

# COMUNE DI FAENZA

Provincia di Ravenna

o o o o o o o o o o o

VARIANTE URBANISTICA PER L'ANNESSIONE DEL LOTTO

"EX CARDELLI" ALL'AREA DELLO STABILIMENTO CLAI

VIA SAN SILVESTRO – FAENZA

Committente: CLAI Soc.Coop.Agricola-via Gambellara 62/A-Sasso Morelli (BO)

5303

## RELAZIONE GEOLOGICA

Data 27 APR 2020

DOTT. GEOL. GIAMPAOLO GUARNIERI  
ORDINE DEI GEOLOGI EMILIA-ROMAGNA  
SEZ. A – N° 406  
DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE

# INDICE

---

PARTE PRIMA – RELAZIONE GEOLOGICA.....	3
<b>1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. CONSIDERAZIONI SU ALTIMETRIA - IDROLOGIA - LITOLOGIA - GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>5</b>
3.1 CARATTERISTICHE GEOLITOGICHE E STRATIGRAFICHE .....	9
3.2 CONTESTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	11
<b>4. MODELLAZIONE LITOSTRATIGRAFICA .....</b>	<b>13</b>
4.1 GENERALITA' .....	13
4.2 INTERPRETAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	14
PARTE SECONDA – SISMICA E GEOTECNICA.....	15
<b>5. CARATTERISTICHE SISMICHE .....</b>	<b>15</b>
5.1 SISMICITÀ.....	15
5.2 STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO.....	17
<b>6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>19</b>
6.1 VALUTAZIONI PIAZZALI E PARCHEGGI.....	21
<b>7. CONCLUSIONI .....</b>	<b>22</b>
<b>8. ALLEGATI .....</b>	<b>23</b>

## PARTE PRIMA – RELAZIONE GEOLOGICA

### 1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

---

- Legge Regione Emilia Romagna n. 24 del 21/12/2017.
- Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018-Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circolare 2 febbraio 2009. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.
- PCM - Dip. Protezione Civile, Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica, Parti I , II e III. Roma settembre 2008.
- OPCM n.3316. Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza PCM n.3274 del 20.03.03.
- OPCM del 28.04.06 n. 3519 - Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale.
- OPCM n. 3519 del 28.04.2006. Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- AGI- Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulle prove Geotecniche di laboratorio, 1994.
- AGI, Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulla programmazione e esecuzione delle indagini geotecniche, 1977.
- DGR n. 2193/2015 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

### 2. PREMESSA

---

L'indagine geologica è stata eseguita, su richiesta della Ditta CLAI SCA, con lo scopo di verificare le caratteristiche geo-litologiche, morfologiche ed idrogeologiche dell'area in esame, oltre a valutazioni di massima sugli aspetti geotecnici e sugli aspetti sismici dei terreni di fondazione.

L'area, situata in via San Silvestro/Faenza (F. 85-mapp. 6), è attualmente classificata come "area urbana di conservazione del verde privato (Art. 11.5)" e la Proprietà intende presentare un PDC in variante RUE per l'annessione del lotto (ex Cardelli) all'area di stabilimento. L'intervento ha lo scopo di ampliare le aree piazzale e parcheggi esistenti.

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica dell'area in esame si farà riferimento ad una prova HVSR eseguita in una precedente occasione, ed ubicata sul confine tra l'attuale piazzale ed il

lotto in esame.

L'ubicazione è riportata cartograficamente in Fig. 1 ed in allegato. Le coordinate del sito sono le seguenti, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento per la carta di pericolosità dell'INGV:

- **Latitudine:** 44,317755
- **Longitudine:** 11,896554

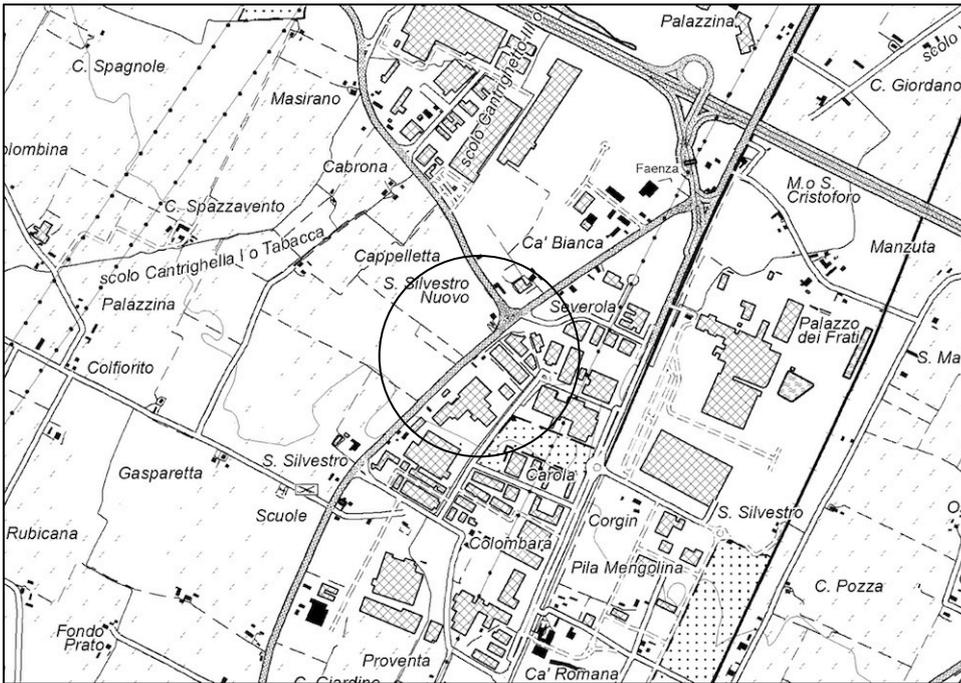


FIG. 1 - AREA DI INTERVENTO (C.T.R. 1:10000)

Lo studio ha affrontato le tematiche, che saranno esposte nei capitoli seguenti, relative agli aspetti geomorfologici, litologico-pedologici, idrogeologici e sismici. Attraverso l'elaborazione dei dati raccolti sono state sviluppate le diverse problematiche affrontate.

In accordo con la Committenza è stato predisposto un piano d'indagine così articolato:

- raccolta dei dati bibliografici disponibili
- esecuzione di un sondaggio a distruzione di nucleo, per una verifica diretta della litologia e per il prelievo di un campione di terreno sul quale eseguire alcuni test di laboratorio
- stesura della relazione geologica.

### 3. CONSIDERAZIONI SU ALTIMETRIA - IDROLOGIA - LITOLOGIA - GEOMORFOLOGIA

---

Queste tematiche verranno esaminate in un unico capitolo poiché, in relazione all'ubicazione dell'area in oggetto, risultano strettamente legate tra di loro e vicendevolmente si influenzano.

L'area in oggetto si trova a circa un chilometro a Nord-Est dell'abitato di Faenza, ad un'altitudine di circa m 24,3 m s.l.m. Fa parte della porzione di territorio, a prevalente vocazione commerciale/industriale, compresa fra le vie San Silvestro ad ovest e Granarolo ad est.

Più in generale il territorio del Comune di Faenza ha una superficie di 215,7 chilometri quadrati e ricade all'interno dell'ampio bacino sedimentario padano, precisamente nella parte SUD-EST molto vicina al limite fra la Pianura Padana ed i primi rilievi appenninici. Il motivo deposizionale locale è caratterizzato da trasgressioni e regressioni, che hanno dato luogo a depositi principalmente d'origine continentale e fluviale.

Come è facile intuire, tali processi deposizionali hanno portato ad una grande variabilità, sia orizzontale sia verticale, nei rapporti di stratificazione tra i vari litotipi. Più precisamente, per quanto riguarda la litologia superficiale delle zone in oggetto, l'origine deve essere ricercata a partire dall'ultima trasgressione marina (circa 13'000 anni or sono) e dalle condizioni idro-geomorfologiche instauratesi dopo quest'ultimo importante fenomeno. Per questa ragione sono stati presi in considerazione solamente i terreni risalenti all'epoca quaternaria, sia di deposizione continentale che marina.

Sopra i sedimenti fini, d'origine marina, sono andate depositandosi le alluvioni trasportate dai corsi d'acqua provenienti dai rilievi appenninici. Dove questi depositi non hanno sufficiente spessore (almeno 10 m), sono stati presi in esame i terreni d'origine sedimentaria, risalenti al Pliocene. Essi sono costituiti principalmente da terreni pelitici con intercalate lenti sabbiose o strati

d'esiguo spessore, sempre a matrice sabbiosa. Nella parte alta del Pliocene si trovano invece strati argillosi, la cui distribuzione è stata condizionata dalla subsidenza differenziale verificatasi in prossimità della costa.

I terreni del Quaternario continentale (Olocene), sono invece quasi esclusivamente sabbiosi, con alcune aree ghiaiose in corrispondenza dell'antica fonda valle. I suoli lentiformi, argillosi, hanno invece avuto origine in concomitanza con la regressione marina che ha trasformato anche il territorio del Comune di Faenza in un'enorme piana alluvionale. Si deve inoltre ricordare che le strutture plioceniche sepolte, hanno influenzato in maniera molto modesta l'assetto dei sedimenti pleistocenici sovrastanti, che presentano solo una debole pendenza verso Sud-Est. I terreni alluvionali recenti, hanno una generale pendenza verso Nord-Est, secondo l'attuale direzione di deflusso dei corsi d'acqua appenninici. A volte presentano, localmente, un assetto più irregolare (con direzione variabile) per la presenza di dossi fluviali.

Le aste fluviali principali sono quelle del Torrente Senio (che delimita anche gran parte dei confini comunali ad occidente) e del F. Lamone, entrambi con sviluppo sud-ovest/nord-est.

Nella porzione collinare tali corsi d'acqua hanno dato forma alle attuali vallate, solcate trasversalmente da torrenti e rii secondari. Elemento morfologico caratteristico sono le fasce calanchive che si sviluppano prevalentemente sui versanti esposti a sud, in ragione della giacitura delle formazioni argillose a reggipoggio. La morfologia si fa più dolce e terrazzata in corrispondenza dei primi rilievi collinari (litotipi sabbiosi).

Nella parte di territorio pianeggiante i corsi d'acqua, in seguito alla riduzione di pendenza (e quindi di velocità dell'acqua), abbandonano i materiali più grossolani, dando luogo alla formazione di conoidi di deiezione; successivamente si fanno sinuosi ed assumono il classico aspetto meandriforme; nella media e bassa pianura, costretti entro argini artificiali tendono alla pensilità.

L'area, dal punto di vista morfologico, si presenta sub-pianeggiante con leggera inclinazione verso Est e Nord-Est e, in seguito agli interventi realizzati nel corso del tempo, risulta completamente antropizzata. È ubicata tra due importanti "paleoalvei", quello del Fiume Lamone ad est e quello del Fiume Senio ad ovest, entrambi (Fig. 2) con orientamento SO/NE. È presente anche un paleodosso minore (Fig. 3), il cui andamento coincide con quello della via Granarolo, caratterizzato dalla presenza di alcune diramazioni. Tutte queste strutture sono indicate quasi esclusivamente dalle variazioni litologiche e, solo in parte minore, da quelle morfologiche, ormai non più percepibili ad occhio nudo, e non interessano direttamente l'area in esame (Fig. 3).

L'idrologia superficiale oltre che dalla presenza dei Fiumi Senio (ad ovest) e Lamone (ad est) è caratterizzata da una rete di canali e fossi di scolo, che ha il compito di convogliare le acque meteoriche e superficiali entro la rete principale di scolo che, in accordo con la direzione generale del drenaggio superficiale, allontana le acque verso NE. Nella porzione di territorio urbanizzata tale compito è svolto dalla rete fognaria.

Gli spartiacque superficiali sono definiti dai dossi fluviali e dal reticolo stradale e ferroviario.

Si possono riconoscere i seguenti lineamenti morfologici:

- *linee di colmo: corrispondono ai dossi fluviali (spartiacque primari), sono caratterizzate dalla presenza di terreni a matrice sabbiosa e sabbioso/limosa (nella media e bassa pianura); la presenza del reticolo stradale e/o ferroviario, generalmente più alto del p.c. costituisce gli spartiacque secondari*
- *linee basali: situate nella porzione compresa tra due dossi fluviali sono caratterizzate dalle quote più basse del territorio, e da litologia limoso-argillosa*

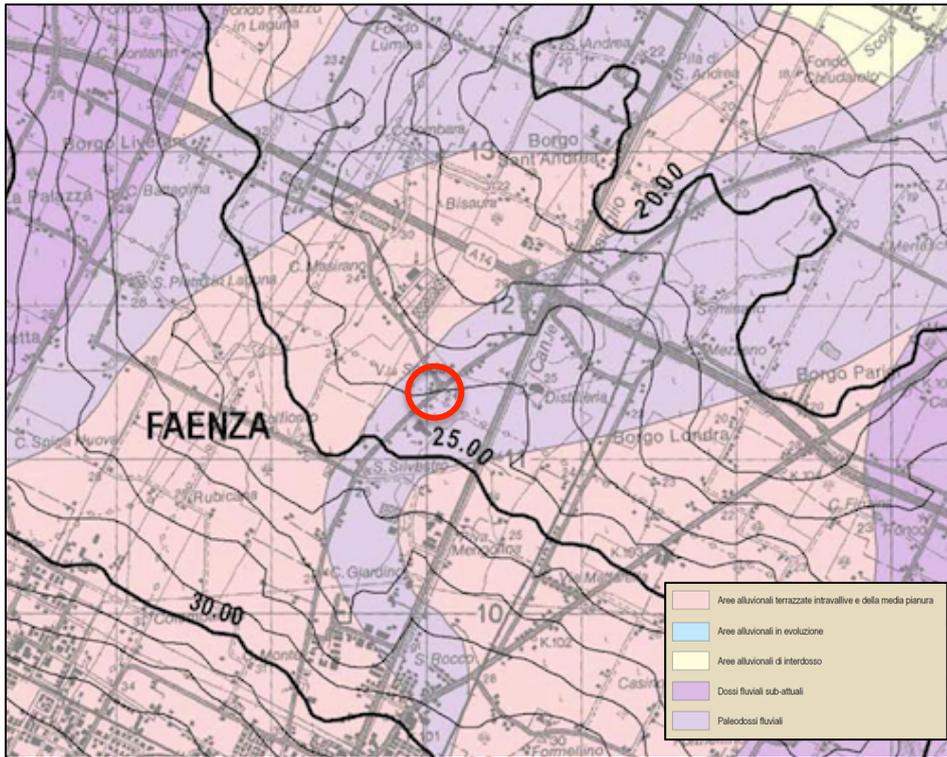


Fig. 2 – estratto da: TAV. B.2.2 – Carta Geomorfologica - PSCA 2009

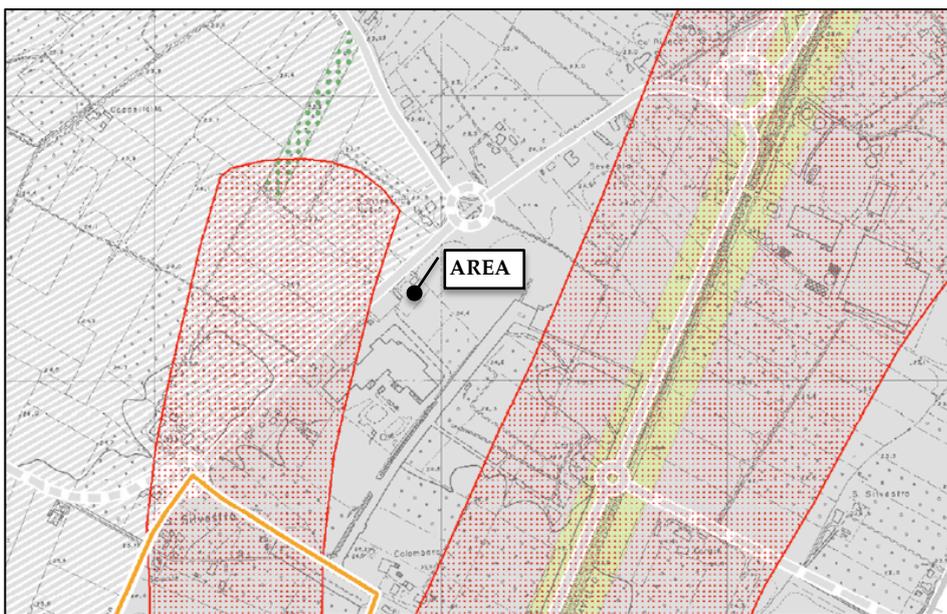


Fig. 3

Estratto da: TAV. 4.A\_7 - TUTELE natura e paesaggio - PSCA 2009

### 3.1 CARATTERISTICHE GEOLITOGICHE E STRATIGRAFICHE

L'area in oggetto ricade nel F. 239-Faenza (scala 1:50000) della Carta Geologica d'Italia, dove si può osservare la seguente successione stratigrafica:

#### **SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO**

Depositi alluvionali e localmente deltizi in successioni cicliche di vario ordine gerarchico. Limite inferiore in conforme sulle Sabbie di Imola (IMO). Limite superiore coincide col piano topografico. Comprende il Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) non affiorante, ed il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES). Spessore massimo: circa 310 m nel sottosuolo della pianura. PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE (~700.000 anni BP – Attuale)

#### **SUBSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)**

Ghiaie, sabbie, limi ed argille di terrazzo alluvionale, conoide alluvionale e piana alluvionale. L'unità è parzialmente suddivisa in subsintemi (AES<sub>8</sub>, AES<sub>7</sub>, AES<sub>6</sub>, AES<sub>5</sub> ed AES<sub>4</sub>). Ogni subintema è limitato in affioramento da una scarpata di terrazzo fluviale. Nel sottosuolo ogni subintema è correlato con un ciclo di sedimenti alluvionali fini alla base e via via più grossolani verso il tetto. Nei settori di interfluvio, le porzioni più antiche di questa unità non sono differenziate in subsintemi. Si tratta di depositi prevalentemente fini, con subordinate ghiaie e sabbie grossolane in lenti discontinue alla base, dove hanno spessore fino a 5 m e costituiscono dei canali che incidono il substrato. Verso l'alto si passa ad un'alternanza di limi sabbiosi e sabbie limose con livelli di calcinelli e locali accumuli di noduli ferro mangesiferi. Questi depositi diventano via-via più fini verso l'alto. Presenti all'interno dell'intera unità alcuni suoli intercalati. Limite inferiore in conforme sulle sottostanti unità marine. Limite superiore coincidente col piano topografico. Spessore massimo: circa 210 m nel sottosuolo della pianura. PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE (350.00-400.000 anni BP – Attuale).

#### **Subsintema di Ravenna (AES<sub>8</sub>)**

Ghiaie, sabbie, limi ed argille di terrazzo alluvionale, conoide alluvionale e piana alluvionale. Limite inferiore conforme su AES<sub>7</sub> e sulle sottostanti unità marine. Limite superiore coincidente col piano topografico e costituito da un suolo relativamente poco evoluto, non calcareo, con fronte di alterazione compreso tra 0,5 e 1,5 m (Inceptisuolo) e contenente reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano, oppure da un suolo poco evoluto, calcareo (Entisuolo). La presenza di quest'ultimo identifica localmente l'Unità di Modena (AES<sub>8</sub>). Spessore massimo: 20 cm circa nel sottosuolo della pianura. PEISTOCENE SUP.- OLOCENE (13 Ka – Attuale), definita su base radiometrica. Dove l'unità di Modena non è presente, il tetto dl Subsintema di Ravenna è datato su base archeologica e radiometrica al periodo romano.

#### **Unità di Modena (AES<sub>8a</sub>)**

Costituisce la parte sommitale di AES<sub>8</sub>. Comprende sabbie, ghiaie, argille, limi e, subordinatamente, ghiaie di piana alluvionale. Limite inferiore, marcato da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata a un suolo da decarbonato a parzialmente carbonato contenente resti archeologici di età dal Neolitico al Romano. Limite superiore coincidente col piano topografico e definito da un suolo calcareo privo di reperti archeologici di età romana o più antichi. Spessore massimo 10 m circa nel sottosuolo della pianura. Età post-romana (IV.VI sec. D.C. – Attuale), definita su base archeologica.

In corrispondenza dei dossi fluviali del T. Senio (O) e del F. Lamone (E) affiora l'Unità di Modena

(AES<sub>8a</sub>) e sovrasta il Subsistema di Ravenna (AES<sub>8</sub>), che affiora nella porzione tra essi compresa (in cui ricade l'area interessata dall'indagine-Fig. 4), con spessore dell'ordine dei 10/12 m circa; litologicamente è costituita da alternanze argilloso-limose di piana alluvionale.

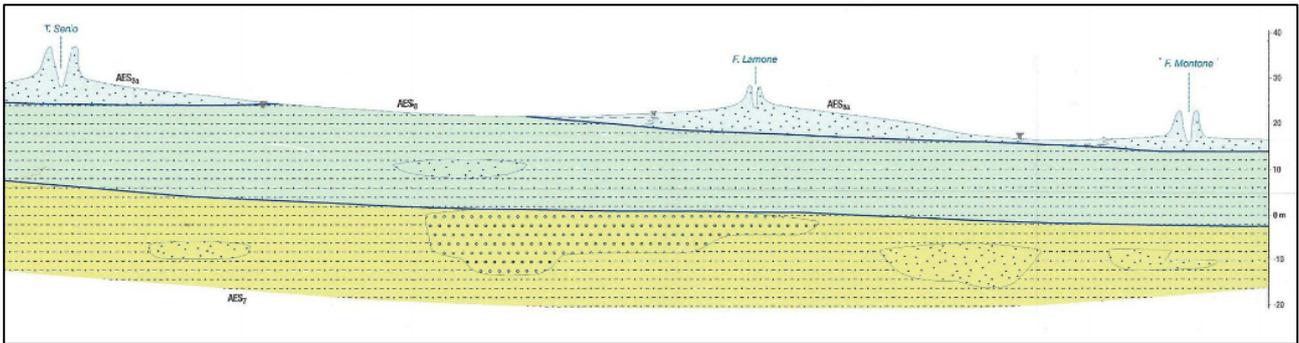


Fig. 4 – SEZIONE GEOSTRATIGRAFICA - Stralcio da: Carta Geologica d'Italia - F. 239 Faenza, scala 1:50000 - Sez. BB (www.ispra.it)

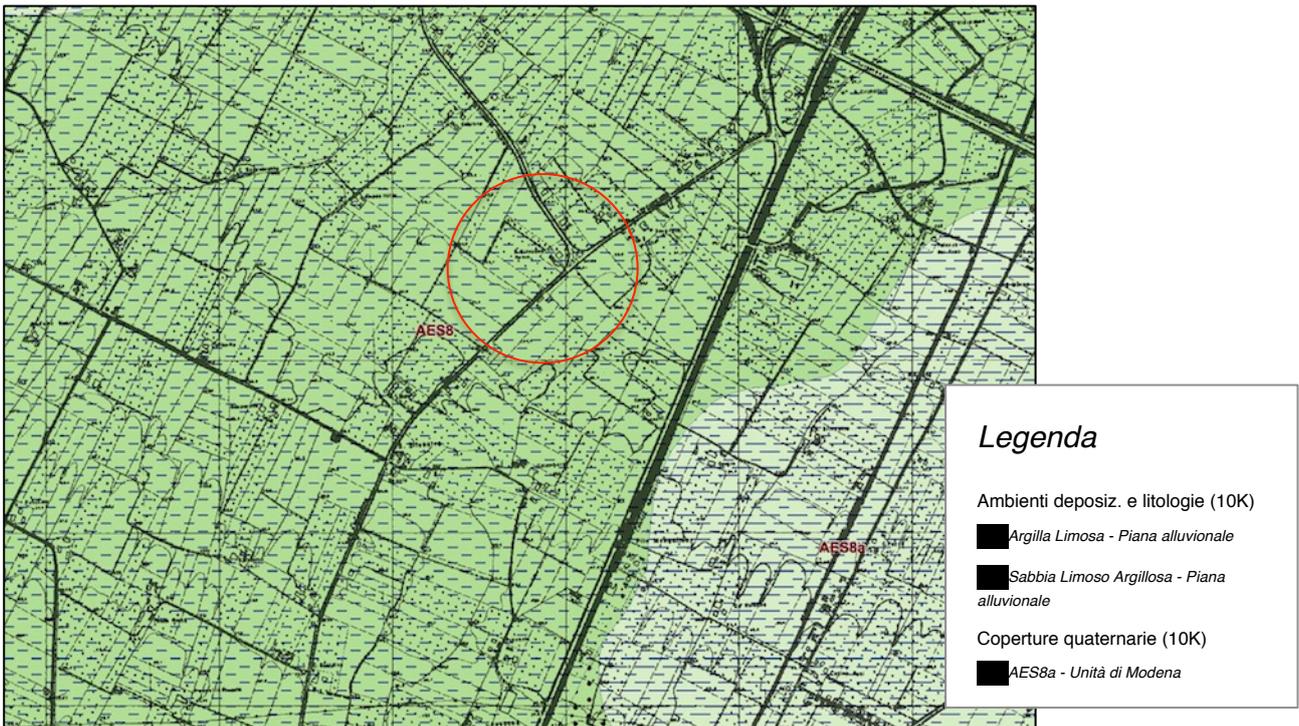


Fig. 5 - stralcio della Carta Geologica della regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (scala 1:10000)

I dati raccolti a livello locale sono in buon accordo, per lo spessore indagato, con le indicazioni della cartografia geologica ufficiale (Fig. 5) ed hanno consentito di ricostruire il modello geologico locale.

I dati penetrometrici disponibili (CPT), il sondaggio eseguito ed i test di laboratorio ed indicano la seguente stratigrafia:

- dal p.c. a -0,8 m circa : piazzale costituito da sabbia e stabilizzato
- da -0,8 m a -2 m circa : argille ed argille limose, consistenti
- da -2 m a -4 m circa : limi argillosi, consistenti
- da -4 m a -8 m circa : limo argilloso-sabbioso addensato
- da -8 m a -15 m : prevalenza di livelli argilloso-limosi, plastici

### 3.2 CONTESTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Attualmente sull'area d'intervento le acque meteoriche sono regimate da fossi e scoline, mentre per le zone circostanti, urbanizzate, vengono allontanate dalla rete fognaria.

L'elemento idrologico più importante presente nella zona è il Canale Naviglio, che scorre ad Ovest della via Granarolo; si tratta di un canale artificiale, con andamento SO/NE, alimentato dal Fiume Lamone a Sud di Faenza. I diversi studi, condotti a vario titolo, non hanno evidenziato alcun rischio di esondazione o allagamento.

Per quanto riguarda la profondità della falda freatica dal piano di campagna, nel corso della presente indagine non è stata individuata presenza di acqua nel foro di sondaggio, per la chiusura alla profondità di -1,5 m dal p.c.

Al tempo dell'indagine per l'ampliamento dello stabilimento (aprile 2005), le acque di falda erano situate alla profondità di -2 m circa dal p.c. (circa -2,50 dal piazzale asfaltato) e nel mese di settembre 2014 era posizionata a -3,6 m dal p.c. (piazzale).

Uno studio condotto dalla ex-U.S.L. 37 di Faenza, nel periodo 1990-91, ha individuato un livello statico dell'ordine di m 2 - 3 circa di profondità dal p.c.

Per verificare le quote attuali e le eventuali variazioni latero-verticali della superficie freatica si è provveduto ad uno studio freatimetrico, rilevando il livello statico della falda all'interno di n. 6 pozzi sparsi nel raggio di circa 500 m. Analizzando i dati raccolti sono state redatte le carte

tematiche delle isobate soggiacenza (dalla falda dal p.c.) e delle isopieze (linee di eguale quota della falda s.l.m.). Le due tavole sono in allegato. La morfologia della tavola d'acqua (andamento

TABELLA RILEVAMENTO POZZI FREATICI - 24 APR 2020			
POZZO	QUOTA	ISOBATA	ISOFREATICA
N°	m slm	m dal p.c.	m slm
1	26	-1.67	24.33
2	25	-1.25	23.75
3	23.3	-1.6	21.7
4	23.9	-1.35	22.55
5	23.9	-1.65	22.25
6	27	-2.4	24.6
S1	24	-1.5	22.5

medio) asseconda la naturale pendenza dei terreni, con direzione media NN-E. Si può osservare la presenza di una linea di spartiacque, che dalla via S. Silvestro devia in direzione N-NO, in accordo con i dati bibliografici (Fig. 6).

Attualmente, nella zona, il livello statico della falda è risultato compreso tra -1,25/-1,67 m. dal p.c.

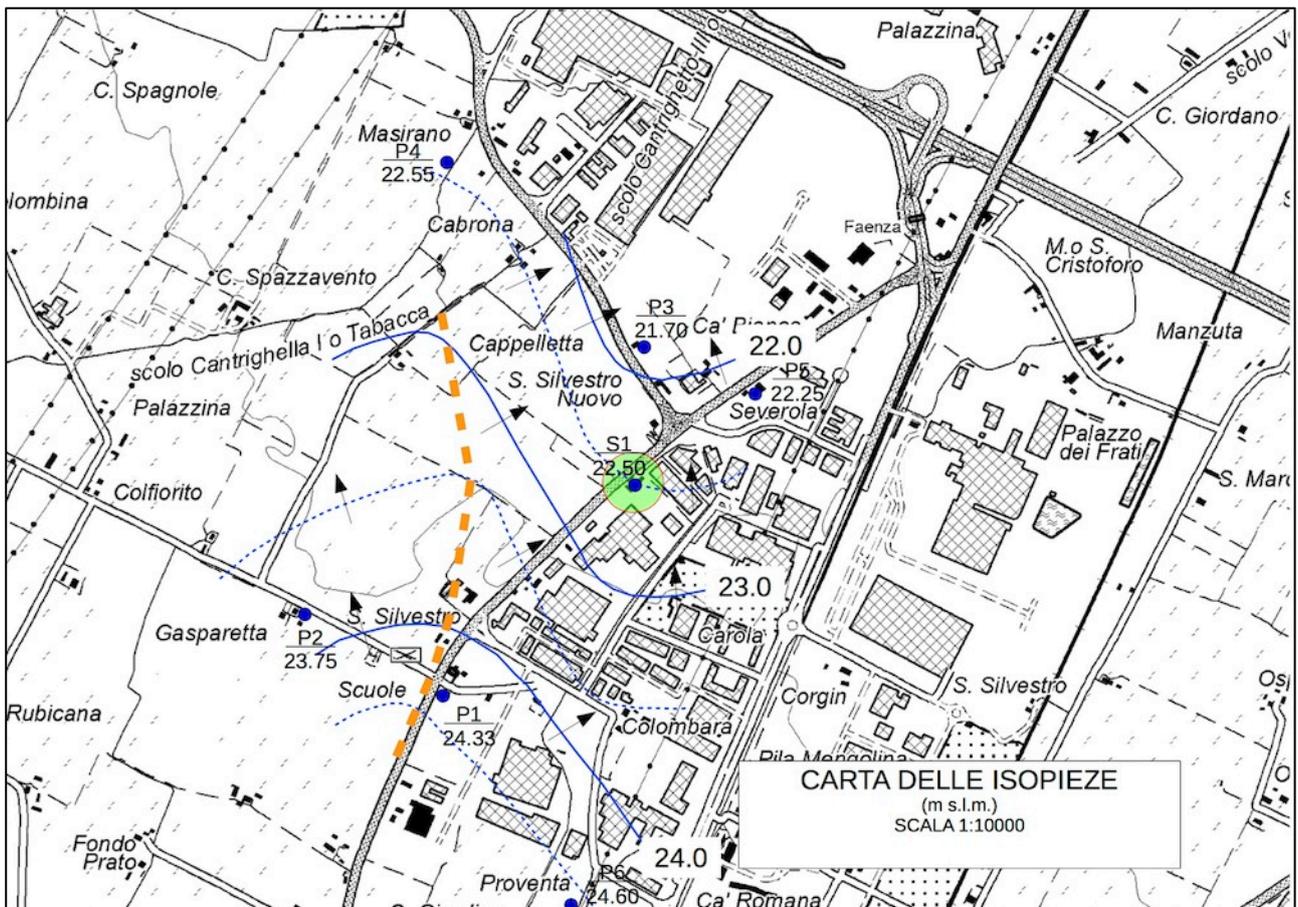


Fig. 6 - Isopieze della superficie freatica (scala ridotta) – È evidente la direzione di scorrimento verso N-NE, compatibile con quella media regionale; si evidenzia come la linea di spartiacque individuata sia in accordo con la cartografia riportata in Fig.3

L'alimentazione avviene generalmente per filtrazione delle acque meteoriche attraverso i terreni superficiali.

I risultati del rilievo sono in accordo con i dati bibliografici e non hanno evidenziato particolari criticità idrauliche che interessino l'area in esame.

### **Permeabilità superficiale**

Nella Tavola B.2.3 - Sistema Naturale ed Ambientale – Rischi Naturali - P.S.C.A. 2009:

per l'area di intervento i terreni sono classificati come mediamente permeabili ( $10^{-4} < k < 10^{-7}$  m/sec). Ciò è in accordo con una litologia presente, che abbiamo visto essere prevalentemente limoso-argillosa e argilloso-sabbiosa.

## **4. MODELLAZIONE LITOSTRATIGRAFICA**

---

### **4.1 GENERALITA'**

Nel corso dello studio si è provveduto a valutare, dal punto di vista geologico-tecnico, la possibilità d'attuazione dell'intervento in oggetto, e le eventuali limitazioni dovute ad aspetti direttamente legati al territorio (geomorfologia, idrologia, ecc.). Ad una prima fase di acquisizione



dei dati bibliografici disponibili (altre indagini eseguite nelle vicinanze, database prove del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Regione E.R.) è seguita una verifica diretta delle caratteristiche litologiche con l'esecuzione di un sondaggio a distruzione di nucleo (foto a lato), e con il prelievo di un campione di terreno sul quale sono stati eseguiti alcuni test di laboratorio, in corrispondenza dell'intervento in progetto. Alla pagina successiva, in Fig. 7, si può osservare il buon livello di omogeneità tra i risultati delle diverse prove CPT bibliografiche.

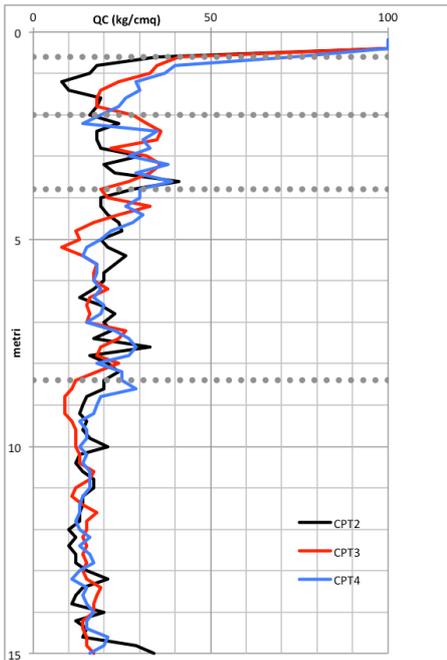


Fig. 7 - Plottaggio dei valori di resistenza Qc

Le prove penetrometriche sono state eseguite utilizzando un'apparecchiatura SUNDA-MENHIR con spinta di 100KN, cingolata ed autoancorante, munita di punta meccanica Begemann (con manicotto per la rilevazione dell'attrito laterale). La medesima attrezzatura, dotata di testa di rotazione, ha consentito l'esecuzione del sondaggio, con aste a coclea del diametro di 83 mm.

Utilizzando i metodi proposti da diversi autori (Schmertmann e Searle), che ben si adattano ai terreni attraversati, si è provveduto

all'interpretazione della litologia, le cui indicazioni sono riportate alle pagine precedenti.

Per l'elaborazione dei dati si è fatto uso dei programmi *GeoTecA 5.1.2* (Interstudio) e *Static Probing 2019* (Geostru).

### **Test di laboratorio eseguiti**

Nel corso del sondaggio S1 è stato prelevato n. 1 campione di terreno, sul quale sono stati eseguiti i seguenti test di laboratorio (report in allegato):

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| S1_C1 (-0,7/-1,4 m dal p.c.) | Umidità naturale<br>Peso dell'unità di volume<br>Granulometria per setacciatura<br>Limiti di Atterberg |
|------------------------------|--|

La stratigrafia ed i rapporti di laboratorio sono riportati in allegato.

## **4.2 INTERPRETAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Dopo avere ricostruito l'assetto stratigrafico dell'area si è provveduto alla discretizzazione delle diverse unità litologiche individuate, riportando nella tabella riassuntiva che segue i principali parametri geotecnici relativi alle CPT bibliografiche eseguite nella vicina area dello stabilimento.

Unità litologica	profondità (m)		DESCRIZIONE	Q <sub>c</sub> <sub>m</sub>	γ <sub>m</sub>	c <sub>u</sub> <sub>m</sub>	φ <sub>m</sub>	m <sub>v</sub> <sub>m</sub>
	da	a		kg/cm <sup>2</sup>	T/m <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	°	cm <sup>2</sup> /kg
<b>T</b>	0	0,6/0,8	piazzale costituito da sabbia e stabilizzato	-	-	-	-	0,04095
<b>A</b>	0,6/0,8	-2	argille ed argille limose consistenti	20	1,85	0,84	-	0,01481
<b>B</b>	-2	-3,8/-4	Limi argillosi consistenti	27,4	1,89	1,31	-	0,01061
<b>C</b>	-3,8/-4	-8	Limo argilloso-sabbioso Addensato	19,6	1,83	0,89	23*	0,01492
<b>D</b>	-8	-15	Prevalenza di livelli argilloso-limosi, plastici	14,7	1,79	0,63	20*	0,01601

per i rari livelli sabbiosi

## PARTE SECONDA – SISMICA E GEOTECNICA

### 5. CARATTERISTICHE SISMICHE

#### 5.1 SISMICITÀ

La recente riclassificazione della sismicità del territorio (a partire dall'Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003) ha individuato quattro valori di accelerazione orizzontale ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare; il territorio nazionale è, di conseguenza, stato suddiviso in quattro zone. Ogni zona è stata individuata in base ai valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Per l'area in esame sono indicati valori dell'accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) compresi tra 0,200 e 0,250 volte l'accelerazione di gravità  $g$  (riferita a suolo rigido).

Ai sensi di questa normativa il territorio del Comune di Faenza rientra in zona sismica 2.

Dalla consultazione delle banche dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia,

relativamente alle osservazioni macro sismiche dei terremoti (DBMI15<sup>1</sup>), sono riportati 108 eventi sismici che hanno interessato il territorio di Faenza.

Il diagramma di Fig. 8, proveniente dalla stessa fonte bibliografica, riporta la collocazione temporale e l'intensità al sito, in corrispondenza dell'area oggetto, degli eventi sismici sopra descritti (limitatamente a quelli con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5).

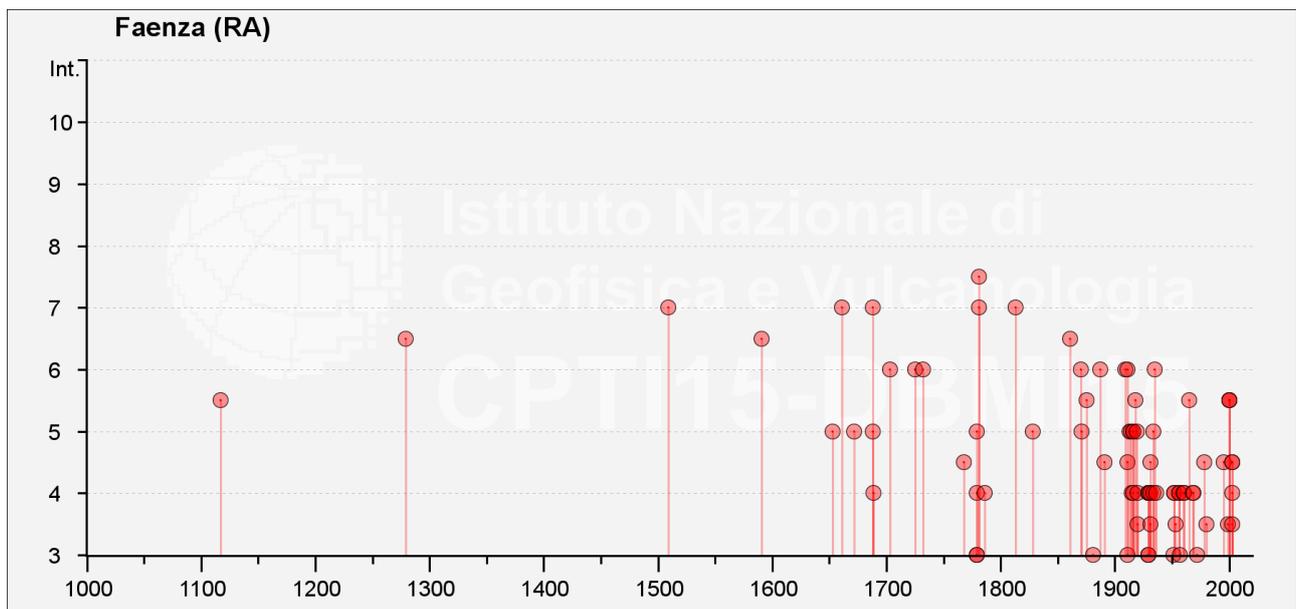


Fig. 8 – Elenco e diagramma dei terremoti i cui effetti sono stati avvertiti nel territorio di Faenza

Per la caratterizzazione sismica del sito sono stati utilizzati i risultati di una prova HVSR eseguita per un precedente intervento all'interno dello stabilimento, ed ubicata sul confine con il lotto in esame.

Le misure di microtremore ambientale sul terreno di fondazione sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e

<sup>1</sup> Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT15>

senza cavi esterni.

E' risultato che  $V_{seq}^2 = 30/\Sigma(h_i/v_i) = 204 \text{ m/s}$  (si tratta quindi di un **suolo tipo C**)

Indicazioni più dettagliate, sull'indagine sismica condotta, sono contenute nello specifico elaborato tecnico (ALLEGATO n. 1).

Dall'esame dei dati raccolti risultano improbabili fenomeni di amplificazione sismica locale legati alle caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei terreni presenti. Ipotesi avvalorata dalla stratigrafia presente, costituita da depositi coesivi consistenti e livelli ghiaioso-sabbiosi (oltre -20 m) caratterizzati da un grado di compattezza discreto/elevato.

## 5.2 STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

Inserendo le coordinate del sito nel programma Spettri-NTCv.1.0.3 si ottengono i parametri riportati in tabella (Fig. 9)

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.057	2.466	0.259
SLD	50	0.073	2.445	0.271
SLV	475	0.178	2.394	0.304
SLC	975	0.225	2.429	0.314

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Fig. 9 – Parametri associati agli stati limite

Analizzando i rapporti spettrali H/V, ricavati dai risultati della prova HVSR, è possibile inoltre avere alcune indicazioni sugli effetti di amplificazione locale in caso di sisma. Le acquisizioni HVSR, infatti, sfruttando la teoria dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e

<sup>2</sup> La velocità  $V_s$  delle onde sismiche rimane comunque la  $V_{s30}$  poiché "Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$  ..." (NTC2018)

quello verticale, permettono la stima della frequenza di risonanza fondamentale ( $f_r$ ) del sottosuolo. I rapporti spettrali, rilevati dalla prova HVSR, indicano come frequenza fondamentale di risonanza per il sito il valore:  **$0.91 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.4 - 10.0 Hz).**

A livello progettuale occorrerà evitare che vi sia coincidenza tra la frequenza naturale individuate ed i periodi propri delle strutture in progetto, per evitare l'insorgere di fenomeni di doppia risonanza.

Al fine di valutare la compatibilità sismica dell'intervento è stato eseguito un approfondimento di *secondo livello*, mediante analisi semplificata, che ha consentito di stimare i fattori di amplificazione sismica per il sito in oggetto.

Questo livello di approfondimento è ritenuto sufficiente per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione che ricadono nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale e per versanti stabili con acclività  $\leq 15^\circ$  in cui il deposito ha spessore costante. Caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un contrasto di impedenza significativo, tale da essere considerato coincidente con il tetto del substrato rigido, a profondità  $\geq 100$  m da p.c.

Considerando il valore di  $V_{SHr}$  stimato con metodi geofisici (indagine geofisica HVSR) sono risultati i seguenti fattori di amplificazione sismica per l'area in oggetto (all. A2.1.2 – Pianura Padana e costa adriatica – Pianura 2 - DGR 630/2019) :

- $V_{s30} = 204$  m/s
- $a_{refg} = 0,202$  g (accelerazione massima free-field su suolo rigido)

PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

V <sub>S30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione PGA

V <sub>S30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione SA1 (0,1s ≤ T ≤ 0,5s), SA2 (0,4s ≤ T ≤ 0,8s), SA3 (0,7s ≤ T ≤ 1,1s), SA4 (0,5s ≤ T ≤ 1,5s)

V <sub>S30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione SI1 (0,1s ≤ T ≤ 0,5s), SI2 (0,5s ≤ T ≤ 1,0s), SI3 (0,5s ≤ T ≤ 1,5s)

F.A. P.G.A. = 1,7

F.A. SI1 - 0,1s < T<sub>0</sub> < 0,5s = 2,0

F.A. SI2 - 0,5s < T<sub>0</sub> < 1,0s = 3,0

F.A. SI3 - 0,5s < T<sub>0</sub> < 1,5s = 3,3

## CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRENO

(riferite a: SLV-edificio classe II)

Topografia: T1 (superficie pianeggiante)

Coefficiente di amplificazione topografica: ST = 1.0

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: Ss = 1.410

A<sub>max</sub> = a<sub>refg</sub> \* Ss \* St = 0,284 g

Categoria di suolo di fondazione: **categoria C** (360 > V<sub>seq</sub> > 180 m/sec)

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

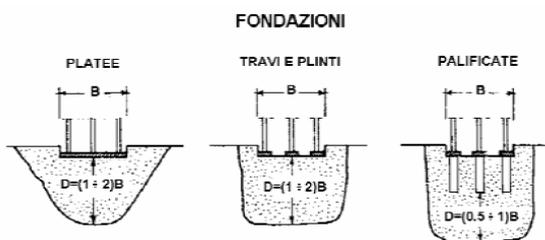
Nel presente capitolo sono riportate le valutazioni preliminari che il Progettista potrà utilizzare nelle verifiche geotecniche previste dalla NTC2018.

Per quanto riguarda lo schema geotecnico:

- piano di campagna orizzontale => **categoria topografica T1**
- falda: aprile 2005 => -2 m circa dal p.c. (circa -2,50 dal piazzale asfaltato);  
settembre 2014 => -3,6 m circa (da quota zero del piazzale)  
attuale => -1,5 m dal p.c. (più basso del piazzale di circa 50 cm)

si può ritenere che il livello attuale corrisponda, verosimilmente, a quello massimo (o molto prossimo ad esso).

- volume significativo



Poiché le richieste di variante al RUE non prevedono la ricostruzione degli edifici esistenti (per i quali è prevista la demolizione), ma il solo ampliamento delle zone piazzale e parcheggi annessi allo stabilimento, in questa sede non verranno affrontate valutazioni che riguardino gli stati limite. Si forniscono comunque i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici ( $k$ ) riferiti, rispettivamente, al 5° percentile della distribuzione della media dei valori e, in via cautelativa, al 5° percentile della distribuzione dei valori (nella tabella che segue sono indicati con i pedici  $k$  e  $kk$ ).

unità litologica	profondità (m)		$Q_{cm}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_m$ T/m <sup>3</sup>	$c_{uk}$ kg/cm <sup>2</sup>	$C_{ukk}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\phi_k$ °	$\phi_{kk}$ °	$mv_{k+}$ cm <sup>2</sup> /kg	$mv_{k-}$ cm <sup>2</sup> /kg
	da	a								
<b>P</b>	0	0,6/0,8	63,3	1,69	-	-	-	-	-	-
<b>A</b>	0,6/0,8	2	20	1,85	0,74	0,5	-	-	0,01260	0,01747
<b>B</b>	2	3,8/4	27,4	1,89	1,18	0,84	-	-	0,00974	0,01157
<b>C</b>	3,8/4	8	19,6	1,83	0,84	0,6	-	-	0,01427	0,01563
<b>D</b>	8	15	14,7	1,79	0,61	0,45	-	-	0,01518	0,1675

## 6.1 VALUTAZIONI PIAZZALI E PARCHEGGI

Per quanto riguarda il terreno di fondazione sul quale insisteranno i piazzali ed i parcheggi da realizzare si ritiene, in base ai dati raccolti ed alle condizioni attuali, che le caratteristiche meccaniche del terreno di superficie siano idonee.

Attualmente l'area di Variante è edificata solo localmente ed insiste, in parte, su un piazzale in ghiaia e, per la parte restante, su terreno vegetale rimaneggiato dalle lavorazioni agricole (ex vigna). Una volta asportato lo strato superficiale di materiale di riporto e/o di terreno superficiale rimaneggiato, per una profondità media di m 0,5 - 0,7, e provveduto ad una adeguata compattazione del fondo scavo, il sottofondo è da ritenersi sostanzialmente idoneo alla realizzazione di parcheggi e piazzali.

Lo strato di fondazione andrà realizzato con un primo strato di materiali sabbiosi a granulometria media (con funzione anticapillare) ed un secondo strato in materiale stabilizzato granulometricamente.

Gli spessori della sovrastruttura potranno essere valutati in prima approssimazione con il metodo dell'Indice di Gruppo ( $I_g$ ), riferendosi ai risultati dei test di laboratorio eseguiti sul campione prelevato (C1), dove:

$$I_g = 0,2*a + 0,005*a*c + 0,01*b*d$$

a = passante al setaccio 0,075 mm meno 35 (minimo 0 massimo 40)

b = passante al setaccio 0,075 mm meno 15 (minimo 0 massimo 40)

c = limite di liquidità meno passante al setaccio 0,43 mm (minimo 0 massimo 20)

d = indice di plasticità meno passante al setaccio 2 mm (minimo 0 massimo 20)

I lavori andranno eseguiti rispettando le umidità idonee dei materiali evitando, inoltre, periodi stagionali sfavorevoli.

## 7. CONCLUSIONI

---

Dall'indagine eseguita non sono emerse problematiche in contrasto con la realizzazione della variante in progetto. Sono, inoltre, stati messi in luce tutti i parametri necessari allo sviluppo di una corretta progettazione delle opere che insisteranno sull'area esaminata.



Dott. Geol. Giampaolo Guarnieri

## 8. ALLEGATI

---

ubicazione area (scala 1:5000)

ubicazione area e prove

stato modificato – confronto tavole RUE

risultati e diagrammi penetrometrici

stratigrafia sondaggio

rapporti test di laboratorio

### ALLEGATO 1

Vengono di seguito riportati i riferimenti alle metodologie ed ai codici di calcolo utilizzati.

Elaborazione prove penetrometriche eseguita con il programma GeoTec A, prodotto e distribuito dalla società Interstudio srl, di Pistoia, serie n. 5856, in licenza a Geol. Giampaolo Guarnieri-Lugo (RA) e con il programma Static della società GeoStru Software di Bianco (RC).

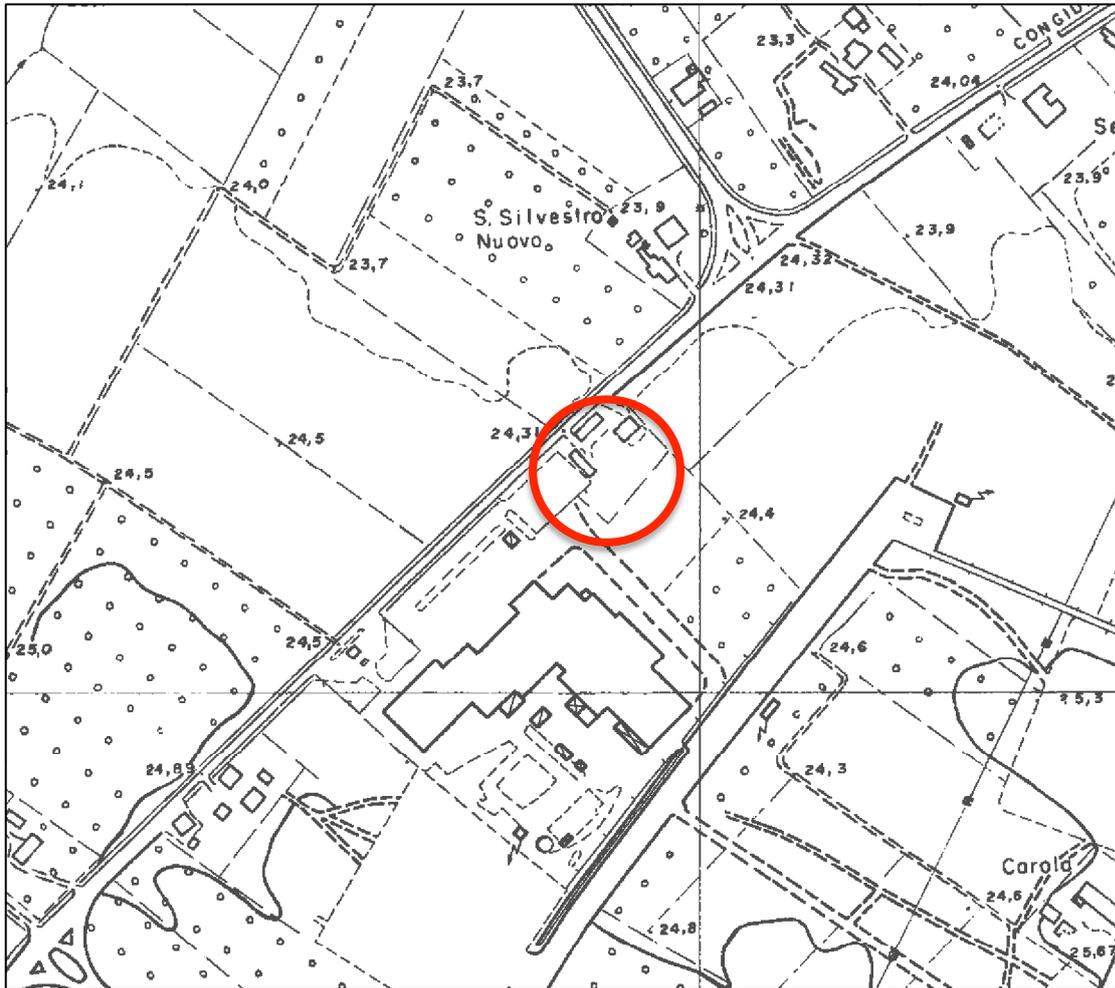
Cedimenti e pressioni valutate su terreno isotropo elastico alla "Boussinesque"; portanza valutata con il metodo Terzaghi-Meyerof.

Elaborazione eseguita con il programma GeoTec C, prodotto e distribuito dalla società Interstudio srl, di Pistoia, serie 5775, in licenza a Geol. Giampaolo Guarnieri-Lugo (RA).

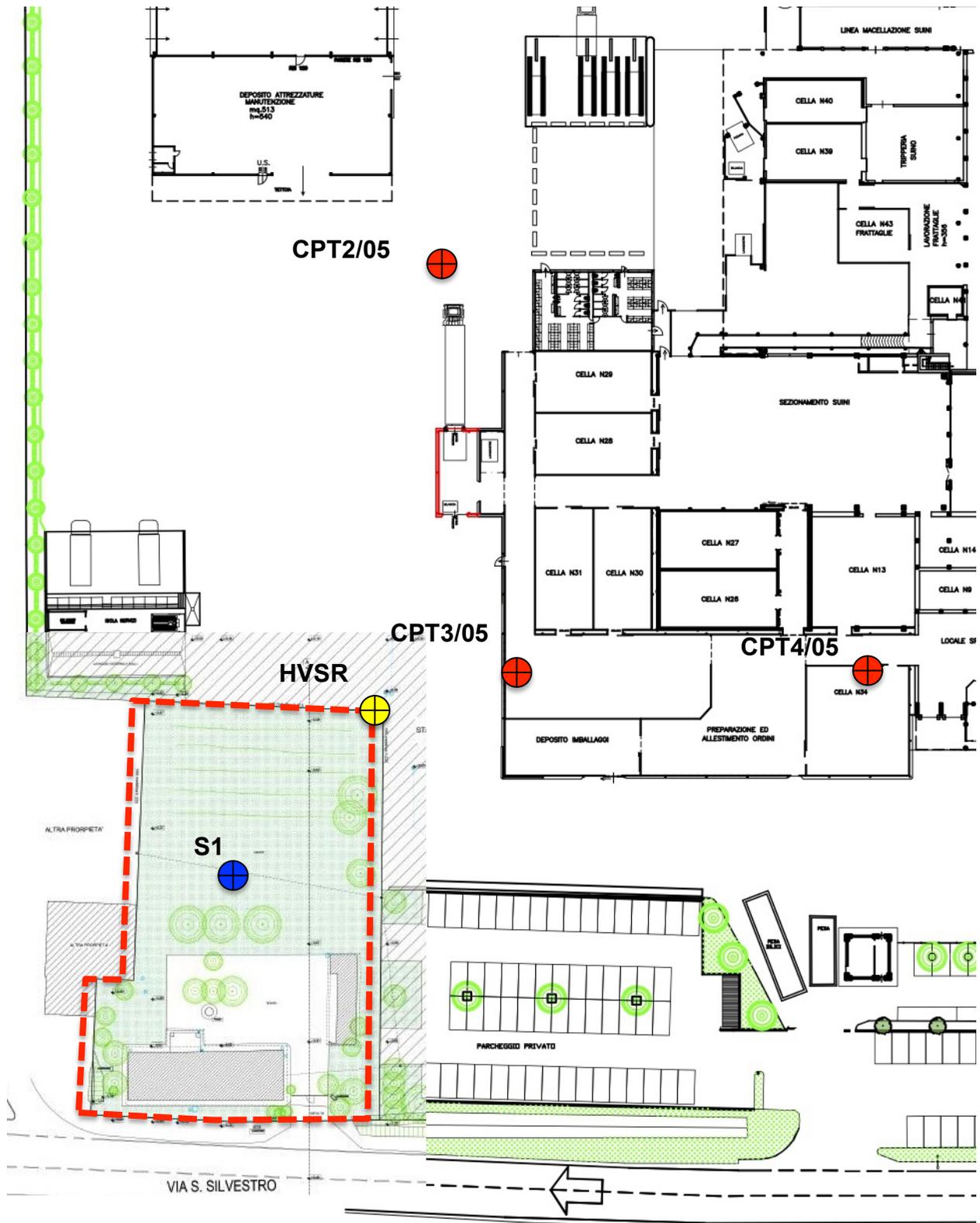
I programmi sono basati su metodi di calcolo consolidati sia in bibliografia che nella pratica corrente e che sono in uso da oltre 15 anni, con un affinamento e una messa a punto continua. Ogni nuova versione segue una procedura di verifica che passa sia attraverso una fase interna alla società di sviluppo che una successiva fase di beta-test effettuata da utenti beta-tester.

Il controllo dei dati e dei risultati è facilitato da varie forme di rappresentazione sia numerica che grafica, che mettono in evidenza anche gli eventuali errori "grossolani" nell'introduzione dei dati. Inoltre il Progettista ha proceduto ad alcuni test di compatibilità con esempi conosciuti prima dell'utilizzo del programma.

Elaboratore utilizzato: Apple MacBook Pro 15.4"  – n. seriale W88469UD1G0 (sul quale sono state attivate protezioni firewall, di tipo software ed hardware).



**UBICAZIONE AREA (scala 1:5000)**



**UBICAZIONE AREA (stato attuale) E PROVE (non in scala)**



**UBICAZIONE AREA (stato modificato)**



TAV. 7.4 RUE APPROVATO

TAV. 7.4 RUE DI PROGETTO

## RELAZIONE TECNICA

FAENZA-via San Silvestro  
05.04.2005

## CPT2

Quota livello di falda : 2.00

## Interpretazione stratigrafia

Prof. Terreno ml		Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI í	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec
0.20	Ghiaia sciolta	1700	1700	0.034	0.000	42	100	0.0050	5.0000	4.4e-1
0.40	Ghiaia sciolta	1700	1700	0.068	0.000	38	100	0.0050	5.0000	4.4e-1
0.60	Sabbia argil-limosa adde	1700	1700	0.102	0.000	31	74	0.0190	2.3333	5.1e-3
0.80	Argilla limosa consisten	1841	1841	0.139	0.893	0	0	0.0111	1.8000	8.7e-6
1.00	Argilla torbosa consiste	1823	1823	0.175	0.791	0	0	0.0125	1.6000	3.2e-5
1.20	Torba	1720	1720	0.210	0.390	0	0	0.0192	1.6000	1.1e+0
1.40	Argilla torbosa consiste	1753	1753	0.245	0.488	0	0	0.0182	1.0000	2.0e-5
1.60	Limo argilloso plastico	1849	1849	0.282	0.936	0	0	0.0157	1.2667	9.2e-5
1.80	Argilla limosa consisten	1841	1841	0.319	0.884	0	0	0.0111	1.8000	8.7e-6
2.00	Argilla consistente	1823	1823	0.355	0.782	0	0	0.0284	1.6000	9.8e-7
2.20	Limo argilloso plastico	1884	884	0.373	1.181	0	0	0.0139	1.6000	5.5e-4
2.40	Argilla limosa consisten	1841	841	0.390	0.881	0	0	0.0111	1.8000	1.1e-5
2.60	Argilla limosa consisten	1841	841	0.406	0.880	0	0	0.0111	1.8000	8.7e-6
2.80	Limo argilloso plastico	1849	849	0.423	0.929	0	0	0.0157	1.2667	4.0e-4
3.00	Limo argil-sabbioso adde	1917	917	0.442	1.478	0	0	0.0111	2.0000	3.1e-3
3.20	Argilla limosa consisten	1857	857	0.459	0.977	0	0	0.0100	2.0000	5.8e-5
3.40	Argilla torbosa consiste	1878	878	0.476	1.126	0	0	0.0087	2.3000	6.0e-5
3.60	Sabbia ghiaiosa media ad	1750	750	0.491	0.000	25	50	0.0163	2.0500	1.2e-1
3.80	Argilla limosa consisten	1907	907	0.509	1.375	0	0	0.0071	2.8000	9.2e-5
4.00	Limo argil-sabbioso adde	1849	849	0.526	0.924	0	0	0.0157	1.2667	1.1e-3
4.20	Limo argilloso plastico	1849	849	0.543	0.923	0	0	0.0157	1.2667	9.2e-5
4.40	Argilla limosa consisten	1864	864	0.561	1.022	0	0	0.0095	2.1000	2.2e-5
4.60	Argilla limosa consisten	1884	884	0.578	1.171	0	0	0.0083	2.4000	3.9e-5
4.80	Limo argil-sabbioso adde	1890	890	0.596	1.220	0	0	0.0133	1.6667	3.5e-3
5.00	Limo argilloso plastico	1849	849	0.613	0.919	0	0	0.0157	1.2667	2.4e-4
5.20	Argilla consistente	1864	864	0.630	1.018	0	0	0.0149	2.1000	2.6e-6
5.40	Argilla consistente	1896	896	0.648	1.268	0	0	0.0092	2.6000	1.6e-5
5.60	Limo argil-sabbioso adde	1878	878	0.666	1.117	0	0	0.0145	1.5333	9.3e-4
5.80	Limo argilloso plastico	1857	857	0.683	0.966	0	0	0.0167	1.3333	2.1e-4
6.00	Limo argil-sabbioso adde	1857	857	0.700	0.965	0	0	0.0167	1.3333	1.5e-3
6.20	Limo argil-sabbioso adde	1832	832	0.717	0.814	0	0	0.0145	1.1333	1.0e-3
6.40	Limo argilloso plastico	1792	792	0.733	0.613	0	0	0.0141	0.8667	2.9e-4
6.60	Limo argil-sabbioso adde	1849	849	0.750	0.913	0	0	0.0157	1.2667	3.2e-3
6.80	Limo argil-sabbioso adde	1878	878	0.767	1.112	0	0	0.0145	1.5333	1.5e-3
7.00	Limo argilloso plastico	1857	857	0.784	0.961	0	0	0.0167	1.3333	3.4e-4
7.20	Limo argil-sabbioso adde	1871	871	0.802	1.060	0	0	0.0152	1.4667	1.7e-3
7.40	Limo argilloso plastico	1832	832	0.818	0.809	0	0	0.0145	1.1333	6.2e-5
7.60	Limo argilloso consisten	1931	931	0.837	1.608	0	0	0.0101	2.2000	1.1e-4
7.80	Argilla torbosa consiste	1823	823	0.853	0.757	0	0	0.0125	1.6000	1.8e-5
8.00	Limo argil-sabbioso adde	1864	864	0.871	1.006	0	0	0.0159	1.4000	1.2e-3
8.20	Limo argil-sabbioso adde	1884	884	0.888	1.156	0	0	0.0139	1.6000	2.8e-3
8.40	Limo argil-sabbioso adde	1857	857	0.906	0.955	0	0	0.0167	1.3333	1.5e-3
8.60	Limo argil-sabbioso adde	1857	857	0.923	0.954	0	0	0.0167	1.3333	9.0e-4
8.80	Argilla limosa plastica	1814	814	0.939	0.703	0	0	0.0133	1.5000	4.2e-5
9.00	Limo argilloso plastico	1803	803	0.955	0.652	0	0	0.0140	0.9333	2.7e-4
9.20	Argilla limosa plastica	1792	792	0.971	0.601	0	0	0.0154	1.3000	3.6e-5
9.40	Limo argilloso plastico	1814	814	0.987	0.701	0	0	0.0140	1.0000	2.2e-4
9.60	Limo argilloso plastico	1803	803	1.003	0.650	0	0	0.0140	0.9333	2.7e-4
9.80	Limo argilloso plastico	1823	823	1.020	0.749	0	0	0.0142	1.0667	3.6e-4
10.00	Sabbia argil-limosa adde	1700	700	1.034	0.000	20	15	0.0317	1.4000	5.3e-3
10.20	Argilla limosa plastica	1792	792	1.050	0.598	0	0	0.0154	1.3000	2.1e-5
10.40	Argilla limosa plastica	1780	780	1.065	0.547	0	0	0.0167	1.2000	3.5e-5
10.60	Limo argil-sabbioso adde	1803	803	1.081	0.646	0	0	0.0140	0.9333	1.0e-3
10.80	Limo argil-sabbioso adde	1832	832	1.098	0.795	0	0	0.0145	1.1333	1.0e-3
11.00	Limo argilloso plastico	1832	832	1.115	0.794	0	0	0.0145	1.1333	5.4e-4
11.20	Limo argilloso plastico	1803	803	1.131	0.643	0	0	0.0140	0.9333	4.9e-4
11.40	Limo argil-sabbioso adde	1803	803	1.147	0.643	0	0	0.0140	0.9333	1.0e-3

11.60	Argilla limosa plastica	1792	792	1.163	0.592	0	0	0.0154	1.3000	3.6e-5
11.80	Limo argilloso plastico	1792	792	1.178	0.591	0	0	0.0141	0.8667	1.5e-4
12.00	Argilla limosa plastica	1753	753	1.193	0.440	0	0	0.0182	1.0000	1.5e-5
12.20	Limo argil-sabbioso adde	1780	780	1.209	0.540	0	0	0.0144	0.8000	8.4e-4
12.40	Limo argilloso soffice	1753	753	1.224	0.439	0	0	0.0154	0.6667	5.4e-4
12.60	Limo argil-sabbioso scio	1780	780	1.240	0.538	0	0	0.0144	0.8000	1.8e-3
12.80	Limo argilloso plastico	1780	780	1.255	0.537	0	0	0.0144	0.8000	3.6e-4
13.00	Argilla limosa plastica	1814	814	1.272	0.686	0	0	0.0133	1.5000	1.6e-5
13.20	Limo argil-sabbioso adde	1864	864	1.289	0.986	0	0	0.0159	1.4000	2.1e-3
13.40	Argilla torbosa consiste	1803	803	1.305	0.635	0	0	0.0143	1.4000	1.8e-6
13.60	Limo argilloso plastico	1780	780	1.321	0.534	0	0	0.0144	0.8000	1.6e-4
13.80	Limo argilloso plastico	1767	767	1.336	0.483	0	0	0.0148	0.7333	7.9e-5
14.00	Sabbia limosa sciolta	1650	650	1.349	0.000	20	15	0.0250	1.0000	2.1e-2
14.20	Argilla limosa plastica	1780	780	1.364	0.532	0	0	0.0167	1.2000	1.7e-5
14.40	Sabbia argilloso-limosa	1650	650	1.377	0.000	19	15	0.0333	1.0000	5.8e-3
14.60	Limo argilloso plastico	1803	803	1.394	0.630	0	0	0.0140	0.9333	4.9e-4
14.80	Argilla limosa molto con	1912	912	1.412	1.379	0	0	0.0069	2.9000	5.5e-5
15.00	Sabbia argil-limosa adde	1700	700	1.426	0.000	21	23	0.0196	2.2667	5.8e-3

RELAZIONE TECNICA

FAENZA-via San Silvestro  
05.04.2005  
CPT3

Quota livello di falda : 2.00

Interpretazione stratigrafia

Prof. Terreno ml	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI í	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec	
0.20	Ghiaia sabbiosa sciolta	1650	1650	0.033	0.000	38	100	0.0100	2.5000	1.9e-1
0.40	Ghiaia sabbiosa sciolta	1650	1650	0.066	0.000	34	95	0.0100	2.5000	1.9e-1
0.60	Sabbia lim. mediamente a	1750	1750	0.101	0.000	32	80	0.0163	2.0500	3.1e-2
0.80	Limo argilloso consisten	1940	1940	0.140	1.743	0	0	0.0095	2.3333	5.7e-4
1.00	Limo argil-sabbioso adde	1931	1931	0.178	1.641	0	0	0.0101	2.2000	6.7e-4
1.20	Argilla limosa consisten	1884	1884	0.216	1.189	0	0	0.0083	2.4000	2.9e-5
1.40	Argilla consistente	1849	1849	0.253	0.937	0	0	0.0188	1.9000	1.5e-6
1.60	Argilla consistente	1841	1841	0.290	0.886	0	0	0.0214	1.8000	5.4e-7
1.80	Argilla limosa consisten	1841	1841	0.327	0.884	0	0	0.0111	1.8000	1.1e-5
2.00	Limo argil-sabbioso adde	1907	1907	0.365	1.382	0	0	0.0119	1.8667	3.1e-3
2.20	Limo argil-sabbioso adde	1927	927	0.383	1.581	0	0	0.0104	2.1333	7.0e-4
2.40	Limo argilloso consisten	1944	944	0.402	1.780	0	0	0.0093	2.4000	5.5e-4
2.60	Limo argilloso consisten	1940	940	0.421	1.729	0	0	0.0095	2.3333	5.7e-4
2.80	Argilla limosa consisten	1871	871	0.439	1.078	0	0	0.0091	2.2000	1.7e-5
3.00	Limo argil-sabbioso adde	1927	927	0.457	1.577	0	0	0.0104	2.1333	3.3e-3
3.20	Limo argil-sabbioso adde	1944	944	0.476	1.776	0	0	0.0093	2.4000	6.9e-4
3.40	Limo argil-sabbioso adde	1931	931	0.495	1.625	0	0	0.0101	2.2000	1.6e-3
3.60	Argilla limosa consisten	1901	901	0.513	1.324	0	0	0.0074	2.7000	5.4e-5
3.80	Argilla torbosa consiste	1849	849	0.530	0.924	0	0	0.0105	1.9000	1.5e-5
4.00	Argilla consistente	1864	864	0.547	1.023	0	0	0.0149	2.1000	1.9e-6
4.20	Sabbia ghiaiosa sciolta	1700	700	0.561	0.000	24	40	0.0152	1.6500	1.4e-1
4.40	Sabbia limosa sciolta	1650	650	0.574	0.000	23	28	0.0208	1.2000	2.6e-2
4.60	Limo argilloso plastico	1832	832	0.591	0.820	0	0	0.0145	1.1333	3.0e-4
4.80	Argilla limosa plastica	1780	780	0.606	0.570	0	0	0.0167	1.2000	5.3e-6
5.00	Limo argilloso plastico	1792	792	0.622	0.619	0	0	0.0141	0.8667	1.5e-4
5.20	Argilla torbosa consiste	1720	720	0.636	0.368	0	0	0.0192	0.8000	2.4e-6
5.40	Argilla limosa plastica	1803	803	0.652	0.667	0	0	0.0143	1.4000	4.0e-5
5.60	Limo argil-sabbioso adde	1841	841	0.669	0.867	0	0	0.0150	1.2000	8.0e-4
5.80	Limo argilloso plastico	1832	832	0.686	0.816	0	0	0.0145	1.1333	1.8e-4
6.00	Limo argilloso plastico	1832	832	0.703	0.815	0	0	0.0145	1.1333	5.4e-4
6.20	Limo argil-sabbioso adde	1864	864	0.720	1.014	0	0	0.0159	1.4000	8.1e-4
6.40	Limo argilloso plastico	1823	823	0.736	0.763	0	0	0.0142	1.0667	1.2e-4
6.60	Limo argilloso plastico	1814	814	0.753	0.712	0	0	0.0140	1.0000	7.1e-5
6.80	Limo argil-sabbioso adde	1823	823	0.769	0.762	0	0	0.0142	1.0667	6.8e-4
7.00	Limo argilloso plastico	1814	814	0.785	0.711	0	0	0.0140	1.0000	7.1e-5

7.20	Sabbia argil-limosa adde	1700	700	0.799	0.000	22	25	0.0256	1.7333	6.4e-3
7.40	Limo argil-sabbioso adde	1884	884	0.817	1.159	0	0	0.0139	1.6000	1.2e-3
7.60	Limo argil-sabbioso adde	1849	849	0.834	0.908	0	0	0.0157	1.2667	6.5e-4
7.80	Limo argilloso plastico	1841	841	0.851	0.857	0	0	0.0150	1.2000	2.8e-4
8.00	Limo argil-sabbioso adde	1884	884	0.868	1.157	0	0	0.0139	1.6000	1.9e-3
8.20	Limo argil-sabbioso adde	1841	841	0.885	0.856	0	0	0.0150	1.2000	1.4e-3
8.40	Argilla limosa plastica	1780	780	0.901	0.555	0	0	0.0167	1.2000	9.7e-6
8.60	Argilla limosa plastica	1767	767	0.916	0.504	0	0	0.0182	1.1000	1.5e-5
8.80	Argilla limosa plastica	1737	737	0.931	0.403	0	0	0.0185	0.9000	5.7e-6
9.00	Limo argilloso soffice	1737	737	0.946	0.403	0	0	0.0162	0.6000	9.8e-5
9.20	Argilla limosa soffice	1737	737	0.960	0.402	0	0	0.0185	0.9000	1.2e-5
9.40	Limo argilloso soffice	1767	767	0.976	0.501	0	0	0.0148	0.7333	1.9e-4
9.60	Limo argilloso plastico	1780	780	0.991	0.550	0	0	0.0144	0.8000	3.6e-4
9.80	Limo argilloso plastico	1780	780	1.007	0.550	0	0	0.0144	0.8000	1.6e-4
10.00	Limo argilloso plastico	1780	780	1.023	0.549	0	0	0.0144	0.8000	8.1e-5
10.20	Limo argilloso plastico	1792	792	1.038	0.598	0	0	0.0141	0.8667	7.5e-5
10.40	Argilla limosa plastica	1792	792	1.054	0.597	0	0	0.0154	1.3000	3.6e-5
10.60	Limo argilloso plastico	1832	832	1.071	0.796	0	0	0.0145	1.1333	1.0e-4
10.80	Argilla limosa plastica	1823	823	1.087	0.746	0	0	0.0125	1.6000	4.3e-5
11.00	Argilla limosa plastica	1780	780	1.103	0.545	0	0	0.0167	1.2000	3.5e-5
11.20	Limo argilloso soffice	1767	767	1.118	0.494	0	0	0.0148	0.7333	1.9e-4
11.40	Limo argil-sabbioso adde	1803	803	1.134	0.643	0	0	0.0140	0.9333	1.0e-3
11.60	Sabbia argil-limosa adde	1700	700	1.148	0.000	20	15	0.0370	1.2000	1.4e-2
11.80	Limo argilloso plastico	1814	814	1.165	0.692	0	0	0.0140	1.0000	4.4e-4
12.00	Limo argilloso plastico	1814	814	1.181	0.691	0	0	0.0140	1.0000	2.2e-4
12.20	Limo argil-sabbioso adde	1803	803	1.197	0.640	0	0	0.0140	0.9333	2.2e-3
12.40	Limo argilloso plastico	1814	814	1.213	0.689	0	0	0.0140	1.0000	4.4e-4
12.60	Limo argilloso plastico	1803	803	1.229	0.639	0	0	0.0140	0.9333	7.0e-5
12.80	Limo argil-sabbioso adde	1814	814	1.246	0.688	0	0	0.0140	1.0000	7.8e-4
13.00	Limo argilloso plastico	1803	803	1.262	0.637	0	0	0.0140	0.9333	4.9e-4
13.20	Limo argil-sabbioso adde	1814	814	1.278	0.686	0	0	0.0140	1.0000	1.6e-3
13.40	Limo argil-sabbioso adde	1849	849	1.295	0.885	0	0	0.0157	1.2667	2.0e-3
13.60	Limo argil-sabbioso adde	1841	841	1.312	0.834	0	0	0.0150	1.2000	8.0e-4
13.80	Limo argilloso plastico	1832	832	1.328	0.784	0	0	0.0145	1.1333	6.2e-5
14.00	Limo argilloso plastico	1832	832	1.345	0.783	0	0	0.0145	1.1333	1.0e-4
14.20	Limo argilloso plastico	1803	803	1.361	0.632	0	0	0.0140	0.9333	7.0e-5
14.40	Limo argilloso plastico	1803	803	1.377	0.631	0	0	0.0140	0.9333	2.7e-4
14.60	Limo argilloso plastico	1814	814	1.394	0.680	0	0	0.0140	1.0000	1.2e-4
14.80	Limo argil-sabbioso adde	1814	814	1.410	0.680	0	0	0.0140	1.0000	7.8e-4
15.00	Sabbia argilloso-limosa	1650	650	1.423	0.000	19	15	0.0294	1.1333	6.0e-3

RELAZIONE TECNICA

FAENZA-via San Silvestro  
06.04.2005

**CPT4**

Quota livello di falda : 2.00

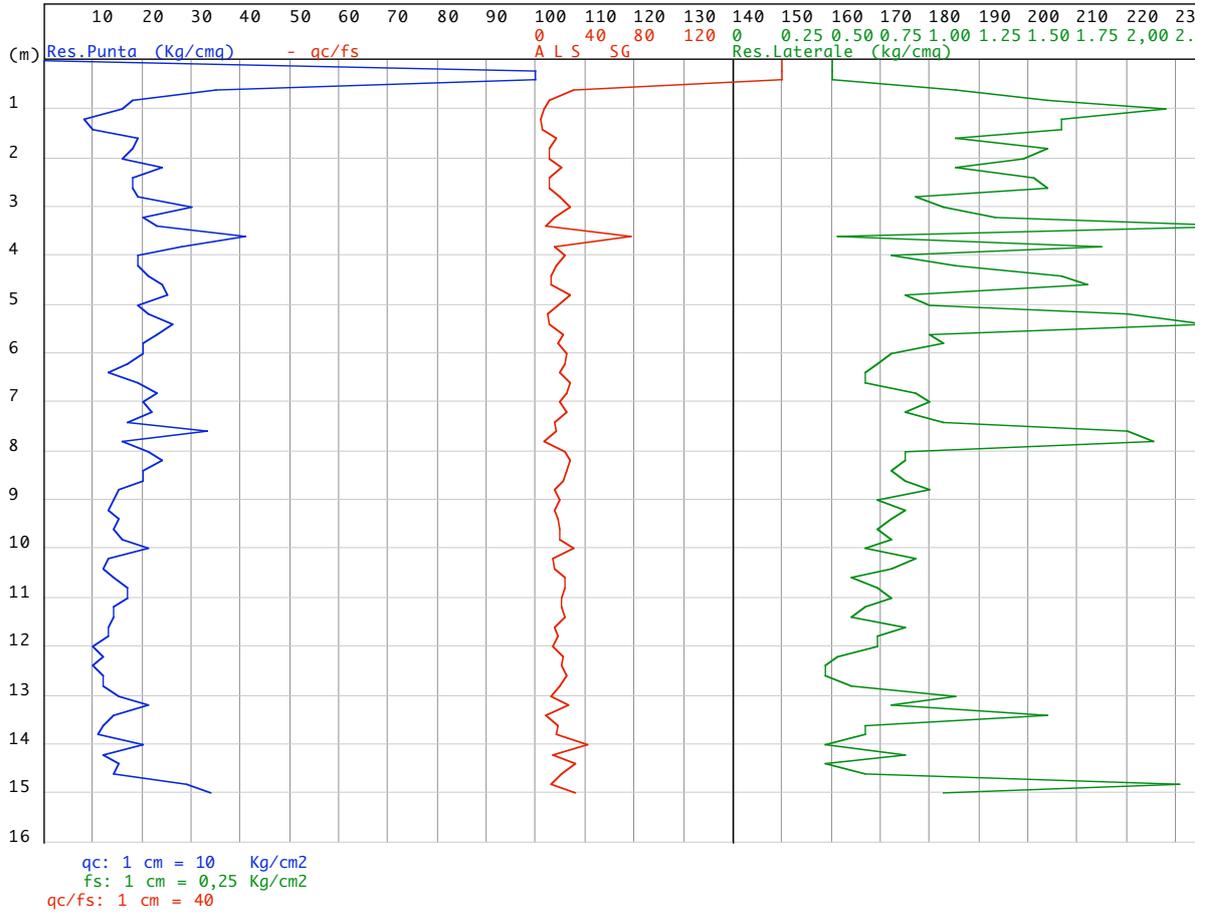
Interpretazione stratigrafia

Prof. Terreno ml	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI í	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec	
0.20	Ghiaia sciolta	1700	1700	0.034	0.000	45	100	0.0025	10.0000	6.6e-1
0.40	Ghiaia sciolta	1700	1700	0.068	0.000	42	100	0.0025	10.0000	6.6e-1
0.60	Ghiaia mediamente addens	1800	1800	0.104	0.000	39	100	0.0033	10.0000	4.9e-1
0.80	Ghiaia sabb. mediamente	1750	1750	0.139	0.000	33	98	0.0081	4.1000	2.1e-1
1.00	Sabbia ghiaiosa media ad	1750	1750	0.174	0.000	32	91	0.0087	3.8500	1.4e-1
1.20	Argilla limosa molto con	1907	1907	0.212	1.389	0	0	0.0071	2.8000	4.8e-5
1.40	Argilla molto consistente	1890	1890	0.250	1.238	0	0	0.0100	2.5000	1.2e-5
1.60	Argilla limosa consistente	1884	1884	0.288	1.186	0	0	0.0083	2.4000	3.9e-5
1.80	Argilla limosa consistente	1884	1884	0.325	1.184	0	0	0.0083	2.4000	2.9e-5
2.00	Argilla limosa consistente	1922	1922	0.364	1.532	0	0	0.0065	3.1000	1.3e-4
2.20	Argilla limosa consistente	1884	884	0.381	1.181	0	0	0.0083	2.4000	2.9e-5
2.40	Argilla limosa consistente	1896	896	0.399	1.280	0	0	0.0077	2.6000	5.6e-5
2.60	Limo argilloso plastico	1864	864	0.417	1.029	0	0	0.0159	1.4000	4.9e-4

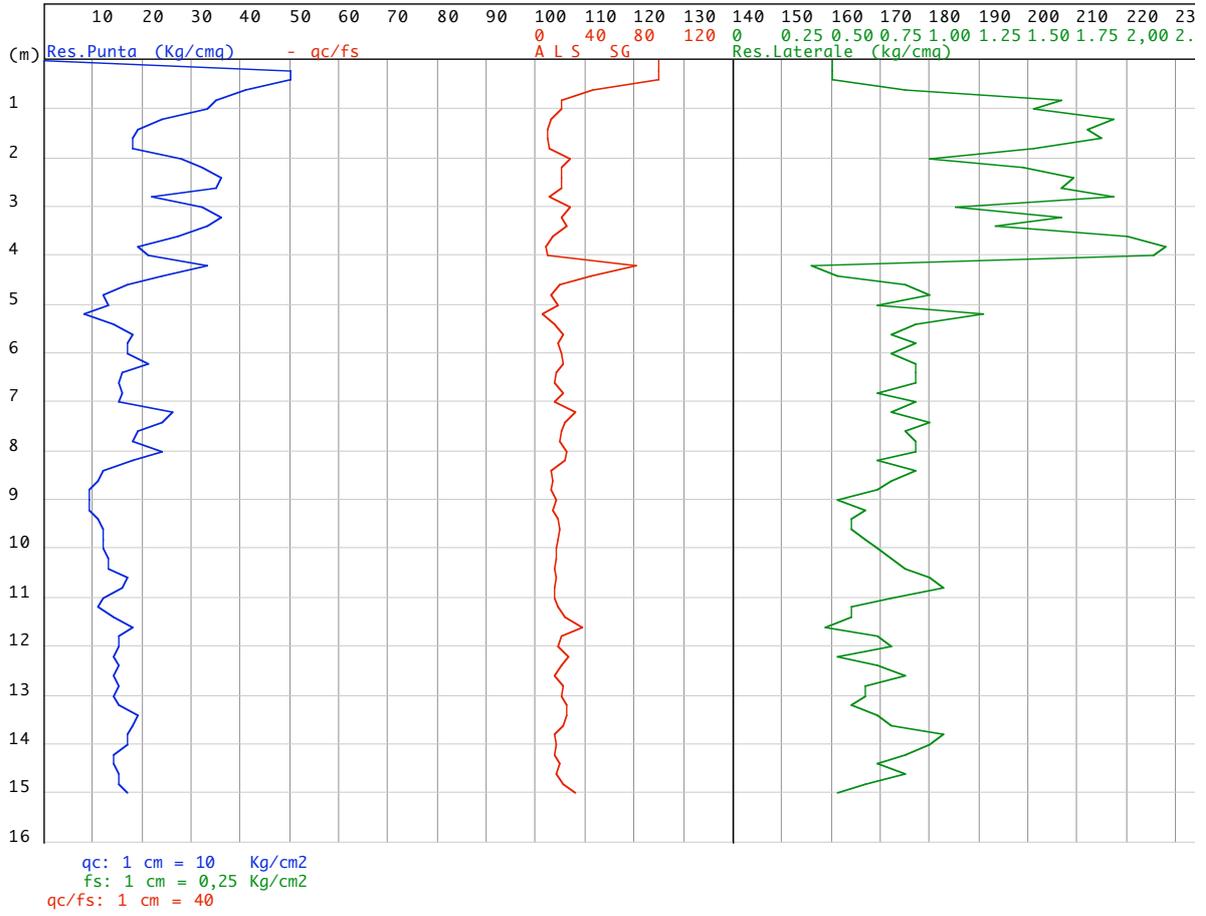
2.80	Limo argilloso consisten	1890	890	0.434	1.228	0	0	0.0133	1.6667	8.1e-5
3.00	Limo argilloso consisten	1912	912	0.453	1.427	0	0	0.0115	1.9333	2.7e-4
3.20	Limo argilloso consisten	1890	890	0.470	1.226	0	0	0.0133	1.6667	1.6e-4
3.40	Limo argilloso plastico	1849	849	0.487	0.926	0	0	0.0157	1.2667	2.4e-4
3.60	Limo argil-sabbioso adde	1896	896	0.505	1.275	0	0	0.0128	1.7333	1.3e-3
3.80	Limo argilloso plastico	1792	792	0.521	0.624	0	0	0.0141	0.8667	1.5e-4
4.00	Limo argil-sabbioso adde	1823	823	0.538	0.773	0	0	0.0142	1.0667	1.2e-3
4.20	Limo argil-sabbioso adde	1871	871	0.555	1.072	0	0	0.0152	1.4667	6.8e-4
4.40	Argilla torbosa plastica	1737	737	0.570	0.422	0	0	0.0185	0.9000	4.5e-7
4.60	Argilla limosa plastica	1753	753	0.585	0.471	0	0	0.0182	1.0000	3.2e-6
4.80	Argilla limosa plastica	1767	767	0.600	0.520	0	0	0.0182	1.1000	1.5e-5
5.00	Sabbia sciolta	1700	700	0.614	0.000	23	37	0.0156	1.6000	8.9e-2
5.20	Limo argilloso consisten	1912	912	0.632	1.418	0	0	0.0115	1.9333	1.1e-4
5.40	Argilla limosa plastica	1803	803	0.649	0.668	0	0	0.0143	1.4000	5.7e-6
5.60	Limo argilloso soffice	1753	753	0.664	0.467	0	0	0.0154	0.6667	8.7e-5
5.80	Limo argilloso soffice	1753	753	0.679	0.466	0	0	0.0154	0.6667	5.4e-4
6.00	Limo argilloso soffice	1753	753	0.694	0.465	0	0	0.0154	0.6667	5.4e-4
6.20	Argilla torbosa plastica	1650	650	0.707	0.215	0	0	0.0250	0.5000	7.0e-8
6.40	Limo argilloso soffice	1737	737	0.721	0.414	0	0	0.0162	0.6000	2.5e-4
6.60	Argilla limosa soffice	1700	700	0.735	0.313	0	0	0.0204	0.7000	9.6e-6
6.80	Limo argilloso soffice	1720	720	0.750	0.363	0	0	0.0174	0.5333	9.7e-5
7.00	Argilla soffice	1700	700	0.764	0.312	0	0	0.0204	0.7000	1.2e-6
7.20	Sabbia lim. molto compre	1600	600	0.776	0.000	21	15	0.0118	1.7000	2.8e-1
7.40	Limo argilloso soffice	1767	767	0.791	0.510	0	0	0.0148	0.7333	1.9e-4
7.60	Argilla limosa plastica	1780	780	0.807	0.560	0	0	0.0167	1.2000	3.1e-6
7.80	Limo argilloso plastico	1803	803	0.823	0.659	0	0	0.0140	0.9333	7.0e-5
8.00	Limo argilloso plastico	1814	814	0.839	0.708	0	0	0.0140	1.0000	7.1e-5
8.20	Argilla limosa plastica	1753	753	0.854	0.457	0	0	0.0182	1.0000	1.5e-5
8.40	Limo argilloso soffice	1737	737	0.869	0.407	0	0	0.0162	0.6000	9.8e-5
8.60	Argilla limosa soffice	1720	720	0.883	0.356	0	0	0.0192	0.8000	3.3e-5
8.80	Limo argilloso soffice	1753	753	0.898	0.455	0	0	0.0154	0.6667	5.4e-4
9.00	Limo argilloso soffice	1753	753	0.913	0.454	0	0	0.0154	0.6667	2.3e-4
9.20	Limo argilloso soffice	1720	720	0.928	0.354	0	0	0.0174	0.5333	9.7e-5
9.40	Argilla torbosa plastica	1650	650	0.941	0.203	0	0	0.0250	0.5000	7.0e-8
9.60	Argilla limosa soffice	1677	677	0.954	0.252	0	0	0.0222	0.6000	6.4e-6
9.80	Limo argil-sabbioso scio	1720	720	0.969	0.352	0	0	0.0174	0.5333	1.3e-3
10.00	Limo argilloso soffice	1720	720	0.983	0.351	0	0	0.0174	0.5333	3.4e-4
10.20	Limo argilloso soffice	1737	737	0.998	0.400	0	0	0.0162	0.6000	2.5e-4
10.40	Limo argil-sabbioso scio	1767	767	1.013	0.499	0	0	0.0148	0.7333	2.7e-3
10.60	Limo argilloso soffice	1720	720	1.028	0.349	0	0	0.0174	0.5333	9.7e-5
10.80	Limo argil-sabbioso scio	1737	737	1.042	0.398	0	0	0.0162	0.6000	7.8e-4
11.00	Argilla limosa soffice	1700	700	1.056	0.297	0	0	0.0204	0.7000	2.9e-5
11.20	Argilla soffice	1700	700	1.070	0.296	0	0	0.0204	0.7000	1.2e-6
11.40	Limo argilloso soffice	1720	720	1.085	0.346	0	0	0.0174	0.5333	3.4e-4
11.60	Argilla limosa soffice	1720	720	1.099	0.345	0	0	0.0192	0.8000	1.1e-5
11.80	Limo argilloso soffice	1720	720	1.114	0.344	0	0	0.0174	0.5333	3.4e-4
12.00	Limo argilloso plastico	1767	767	1.129	0.494	0	0	0.0148	0.7333	7.9e-5
12.20	Argilla limosa soffice	1720	720	1.143	0.343	0	0	0.0192	0.8000	3.3e-5
12.40	Argilla limosa plastica	1737	737	1.158	0.392	0	0	0.0185	0.9000	2.6e-6
12.60	Limo argilloso plastico	1792	792	1.174	0.591	0	0	0.0141	0.8667	2.9e-4
12.80	Argilla limosa soffice	1737	737	1.189	0.391	0	0	0.0185	0.9000	1.2e-5
13.00	Limo argilloso soffice	1753	753	1.204	0.440	0	0	0.0154	0.6667	8.7e-5
13.20	Limo argilloso soffice	1737	737	1.219	0.389	0	0	0.0162	0.6000	9.8e-5
13.40	Argilla limosa soffice	1700	700	1.233	0.288	0	0	0.0204	0.7000	2.9e-5
13.60	Limo argilloso soffice	1720	720	1.247	0.338	0	0	0.0174	0.5333	3.4e-4
13.80	Argilla limosa plastica	1767	767	1.262	0.487	0	0	0.0182	1.1000	4.1e-6
14.00	Argilla limosa soffice	1753	753	1.277	0.436	0	0	0.0182	1.0000	3.1e-5
14.20	Argilla limosa plastica	1753	753	1.292	0.435	0	0	0.0182	1.0000	6.6e-6
14.40	Argilla torbosa plastica	1700	700	1.306	0.285	0	0	0.0204	0.7000	3.4e-7
14.60	Argilla limosa plastica	1737	737	1.321	0.384	0	0	0.0185	0.9000	2.6e-6
14.80	Argilla plastica	1737	737	1.336	0.383	0	0	0.0185	0.9000	1.3e-6
15.00	Sabbia argil-limosa adde	1700	700	1.350	0.000	20	15	0.0278	1.6000	1.6e-2
15.20	Argilla torbosa plastica	1720	720	1.364	0.332	0	0	0.0192	0.8000	3.8e-7
15.40	Argilla limosa plastica	1753	753	1.379	0.431	0	0	0.0182	1.0000	1.5e-5
15.60	Argilla limosa soffice	1753	753	1.394	0.430	0	0	0.0182	1.0000	3.1e-5
15.80	Limo argilloso soffice	1753	753	1.409	0.430	0	0	0.0154	0.6667	2.3e-4
16.00	Limo argilloso soffice	1767	767	1.425	0.479	0	0	0.0148	0.7333	1.9e-4
16.20	Limo argilloso soffice	1737	737	1.440	0.378	0	0	0.0162	0.6000	9.8e-5
16.40	Argilla limosa soffice	1720	720	1.454	0.327	0	0	0.0192	0.8000	3.3e-5
16.60	Limo argilloso plastico	1767	767	1.469	0.477	0	0	0.0148	0.7333	7.9e-5
16.80	Sabbia argilloso-limosa	1650	650	1.482	0.000	19	15	0.0312	1.0667	8.0e-3

17.00	Ghiaia sciolta	1700	700	1.496	0.000	21	29	0.0122	2.0500	3.4e-1
17.20	Argilla torbosa consiste	1792	792	1.512	0.574	0	0	0.0154	1.3000	6.2e-6
17.40	Limo argil-sabbioso scio	1803	803	1.528	0.624	0	0	0.0140	0.9333	4.3e-3
17.60	Limo argil-sabbioso adde	1780	780	1.544	0.523	0	0	0.0144	0.8000	8.4e-4
17.80	Limo argil-sabbioso adde	1823	823	1.560	0.722	0	0	0.0142	1.0667	2.3e-3
18.00	Limo argilloso plastico	1857	857	1.577	0.921	0	0	0.0167	1.3333	2.1e-4
18.20	Limo argil-sabbioso adde	1823	823	1.594	0.720	0	0	0.0142	1.0667	6.8e-4
18.40	Limo argil-sabbioso adde	1832	832	1.611	0.769	0	0	0.0145	1.1333	1.7e-3
18.60	Torba	1823	823	1.627	0.719	0	0	0.0125	3.2000	INF
18.80	Terreni duri	2000	1000	1.647	0.000	25	70	0.0071	3.5250	1.2e-2
19.00	Terreni duri	2000	1000	1.667	0.000	26	77	0.0058	4.3000	3.2e-4
19.20	Torba	1974	974	1.687	2.116	0	0	0.0045	8.8000	INF
19.40	Terreni duri	2000	1000	1.707	0.000	24	56	0.0104	2.4000	3.1e+23
19.60	Terreni duri	2000	1000	1.727	0.000	27	89	0.0040	6.3000	5.8e-4
19.80	Terreni duri	2000	1000	1.747	0.000	28	99	0.0030	8.4000	1.0e-3

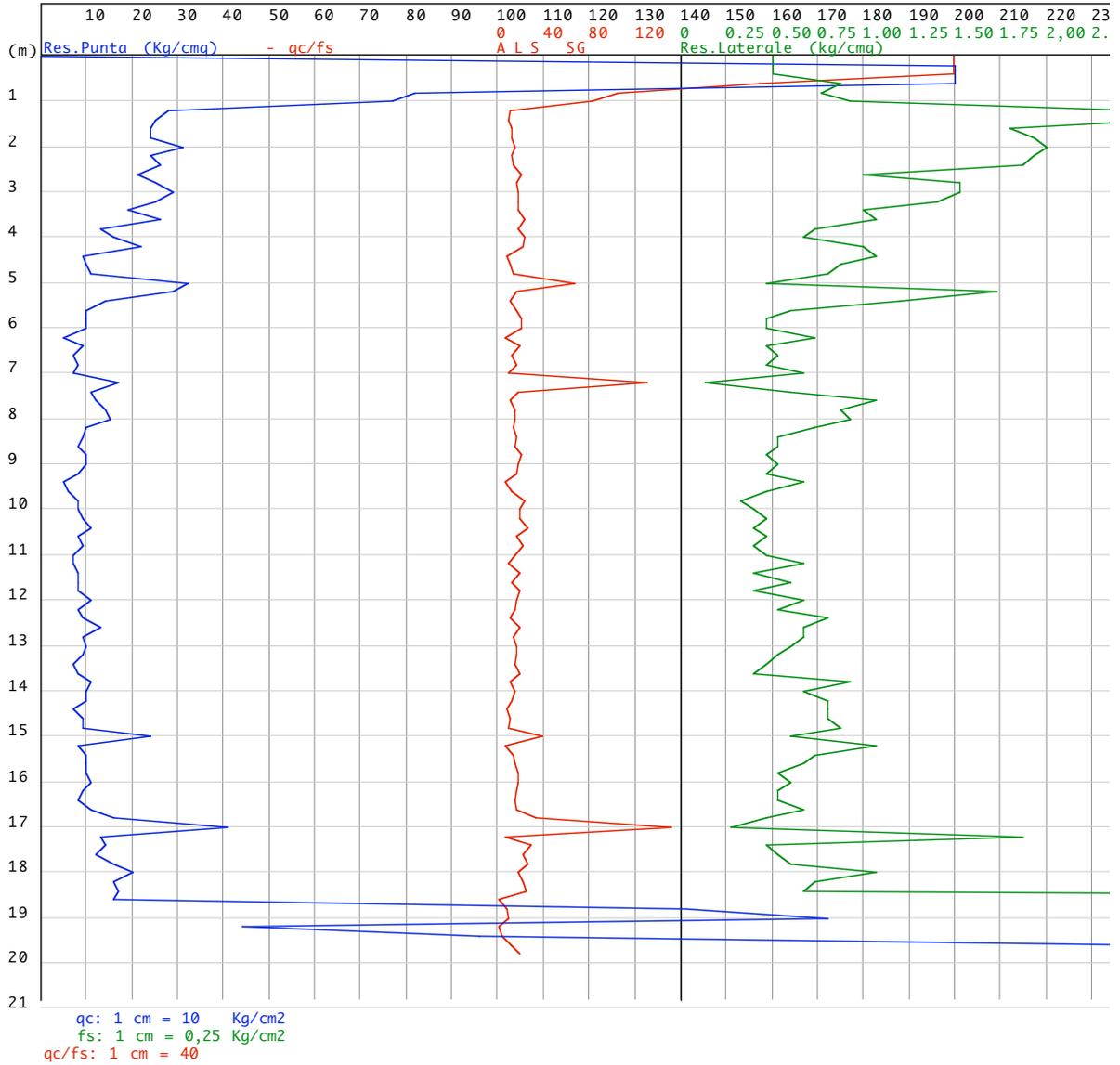
FAENZA-via San Silvestro  
05.04.2005  
CPT2



FAENZA-via San Silvestro  
05.04.2005  
CPT3



FAENZA-via San Silvestro  
06.04.2005  
CPT4



Dott. Geol. Giampaolo Guarnieri - studio di geologia  
 via M. D'Azeglio, 9 - 48022 LUGO (RA)  
 tel./fax 0545 30390 - cell. 333 2976031 - email gpguar@tiscali.it

COMMITTENTE CLAI sca - Sasso Morelli (BO)					
CANTIERE via San Silvestro		COMUNE Faenza	PROV. RA		
SONDAGGIO N. S1	QUOTA p.c. 24,3 m slm	DATA 24/04/20	FALDA 1,6 m dal p.c.		
Prof. (m)	descrizione	campioni	SPT	VT-P.P.	
0,5	terreno di alterazione superficiale a matrice argilloso-limosa, colore bruno scuro con isolati frammenti di laterizio (mm/cm)				
1	limo argilloso di colore nocciola, poco plastico Da -1m aumenta la plasticità	<b>C1</b> (0,7/1,4 m)			
1,7					
2	argilla limosa, leggermente plas colore nocciola				
2,5					
3	limo argilloso-sabbioso poco compatto				
3,8	argilla limoso-sabbiosa, consist colore nocciola				
4	argilla limosa, media compattezza colore nocciola				
4,5					
5	limi argilloso-sabbiosi poco consistenti, colore nocciola				



**Dott. Geol. Giampaolo Guarnieri - studio di geologia**  
 via M. D'Azeglio n° 9 - 48022 LUGO (RA) - tel./fax. 0545/30390

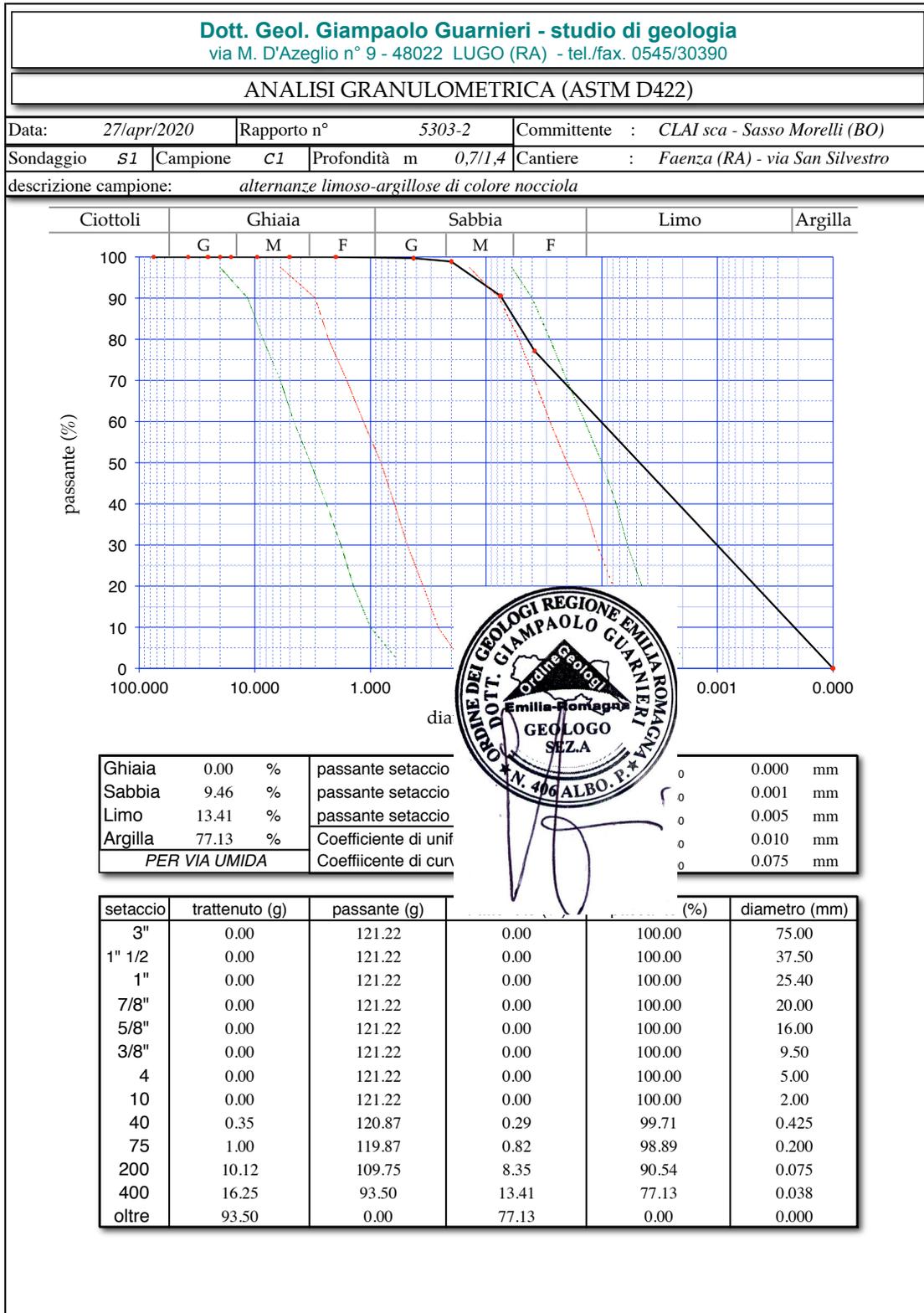
**CARATTERISTICHE FISICHE - NATURALI (ASTM D2216-UNI CEN ISO / TS 17892-2)**

Data	27/apr/2020	Rapporto n°	5303-1	Committente	CLAI sca - Sasso Morelli (BO)
Sondaggio	SI	Campione	CI	Cantiere	Faenza (RA) - via San Silvestro
Profondità	m 0,7/1,4	descrizione campione	alternanze limoso-argillose di colore nocciola		

fustella n°	tara (g)	volume (cmc)	peso w (g)	peso s (g)
47	98.60	46.815	185.3	170.6
59	98.90	47.045	189.7	174.3

CONTENUTO D'ACQUA	W	(%)	20.43
DENSITA' UMIDA	$\gamma$	(g/cm <sup>3</sup> )	1.89
DENSITA' SECCA	$\gamma_s$	(g/cm <sup>3</sup> )	1.54
PESO SPECIFICO	G	(g/cm <sup>3</sup> )	
POROSITA'	n		
INDICE DEI VUOTI	e	(%)	





<b>Dott. Geol. Giampaolo Guarnieri - studio di geologia</b> via M D'Azeglio n° 9 - 48022 LUGO (RA) - tel./fax. 0545/30390			
<b>CALCOLO dei LIMITI di ATTERBERG - ASTM D4318</b>			
Data	27/apr/2020	Rapporto n. 5303-3	Committente CLAI sca - Sasso Morelli (BO)
Sond.	S1	Camp. C1	Cantiere Faenza (RA) - via San Silvestro
Profondità m	0,7/1,4	descrizione campione alternanze limoso-argillose di colore nocciola	

**limite PLASTICO**

capsula	tara	peso w	peso s	w%
10	2.60	9.00	7.72	25.00
32	2.66	9.21	7.87	25.72

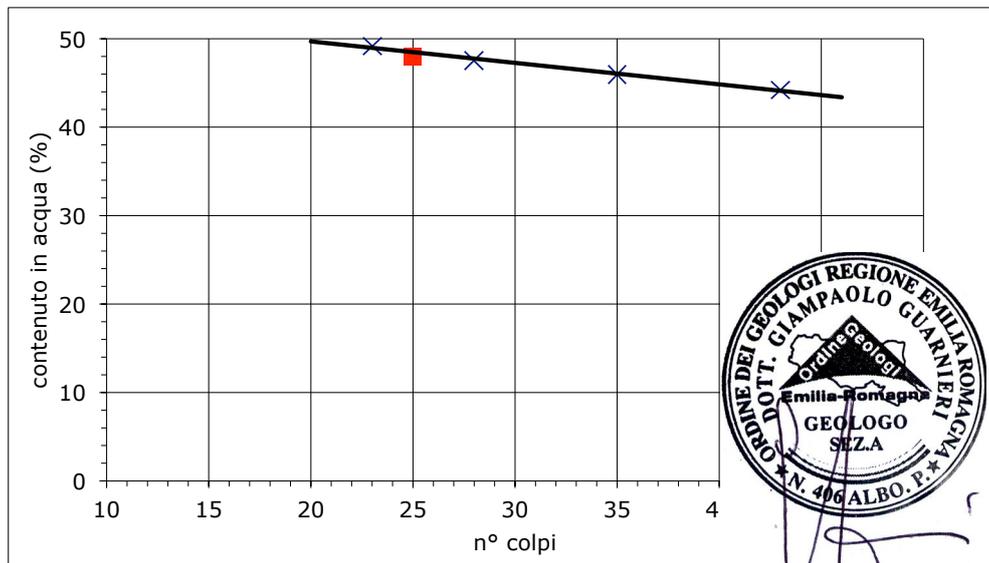
**limite plastico (Wp) 25.36**

**limite LIQUIDO**

capsula	tara	peso w	peso s	n° colpi	w%	Wl
35	2.51	20.06	14.68	43	44.21	47.21%
38	2.60	20.41	14.80	35	45.98	47.89%
39	2.70	19.52	14.10	28	47.54	48.20%
13	31.54	53.6	46.33	23	49.15	48.66%

**limite liquido (Wl) 47.99**

**indice plastico (Ip) 22.63**



# ALLEGATO 1

---

## INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

LOCALITÀ: Via San Silvestro

COMUNE DI FAENZA

PROVINCIA DI RAVENNA



La richiesta profondità nella prospezione ha portato alla scelta della tecnica di analisi del microtremore sismico ambientale.

E' ormai accettato che la tecnica, nella sua formulazione classica, detta anche HVSR, è in grado di individuare la frequenza di risonanza dei terreni sciolti sovrastanti un basamento roccioso e permette di risalire, da questa, alla profondità del contatto (Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Castellaro et al. 2005) tramite una stima della velocità di propagazione delle onde acustiche nei mezzi attraversati.

Uno studio diverso dello stesso segnale permette inoltre di restituire una stratigrafia sismica. Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il prodotto tra velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Tutte le registrazioni dei microtremori sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO, progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Si tratta di un apparecchio portatile tutto-in-uno di 10 x 7 x 14 cm e 1 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V.

Si è effettuata una registrazione di rumore sismico ambientale della durata di 20'.



Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:

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

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

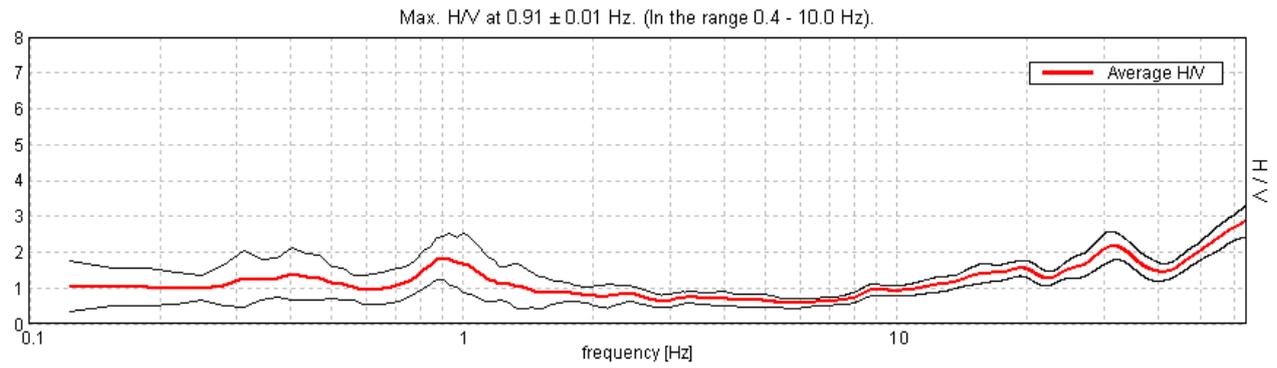


Fig:RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

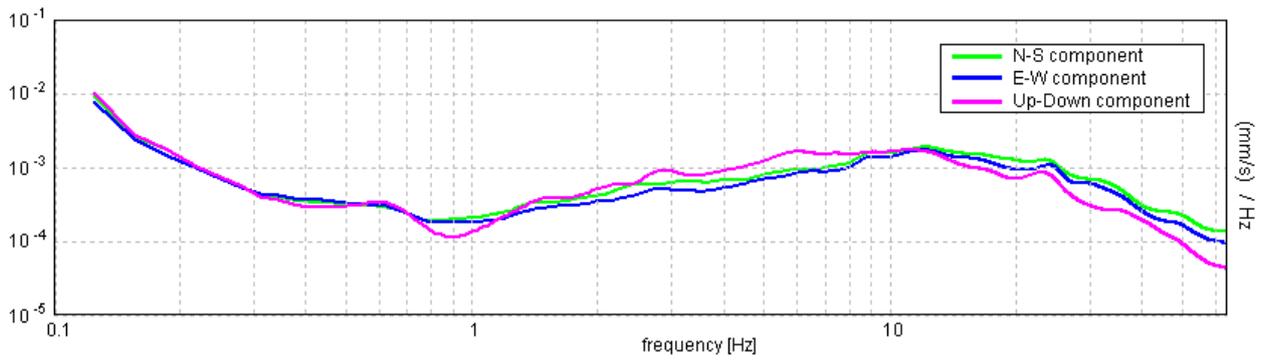


Fig: SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

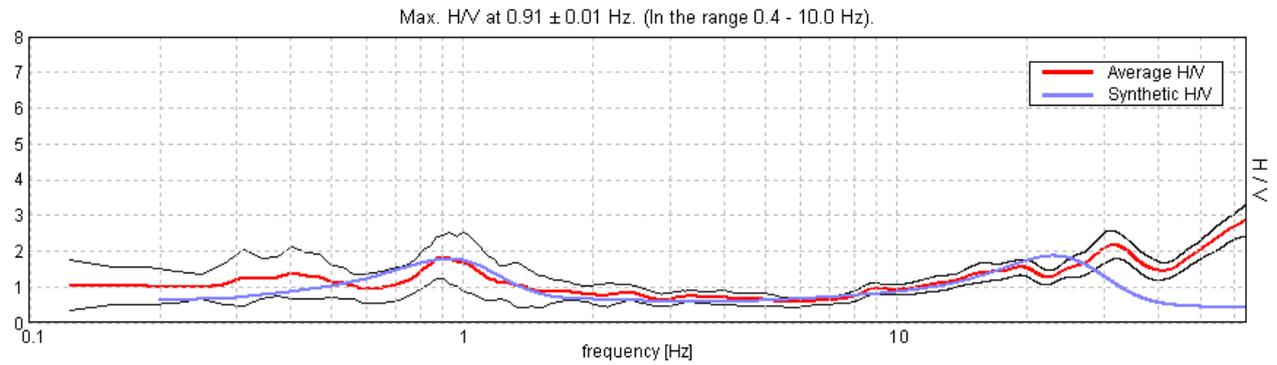
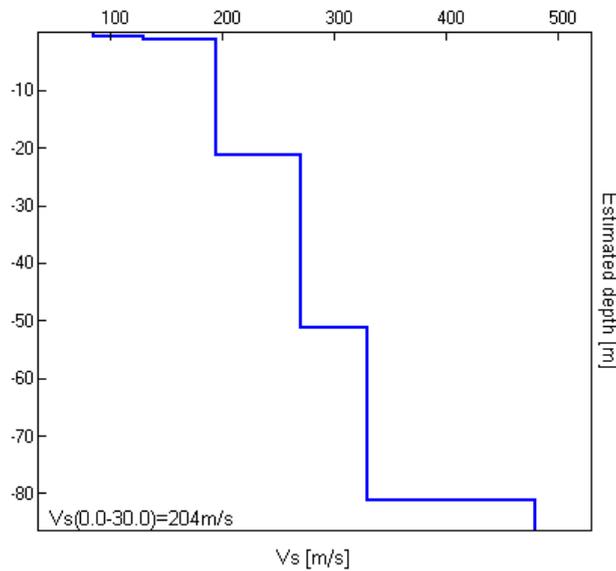


Fig:CONFRONTO TRA CURVA H/V SPERIMENTALE (media in rosso, intervallo di confidenza al 95% in nero) e teorica (blu).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	85	0.35
1.30	0.70	130	0.35
21.30	20.00	195	0.35
51.30	30.00	270	0.35
81.30	30.00	330	0.35
inf.	inf.	480	0.35

La velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno viene calcolata con la seguente formulazione:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

dove  $h_i$  e  $Vs_i$  sono spessori e velocità dei singoli strati. In questo sito si ottiene  $Vs_{30} = 204 \text{ m/s}$ .

La categoria di suolo di fondazione secondo l'OPCM 3274 e il DM 14/09/2005 e successive modifiche è C.

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30 (m/sec)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $Vs_{30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m	>800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $Vs_{30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)	360-800 ( $N_{spt} > 50$ ) ( $Cu > 250 \text{ KPa}$ )
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $Vs_{30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)	180-360 ( $15 < N_{spt} < 50$ ) $70 < Cu < 250 \text{ KPa}$ )
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $Vs_{30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)	<180 ( $N_{spt} < 15$ ) ( $Cu < 70 \text{ KPa}$ )
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $Vs_{30} > 800 \text{ m/s}$ )	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $Vs_{30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u30} < 20 \text{ kPa}$ ), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	<100 ( $10 < Cu < 20 \text{ Kpa}$ )
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti	

L'area presenta una frequenza fondamentale di risonanza a  $0.91 \pm 0.01 \text{ Hz}$ .

**Picco H/V a  $0.91 \pm 0.01$  Hz (nell'intervallo 0.4 - 10.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.91 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$888.1 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 44	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	1.469 Hz	<b>OK</b>	
<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>	$1.84 > 2$		<b>NO</b>
<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>	$ 0.00445  < 0.05$	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></b>	$0.00403 < 0.13594$	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)</math></b>	$0.2966 < 2.0$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20