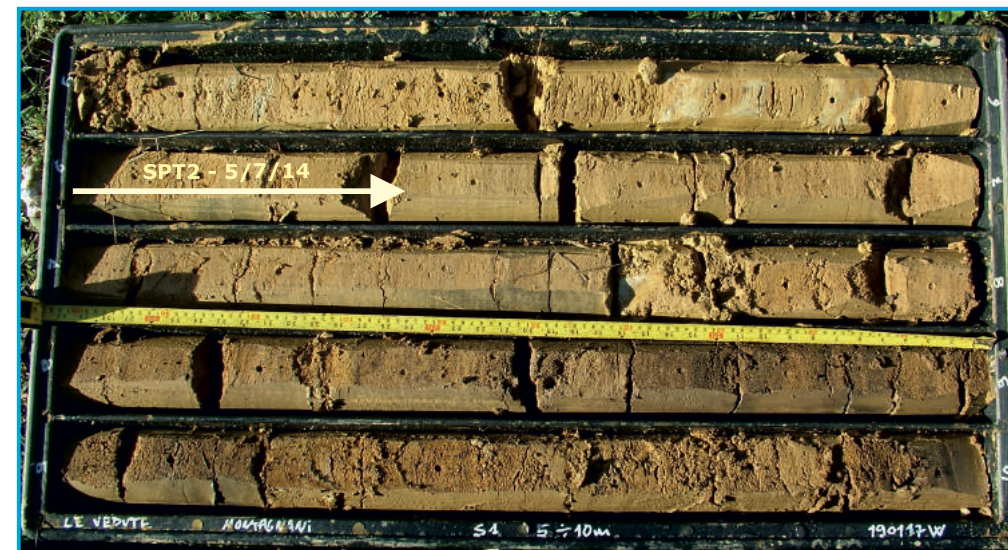
Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

Cantiere: Nuova scuola materna Le Vedute - Fucecchio
 Relazione Geologica (NTC'18 e DPGR 36/R)
 Data inizio: 17/01/19 Data fine: 17/01/19
 Sondaggio n.: S1 Metodo perfor.: Carotaggio continuo con rivestimento Diamm. (mm): 101/127
 Liv. falda (m da p.c.): -9,30 Quota di riferimento: +83,00 m slm Redattore stratigrafia Geol. Mosè Montagnani

Prof. SPT	SPT	Prof. (m)	Tor.	Prof. (m)	P.P.	Camp. (°)	Prof. (m)	Descrizione litologica	Indicazioni geotecniche	R.Q.D.	Carotaggio % recupero
				0,8				Terreno superficiale marrone scuro, di composizione limo-argillosa con immersi pochi ciottoli arrotondati di piccole dimensioni.	$\gamma = 15,8-16,5 \text{ KN/m}^3$;		
			1,0 1,3 1,5 1,7 2,0 2,3 2,5	3,5 3,5 4,0 3,0 3,0 3,0 3,0			1 2	Conglomerato polimittico in matrice argillosa, marrone-ocra-rossastro con screziature grigiastre. E' composta da ciottoli arrotondati di piccole e medie dimensioni immersi in abbondante matrice argillosa, molto consistente	$\gamma = 19,1-19,2 \text{ KN/m}^3$; Cu = 180-220 Kpa; OCR > 10,0 v = 0,45; M = 35,0-40,1 Mpa; Cc = 0,148-0,150 c' = 20,5 Kpa; $\phi' = 23,8^\circ$		
				3,0				campione indisturbato S1-C1			
3,5	6 8 12			5,8			4	Sabbia fine e sabbia fine limosa, di colore marrone - nocciola, mediamente addensata	$\gamma = 19,0-20,5 \text{ KN/m}^3$; $\phi_s = 36,0-38,3^\circ$; $\phi_{cs} = 31,2-32,5^\circ$; Dr = 35-50 %; v = 0,211-0,259; M = 16,7-18,4 Mpa; E _{su} = 12,9-14,6 Mpa c' = 13,5 Kpa; $\phi' = 29,4^\circ$		
6,0	5 7 14			7,6			6	Sabbia fine e sabbia fine limosa, di colore marrone - nocciola, mediamente addensata	$\gamma = 19,5-19,8 \text{ KN/m}^3$; $\phi_s = 33,0-34,9^\circ$; $\phi_{cs} = 30,2-31,9^\circ$; Dr = 32-42 %; v = 0,205-0,247 M = 17,8-19,8 Mpa; E _{su} = 11,7-15,4 Mpa c' = 5,0 Kpa; $\phi' = 30,0^\circ$		
				9,2			7	Sabbia medio-fine, a tratti grossolana, di colore marrone scuro - nerastro, med. addensata	$\gamma = 19,3-19,5 \text{ KN/m}^3$; $\phi_s = 33,0-35,0^\circ$; $\phi_{cs} = 31,0-31,5^\circ$; Dr = 32-36 %; v = 0,187-0,193; M = 20,1-22,5 Mpa; E _{su} = 15,0-17,5 Mpa c' = 5,0 Kpa; $\phi' = 30,0^\circ$		
				10,0			8	Sabbia media, di colore marrone scuro - nerastro ed immersi pochi elementi carbonizzati, addensata	$\gamma = 19,3-19,5 \text{ KN/m}^3$; $\phi_s = 36,0-38,0^\circ$; $\phi_{cs} = 31,6-31,7^\circ$; Dr = 46-51 %; v = 0,200-0,204; M = 32,1-35,5 Mpa; E _{su} = 27,6-32,1 Mpa c' = 2,0 Kpa; $\phi' = 31,0^\circ$		
			10,2 10,4 10,6 10,8 11,0	3,5 3,5 4,0 3,5 4,0			9	Argilla limosa di colore marrone chiaro - nocciola, molto consistente	$\gamma = 20,8-21,0 \text{ KN/m}^3$; Cu = 200-270 Kpa; OCR > 5,0 v = 0,45; M = 32,0-38,7 Mpa; Cc = 0,140-0,158 c' = 20,5 Kpa; $\phi' = 23,8^\circ$		
				11			10				
				12			11				
				13			12				
				14			13				
				15			14				

Rilievo fotografico delle cassette catalogatrici



Nuova scuola dell'Infanzia «Le Vedute»
 nel Comune di Fucecchio
 Relazione sulle indagini - A16

Sondaggio S1

11 febbraio 2019

Prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test)

Le prove sono state eseguite rispettando le norme definite nei documenti "ASTM designation D1586/67 e 84" con procedura ISSMFE. Le prove penetrometriche S.P.T. hanno fornito i seguenti risultati (profondità riferite al mese di gennaio 2019):

Prova	Profondità	Numero colpi	N (n°colpi/30cm)	N60	N1 (60)	Litologia
SPT1	3,5 m	6/8/12	20	15	18	SM - Sabbia limosa, miscela sabbia limo
SPT2	6,0 m	5/6/11	17	14	13	SM - Sabbia limosa, miscela sabbia limo

N ⇒ numero di colpi originale; N60 ⇒ numero di colpi corretto per l'energia di riferimento (60%); N1 (60) ⇒ numero di colpi corretto per la pressione litostatica.



Sondaggio S1 - 17/01/2019

Mosè Montagnani
 ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
 DOTT. GEOL. MOSE' MONTAGNANI N° 1043

Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)
 e-mail: m.montagnani@studigeologici.it



Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Settore A – Prove di laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER snc di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente : GAIA Servizi
Cantiere : Loc. Le Vedute

Verbale Accettazione n° : 40 del 28/01/2019

Data Certificazione : 08/02/2019

Campioni n°: 1

Certificati da n° a n° : 00472 a 00474



LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00472	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/02/19	Inizio analisi: 04/02/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 40 del 28/01/19		Apertura campione: 04/02/19	Fine analisi: 05/02/19

COMMITTENTE: GAIA Servizi		
RIFERIMENTO: Loc. Le Vedute		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 14,3 %

Struttura del materiale:

- Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00473	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 08/02/19	Inizio analisi: 04/02/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 40 del 28/01/19		Apertura campione: 04/02/19	Fine analisi: 04/02/19

COMMITTENTE: GAIA Servizi		
RIFERIMENTO: Loc. Le Vedute		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 17,4 kN/m³



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00474	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 08/02/19	Inizio analisi: 04/02/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 40 del 28/01/19		Apertura campione: 04/02/19	Fine analisi: 06/02/19

COMMITTENTE: GAIA Servizi		
RIFERIMENTO: Loc. Le Vedute		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	61	131	172
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,76	2,50	3,76
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,29	0,83	0,39
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,4	--- 21,6	--- 21,4
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,5 22,7	16,6 20,2	18,1 25,6

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,020 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

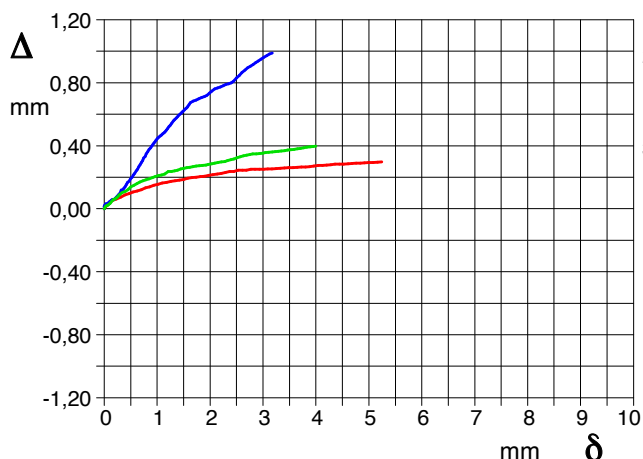
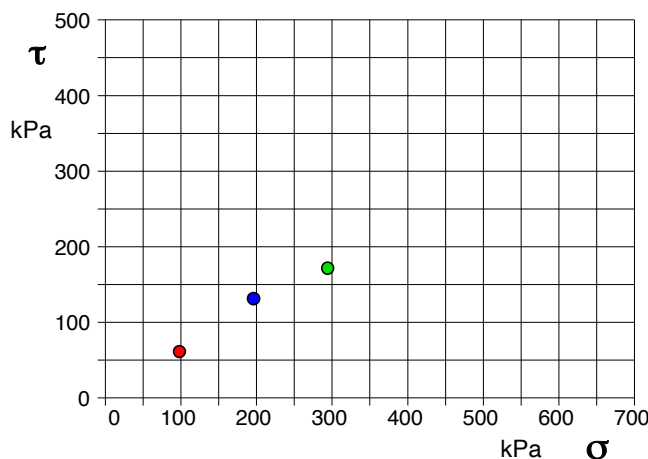


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

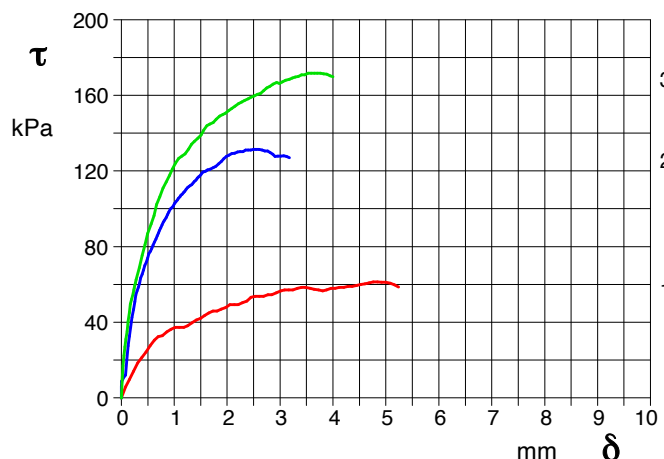


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00474	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 08/02/19	Inizio analisi: 04/02/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 40 del 28/01/19		Apertura campione: 04/02/19	Fine analisi: 06/02/19

COMMITTENTE: GAIA Servizi			
RIFERIMENTO: Loc. Le Vedute			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,079	5,8	0,03	0,001	0,5	0,01	0,019	11,2	0,01
0,232	14,0	0,06	0,006	8,3	0,02	0,052	22,3	0,02
0,390	21,3	0,09	0,052	11,0	0,03	0,088	31,0	0,03
0,546	27,5	0,11	0,131	27,5	0,05	0,128	40,6	0,04
0,701	32,4	0,12	0,205	42,5	0,07	0,172	49,7	0,06
0,859	34,8	0,14	0,278	54,4	0,09	0,223	55,4	0,07
1,019	37,2	0,16	0,346	60,6	0,12	0,245	57,9	0,07
1,178	37,2	0,17	0,417	67,6	0,15	0,268	60,8	0,08
1,336	39,6	0,18	0,496	73,7	0,19	0,339	68,7	0,10
1,496	42,0	0,19	0,576	79,1	0,22	0,448	81,1	0,12
1,656	44,9	0,20	0,655	84,0	0,27	0,565	91,9	0,15
1,812	45,9	0,20	0,724	88,5	0,31	0,670	102,2	0,17
1,975	47,8	0,21	0,794	92,8	0,35	0,789	110,9	0,18
2,134	49,3	0,22	0,874	96,9	0,39	0,911	117,5	0,20
2,291	50,2	0,23	0,955	100,7	0,42	1,024	124,1	0,21
2,452	53,1	0,24	1,030	103,6	0,46	1,145	127,9	0,22
2,611	53,6	0,24	1,106	106,3	0,48	1,271	131,6	0,24
2,769	54,6	0,25	1,175	108,5	0,50	1,384	135,7	0,25
2,930	55,6	0,25	1,247	111,1	0,53	1,506	139,0	0,26
3,088	57,0	0,25	1,330	112,8	0,57	1,615	144,0	0,26
3,246	57,0	0,26	1,411	115,2	0,59	1,737	145,7	0,27
3,403	58,5	0,26	1,485	117,3	0,62	1,857	149,0	0,28
3,570	58,0	0,26	1,558	119,5	0,64	1,967	150,6	0,28
3,727	57,0	0,26	1,627	120,6	0,67	2,087	153,1	0,29
3,881	57,0	0,27	1,787	122,5	0,70	2,214	155,6	0,30
4,043	58,0	0,27	1,941	126,5	0,72	2,331	157,2	0,31
4,204	58,5	0,28	2,086	129,2	0,76	2,451	158,9	0,32
4,361	58,9	0,28	2,248	130,3	0,78	2,571	160,6	0,33
4,525	59,9	0,28	2,398	131,1	0,80	2,690	162,6	0,34
4,682	60,9	0,29	2,549	131,3	0,85	2,807	164,7	0,35
4,841	61,4	0,29	2,712	130,5	0,90	2,932	166,8	0,35
4,997	61,0	0,29	2,860	128,9	0,93	3,042	167,2	0,36
5,162	59,7	0,30	3,016	127,8	0,96	3,176	168,4	0,36
			3,178	127,0	0,99	3,287	169,7	0,37
						3,410	170,9	0,37
						3,526	171,7	0,38
						3,652	171,7	0,38
						3,764	171,8	0,39
						3,886	171,1	0,39
						4,000	169,9	0,40



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00474	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 08/02/19	Inizio analisi: 04/02/19
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 40 del 28/01/19		Apertura campione: 04/02/19	Fine analisi: 06/02/19

COMMITTENTE: GAIA Servizi		
RIFERIMENTO: Loc. Le Vedute		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.5-3.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,912
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

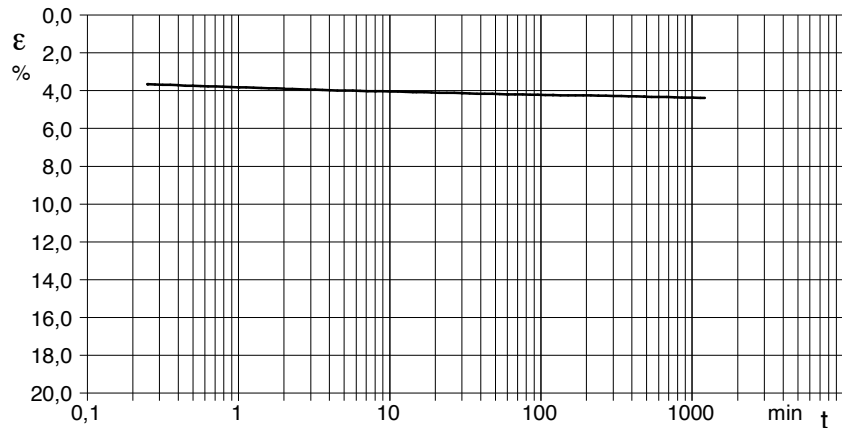


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,642
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

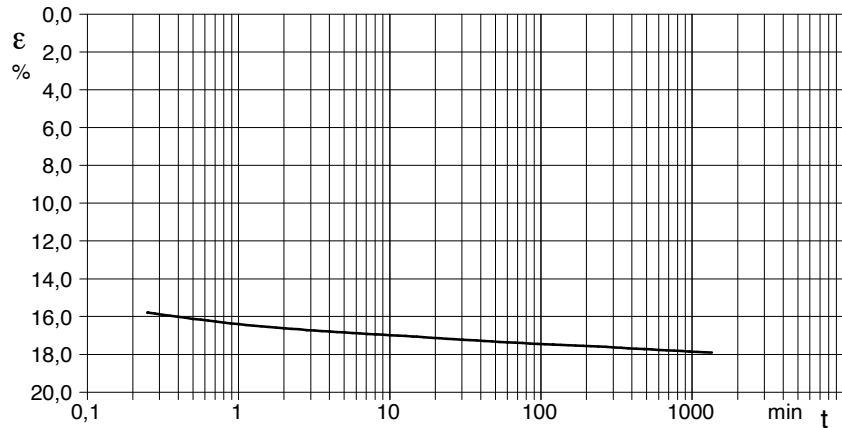
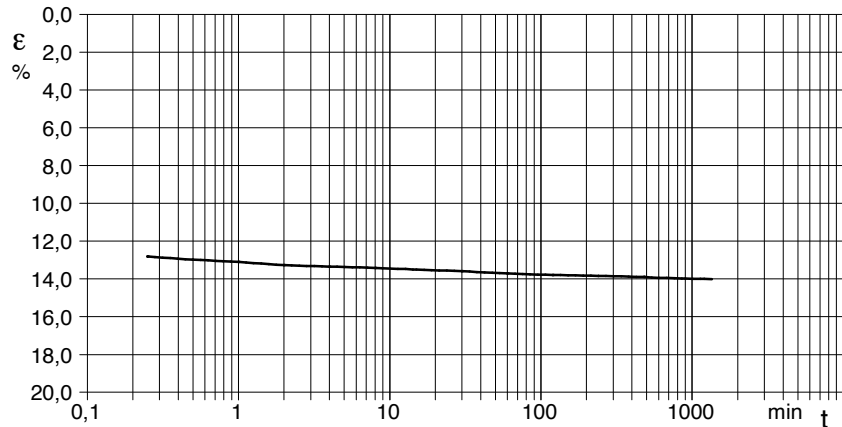


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,720
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



$V_s = \text{Velocità stimata di prova}$ $D_f = \text{Deformazione a rottura stimata}$ $t_f = 50 \times T_{50}$ $V_s = D_f / t_f$

COMMITTENTE: GAIA Servizi			
RIFERIMENTO: Loc. Le Vedute			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.5-3.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	61	131	172
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,76	2,50	3,76
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,29	0,83	0,39
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,4	--- 21,6	--- 21,4
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,5 22,7	16,6 20,2	18,1 25,6

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	13,5 kPa
Angolo di attrito interno:	29,4 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,020 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

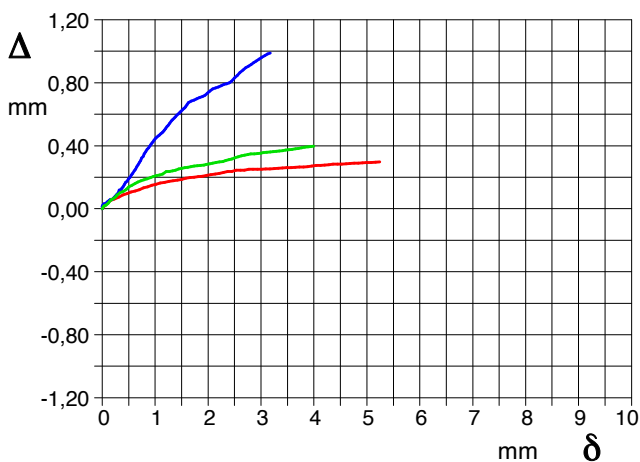
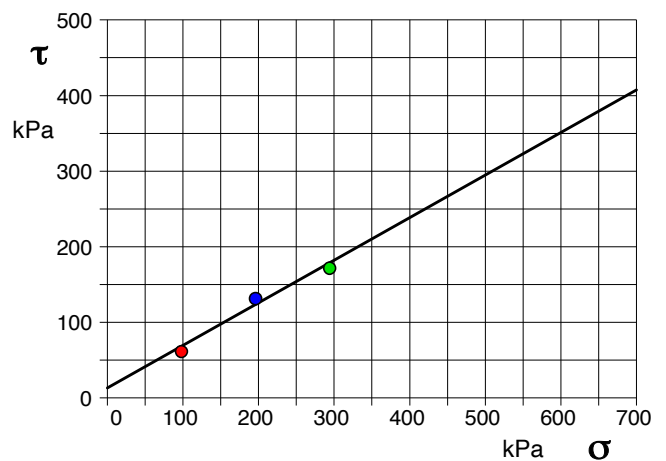


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

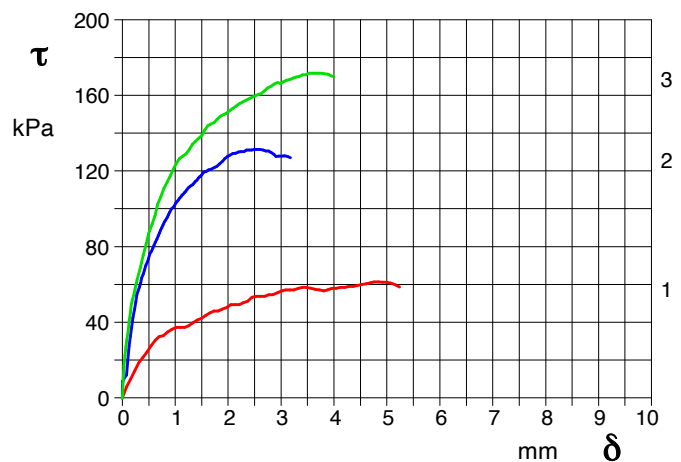


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Committente: Comune di
Fucecchio

Località: Le Vedute

Data Indagine: 07/02/2019

Codice lavoro: 190207b

INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

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

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 10/02/2019

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



Sommario

PREMESSA	3
PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO – GENERALITA'	4
INDAGINI EFFETTUATE	6

PREMESSA

Per incarico del Comune di Fucecchio , è stata effettuata una campagna geognostica attraverso l'esecuzione di n°1 prospezione sismica tipo downhole in Località Le Vedute .

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

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



Figura 1: Indagine sismica Down Hole

PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO - GENERALITA'

La prova downhole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante tre ricevitori (geofoni) disposti nel terreno, a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

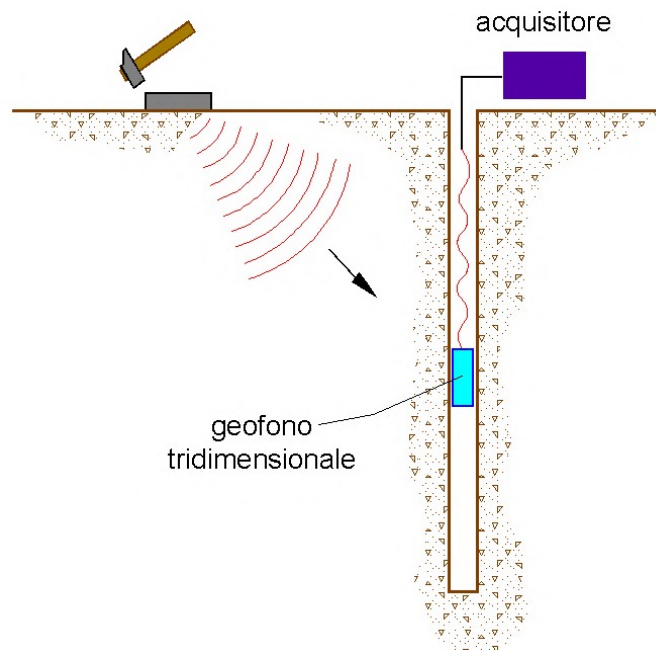


Figura 2: Schema Down Hole

Come sorgenti energizzanti sono stati utilizzati: per le onde P una mazzetta da 10 kg con piattello di battuta; per le onde SH un parallelepipedo (traversina) di legno percosso sulle estremità opposte da una mazzetta da 10 kg.

Le sorgenti (onde P ed onde SH) sono state disposte perpendicolarmente ad un raggio uscente dal foro di sondaggio, ad una distanza di circa 3 m.

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2010* a 24 bit.

Una volta determinata con qualche misura di prova l'orientazione assoluta più efficace del sistema per massimizzare l'ampiezza di ricezione dei ricevitori e la registrazione di tracce in opposizione di fase, sono state effettuate misure ogni metro di profondità.

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati e la determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche, si è proceduto con un'analisi visuale delle registrazioni, individuando direttamente su ciascuna traccia il tempo di primo arrivo o ricorrendo a tecniche d'interpolazione

INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

ricercando punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo quando questo non era chiaramente individuabile.

Mediante un'applicazione su foglio elettronico Excel (vedi tabulati allegati), i tempi letti sono stati quindi corretti in funzione dello scarto di trigger (in più o in meno rispetto al tempo di trigger medio) ed infine corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d è la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente ed il centro del foro, t il tempo determinato dalle tracce di registrazione e t* il tempo corretto.

Le velocità dei vari strati sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità, dove ogni punto rappresenta la media dei tempi registrati da entrambi i geofoni (direzione x e direzione y) alla stessa profondità.

INDAGINI EFFETTUATE

Geometria del sistema di acquisizione:

*distanza foro - sorgente onde SH: m 3**distanza foro - sorgente onde P: m 3***Dati misure down hole**

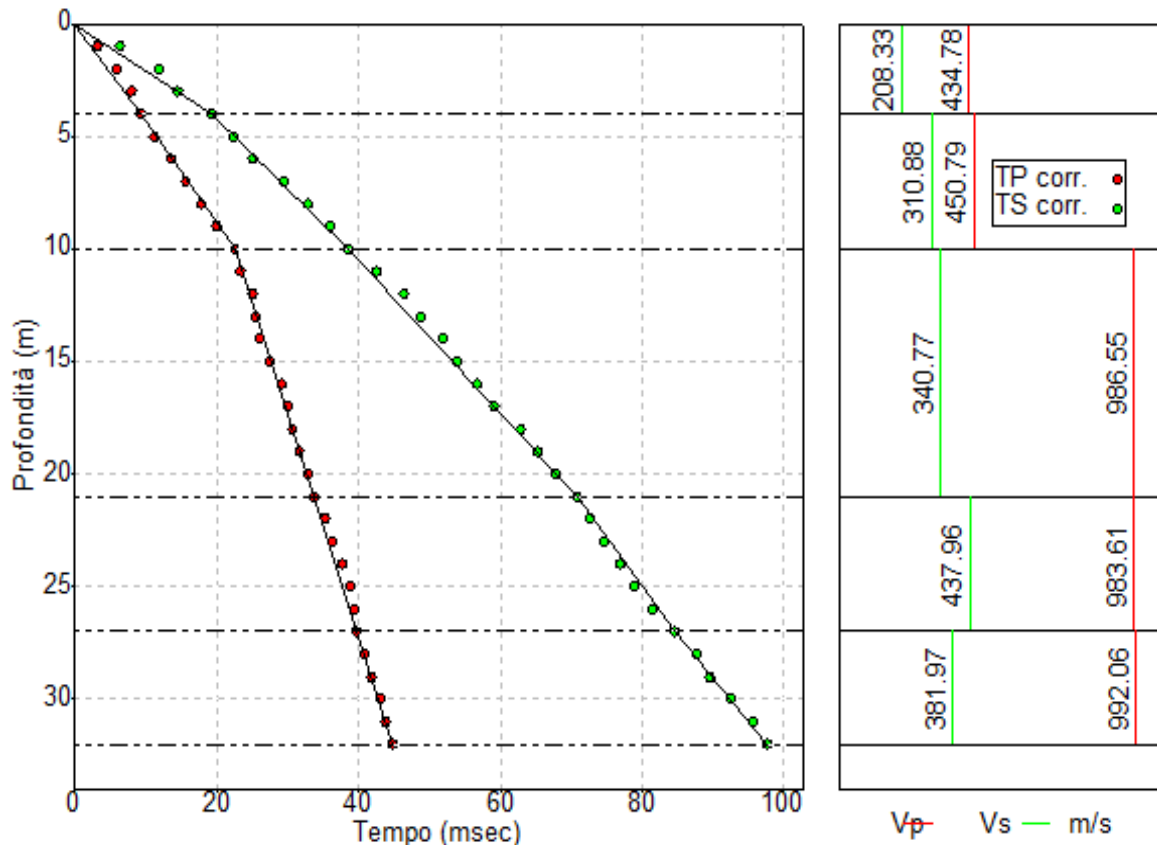
Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1.00	10.00	20.00
2	2.00	10.60	21.20
3	3.00	11.30	20.50
4	4.00	11.50	24.00
5	5.00	13.00	26.00
6	6.00	15.10	28.00
7	7.00	17.00	32.00
8	8.00	19.00	35.00
9	9.00	21.00	38.00
10	10.00	23.50	40.20
11	11.00	24.20	44.00
12	12.00	25.80	47.80
13	13.00	26.20	50.00
14	14.00	26.60	53.10
15	15.00	28.00	55.00
16	16.00	29.60	57.60
17	17.00	30.50	60.00
18	18.00	31.10	63.70
19	19.00	32.00	66.00
20	20.00	33.30	68.50
21	21.00	34.00	71.50
22	22.00	35.60	73.20
23	23.00	36.50	75.20
24	24.00	38.00	77.50
25	25.00	39.00	79.50
26	26.00	39.60	81.90
27	27.00	40.00	85.00
28	28.00	41.00	88.10
29	29.00	42.00	90.00
30	30.00	43.20	93.00
31	31.00	44.00	96.00
32	32.00	45.00	98.00

INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
3.1623	3.1623	6.3246
3.6056	5.8798	11.7596
4.2426	7.9903	14.4957
5.0000	9.2000	19.2000
5.8310	11.1474	22.2948
6.7082	13.5059	25.0440
7.6158	15.6255	29.4126
8.5440	17.7903	32.7715
9.4868	19.9224	36.0500
10.4403	22.5089	38.5046
11.4018	23.3473	42.4496
12.3693	25.0297	46.3728
13.3417	25.5291	48.7196
14.3178	26.0095	51.9213
15.2971	27.4563	53.9319
16.2788	29.0930	56.6134
17.2627	30.0359	59.0870
18.2483	30.6769	62.8333
19.2354	31.6084	65.1924
20.2238	32.9316	67.7421
21.2132	33.6583	70.7814
22.2036	35.2736	72.5288
23.1948	36.1934	74.5684
24.1868	37.7066	76.9015
25.1794	38.7222	78.9337
26.1725	39.3390	81.3602
27.1662	39.7554	84.4801
28.1603	40.7667	87.5986
29.1548	41.7771	89.5223
30.1496	42.9856	92.5385
31.1448	43.7954	95.5536
32.1403	44.8035	97.5722

Dromocrone



Profondità di riferimento: 30 m
 VS30: 324.91 m/s

Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	4
	10
	21
	27
	32

Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
434.78	208.33	18.79	0.35	83.14	362.12	224.65	251.26
450.79	310.88	19.94	0.05	196.52	413.21	411.33	151.18
986.55	340.77	19.79	0.43	234.37	1964.38	671.37	1651.88
983.61	437.96	21.14	0.38	413.53	2085.88	1138.34	1534.5
992.06	381.97	20.83	0.41	309.89	2090.41	875.74	1677.21

INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

San Giuliano Terme (PI),

10 febbraio 2019

GAIA Servizi S.n.c.

Dott. Jacopo Martini

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

