

# Relazione Geologica

Tecnica

www.lorenzodaini.it

Titolo

## Zona direzionale commerciale comparto F13 Via degli inventori - Comune di Carpi (Mo)

In conformità al D.M 14/01/2008 ed alla normativa antisismica 3274/2003 e successive varianti ed alla Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n.19 "Norme per la riduzione del rischio sismico" CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617 D.M. 14.09.2005 D.G.R. n° 1677/2005, DM del 17/01/2018 del 22.03.2018.

Committente

Sig.a Rustichelli Antonietta

Provincia - Comune

Provincia di Modena

Comune di Carpi

Albo Geologi Emilia Romagna N° 1080

Dott. Geol. Lorenzo Daini  
via San Francesco d'Assisi 5  
43015 Noceto Parma  
tel. 0521 620200  
cell. 392 9867918  
loresoftd@gmail.com



# Premessa

La presente relazione è redatta ai sensi del D.M. 11/3/88 e Circ. LL.PP. 24/9/88 e del nuovo DM del 17/01/2018 del 22.03.2018 e della normativa antisismica 3274/2003 e relative varianti su commissione della Sig.ra Rustichelli Antonietta. Essa ha per oggetto la caratterizzazione geologica e geotecnica di un terreno sito in via degli inventori e più precisamente del comparto F13 ZONA DIREZIONALE COMMERCIALE DI TIPO F (ART. 61) nel Comune di Carpi (Modena).

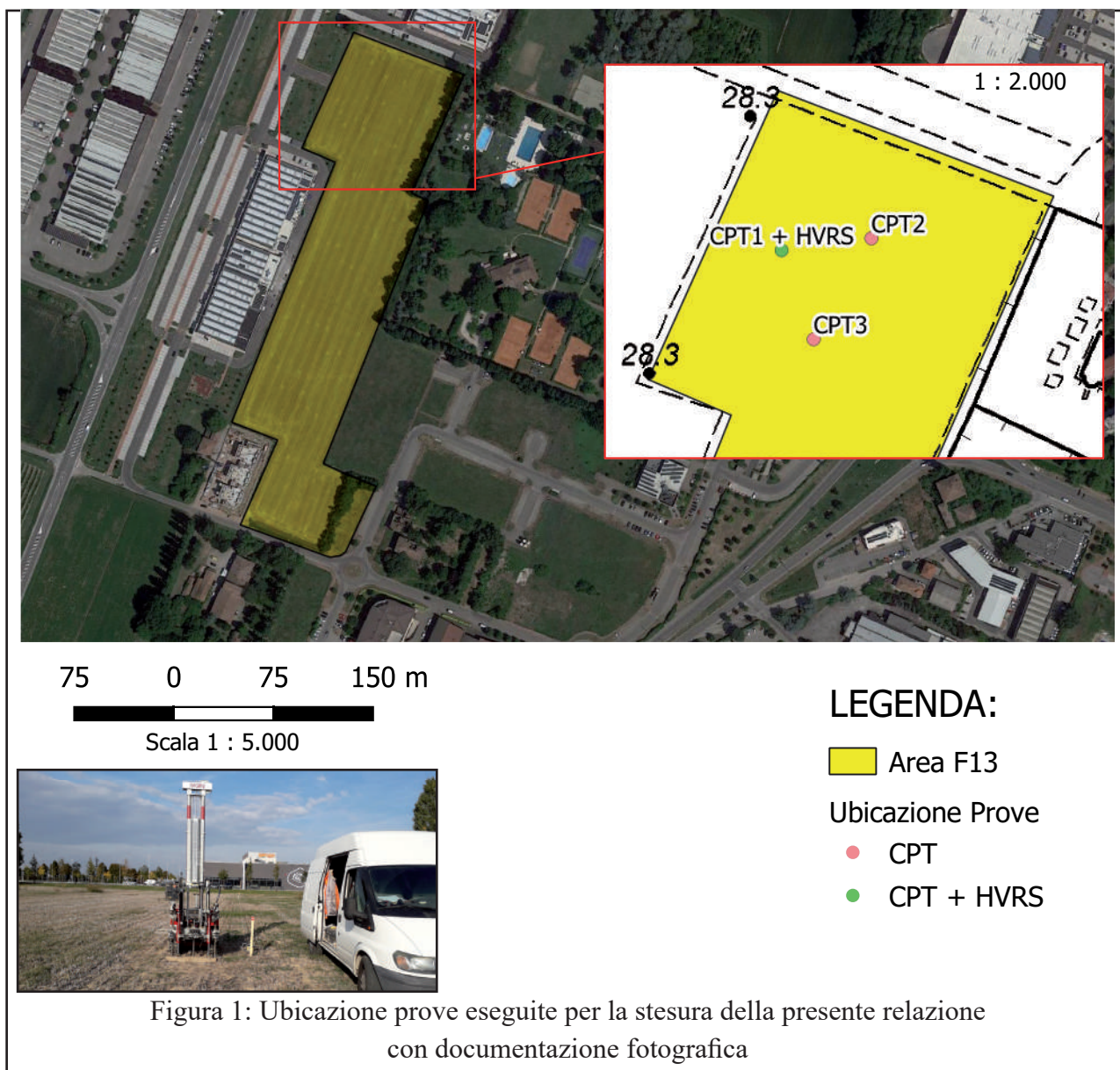
Nell'area in studio, e più precisamente dove sono state eseguite le prove penetrometriche statiche, verrà edificato un albergo. Al momento della

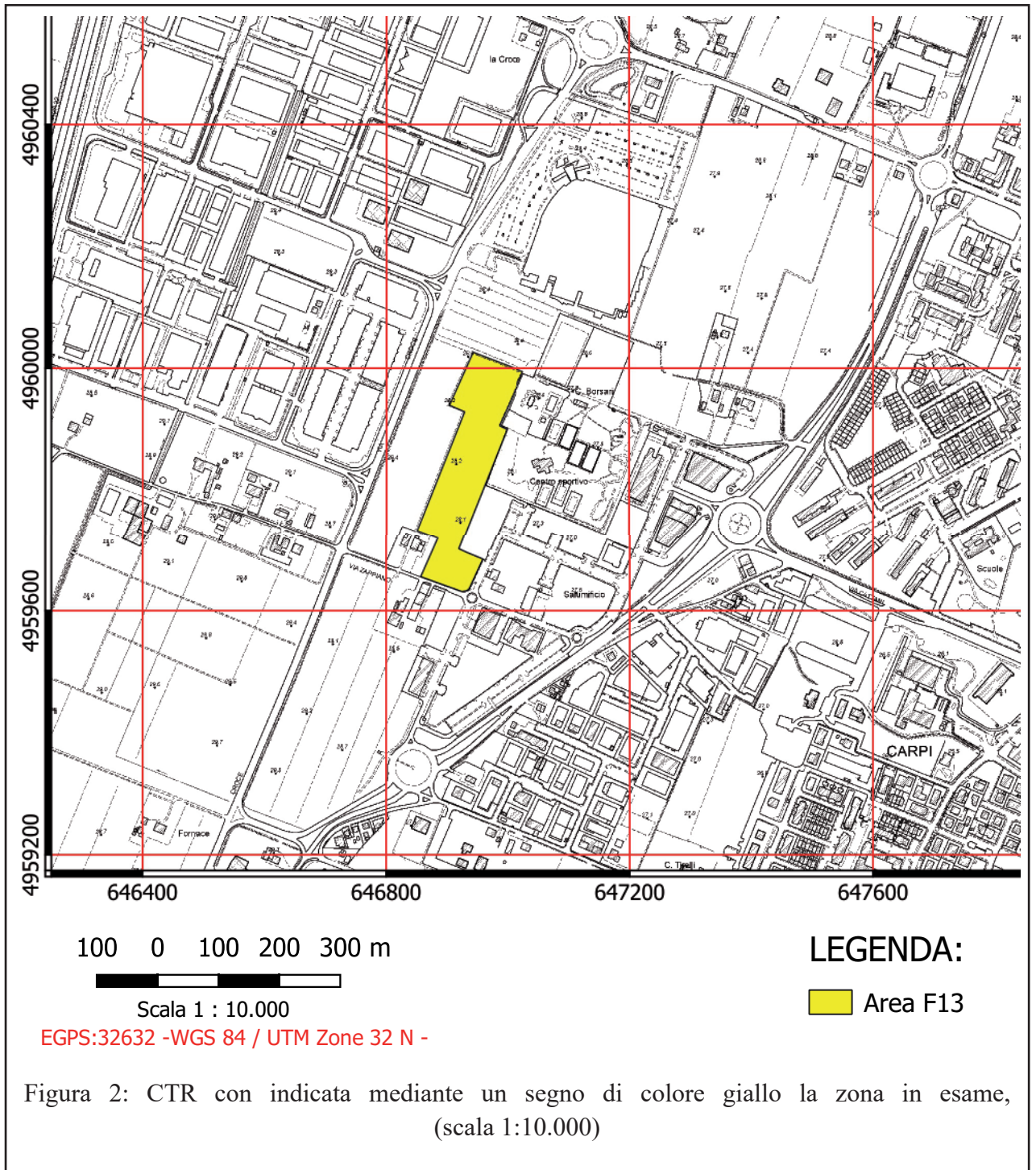
stesura della presente non si è a conoscenza del progetto dell'albergo stesso, pertanto non si conoscono ancora i carichi che saranno applicati al terreno da fabbricato, si sa solamente che avrà una superficie di 2000 m<sup>2</sup>.

La presente è stata redatta anche in conformità dell'ordinanza n. 70 del 13/11/2012.

La relazione descrive preliminarmente le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del sito d'intervento e del suo intorno significativo e rappresentativo. Definisce poi, in linea di massima, le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni interessati dallo studio.

Allo scopo di redigere la presente, è stato eseguito un rilevamento di superficie ed è stata condotta una indagine geognostica con esecuzione di n°3 prove penetrometriche statiche (CPT) spinte





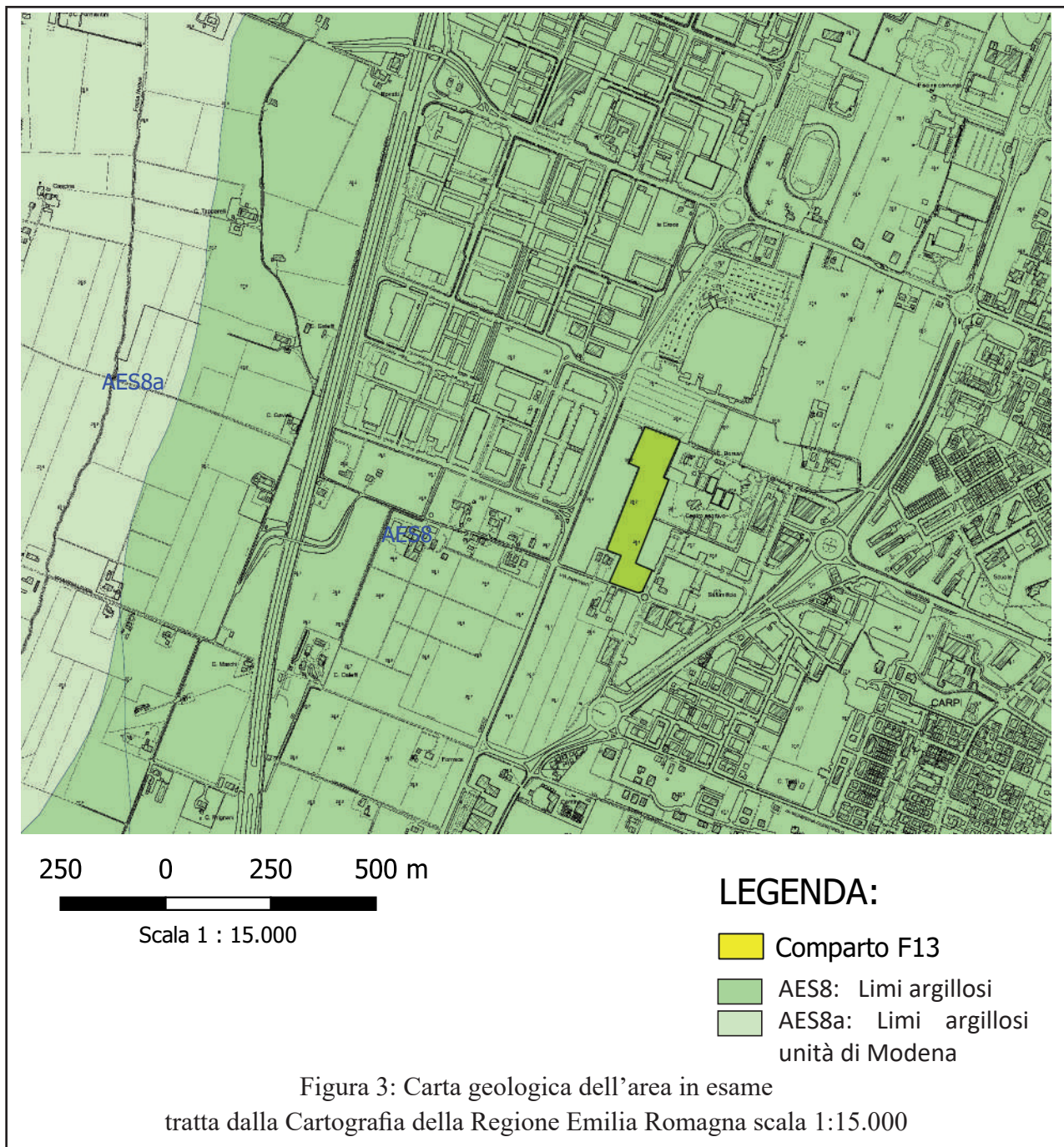
alla profondità di 10,00 m e 15,00 m da piano campagna (p.c).

In ottemperanza alla nuova normativa antisismica 3274/03 è stata condotta in situ una prova sisimca (n°1) mediante il metodo dei microtremori al fine di determinare la velocità delle onde sismiche nei primi 30 m di profondità ( $V_{s_{30}}$ ), e di rilevarne la frequenza di risonanza del terreno.

In figura n° 1 è possibile vedere l'area in esame e l'ubicazione delle prove condotte in sito. in particolare si evidenzia che le prove sono state

concentrate nel punto dove presumibilmente verrà edificato un albergo.

Si fa presente che l'area perimetrata nelle carte come Comparto F13 ha titolo indicativo e non esaustivo. Per la corretta individuazione del terreno in studio si faccia riferimento al catastale riportato nel paragrafo §A1.1.



## A.1 Geologia

### A.1.1. Inquadramento geografico

La zona oggetto di studio è ubicata presso la zona industriale posta a sud ovest dell'abitato cittadino di Carpi (Modena). Le coordinate geografiche del centro del comparto F13 sono rispettivamente: 44,776604° di latitudine e 10,8569° di longitudine ( coordinate WGS 84 Grado decimale ED 50). Coordinate WGS 84 UTM - 32N 646921.5 4959811.6.

Il Terreno è posto ad una quota sul livello del mare pari a 28 m. In figura 2 è possibile vedere uno stralcio della CTR scala 1:10.000 nel quale è evidenziata l'area in esame mediante un retino di colore giallo.

Considerando il catastale depositato presso il Comune di Carpi il terreno si trova nel Foglio 134 Particelle n° 133 e 134.

### A.1.2. Morfologia ed idrografia

La zona oggetto di indagine è ubicata in una zona pianeggiante, in sponda destra rispetto al Cavo Tresinaro (coso d'acqua antropizzato) distante

circa 1700 m in direzione ovest; sempre a ovest troviamo il Canale Fossa Nuova, a sud è presente il canale Santa Croce. I corsi d'acqua hanno tutti caratteri antropici, in questa zona si presentano arginati artificialmente e largamente utilizzati a livello agricolo; molti di questi canali sono a tratti tombati per esigenze di viabilità. Viste le altimetrie relative dei corsi d'acqua confrontati anche con quelli del terreno si può affermare che l'area è potenzialmente soggetta a fenomeni di esondazione mitigati però dalla presenza di arginazioni artificiali.

In allegato 4.1 è possibile vedere la carta del *Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica TAVOLA 2.3.1.*

La morfologia dell'area è quella tipica della Pianura Alluvionale. Geomorfologicamente parlando, la configurazione del territorio è stata determinata dai processi deposizionali fluvio torrentizi che hanno agito in un quadro morfologico evolutivo caratterizzato dal migrare dei corsi d'acqua i quali attraverso movimenti pendolari si sono spostati da est ad ovest e da nord a sud determinando quindi la morfologia pianeggiante visibile oggi. In funzione di questa conformazione non esistono problemi di stabilità. Si definiscono già le condizioni topografiche dell'area, queste sono riconducibili ad una configurazione superficiale semplice che si può quindi definire come T1, secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM del 17/01/2018 del 22.03.2018).

*T1= Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .*

### A.1.3. Geologia litologia

L'area in esame è individuabile nel settore centrale del bacino subsidente Padano, costituito da una depressione a stile compressivo colmata da depositi continentali di natura alluvionale. Il bacino Padano viene considerato subsidente in quanto sono documentati, dall'Olocene, fenomeni di ribassamento di tutta l'area Padana occidentale (Bartolini et alii 1982). Questa subsidenza si verifica con un lento costipamento del sottosuolo che procura un abbassamento

della superficie topografica, innescabile sia per cause naturali che per cause artificiali. Le subsidenze di origine naturale sono imputabili agli apporti terrigeni di tipo alluvionale che provocano un aumento delle pressioni efficaci nei livelli cedevoli del sottosuolo. Per quanto riguarda le subsidenze dovute a cause artificiali (emungimento di acque da pozzi, variazioni di consistenza dello stato dei terreni, per effetto delle alterazioni indotte da scavi più o meno profondi ed assorbimento d'acqua da parte degli apparati radicali delle piante) esse sono in genere pericolose per le opere antropiche, in quanto non essendo generalizzate, possono indurre delle differenziazioni sensibili nel comportamento dei terreni, anche nel ristretto ambito di un semplice manufatto. L'area studiata è ubicata nella Bassa Pianura in una zona caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali nella porzione più superficiale deposti dagli affluenti del Po Secchia e Panaro che negli ultimi 4.000 – 5.000 anni con le loro divagazioni insieme ovviamente ai movimenti tettonici ed ai fenomeni di subsidenza sopra descritti, hanno determinato l'attuale assetto geologico - morfologico del territorio. L'area in esame presenta una litologia appartenente secondo la nuova cartografia della Regione Emilia Romagna al Subsistema di Ravenna - AES8, caratterizzato da *limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in contesti di piana inondabile.* (Pleistocene sup. - Olocene)

In figura 3 a pagina 4 è possibile vedere uno stralcio della carta Geologica dell'area indagata con indicato in giallo l'area oggetto di studio.

## B.1 Geotecnica

### B.1.1 Metodologia adottata

Come menzionato precedentemente si sono eseguite n°3 (tre) prove penetrometriche statiche CPT spinte ad una profondità di 10,00 m e 15,00 m da Piano Campagna (p.c.).

La scelta dei punti di indagine è stata eseguita in modo da poter caratterizzare correttamente

tutta l'area in studio, e concordate con l'arch. Gianluca Montanari.

In figura 1 (a pagina 2) è possibile vedere l'ubicazione delle prove condotte in sito. Nell'allegato 1 troviamo tutti i parametri geotecnici e la stratigrafia di dettaglio alle prove condotte.

### B.1.2 Stratigrafia e modello geologico

Di seguito viene espressa una stratigrafia tipo riscontrata nell'area indagata.

Si fa presente che essa rappresenta solamente un modello che riassume le caratteristiche geologiche in funzione della stratigrafia effettivamente riscontrata in loco mediante le prove condotte dallo scrivente; la litologia preponderante è quella argillosa limosa sono presenti lenti di limi sabbiosi e sabbie limose di spessore decimetrico soprattutto intorno ai primi metri di profondità da p.c.

Si fa notare anche che sono presenti livelli di litologie molto molli con caratteristiche geomeccaniche scarse (dell'ordine degli 0.4 Kg/cm<sup>2</sup>) in fase di calcolo strutturale tali livelli dovranno essere considerati opportunamente.

Per le stratigrafie di dettaglio delle tre prove penetrometriche si rimanda all'Allegato 1, Sempre in Allegato 1 sono visibili tutti i parametri geotecnici divisi per orizzonti stratigrafici omogenei (in termini geotecnici) Tale pagina sarà utile ai fini del calcolo strutturale stesso.

### B.1.3 Idrogeologia

Alla fine della prova penetrometrica si è calata una sonda nel foro allo scopo di valutare la presenza di acqua di falda; questa si è attestata alla profondità di -2.35 m da piano prova quale quota più alta e riferibile al punto CPT1. Vista la litologia argilloso limosa presente in superficie, questa può dare fenomeni di rigonfiamento e ritiro in funzione della variazione del contenuto in acqua nel terreno durante le varie stagioni.

## B.2. Conclusioni Geotecniche

Dalle indagini effettuate e dallo studio eseguito ne emerge quanto segue:

I terreni compresi nell'area in esame presentano caratteristiche geomeccaniche in linea con quelle rilevabili in tutto il territorio Carpigiano e cioè con valori di  $Cu_{(medio)} = 0.50 \text{ Kg/cm}^2$  per i primi 12 - 15 m da piano campagna.

Sul terreno, nel punto in cui sono state eseguite le prove penetrometriche, verrà edificata una struttura alberghiera di 2000 m<sup>2</sup>, circa 45 m di lato se questa dovesse avere una pianta quadrata. Al momento della redazione del presente elaborato lo scrivente non è a conoscenza del tipo e dei carichi applicati alla fondazione e della profondità di imposta delle fondazioni, pertanto l'ingegnere strutturista dovrà rifarsi ai valori visibili in allegato 1 ed in particolare alla pagina dei valori geotecnici riassuntivi visibili a pagina 21.

Si evidenzia che il livello di imposta delle fondazioni dovrà approfondirsi oltre al terreno di riporto; inoltre, come vedremo più avanti, il terreno è potenzialmente suscettibile di liquefazione pertanto sarà necessario considerare tale limitazione al momento della scelta delle fondazioni stesse.

Si ricorda inoltre che i valori geotecnici presenti in questa relazione e visibili in allegato 1, dovranno essere trattati con metodi semiprobabilistici, e che quindi non ci si dovrà rifare al valore medio qui sopra riportato, come prescrive il nuovo Testo Unico sulle Costruzioni.

In particolare si parla di verifiche agli stati limite ultimi (SLU), che considera nelle verifiche di sicurezza tutti i meccanismi di stato limite ultimo sia a breve che a lungo termine. Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche potranno essere condotte tenendo conto

dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I del D.M. 14 gennaio 2008 cap. 6.4.

Non ultimo si evidenzia che, per loro natura, questi terreni argillosi sono suscettibili di rigonfiamenti nella stagione invernale e di ritiri nella stagione estiva. Sempre in fase di progettazione strutturale si dovrà considerare questo aspetto in termini di cedimenti del terreno.

## C. 1 Sismica

### C.1.1 Introduzione

In conformità alle direttive del D.M. 14.09.2005 al D.M. 14.01.2008 ed alle leggi regionali 31/25.11.2002 e della D.G.R. n° 1677/2005 del 24.10.2005 vengono determinate come sopra detto le caratteristiche sismiche generali dell'area in esame con l'adeguamento alla normativa antisismica del DM del 17/01/2018 del 22.03.2018..

Al fine di valutare gli aspetti sismici del sito di interesse si è eseguito un rilievo sismico; si sono infatti misurate le velocità di propagazione delle onde sismiche in un punto di indagine.

Si è considerato l'utilizzo della sismica passiva in quanto permette il rilevamento diretto della frequenza di risonanza del terreno e quindi una migliore definizione dei parametri di microzonazione sismici; con la determinazione della Vs30.

Tale metodologia ci ha permesso di verificare la stratigrafia del terreno mediante interpolazione con i dati ricavabili dalle prove penetrometriche ampliandone così la prospezione.

In figura 1 è possibile vedere il punto di indagine HVRS contrassegnato con un simbolo verde, questo coincide anche con la prova CPT 1.

Le coordinate geografiche dell'area in esame sono rispettivamente 44.778097° di latitudine e di 10.857243° di longitudine.

## C.2. Prove sisimche

### C.2.1.Modalità di indagine.

Nel sito in oggetto è stata effettuata, una (1) misura del microtremore ambientale della durata di 20 minuti 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 senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

### C.2.2.Sorgente del rumore

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ( $10-15$  [m/s<sup>2</sup>] in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

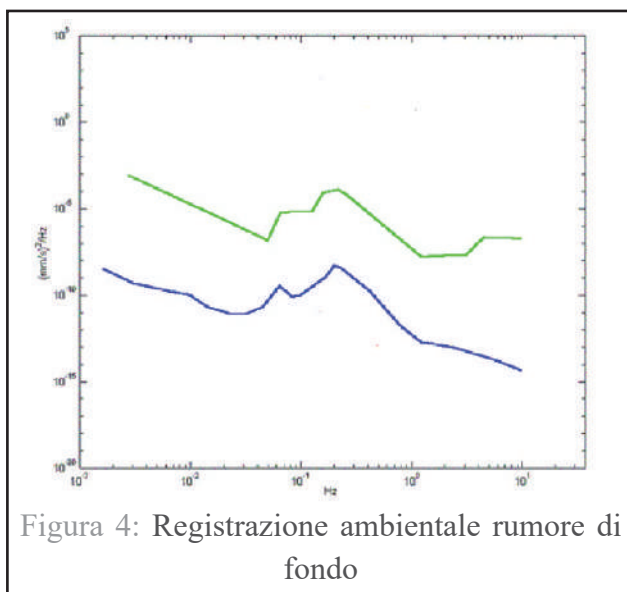


Figura 4: Registrazione ambientale rumore di fondo

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad

esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale, in assenza di vento e nel caso in cui il terreno sia roccioso e pianeggiante, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in figura 4, dove la curva bassa rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento secondo il servizio geologico statunitense (USGS) mentre la curva superiore rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

### C.2.3 Effetti di percorso

Nel tragitto dalla sorgente  $s$  al sito  $x$  le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che, se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di "ray tracing", è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazione. Questa informazione è però 'sepolta' all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste è la tecnica dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR.

### C.2.4 Definizioni

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 rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

### C.2.5 Tecnica impiegata

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico. Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D).

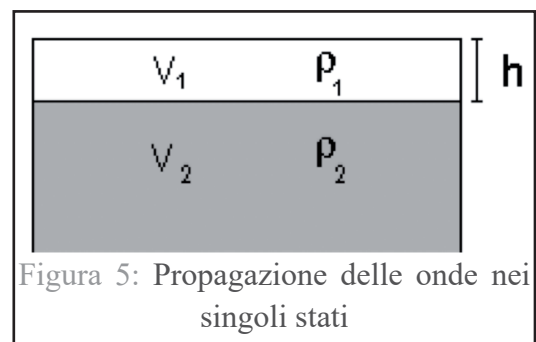


Figura 5: Propagazione delle onde nei singoli stati



Considerando il sistema in figura 5 Pagina 8 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati.

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $h$  del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = VP_1/(4h) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è :

$$f_r = VS_1/(4h) \quad [2]$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore  $h$  degli strati. Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per il contenuto in frequenza, la risposta strumentale e l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo. Rileviamo inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard,

1994). Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. L'applicabilità pratica della semplice formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (Gallipoli et al., 2000; Mucciarelli e Gallipoli, 2001; Castellaro et al., 2005). Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (si veda Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999). In questo lavoro i segnali saranno analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali HVSR ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, come in Mulargia e Castellaro (2006).

## C.2.6 Procedura di analisi dati

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1) le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione a TROMINO®, 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.

1- Rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore a 2.

2- rimozione manuale di eventuali "rumori" ancora presenti.

2) le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1. Le profondità  $h$  delle discontinuità sismiche

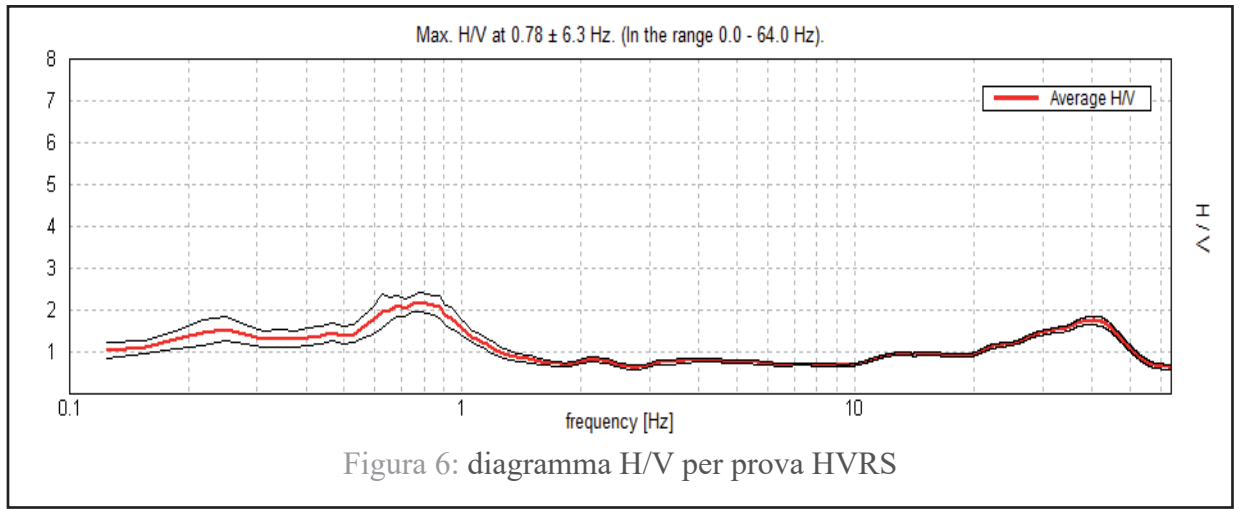


Figura 6: diagramma H/V per prova HVRS

sono state ricavate tramite la formula [3] **C.2.7 Indagine sismica**

$$h = \left[ \frac{V_0(1-a)}{4v_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1 \quad [3]$$

in cui  $V_0$  è la velocità al tetto dello strato,  $a$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e “ $v$ ” la frequenza fondamentale di risonanza (Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

Nell’area in esame è stata eseguita n° 1 stazione di misura, per un tempo di acquisizione di 20’. Lo strumento, in acquisizione, è stato orientato a N. Dopo le operazioni di elaborazione dati descritti in precedenza, per la prova, si è ottenuto il diagramma H/V riportato in figura 6. La ricerca dei picchi da interpretare è stata effettuata, congiuntamente, nel grafico H/V e in quello dello spettro presente in figura 7. In

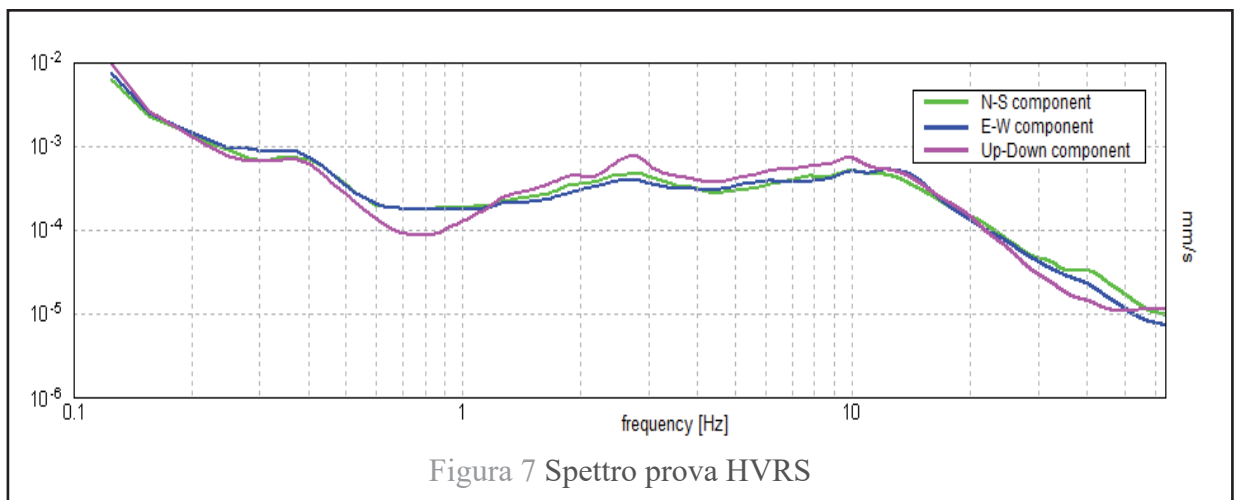


Figura 7 Spettro prova HVRS

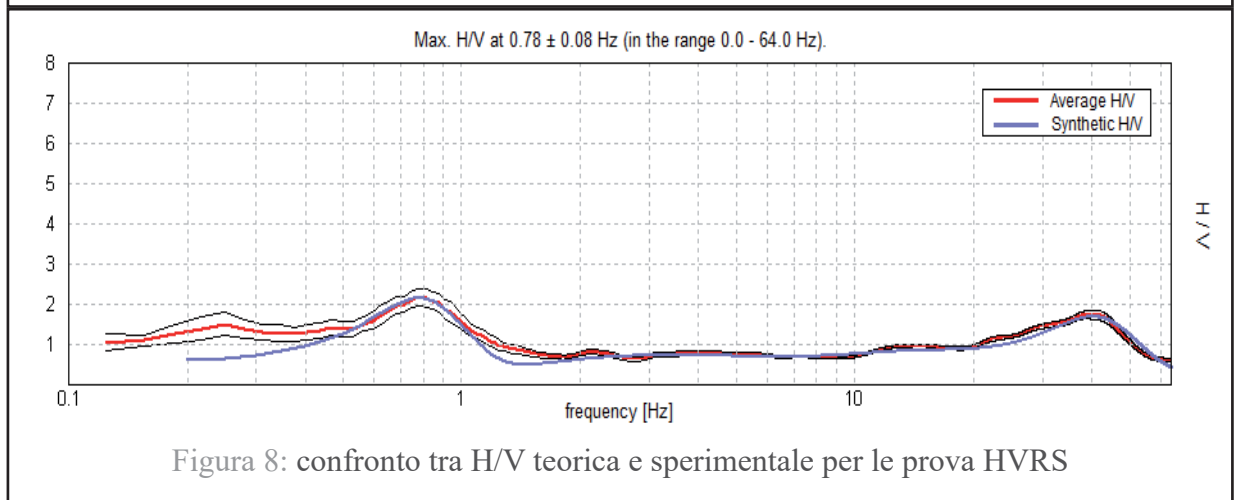


Figura 8: confronto tra H/V teorica e sperimentale per le prova HVRS

Figura 8 si vede il confronto tra la curva teorica e quella sperimentale, La linea blu rappresenta la vera e propria elaborazione dei dati in campagna. In particolare, i picchi H/V di origine stratigrafica sono quelli generati da un minimo nelle componenti verticali del moto – curve magenta negli spettri – che significa minimo delle onde di Rayleigh alla frequenza di risonanza. Oltre a questo può esistere un massimo nelle componenti orizzontali del modo. L'esame di tutti i grafici porta a verificare quanto segue:

- il picco di risonanza principale si trova in profondità 0,78 Hz circa ed è relativo ad un contrasto di impedenza attribuibile al bedrock sismico posto a una profondità superiore ai 100 - 150 Sm; questo in accordo anche con la *Carta Geotettonica dell'Emilia Romagna* pubblicata anche sul sito della Regione.
- I valori di Vs, tendono a salire in funzione della profondità tuttavia è presente una lievissima inversione di velocità tra i 10 e 1 Hz.
- Analizzando i risultati della indagine sismica e quelli della prova in sito, si può affermare che le indagini hanno dato esito concordante evidenziando gli strati effettivamente attraversati nella conduzione della prova CPT1. Eventuali discrepanze sono imputabili al calcolo ed o al non esatto allineamento della prova sul punto di indagine. Si ricorda che in Allegato 2 sono presenti i grafici e tutto il report di prova della sismometria eseguita.

## C.2.8 Modello sismico del sottosuolo

Allo scopo di creare un modello sismico del sito è stata eseguita l'inversione, nell'intervallo di frequenza 0 – 64Hz delle curve H/V, mirando a far corrispondere le frequenze dei picchi principali e la forma generale della curva (tecnica del “best fit”). Nell'inversione sono state seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il solo modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love.

## C.2.9 Calcolo delle Vs30

Applicando il procedimento di calcolo indicato dalla normativa secondo la formula:

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

si ricavano così i valori della Vs30:  $V_{s30} = 236$  m/sec da piano campagna. La categoria del suolo per il sito indagato è classificabile come terreno di tipo “C”.

Si evidenzia che lo scrivente non è a conoscenza della profondità di posa delle fondazioni aumentando di imposta delle fondazioni il valore della Vs30 potrebbe aumentare anche se difficilmente potrà cambiare il valore di Vs30.

Ai sensi della OPCM 3274, si possono quindi indicare, per i terreni che costituiscono il sottosuolo, i seguenti parametri:

- area sismica 3^ categoria
- profilo stratigrafico C

In allegato 2 sono riportati i rapporti di prova relativi alle misure eseguite, nei quali vi sono anche i diagrammi relativi alla persistenza del segnale nel dominio del tempo (H/V TIME HISTORY), i diagrammi relativi alla persistenza direzionale del segnale (DIRECTIONAL H/V) che consentono di rilevare se vi siano state sorgenti “orientate” e vi sono le tabelle di conformità della misura al protocollo europeo SESAME che sanciscono l'idoneità della misura ed essere utilizzata per studi di microzonazione sismica.

Terreni tipo C : *Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180m/s e 360m/s.*

Si ricorda che il fabbricato dovrà avere frequenze

di risonanza che si discosteranno il più possibile da quella sopra riportata al fine di non subire effetti di amplificazioni di “ag” in caso di sisma.

## C.2.10 Calcolo della risposta sismica locale

Ai sensi della L.R. 20/2000 si calcolano gli spettri di risposta sismica locale, sulla base dei segnali di riferimento assegnati ad ogni Comune. Tali segnali sono rappresentativi dello scuotimento atteso su un suolo di riferimento quest’ultimo inteso come la superficie al di sotto della quale si può assumere una velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) superiore o uguale a 800 m/s.

In particolare di seguito (allegato 3) vengono dati gli spettri di risposta normalizzati rappresentativi del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con probabilità di superamento pari a 10%) per il Comune di Carpi ed in particolare per il sito indagato.

Per la determinazione dell’esatto valore di  $a_g$  si localizza la posizione secondo latitudine e longitudine; in questo caso si fa riferimento alle coordinate espresse nel paragrafo § A.1.1 e cioè  $44,77754^\circ$  di latitudine e  $10,8579296^\circ$  di longitudine.

In allegato 3 si riportano i valori sismici da utilizzare nella fase di adeguamento sismico in funzione dello stato limite che si intenderà utilizzare.

## C.3. Liquefazione

In condizioni sismiche, il termine “liquefazione” comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive causano una riduzione della tensione media efficace presente nel terreno e quindi, una riduzione della resistenza al taglio. La riduzione

della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzato e definitivo.

Durante l’evento sismico, se la superficie del piano campagna è orizzontale questo può subire oscillazioni di grande ampiezza. Al termine della sollecitazione, la dissipazione delle sovrappressioni interstiziali e il conseguente riassetto dei grani possono dar luogo a fenomeni di subsidenza.

Dalle verifiche effettuate e utilizzando i dati acquisiti dalle indagini geognostiche risulta che i terreni che caratterizzano l’area in esame, per loro natura, sono soggetti al fenomeno della liquefazione. Lungo tutti i punti di prospezione sono stati riscontrati livelli sabbiosi limosi di spessore anche metrico (vedi prova CPT3).

A tal proposito si evidenzia che nelle carte allegate al PRG del Comune di Carpi l’area è fuori da ogni zona considerata a rischio. *PS15 Micro Zonazione Sismica e Condizione Limite per l’Emergenza (CLE)*; [http://www.carpidiem.it/html/\\_prg/cartografie/PS15/PS15\\_elenco\\_tavole.pdf](http://www.carpidiem.it/html/_prg/cartografie/PS15/PS15_elenco_tavole.pdf).

Si riporta a titolo esemplificativo la “TAV 2 Carta di microzonazione sismica di secondo livello FA PGA” visibile in allegato 4.4 della presente relazione Geologica. Anche nelle altre tavole, qui non riportate ma visibili all’indirizzo sopra riportato, appare evidente come l’area di indagine presenti fenomeni di instabilità sismica correlati all’effetto della liquefazione, in quanto così è stato riportato dallo studio di microzonazione sismica di primo, secondo e terzo livello condotto dal Comune di Carpi.

Negli allegati 4 “Cartografia”, sono riportate le carte di microzonazione sismica di secondo e terzo livello dove è possibile vedere che l’area sottoposta a indagine si trova in una zona dove sono possibili effetti di liquefazione. Si sono pertanto eseguiti i calcoli per la verifica del potenziale di liquefazione. In allegato 5 “liquefazione” sono visibili tutti i parametri utilizzati per tale verifica; dallo studio ne emerge che i terreni “effettivamente liquefacibili” si

trovano ad una profondità che va dai 4.95 ai 5.35 metri con uno spessore di circa 0.4 metri. Tuttavia sono presenti anche livelli nei quali i terreni si trovano molto vicini alla soglia della liquefazione, come è meglio comprensibile dal grafico riportato nel grafico a pagina 34, dove si comprende che la curva è al limite del valore di sicurezza anche per altri strati più profondi.

Così come riportato nel paragrafo § B.2. si viene a confermare che l'area è potenzialmente suscettibile a fenomeni di liquefazione, si ribadisce che in fase di progettazione strutturale, deve essere considerato tale aspetto.

Al momento della stesura della presente non si è al corrente dei carichi applicati al terreno pertanto non è possibile calcolare i cedimenti post sismici, si rimanda alla fase di progettazione strutturale questo importante quanto non sottovalutabile aspetto.

## C 4.1 Analisi di risposta sismica locale.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 delle norme tecniche per le costruzioni. Essa consente, mediante metodi numerici di quantificare le modifiche esercitate sul moto sismico dalle condizioni locali permettendo una stima più accurata delle sollecitazioni sismiche sulle strutture e quindi una più accurata progettazione antisismica.

Per la verifica dello spettro di risposta di progetto si è eseguita una analisi monodimensionale si è utilizzato il software EERA (Equivalent linear Earthquake Response Analysis) sviluppato nel 1998 utilizzando i concetti di base di Shake (Berbet et al, 2000). Sono stati inseriti sette accelerogrammi dei terremoti registrati

nell'area del Comune di Carpi partendo dagli accelerogrammi forniti dal sito EUCENTRE.

Si sono poi considerati i profili stratigrafici con le relative Vs ricavati dall'indagine sismica HVRS nel quale si è rilevato un terreno di tipo "C".

Con gli opportuni calcoli sui sette terremoti in funzione della ricerca geofisica condotta, è stato possibile ricavare gli spettri attesi in superficie, questi sono stati poi confrontati con gli spettri di norma ottenuti con il calcolo degli spettri forniti dal foglio di calcolo "Spettri-NTC ver 1.0.3" (fonte Min. Infrastrutture e Trasporti).

In allegato 6 della presente relazione è possibile vedere lo spettro di risposta con i 7 accelerogrammi e i relativi spettri in funzione del tipo di suolo (nel nostro caso "C").

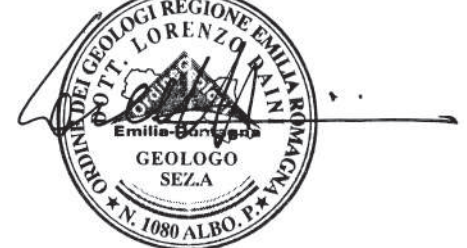
Si riporta infine l'intensità di Housner (o intensità dello spettro di risposta) questo è sempre visibile in Allegato 6; per il calcolo si sono considerati i singoli valori di Housner dei sette terremoti ed infine si è eseguito un semplice calcolo di media sui valori riscontrati.

Tali calcoli sono saranno a supporto e di aiuto alle verifiche strutturali ed ingegneristiche riguardanti gli edifici in progetto durante la fase di progettazione strutturale.

10/12/2021

Il Tecnico

Dott. Geol. Lorenzo Daini



# Allegato 1

Prove Penetrometriche CPT

Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	RI Kg/cmq	Rp/RI	litologia (A.G.I. 1977)
0.0							
0.2	0	0		0	indeterm.	200	
0.4	9	12		9	0.20	45	
0.6	19	32		19	0.87	22	
0.8	27	49		27	1.47	18	
1.0	20	43		20	1.53	13	argille plastiche
1.2	17	45		17	1.87	9	argille plastiche
1.4	18	38		18	1.33	14	argille plastiche
1.6	10	23		10	0.87	12	argille plastiche
1.8	10	18		10	0.53	19	argille e limi
2.0	10	16		10	0.40	25	argille e limi
2.2	12	19		12	0.47	26	argille e limi
2.4	8	18	860	8	0.67	12	argille plastiche
2.6	8	15		8	0.47	17	argille e limi
2.8	7	11		7	0.27	26	argille e limi
3.0	11	16		11	0.33	33	sabbie lim. e limi sabb.
3.2	16	24		16	0.53	30	argille e limi
3.4	12	19	1320	12	0.47	26	argille e limi
3.6	11	24		11	0.87	13	argille plastiche
3.8	15	21		15	0.40	38	sabbie lim. e limi sabb.
4.0	14	28		14	0.93	15	argille e limi
4.2	12	24		12	0.80	15	argille e limi
4.4	9	18		9	0.60	15	argille e limi
4.6	10	21	1510	10	0.73	14	argille plastiche
4.8	11	18		11	0.47	24	argille e limi
5.0	12	23		12	0.73	16	argille e limi
5.2	12	24		12	0.80	15	argille e limi
5.4	8	15		8	0.47	17	argille e limi
5.6	13	20	1540	13	0.47	28	argille e limi
5.8	10	21		10	0.73	14	argille plastiche
6.0	19	30		19	0.73	26	argille e limi
6.2	13	22		13	0.60	22	argille e limi
6.4	10	22	2200	10	0.80	13	argille plastiche
6.6	9	18		9	0.60	15	argille e limi
6.8	10	19		10	0.60	17	argille e limi
7.0	8	16		8	0.53	15	argille e limi
7.2	10	22	2800	10	0.80	13	argille plastiche
7.4	10	23		10	0.87	12	argille plastiche
7.6	9	19		9	0.67	14	argille plastiche
7.8	8	16		8	0.53	15	argille e limi
8.0	9	18		9	0.60	15	argille e limi
8.2	10	16		10	0.40	25	argille e limi
8.4	9	16		9	0.47	19	argille e limi
8.6	9	16	3500	9	0.47	19	argille e limi
8.8	10	19		10	0.60	17	argille e limi
9.0	11	22		11	0.73	15	argille e limi
9.2	16	26		16	0.67	24	argille e limi
9.4	18	26		18	0.53	34	sabbie lim. e limi sabb.
9.6	11	23		11	0.80	14	argille plastiche
9.8	12	22		12	0.67	18	argille e limi
10.0	15	27		15	0.80	19	argille e limi



**CPT s.n.c.**  
 Di GIANLUCA CANTARELLI E C.  
 Strada L.C. Farini, 5 - 43121 Parma  
 P.IVA 01744590348  
 Reg. Imprese e C.F. 01744590348  
 REA Parma 175251

pag. 1


# Allegato 1

Prove Penetrometriche CPT

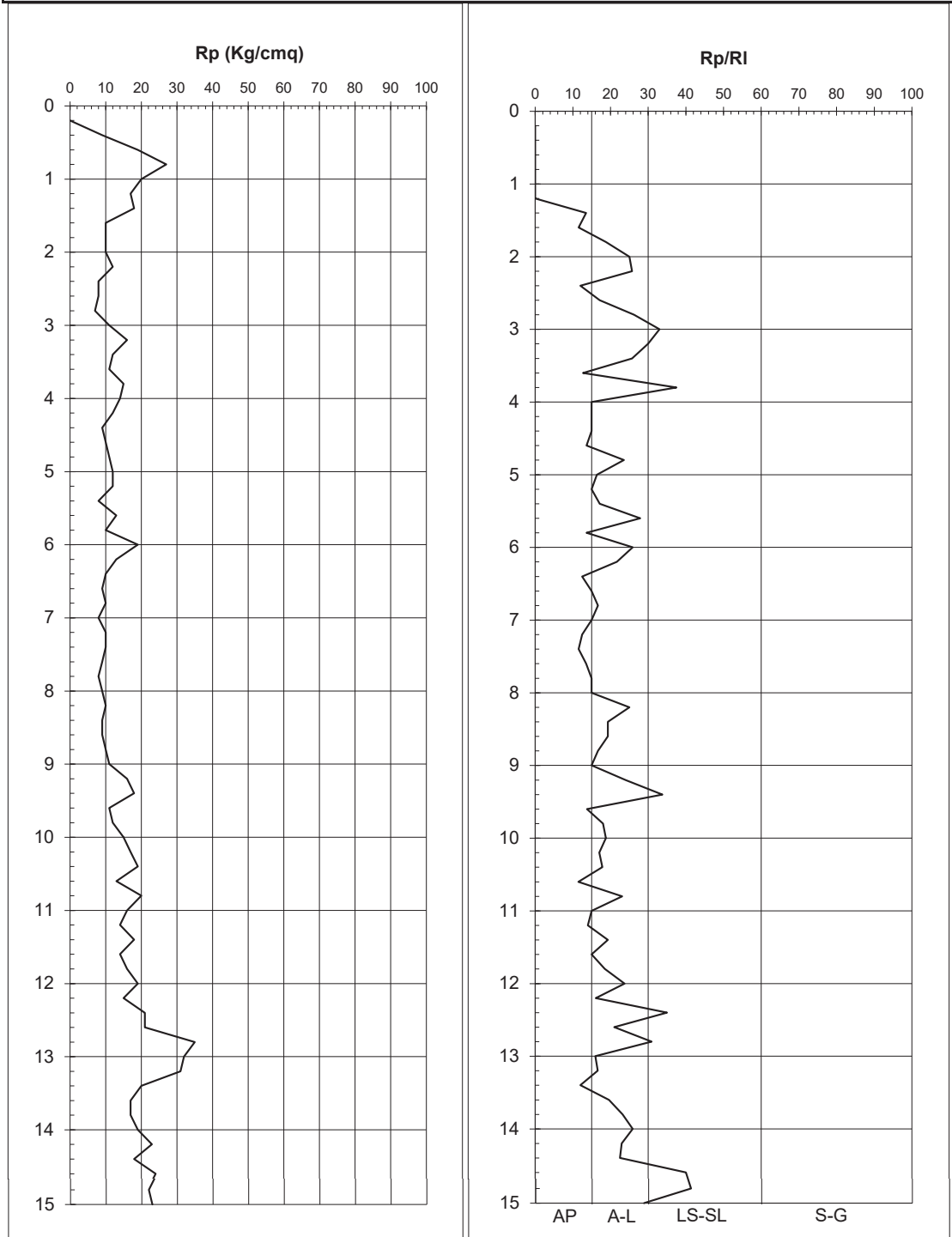
Prova n°: 1		Data: 20/10/2021		CPT s.n.c. DI GIANLUCA CANTARELLI E C. Strada L.C. Farini, 5 - 43121 Parma P.IVA 01744590348 Reg. Imprese e C.F. 01744590348 REA Parma 175251			
Committente: Dott. L. Daini		Comune: Carpi		Quota: P.C.		Falda: -2,35	
Cantiere: Via degli Inventori						pag. 2	
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	litologia (A.G.I. 1977)
10.0	15	27		15	0.80	19	argille e limi
10.2	17	32		17	1.00	17	argille e limi
10.4	19	35		19	1.07	18	argille e limi
10.6	13	30		13	1.13	11	argille plastiche
10.8	20	33		20	0.87	23	argille e limi
11.0	16	32		16	1.07	15	argille e limi
11.2	14	29		14	1.00	14	argille plastiche
11.4	18	32		18	0.93	19	argille e limi
11.6	14	28		14	0.93	15	argille e limi
11.8	16	29		16	0.87	18	argille e limi
12.0	19	31		19	0.80	24	argille e limi
12.2	15	29		15	0.93	16	argille e limi
12.4	21	30		21	0.60	35	sabbie lim. e limi sabb.
12.6	21	36		21	1.00	21	argille e limi
12.8	35	52		35	1.13	31	argille e limi
13.0	32	62		32	2.00	16	argille e limi
13.2	31	59		31	1.87	17	argille e limi
13.4	20	45		20	1.67	12	argille plastiche
13.6	17	30		17	0.87	20	argille e limi
13.8	17	28		17	0.73	23	argille e limi
14.0	19	30		19	0.73	26	argille e limi
14.2	23	38		23	1.00	23	argille e limi
14.4	18	30		18	0.80	23	argille e limi
14.6	24	33		24	0.60	40	sabbie lim. e limi sabb.
14.8	22	30		22	0.53	41	sabbie lim. e limi sabb.
15.0	23	35		23	0.80	29	argille e limi
15.2							
15.4							
15.6							
15.8							
16.0							
16.2							
16.4							
16.6							
16.8							
17.0							
17.2							
17.4							
17.6							
17.8							
18.0							
18.2							
18.4							
18.6							
18.8							
19.0							
19.2							
19.4							
19.6							
20.0							

# Allegato 1

Prove Penetrometriche CPT

Prova n°:	1	Data:	20/10/2021	 <b>CPT s.n.c.</b> DI GIANLUCA CANTARELLI E C. Strada I, C. Farini, 5 - 43121 Parma P.IVA 01744590348 Reg. Imprese e C.F. 01744590348 REA Parma 175251
Committente:	Dott. L. Daini	Quota:	P.C.	
Comune:	Carpi	Falda:	-2,35	
Cantiere:	Via degli Inventori			


pag. 3






# Allegato 1

Prove Penetrometriche CPT

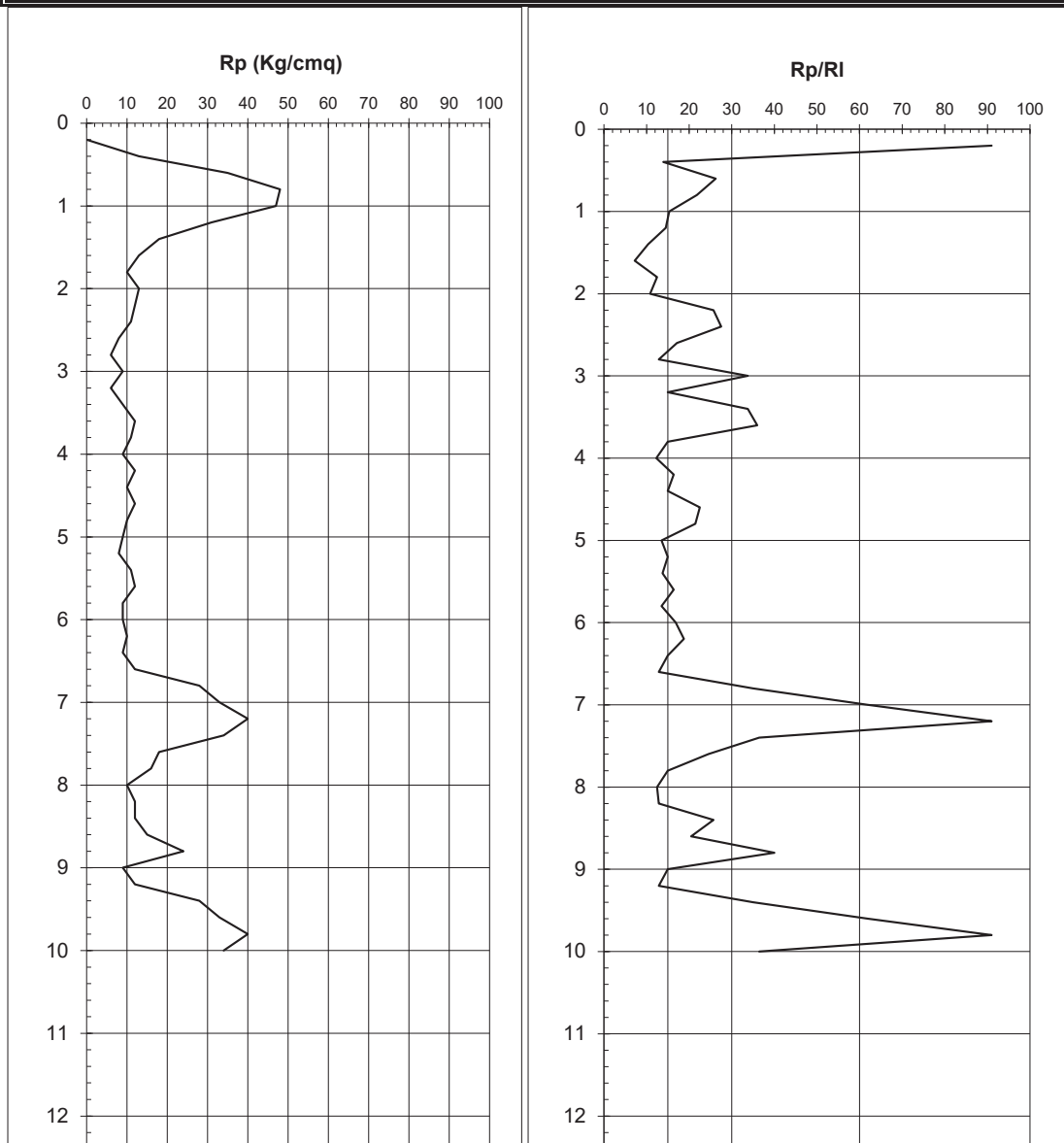
Prova n°: <b>2</b>		Data: <b>20/10/2021</b>		 <b>CPT s.n.c.</b> <small>DI GIANLUCA CANTARELLI E C.          Strada L. C. Farini, 5 - 43121 Parma          P.IVA 01744590348          Reg. Imprese e C.F. 01744590348          REA Parma 175251</small>			
Committente: <b>Dott. L. Daini</b>		Comune: <b>Carpi</b>		Quota: <b>P.C.</b>			
Cantiere: <b>Via degli Inventori</b>		Falda: <b>-2,55</b>		pag. 1			
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	RI Kg/cmq	Rp/RI	litologia (A.G.I. 1977)
0.0							
0.2	0	0		0	indeterm.	200	
0.4	13	27		13	0.93	14	
0.6	35	55		35	1.33	26	
0.8	48	81		48	2.20	22	
1.0	47	93		47	3.07	15	argille e limi
1.2	31	63		31	2.13	15	argille plastiche
1.4	18	44		18	1.73	10	argille plastiche
1.6	13	40		13	1.80	7	argille plastiche
1.8	10	22		10	0.80	13	argille plastiche
2.0	13	31	650	13	1.20	11	argille plastiche
2.2	12	19		12	0.47	26	argille e limi
2.4	11	17		11	0.40	28	argille e limi
2.6	8	15		8	0.47	17	argille e limi
2.8	6	13		6	0.47	13	argille plastiche
3.0	9	13		9	0.27	34	sabbie lim. e limi sabb.
3.2	6	12		6	0.40	15	argille e limi
3.4	9	13		9	0.27	34	sabbie lim. e limi sabb.
3.6	12	17		12	0.33	36	sabbie lim. e limi sabb.
3.8	11	22	1500	11	0.73	15	argille e limi
4.0	9	20		9	0.73	12	argille plastiche
4.2	12	23		12	0.73	16	argille e limi
4.4	10	20		10	0.67	15	argille e limi
4.6	12	20		12	0.53	23	argille e limi
4.8	10	17	2300	10	0.47	21	argille e limi
5.0	9	19		9	0.67	14	argille plastiche
5.2	8	16		8	0.53	15	argille e limi
5.4	11	23		11	0.80	14	argille plastiche
5.6	12	23		12	0.73	16	argille e limi
5.8	9	19		9	0.67	14	argille plastiche
6.0	9	17		9	0.53	17	argille e limi
6.2	10	18		10	0.53	19	argille e limi
6.4	9	18		9	0.60	15	argille e limi
6.6	12	26		12	0.93	13	argille plastiche
6.8	28	40		28	0.80	35	sabbie lim. e limi sabb.
7.0	33	41		33	0.53	62	sabbie e ghiaie
7.2	40	46		40	0.40	100	sabbie e ghiaie
7.4	34	48		34	0.93	36	sabbie lim. e limi sabb.
7.6	18	29		18	0.73	25	argille e limi
7.8	16	32		16	1.07	15	argille e limi
8.0	10	22		10	0.80	13	argille plastiche
8.2	12	26		12	0.93	13	argille plastiche
8.4	12	19		12	0.47	26	argille e limi
8.6	15	26		15	0.73	20	argille e limi
8.8	24	33		24	0.60	40	sabbie lim. e limi sabb.
9.0	9	18		9	0.60	15	argille e limi
9.2	12	26		12	0.93	13	argille plastiche
9.4	28	40		28	0.80	35	sabbie lim. e limi sabb.
9.6	33	41		33	0.53	62	sabbie e ghiaie
9.8	40	46		40	0.40	100	sabbie e ghiaie
10.0	34	48		34	0.93	36	sabbie lim. e limi sabb.

# Allegato 1

Prove Penetrometriche CPT

Prova n°:	2	Data:	20/10/2021	 <b>CPT s.n.c.</b> DI GIANLUCA CANTARELLI E C. Strada L.C. Farini, 5 - 43121 Parma P.IVA 01744590348 Reg. Imprese e C.F. 01744590348 REA Parma 175251
Committente:	Dott. L. Daini	Quota:	P.C.	
Comune:	Carpi	Falda:	-2,55	
Cantiere:	Via degli Inventori			

pag. 3




# Allegato 1

Prove Penetrometriche CPT

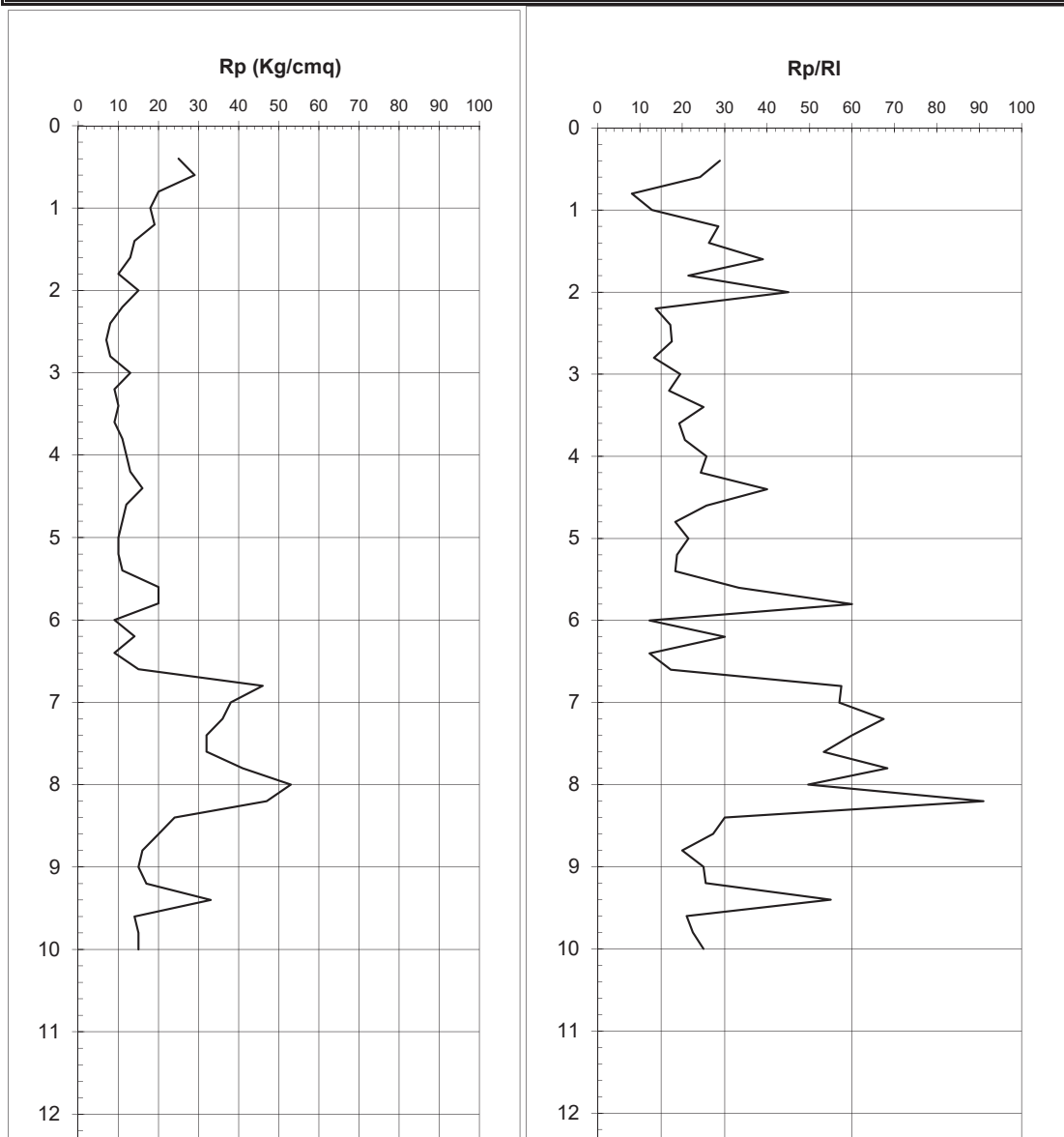
Prof. m		P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	RI Kg/cmq	Rp/RI	litologia (A.G.I. 1977)
0.0								
0.2								
0.4		25	38		25	0.87	29	argille e limi
0.6		29	47		29	1.20	24	argille e limi
0.8		20	57		20	2.47	8	argille plastiche
1.0		18	39		18	1.40	13	argille plastiche
1.2		19	29		19	0.67	29	argille e limi
1.4		14	22		14	0.53	26	argille e limi
1.6		13	18	820	13	0.33	39	sabbie lim. e limi sabb.
1.8		10	17		10	0.47	21	argille e limi
2.0		15	20		15	0.33	45	sabbie lim. e limi sabb.
2.2		11	23		11	0.80	14	argille plastiche
2.4		8	15		8	0.47	17	argille e limi
2.6		7	13		7	0.40	18	argille e limi
2.8		8	17		8	0.60	13	argille plastiche
3.0		13	23	2650	13	0.67	20	argille e limi
3.2		9	17		9	0.53	17	argille e limi
3.4		10	16		10	0.40	25	argille e limi
3.6		9	16		9	0.47	19	argille e limi
3.8		11	19		11	0.53	21	argille e limi
4.0		12	19		12	0.47	26	argille e limi
4.2		13	21		13	0.53	24	argille e limi
4.4		16	22		16	0.40	40	sabbie lim. e limi sabb.
4.6		12	19		12	0.47	26	argille e limi
4.8		11	20		11	0.60	18	argille e limi
5.0		10	17		10	0.47	21	argille e limi
5.2		10	18	3780	10	0.53	19	argille e limi
5.4		11	20		11	0.60	18	argille e limi
5.6		20	29		20	0.60	33	sabbie lim. e limi sabb.
5.8		20	25		20	0.33	60	sabbie lim. e limi sabb.
6.0		9	20		9	0.73	12	argille plastiche
6.2		14	21		14	0.47	30	argille e limi
6.4		9	20	4300	9	0.73	12	argille plastiche
6.6		15	28		15	0.87	17	argille e limi
6.8		46	58		46	0.80	58	sabbie lim. e limi sabb.
7.0		38	48		38	0.67	57	sabbie lim. e limi sabb.
7.2		36	44		36	0.53	68	sabbie e ghiaie
7.4		32	40		32	0.53	60	sabbie lim. e limi sabb.
7.6		32	41	4500	32	0.60	53	sabbie lim. e limi sabb.
7.8		41	50		41	0.60	68	sabbie e ghiaie
8.0		53	69		53	1.07	50	sabbie lim. e limi sabb.
8.2		47	54		47	0.47	101	sabbie e ghiaie
8.4		24	36		24	0.80	30	argille e limi
8.6		20	31		20	0.73	27	argille e limi
8.8		16	28		16	0.80	20	argille e limi
9.0		15	24		15	0.60	25	argille e limi
9.2		17	27		17	0.67	26	argille e limi
9.4		33	42		33	0.60	55	sabbie lim. e limi sabb.
9.6		14	24		14	0.67	21	argille e limi
9.8		15	25		15	0.67	23	argille e limi
10.0		15	24		15	0.60	25	argille e limi

# Allegato 1

Prove Penetrometriche CPT

Prova n°:	3	Data:	20/10/2021	 <b>CPT s.n.c.</b> Di GIANLUCA CANTARELLI E C. Strada L.C. Farini, 5 - 43121 Parma P.IVA 01764990348 Reg. Imprese e C.F. 01764990348 REA Parma 175251
Committente:	Dott. L. Daini	Quota:	P.C.	
Comune:	Carpi	Falda:	-2,40	
Cantiere:	Via degli Inventori			

pag. 3



# Allegato 1

Prove Penetrometriche CPT

terreni ad elevata plasticità

**Prova Cpt1** falda: m 2,35 da p.c. (periodo mediamente secco)

Prof. m da p.c.	DH	Gam	Gams	ϕ'	cu	c'	Ed	E	v	Litologia
da m	a m	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	gradi	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		
0.00	0.60	1800.0	2050.0	12.0	0.35	0.04	30.0	40.0	0.50	terreno vegetale argilloso limoso
0.60	1.40	1850.0	2150.0	15.0	0.50	0.05	55.0	60.0	0.50	Limi argillosi
1.40	2.20	1800.0	2100.0	15.0	0.40	0.04	41.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
2.20	2.80	1800.0	2100.0	14.0	0.35	0.04	32.0	55.0	0.45	Argilla limosa molto molle
2.80	3.20	1800.0	2100.0	14.0	0.45	0.05	40.0	55.0	0.45	limo argilloso sabbioso fine
3.20	3.80	1800.0	2100.0	14.0	0.45	0.05	38.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
3.80	5.20	1800.0	2100.0	15.0	0.40	0.04	41.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
5.20	6.20	1800.0	2100.0	14.0	0.45	0.05	38.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
6.20	9.00	1800.0	2100.0	15.0	0.40	0.04	41.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
9.00	12.00	1850.0	2150.0	15.0	0.50	0.05	55.0	60.0	0.50	Limi argillosi
12.00	13.40	1800.0	2100.0	14.0	0.45	0.05	40.0	55.0	0.45	limo argilloso sabbioso fine
13.40	14.20	1850.0	2150.0	16.0	0.55	0.06	50.0	65.0	0.50	Argilla limosa limo argilloso
14.20	15.00	1850.0	2150.0	15.0	0.50	0.05	45.0	60.0	0.45	limo argilloso sabbioso fine molle

**Prova Cpt2** falda: m 2.55 da p.c. (periodo mediamente secco)

Prof. m da p.c.	DH	Gam	Gams	ϕ'	cu	c'	Ed	E	v	Litologia
da m	a m	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	gradi	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		
0.00	0.60	1800.0	2100.0							terreno vegetale
0.60	1.20	1850.0	2150.0	17.0	0.60	0.06	60.0	58.0	0.45	Argilla limosa
1.20	2.40	1800.0	2100.0	15.0	0.40	0.04	41.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
2.40	3.40	1800.0	2100.0	14.0	0.35	0.04	32.0	55.0	0.45	Argilla limosa molto molle
3.40	4.80	1800.0	2100.0	15.0	0.40	0.04	41.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
4.80	5.20	1800.0	2100.0	14.0	0.35	0.04	32.0	55.0	0.45	Argilla limosa molto molle
5.20	6.60	1800.0	2100.0	14.0	0.45	0.05	40.0	55.0	0.45	Argilla limosa molle
6.60	7.80	1850.0	2150.0	15.0	0.50	0.05	45.0	60.0	0.45	limo argilloso sabbioso fine
7.80	8.60	1800.0	2100.0	14.0	0.45	0.05	40.0	55.0	0.45	limo argilloso sabbioso fine
8.60	10.00	1850.0	2150.0	15.0	0.50	0.05	45.0	60.0	0.45	limo argilloso sabbioso fine
10.00	6.00	1800.0	2100.0	14.0	0.45	0.05	38.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle

# Allegato 1

Prove Penetrometriche CPT

**Prova Cpt3** falda: m 2.40 da p.c. (periodo mediamente secco)

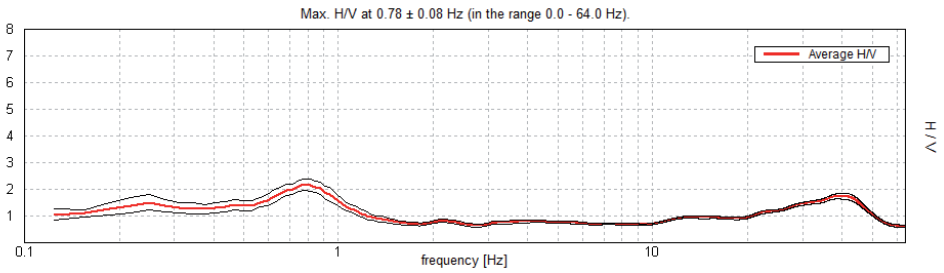
Prof. m da p.c.	DH	Gam	Gams	$\phi'$	cu	c'	Ed	E	v	Litologia
da m	a m	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	gradi	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		
0.00	0.60	1800.0	2100.0							terreno vegetale
0.60	1.20	1850.0	2150.0	18.0	0.65	0.07	60.0	80.0	0.50	Argilla limosa
1.20	2.00	1850.0	2150.0	15.0	0.50	0.05	45.0	60.0	0.45	limo argilloso sabbioso fine molle
2.00	3.60	1800.0	2100.0	15.0	0.40	0.04	41.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
3.60	4.60	1800.0	2100.0	14.0	0.45	0.05	40.0	55.0	0.45	Argilla limosa molle
4.60	5.40	1800.0	2100.0	15.0	0.40	0.04	41.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
5.40	5.80	1850.0	2150.0	17.0	0.60	0.06	60.0	58.0	0.45	Argilla limosa
5.80	6.60	1800.0	2100.0	15.0	0.40	0.04	41.0	55.0	0.50	Argilla limosa molle
6.60	8.20	1850.0	2150.0	15.0	0.50	0.05	45.0	60.0	0.45	limo argilloso sabbioso fine
8.20	8.60	1850.0	2150.0	17.0	0.60	0.06	60.0	58.0	0.45	Argilla limosa
8.60	10.00	1850.0	2150.0	15.0	0.50	0.05	45.0	60.0	0.45	limo argilloso sabbioso fine molle

## CARPI, VIA DELL'INDUSTRIA HVRS1

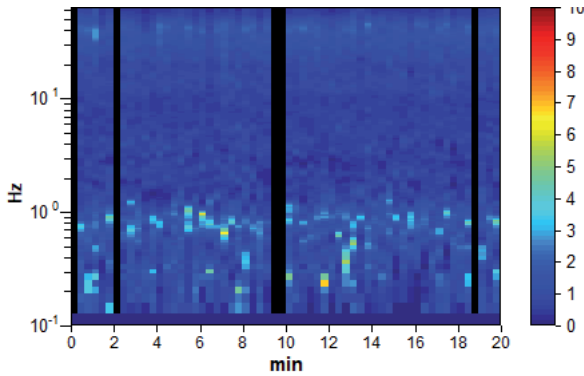
Instrument: TEN-0027/01-07  
 Data format: 16 bit  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 16/10/2001 09:16:51 End recording: 16/10/2001 09:36:52  
 Smoothing type: Triangular window  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; TRIG+ TRIG-  
 GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

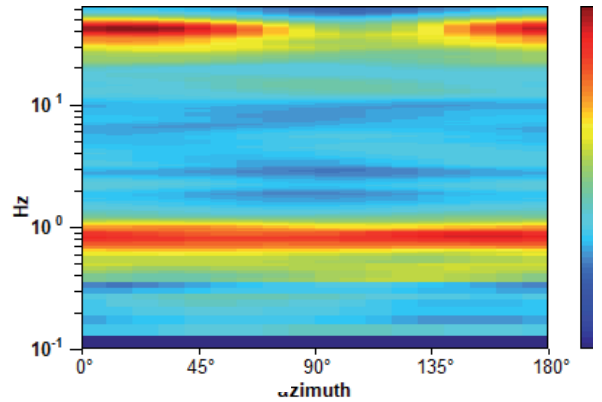
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



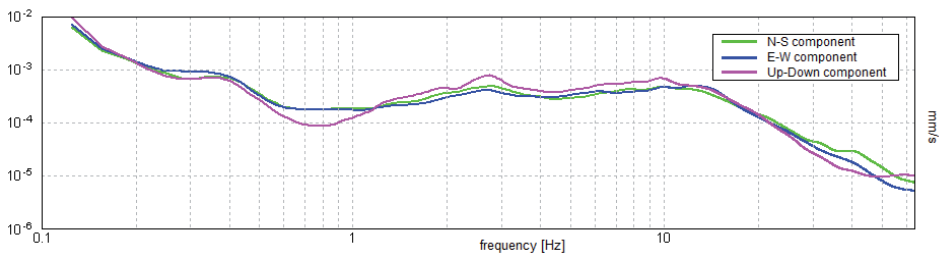
### H/V TIME HISTORY



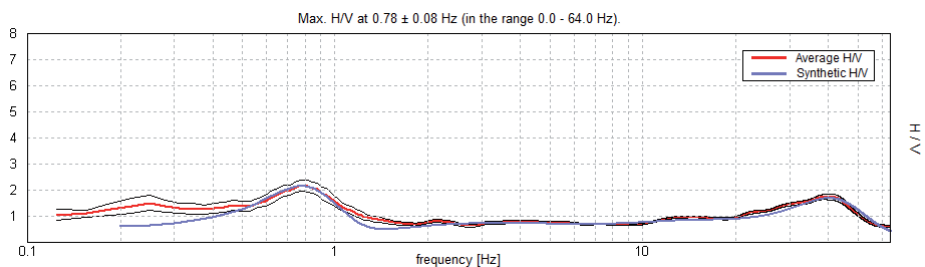
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



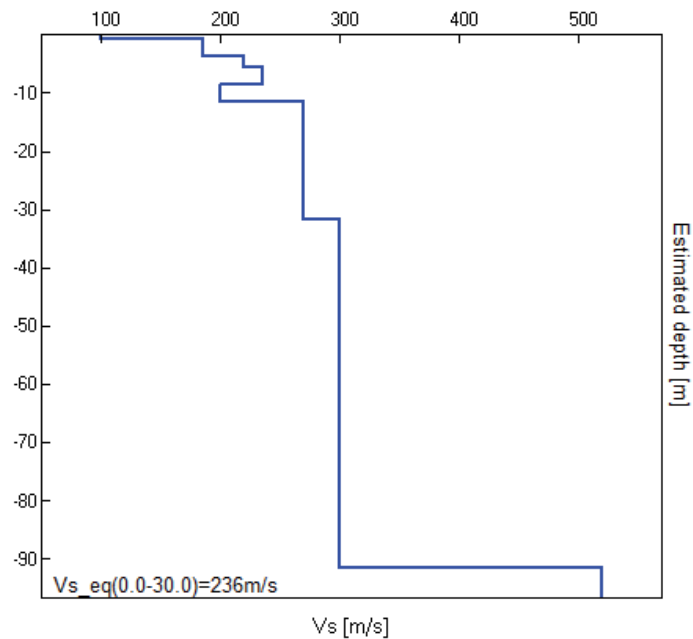
Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio

	Thickn. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Poiss.	Dens. [ $\text{t/m}^3$ ]
1	0.6	269	100	0.42	1.7
2	3	498	185	0.42	1.8
3	2	592	220	0.42	1.8
4	3	633	235	0.42	1.8
5	3	539	200	0.42	1.8
6	20	727	270	0.42	1.8
7	60	808	300	0.42	1.8
8	0	1400	520	0.42	1.9

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=236\text{m/s} \pm 15\text{ m/s}$   
**Terreno categoria C**

### Categoria C

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.





## Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 44,77754  
 longitudine: 10,857929  
 Classe: 2  
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 15613	Lat: 44,7549	Lon: 10,8162	Distanza: 4145,608
Sito 2 ID: 15614	Lat: 44,7564	Lon: 10,8866	Distanza: 3257,861
Sito 3 ID: 15392	Lat: 44,8064	Lon: 10,8843	Distanza: 3827,473
Sito 4 ID: 15391	Lat: 44,8049	Lon: 10,8139	Distanza: 4612,848

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 50anni  
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 30 [anni]  
 ag: 0,043 g  
 Fo: 2,511  
 Tc\*: 0,249 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 50 [anni]  
 ag: 0,054 g  
 Fo: 2,506  
 Tc\*: 0,265 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 475 [anni]  
 ag: 0,154 g  
 Fo: 2,575  
 Tc\*: 0,271 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 975 [anni]  
 ag: 0,205 g  
 Fo: 2,527  
 Tc\*: 0,277 [s]

## Coefficienti Sismici

### SLO:

Ss: 1,500  
 Cc: 1,660  
 St: 1,000  
 Kh: 0,013  
 Kv: 0,006  
 Amax: 0,630  
 Beta: 0,200

### SLD:

Ss: 1,500  
 Cc: 1,630  
 St: 1,000  
 Kh: 0,016  
 Kv: 0,008  
 Amax: 0,797  
 Beta: 0,200

### SLV:

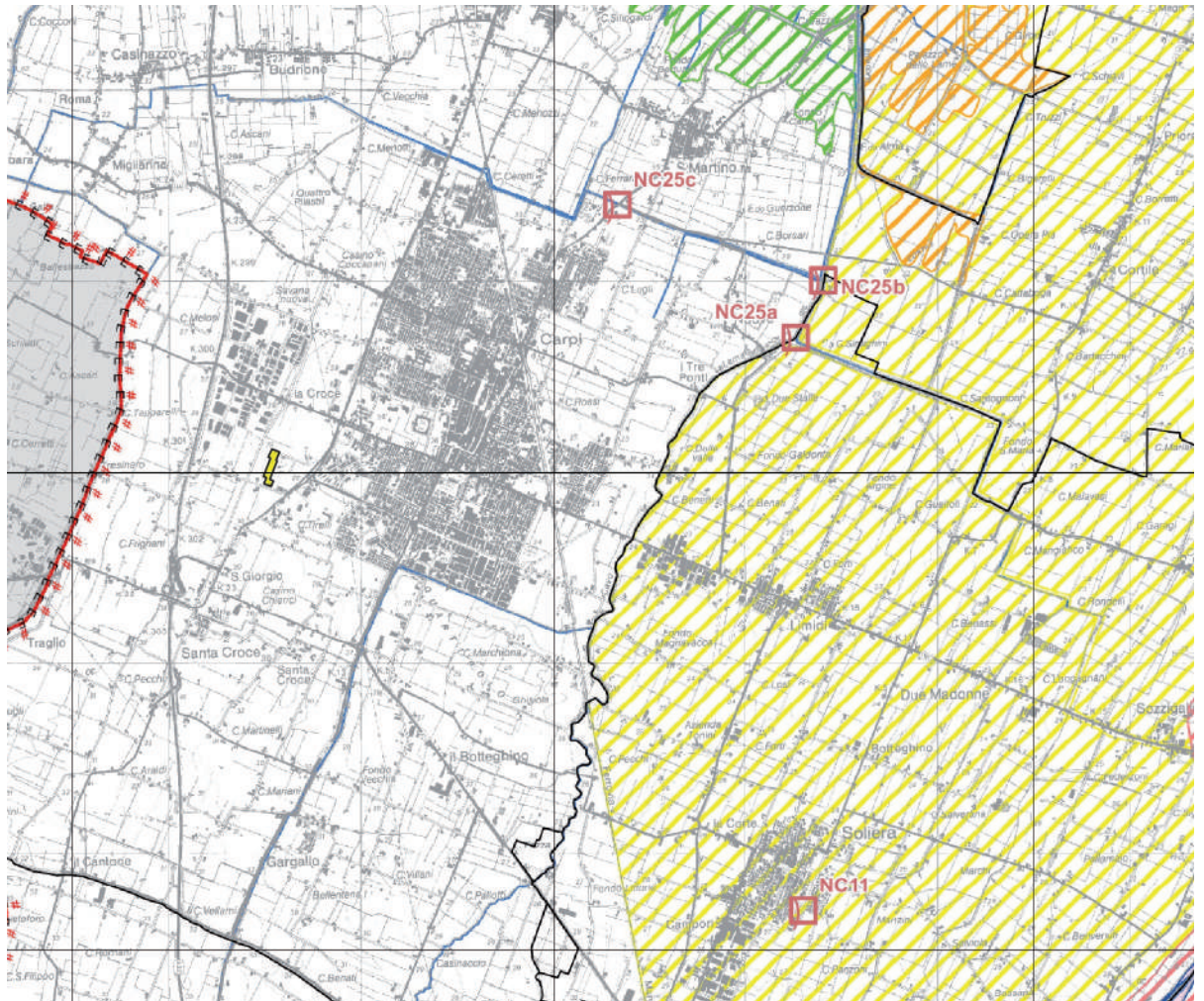
Ss: 1,460  
 Cc: 1,620  
 St: 1,000  
 Kh: 0,054  
 Kv: 0,027  
 Amax: 2,200  
 Beta: 0,240

### SLC:

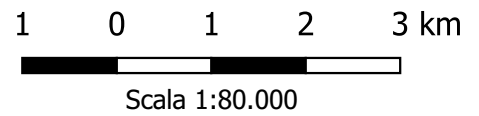
Ss: 1,390  
 Cc: 1,600  
 St: 1,000  
 Kh: 0,080  
 Kv: 0,040  
 Amax: 2,800  
 Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Coordinate WGS84  
 latitudine: 44.776604  
 longitudine: 10.856920



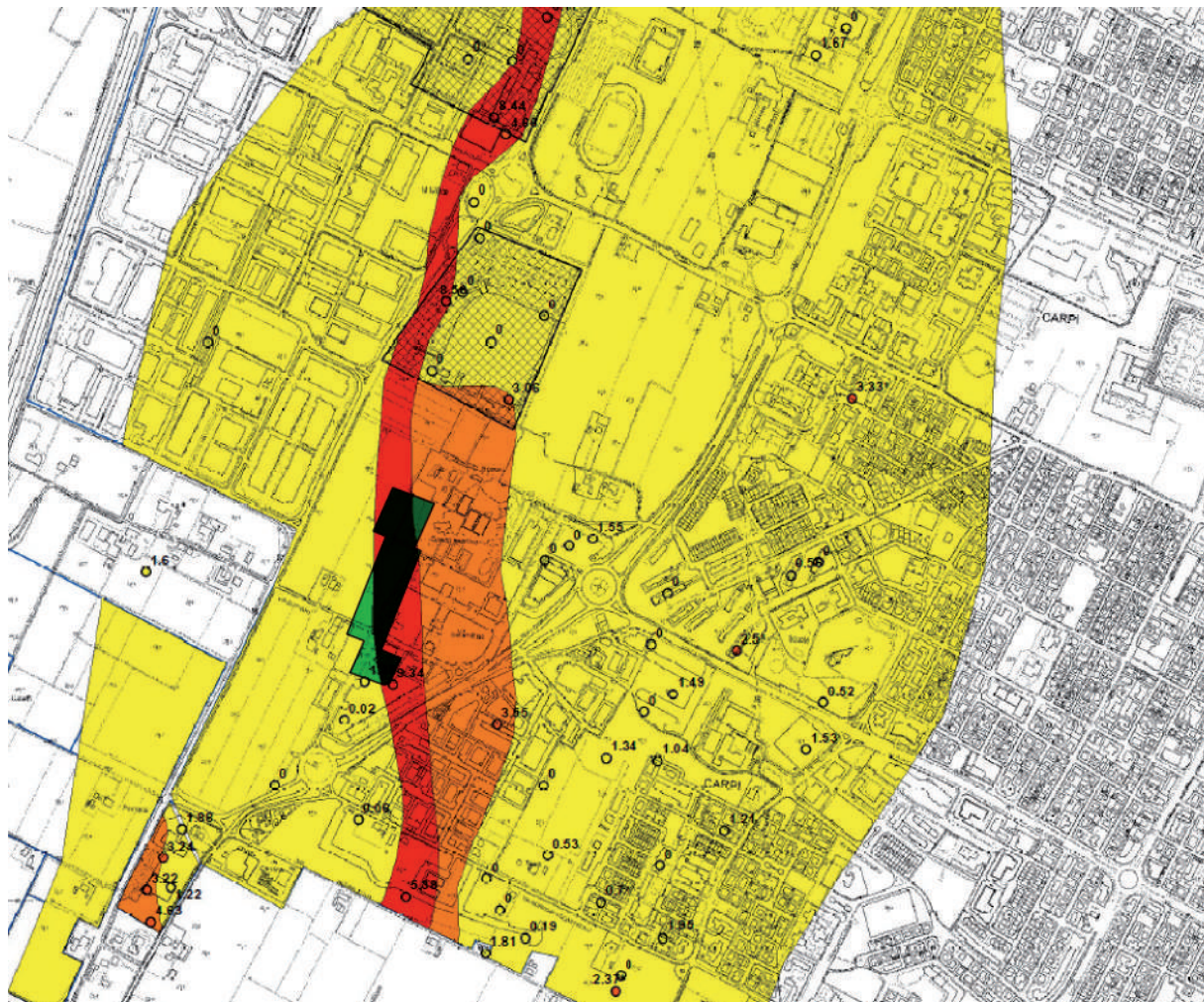
**ALLEGATO 4.1**  
 PTCP Provincia di Modena - 2009 -  
 Stralcio alla tavola 2.3.1  
 Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica



## LEGENDA:

Comparto F13




Aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica	
	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art.11)
	Aree golenali naturali ed artificiali
	Paleodossi di accertato interesse (Art.23A, comma 2, lettera a)
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)
	Fasce di espansione inondabili (Art.9, comma 2, lettera a)
	Limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11)






## LEGENDA:

 Comparto F13

### Aree a uguale "rischio" di liquefazione

-  Rischio di liquefazione basso,  $0 \leq IPL \leq 2$
-  Rischio di liquefazione moderato,  $2 < IPL \leq 5$
-  Rischio di liquefazione alto,  $IPL > 5$

### Valore puntuale dell'indice del potenziale di liquefazione

-  Rischio di liquefazione basso,  $0 \leq IPL \leq 2$
-  Rischio di liquefazione moderato,  $2 < IPL \leq 5$
-  Rischio di liquefazione alto,  $IPL > 5$

 Rischio di cedimenti post-sismici significativi

 Perimetro degli sviluppi considerati

250 0 250 500 m

Scala 1:15.000

ALLEGATO 4.2  
stralcio al  
PRG 2000  
Comune di Carpi  
MICROZONAZIONE SISMICA 3° LIVELLO DI  
APPROFONDIMENTO  
Carta di microzonazione sismica, livello 3°  
- Indice del potenziale di liquefazione e cedimenti



250 0 250 500 750 m  
 Scala 1:20.000

**ALLEGATO 4.3**  
 PTCP Provincia di Modena - 2009 -  
 Stralcio alla tavola 2.2. a.1  
 2.2 Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali

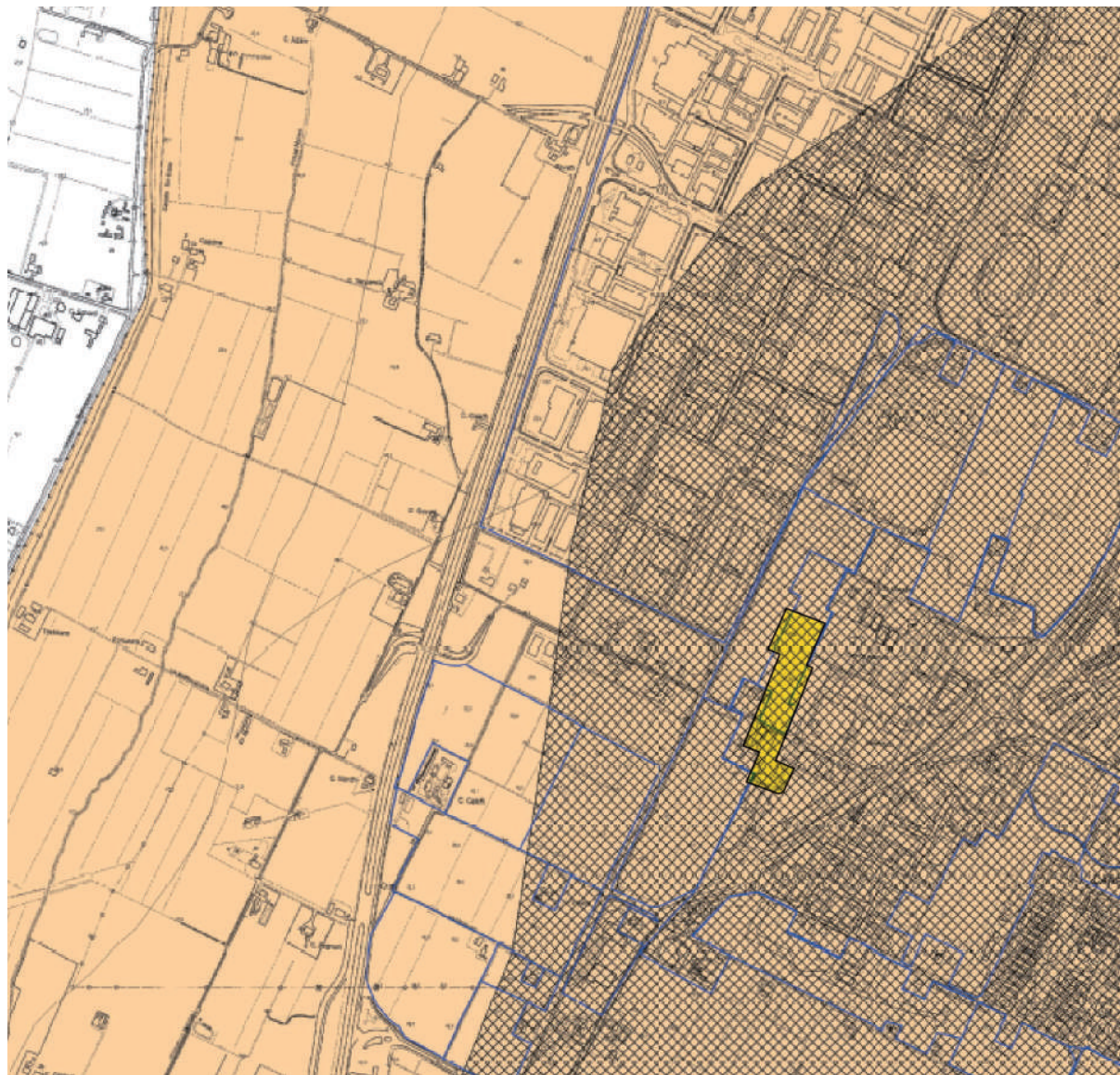
## LEGENDA:

 Comparto F13

7	<p><b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione</b>  <u>studi</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;  <u>microzonazione sismica</u>: approfondimenti di III livello.</p>
8	<p><b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti</b>  <u>studi</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;  <u>microzonazione sismica</u>: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>

# Allegato 4

Cartografic



250 0 250 500 750 m



Scala 1:15.000

**ALLEGATO 4.4**  
PRG 2000 Comune di Carpi  
Stralcio alla tavola 2  
Carta della microzonazione sismica di 2° livello FA-PGA

## Legenda

 Comparto F13


### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (FA PGA)

 1,5 - 1,6

 1,7 - 1,8

### Zone suscettibili di instabilità

 Liquefazioni

 Aree urbanizzate e urbanizzabili

### DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.35 m

### DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.575

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza  $V_{s30}=180-360$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.46

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico ( $M_w$ ) 6.14

Distanza epicentro 5 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.219

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza a attrito laterale fs (KPa)
1	limo argilloso	0	0.6	18	21	1400	53
2	limo argilloso	0.6	1	18.5	21.5	2350	150
3	argilla limosa	1	1.4	18.5	21.5	1750	250
4	argilla limosa	1.4	2.2	18.5	21.5	1050	57
5	argilla limosa	2.2	2.8	18	21	770	47
6	limo argillosa	2.8	4.2	18.5	21.5	1030	61
7	argilla limosa	4.2	5.4	18.5	21.5	1300	33
8	argilla limosa	5.4	8.8	18	21	925	61
9	argilla limosa	8.8	9.6	18.5	21.5	1400	68
10	argilla limosa	9.6	10.4	18.5	21.5	1580	68
11	argilla limosa	10.4	10.8	18.5	21.5	1650	100
12	argilla limosa	10.8	12.2	18.5	21.5	1400	93
13	argilla limosa	12.2	12.6	18.5	21.5	2100	80
14	limo argilloso	12.6	13.2	19	22	3270	170
15	Argilla limosa	13.2	14	18.5	21.5	1825	100
16	Sabbia limosa	14	15	21	22.5	2200	75

### Robertson Wride, 1998

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Nr.	Prof. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Press. Vert. (KPa)	Resist. Punta Norm Q	Attrito Lat. Norm. F(%)	Inf. Comp. Ic	Correz. Eff. CQ	Resist. Punta. qc1 (KPa)	Coeff. Riduz. (rd)	Resist. Liquef. (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coeff. Sic. Fs	Susc. Liquef.	Ind. Liquef	Risc.
1	2.55	47.300	45.339	15.940	6.503	3.046	1.7	95.101	0.980	0.160	0.087	1.833	N.L	0	Molto basso
2	2.75	51.500	47.577	15.102	6.541	3.065	1.7	98.088	0.979	0.168	0.090	1.856	N.L	0	Molto basso
3	2.95	55.775	49.891	19.527	6.261	2.969	1.7	112.210	0.977	0.211	0.093	2.267	N.L	0	Molto basso
4	3.15	60.075	52.230	18.570	6.289	2.987	1.7	115.501	0.976	0.223	0.096	2.331	N.L	0	Molto basso
5	3.35	64.375	54.568	17.696	6.317	3.003	1.7	118.751	0.974	0.236	0.098	2.404	N.L	0	Molto basso
6	3.55	68.675	56.907	16.893	6.345	3.020	1.7	121.963	0.973	0.249	0.100	2.483	N.L	0	Molto basso
7	3.75	72.975	59.246	16.154	6.374	3.035	1.68786	124.247	0.971	0.258	0.102	2.531	N.L	0	Molto basso
8	3.95	77.275	61.584	15.470	6.403	3.051	1.623789	122.532	0.970	0.251	0.104	2.418	N.L	0	Molto basso
9	4.15	81.575	63.923	14.837	6.432	3.066	1.564381	120.913	0.968	0.244	0.105	2.318	N.L	0	Molto basso
10	4.35	85.875	66.262	18.323	2.718	2.758	1.509168	87.099	0.967	0.141	0.107	1.323	N.L	0	Molto basso
11	4.55	90.175	68.600	17.636	2.728	2.772	1.457718	86.304	0.965	0.140	0.108	1.291	N.L	0	Molto basso
12	4.75	94.475	70.939	16.994	2.737	2.786	1.409661	85.551	0.964	0.138	0.110	1.262	N.L	0	Molto basso
13	4.95	98.775	73.278	16.393	2.747	2.800	1.364672	84.836	0.962	0.137	0.111	1.236	L	0.00	Molto basso
14	5.15	103.075	75.616	15.829	2.757	2.813	1.322465	84.157	0.961	0.135	0.112	1.212	L	0.00	Molto basso
15	5.35	107.375	77.955	15.299	2.767	2.826	1.282791	83.509	0.959	0.134	0.113	1.190	L	0.00	Molto basso
16	5.55	111.600	80.219	10.140	7.499	3.234	1.246592	112.257	0.958	0.212	0.114	1.861	N.L	0	Molto basso
17	5.75	115.800	82.457	9.814	7.538	3.247	1.212748	111.211	0.956	0.208	0.115	1.815	N.L	0	Molto basso
18	5.95	120.000	84.696	9.505	7.578	3.259	1.180693	110.210	0.954	0.204	0.115	1.772	N.L	0	Molto basso
19	6.15	124.200	86.935	9.212	7.617	3.270	1.150288	109.252	0.953	0.201	0.116	1.733	N.L	0	Molto basso
20	6.35	128.400	89.173	8.933	7.658	3.282	1.121411	108.333	0.951	0.198	0.117	1.696	N.L	0	Molto basso
21	6.55	132.600	91.412	8.668	7.698	3.294	1.093948	107.451	0.950	0.195	0.118	1.662	N.L	0	Molto basso
22	6.75	136.800	93.651	8.416	7.739	3.305	1.067797	106.605	0.948	0.193	0.118	1.630	N.L	0	Molto basso
23	6.95	141.000	95.889	8.176	7.781	3.316	1.042868	105.792	0.947	0.190	0.119	1.600	N.L	0	Molto basso
24	7.15	145.200	98.128	7.947	7.823	3.327	1.019076	105.010	0.945	0.188	0.119	1.573	N.L	0	Molto basso
25	7.35	149.400	100.367	7.728	7.865	3.338	0.9963459	104.258	0.944	0.185	0.120	1.547	N.L	0	Molto basso
26	7.55	153.600	102.605	7.518	7.908	3.349	0.9746075	103.534	0.942	0.183	0.120	1.522	N.L	0	Molto basso
27	7.75	157.800	104.844	7.318	7.951	3.359	0.9537973	102.837	0.941	0.181	0.121	1.499	N.L	0	Molto basso
28	7.95	162.000	107.083	7.125	7.995	3.370	0.9338573	102.166	0.939	0.179	0.121	1.478	N.L	0	Molto basso



# Allegato 5

## Liquefazione

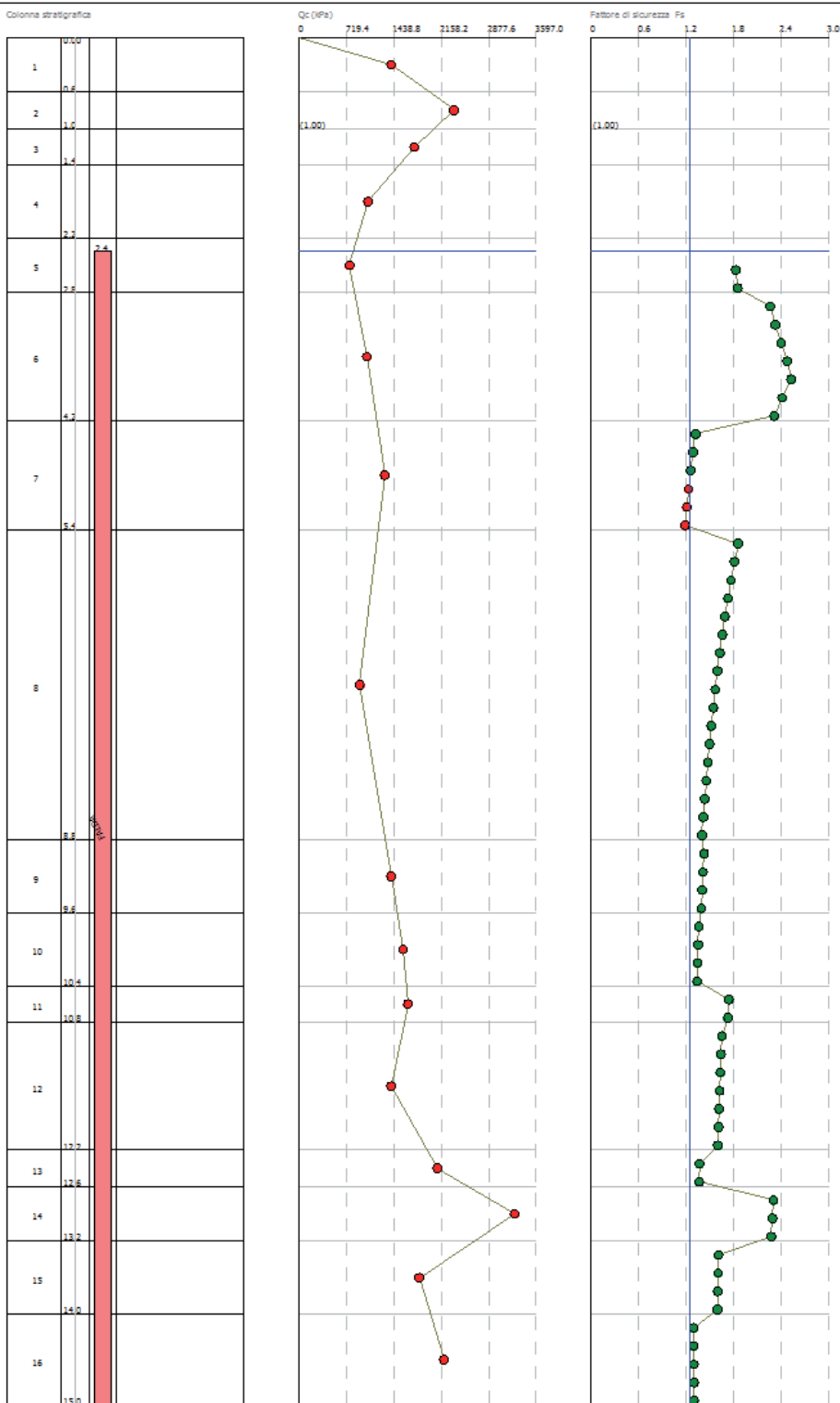
Nr.	Prof. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Press. Vert. (KPa)	Resist. Punta Norm Q	Attrito Lat. Norm. F(%)	Inf. Comp. Ic	Correz. Eff. CQ	Resist. Punta. qc1 (KPa)	Coeff. Riduz. (rd)	Resist. Liquef. (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coeff. Sic. Fs	Susc. Liquef.	Ind. Liquef	Risc.
29	8.15	166.200	109.321	6.941	8.039	3.380	0.9147339	101.518	0.938	0.177	0.122	1.458	N.L	0	Molto basso
30	8.35	170.400	111.560	6.764	8.084	3.390	0.8963778	100.894	0.936	0.176	0.122	1.439	N.L	0	Molto basso
31	8.55	174.600	113.799	6.594	8.129	3.401	0.8787441	100.292	0.935	0.174	0.122	1.421	N.L	0	Molto basso
32	8.75	178.800	116.037	6.431	8.175	3.411	0.8617909	99.711	0.933	0.172	0.123	1.404	N.L	0	Molto basso
33	8.95	183.075	118.351	10.282	5.588	3.148	0.8449435	101.101	0.932	0.176	0.123	1.432	N.L	0	Molto basso
34	9.15	187.375	120.690	10.047	5.608	3.157	0.8285705	100.496	0.930	0.174	0.123	1.416	N.L	0	Molto basso
35	9.35	191.675	123.029	9.822	5.628	3.166	0.8128201	99.910	0.924	0.173	0.123	1.406	N.L	0	Molto basso
36	9.55	195.975	125.367	9.604	5.648	3.174	0.7976573	99.341	0.919	0.171	0.123	1.396	N.L	0	Molto basso
37	9.75	200.275	127.706	10.804	4.929	3.098	0.7830499	97.683	0.914	0.167	0.122	1.363	N.L	0	Molto basso
38	9.95	204.575	130.045	10.577	4.944	3.106	0.7689677	97.161	0.908	0.165	0.122	1.356	N.L	0	Molto basso
39	10.15	208.875	132.383	10.357	4.959	3.114	0.7553833	96.655	0.903	0.164	0.122	1.349	N.L	0	Molto basso
40	10.35	213.175	134.722	10.146	4.975	3.122	0.7422704	96.162	0.898	0.163	0.121	1.342	N.L	0	Molto basso
41	10.55	217.475	137.061	10.452	6.981	3.204	0.729605	112.035	0.892	0.211	0.121	1.745	N.L	0	Molto basso
42	10.75	221.775	139.399	10.246	7.002	3.212	0.7173645	111.398	0.887	0.209	0.120	1.732	N.L	0	Molto basso
43	10.95	226.075	141.738	8.282	7.922	3.317	0.7055281	108.427	0.882	0.199	0.120	1.655	N.L	0	Molto basso
44	11.15	230.375	144.077	8.118	7.951	3.325	0.6940758	107.844	0.876	0.197	0.120	1.645	N.L	0	Molto basso
45	11.35	234.675	146.415	7.959	7.981	3.332	0.6829895	107.276	0.871	0.195	0.119	1.636	N.L	0	Molto basso
46	11.55	238.975	148.754	7.805	8.010	3.340	0.6722516	106.724	0.866	0.193	0.119	1.627	N.L	0	Molto basso
47	11.75	243.275	151.093	7.656	8.040	3.347	0.6618463	106.186	0.860	0.191	0.118	1.619	N.L	0	Molto basso
48	11.95	247.575	153.431	7.511	8.070	3.355	0.6517581	105.662	0.855	0.190	0.118	1.612	N.L	0	Molto basso
49	12.15	251.875	155.770	7.371	8.100	3.362	0.6419729	105.151	0.850	0.188	0.117	1.605	N.L	0	Molto basso
50	12.35	256.175	158.109	11.662	4.339	3.037	0.6324771	95.221	0.844	0.160	0.117	1.373	N.L	0	Molto basso
51	12.55	260.475	160.447	11.465	4.349	3.044	0.6232582	94.823	0.839	0.159	0.116	1.371	N.L	0	Molto basso
52	12.75	264.850	162.861	18.452	5.657	2.958	0.6140212	126.216	0.834	0.267	0.116	2.308	N.L	0	Molto basso
53	12.95	269.250	165.300	18.153	5.665	2.963	0.6049626	125.551	0.828	0.264	0.115	2.294	N.L	0	Molto basso
54	13.15	273.650	167.738	17.863	5.674	2.969	0.5961673	124.901	0.823	0.261	0.115	2.280	N.L	0	Molto basso
55	13.35	277.975	170.102	9.095	6.464	3.229	0.5878832	103.703	0.818	0.184	0.114	1.612	N.L	0	Molto basso
56	13.55	282.275	172.441	8.946	6.482	3.236	0.5799102	103.260	0.812	0.182	0.113	1.608	N.L	0	Molto basso
57	13.75	286.575	174.779	8.802	6.500	3.242	0.5721505	102.826	0.807	0.181	0.113	1.604	N.L	0	Molto basso
58	13.95	290.875	177.118	8.662	6.518	3.248	0.5645959	102.402	0.802	0.180	0.112	1.601	N.L	0	Molto basso
59	14.15	295.325	179.607	10.605	3.938	3.045	0.5567727	88.883	0.796	0.145	0.112	1.301	N.L	0	Molto basso
60	14.35	299.825	182.145	10.432	3.947	3.051	0.5490126	88.546	0.791	0.145	0.111	1.301	N.L	0	Molto basso

# Allegato 5

## Liquefazione

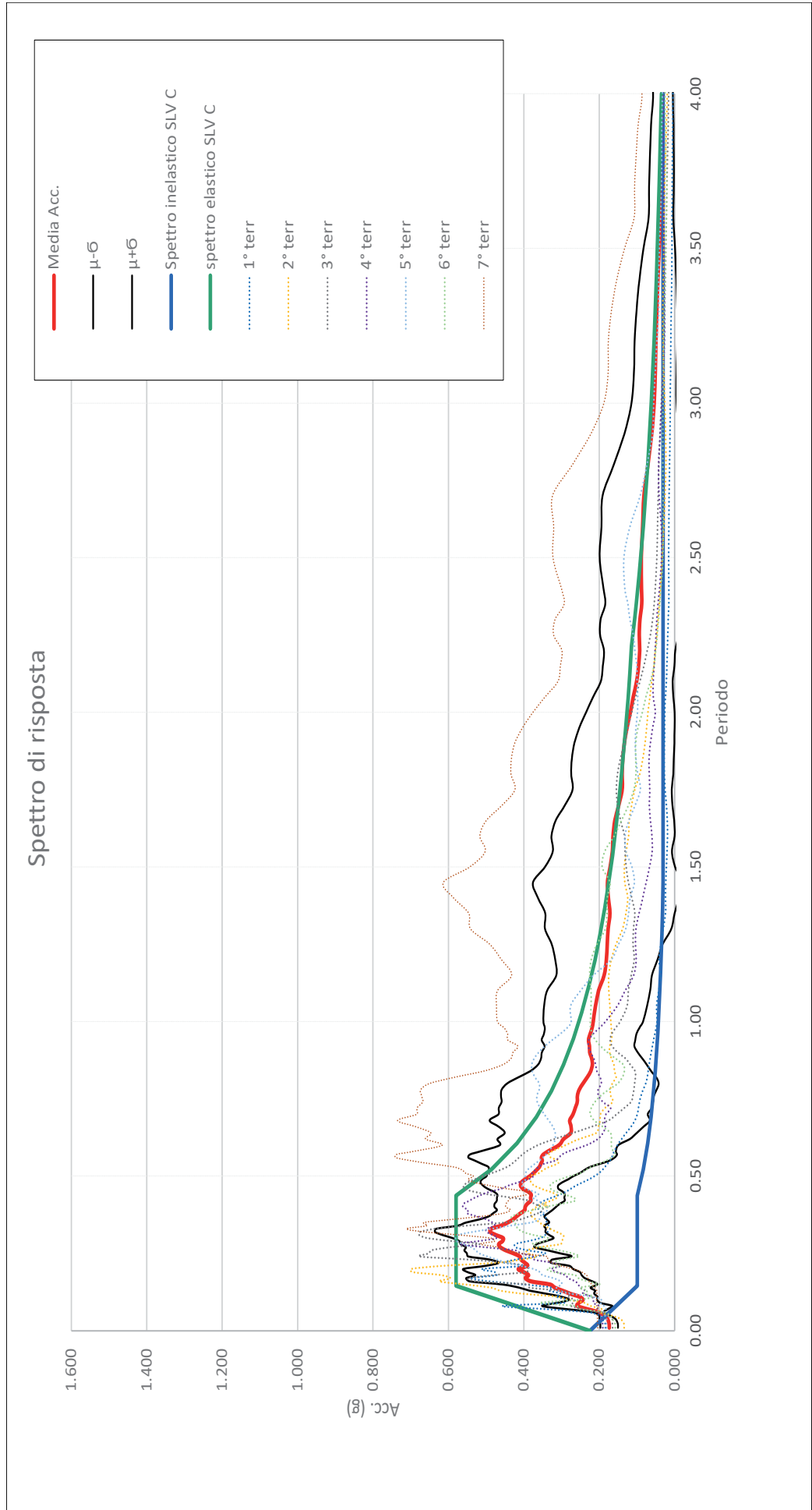
Nr.	Prof. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Press. Vert. (KPa)	Resist. Punta Norm Q	Attrito Lat. Norm. F(%)	Inf. Comp. Ic	Correz. Eff. CQ	Resist. Punta. qc1 (KPa)	Coeff. Riduz. (rd)	Resist. Liquef. (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coeff. Sic. Fs	Susc. Liquef.	Ind. Liquef	Risc.
61	14.55	304.325	184.684	10.264	3.956	3.057	0.5414659	88.216	0.786	0.144	0.110	1.302	N.L	0	Molto basso
62	14.75	308.825	187.223	10.101	3.966	3.064	0.5341238	87.894	0.780	0.143	0.110	1.304	N.L	0	Molto basso

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Basso

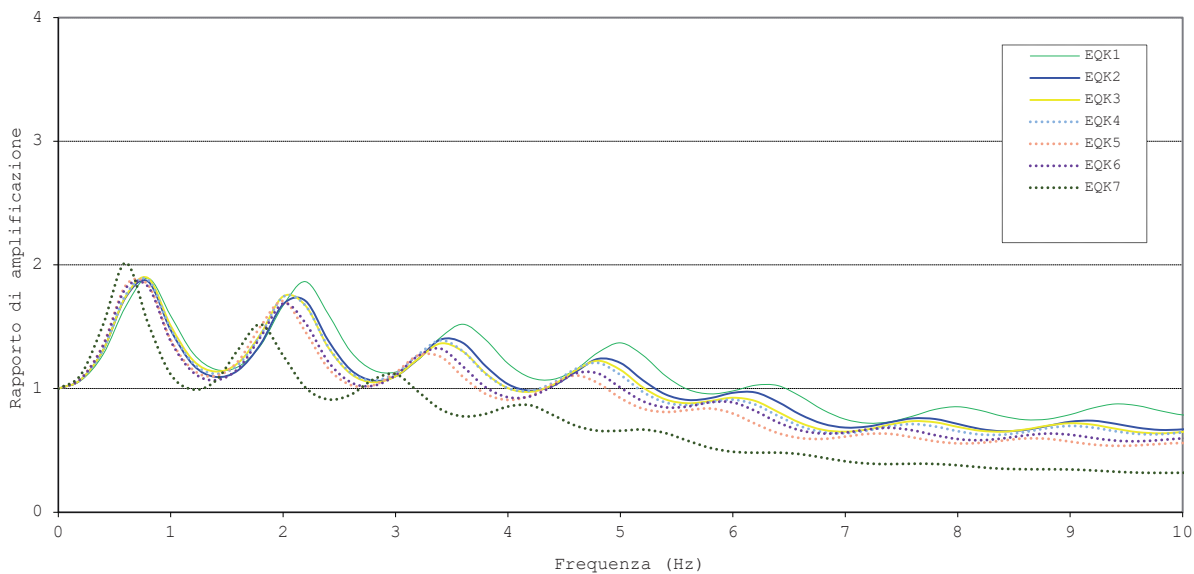


# Allegato 6

Analisi monodimensionale di sottosuolo stratificato



## Rapporto di amplificazione



	FREQ	RAPP. AMPL
EQK1	0.800	1.890
EQK2	0.800	1.870
EQK3	0.800	1.890
EQK4	0.800	1.880
EQK5	0.800	1.840
EQK6	0.800	1.820
EQK7	0.600	2.020
MEDIA	0.771	1.887

## Calcolo intensità Housner

	Fattore di amplificazione al suolo	Intensità di Housner		
	PGA/PGA0	SI/SI0 0,1 - 0,5	SI/SI0 0,5 - 1,0	SI/SI0 0,2 - 2,0
Spettro 1	1.17	1.30	1.47	1.40
Spettro 2	0.87	1.23	1.37	1.40
Spettro 3	1.07	1.26	1.53	1.44
Spettro 4	1.24	1.27	1.42	1.37
Spettro 5	1.17	1.17	1.30	1.32
Spettro 6	1.00	1.19	1.40	1.42
Spettro 7	1.33	1.08	1.18	1.34
<b>media</b>	<b>1.12</b>	<b>1.21</b>	<b>1.38</b>	<b>1.38</b>