

*Dott. Ildo Facchini geologo Fiorano - Modena - tel/fax 0536/844233 e-mail Ildo.facchini@dn.it*

**COMUNE DI FIORANO MODENESE PROVINCIA DI MODENA**

*Comune in zona sismica 2 (Ordinanza P.C.M. N. 3274/2003)*

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E  
SISMICA PER LA COSTRUZIONE  
DI UN FABBRICATO DI  
ABITAZIONE CIVILE**

*a Spezzano, via Ghiarella*

**D.M. 14.1.2008 - NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI 2008**



**Committente: Signor Indulti Giovanni**

**Fiorano Novembre 2014**

## **PREMESSA.**

Su incarico del signor **Indulti Giovanni** si elabora la seguente relazione geologica e geotecnica a corredo del progetto per la realizzazione di un fabbricato di civile abitazione in comune di Fiorano, località Spezzano, via Ghiarella. Il lotto esaminato è individuabile catastalmente al foglio 23 del comune di Fiorano Modenese, mappale .....

Scopo del lavoro è fornire al Progettista la modellazione geologica del primo sottosuolo, indicazioni sulle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione nonché sulla tipologia e dimensionamento delle strutture d'appoggio.

Il presente elaborato si produce anche al fine di caratterizzare il sito di intervento a seguito della nuova classificazione del territorio del comune di Fiorano Modenese come "**Zona sismica 2**". Si tiene altresì conto del D.M. 14 Gennaio 2008 e delle Norme Tecniche sulle Costruzioni del 2008.

## **MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO ED INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**(§ 6.2.1 DM 14.1.2008)**

### **INQUADRAMENTO GEO - MORFOLOGICO.**

La zona studiata si trova nella fascia Sud Est dell'abitato di Spezzano, immediatamente a Sud della via Ghiarella ed a Nord della Via Don Minzoni, su una superficie sub pianeggiante pur con leggera pendenza verso Nord ed è posta ad una quota media valutabile in 138 metri s.l.m.

I terreni affioranti, di ambiente continentale almeno per la porzione più superficiale, sono costituiti in prevalenza da limi sabbiosi ed argillosi, bruni e grigiastri, con lenti di ghiaia di profondità e spessore variabili che precedono i depositi marini delle argille azzurre del Pleistocene – Pliocene superiore. Una delle ultime classificazioni di questi terreni li attribuisce al "Sistema Emiliano Romagnolo superiore", Unità di Modena di età molto recente (post. VI secolo d.C.).

La stabilità dell'area si valuta positivamente, non riscontrandosi elementi perturbatori degni di nota. Trattandosi poi di un sito a pendenza praticamente nulla, il **coefficiente di amplificazione topografica** può essere ovviamente assunto pari a **uno**.

### **CONDIZIONI IDROLOGICHE.**

L'idrografia superficiale della zona è in pratica rappresentata, nell'intorno del lotto in esame, dal solo torrente Fossa che passa ottanta di metri a Est - Nord Est. Questo corso d'acqua è caratterizzato da un regime essenzialmente torrentizio ed alterna periodi di magra con momenti

caratterizzati da piene tumultuose che non provocano però, in genere, esondazioni verso i siti limitrofi.

Come si è potuto appurare in diverse occasioni, le sezioni di deflusso sono, seppur irregolari, solitamente adeguate a smaltire le portate di piena anche se, come più volte ribadito, è opportuno regolarizzarne l'alveo ripulendolo anche dalla vegetazione evidente soprattutto nel tratto Nord.

Nel tratto prossimo al nuovo fabbricato il corso d'acqua risulta marcatamente incassato rispetto al circostante piano campagna e in questa fascia, partendo da Torre Oche a Sud, prevale soprattutto l'attività erosiva parzialmente ovviata con la recente realizzazione di briglie a monte della passerella pedonale che collega la via Don Minzoni con la via per Nirano. Opportuna la realizzazione di una o più briglie anche a valle di questa passerella almeno fino al ponte sulla via Ghiarella.

Eventi atmosferici eccezionali, quali quelli verificatisi nel Giugno 2008, hanno poi confermato la necessità di una più accurata manutenzione dell'alveo del corso d'acqua, peraltro non di competenza dei privati; da non sottovalutare poi il possibile afflusso di acqua proveniente dalla via Fiandri e dalla via don Minzoni sempre in caso di anomale precipitazioni.

Per contrastare allagamenti dei vani seminterrati in progetto, peraltro non probabili, si farà affidamento anche sui muretti di confine e sull'innalzamento sia dei marciapiedi che degli accessi carrai e pedonali rispetto all'attuale strada di accesso.

Possibile anche una discretamente avvertibile circolazione idrica a piccola profondità, alimentata sia dal Fossa che dalle venute d'acqua da monte, che si imposta comunque a quote superiori a quella di posa delle fondazioni della futura zona seminterrata.

Lo studio effettuato dallo scrivente per le autorimesse realizzate verso il confine Sud, poco oltre l'edificio storico ristrutturato, ha individuato la falda attorno ai tre metri dal piano campagna (livello statico del pozzo adiacente l'edificio ristrutturato) ma con prevedibili oscillazioni in caso di variazioni di piovosità o della quota di morbida e piena del Fossa. Uno dei due saggi effettuati recentemente sul lotto ha evidenziato un arricchimento d'acqua oltre i due metri di profondità.

Di solito comunque la freatica si imposta al passaggio tra le ghiaie di sub alveo ed le argille plio – pleistoceniche del sub strato messe in evidenza da uno dei saggi succitati.

**CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE.**

Le caratteristiche del primo sottosuolo sono note da diversi studi ed indagini eseguiti in zona od in aree stratigraficamente analoghe; nello specifico si fa riferimento a due prove penetrometriche dinamiche pesanti (D.P.H.) effettuata in occasione della ristrutturazione della villa a Sud (vedi ubicazione) con uno strumento automatico **certificato Pagani Geotechnical Equipemts** avente le seguenti caratteristiche:

massa battente: 50 Kg.

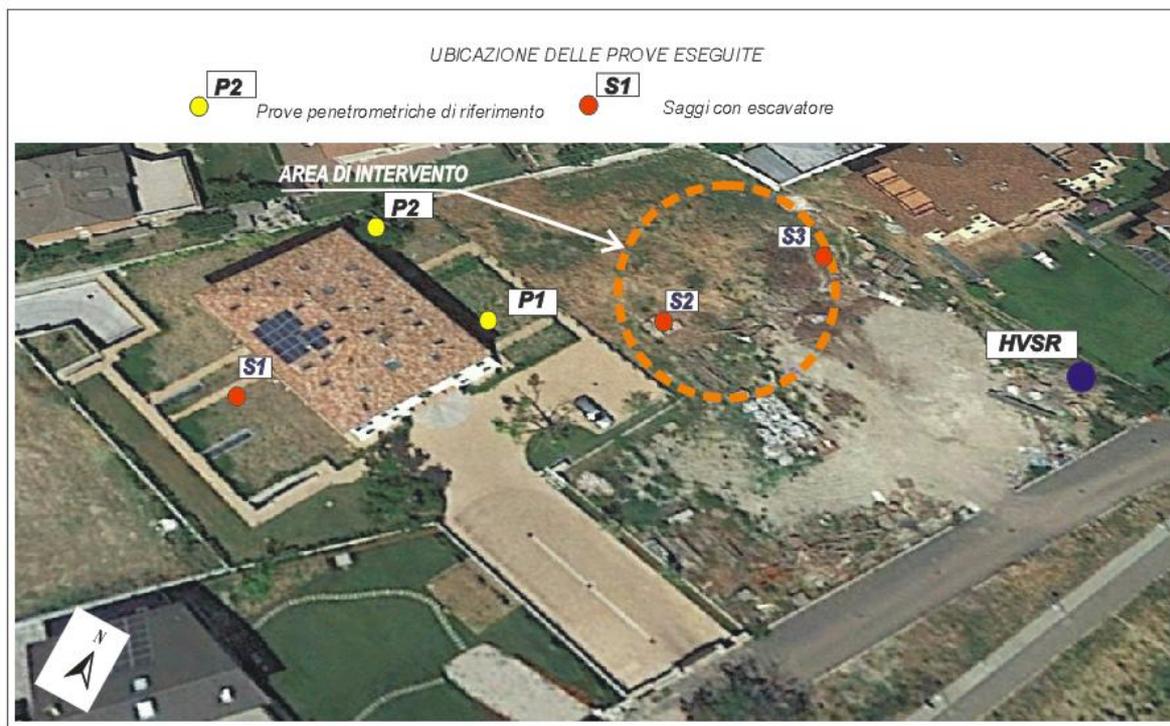
Altezza di caduta: 50 cm.

Sezione della punta 15 cmq.

Angolo all'apice: 90°.

Frequenza delle battute 25 - 30 al minuto primo.

Le caratteristiche della punta impiegata permettono di limitare l'attrito laterale sulle aste.



Le prove sono state integrate da tre saggi con escavatore per avere ulteriore conferma della stratigrafia del primo sottosuolo che, data la natura prevalentemente grossolana, risulta difficoltoso da indagare con le tradizionali indagini penetrometriche.

Le prove penetrometriche evidenziano una copertura di ghiaia piuttosto addensata per buona parte della profondità investigate (peraltro modesta data la resistenza alla penetrazione riscontrata).

Dott. Ildo Facchini geologo  
Via Ghiarella 16 Fiorano Modenese (Mo)  
Tel/Fax 0536-844233 email ildo.facchini@tin.it

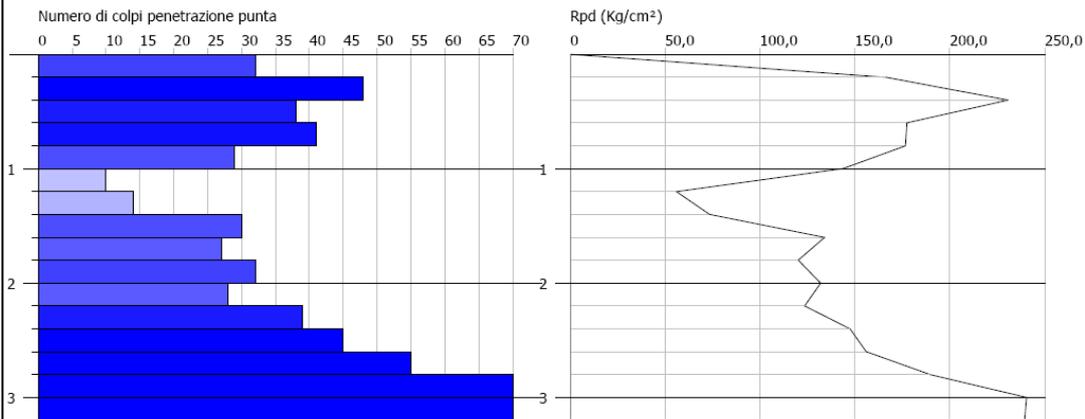
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA di riferimento n. 1  
Strumento utilizzato... DPH TG 63-100 PAGANI

Prova n. 1 Rifiuto all'infissione a - 3,2 m

Committente:  
Cantiere: Ristrutturazione di fabbricato residenziale  
Località: Spezzano di Fiorano Via Ghiarella

Data: 23/10/2008

Scala 1:50



Dott. Ildo Facchini geologo  
Via Ghiarella 16 Fiorano Modenese (Mo)  
Tel/Fax 0536-844233 email ildo.facchini@tin.it

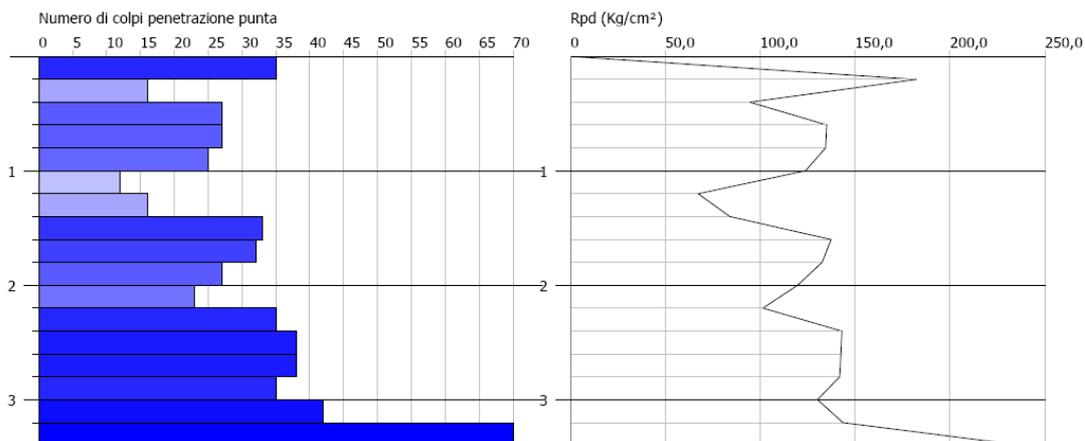
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA di riferimento n. 2  
Strumento utilizzato... DPH TG 63-100 PAGANI

Prova n. 2 Rifiuto all'infissione a - 3,4 m

Committente:  
Cantiere: Ristrutturazione di fabbricato residenziale  
Località: Spezzano di Fiorano Via Ghiarella

Data: 23/10/2008

Scala 1:50



Più significativo il saggio n. 1 che ben evidenzia lo spessore e la natura dello strato di ghiaia che si rinviene fino a -2,6 metri; dopo questa quota compaiono le argille grigio azzurre, compatte ed impermeabili, del sub strato.



Individuazione delle prove penetrometriche di riferimento

Situazione analoga per gli altri due saggi, S2 e S3 , effettuati in prossimità della nuova costruzione. In questo secondo caso il limite della macchina operatrice non ha permesso di raggiungere l'argilla alla base delle ghiaie.



Particolare del saggio **S2** con la presenza di ghiaie eterogenee su tutta la profondità investigata con un arricchimento in materiali fini giallastri poco oltre i due metri. A questa profondità si osserva un incremento del contenuto d'acqua.



Particolare del saggio **S3** con la presenza di ghiaie eterogenee su tutta la profondità investigata.

Non essendo comunque sul sito presenti livelli sabbiosi saturi si può escludere a priori il manifestarsi di fenomeni di liquefazione a seguito di un evento sismico.

#### **SUGGERIMENTI SULLA TIPOLOGIA E SUL DIMENSIONAMENTO DELLE FONDAZIONI.**

L'intervento in progetto consiste nella costruzione di un fabbricato di abitazione civile con un piano in c.a. parzialmente interrato più esteso della porzione fuori terra, che comporterà un piano di appoggio valutabile in -1,8 metri dal piano pre lavori.

Con la situazione stratigrafica individuata sul lotto e sul contorno si ritiene che si possa adottare un'unica platea di fondazione, soluzione auspicabile non tanto per la scarsa qualità del primo sottosuolo, anzi piuttosto consistente, quanto per minimizzare gli effetti di possibili variazioni laterali del piano d'appoggio e garantire una buona impermeabilizzazione dei vani entro terra evitando nel contempo interferenze con una eventuale risalita della freatica.

Di tale evenienza si dovrà in ogni caso tenere conto in fase esecutiva drenando ed impermeabilizzando accuratamente la parte seminterrata e prevedendo almeno due pozzetti di emungimento per evitare eventuali risalite della freatica a livello del pavimento del seminterrato.

Ovviamente la scelta definitiva sulla tipologia delle fondazioni spetta al Progettista – Calcolatore delle strutture che opererà pure per eventuali indagini integrative.

**CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO VERIFICA  
DELLA RESISTENZA AL CARICO DELLE FONDAZIONI SUPERFICIALI  
(§ 6.2.2 del DM 14/1/2008)**

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

<b>Azione sismica</b>	<b>NTC 2008</b>
Accelerazione massima (ag/g)	0,062
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0,0125
Parametri sismici su sito di riferimento	
Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

**VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO**

Nelle NTC08 il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U$$

dove:  $V_R$  = periodo di riferimento     $V_N$  = vita nominale     $C_U$  = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , secondo le NTC08, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

- $V_N \leq 10$  anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto  $\geq 2$  anni.
- $V_N \geq 50$  anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$  anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico  $V_N = 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC08 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso ed in particolare, nel caso in esame:

**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.  $C_U = 1,0$ ;

Alla classe d'uso II è associato il coefficiente d'uso  $C_U = 1,0$ .

Una volta ottenuti  $V_N$  e  $C_U$ , è possibile calcolare il periodo di riferimento  $V_R$ , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1,0 = 50 \text{ anni}$$

### **DETERMINAZIONE DEL CARICO LIMITE E DELLA RESISTENZA DI PROGETTO**

Per quanto riguarda la scelta dei parametri rappresentativi del sistema occorre fare riferimento al valore caratteristico, cioè una "stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite". A seconda della variabilità dello stesso parametro, sarà possibile inserire o la media dell'insieme di valori del parametro calcolati (se la stima è molto precisa) o il valore per il quale, nella distribuzione gaussiana dei valori determinati, vi è una probabilità del 5% di ottenere un valore "peggiore" (se la stima è imprecisa).

L'Eurocodice 7 ed il D.M. 14.01.2008 fissano, per i parametri geotecnici del terreno, in particolare di resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore "X" uguale a -1,645.

I valori caratteristici così determinati subiscono una correzione attraverso i coefficienti parziali, da combinare a seconda dell'approccio analitico che si intende utilizzare.

I coefficienti parziali da utilizzare nelle verifiche allo stato limite ultimo vengono riportati nelle Tabelle inserite nelle NTC. I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi:

- Approccio 1 – Combinazione 1: A1+M1+R1  
– Combinazione 2: A2+M2+R2
- Approccio 2 – Combinazione 1: A1+M1+R3

Nelle verifiche effettuate seguendo l'approccio progettuale 2, combinazione A1+M1+R3 i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari e la resistenza globale del sistema è ridotta tramite i coefficienti  $\gamma_R$  del gruppo R3.

**STRATIGRAFIA TERRENO** (Dalle indagini eseguite e dai dati stratigrafici)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Fi: Angolo di attrito; Ed: Modulo Edometrico; Ey: Modulo Elastico; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [Kg/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Litologia]
3,0	2030,0	26,0**		295,0	118,0	Ghiaia eterogenea frammista a frazioni medio fini
>10,0	2050,0		1,8**	160,0	80,0	Argilla grigio azzurra consolidata

\*\* Valore caratteristico con un coefficiente di variazione COV = 25% per Cu e 20% per Fi

**DETERMINAZIONE DEL CARICO LIMITE E DELLA RESISTENZA DI PROGETTO  
APPROCCIO 2 COMBINAZIONE A1+M1+R3**

IPOTESI DI FONDAZIONE SU PLATEA

Dati fondazione (Da verificare)

Larghezza fondazione	19,8 m
Lunghezza fondazione	19,9 m
Profondità piano di posa	1,8 m
Altezza di incastro (Media)	1,8 m
Profondità falda (Media)	2,8

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982) *Costante di Winkler*

[Carico limite max x 0.40 (Costante che correla il carico limite al cedimento di 2.5 cm)]  
= 7,28 x 0.40 = **2,91 Kg/cm<sup>3</sup>**

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	6,1
Fattore [Nc]	15,62
Fattore [Ng]	3,92
Fattore forma [Sc]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
=====	
Carico limite	7,28 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	3,17 Kg/cm <sup>2</sup>

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	5,31
Fattore [Nc]	13,18
Fattore [Ng]	2,04
Fattore forma [Sc]	1,38
Fattore profondità [Dc]	1,03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,19
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,19
Fattore profondità [Dg]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
=====	
Carico limite	5,5 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2,39 Kg/cm <sup>2</sup>

**Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)**

Fattore [Nq]	5,31
Fattore [Nc]	13,18
Fattore [Ng]	2,82
Fattore forma [Sc]	1,38
Fattore profondità [Dc]	1,03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,31
Fattore profondità [Dq]	1,03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,7
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	5,16 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2,24 Kg/cm <sup>2</sup>

**Sisma****Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)**

Fattore [Nq]	6,1
Fattore [Nc]	15,62
Fattore [Ng]	3,92
Fattore forma [Sc]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,55
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	5,02 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	2,18 Kg/cm <sup>2</sup>

**Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)**

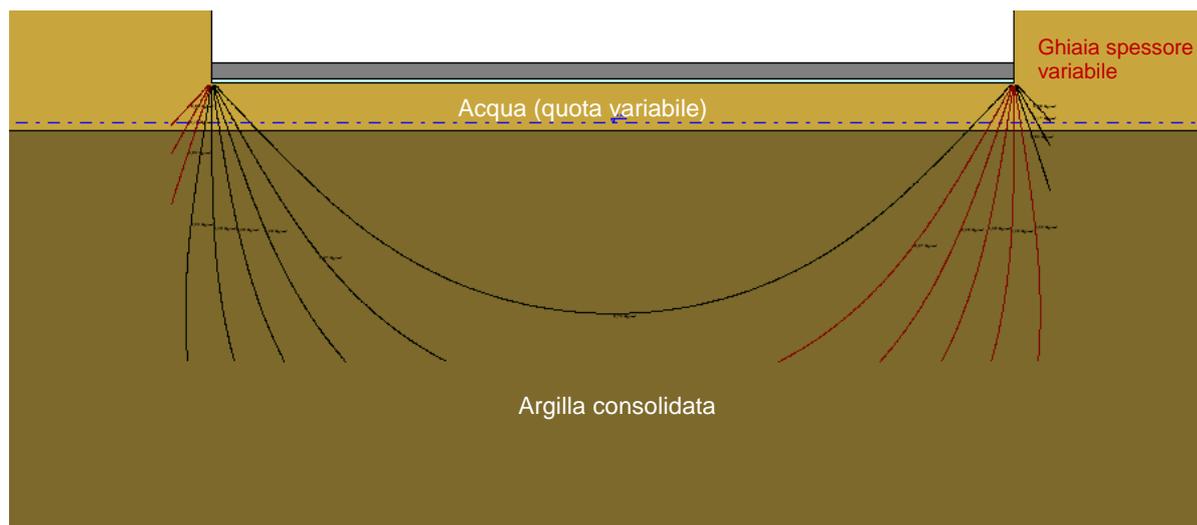
Fattore [Nq]	5,31
Fattore [Nc]	13,18
Fattore [Ng]	2,04
Fattore forma [Sc]	1,38
Fattore profondità [Dc]	1,03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,19
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,19
Fattore profondità [Dg]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,55
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	4,08 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1,78 Kg/cm <sup>2</sup>

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	5,31
Fattore [Nc]	13,18
Fattore [Ng]	2,82
Fattore forma [Sc]	1,38
Fattore profondità [Dc]	1,03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,31
Fattore profondità [Dq]	1,03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,7
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,55
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
=====	
Carico limite	4,02 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	1,75 Kg/cm <sup>2</sup>

Stratigrafia rappresentativa del sottosuolo desunta dalle indagini effettuate e dai dati stratigrafici  
Andamento delle tensioni indotte nel sottosuolo da una platea di fondazione



#### VALUTAZIONE DELLA SISMICITA' DI RIFERIMENTO E DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO DI COSTRUZIONE (§3.2 DM 14/1/2008)

Nella Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 è stato pubblicato il decreto 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" del Ministro delle infrastrutture, di concerto con il Ministro dell'interno e con il Capo Dipartimento della protezione civile. Le nuove

norme tecniche per le costruzioni sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 settembre 2005 e sono entrate in vigore a partire dal 1 Luglio 2009.

La Regione Emilia Romagna ha inoltre adottato la Delibera n. 112 del 02-05-2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica." Nell'allegato A4, sono riportati i valori di accelerazione massima, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ), per ogni comune della Regione.

MO	Finale Emilia	0.149
MO	Fiorano Modenese	0.162
MO	Fiumalbo	0.198
MO	Formigine	0.163
MO	Frassinoro	0.178
MO	Guiglia	0.160

Per il Comune di Fiorano risulta  $a_{refg} = 0,162$ .

#### Categorie di sottosuolo

A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore max pari a 3 m.

B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $Cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

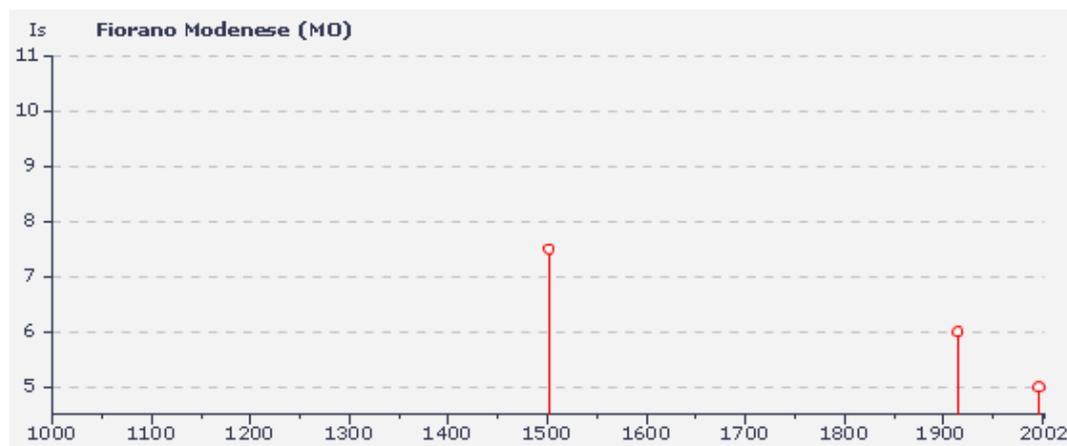
D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2 di seguito indicate è invece necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare

S1 Depositi di terreni caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 100 m/s (ovvero  $10 < cu_{,30} < 20$  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.

S2 Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**DATI SISMICI DELL'AREA ESAMINATA. Da Stucchi et. alii. (2007)**

Osservazioni sismiche (11) disponibili per FIORANO (MO) [Lat.44.539, Long. 10.811]

Effetti	In occasione del terremoto:			
Is	<a href="#">Anno Me Gi Or Mi Se</a>	Area epicentrale	<a href="#">Io</a>	Mw
7-8	<a href="#">1501 06 05 10</a>	Appennino modenese	8-9	5.85
6	<a href="#">1914 10 27 09 22</a>	GARFAGNANA	7	5.79
5	<a href="#">1996 10 15 09 55 60</a>	CORREGGIO	7	5.44
4	<a href="#">1957 08 27 11 54</a>	ZOCCA	6	5.06
4	<a href="#">1983 11 09 16 29 52</a>	Parmense	6-7	5.10
F	<a href="#">1898 03 04</a>	CALESTANO	6-7	5.07
F	<a href="#">1904 06 10 11 15 28</a>	Frignano	6	5.08
3-4	<a href="#">1891 06 07 01 06 14</a>	Valle d'Illassi	8-9	5.71
2	<a href="#">1887 02 23 05 21 50</a>	Liguria occidentale	9	6.29
NF	<a href="#">1986 12 06 17 07 19</a>	BONDENO	6	4.56
NF	<a href="#">1995 10 10 06 54 22</a>	LUNIGIANA	7	5.04

**Metodologia adottata per la valutazione della RSL**

Nel metodo suggerito dalle Ordinanze P.C.M n. 3274 e n. 3431 il parametro adottato per l'individuazione delle "categorie di suolo di fondazione" è la cosiddetta " $V_{s30}$ ", parametro che quantifica la velocità delle onde di taglio (onde S) nei primi 30 metri di sottosuolo.

Nel caso la misura diretta della  $V_{s30}$  non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica  $N_{spt30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $C_{u30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina.

In questo lavoro l'approccio metodologico seguito per valutare la risposta sismica locale nella zona di intervento è quello suggerito dalle Ordinanze già citate ed in particolare si utilizzano i dati di una indagine effettuata tramite la tecnica di indagine sismica passiva **HVSR con geofono 3D Pasi interfacciato a PC portatile.**

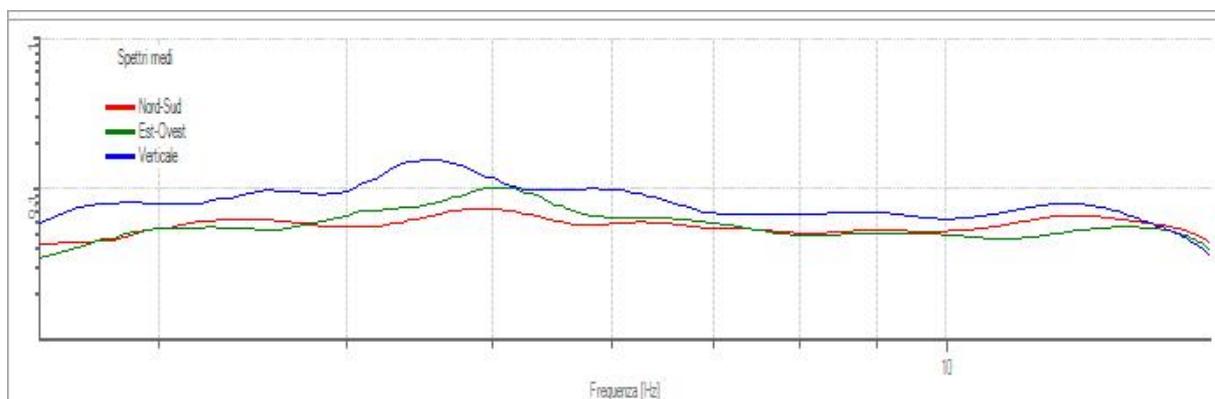
La prova HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica passiva e misura il "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, allo scopo di fornire dati sulle caratteristiche geofisiche del sito investigato. L'acquisizione



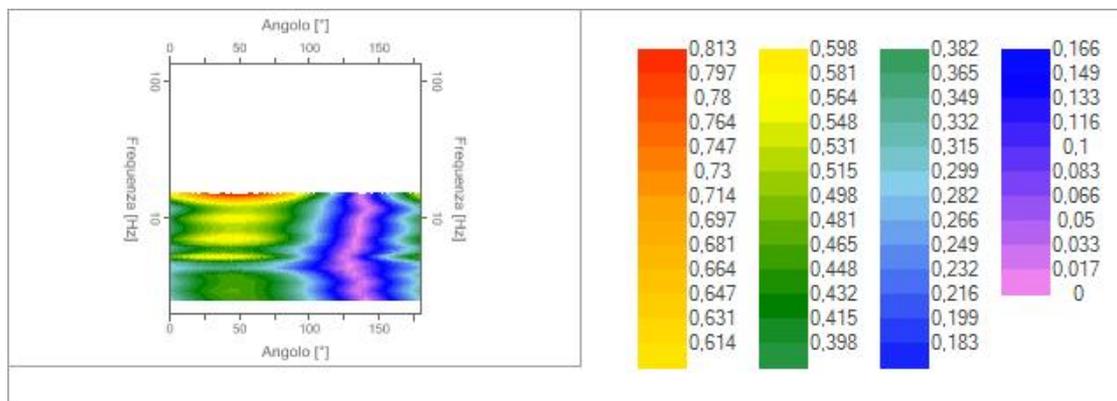
del segnale, avviene ponendo sul terreno un tomografo digitale al cui interno ci sono tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alto guadagno disposti nelle tre direzioni dello spazio. I segnali acquisiti a loro volta sono sottoposti ad una fase di

processing che porta alla individuazione della curva dalla media dei rapporti delle componenti H/V, per mezzo della quale è possibile individuare le frequenze di risonanza del sito, correlabili ai cambi sismostratigrafici.

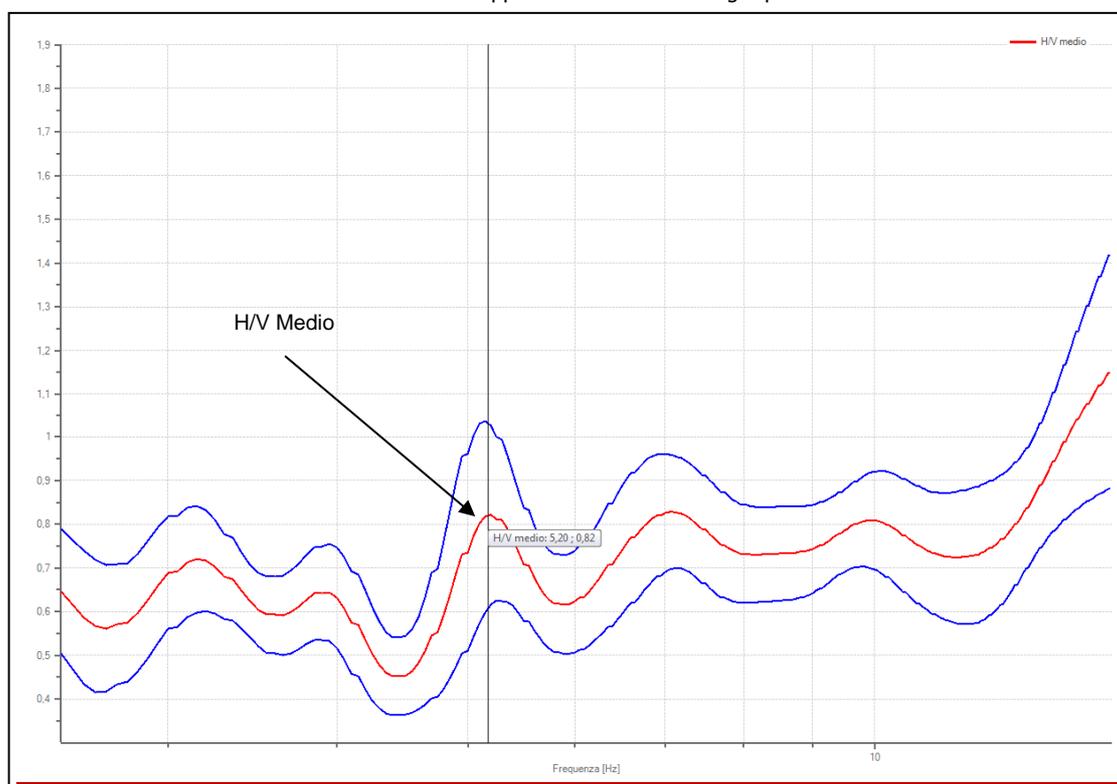
Dallo spettro così ottenuto si hanno immediatamente informazioni sulle frequenze caratteristiche del sito e da queste, avendo un vincolo, è possibile risalire a una stima delle Vs30. La modellazione sintetica dello spettro H/V, che avviene utilizzando un'apposita tabella di input e correlando i picchi spettrali significativi, permette di ricavare spessore, profondità e le relative velocità di taglio del terreno investigato. Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software specifico della Geostru ([www.geostru.com](http://www.geostru.com))



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della direzionalità degli spettri



Rapporto spettrale H/V

**Dati riepilogativi:**

Frequenza massima:	15,00 Hz
Frequenza minima:	2,50 Hz
Passo frequenze:	0,05 Hz
Tipo lisciamento:	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	20,00 % Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Frequenza del picco del rapporto H/V: 5,2 Hz  $\pm$  0,23 Hz

**Verifiche SESAME:**

$f_0 > 10/l_w$	<b>Esito</b>
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

$$A_0 > 2$$

$$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Non superato

Non superato

Ok

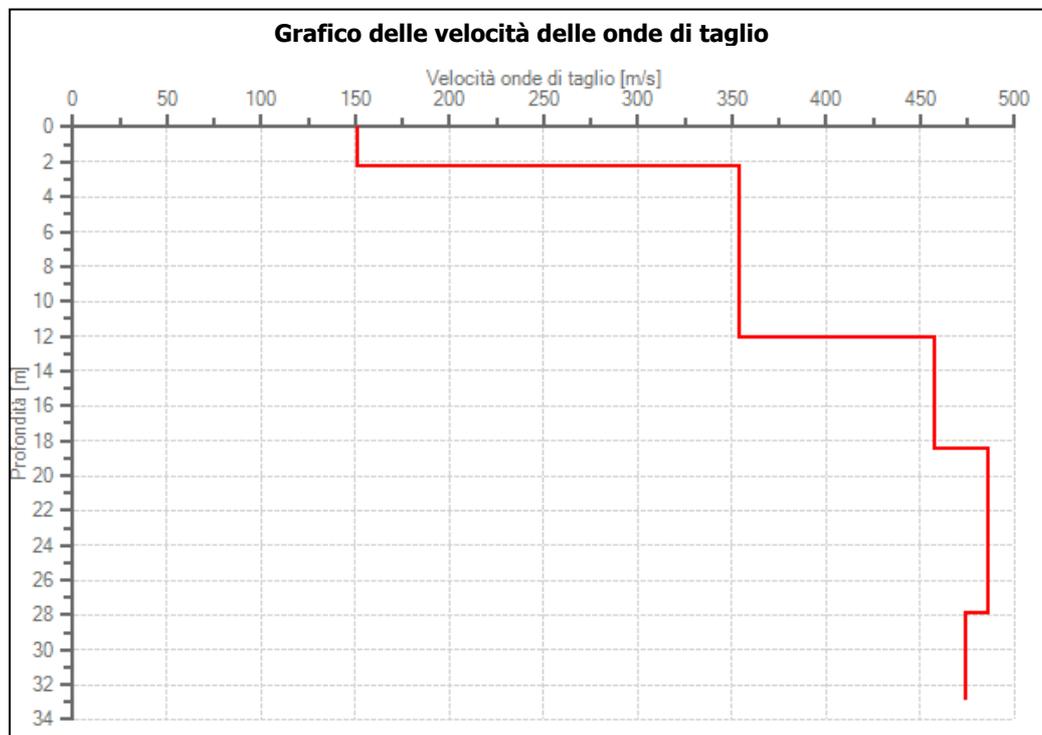
Ok

Ok

### Modello stratigrafico

Numero strati: 4  
 Valore di disadattamento: 0,14

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2,25	155
2	2,25	12,37	435
3	14,62	12,49	500
4	27,11	6	540

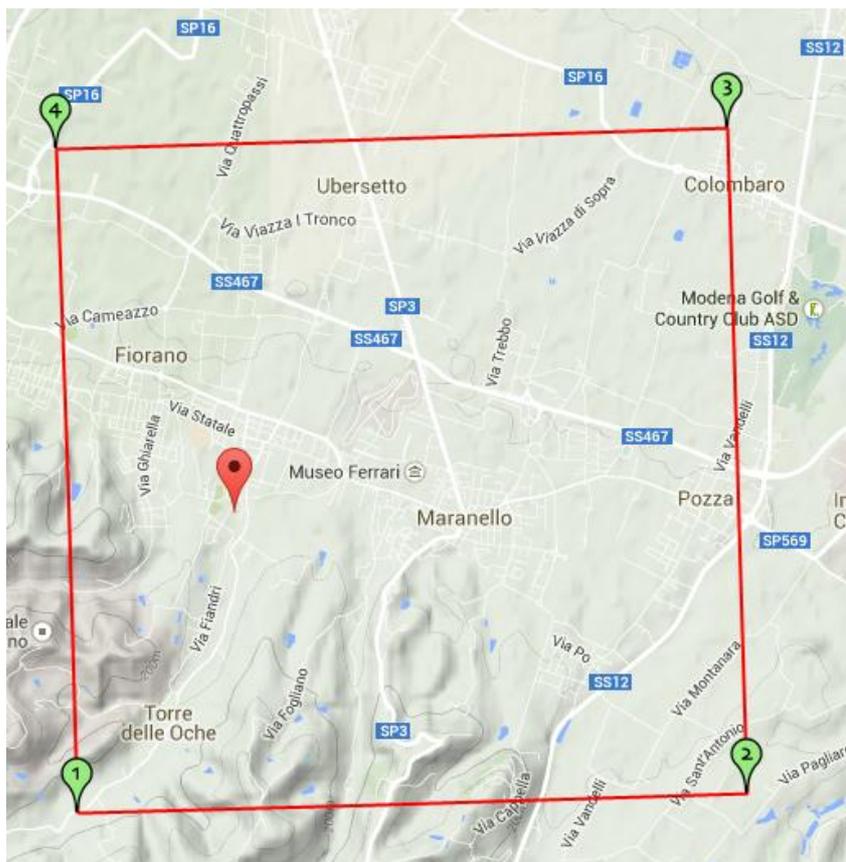


$$\text{Valutazione della Vs}_{30} \text{ da } -1,8 \text{ m} = 1/(0,45/155 + 12,37/435 + 12,49/500 + 4,69/540) \times 30 = \mathbf{461 \text{ m/s}}$$

Risultando il valore calcolato della Vs30 superiore a 360 m/sec al sottosuolo si può assegnare, salvo ulteriori verifiche strumentali, la categoria B così definita: " Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti 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 NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu,30 > 250 KPa nei terreni a grana fina).”

### UBICAZIONE DEL SITO PER LA VALUTAZIONE DELLA SISMICITA' DI RIFERIMENTO



### Definizione della sismicità di riferimento

Qui di seguito si riportano i valori di progetto dei parametri  $a_g$  (Accelerazione orizzontale massima),  $F_o$  (fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima sul sito di riferimento),  $T_c$  (Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro) applicabili nel comune di Fiorano che ricade in zona sismica 2.

Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

**Coordinate geografiche del punto**

Latitudine (WGS84):	44,5265800 [°]
Longitudine (WGS84):	10,8426600 [°]
Latitudine (ED50):	44,5275200 [°]
Longitudine (ED50):	10,8436600 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	16723	44,505010	10,827230	2821,78
2	16724	44,506560	10,897270	4847,26
3	16502	44,556530	10,895160	5202,13
4	16501	44,554990	10,825000	3393,92

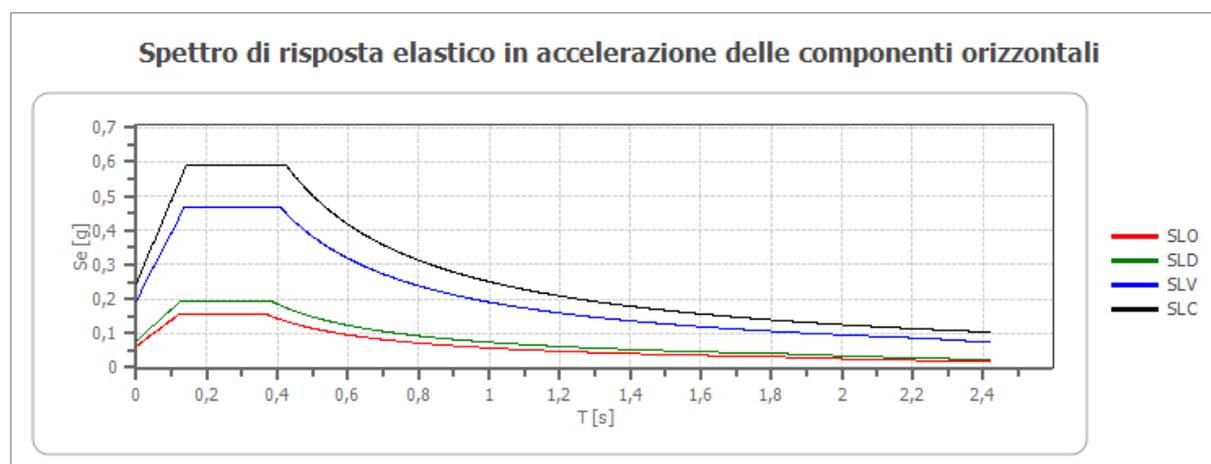
Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,052	2,486	0,253
SLD	50	0,065	2,494	0,266
SLV	475	0,163	2,392	0,290
SLC	975	0,205	2,401	0,303

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,016	0,047	0,069
kv	0,006	0,008	0,023	0,034
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,617	0,766	1,917	2,412
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,052	2,486	0,253	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,122	0,367	1,810	0,063	0,156
SLD	1,0	0,065	2,494	0,266	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,127	0,380	1,861	0,078	0,195
SLV	1,0	0,163	2,392	0,290	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,136	0,409	2,251	0,195	0,468
SLC	1,0	0,205	2,401	0,303	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,142	0,425	2,420	0,246	0,590

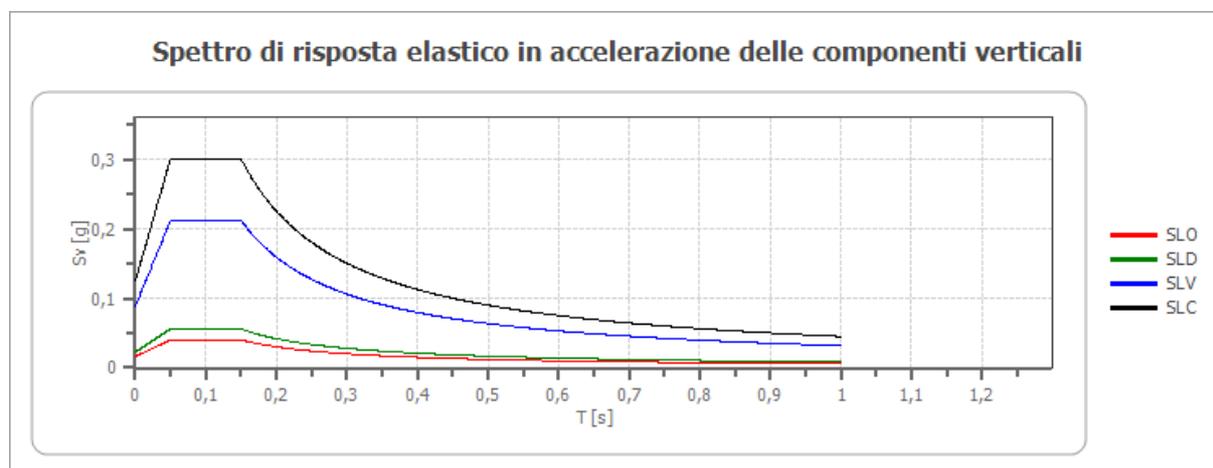
### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,052	2,486	0,253	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,016	0,040
SLD	1,0	0,065	2,494	0,266	1	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,056
SLV	1,0	0,163	2,392	0,290	1	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,089	0,212
SLC	1,0	0,205	2,401	0,303	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,125	0,301

Dove:

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno

Fo: fattore massimo di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

Tc: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Tr : periodo di ritorno dell'azione sismica

TB: periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante

TD: periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi

Kh: coefficiente sismico orizzontale

Kv: coefficiente sismico verticale  $\eta$

H: fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%,

Beta: coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa sul sito per i coefficienti Kh e Kv

## Riferimenti normativi

### **Stati limite e relative probabilità di superamento**

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

**Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

### **Valutazione del materiale di scavo in riferimento al disposto della vigente normativa**

Sarà cura del titolare del permesso di costruire accertare la natura e la destinazione del materiale di scavo ai sensi del D.lgs 152/2006 e successive modificazioni e integrazioni fatte salve le eccezioni previste per i cantieri di modeste dimensioni in zona non interessata da attività inquinanti.

### **CONCLUSIONI.**

In base alle considerazioni e verifiche eseguite e nel rispetto delle indicazioni contenute in relazione, non si ritiene sussistano, per quanto di competenza dello scrivente, controindicazioni per l'intervento edilizio in oggetto.

Consigliabile la presenza dello scrivente nella fase di scavo delle fondazioni al fine di acquisire quegli ulteriori elementi di conoscenza, a priori non prevedibili e per avere conferma delle ipotesi fatte

La presente relazione viene redatta in conformità alla vigente normativa, caratterizza il terreno di fondazione e costituisce elemento necessario ed indispensabile alle successive verifiche di

competenza del Progettista dell'opera che, a norma delle disposizioni di legge vigenti, ne costituiranno la naturale integrazione.

**ALLEGATI:** ubicazione corografica sul frontespizio.

Ubicazione delle indagini effettuate

Documentazione fotografica

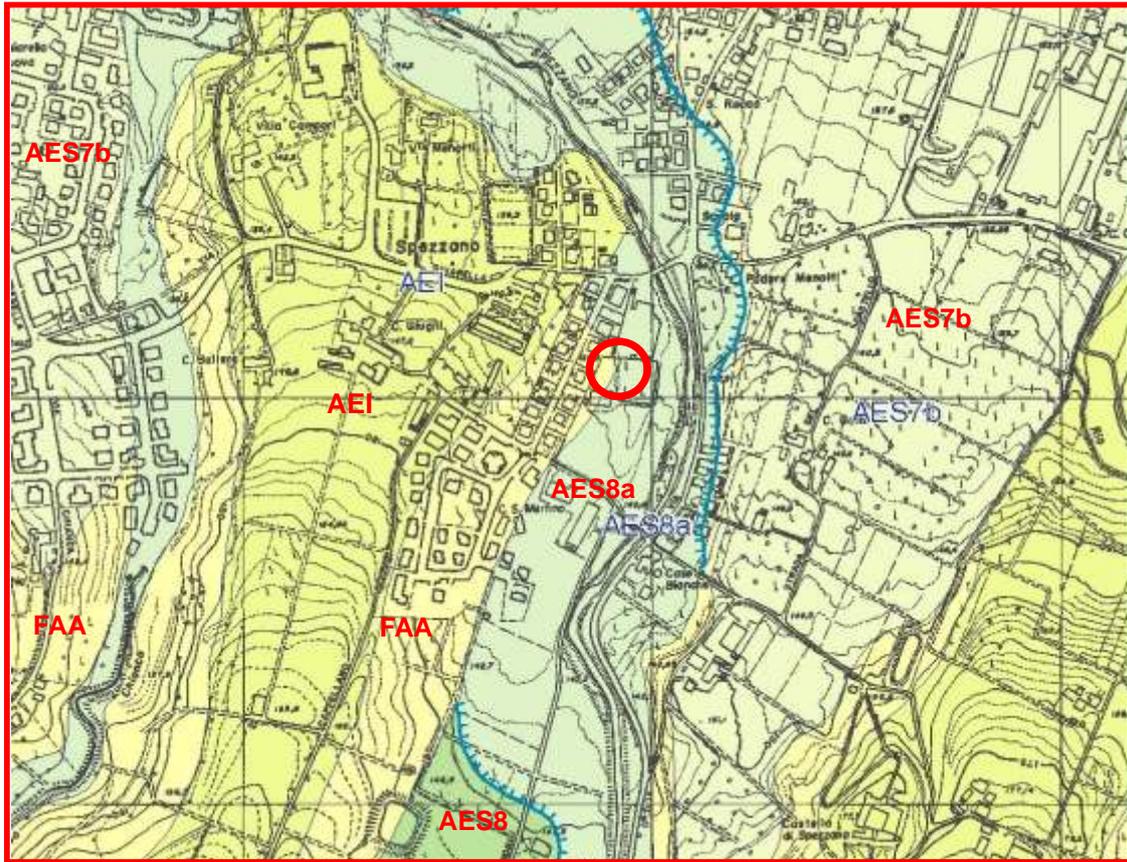
Carta geolitologica

**Fiorano Novembre 2014**

Dott. Ildo Facchini



## CARTA GEOLITOLOGICA



Tratta da: Regione Emilia Romagna Carta geologica progetto CARG

### LEGENDA

- AES8a** **Sintema Emiliano Romagnolo superiore Unità di Modena:** depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Post VI secolo d.C.
- AES8** **Sintema Emiliano Romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna** Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi su terrazzi alluvionali. Al tetto suoli a basso grado di alterazione. Olocene
- AES7b** **Unità di Vignola:** ghiaie in matrice limo sabbiosa passanti a limi e limi sabbiosi con copertura limosa e argillosa alla base dei versanti. Pleistocene superiore - Olocene
- AES7a** **Sub sintema di Villa Verucchio - Unità di Niviano** Depositi continentali ghiaioso sabbiosi o limosi terrazzati. Copertura colluviale limosa e argillosa alla base dei versanti. Pleistocene superiore
- AEI** **Sintema Emiliano Romagnolo inferiore** Limi prevalenti o argille discordanti con le argille azzurre. Pleistocene medio
- FAA** **Argille azzurre:** argille, argille marnose e siltose grigie e grigio azzurre. Pliocene inferiore - Pleistocene superiore



Ubicazione dell'area di intervento



Assetto degli strati e loro immersione