COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)

STUDIO GEOLOGICO TECNICO DEI TERRENI DEL PRIMO SOTTOSUOLO DI UN'AREA SITA PRESSO LA SCUOLA PRIMARIA DI VIA G. DOSSETTI N. 5, LOCALITÀ TORRE GAZZONE, (MONTEVEGLIO), SULLA QUALE È IN PROGETTO LA REALIZZAZIONE DI UNA PALESTRA.

Committente:

– Comune Valsamoggia

Codice Lavoro: 2017.015/RG

Revisione 0.0 Marzo 2017

GEO-PROBE

– Studio Geologico Associato –

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051.613.51.18

Email: geoprobe@geo-probe.com

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

INDICE

1. PREMESSA 1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE 4
4. INDAGINE GEOGNOSTICA 7
5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI 10
6. LAVORI IN PROGETTO E SCELTA DEL SISTEMA FONDALE 11
7. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO 12
8. PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE 13
9. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA 15
10. MODELLAZIONE SISMICA 17
10.1. Vita nominale 17
10.2. Classi d'uso 17
10.3. Periodo di riferimento 18
10.4. Azione sismica 18
10.5. Categoria di sottosuolo 19
10.6. Condizioni topografiche 20
10.7. Amplificazione stratigrafica 21
10.8 Accelerazione massima al sito 21
10.9 Coefficiente sismico orizzontale e verticale 21
11. MODELLAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE 23
12. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 26
13. RESISTENZA DI PROGETTO DEI TERRENI IN CONDIZIONI STATICHE 29
14. CONSIDERAZIONI FINALI 33

ALLEGATI:

- *certificati penetrometrie statiche;*
- *diagrammi penetrometrie statiche;*
- *certificato penetrometria dinamica superpesante;*
- *diagrammi penetrometria superpesante;*
- *stratigrafia trivellazione a secco;*
- *indagine sismica;*
- *classificazione orientativa dei terreni attraversati (Schmertmann, 1978);*
- *verifica rischio di liquefazione.*

* * *

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dal Comune di Valsamoggia si trasmette, in conformità con le normative vigenti, la seguente relazione geologico-tecnica riguardante lo studio dei terreni del primo sottosuolo di un'area per la quale è in progetto la realizzazione di una palestra a servizio di una scuola.

L'area in esame si ubica in località Torre Gazzone, località Monteveglio, in Comune di Valsamoggia (BO) (TAV. 1: estratto C.T.R. Scala 1:5.000; elemento n. 220104 – Stella).

Il presente studio è stato articolato nei seguenti punti:

a) analisi e descrizione della situazione morfologica e geo-litologica generale;

b) determinazione della natura dei terreni costituenti il primo sottosuolo;

c) determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche degli stessi;

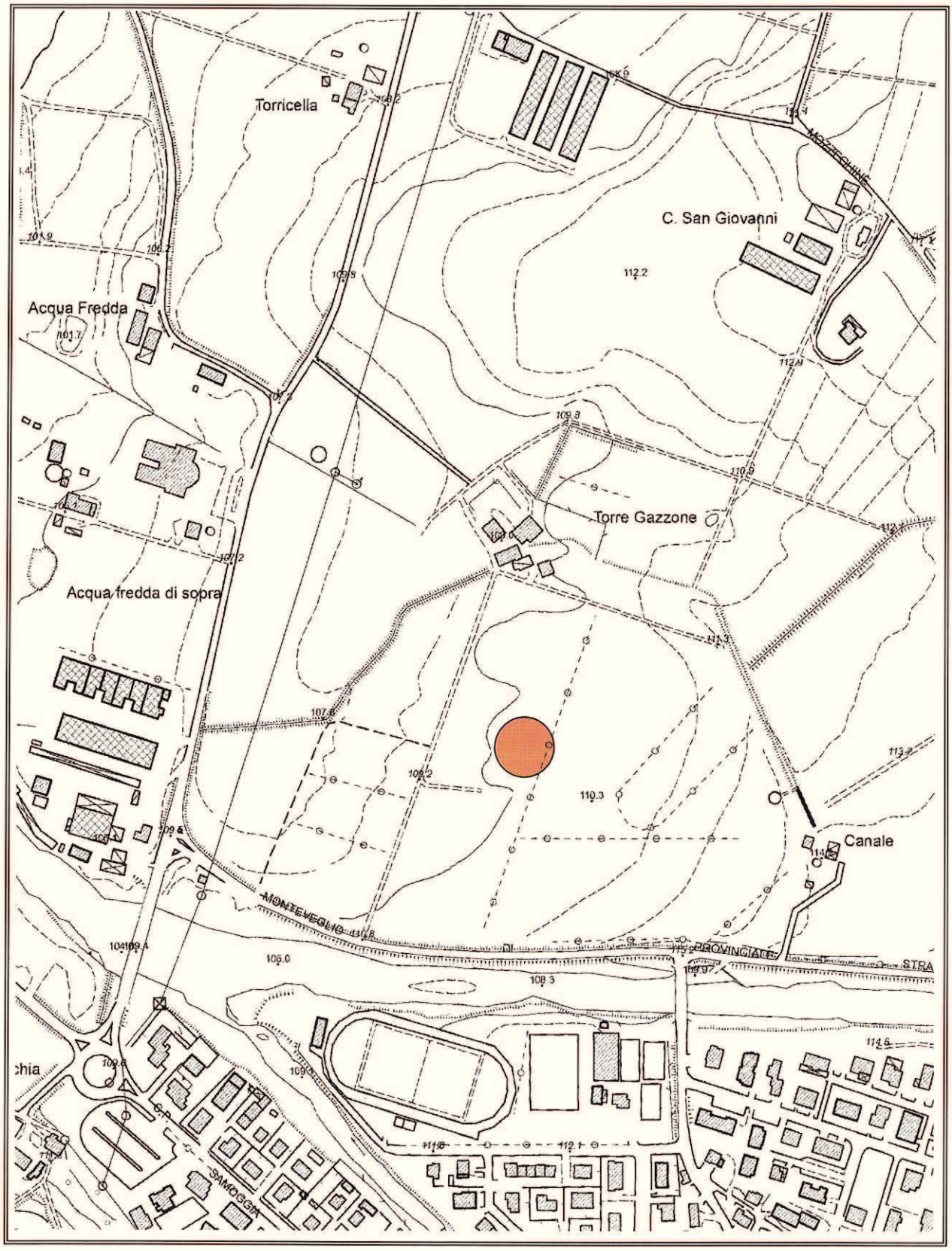
d) caratterizzazione e modellazione geologica del sito;

e) modellazione sismica dei terreni di fondazione;

f) analisi della risposta sismica locale;

g) valutazione della resistenza di progetto dei terreni di fondazione in condizioni statiche.

TAV. 1 - UBICAZIONE AREA IN ESAME



Area in esame

Scala 1:5.000

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". D.M. 11 Marzo 1988.
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL. PP. n. 30483, 24 Settembre 1988.
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977.
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, Maggio 1990 (edizione provvisoria).
- Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica, Settembre 1988.
- ISRM International Society for Rock Mechanics: Rock characterization testing and monitoring suggested methods - Commission on Testing Methods; 1981.
- "Norme tecniche per le costruzioni". D.M. 14 Gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 04/02/08, supplemento ordinario n. 30).
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare Cons. Sup. LL.PP. n. 617/2009.
- Delibera dell'Assemblea legislativa Regione Emilia Romagna progr. N. 112 – oggetto n. 3121 del 2 maggio 2007.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. N. 1661/2009 del 2 novembre 2009.
- Ordinanza del Commissario Delegato per la Ricostruzione n. 70 del 13/11/2012.
- "Raccomandazioni per la redazione della relazione geologica ai sensi delle N.C.T." a cura del Centro Studi del C.N.G.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. N. 2193/2015 del 21 dicembre 2015.

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE

L'area in esame si ubica a Nord dell'abitato di Monteveglio ad una quota media di 109,00 m s.l.m., immediatamente a Nord della confluenza del Torrente Samoggia con il Torrente Ghiaia di Serravalle, in una fascia pressoché pianeggiante o moderatamente acclive posta al margine delle prime propaggini appenniniche caratterizzate da moderati rilievi collinari che mostrano una rapida attenuazione passando dalla fascia dell'alta pianura.

La morfologia superficiale risente della vicinanza del Torrente Samoggia e del Torrente Ghiaia di Serravalle, che in fase di tracimazione e di sedimentazione hanno depositato lenti alluvionali; a questi si sono aggiunti di recente interventi edificatori di tipo industriale e civile abitazione che hanno interessato aree limitrofe.

Il PSAI non individua criticità per l'area in esame in merito al Titolo 1.

Dal punto di vista geo-litologico, secondo quanto riportato nella carta geologica della Regione Emilia-Romagna (TAV. 2 di seguito riportata) l'area ricade all'interno della Formazione di Monte Adone con il Membro delle Ganzole (**ADO2**), rappresentati da areniti fini e subordinate peliti sabbiose bioturbate in strati da medi a molto spessi, con geometria tabulare, cuneiforme e concava, in contatto tettonico con la Formazione delle Argille Azzurre (**FAA**) costituita prevalentemente da argille e argille marnose grigio azzurre (Pliocene inf. – Pleistocene inf.)

In prossimità del corso del Torrente Samoggia sono presenti i depositi alluvionali terrazzati (**AES8a –AES7b**), rappresentati da ghiaie e subordinate sabbie e limi argillosi che risentono della dinamica fluviale e i depositi alluvionali in evoluzione (**b1**).

L'idrografia primaria è rappresentata dal Torrente Samoggia e dal Torrente Ghiaia di Serravalle, che sviluppano il proprio corso e confluiscono in prossimità dell'area in esame, mentre quella secondaria da una serie di fossi e rii (Fossa Acqua Ramato, Fosso San Teodoro) di carattere prevalentemente stagionale, che scendendo dai versanti circostanti convergono all'asse primario, assumendo un aspetto dendritico in corrispondenza dei versanti argillosi.

Nel PSAI, per quanto concerne il Titolo 2, Rischio Idraulico e Assetto della rete idrografica, l'area ricade all'interno della fascia di pertinenza fluviale pertanto soggetta all'Art. 18 il quale consente la realizzazione di nuove opere a condizione che:

1) le aree interessate dagli interventi non siano passibili di inondazione (omissis) in riferimento ad eventi di pioggia con tempi di ritorno di 200 anni;

2) che gli interventi non incrementino il pericolo di innesco di fenomeni di instabilità dei versanti (omissis);

3) che gli interventi non comportino un incremento del pericolo di inquinamento delle acque.

In merito al punto 2, in considerazione dell'assetto morfologico dell'area, pressoché pianeggiante e degli interventi in progetto, si ritiene che non sussista alcuna problematica per quanto concerne la stabilità dell'area mentre per il punto 3, si ritiene che la realizzazione di quanto in progetto non sia collegata a lavorazioni o utilizzi che comportino un pericolo di inquinamento delle acque sia superficiali che sotterranee.

In merito al punto 1, nel tratto considerato la portata massima bisecolare, secondo quanto riportato nella relazione idraulica allegata al PSAI, è pari a 283 mc/sec cui corrisponde un livello di inviluppo massimo pari a 109,30 m s.l.m.

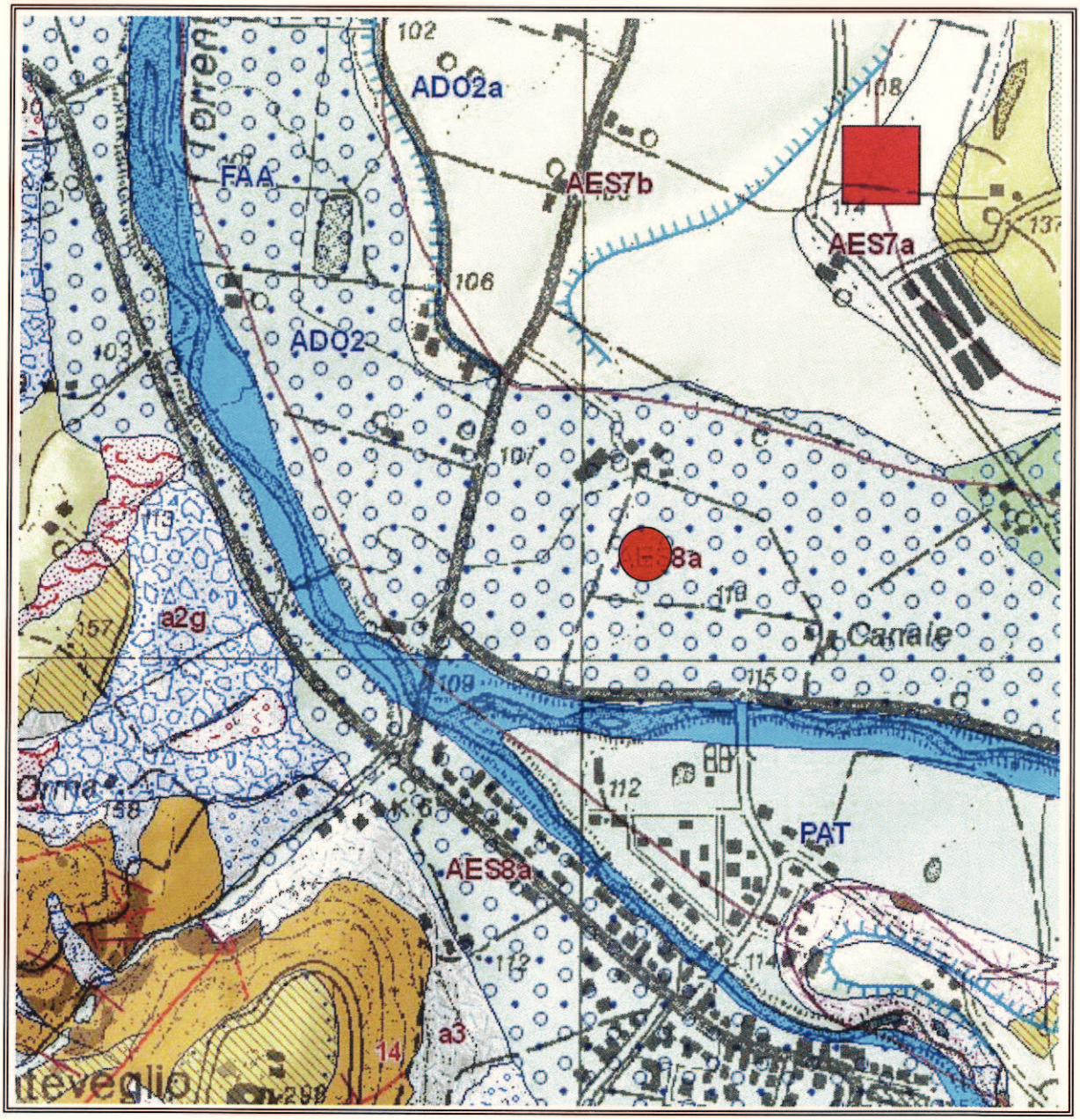
Considerando un franco di sicurezza pari a 1,00 m, la quota del piano di calpestio di quanto in progetto non dovrà essere inferiore a 110,30 m s.l.m.

Il sottosuolo è caratterizzato da una successione di depositi sedimentari di età quaternaria che danno luogo ad una serie idrologica costituita da unità permeabili (acquiferi) separate da livelli impermeabili.

Per quanto riguarda i terreni del primo sottosuolo, la falda più superficiale risulta ubicata ad una profondità media di 2,00÷3,00 m dal p.c., anche se il livello statico della stessa risulta fortemente condizionato dalle variazioni climatiche stagionali (massimo livello nei periodi ad elevata piovosità e minimo in quelli siccitosi).

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

TAV. 2 - CARTA GEO-LITOLOGICA



Area in esame

Scala 1:10.000

b1	*Depositi alluvionali in evoluzione;*
AES8	*Subsistema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene);*
AES8a	*Unità di Modena;*
AES7b	*Unità di Vignola;*
FAA	*Formazione delle Argille Azzurre (Pliocene inf. –Pleistocene inf.);*
ADO2	*Formazione di Monte Adone (Pliocene medio sup.).*

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Nell'area interessata dall'intervento, allo scopo di verificare la successione stratigrafica che caratterizza i terreni del primo sottosuolo e valutare le caratteristiche fisico meccaniche degli stessi, è stata eseguita un'indagine geognostica in sito, inoltre si utilizza una indagine sismica locale eseguita in precedenza, al fine di determinare il parametro Vs_{30} e classificare il suolo di fondazione del sito.

4.1. Indagine geognostica in sito

L'indagine geognostica in sito, eseguita dalla Geo-Probe S.r.l., è consistita nell'esecuzione di n. 1 penetrometria dinamica superpesante (DPSH) della lunghezza di 10,00 m; vengono inoltre utilizzati i risultati di due penetrometrie statiche con punta meccanica (CPT 1 e 2) che rispetto al p.c. attuale ha raggiunto la profondità rispettivamente di 5,40 m e 12,00 m e di n. 1 sondaggio con il metodo della trivellazione a secco della lunghezza di 7,00 m.

I punti di indagine sono stati posizionati in corrispondenza dell'area oggetto di intervento; l'esatta ubicazione degli stessi viene riportata di seguito nella TAV. 3.

Il penetrometro dinamico superpesante, montato sul mezzo Cingolato Pagani TG63, è del tipo *EMILIA-DPSH* e presenta le seguenti caratteristiche.

peso del maglio	= 63,5 kg
altezza di caduta	= 75 cm
diametro base punta	= 50,5 mm
angolo apertura cono	= 60°
area base cono	= 20 cm^2
peso delle aste	= 6,2 kg

Il conteggio del numero dei colpi (N) necessari all'infissione è stato effettuato ogni 20 cm di avanzamento (N_{20}).

La prova penetrometrica dinamica super pesante (DPSH - *Dynamic Probing Superheavy*) consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio, prolungabile con successive aste, utilizzando un maglio di massa M per un'altezza di caduta costante H.

Mediante la formula detta degli "Olandesi" è possibile determinare il valore di resistenza dinamica (qd), tramite il quale si può valutare, in modo approssimativo, la capacità portante dei terreni.

$$qd = \frac{M}{M + M'} \bullet \frac{M \bullet H}{A \bullet e}$$

dove:

M = massa del maglio;

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

M' = peso totale dell'asta di guida, testa della battuta e batteria delle aste;
H = altezza di caduta;
A = area della sezione trasversale della base della punta conica;
e = penetrazione media di un colpo.

Mediante il numero di colpi (N) misurati nel corso della prova penetrometrica dinamica superpesante è inoltre possibile risalire al numero di colpi relativi alla prova Standard Penetration Test (N_{SPT}) ed utilizzare le correlazioni messe a punto per questo tipo di prova.

Varie esperienze eseguite in Italia e all'estero in formazioni con materiali compresi in una ampia gamma granulometrica hanno indicato la seguente relazione:

$$N'_{30(DPSH)}/N_{SPT} = 1,0 \div 1,15$$

I risultati della penetrometria dinamica superpesante vengono rappresentati in forma diagrammatica nell'apposito modulo allegato dove si riporta in numero di colpi (N) misurati per l'avanzamento e il valore **qd** (valore di resistenza dinamica) espresso in MPa.

Il penetrometro statico utilizzato, montato su Unimog Mercedes 400L di proprietà con cella di carico da 200 kN, impiega una punta conica con apertura di 60° e superficie di 10 cm^2 per la misurazione della resistenza alla punta ed un manicotto di frizione (*friction jacket*) della superficie di 150 cm^2 per la misurazione dell'attrito laterale locale (punta meccanica tipo *Begemann*).

I risultati delle penetrometrie statiche vengono rappresentati in forma diagrammatica nelle apposite tavole allegate, dove viene riportato il valore q_c (resistenza alla punta), il valore f_s (resistenza attrito laterale locale), espressi rispettivamente in MPa e kPa, ed il rapporto Rf che orientativamente ci permette una classificazione dei terreni attraversati (*Schmertmann J.H.*, 1978).

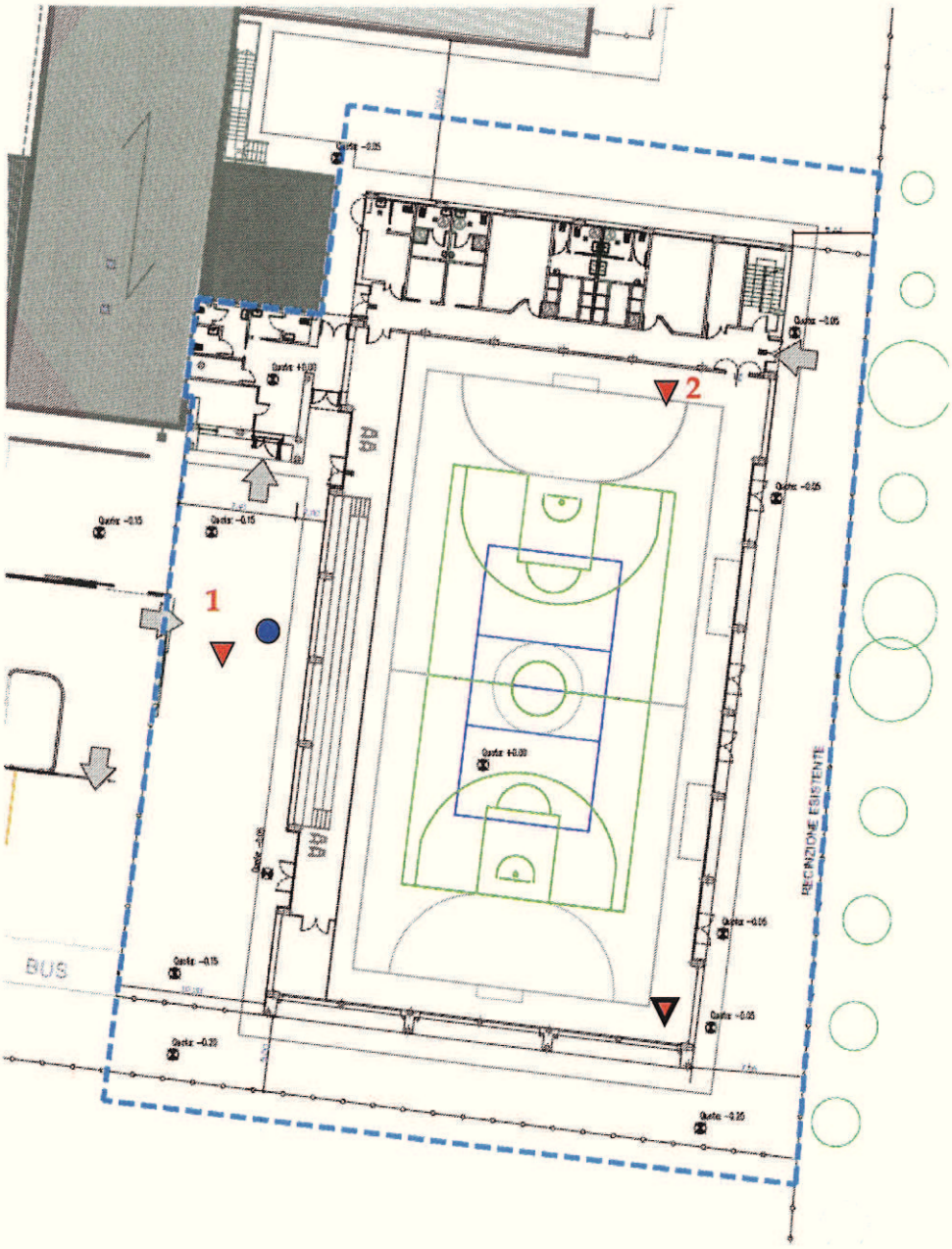
Le suddette letture vengono eseguite per avanzamenti di 20 cm.

La trivellazione a secco è stata eseguita mediante aste elicoidali del diametro di 120 mm mosse da propulsore idraulico montato a retro dell'autocarro Mercedes; la stratigrafia ottenuta viene riportata in allegato nell'apposito modulo.

4.2. Indagine sismica

Al fine di determinare parametro Vs30, necessario a classificare il suolo di fondazione del sito, da parte del Dr. Geol. Mirko Sita è stata eseguita un'indagine sismica locale; la metodologia di indagine e l'elaborazione dei dati ottenuti viene riportata nell'apposita relazione allegata.

TAV. 3 - UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA



▼ Penetrometrie statiche

▼ Penetrometrie statiche

● Trivellazione a secco

◆ Indagine sismica

Scala 1:500

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI

L'indagine geognostica eseguita ci consente di ricostruire con discreta precisione la litologia del primo sottosuolo e di valutare le caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati.

Schematicamente possiamo ricostruire la seguente successione stratigrafica:

al tetto, al disotto di un orizzonte di terreno pedogenizzato dello spessore medio di 0,20÷0,30 m, sino ad una profondità variabile da 0,60 m a 1,20 m sono presenti dei limi argillosi debolmente sabbiosi di colore marrone chiaro, di consistenza plastico dura (q_c = 2,0÷3,4 MPa; Rf = 2,8÷6,6 %) (qd = 2,1 MPa) ed umidità medio scarsa.

Sotto prevalgono delle ghiaie di granulometria da media a grossolana di addensamento variabile da scarso a medio elevato (q_c = 9,9÷39,2 MPa; Rf = 0,5÷0,9 %) (qd = 3,6÷21,3 MPa) in matrice limo sabbiosa di umidità da media alla totale saturazione idrica, inglobanti localmente orizzonti sabbiosi e limosi di medio addensamento (q_c = 3,2÷4,9 MPa; Rf = 1,0÷1,8 %) (qd = 4,2÷6,3 MPa) e/o limo sabbiosi di consistenza plastica (q_c = 1,6÷1,8 MPa; Rf = 3,7÷5,9 %) (qd = 0,8÷2,2 MPa).

A partire da una profondità media di 7,40÷7,80 m sono presenti delle argille limose di consistenza elevata (q_c = 5,5÷24,7 MPa; Rf = 2,6÷5,8 %) (qd = 4,3÷9,4 MPa) ed umidità medio scarsa, che rappresentano presumibilmente il substrato.

I suddetti terreni sono caratterizzati dalla presenza di una falda freatica di superficie, permeante i terreni grossolani e sopportata dal substrato impermeabile, il cui livello statico nei fori di indagine, alla data di esecuzione della stessa, è stato misurato ad una profondità media di 2,60÷2,80 m dal p.c. attuale, quote presumibilmente soggette a variazioni stagionali.

Per un maggior dettaglio in allegato, oltre alla stratigrafia della trivellazione a secco, viene riportata la litologia dei terreni del primo sottosuolo rilevata in corrispondenza delle penetrometrie statiche e ricostruita mediante la teoria dello *Schmertmann* (1978).

6. LAVORI IN PROGETTO E SCELTA DEL SISTEMA FONDALE

Si tratta della realizzazione di una palestra in legno lamellare, per la quale si prevede l'adozione di un sistema fondale diretto a plinti tra loro collegati.

Nell'area in esame non si prevedono variazioni morfologiche, conseguentemente il p.c. fine lavori corrisponderà a quello attuale.

L'indagine geognostica ha evidenziato come la litologia del primo sottosuolo, al di sotto di un orizzonte di terreno pedogenizzato dello spessore medio di 0,20÷0,30 m, risulta inizialmente rappresentata da limi argillosi e/o debolmente sabbiosi di consistenza plastico dura, che a partire da una profondità media di 0,60÷1,20 m vengono sostituiti da ghiaie di granulometria da media a grossolana di addensamento variabile da scarso a medio elevato, in matrice limo sabbiosa di umidità da media alla totale saturazione idrica, inglobanti localmente lenti sabbiose e limose di addensamento da medio scarso a medio.

In considerazione della tipologia di intervento e delle buone caratteristiche che contraddistinguono i terreni del primo sottosuolo, si ritiene che il sistema ipotizzato possa ritenersi valido, l'unica precauzione sarà quella di verificare che il piano di posa delle fondazioni superi costantemente i terreni limo argillosi di superficie e si attesti sulle sottostanti ghiaie; indicativamente rispetto al p.c. attuale dovrà essere raggiunta una profondità di 1,40 m.

Qualora localmente i tetto delle ghiaie si posiziona ad una quota inferiore al piano di posa ipotizzato, si dovrà intervenire con una bonifica che preveda la rimozione dei limi argillosi e la sostituzione con "magrone".

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

7. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

La caratterizzazione geotecnica del sito viene fatta ricostruendo un modello in termini di unità geotecniche del volume significativo del terreno inteso come la parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa.

Ciascuna unità geotecnica (U.G.) è ottenuta correlando i dati stratigrafici e i dati di resistenza misurati nel corso dell'indagine geognostica in modo da suddividere il volume significativo in elementi omogenei.

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica è possibile distinguere il terreno secondo le unità geotecniche indicate nella tabella successiva.

U.G.	Profondità m da p.c.		Litologia prevalente	qc/qd MPa	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)	Dr (%)
	da	a						
0	0,00	0,20÷0,30	P	-	-	-	-	-
A	0,20÷0,30	0,60÷1,20	LAS	2,0÷3,4 2,1	19,2÷19,3	100÷140	0	0
B	0,60÷1,20	2,60÷2,80	GSL	13,0÷33,6 6,3÷21,3	18,5	0	37÷42	60÷85
B1	2,60÷2,80	7,40÷7,80	GSL	8,0÷35,0 6,5÷13,8	8,5	0	36÷40	44÷64
C	2,00	2,60	SL/LS	2,7÷4,5	8,5÷8,6	0	33÷35	32÷36
C1	2,60÷5,00	5,20÷5,60	SL/LS	1,6÷1,8 1,6÷5,4	0	0	29÷33	26÷37
D	7,40÷7,80	fine indag.	AL/LA	4,4÷24,7 4,3÷9,4	19,4÷19,9	170÷>400	0	0

P = terreno pedogenizzato;
LAS = limi argillosi debolmente sabbiosi;
GSL = ghiaie in matrice sabbiosa e limosa;
SL/LS = sabbie limose e/o viceversa;
AL/LA = argille limose e/o viceversa.

Studio Geologico Associato GEO-PROBE

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE

8. PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica è stato possibile suddividere il volume significativo di terreno in unità geotecniche, delle quali di seguito, vengono definiti i parametri geomeccanici.

Unità geotecnica 0

È costituita da terreno pedogenizzato e si evidenzia sino ad una profondità di 0,20÷0,30 m dal p.c. attuale.

Unità geotecnica A

È costituita dai limi argillosi debolmente sabbiosi di consistenza plastico dura ed umidità medio scarsa.

L'unità A si evidenzia da 0,20÷0,30 m circa sino ad una profondità variabile da 0,60 m a 1,20 m dal p.c. attuale, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc/qd (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 1	2,2	19,3	105	0
CPT 2	2,5	19,3	115	0
DPSH 1	2,1	19,3	95	0

Unità geotecnica B

È costituita da ghiaie da medie a grossolane in matrice limo sabbiosa di addensamento variabile da scarso a medio elevato ed umidità media.

L'unità B si evidenzia da 0,60÷1,20 m sino ad una profondità media di 2,60÷2,80 m dal p.c. attuale, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc/qd (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 1	21,5	18,5	0	39
CPT 2	21,5	18,5	0	39
DPSH 1	13,5	18,5	0	40

Unità geotecnica B1

È costituita da ghiaie di granulometria da media a grossolana in matrice limo sabbiosa localmente prevalente, di addensamento variabile da scarso a medio elevato, in totale saturazione idrica.

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

L'unità B1 si evidenzia da 2,60÷2,80 m sino ad una profondità di 7,40÷7,80 m dal p.c. attuale, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc/qd (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 1	20,0	8,5	0	37
CPT 2	18,5	8,5	0	34
CPT 3	10,3	8,5	0	36

Unità geotecnica C

È costituita da sabbie limose e/o viceversa di addensamento da scarso a medio, di umidità medio scarsa.

L'unità C si evidenzia da 2,00 m sino ad una profondità media di 2,60 m dal p.c. attuale, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc/qd (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
DPSH 1	3,3	18,5	0	32

Unità geotecnica C1

È costituita da sabbie limose e/o viceversa di addensamento da scarso a medio, presumibilmente sature.

L'unità C1 si evidenzia da 2,60÷5,00 m sino ad una profondità media di 5,20÷5,60 m dal p.c. attuale, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc/qd (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 2	1,7	8,6	0	29
DPSH 1	3,8	8,5	0	32

Unità geotecnica D

È costituita da argille limose e/o viceversa di consistenza da dura a molto dura, ed umidità presumibilmente da media a medio scarsa.

L'unità D si evidenzia da 7,40÷7,80 m dal p.c. attuale sino alla profondità indagata, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc/qd (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
CPT 2	11,0	20,5	>400	0
DPSH 1	6,1	20,5	220	0

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

9. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA

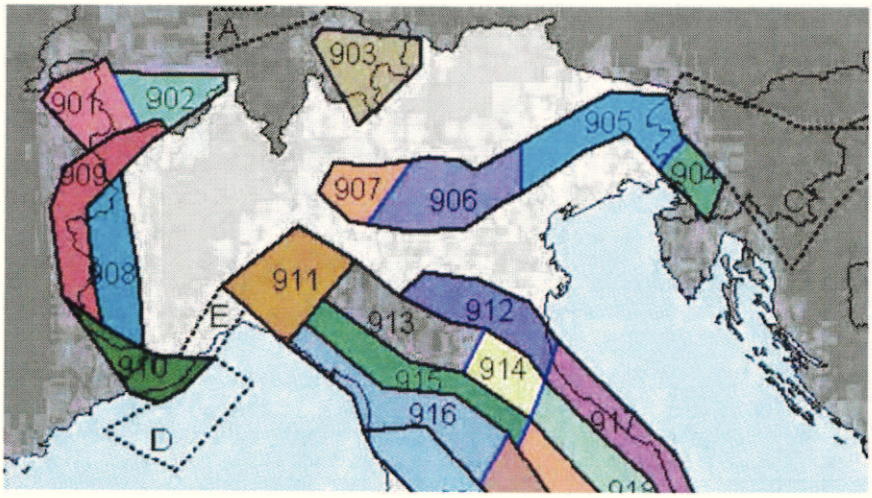
La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dal Servizio Sismico Nazionale utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti di un sisma.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni ideali di sito di riferimento con superficie topografica orizzontale di categoria A.

La località Monteveglio (TAV. 4 – Mappa di pericolosità sismica) presenta un accelerazione al suolo tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni PGA = 0,150 – 0,175g.

La Magnitudo dell'area si ottiene, come riportato negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Gruppo di Lavoro MS 2008" sulla base della zonazione sismogenetica ZS 9, secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima.

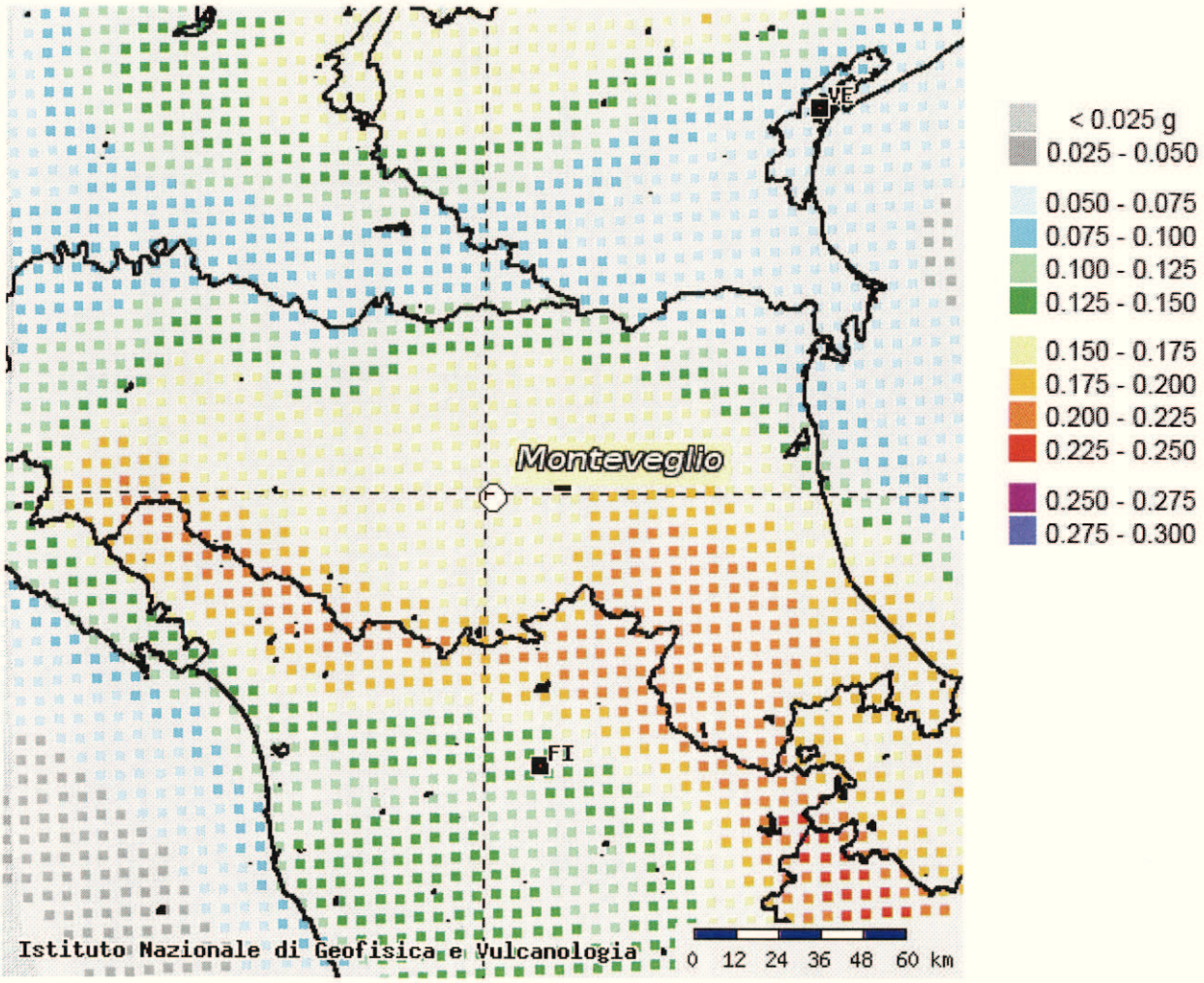
Come evidenziato dalla mappa delle zone sismogenetiche di cui si riporta uno stralcio, l'Emilia Romagna ricade nelle zone 911÷914 alle quali è attribuito un valore di M pari a 6,14.



La pericolosità sismica in un generico sito viene definita in termini di valori di accelerazione orizzontale massima e di spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, in corrispondenza dei punti di un reticolo e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presenti nel sito in esame e della morfologia di superficie.

TAV. 4 – MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA



Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE

10. MODELLAZIONE SISMICA

10.1. Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale (Vn) è intesa 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.

La vita nominale delle diverse tipologie di opere è riportata nella seguente tabella.

Tabella 2.4.I

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale Vn (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Nell'area in esame sono previste opere tipo "2 "per le quali si prevede una vita nominale Vn ≥ 50 anni.

10.2. Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso distinte nel modo seguente:

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 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 e B di cui al D.M. 5/11/2001 n. 6792 "Norme funzionali e geotecniche 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 e 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 impianti di produzione di energia.

☞

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Ad ogni classe d'uso è associato un coefficiente come da tabella seguente:

Tabella 2.4.II

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE Cu	0,7	1,0	1,5	2,0

Le opere da realizzare nell'area in esame sono relative alla Classe III pertanto alle stesse è associato un coefficiente d'uso pari a $C_U = 1,5$.

10.3. Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale Vn per il coefficiente d'uso C_U:

$$V_R = V_n \bullet C_U$$

Per il sito in esame il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75$ anni.

10.4. Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR}, nel periodo di riferimento V_R.

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

- ag — accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo — valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc* — periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

☞

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Nella seguente tabella vengono riportati i suddetti parametri elaborati per il sito in esame (individuato dalle coordinate Lat. 44.47583053; Long. 11.00920879), considerando un periodo di riferimento per l'azione sismica (VR) di 75 anni, in relazione al periodo di ritorno e agli stati limite di esercizio e agli stati limite ultimi e relative probabilità di superamento.

Stato limite		PVR (%)	TR (anni)	ag (g)	Fo (-)	Tc* (s)
Stati limite di esercizio	SLO	81	45	0,063	2,490	0,268
	SLD	63	75	0,078	2,496	0,275
Stati limite ultimi	SLV	10	712	0,186	2,390	0,307
	SLC	5	1462	0,231	2,411	0,317

10.5. Categoria di sottosuolo

La nuova Normativa per gli effetti locali identifica cinque categorie di sottosuolo (A÷E) suddivisi sulla base dei valori di velocità equivalente Vs30 di propagazione delle onde di taglio entro i primo 30 m di profondità, e due categorie aggiuntive (S1 e S2) per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione della azione sismica.

Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
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 massimo 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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ 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 $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ 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 $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ 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).

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Categorie aggiuntive di sottosuolo

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

Come evidenziato dalla relazione sismica allegata, i terreni che interagiscono con le fondazioni di quanto in progetto presentano una Vs30 pari a 487 m/sec, pertanto ricadono nella Categoria B, che comprende "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30>50 nei terreni a grana grossa e Cu30>250 kPa nei terreni a grana fine*").

10.6. Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni semplici può essere adottata la seguente tabella.

Tabella 3.2.IV

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15 °≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Ad ogni categoria topografica è associato un coefficiente di amplificazione topografica come da tabella seguente:

Tabella 3.2.VI

CATEGORIA	T1	T2	T3	T4
COEFFICIENTE St	1	1,2	1,2	1,4

L'area in esame si pone in un settore pressoché pianeggiante, perciò si configura una categoria topografica tipo T1 cui è associato un coefficiente di amplificazione topografica pari a 1,0.

Studio Geologico Associato GEO-PROBE

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE

10.7. Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficiente Ss e Cc valgono 1; per le altre categorie vengono calcolati in funzione di ag, Fo e Tc* mediante le espressioni fornite nella seguente tabella.

Tabella 3.2.V

Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1,00	1,00
B	$1,00 \le 1,4-0,4 \cdot F_o \cdot a_g/g \le 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,7-0,6 \cdot F_o \cdot a_g/g \le 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,4-1,50 \cdot F_o \cdot a_g/g \le 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-050}$
E	$1,00 \le 2,00-1,10 \cdot F_o \cdot a_g/g \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per il sito in esame otteniamo:

Stato limite	Ss	Cc
SLO	1,20	1,43
SLD	1,20	1,42
SLV	1,20	1,40
SLC	1,17	1,39

10.8 Accelerazione massima al sito

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata mediante la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = Ss \cdot St \cdot a_g$$

Nel nostro caso per i parametri considerati in precedenza e per lo stato limite SLV si ottiene un valore pari a 2,190 m/sec^2.

10.9 Coefficiente sismico orizzontale e verticale

Il coefficiente sismico orizzontale si ottiene mediante la relazione:

$$kh = \frac{\beta s \times a_{max}}{g}$$

dove:

βs = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ricavabile dalla sottostante tabella.

	Categoria di sottosuolo	
	A	**B, C, D, E**
	βs	βs
0,2< ag (g) ≤0,4	0,30	0,28
0,1< ag (g) ≤0,2	0,27	0,24
ag (g) ≤0,1	0,20	0,20

Nel nostro caso assumendo un valore di βs pari a 0,24, si ottiene un coefficiente sismico orizzontale (kh) pari a 0,054.

Il coefficiente sismico verticale (kv) si ottiene mediante la relazione:

$$kv = 0,5\ kh = 0,027$$

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

11. MODELLAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nella Tavola 2C del PTCP "Rischio Sismico – Carta provinciale degli effetti locali attesi", l'area oggetto di intervento è classificata come A. – "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche" nella quale si prevedono studi geologici con valutazione del coefficiente di amplificazione litologico mediante approfondimenti di II livello.

Sulla base dei risultati dell'indagine geofisica è stato possibile ricostruire i profili di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

La stratigrafia che caratterizza il modello per i primi 30 metri deriva dagli esiti delle prove geognostiche eseguite, mentre per l'attribuzione della velocità delle onde sismiche di taglio Vs relativa ai differenti strati della colonna sismica, si sono considerati gli esiti dell'indagine sismica eseguita.

Per la quantificazione della risposta sismica locale, il D.G.R 2193/2015 propone la definizione semi quantitativa degli effetti di amplificazione locale semplificata (secondo livello di approfondimento); l'amplificazione è quantificata secondo i parametri FA PGA e FA SI che sono desunti dagli abachi riportati nell'Allegato A2 della suddetta delibera riferiti a grandi situazioni morfologiche stratigrafiche che tengono conto delle caratteristiche litologiche, e morfologiche e della profondità del bedrock sismico.

Le variabili da inserire negli abachi per la stima dell'amplificazione locale sono la velocità equivalente delle onde di taglio nel sottosuolo (V_{S30} o V_{SH}) e gli spessori dei sedimenti superficiali che possono amplificare il moto sismico e/o la profondità del bedrock sismico.

I dati del sottosuolo permettono di attribuire l'area di studio al macro contesto geologico "Margine di tipo A" caratterizzato da spessore di terreni fini sovrastanti gli orizzonti grossolani inferiori a 30 m; gli strati grossolani sovrastano direttamente il substrato geologico.

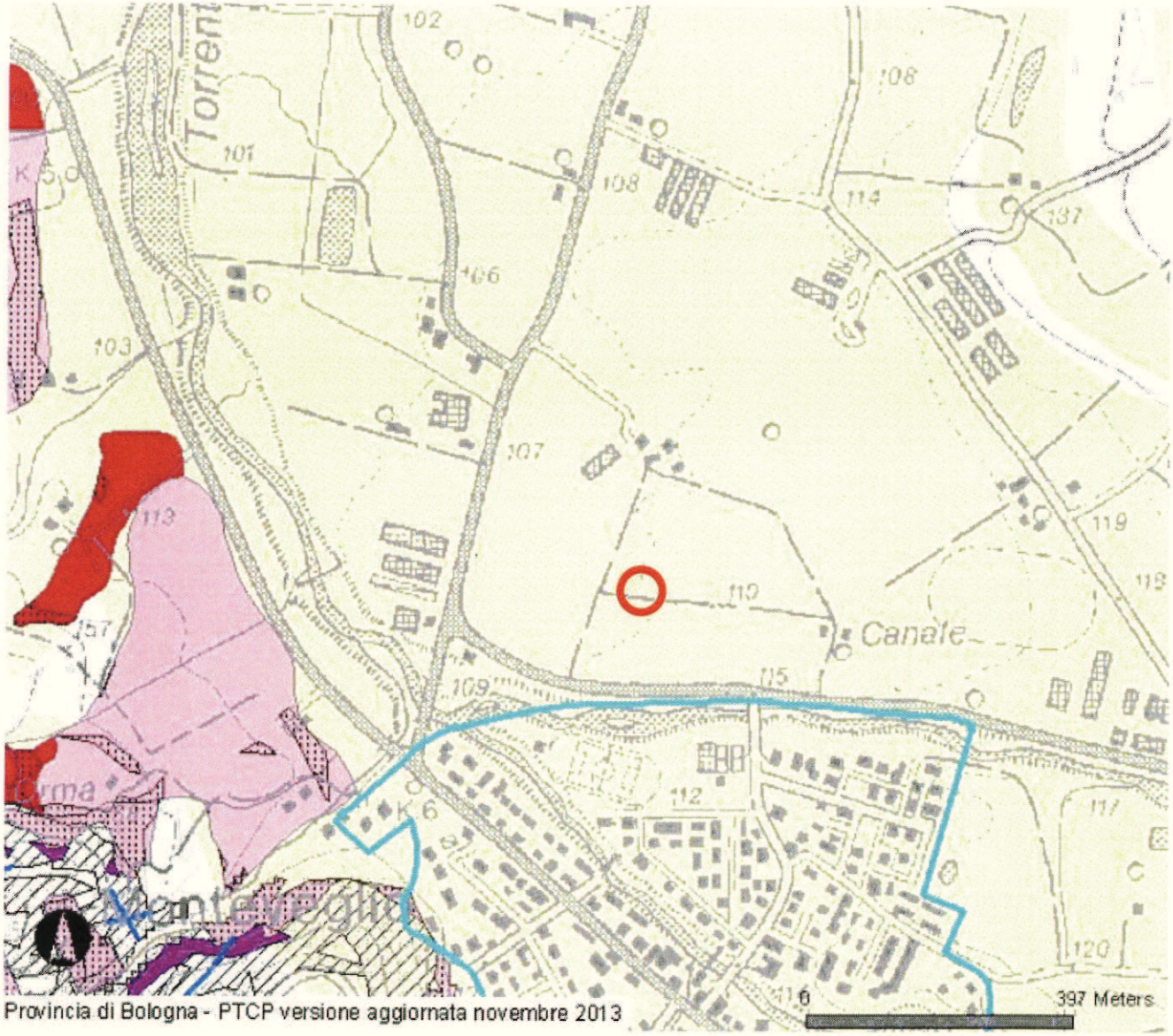
I parametri della microzonazione sismica semplificata sono riportati nella tabella seguente:

Macroambito	V_{SH} (H = 7,9 m)	FA PGA	FA SI1 (0,1<T<0,5s)	FA SI2 (0,5<T<1,0s)
Margine di tipo A	307 m/sec	1,8	1,8	1,7

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE

STRALCIO TAVOLA 2C PTCP



Scala 1:10.000

Area in esame

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

TAVOLA 2C PTCP - LEGENDA

D - Fascia soggetta ad amplificazione e potenziali cedimenti differenziali

FP - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche

F - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

QP - Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografi

Q - Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

P50 - Area potenzialmente instabile per scarpate con acclività > 50°

L1 - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione

L2 - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione

G - Area potenzialmente instabile per presenza di cavità sotterranee

R - Aree incoerenti/incerte per caratteristiche litologiche e morfologiche

C - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti

AP - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche

A - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

P - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche con acclività 30°-50°

S - Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali

C — Perimetrazione degli abitati da consolidare o trasferire

1 - Area in dissesto
2 - Aree di possibile evoluzione del dissesto
4 - Aree da sottoporre a verifica
5 - Aree di influenza sull'evoluzione del dissesto
A - Zone a più elevata pericolosità
B - Zone di possibile ulteriore evoluzione dei fenomeni franosi
C - Zone individuate come frane antiche
NC - Zone non classificate secondo la Circolare Regionale

N — Aree a rischio di frana perimetrate e zonizzate

1 - Aree in dissesto
2 - Aree di possibile evoluzione del dissesto
3 - Aree di possibile influenza del dissesto
4 - Aree da sottoporre a verifica
5 - Aree di influenza sull'evoluzione del dissesto

☞

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

12. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In occasione di un evento sismico particolare attenzione deve essere posta nella liquefazione dei terreni, ovvero la fluidificazione degli stessi con perdita improvvisa della resistenza al taglio, tendenza all'addensamento e conseguente riduzione di volume.

La verifica alla liquefazione può essere omessa quando risulta soddisfatta almeno uno delle seguenti circostanze come da N.T.C. 7.11.3.4.2:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5; come visto in precedenza sulla base degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Gruppo di Lavoro MS 2008" le valutazioni vengono effettuate utilizzando la magnitudo massima attesta di 6,14 (***non soddisfatta***).
2. Accelerazione massima attesa al p.c. in condizioni di campo libero minore di 0,1g; nel nostro caso a_{maxs} = F.A. • ag = 0,335g (***non soddisfatta***).

Quando le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte, le indagini devono essere finalizzate alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle successive condizioni:

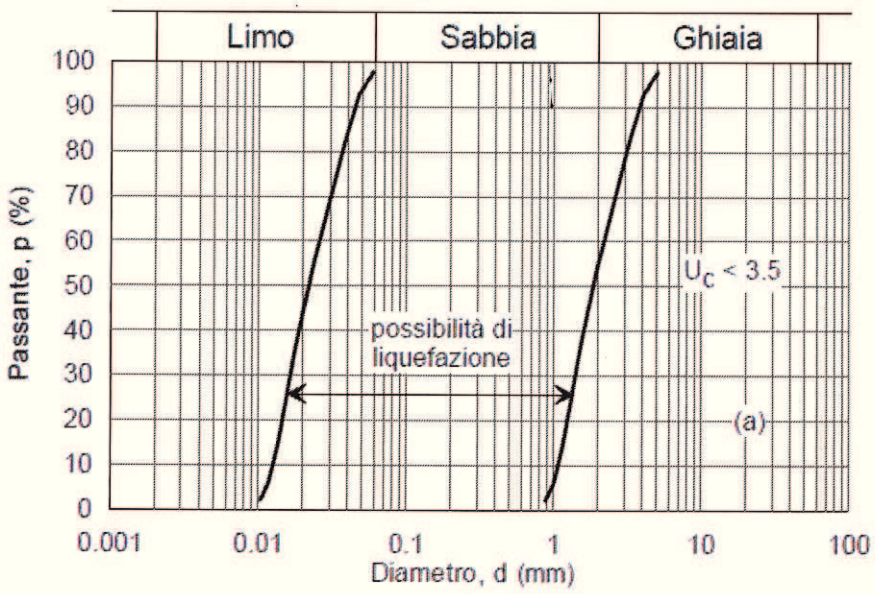
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15,00 m dal p.c., per p.c. suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali; nel nostro caso al termine dell'indagine all'interno dei fori di prova è stata rilevata la presenza di circolazioni idriche permeanti i terreni grossolani (***non soddisfatta***);
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 >30 oppure (q_{c1n}) > 180; dalle prove penetrometriche eseguite localmente risulta (q_{c1n}) < 180 (***non soddisfatta***).
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità U < 3,5 ed in figura (b) per terreni con U > 3,5; a livello operativo l'applicazione di questo criterio implica l'esecuzione di un sondaggio con prelievo di campioni di sabbia satura.

Non essendo soddisfatta alcuna delle precedenti circostanze previste dalle N.T.C. 7.11.3.4.2, si è proceduto ad eseguire la verifica alla liquefazione.

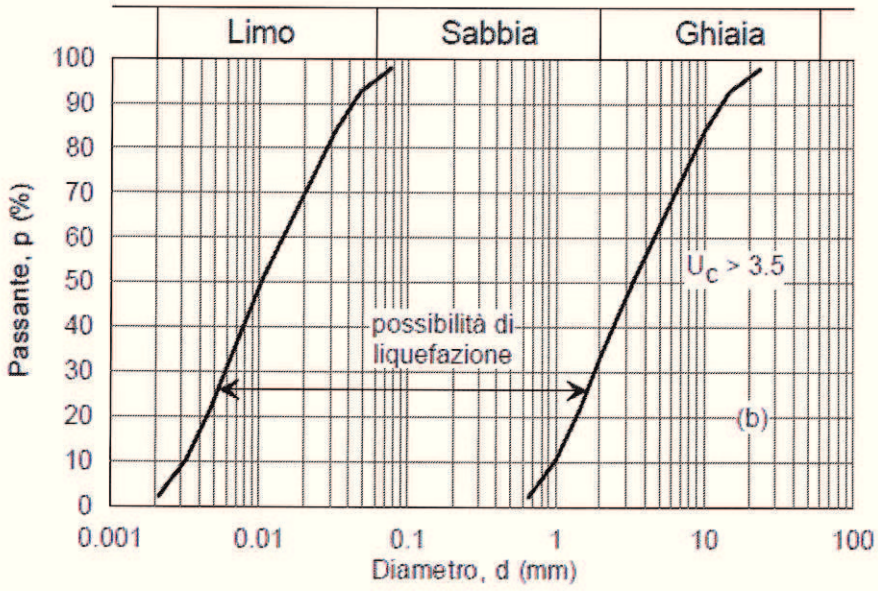
☞

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

(a)



(b)



attraverso il rapporto fra la resistenza ciclica normalizzata (CRR) e lo sforzo ciclico normalizzato (CSR); Se il rapporto (FSL) è maggiore di 1,2 il terreno è non liquefacibile, mentre diventa liquefacibile in caso contrario.

Lo sforzo ciclico normalizzato può essere valutato nell'ipotesi di mezzo perfettamente rigido, in cui si propagano solo onde di taglio, con la seguente espressione semplificata che tiene conto del mezzo deformabile:

$$CSR = \frac{\tau_{hm}}{\sigma'_z} = 0{,}65 \times a_{\max s} \times \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} \times \frac{r_d}{g} \times \frac{1}{MSF}$$

dove:

τ_{hm} = tensione tangenziale media indotta dal sisma di progetto;

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

a_{maxs} = accelerazione massima al sito = F.A. • ag = 0,205g;

σ_z e σ'_z = valori della tensione litostatica totale ed effettiva alla profondità z dal p.c.;

rd = coefficiente funzione della profondità dal p.c. valutabile secondo il seguente schema:

rd = 1-0,00765z per z<9,15 m

rd = 1,174-0,0267z per 9,15<z<23 m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma ricavabile con le seguenti relazioni:

$MSF = (M_L/7,5)^{-3,3}$ per $M \leq 7,5$ (Idriss 1990)

con:

M_L = 6,14, magnitudo massima attesa per le zone sismogenetiche 911÷914

La resistenza ciclica normalizzata (CRR) può essere valutata mediante il metodo di Robertson e Wride (1998) che permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica.

La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$CRR = 0,83 \times \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000}\right] + 0,05 \rightarrow (q_{c1n})_{cs} < 50$$

$$CRR = 93 \times \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000}\right]^3 + 0,08 \rightarrow 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

dove:

$$(qc1n)cs = Kc \times qc1n$$

è la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente (determinata mediante la procedura di Robertson e Wride 1998) e Kc è un fattore di correzione funzione dell'indice del tipo di terreno Ic così definito:

Ic	% fine	Kc
≥2,6	alto (limi/argille)	Non liquefacibile
≤ 1,64	basso	Kc = 1
1,64 < Ic< 2,6	medio	$Kc = -0,403 \bullet Ic^4 + 5.581Ic^3 - 21,63Ic^2 + 33,75 \bullet Ic - 17,88$

Le procedure di calcolo applicate alla CPT 2 non hanno evidenziato la presenza di lenti caratterizzate da un coefficiente di sicurezza Fs < 1,2, pertanto i terreni non sono liquefacibili.

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

13. RESISTENZA DI PROGETTO DEI TERRENI IN CONDIZIONI STATICHE

In accordo con le NTC sono stati effettuati i calcoli della resistenza allo stato limite ultimo (SLU).

Secondo la Normativa la valutazione del grado di sicurezza si ottiene adottando il "Metodo semiprobabilistico dei coefficienti parziali" e verificando la relazione:

$$Ed \leq Rd$$

dove:

Ed: valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione nelle varie combinazioni di calcolo;

Rd: valore di progetto della resistenza del terreno.

La verifica del valore di progetto della resistenza del terreno viene eseguita secondo la teoria proposta da *Brinch-Hansen* (1970), estensione dell'equazione di *Buisman* (1935) e *Terzaghi* (1943), basata sulle seguenti ipotesi:

- omogeneità ed isotropia del terreno;
- non resistenza del terreno agli sforzi tensionali di trazione;
- rigidezza infinita della struttura di fondazione rispetto al terreno.

Per le considerazioni suddette la formula di *Brinch-Hansen* viene ad assumere la seguente struttura:

$$Rd = (1/2\ \gamma'\ B\ N\gamma\ s\gamma\ d\gamma\ i\gamma\ g\gamma\ b\gamma\ z\gamma + c'\ Nc\ sc\ dc\ ic\ gc\ bc\ zc + q'\ Nq\ sq\ dq\ iq\ gq\ bq\ zq)\ rg/\gamma R$$

dove:

γ' = peso di volume del terreno posto al disotto della fondazione;

B = larghezza della fondazione;

$N\gamma$; Nc; Nq = fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio;

c' = coesione del terreno;

$q = (\gamma \bullet D)$ = sovraccarico agente ai bordi della fondazione dove γ è il peso di volume del terreno e D è l'incastro della fondazione;

$s\gamma$; sc; sq = fattori di forma della fondazione;

$d\gamma$; dc; dq = fattori di profondità della fondazione;

$i\gamma$; ic; iq = fattori inclinazione carico sulla fondazione;

$g\gamma$; gc; gq = fattori dipendenti dall'inclinazione del terreno;

$b\gamma$; bc; bq = fattori dipendenti dall'inclinazione della fondazione;

Studio Geologico Associato GEO-PROBE Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

$z\gamma$; zc; zq = fattori correzione sismico inerziale;

rg = fattore riduttivo applicato per elevati valori di B (Bowles);

γR = coefficiente parziale per la verifica agli stati ultimi di fondazioni superficiali.

Per quanto in progetto si ipotizza l'adozione di un sistema fondale diretto a plinti attestato ad una profondità media di 1,40 m dal p.c. attuale, pertanto i terreni interessati dall'intervento sono rappresentati prevalentemente dalle ghiaie in matrice sabbiosa e limosa e dalle sabbie limose e/o viceversa, appartenenti alle unità geotecniche A e B.

La verifica della resistenza di progetto del terreno in condizioni statiche viene eseguita prendendo in esame le unità geotecniche suddette.

Trovandoci in presenza di terreni incoerenti la verifica della capacità portante degli stessi viene eseguita ponendo la coesione uguale a zero e la resistenza al taglio viene affidata solamente all'angolo di attrito interno del terreno.

Per le condizioni suddette la formula di *Brinch-Hansen*, non considerando i fattori correttivi che tengono conto dell'approfondimento della fondazione, ipotizzando il piano di posa della fondazione orizzontale, che il carico trasmesso sulla stessa risulti centrato, e per una inclinazione del terreno $\beta = 0$, si riduce a:

$$Rd = (1/2 \bullet \gamma' \bullet B \bullet N\gamma \bullet z\gamma \bullet S\gamma + q' \bullet Nq \bullet zq \bullet Sq) \bullet rg/\gamma R$$

dove:

$N\gamma$; Nq = fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio;

$S\gamma$; Sq = fattori di forma della fondazione; pari rispettivamente a 1-0,4 • (B/L) e 1+ (B/L) • tg φ, con φ = angolo di attrito interno del terreno;

γ' = peso dell'unità di volume del terreno;

q = (γ • D) = sovraccarico agente ai bordi della fondazione, dove γ è il peso di volume del terreno e D l'incastro della fondazione assunto unitario;

B = larghezza della fondazione, assunta unitaria;

$z\gamma$; zq = fattori correzione sismico inerziale;

rg = fattore riduttivo applicato per elevati valori di B (Bowles), pari a 1-0,25 $\log_{10}(B/2)$.

Per la verifica del valore di progetto della capacità portante del terreno, la normativa prevede l'utilizzo di valori di progetto (Vd) ottenuti applicando, ai valori caratteristici (Vk), dei coefficienti parziali riduttivi funzione della tipologia di Approccio utilizzata.

Per i calcoli della resistenza allo stato limite ultimo (SLU) verrà utilizzato sia l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2), che risulta dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico, che l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Studio Geologico Associato GEO-PROBE – Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Nella tabella seguente vengono riportati i coefficienti parziali riduttivi previsti dalla normativa per i parametri geotecnici del terreno.

Tabella 6.2.II

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE		
		γM	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	tan φ'k	$\gamma\varphi'$	1,00	1,25
Coesione efficace	c' k	$\gamma c'$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	cuk	γcu	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ	$\gamma\gamma$	1,00	1,00

Il valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio del terreno ($\varphi'k$), trovandoci in presenza di una fondazione rigida cui è associata un importante volume significativo di terreno, è definito come il 5° percentile della media dei dati delle verticali indagate nel volume di influenza (distribuzione di Student), al quale viene applicato il coefficiente M1 o M2 previsto dalla Normativa per ottenere il valore di $\varphi'd$; in considerazione della locale prevalenza nella fascia meridionale della matrice sabbiosa e limosa, prudenzialmente viene assunto un valore di $\varphi'k$ pari a 30°.

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma vengono introdotti i fattori correttivi z ottenuti dalle formule:

$$zq = (1 - kh/tg\varphi)^{0,35}$$

$$z\gamma = zq$$

dove:

kh = coefficiente sismico orizzontale.

Il valore γR (coefficiente parziale per la verifica agli stati ultimi di fondazioni superficiali) si ricava dalla seguente tabella:

Tabella 6.4.I

Verifica	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante	$\gamma R = 1,0$	$\gamma R = 1,8$	$\gamma R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma R = 1,0$	$\gamma R = 1,1$	$\gamma R = 1,1$

Nel nostro caso, non considerando la superficie efficace della fondazione, e considerando un incastro della stessa pari a 1,40 m, otteniamo:

Studio Geologico Associato GEO-PROBE Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Fondazione diretta a plinti (B = L = 3,50 m)

- Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)

$\varphi'k = 30°$
$\varphi'd = 24,8°$
$z\gamma = zq = 0,958$
$S\gamma = 0,6$
$Sq = 1,46$
$\gamma' = 18,5$ kN/m^2
$q = 25,9$ kN/m^2
$rg = 10,94$
$N\gamma = 10,57$
$Nq = 14,44$

$$Rd = (0,5 \bullet 18,5 \bullet 10,57 \bullet 0,958 \bullet 0,6 + 25,9 \bullet 14,44 \bullet 0,958 \bullet 1,46) \bullet 0,94/1,8$$
$$= 302,5 \text{ kN/m}^2$$

- Approccio 2 (A1+M1+R3)

$\varphi'k = 30°$
$\varphi'd = 30°$
$z\gamma = zq = 0,966$
$S\gamma = 0,6$
$Sq = 1,587$
$\gamma' = 18,5$ kN/m^2
$q = 25,9$ kN/m^2
$rg = 0,94$
$N\gamma = 22,40$
$Nq = 18,40$

$$Rd = (0,5 \bullet 18,5 \bullet 22,40 \bullet 0,966 \bullet 0,6 + 25,9 \bullet 18,40 \bullet 0,966 \bullet 1,58) \bullet 0,94/2,3$$
$$= 346,4 \text{ kN/m}^2$$

Sarà cura del progettista, sulla base della conoscenza dei parametri, della geometria e delle azioni di progetto, la verifica della disequazione Ed < Rd per entrambi gli approcci considerati.

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

14. CONSIDERAZIONI FINALI

L'area in esame si ubica a Nord dell'abitato di Monteveglio ad una quota media di 109,00 m s.l.m., immediatamente a Nord della confluenza del Torrente Samoggia con il Torrente Ghiaia di Serravalle, in una fascia pressoché pianeggiante o moderatamente acclive posta al margine delle prime propaggini appenniniche caratterizzate da moderati rilievi collinari che mostrano una rapida attenuazione passando dalla fascia dell'alta pianura.

La litologia del primo sottosuolo al tetto, al tetto, al disotto di un orizzonte di terreno pedogenizzato dello spessore medio di 0,20÷0,30 m, sino ad una profondità variabile da 0,60 m a 1,20 m risulta inizialmente caratterizzata dalla presenza di limi argillosi debolmente sabbiosi di colore marrone chiaro, di consistenza plastico dura (q_c = 2,0÷3,4 MPa; Rf = 2,8÷6,6 %) (qd = 2,1 MPa) ed umidità medio scarsa.

Sotto prevalgono delle ghiaie di granulometria da media a grossolana di addensamento variabile da scarso a medio elevato (q_c = 9,9÷39,2 MPa; Rf = 0,5÷0,9 %) (qd = 3,6÷21,3 MPa) in matrice limo sabbiosa di umidità da media alla totale saturazione idrica, inglobanti localmente orizzonti sabbiosi e limosi di medio addensamento (q_c = 3,2÷4,9 MPa; Rf = 1,0÷1,8 %) (qd = 4,2÷6,3 MPa) e/o limo sabbiosi di consistenza plastica (q_c = 1,6÷1,8 MPa; Rf = 3,7÷5,9 %) (qd = 0,8÷2,2 MPa).

A partire da una profondità media di 7,40÷7,80 m sono presenti delle argille limose di consistenza elevata (q_c = 5,5÷24,7 MPa; Rf = 2,6÷5,8 %) (qd = 4,3÷9,4 MPa) ed umidità medio scarsa, che rappresentano presumibilmente il substrato.

I suddetti terreni sono caratterizzati dalla presenza di una falda freatica di superficie, permeante i terreni grossolani e sopportata dal substrato impermeabile, il cui livello statico nei fori di indagine, alla data di esecuzione della stessa, è stato misurato ad una profondità media di 2,60÷2,80 m dal p.c. attuale, quote presumibilmente soggette a variazioni stagionali.

Per quanto in progetto si prevede l'adozione di un sistema fondale a plinti, che rispetto al p.c. attuale dovrà approfondirsi di circa 1,40 m al fine di superare i terreni limosi e argillosi di superficie e raggiungere ed attestarsi sulle sottostanti ghiaie in matrice sabbiosa e limosa localmente prevalente.

I terreni che interagiscono con le fondazioni di quanto in progetto presentano una Vs30 pari a 487 m/sec, pertanto ricadono nella Categoria B, che comprende *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N_{SPT30}>50 nei terreni a grana grossa e Cu_{30}>250 kPa nei terreni a grana fine")*.

Verifiche al rischio di liquefazione dei terreni hanno evidenziato per tutta la verticale indagata un coefficiente di sicurezza Fs > 1,2, pertanto i terreni non sono liquefacibili.

Nel caso di un sistema fondale diretto a plinti attestato sulle ghiaie in matrice sabbiosa e limosa, i terreni presenti, non considerando la superficie efficace della fondazione, consentono valori di resistenza di progetto dell'ordine di 302,5 kN/m^2 nel caso di verifica mediante "Approccio 1 Combinazione 2" e di 346,4 kN/m^2 nel caso di "Approccio 2".

In considerazione di quanto sopra si può pertanto affermare che da un punto di vista geologico, seguendo le prescrizioni riportate in precedenza, non vi è nulla che impedisca la realizzazione di quanto in progetto.

Casalecchio di Reno, 06 Marzo 2017

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. GRAZIANO GRIMANDI
Ordine Geologi Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZ.A
N. 407 ALBO P.

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

ALLEGATI

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Indagine geognostica

Committente: Comune di Monteveglio
Località : Monteveglio (BO)
Cantiere : Torre Gazzone
n° prova : 1
Profondità falda : foro chiuso a 1.90 m
Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
Note: ---

Rapporto di prova N°: 09.0593 /RSP

Data prova: 08/06/2009
Quota: ---
Codice lavoro: 2009.098
Procedura di prova: IP_2

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
32		3.14	156.96	20	5.00	
24	48	2.35	98.10	24	4.17	
21	36	2.06	98.10	21	4.76	
106	121	10.39	85.02	122	0.82	
230	243	22.55	150.42	150	0.67	1,0 m
297	320	29.12	176.58	165	0.61	
303	330	29.71	189.66	157	0.64	
239	268	23.43	137.34	171	0.59	
259	280	25.39	150.42	169	0.59	
275	298	26.96	156.96	172	0.58	2,0 m
287	311	28.14	170.04	165	0.60	
247	273	24.22	143.88	168	0.59	
208	230	20.39	111.18	183	0.55	
150	167	14.71	104.64	141	0.71	
143	159	14.02	111.18	126	0.79	3,0 m
382	399	37.45	235.44	159	0.63	
277	313	27.16	156.96	173	0.58	
328	352	32.16	196.20	164	0.61	
320	350	31.37	196.20	160	0.63	
16	46	1.57	58.86	27	3.75	4,0 m
95	104	9.31	143.88	65	1.54	
207	229	20.29	170.04	119	0.84	
122	148	11.96	143.88	83	1.20	
150	172	14.71	222.36	66	1.51	
170	204	16.67	287.76	58	1.73	5,0 m
384	428	37.65	209.28	180	0.56	
400	432	39.22				

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	08/06/2009	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

via Cimarosa 119 - 40033 Casalecchio di Reno (BO) - Tel. 051.6133072 Fax. 051.6133512
email geoprobe@geo-probe.com

Committente: Comune di Monteveglio
Località : Monteveglio (BO)
Cantiere : Torre Gazzone
n° prova : 2
Profondità falda : 2.80 m
Attrezzatura: Penetrometro da 200 kN
Note: ---

Rapporto di prova N°: 09.0594 /RSP

Data prova: 08/06/2009
Quota: ---
Codice lavoro: 2009.098
Procedura di prova: IP_2

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
15		1.47	65.40	22	4.45	
30	40	2.94	85.02	35	2.89	
35	48	3.43	163.50	21	4.76	
25	50	2.45	137.34	18	5.60	
23	44	2.25	85.02	27	3.77	1,0 m
29	42	2.84	111.18	26	3.91	
173	190	16.96	137.34	123	0.81	
117	138	11.47	85.02	135	0.74	
284	297	27.84	156.96	177	0.56	
299	323	29.31	163.50	179	0.56	2,0 m
305	330	29.90	170.04	176	0.57	
343	369	33.63	209.28	161	0.62	
133	165	13.04	104.64	125	0.80	
144	160	14.12	111.18	127	0.79	
175	192	17.16	130.80	131	0.76	3,0 m
241	261	23.63	143.88	164	0.61	
223	245	21.86	124.26	176	0.57	
279	298	27.35	170.04	161	0.62	
238	264	23.33	124.26	188	0.53	
356	375	34.90	176.58	198	0.51	4,0 m
387	414	37.94	202.74	187	0.53	
192	223	18.82	117.72	160	0.63	
133	151	13.04	91.56	142	0.70	
201	215	19.71	117.72	167	0.60	
177	195	17.35	111.18	156	0.64	5,0 m
18	35	1.76	78.48	22	4.45	
18	30	1.76	65.40	27	3.71	
16	26	1.57	78.48	20	5.00	
128	140	12.55	78.48	160	0.63	
99	111	9.71	91.56	106	0.94	6,0 m
180	194	17.65	111.18	159	0.63	
287	304	28.14	163.50	172	0.58	
336	361	32.94	183.12	180	0.56	
208	236	20.39	117.72	173	0.58	
337	355	33.04	209.28	158	0.63	7,0 m
120	152	11.76	111.18	106	0.95	
124	141	12.16	91.56	133	0.75	
158	172	15.49	98.10	158	0.63	
232	247	22.75	137.34	166	0.60	
55	76	5.39	176.58	31	3.27	8,0 m
77	104	7.55	287.76	26	3.81	
45	89	4.41	215.82	20	4.89	
56	89	5.49	143.88	38	2.62	
79	101	7.75	202.74	38	2.62	
89	120	8.73	196.20	44	2.25	9,0 m
99	129	9.71	261.60	37	2.70	
94	134	9.22	294.30	31	3.19	
87	132	8.53	255.06	33	2.99	
95	134	9.31	268.14	35	2.88	
94	135	9.22	353.16	26	3.83	10,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	08/06/2009	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

via Cimarosa 119 - 40033 Casalecchio di Reno (BO) - Tel. 051.6133072 Fax. 051.6133512
email geoprobe@geo-probe.com

Segue Rapporto di Prova N°: 09.0594 /RSP

L1 kg/cm²	L2 kg/cm²	qc MPa	fs kPa	qc/fs -	Rf %	
81	135	7.94	405.48	20	5.11	
87	149	8.53	359.70	24	4.22	
97	152	9.51	464.34	20	4.88	
97	168	9.51	555.90	17	5.85	
99	184	9.71	398.94	24	4.11	11,0 m
148	209	14.51	699.78	21	4.82	
200	307	19.61	647.46	30	3.30	
215	314	21.08	902.52	23	4.28	
224	362	21.96	843.66	26	3.84	
252	381	24.71				12,0 m

Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	08/06/2009	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

via Cimarosa 119 - 40033 Casalecchio di Reno (BO) - Tel. 051.6133072 Fax. 051.6133512
email geoprobe@geo-probe.com

GEO-PROBE S.r.l.

- Indagini Geognostiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

C P T (CONE PENETRATION TEST) N. 1

Rapporto di Prova N°: 09.0593 /RSP

Committente : Comune di Monteveglio

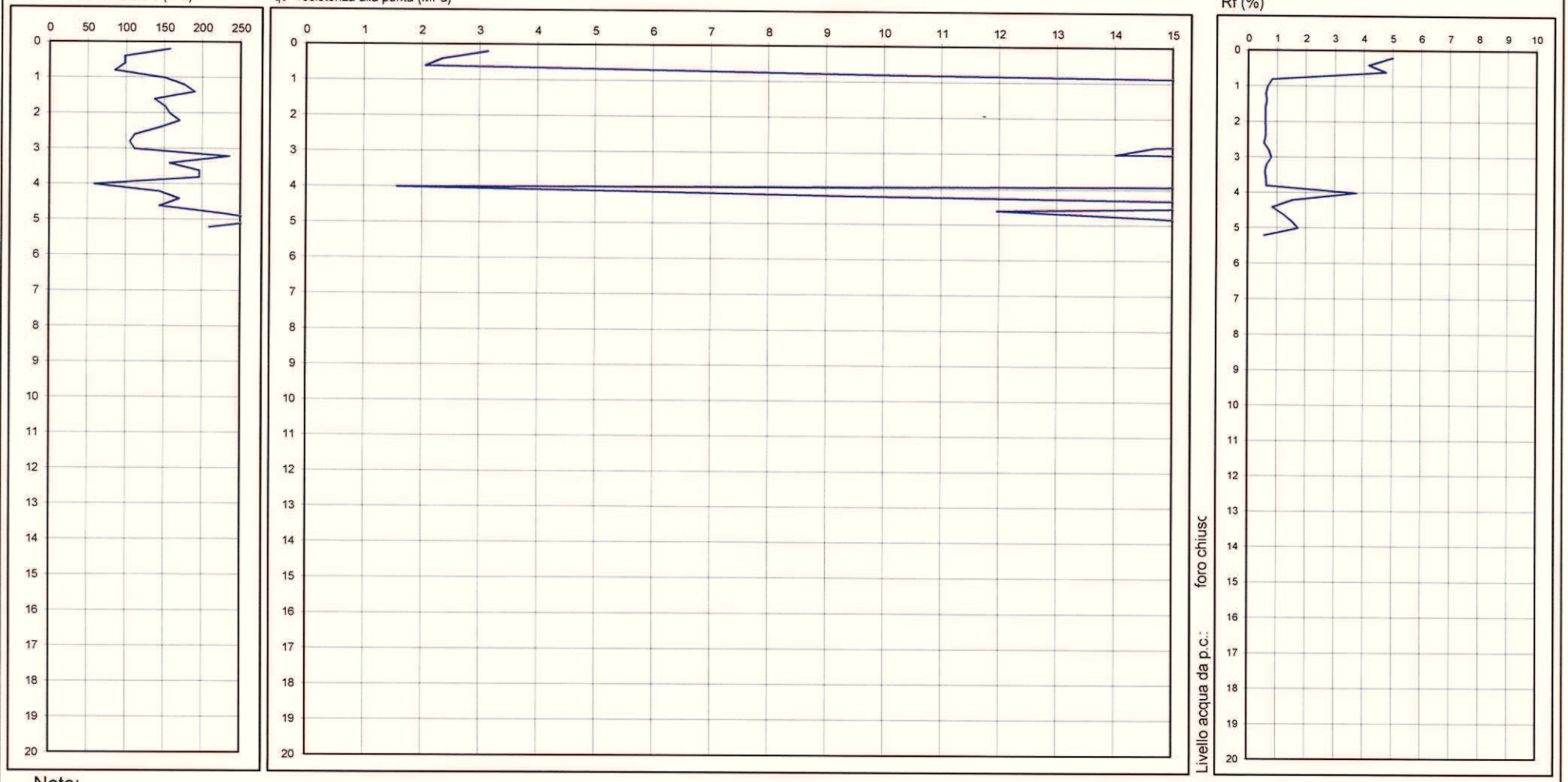
Località : Monteveglio (BO) Torre Gazzone

Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

Quota: ---

Data prova : 08/06/2009

Codice lavoro: 2009.098



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IP_2	ASTM D 3441-94	0	08/06/2009	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

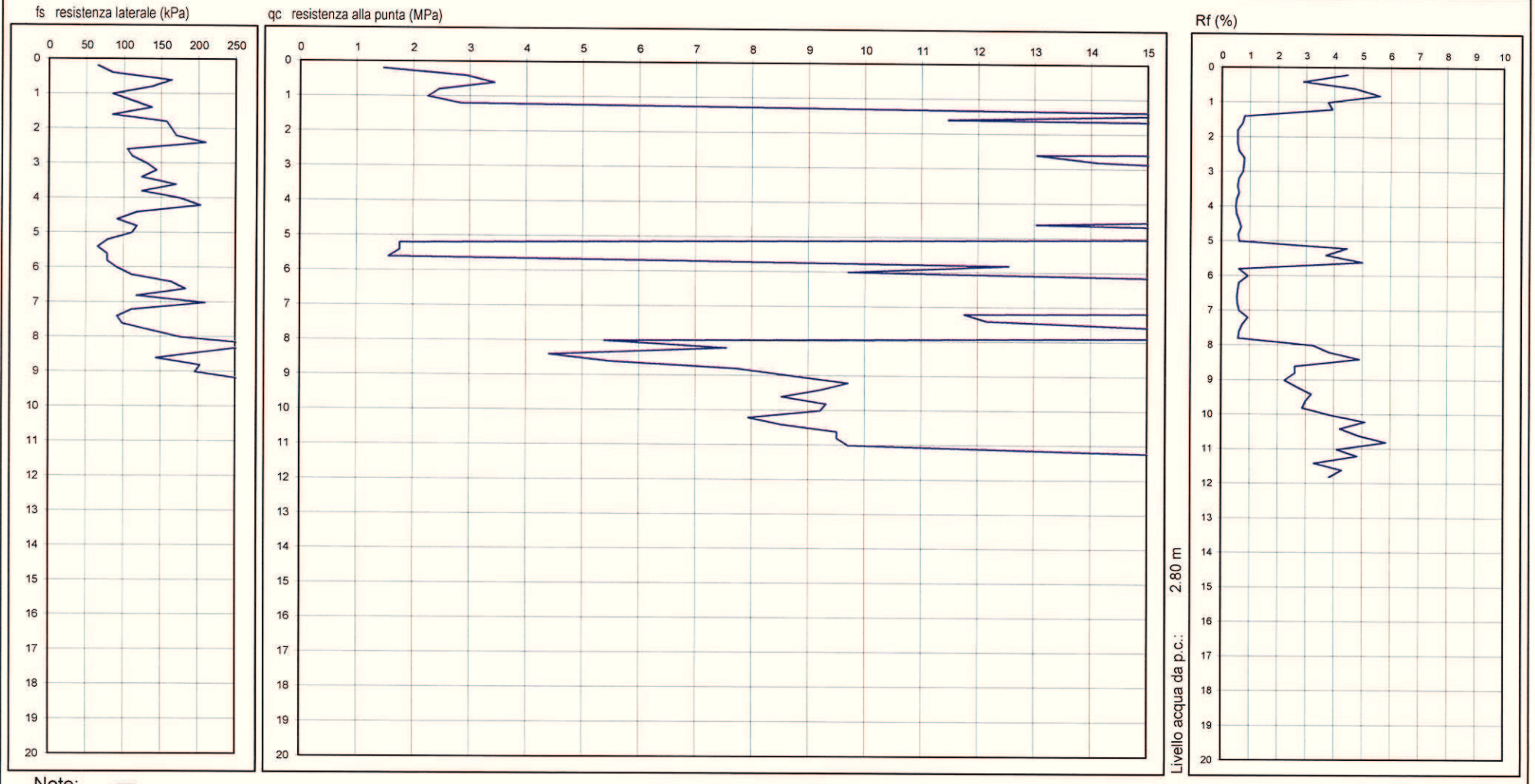
GEO-PROBE S.r.l.
- Indagini Geognostiche -
40033 CASALECCHIO DI RENO
Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

C P T (CONE PENETRATION TEST) **N. 2**

Rapporto di Prova N°: **09.0594 /RSP**

Committente : Comune di Monteveglio
Località : Monteveglio (BO) Torre Gazzone
Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

Quota: ---
Data prova : 08/06/2009
Codice lavoro: 2009.098



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IP_2	ASTM D 3441-94	0	08/06/2009	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

Committente : Comune Valsamoggia
Località : Monteveglio
Cantiere : Torre Gazzone
n° prova : 1
Profondità falda : 2.70 m
Attrezzatura: Penetrometro dinamico Emilia-DPSH
Note: ---

Rapporto di prova N°: **17.0046 /RSP**
Data prova: 06/02/2017
Quota: ---
Codice lavoro: 2017.013
Procedura di prova: ---

prof. (m)	N -	qd MPa	
0.20	1	1.1	m 0
0.40	1	1.1	
0.60	2	2.1	
0.80	6	6.3	
1.00	10	10.5	m 1
1.20	14	13.6	
1.40	12	11.6	
1.60	22	21.3	
1.80	16	15.5	
2.00	11	10.7	m 2
2.20	5	4.5	
2.40	3	2.7	
2.60	3	2.7	
2.80	7	6.3	
3.00	6	5.4	m 3
3.20	6	5.0	
3.40	5	4.2	
3.60	8	6.7	
3.80	13	10.8	
4.00	11	9.2	m 4
4.20	11	8.6	
4.40	12	9.4	
4.60	16	12.5	
4.80	11	8.6	
5.00	2	1.6	m 5
5.20	4	2.9	
5.40	11	8.0	
5.60	16	11.7	
5.80	15	11.0	
6.00	14	10.2	m 6
6.20	16	11.0	
6.40	20	13.8	
6.60	18	12.4	
6.80	13	9.0	
7.00	18	12.4	m 7
7.20	11	7.2	
7.40	11	7.2	
7.60	10	6.5	
7.80	8	5.2	
8.00	7	4.6	m 8
8.20	7	4.3	
8.40	8	4.9	
8.60	9	5.6	
8.80	9	5.6	
9.00	7	4.3	m 9
9.20	10	5.9	
9.40	15	8.8	
9.60	16	9.4	
9.80	15	8.8	
10.00	10	5.9	m 10

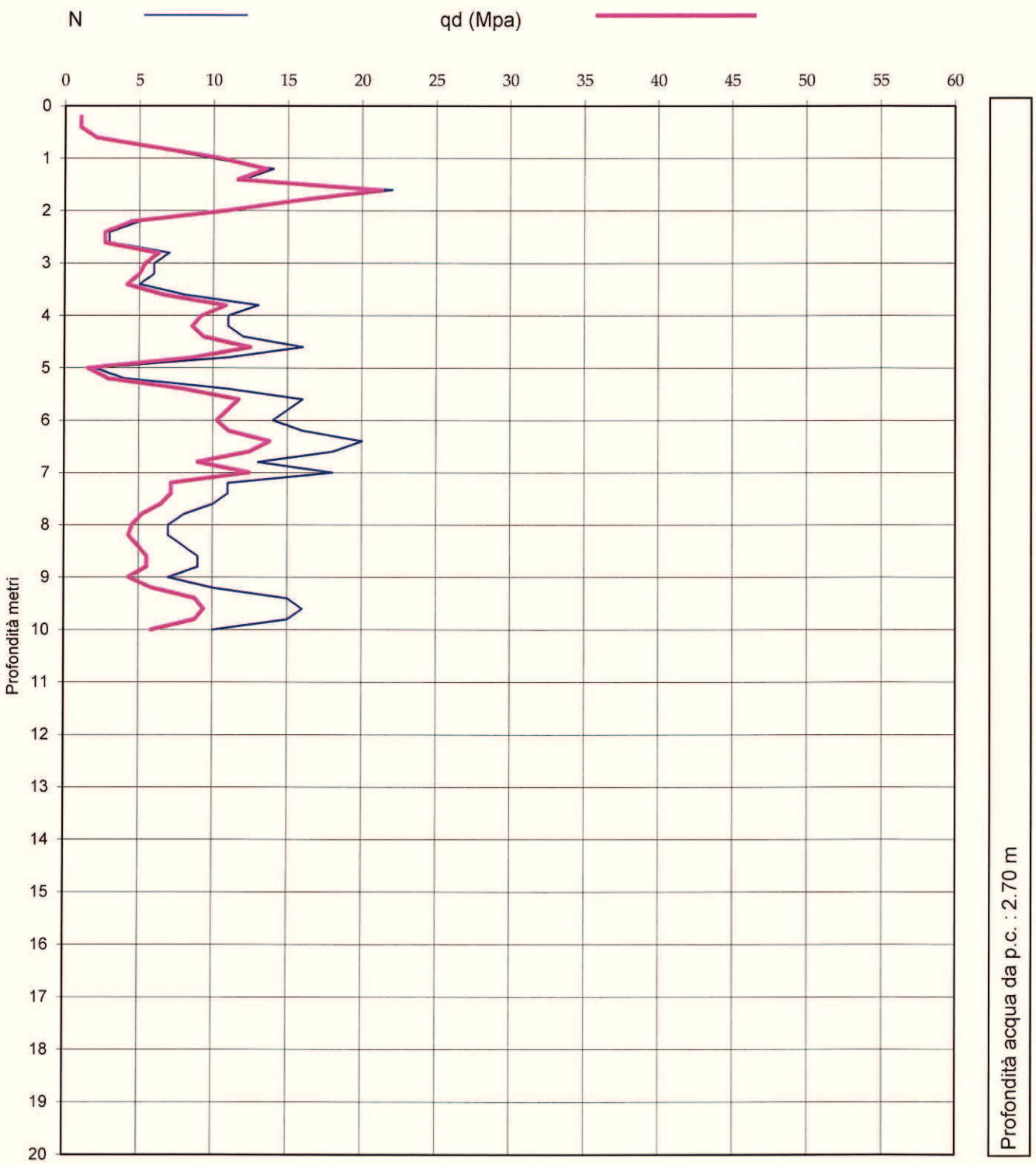
Revisione	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
0	06/02/2017	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l.
40033 Casalecchio di Reno (BO)
Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072
P.I. 04135500371

DPSH 1

Data prova: 06/02/2017
Quota ---
Codice lavoro: 2017.013

Committente: Comune Valsamoggia
Rapporto di prova N. 17.0046 /RSP
Località: Monteveglio Torre Gazzone
Attrezzatura: Penetrometro dinamico Emilia-DPSH



Note: ---

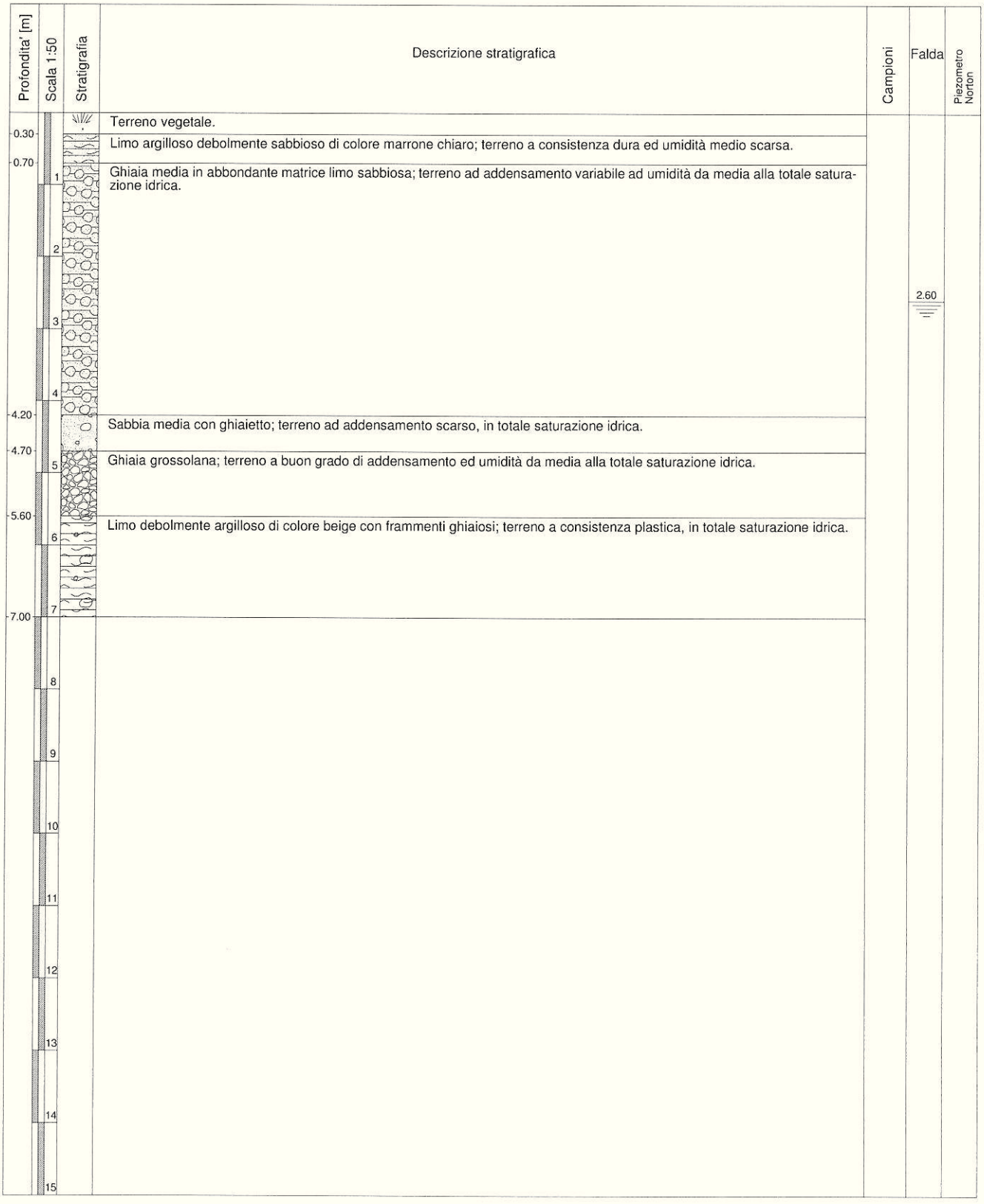
GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

Procedure di prova	Rapporto di prova N°	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
---	**17.0046 /RSP**	0	06/02/2017	Dr. Conti	Dr. Luca Conti

MOD.0_RSP_STRAT

GEO-PROBE s.r.l. *Indagini Geognostiche* *40033 CASALECCHIO DI RENO (BO)* *Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072*	Committente: Comune di Monteveglio Località: Monteveglio (BO) Cantiere: Torre Gazzone Perforazione: Trivellazione a secco d 120 mm Attrezzatura: Unimog U400L	Quota: -- Profondità: 7.00 m Data Inizio: 08/06/2009 Data Fine: 08/06/2009 Il geologo: Dr. L. Conti	Rap. Pr. N°09.0600/RSP Codice Lavoro 2009.098 SONDAGGIO 1 / FOGLIO 1/1	

Procedura di Prova	Rapporto di Prova N°	Rev.	Data di emissione	Lo Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
--	09.0600/RSP	0	08/06/2009	Dr. Tabarroni	Dr. L. Conti



Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Indagine sismica

Comune di Monteveglio

RELAZIONE GEOFISICA

Committente: Geo-Probe S.r.l.

Valutazione della V_{S30} in un'area situata in Via Stiore a Monteveglio (BO)

Giugno 2009

Geologo Mirko Sita
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051.757378 Cell. 349.4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

INDICE

1. INTRODUZIONE 1

2. RISPOSTA SISMICA LOCALE 3

3. RUMORE SISMICO AMBIENTALE 4

4. MISURAZIONE DEL RUMORE SISMICO AMBIENTALE 5

4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 5

4.2 ACQUISIZIONE DATI 7

4.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI 8

4.3.1 Indicazione del substrato sismico 10

4.4 VALUTAZIONE DEL PARAMETRO V_{S30} E DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE 11

5. CONCLUSIONI 12

Geologo Mirko Sita
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051-757378 Cell. 349-4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

1. INTRODUZIONE

Su incarico della ditta Geo-Probe S.r.l. è stata redatta la presente relazione riportante i risultati ottenuti da una registrazione del rumore sismico ambientale di fondo (microtremore) effettuata dallo scrivente in data 6 Giugno 2009 in un'area situata in Via Stiore a Monteveglio (BO).

Lo scopo dell'indagine è consistito nella valutazione della risposta sismica locale (vedere paragrafo dedicato) e nella conseguente determinazione del parametro V_{S30} al fine di classificare il suolo di fondazione del sito in accordo con la normativa vigente:

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 (20/03/2003) e s.m.: *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche* (G.U. n.105 del 08/05/2003)
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (14/01/2008): *Norme tecniche per le costruzioni* (G.U. n. 29 del 04/02/2008) – Suppl. Ordinario nº 30
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (28/04/2006): *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone* (G.U. n.108 del 11/05/2006)

Secondo la classificazione sismica dei comuni italiani l'area in esame ricade in Zona 3.

L'area di intervento è ubicata nell'Elemento *Stella* n° 220104 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000.

L'ubicazione del punto di registrazione è indicata in Tavola 1 di seguito riportata.

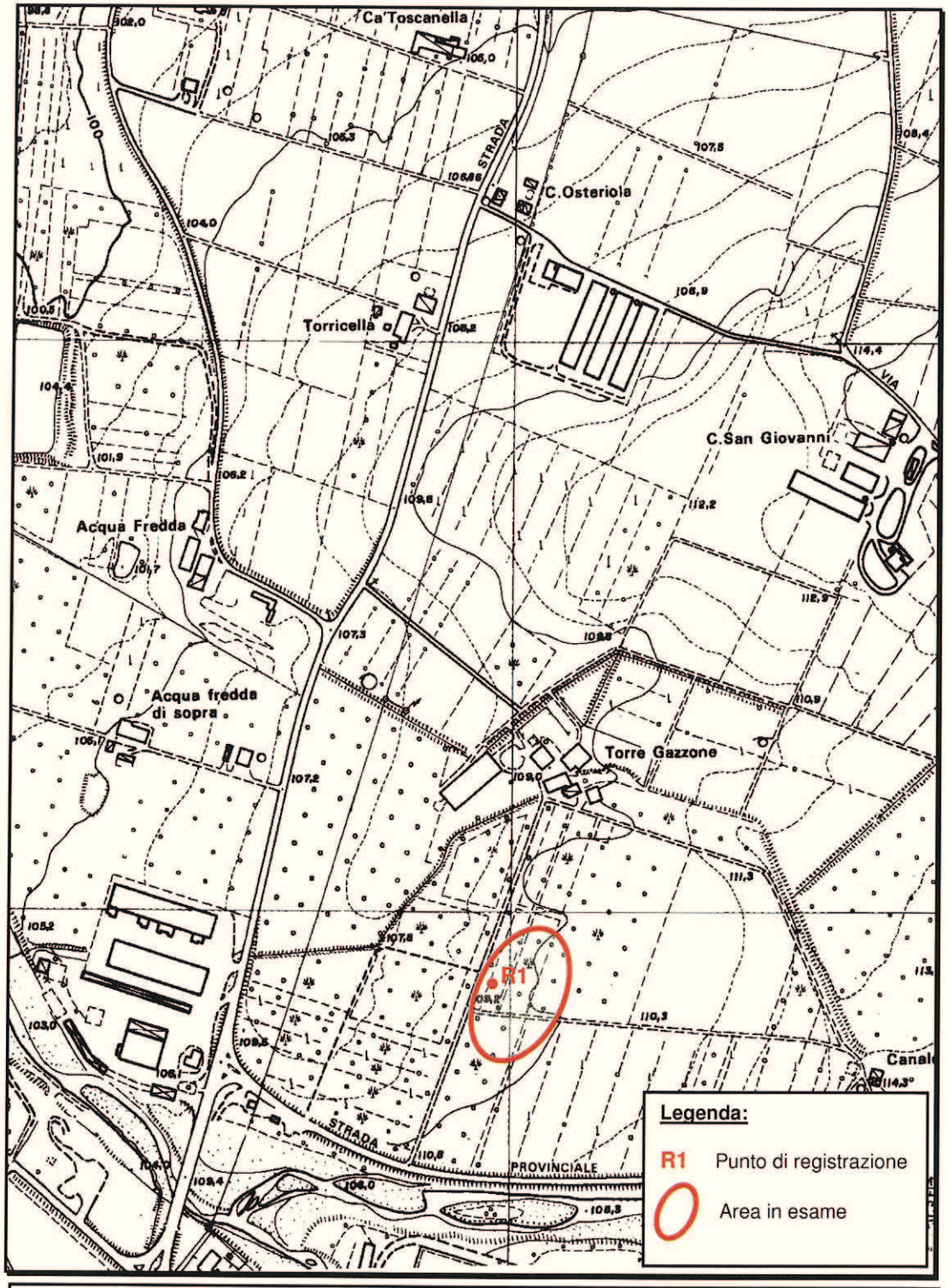


TAVOLA 1: Estratto dalla Carta Tecnica Regionale, Elemento *Stella* n° 220104
Scala 1:5.000

Geologo Mirko Sita
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051-757378 Cell. 349-4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

2. RISPOSTA SISMICA LOCALE

La risposta sismica locale viene definita come l'insieme delle variazioni di ampiezza, durata e frequenza che un moto sismico, definito terremoto di riferimento perché associato ad una formazione rocciosa di base, subisce quando arriva ad interessare gli strati di terreno sovrastanti tale formazione a causa delle caratteristiche geotecniche e geomorfologiche del sito.

Le situazioni considerate a più alto rischio per gli effetti di sito e che portano ad un'amplificazione dell'onda sismica sono le:

- coltri sedimentarie che, essendo costituite da materiali con qualità geomeccaniche decisamente inferiori rispetto a quelle del substrato, intrappolano per riflessione le onde sismiche incidenti dal basso e le amplificano subendo così un maggiore moto del suolo;
- irregolarità topografiche, in particolare i rilievi che risultano essere più sensibili alle onde sismiche per effetto di condizioni geometriche e per fenomeni fisici a cui si rimanda a testi specifici.

Queste situazioni portano ad un'amplificazione dell'accelerazione massima riscontrabile in superficie rispetto a quella che ricevono dalla profondità ed alla variazione della composizione del moto sismico accentuando alcune frequenze e smorzandone altre in relazione alla velocità delle onde sismiche trasversali V_S nei depositi ed al loro spessore.

Lo studio della risposta sismica locale permette di:

- inquadrare l'analisi di interazione tra il terreno di fondazione e la struttura;
- prevedere le deformazioni permanenti del suolo;
- quantificare il rischio di fenomeni di instabilità come frane e liquefazioni;
- effettuare studi di microzonazione sismica.

3. RUMORE SISMICO AMBIENTALE

Il rumore sismico ambientale è conosciuto anche con il termine *microtremore*, dato che si manifesta con oscillazioni decisamente di piccola ampiezza (1~10 μm) e nettamente inferiori rispetto a quelle presenti nel campo prossimo all'epicentro di un terremoto. È costituito in piccola parte da onde di volume (P o S) e per lo più da onde superficiali (in particolare onde di Rayleigh) prodotte da interferenza delle prime e con velocità prossime alle onde S.

La sua permanente presenza sull'intera superficie terrestre è dovuta a:

- fenomeni atmosferici (in particolare al moto delle onde oceaniche e del vento);
- attività antropica (come industrie e traffico);
- attività dinamica terrestre.

L'acquisizione dei microtremori viene effettuata con strumenti a metodologia passiva, in quanto agiscono direttamente come sorgente di eccitazione e non richiedono pertanto l'utilizzo di battute o esplosioni classiche della sismica attiva.

La tecnica maggiormente sfruttata per lo studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale e conosciuta come HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). È infatti un'opinione accettata in letteratura che le singole componenti del rumore ambientale possono presentare ampie variazioni in funzione dei disturbi naturali ed antropici, mentre il rapporto delle componenti orizzontali e della componente verticale tende a rimanere costante conservando così il picco della frequenza di risonanza fondamentale.

Lo sviluppo di questa metodologia ha visto come massimo fautore Nakamura (1989), il quale si è basato su tre assunzioni fondamentali:

1. Considerare l'origine dei microtremori solo da sorgenti superficiali e trascurare le sorgenti profonde.
2. Considerare l'amplificazione come conseguenza della propagazione delle onde all'interno di uno strato soffice situato al di sopra di un semispazio rigido e omogeneo tale da creare un forte

contrasto di impedenza sismica tra le due parti.

3. Considerare la componente verticale del moto non soggetta a fenomeni di amplificazione dallo strato superficiale ad eccezione delle onde di Rayleigh.

Le registrazioni dei microtremori possono offrire un valido aiuto per ricavare indicazioni riguardanti variazioni litostratigrafiche e per la determinazione della velocità delle onde di taglio. In considerazione di quest'ultimo punto risulta evidente il loro utilizzo pratico ai fini del calcolo del parametro V_{S30}.

4. MISURAZIONE DEL RUMORE SISMICO AMBIENTALE

4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state effettuate tramite tromografo digitale *Tromino* della Micromed S.p.A., il quale permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo e non intrusivo sia il pre-processing dei dati. È costituito da tre velocimetri elettrodinamici ortogonali (N-S, E-W e in senso verticale) con autobloccaggio in fase di non acquisizione e da un GPS interno.

Considerando il suolo come un corpo viscoelastico risulta possibile effettuare la misurazione delle frequenze proprie di oscillazione, riconosciute come funzioni delle proprietà meccaniche dei materiali e della morfologia attorno al sito in esame.

Tramite lo strumento utilizzato per questa indagine, oltre alla registrazione del rumore sismico, è possibile ricavare queste frequenze di risonanza del sottosuolo e anche quelle degli edifici, conoscendo le quali si creano basi utili in fase di progettazione per evitare la produzione di fenomeni di amplificazione sismica dovuti all'accoppiamento tra le due vibrazioni nel caso coincidessero i loro valori in frequenza. Ciò produrrebbe un notevole aumento della sollecitazione sulle strutture in caso di evento sismico.

Le principali note tecniche di questo tromografo digitale presentate dalla ditta costruttrice sono di seguito esposte:

PRINCIPALI NOTE TECNICHE	
Alimentazione	2 batterie alcaline x 1.5 VDC AA
Voltaggio interno	+3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica
Consumi	75 mW (GPS disattivato), 450 mW (GPS attivo)
Durata delle batterie	80 h di misura continua con GPS disattivato
Numero di canali	3+1 analogici
Amplificatori	tutti canali con input differenziali
Rumore	< 0.5 µV r.m.s. @128 Hz sampling
Impedenza dell'input	10^6 Ohm
Range di frequenze	DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento	16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento	32x, 64x, 128x
Conversione A/D	equivalente a 24 bit
Massimo input analogico	51.2 mV (781 nV/digit)
Display grafico	grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato
Tastiera	4 tasti a membrana
Orologio	interno, permanente con datario e allarme, può essere visualizzato anche durante l'acquisizione
GPS	12 canali con time-marker (precisione 1 µs), può essere visualizzato anche durante l'acquisizione
Livella	a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°)
Connessioni	porta USB, tipo B
Registrazione dati	memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
Dimensione e peso	10 x 14 x 7.7 (altezza) cm 1.1 kg contenitore di alluminio
Accoppiamento col terreno	su punte e cuscinetto reologico
Condizioni operative	temperatura - 10 / +70 °C umidità 0-90% senza condensa
Impermeabilità	indice di protezione IP = 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi)
Sensori	3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione

Tabella 1: Principali note tecniche dello strumento di acquisizione.

L'elaborazione dei dati prevede i seguenti passaggi ed è stata effettuata tramite software *Grilla*, in dotazione allo strumento, con cui è possibile effettuare analisi spettrali e analisi HVSR (in funzione del tempo ed in funzione della direzione):

1. suddivisione della registrazione del rumore sismico nelle sue tre componenti in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;
2. analisi spettrale del segnale nelle tre componenti;
3. correzione da andamenti anomali (*detrend*);
4. riduzione della dispersione del segnale (*tapering*);
5. calcolo della FFT (*Fast Fourier Transform*) e analisi spettrale PSD (*Power Spectral Density*);
6. lisciamento;
7. media degli HVSR calcolati sulla varie finestre.

4.2 ACQUISIZIONE DATI

La registrazione è stata effettuata in prossimità della prova penetrometrica CPT3 al fine di tarare al meglio gli spessori e le velocità degli strati sismici.

Di seguito vengono riportate le informazioni riguardanti l'acquisizione dei dati in campagna:

	R1
Inizio registrazione	Ore 16:23:11 Data 06/06/09
Fine registrazione	Ore 16:43:12 Data 06/06/09
Lunghezza della traccia	20'00"
Frequenza di campionamento	256 Hz
Dimensione della finestra di suddivisione del tracciato	30 sec
Finestra di lisciamento	Triangolare
Lisciamento	10%

Tabella 2: Dati riguardanti l'acquisizione e l'elaborazione.

Le misure sono state effettuate su terreno duro e secco ad erba alta. Le condizioni meteo durante la registrazione sono state buone. Il vento è stato di debole intensità, dunque tale da non creare disturbo ai dati.

Lo scrivente ritiene che non ci siano state altre condizioni sfavorevoli atte a produrre vibrazioni aggiuntive a quelle di interesse.

4.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Il grafico 1, indicante gli spettri delle tre componenti ortogonali tra loro, non mostra particolari andamenti imputabili a fonti di rumore antropico. Anche l'accoppiamento dello strumento con il terreno risulta di buona qualità, dal momento che nessuna delle tre curve tende ad avere un andamento completamente discordante da quello delle altre due. Pertanto i picchi principali e secondari presenti nel grafico 2, indicante il diagramma HVSR, sono da considerare naturali.

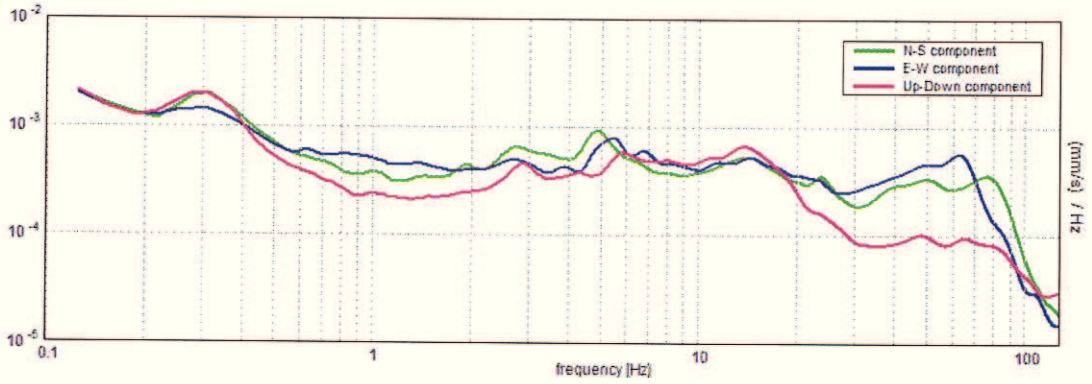


Grafico 1: Spettri delle tre componenti ortogonali rilevate nella registrazione R1.

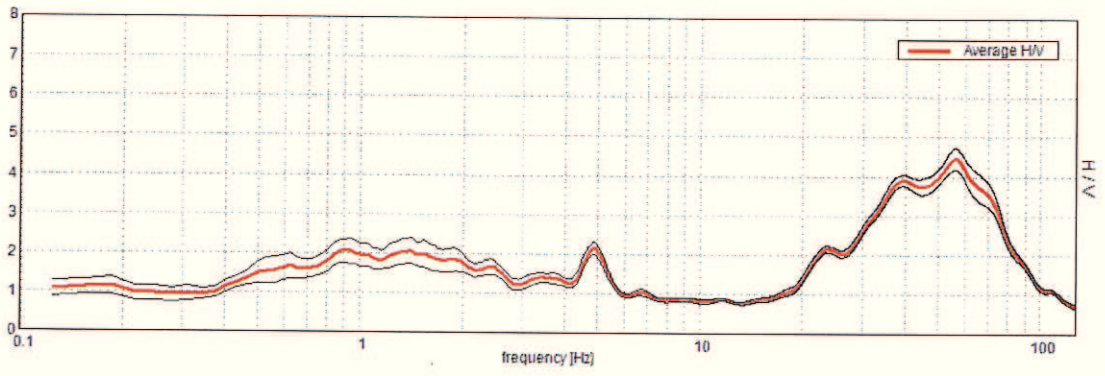


Grafico 2: Diagramma HVSR indicante lo spettro del moto del suolo rilevato nella registrazione R1.

Analizzando il grafico 2 si nota un picco principale di ampiezza e larghezza elevate centrato alla frequenza di circa 56 Hz che individua la presenza del livello di ghiaia, rinvenuto dalla prova CPT3 alla profondità di 1 metro, e del contatto con il substrato.

Segue un tratto compreso tra i 6 Hz e i 20 Hz in cui la curva assume valori prossimi ad 1 ad indicare uno stato di inalterazione del substrato e successivamente si nota un secondo picco a circa 1 Hz che individua molto probabilmente il contatto con una diversa Formazione ad impedenza sismica maggiore.

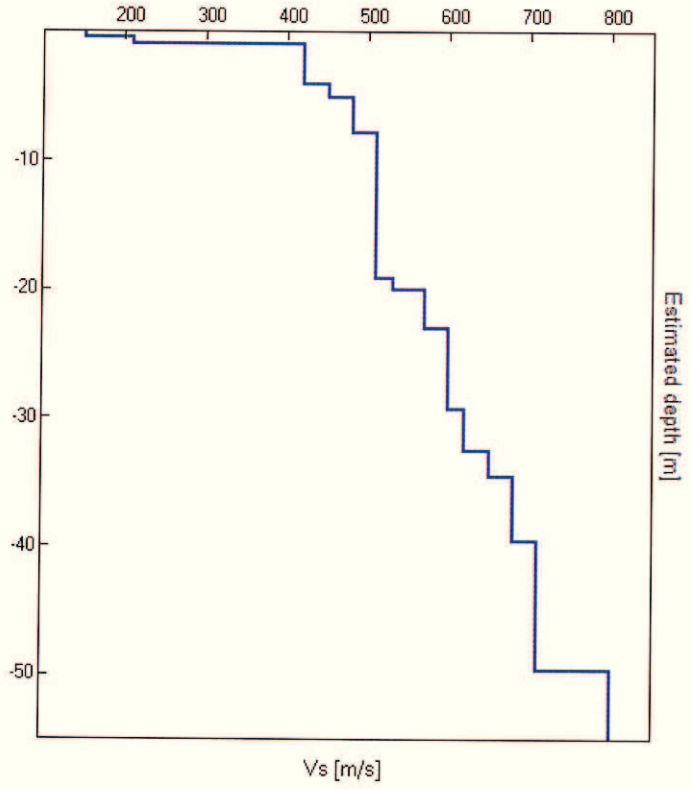
Le velocità estratte per gli spessori dei materiali nel punto di registrazione R1 sono di seguito elencate:

	Profondità (m)	**V_S (m/sec)**
Strato sismico 1	0.0 – 0.4	150
Strato sismico 2	0.4 – 1.0	210
Strato sismico 3	1.0 – 4.1	420
Strato sismico 4	4.1 – 5.1	450
Strato sismico 5	5.1 – 7.9	480
Strato sismico 6	7.9 – 19.1	510
Strato sismico 7	19.1 – 20.0	530
Strato sismico 8	20.0 – 23.1	570
Strato sismico 9	23.1 – 30.0	600

4.3.1 Indicazione del substrato sismico

Il *substrato sismico* viene definito come lo strato sismico in cui V_S risulta essere maggiore o uguale ad 800 m/s.

L'analisi delle velocità permette di stimare il profilo delle velocità nel terreno. Nel caso in esame si è ottenuto il seguente andamento:



Il risultato mostra la presenza del substrato sismico alla profondità di circa 50 metri.

4.4 VALUTAZIONE DEL PARAMETRO V_{S30} E DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Sulla base dei risultati ricavati nel paragrafo precedente, ed in accordo con l'attuale normativa (OPCM 3274), viene calcolato il valore del parametro V_{S30} tramite la formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vi}}$$

Da cui si ottiene:

V_{S30} = 487 m/sec

Al terreno in oggetto, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto ed in base a tale valore del parametro V_{S30}, viene associata una categoria di suolo di fondazione di tipo *B* definita:

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_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N_{SPT30} > 50 nei terreni a grana grossa e c_{u30} > 250 kPa nei terreni a grana fina).

5. CONCLUSIONI

I risultati della registrazione dei microtremori vengono sinteticamente esposti di seguito:

1. Il sito in esame mostra un picco principale di ampiezza e larghezza elevate centrato alla frequenza di circa 56 Hz che individua la presenza del livello di ghiaia, rinvenuto dalla prova CPT3 alla profondità di 1 metro, e del contatto con il substrato;
2. Si è ricavato il valore V_{S30} = 487 m/sec;
3. La categoria del suolo di fondazione è pertanto di tipo B.

Lo scrivente resta a disposizione per qualsiasi ulteriore chiarimento o caso dubbio.

Zola Predosa, 8 Giugno 2009

Geologo Mirko Sita

Geologo Mirko Sita
Via Leonardo da Vinci, 17 – 40069 Zola Predosa
Tel. 051-757378 Cell. 349-4515174
C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

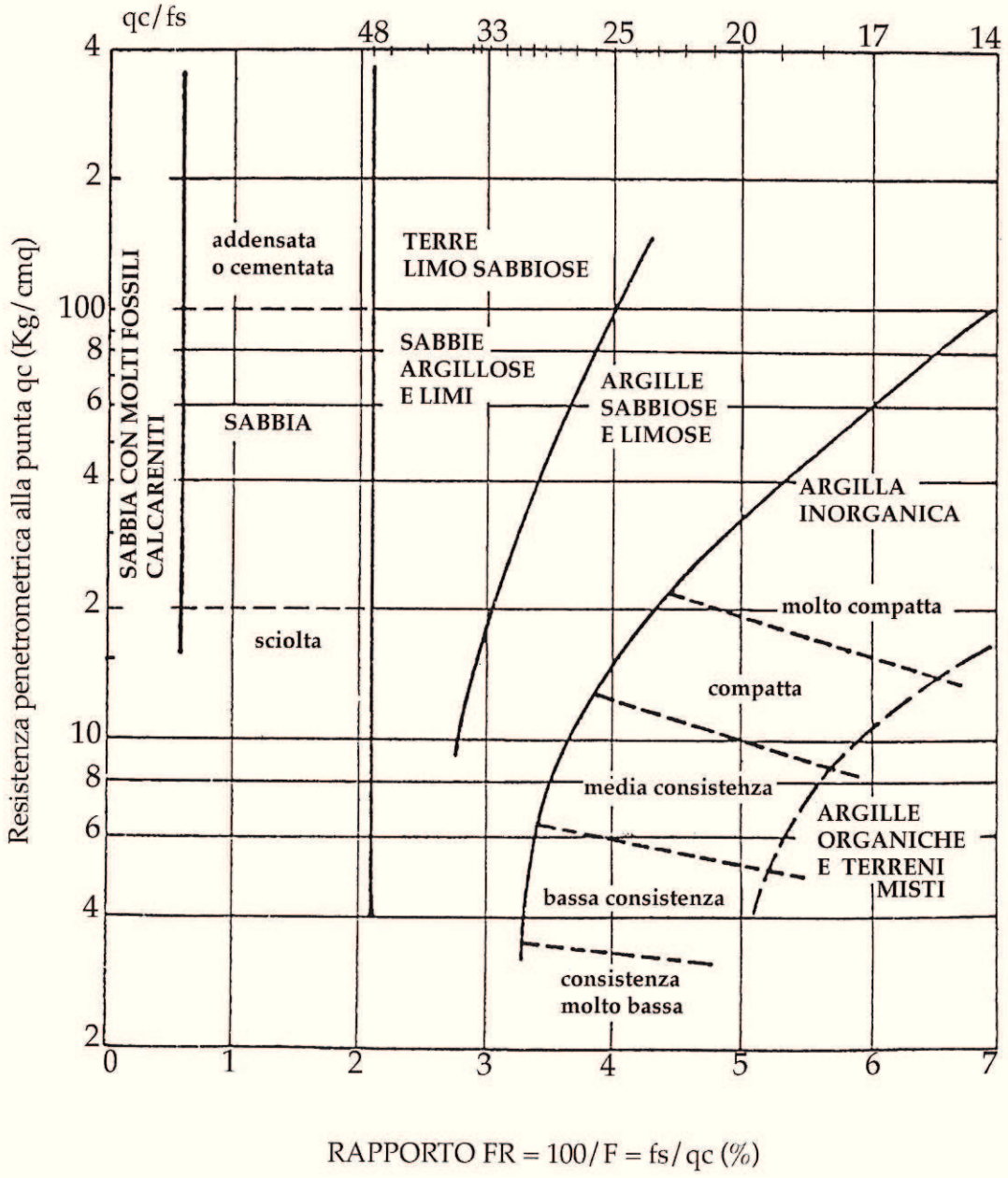
Classificazione orientativa dei terreni

(Schmertmann, 1978)

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

CLASSIFICAZIONE ORIENTATIVA DEI TERRENI IN BASE AI DATI PENETROMETRICI STATICI q_c E f_s

(Schmertmann, 1978)



Comune di Monteveglio
Torre Gazzone - Monteveglio (BO)
CPT 1

09098001

Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz Kg/cm3	Perm cm/sec
0.20		Argilla molto compatta	1944	1944	0.039	1.600	0	0	0.006250	3.2000	0.00
0.60		Argilla compatta	1931	1931	0.116	1.125	0	0	0.012698	2.2500	0.00
0.80		Sabbia	1850	1850	0.153	0.000	45	100	0.006289	5.3000	0.26
2.60		Ghiaia	1850	1850	0.486	0.000	45	100	0.003838	13.0278	0.37
3.00		Sabbia densa o compatta	1900	1900	0.562	0.000	41	92	0.004551	7.3250	0.29
3.80		Ghiaia	1850	1850	0.710	0.000	45	100	0.003060	16.3375	0.36
4.00		Argilla media	1918	1918	0.748	0.800	0	0	0.012500	1.6000	0.00
4.20		Sabbia	1850	1850	0.785	0.000	37	70	0.007018	4.7500	0.08
4.40		Sabbia densa o compatta	1900	1900	0.823	0.000	41	97	0.003221	10.3500	0.25
5.00		Sabbia densa o compatta	1900	1900	0.937	0.000	39	82	0.004525	7.3667	0.08
5.40		Ghiaia	1850	1850	1.011	0.000	44	100	0.002551	19.6000	0.41

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Comune di Monteveglio
Torre Gazzone - Monteveglio (BO)
CPT 2

09098002

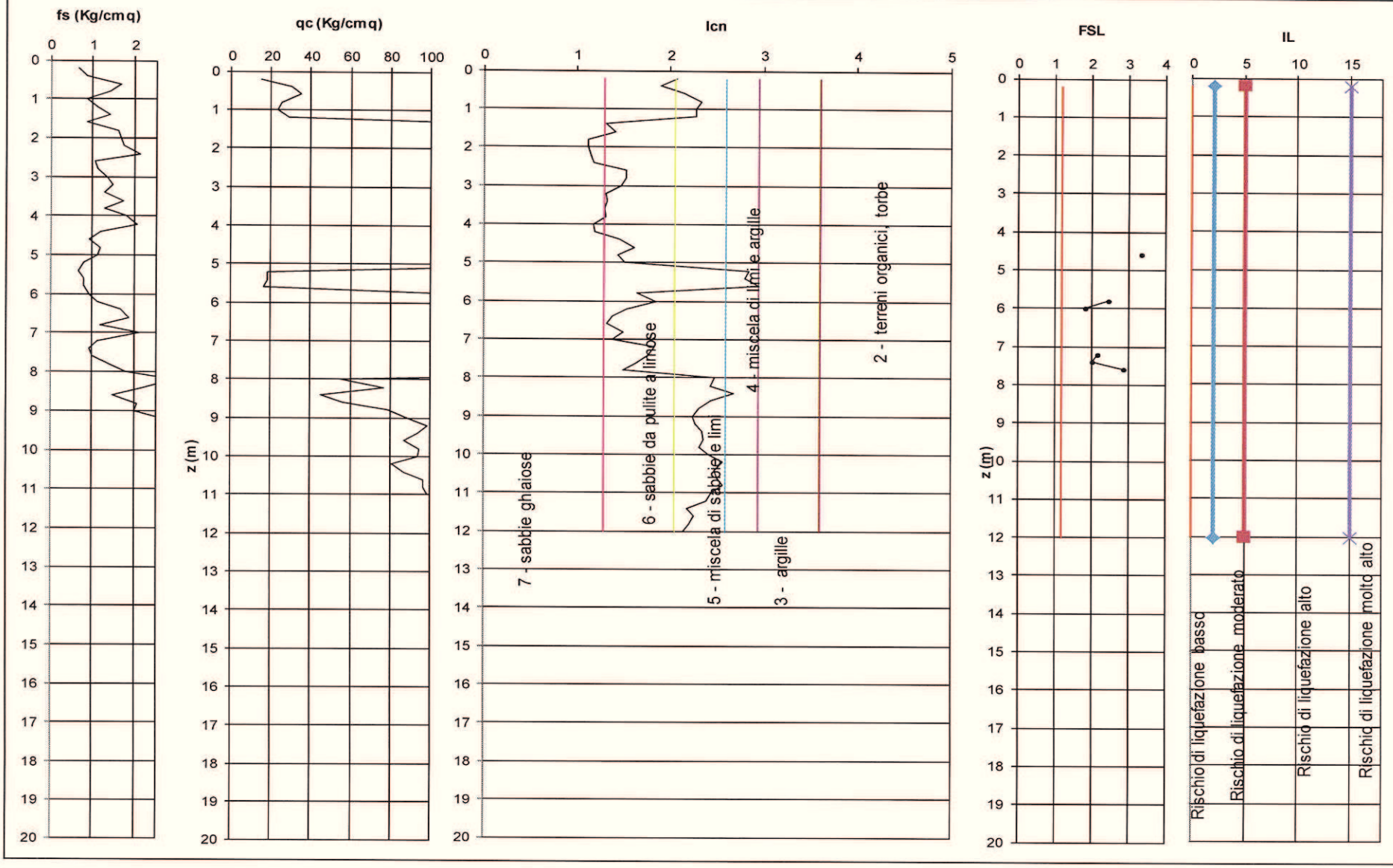
Prof mt	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz Kg/cm3	Perm cm/sec
0.20		Argilla compatta	1916	1916	0.038	0.750	0	0	0.033333	1.5000	0.00
0.60		Argilla limosa	1945	1945	0.116	1.625	0	0	0.006154	3.2500	0.00
1.20		Argilla compatta	1936	1936	0.232	1.283	0	0	0.009426	2.5667	0.00
1.60		Sabbia densa o compatta	1900	1900	0.308	0.000	45	100	0.004598	7.2500	0.27
2.40		Ghiaia	1850	1850	0.456	0.000	45	100	0.003249	15.3875	0.38
2.80		Sabbia densa o compatta	1900	1900	0.532	0.000	41	91	0.004813	6.9250	0.27
3.00	FALDA	Sabbia densa o compatta	1900	900	0.550	0.000	42	98	0.003810	8.7500	0.28
4.20		Ghiaia	1850	850	0.652	0.000	44	100	0.003480	14.3667	0.40
5.00		Ghiaia	1850	850	0.720	0.000	41	93	0.005690	8.7875	0.35
5.60		Argilla compatta	1921	921	0.775	0.867	0	0	0.023389	1.7333	0.00
5.80		Ghiaia	1850	850	0.792	0.000	39	81	0.007813	6.4000	0.36
6.00		Sabbia	1850	850	0.809	0.000	37	71	0.006734	4.9500	0.21
6.20		Ghiaia	1850	850	0.826	0.000	40	92	0.005556	9.0000	0.35
7.00		Ghiaia	1850	850	0.894	0.000	43	100	0.003425	14.6000	0.38
7.60		Sabbia densa o compatta	1900	900	0.948	0.000	38	79	0.004975	6.7000	0.28
7.80		Ghiaia	1850	850	0.965	0.000	41	98	0.004310	11.6000	0.37
8.00		Sabbia argillosa e limosa	1850	850	0.982	0.000	34	47	0.009091	3.6667	0.00
8.20		Argilla sabbiosa e limosa	1977	977	1.002	3.850	0	0	0.002597	5.1333	0.00
8.60		Argilla sabbiosa e limosa	1961	961	1.040	2.525	0	0	0.003960	3.3667	0.00
11.00		Sabbia argillosa e limosa	1850	850	1.244	0.000	35	60	0.005464	6.1000	0.00
12.00		Sabbia e limo	1820	820	1.326	0.000	39	88	0.003208	13.8533	0.00

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

Schema verifica rischio liquefazione

Studio Geologico Associato GEO-PROBE

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono 051 613.51.18

2017.015/RG

CPT (cone penetration test) 2 Committente : Comune Valsamoggia Località : Valsamoggia (BO) via G. Dossetti 5 Codice Lavoro : 2009.098