

STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE  
DOTT. STEFANO MALAGUTI  
Via Otello Putinati, 67  
44123 Ferrara

09 GEN. 2013  
COMUNE DI FERRARA  
SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE  
Ufficio Piani Urbanistici Attuativi

Passerini Ivan  
Via Lampone  
44046 Montalbano (FE)

COMUNE DI FERRARA  
SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE  
Ufficio Piani Urbanistici Attuativi  
E GESTIONE


*[Handwritten signature]*

Intervento presso  
Via Lampone  
foglio 316 mappale n. 672  
44046 Montalbano (FE)

**RELAZIONE GEOLOGICO SISMICA**

**A NORMA D.M. 14.01.2008**

ELABORATO ALLEGATO A  
RICHIESTA DI PR. 99/13  
13 GIU. 2013  
CON CONDIZIONI



Registro Provinciale  
Geometri e Geometri Laureati  
Iscrizione Albo  
N. 1382  
*[Handwritten signature]*

Ferrara, 21.12.2012  
Prot. G.256.12  
Rev.00

Codice Fiscale: MLGSFN66R26D548R  
Partita IVA: 01474320387

Tel 0532.451993  
Fax 0532.711710

## **INDICE**

1.	INTRODUZIONE .....	3
2.	DESCRIZIONE DEL SITO DI INTERESSE.....	4
2.1	Ubicazione del sito ed estratti cartografici .....	4
2.1	Classificazione sismica.....	6
3.	MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	8
3.1.	DESCRIZIONE DELLE INDAGINI EFFETTUATE.....	8
3.2	MODELLAZIONE SISMICA .....	10
3.2.1	Spettro di risposta elastico .....	12
3.2.2	Definizione della categoria di sottosuolo .....	14
3.2.3	Verifica alla liquefazione .....	16
4.	CONCLUSIONI.....	18

## **ALLEGATI**

- Schede parametri geotecnici

## **1. INTRODUZIONE**

La presente relazione tecnica è stata redatta dallo scrivente Studio Geologico Ambientale su incarico del Signor Passerini Ivan, per studio sismico di area di proprietà sita in via Lampone, località Montalbano nel Comune di Ferrara, identificata catastalmente al foglio 316 mappale n. 672 del Comune di Ferrara.

Lo scopo del seguente elaborato è di fornire i parametri sismici per determinare la velocità delle onde s nei primi 30 metri in ottemperanza a quanto disposto dal **Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008** “*Norme tecniche per le costruzioni*”.

### **Quadro normativo di riferimento**

**Circ. LL.PP. 24.09.88 n. 30483**

**Ordinanza PCM n. 3519 del 28.04.2006** “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”

**Ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.2003** “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

**D.L. n. 112 del 31.03.1998**

**L. 2.02.74 n. 64**

**A.G.I.** Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini Giugno 1977

**UNI** Ente Nazionale Italiano di unificazione

## 2. DESCRIZIONE DEL SITO DI INTERESSE

### 2.1 Ubicazione del sito ed estratti cartografici

L'area in esame è ubicata in via Lampone, in località Montalbano nel Comune di Ferrara, ed è identificabile dalle seguenti coordinate:

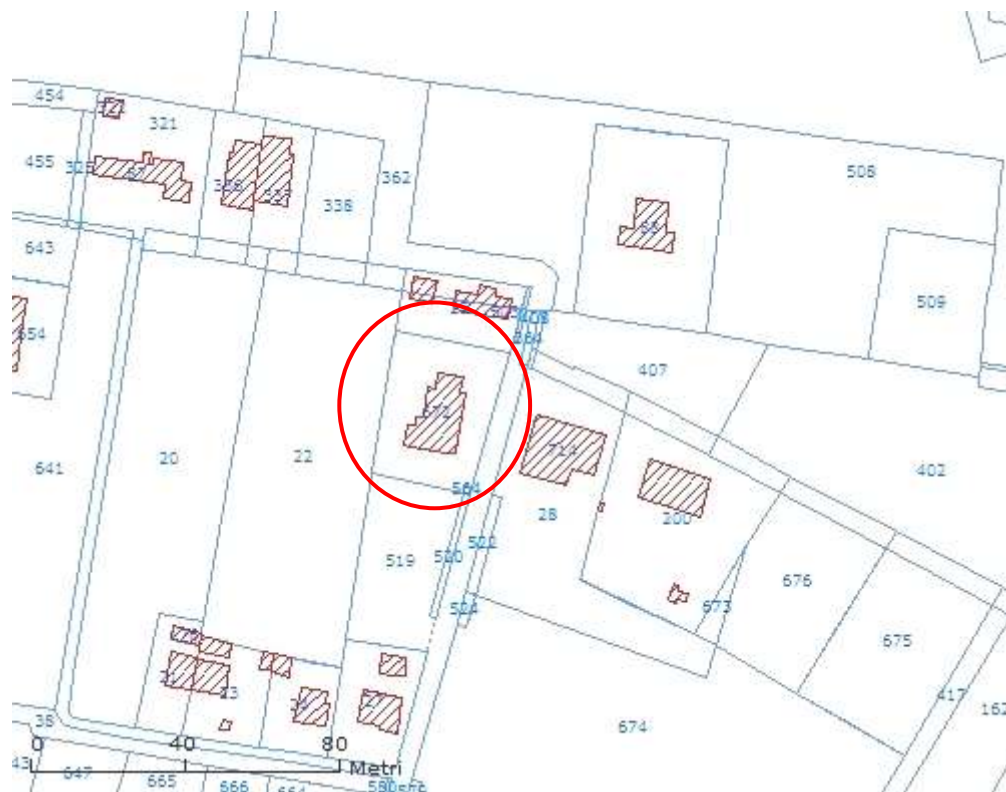
**44°47'47" N 11°34'37" E**

Di seguito si riporta fotogramma tratto da ripresa aerea dell'area di interesse.



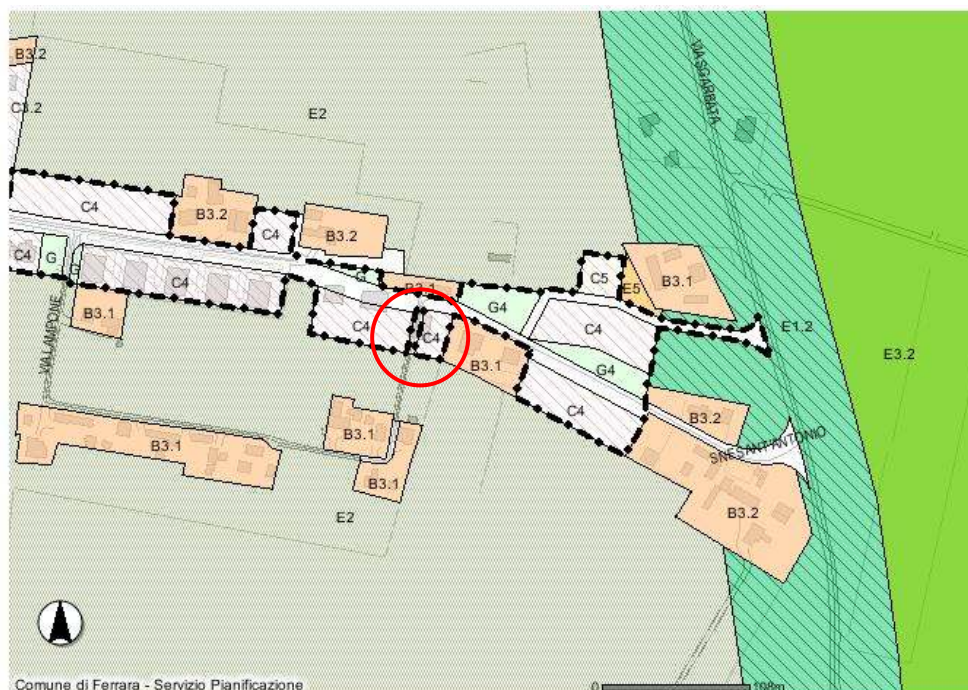
Figura 2.1: ortofoto con identificazione dell'area (fonte GoogleEarth)

Nella figura 2.2, di pagina seguente, è riportato invece l'estratto di mappa catastale; l'area di interesse è identificata dal Foglio 316 mappale 672 del Comune Censuario di Ferrara.



2.2: Estratto di mappa catastale

Nella figura 2.3 viene infine riportato uno stralcio del PRG del Comune di Ferrara. L'area in oggetto, rappresentata dal cerchio rosso è classificata come zona C4: **"Nuovi insediamenti di modeste dimensioni."**, regolamentata dall'Art. 30.4; l'area in oggetto risulta inoltre non interessata da aree di rispetto e vincoli.



2.3: Stralcio PRG del Comune di Ferrara

## 2.1 Classificazione sismica

In base al OPCM 3274/2003 la località di Montalbano (Fe) è stata collocata in **zona sismica 3**, quindi zona a bassa sismicità che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

La nuova normativa per le costruzioni NTC08, disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azione sismica, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni. L'obiettivo fondamentale della norma è di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi della Protezione Civile.

Nella figura 2.4 sottostante si riporta la Mappa di Pericolosità sismica della Regione Emilia Romagna, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; categoria A, punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008) e tratta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

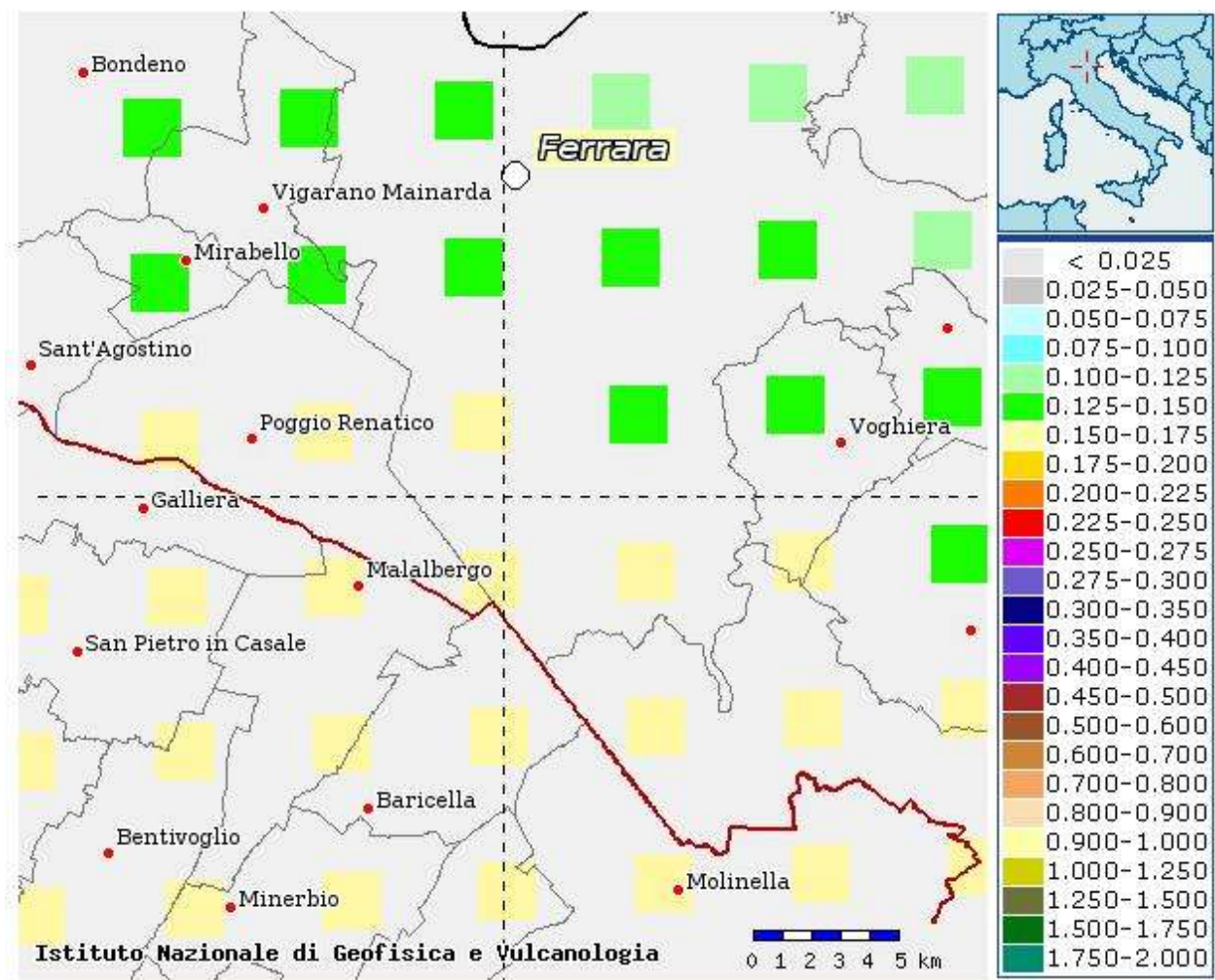


Figura 2.4: Mappa di pericolosità sismica a scala 1:200000(fonte INVG)

Come è possibile notare dall'immagine precedente, per l'abitato di Montalbano sono stati stimati valori di accelerazione al suolo compresi tra 0,150 e 0,175 g; per cui la zona è caratterizzata da una media pericolosità sismica.

In parziale deroga ed aggiornamento di quanto sopra e considerando i recenti eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, nel presente elaborato vengono utilizzati come parametri di riferimento quelli misurati in occasione dei suddetti eventi, ovvero Magnitudo di riferimento pari a **5,9** e accelerazione orizzontale massima in superficie di **0,2636**.

### 3. MODELLAZIONE GEOLOGICA

#### 3.1. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI EFFETTUATE

Per la seguente relazione è stata utilizzata un'indagine già effettuata il 16/04/2007 nelle vicinanze del lotto (fig.3.1) La Prova penetrometrica statica (CPT) spinta ad una profondità di 30 metri dal piano campagna è utile principalmente all'identificazione delle caratteristiche granulometriche dei terreni presenti in sito nonché alla determinazione della classe di suolo di appartenenza in relazione al valore delle  $V_{s30}$  così come richiesto dalla OPCM 3274.

Il riconoscimento avviene in base ai valori di resistenza alla punta e di attrito laterale riscontrati durante la penetrazione.

Le prova penetrometrica statica CPT (*Cone Penetration Test*) è stata eseguita mediante penetrometro statico modello Pagani auto ancorante, con spinta massima pari a 20 t, e punta standard tipo Begemann in accordo con la procedura di riferimento dell'Associazione Geotecnica Internazionale (ISSMFE).

I parametri della prova sono ottenuti mediante le seguenti relazioni energetiche:

*resistenza alla punta*

$$q_c = R_p = Q_c / A_c$$

*resistenza unitaria di attrito laterale locale*

$$f_s = R_l = Q_s / A_s$$

*rapporto della resistenza (Friction Ratio)*

$$Rf (\%) = 100 f_s / q_c$$

*indice delle resistenze (Friction Index)*

$$q_c / f_s \quad (f_s, q_c \text{ misurate alla stessa}$$

*profondità)*

In particolare risulta:

$Q_c$  = carico assiale agente sulla punta conica

$Q_s$  = forza di attrito per infiggere il manicotto

$A_c$  = area di base del cono

$A_s$  = superficie laterale del manicotto

La prova CPT trova le seguenti applicazioni:

- ricostruire l'andamento stratigrafico lungo la verticale investigata;
- individuare i tipi di terreno attraversati;
- interpolare l'andamento degli strati fra sondaggi diversi.



I parametri ottenuti da una prova penetrometrica statica CPT possono essere utilizzati per valutare:

- l'angolo di attrito e la compressibilità drenata dei terreni granulari;
- la resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi.

Da notare che la procedura di riferimento indica l'espressione di  $q_c$  e  $f_s$  in Pa, kPa o MPa; per una migliore comprensione dei dati si è preferito esprimere i parametri in Kg/cm<sup>2</sup>.



Fig. 3.1: Ubicazione CPT

### 3.2 MODELLAZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedimentazione per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta dinamica, che va controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese. Per fare ciò risulta indispensabile definire le caratteristiche geolitologiche e geotecniche dei sottosuoli di fondazione.

La pericolosità sismica è definita dal D.M. 2008 in termini di "accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ ".

I dati di input necessari alla definizione degli spettri elastici e di progetto del sito in esame sono:

1. coordinate geografiche del sito
2. vita nominale della struttura
3. classe d'uso e periodo di riferimento
4. topografia

1. Coordinate geografiche del sito WGS84 (punto centrale del lotto):

**44,7500 Lat      11,5713 Long**

2. La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE	VITA NOMINALE $V_N$ (in anni)
Opere provvisorie, opere provvisionali e strutture in fase costruttiva.	$\leq 10$
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute e di importanza normale	$\geq 50$
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\leq 100$

3. Le strutture sono poi distinte in classi d'uso a seconda del tipo di affollamento che si prevede ci sarà all'interno della struttura oggetto di analisi.

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica

Per ciascun tipo di classe d'uso è associato un coefficiente d'uso  $C_u$  utile al calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R$ . Le azioni sismiche vengono difatti valutate in relazione ad un periodo di riferimento che si ricava, per ciascuna costruzione, moltiplicando la vita nominale per il coefficiente d'uso secondo la formula di seguito riportata:

$$V_R = V_N \times C_u$$

nella quale i valori di  $C_u$  sono riportati di seguito:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0.7	1	1.5	2

Per il caso in oggetto si osserva che, considerando vita nominale ( $V_N$ ) pari a 50 anni ed una classe d'uso II (coefficiente  $C_u$  pari a 1,0), il periodo di riferimento ( $V_R$ ) è dato da:

$$V_R = 50 \text{ anni}$$

4. La nuova normativa prende inoltre in considerazione le condizioni topografiche sito specifiche, affermando la necessità di predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale nel caso di condizioni topografiche complesse, mentre per configurazioni superficiali semplici può essere adottata la seguente classificazione.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza di cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza di cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

### 3.2.1 Spettro di risposta elastico

Lo spettro di risposta è un diagramma che fornisce il massimo valore medio dell'accelerazione relativa ad un oscillatore semplice in funzione del suo periodo fondamentale.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri sul sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima attesa

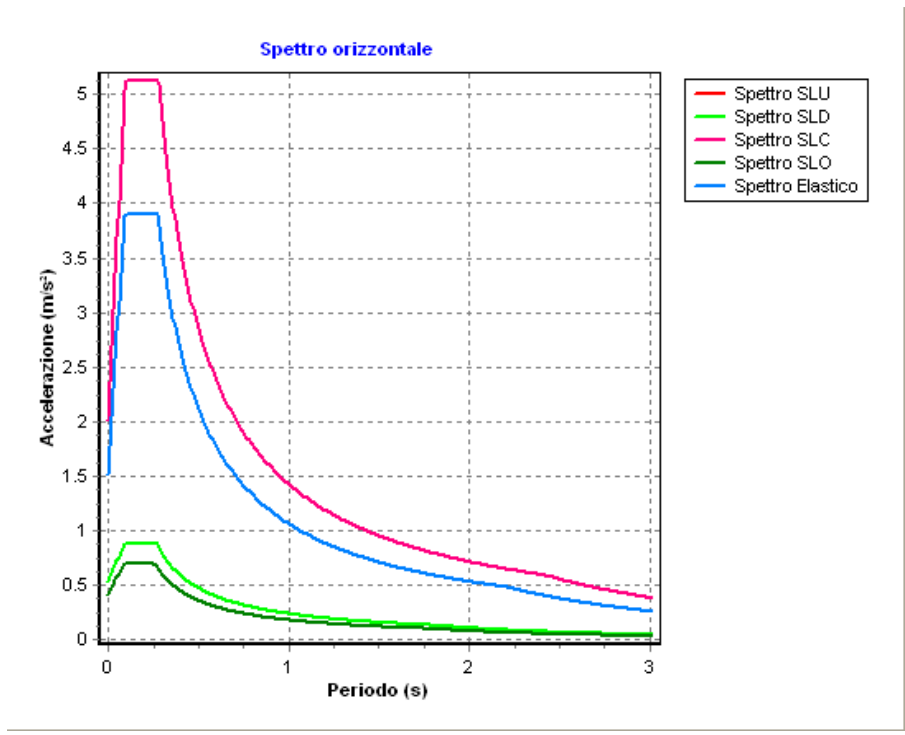
$F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

$T^*_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi parametri sono calcolati in funzione del "reticolo di riferimento" riportato in allegato B alle NTC '08.

Per il sito in oggetto ed in riferimento agli stati limite di esercizio (SLD e SLO) e ultimi (SLV e SLC) si osserva:

	$T_R$	$a_g$	$F_0$	$T^*_c$
<b>SLO</b>	31	0.042	2.523	0.259
<b>SLD</b>	51	0.055	2.464	0.270
<b>SLV</b>	475	0.154	2.589	0.272
<b>SLC</b>	975	0.206	2.536	0.279



### 3.2.2 Definizione della categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori di velocità sismica equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità.

Effettuando l'elaborazione dalla CPT per il calcolo delle velocità delle onde di taglio mediante la correlazione di "Jamiolkowski et al. 1985", per i singoli strati identificati con la prova CPT, risulta:

	Prof. Strato (m)	Vs (m/s)
Strato 2	3,00	223
Strato 3	5,00	229,77
Strato 4	7,40	197,61
Strato 5	8,40	225,90
Strato 6	9,60	205,10
Strato 7	16,40	229,46
Strato 8	18.20	309,88
Strato 9	25,00	411,02
Strato 10	30	307.98

STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE  
DOTT. STEFANO MALAGUTI  
Via O. Putinati. 67 - Ferrara (FE)

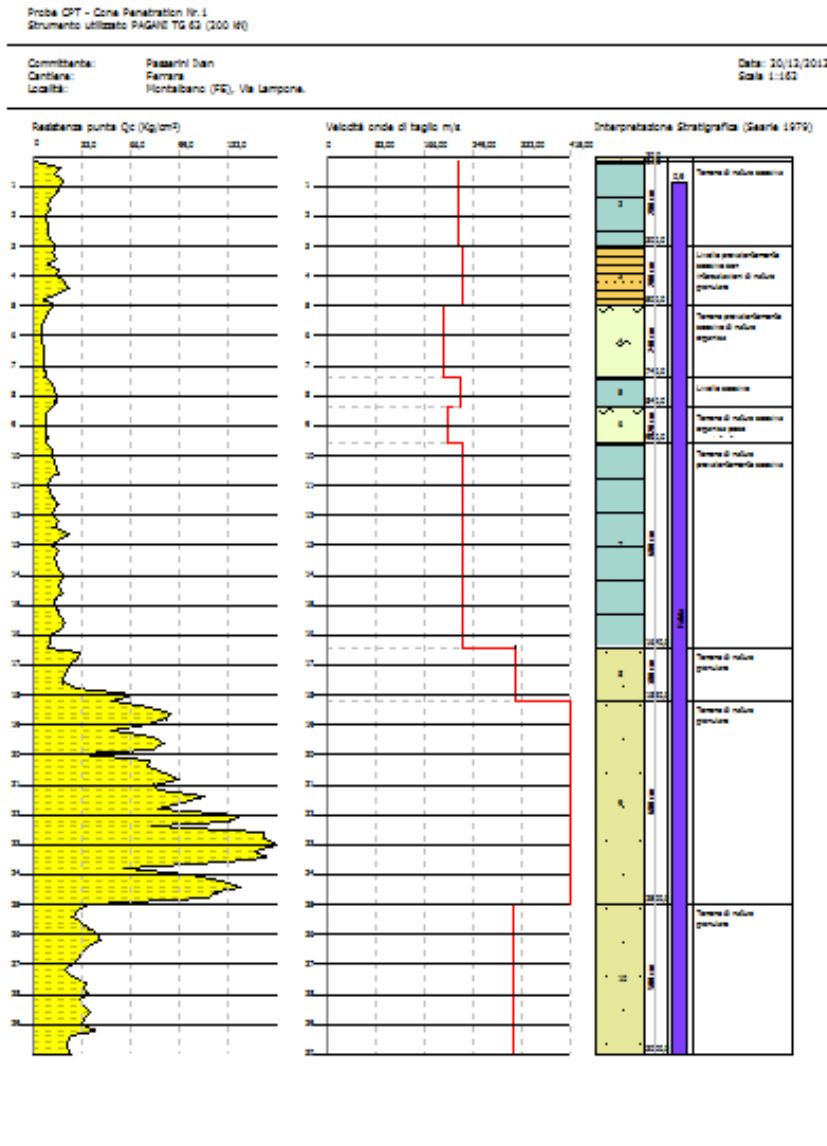


Figura 3.2: grafico velocità onde di taglio

I valori della Vs30, media ponderata dei valori delle velocità dell'onda di taglio "S" nei primi 30 m di sottosuolo indagato, risultano pari a 214,71 m/s.

Pertanto, in riferimento ad entrambe le elaborazioni sopra riportate ed alla tabella del cap. 3.2.2 del D.M. 14/01/2008, il sito esaminato presenta un sottosuolo di **categoria C** ovvero: **“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.”**

### 3.2.3 Verifica alla liquefazione

Un'altro importante aspetto della determinazione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei suoli in esame, è lo studio della suscettibilità alla liquefazione dei depositi presenti. Il termine liquefazione indica quei fenomeni di sollecitazione transitoria ma ripetuta che danno luogo alla perdita di resistenza al taglio o di accumulo di deformazioni plastiche in terreni incoerenti e saturi.

Il verificarsi di fenomeni di liquefazione non necessariamente produce una perdita di funzionalità o un collasso delle strutture interagenti con il terreno. Quando il fenomeno è innescato, riduzioni significative di capacità portante e cedimenti relativi sono in funzione dei diversi parametri sito specifici tra cui lo spessore e l'estensione areale dello strato liquefatto, lo spessore del materiale non soggetto a liquefazione che ricopre lo strato liquefatto, la pendenza del terreno e l'eventuale prossimità di una superficie libera.

Secondo la normativa italiana il sito presso il quale deve essere ubicato un manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii e/o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili a liquefazione.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- Eventi sismici attesi con magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0.1g$ ;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 Kpa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 Kpa;



- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate dalla figura 3.3 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in figura 3.4 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .

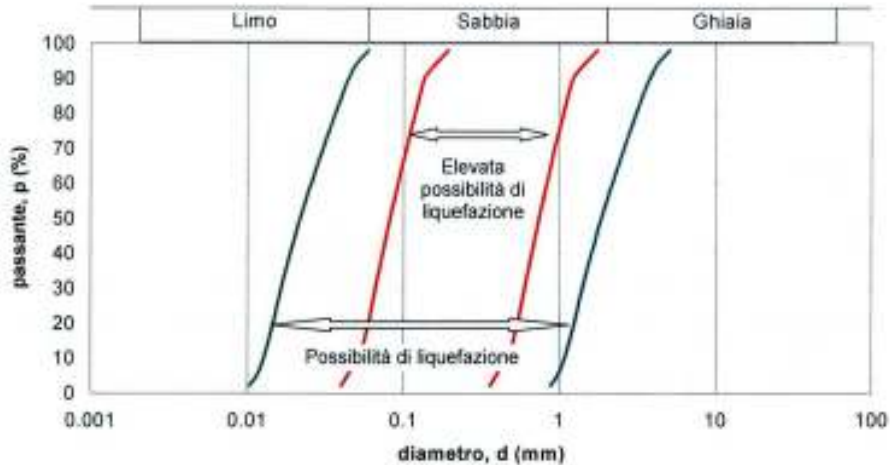


Figura 3.3: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione ( $U_c < 3.5$ )

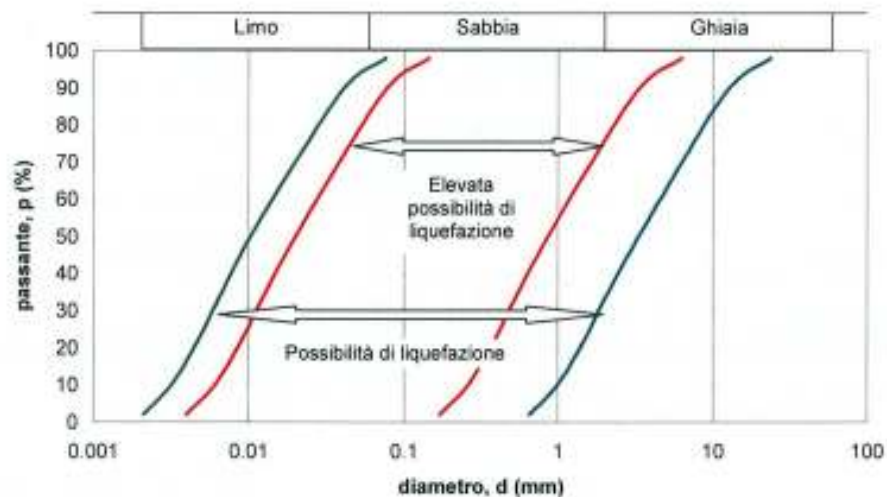


Figura 3.4: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione ( $U_c > 3.5$ )

Dalle risultanze delle prove eseguita si evince l'assenza nell'area indagata di "strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda" che potrebbero, in determinate condizioni, dare vita a fenomeni di liquefazione e conseguente instabilità delle strutture presenti almeno sino alla profondità di circa 15 m dal p.c.

#### 4. CONCLUSIONI

Lo studio condotto ha permesso di definire la tipologia ed il comportamento del sottosuolo presente nell'area oggetto di studio.

Dall'elaborazione della prova CPT effettuata nell'area oggetto di studio, è stata determinata la classificazione sismogenetica del sito, appartenente alla categoria "C" **“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.”**

Infine data la natura litologica sito specifica, non sussistono problemi legati a fenomeni di liquefazione dei terreni saturi posti a profondità inferiori di 15 m dal p.c. di riferimento.

Ferrara, 21/12/2012

Dott. Geol. Stefano Malaguti



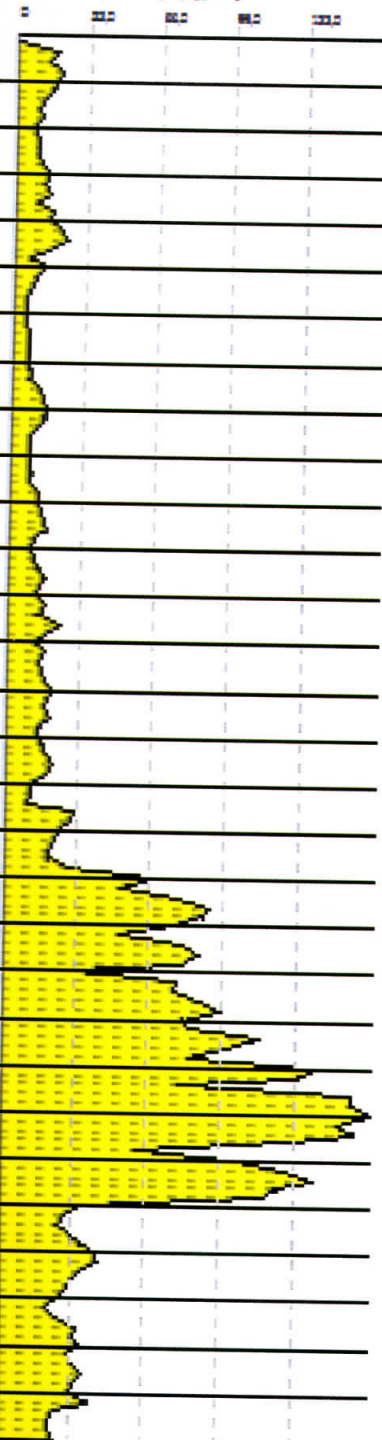
**ALLEGATI**

Probe CPT - Cone Penetration N.1  
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

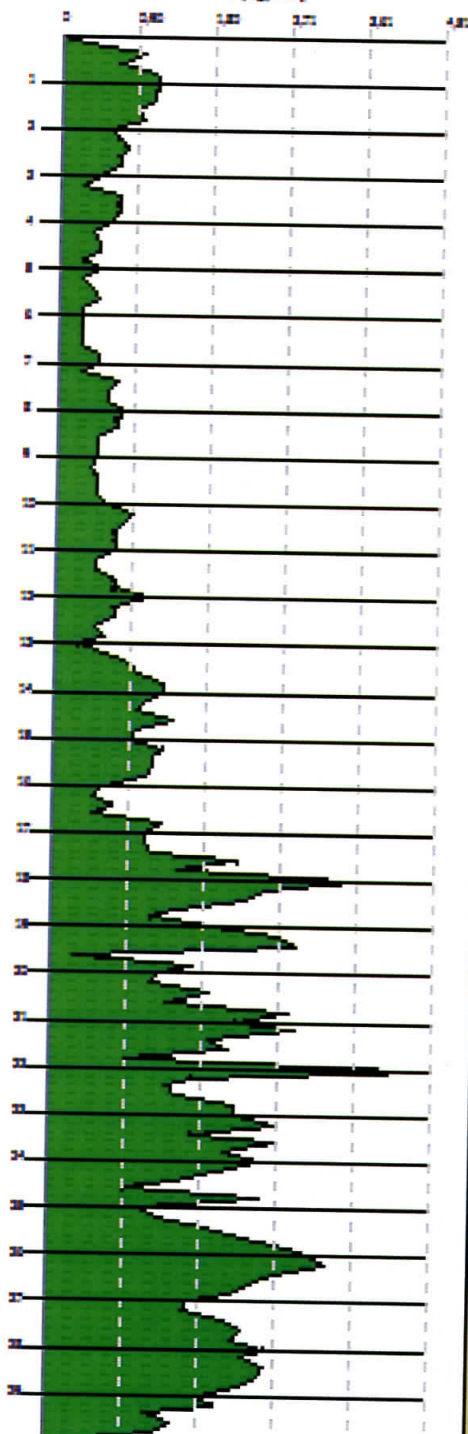
Committente: Passerini Dan  
 Cantiere: Ferrara  
 Località: Montalbano (FE), Via Lampona.

Data: 20/12/2012  
 Scala: 1:100

Resistenza punta  $Q_p$  (Kg/cm<sup>2</sup>)



Resistenza laterale  $F_s$  (Kg/cm<sup>2</sup>)



Interpretazione Stratigrafica (Scala 1:100)

