

COMMISSARIO DELEGATO

EMERGENZA SISMA REGIONE EMILIA-ROMAGNA AI SENSI DELL'ART.1 COMMA 2 DEL D.L. N. 74/2012

STRUTTURA TECNICA COMMISSARIO DELEGATO

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SEDE DEL
CENTRO UNIFICATO PER L'EMERGENZA
DELLA PROTEZIONE CIVILE A FERRARA

PROGETTO PRELIMINARE



COMMITTENTE

SERVIZIO PATRIMONIO RER

Responsabile: Ing. Giuseppe Simoni
Collaboratori: Geom. Sandra Sangiorgi
Arch. Francesca Fanti
Geom. Michele Volta

AGENZIA REGIONALE DI PROTEZIONE CIVILE

Direttore: Dr. Maurizio Mainetti
Collaboratore: Ing. Stefano Ferroni

R.U.P.

Ing. Mauro Monti

PROGETTISTA

Arch. Alfiero Moretti

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Dario Benedetto
Ing. Rudy Bertaccini
Ing. Nico Boschetti
Ing. Andrea Bucchi
Ing. Saverio Colella
Ing. Davide Parisi
Ing. Maria Romani
Ing. Silvia Valenti

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICO - GEOTECNICA

Bologna, NOVEMBRE 2015

TAVOLA:

3

SCALA:

synthesis



Synthesis s.r.l.

Piazza del Popolo, 13 Int. 5
44034 Copparo (Ferrara)
tel. 0039 0532 860546
fax 0039 0532 385035
info@synthesissrl.com

www.synthesissrl.com

geologia · idrogeologia · geotecnica · procedure e consulenze gestione siti contaminati

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

PROVINCIA DI FERRARA

COMUNE DI FERRARA



Regione Emilia - Romagna

Bologna – Via Aldo Moro civ. 52

STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA

SULL'EDIFICIO EX - COO

FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534

- MODELLO GEOLOGICO -

- MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE -

Consulente

Dott. Geol. Roberta Luetti

Collaboratrice

Dott. Geol. Emma Biondani

Località

Via Bologna civ. 534 – Ferrara

Data

20 agosto 2014

Rif. int. 147/14_SY_Rev01

INDICE

| | |
|--|-----------|
| PREMESSA | 4 |
| 1. INQUADRAMENTO GENERALE | 7 |
| 1.1. Ubicazione del sito | 7 |
| 1.2. Intervento previsto | 7 |
| 1.3. Normativa di riferimento | 7 |
| 2. MODELLO GEOLOGICO | 11 |
| 2.1. Unità geologiche, litologiche e strutturali | 11 |
| 2.2. Storia geologica del territorio | 21 |
| 2.3. Forme del terreno e caratteri geomorfologici | 25 |
| 2.4. Subsidenza | 28 |
| 2.5. Rischio geologico | 29 |
| 2.6. Caratteri idrogeologici e idrologici | 29 |
| 2.7. Campagna di indagini | 33 |
| 2.7.1. PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO E CON PIEZOCONO SISMICO (CPTU E SCPTU) | 33 |
| 2.7.2. INDAGINE GEOFISICA | 34 |
| 2.7.3. PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT) | 34 |
| 2.7.4. SONDAGGI GEOGNOSTICI | 34 |
| 2.7.5. POZZI | 34 |
| 2.8. Campagna geognostica - Risultati | 38 |
| 2.8.1. CARATTERI LITOLOGICI | 38 |
| 2.8.1.1 Modalità di valutazione – SCPTU e CPTU | 38 |
| 2.8.1.2 Definizione delle unità litotecniche – SCPTU e CPTU | 39 |
| 2.8.1.3 Definizione delle unità litotecniche – CPT | 40 |
| 2.8.1.4 Definizione delle unità litotecniche – SONDAGGI GEOGNOSTICI | 41 |
| 2.8.1.5 Sintesi delle unità litotecniche | 41 |
| 2.8.2. MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE VS | 43 |
| 2.8.3. ANALISI DELLE FREQUENZE DEI TERRENI | 44 |
| 2.9. Analisi vincolistica | 46 |
| 2.9.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO | 46 |
| 2.9.2. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) | 46 |
| 2.9.3. PIANO TERRITORIALE PER IL COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.) | 46 |
| 2.10. Pericolosità e Fattibilità del Piano Strutturale Comunale | 49 |
| 2.11. Aspetti geodinamici e sismicità | 49 |
| 2.12. Aspetti sismici di dettaglio | 56 |
| 2.12.1. DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO | 56 |
| 2.12.1.1 Misura della velocità delle onde Vs | 57 |
| 2.12.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE | 58 |
| 2.12.3. PARAMETRI SISMICI DEFINITI IN BASE ALLE “NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2008 (DM 14/01/2008)” | 58 |
| 2.12.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI | 60 |
| 2.12.4.1. Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma | 61 |
| 2.12.4.2. Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale | 62 |
| 2.12.4.3. Fattori predisponenti: Profondità della falda | 66 |
| 2.12.4.4. Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno | 66 |
| 2.12.4.5. Fattori predisponenti: Composizione granulometrica | 67 |
| 2.12.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO | 68 |

| | | |
|--|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|--|---|

| | |
|--|-----------|
| 2.13. Note e prescrizioni | 83 |
| 3. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE | 85 |
| 3.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche | 85 |
| 3.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche | 85 |
| 3.3. Determinazione del volume significativo | 85 |
| 3.4. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni | 86 |
| 3.4.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE | 86 |
| 3.5. Note e prescrizioni | 92 |

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|---|--|---|

PREMESSA

Su incarico della **REGIONE EMILIA-ROMAGNA**, con sede a Bologna – Via Aldo Moro civ. 52 e su indicazioni del Tecnico Progettista **Ing. Alessandra APRILE**, del Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Ferrara, sito a Ferrara – via Saragat civ. 1, sono state effettuate due indagini geognostiche ed un'indagine sismica in corrispondenza di un'area, sulla quale è in progetto lo studio di vulnerabilità sismica dell'edificio EX-COO di proprietà della Regione Emilia-Romagna. Tale edificio è ubicato in Comune di Ferrara – Via Bologna civ. 534.

Le indagini sono state effettuate al fine di integrare le conoscenze derivanti dai dati bibliografici a disposizione, allo scopo di ricavare indicazioni in merito alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici ed alla pericolosità geologica del sito in esame, nonché per ricostruire il modello geologico e il modello geotecnico preliminare relativo al sito.

Le modalità d'indagine ed i risultati ottenuti sono descritti ed analizzati nel presente rapporto, costituito dalle seguenti parti principali:

- Parte Prima – Inquadramento generale
- Parte Seconda – Modello Geologico
- Parte Terza – Modello Geotecnico preliminare

La scrivente è stata incaricata da Synthesis s.r.l. per la consulenza e la predisposizione del presente elaborato.

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Parte Prima -

INQUADRAMENTO GENERALE

| | | |
|--|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|--|---|

1. INQUADRAMENTO GENERALE

1.1. Ubicazione del sito

Il sito in corrispondenza del quale è in corso lo studio di vulnerabilità dell'edificio localizzato, è ubicato all'interno della zona fiere di Ferrara, posta nella porzione meridionale rispetto alla città.

Nello specifico l'area di studio è situata ad una distanza di circa km 3.70 in direzione sud-ovest da Piazza Trento e Trieste, a circa km 1.25 in direzione nord-est dal centro della frazione Chiesuol del Fosso e a circa km 2.80 in direzione est dall'autostrada A13.

Coordinate WGS84: Latitudine 44.810376°, Longitudine 11.589588°.

Il sito in esame è localizzato nel Foglio 226, Mappali 11 e 128 del Comune di Ferrara.

1.2. Intervento previsto

Il progetto prevede lo studio di vulnerabilità sismica dell'edificio ex-COO di proprietà della Regione Emilia-Romagna.

L'edificio, in pianta, ha forma irregolare; le dimensioni planimetriche massime sono pari a circa mt 82.01 x mt 106.75.

Per quanto riguarda le specifiche caratteristiche progettuali, si rimanda alle tavole di progetto, non a disposizione della Scrivente.

1.3. Normativa di riferimento

A.G.I. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini" (Giugno 1977)

D.P.R. 380/01 Testo Unico per l'Edilizia.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Ordinanza n. 3274*)" e successive modifiche.

Delibera Assemblea Legislativa Prog. N. 112 oggetto 2131 02/05/2007 "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*"

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "*Norme tecniche per le Costruzioni*", D. M. 14/01/2008.

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – C.S.LL.PP: *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.*

Delibera Regione Emilia Romagna 1 febbraio 2010: "*Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico, necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli artt. 9, comma 4 e 10, comma 3, della L.R. n. 19 del 2008*".

Supporti cartografici e grafici:

- Figura 1-1. Immagine aerea – Google Earth
- Figura 1-2. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 1-3. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000
- Figura 1-4. Stralcio Planimetria Catastale – scala grafica



Figura 1-1
Immagine aerea – Google Earth
Ubicazione dell'area oggetto di studio

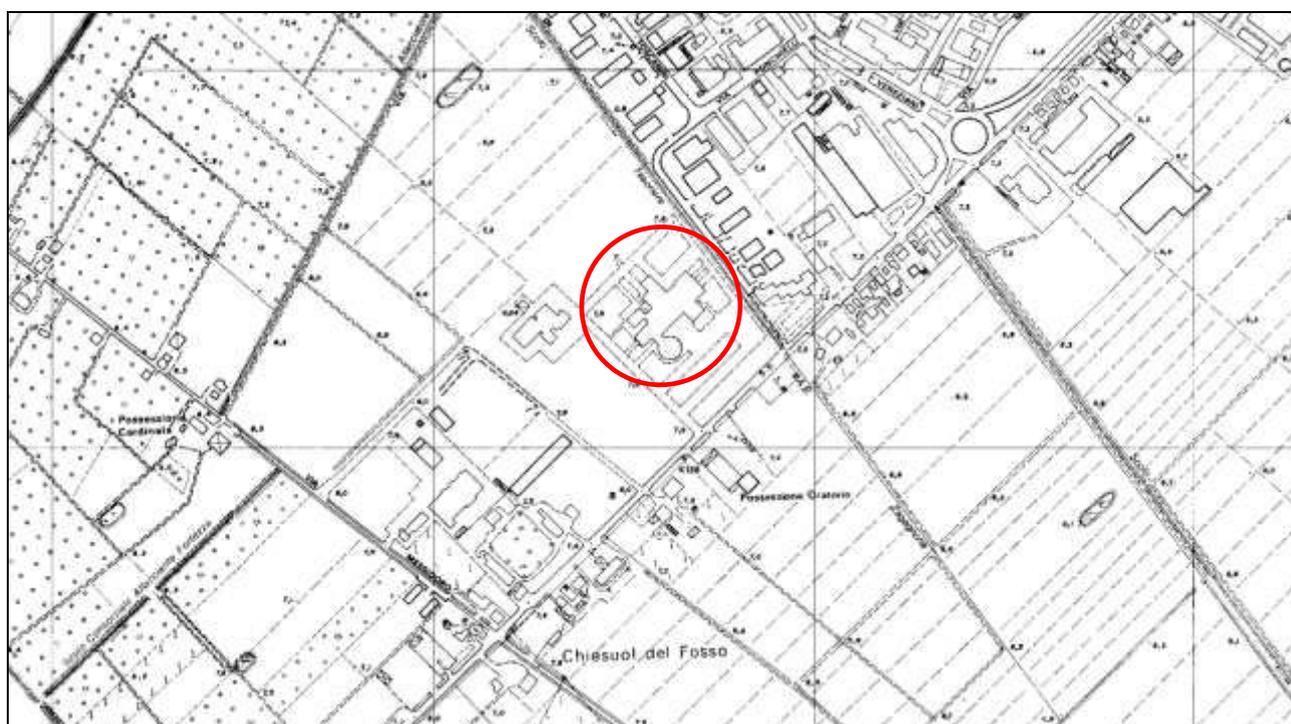


Figura 1-2
Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
Ubicazione dell'area oggetto di studio (cartografia non aggiornata)

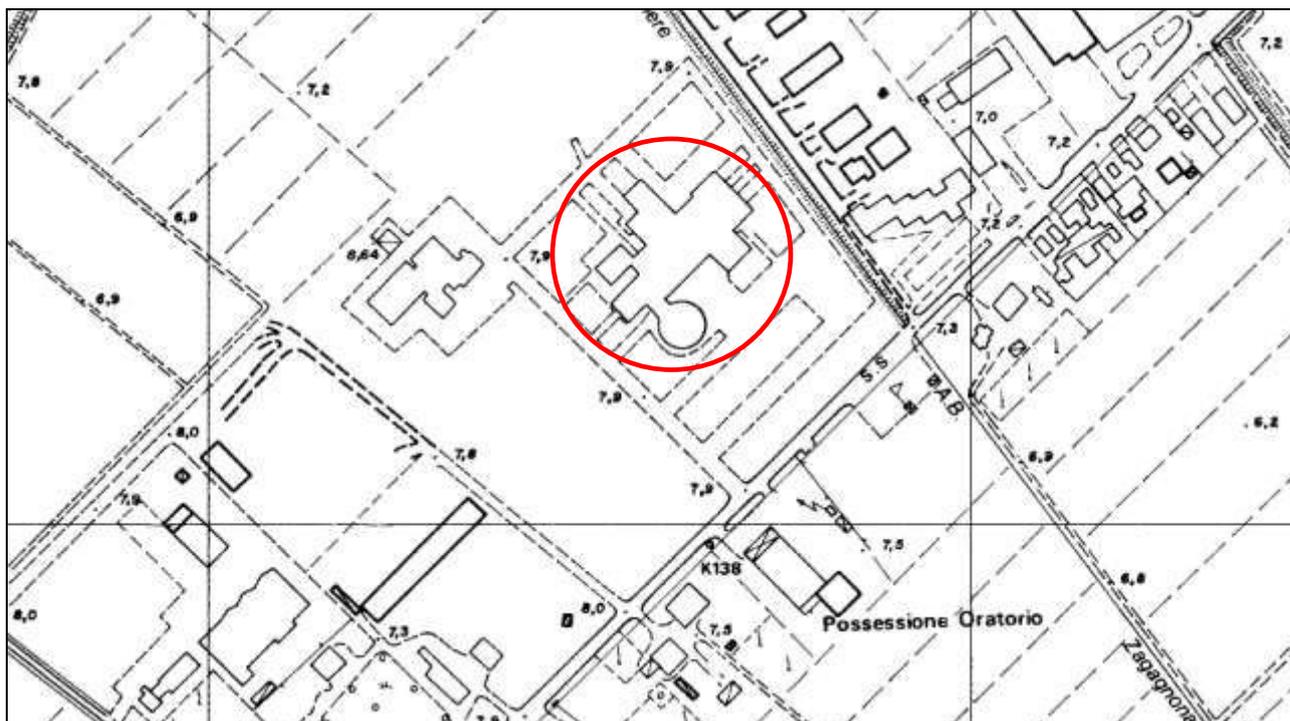


Figura 1-3
Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000
Ubicazione dell'area in esame (cartografia non aggiornata)

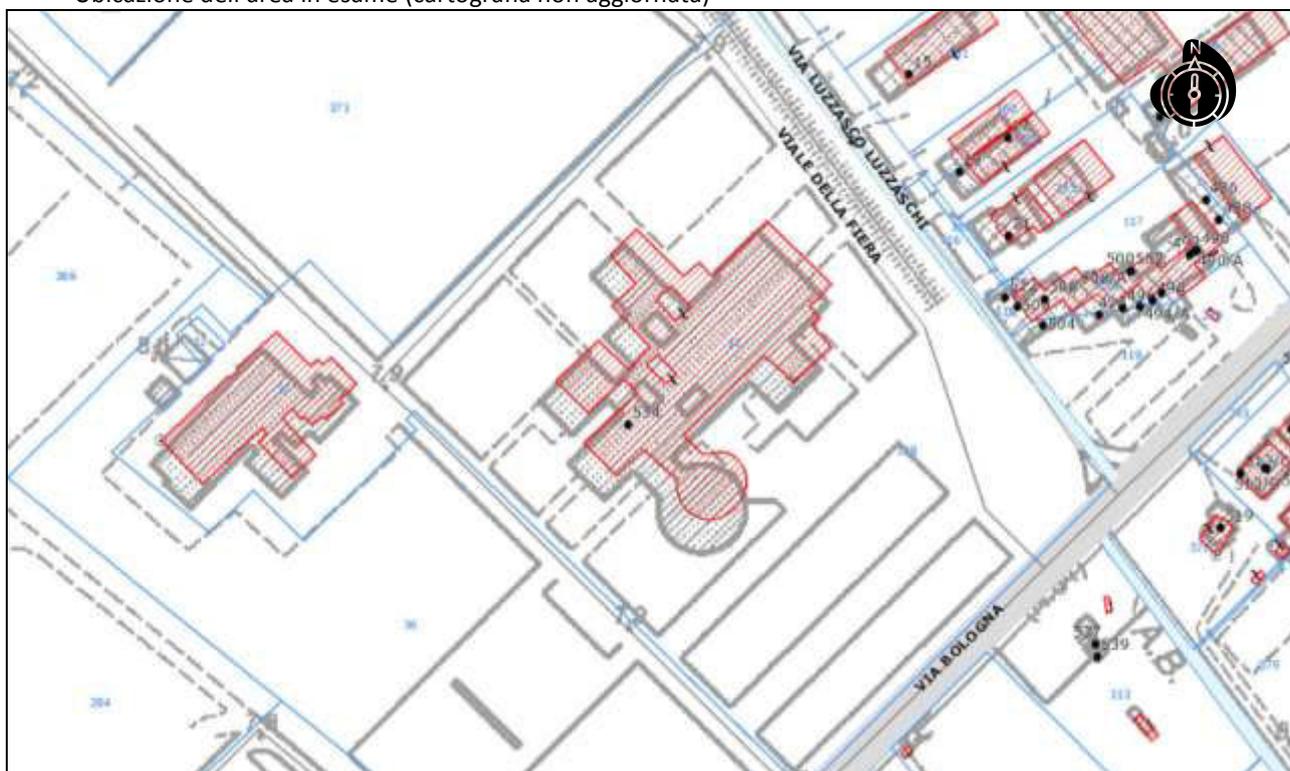


Figura 1-4
Planimetria catastale estratta dalla CGU della Provincia di Ferrara – scala grafica
N.T.C. Comune di Ferrara - Foglio 226, Mappali 11 e 128 – (<http://visore.cgu-ferrara.it/Geovistaweb/default.aspx?ID=>)

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Parte Seconda -

MODELLO GEOLOGICO

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|---|--|---|

2. MODELLO GEOLOGICO

L'analisi del contesto geologico in cui è inserita l'area in esame, è stata effettuata in primo luogo consultando gli studi e la cartografia esistente a disposizione e in secondo luogo con l'analisi e l'elaborazione delle prove effettuate in sito.

2.1. Unità geologiche, litologiche e strutturali

Il territorio dell'Emilia Romagna è costituito dal versante Padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a sud del Fiume Po; il limite regionale, infatti, coincide per lunghi tratti con lo spartiacque appenninico verso sud e con il corso del Po verso nord. Pur essendo due ambienti geomorfologici distinguibili, essi risultano strettamente correlati fra loro: il fronte della catena appenninica non coincide con il limite morfologico catena montuosa-pianura, ma è individuabile fra gli archi esterni delle Pieghe Emiliane e Ferraresi (Pieri & Groppi, 1981), sepolte dai sedimenti quaternari della Pianura Padana. Il fronte appenninico sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta, di conseguenza l'evoluzione del territorio dell'Emilia Romagna risulta strettamente legata ai cambiamenti del settore esterno della catena nord-appenninica.

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, garantiscono l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive. L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna è costituita da strutture caratterizzate da attività da molto recenti ad attuali.

In particolare, come si evince dallo studio "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana" effettuato dall'Università di Siena, dalla Regione Toscana, dalla Regione Emilia-Romagna e dall'Università di Bologna, il comune di Ferrara ricade tra due tracce di sezioni sismogeologiche, nello specifico la 6-6' e la 14-14' (figure 2.1-6, 2.1-7 e 2.1-8).

Di seguito si riportano stralci delle descrizioni: *" sezione 6-6'... nel settore delle Pieghe Ferraresi... il substrato costituito da depositi pelagici e di piattaforma carbonatica meso-cenozoici, risulta tettonicamente sollevato sin quasi alla superficie. Ovviamente ciò determina anche il sollevamento relativo dei livelli triassici e del sottostante basamento crostale, posto a meno di 10 km dalla superficie. Per converso, tra Bologna e la Dorsale Ferrarese si osserva il massimo spessore dei depositi plio-quaternari dell'avanfossa padana. Dal punto di vista strutturale, la sezione mostra che i principali sovrascorrimenti e faglie inverse interessano le torbiditi mioceniche, propagandosi sovente anche alle sottostanti unità pelagiche, al Triassico, e in alcuni casi, al basamento crostale. Meno evidente è il coinvolgimento nella fagliazione dei depositi di avanfossa, in particolare dei livelli quaternari.*

La sezione 14-14', descrive l'interpretazione di Picotti e Pazzaglia (2008). Rispetto alla sezione 6-6', si possono notare alcune differenze riguardanti la geometria dei sovrascorrimenti e delle pieghe... l'elemento strutturale più rilevante è comunque il grande sovrascorrimento profondo che, collocato ad oltre 20 km sotto la catena, a nord di Bologna si diffonde in un fascio di fratture che si propagano sino alla zona ferrarese".

Le faglie derivanti dai movimenti dei sovrascorrimenti appenninici quindi, danno origine alle manifestazioni sismiche che interessano la regione (Figure 2.1-2, 2.1-3, 2.1-5 e 2.1-15).

Nel caso specifico, l'area in esame, vede la presenza di un sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto, ubicato in direzione nord e nord-est, di due faglie profonde indeterminate dedotte, ubicate in direzione est/nord-est e nord-ovest, di una faglia profonda diretta dedotta, ubicata in direzione est/nord-est e di alcune isobate della base del Pliocene, alle profondità di mt 1.000/2.500, ubicate in direzione

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|---|--|---|

nord/nord-est e sud-ovest (Figura 2.1-16) (da https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia).

Il Comune di Ferrara secondo l'ultima zonazione sismogenetica pubblicata ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), nella quale vengono individuate per tutto il territorio Italiano n. 42 zone – sorgente identificate con un numero da 901 a 936, ricade all'interno della zona sismogenetica 912.

La zona sismogenetica 912 viene caratterizzata dallo studio, come zona a regime tettonico debolmente compressivo con strutture compressive tipo thrust e con meccanismi di fagliazione prevalente inversa e corrisponde al settore di pianura compreso tra il fronte delle pieghe ferraresi e il margine appenninico padano. In tale zona i terremoti storici hanno raggiunto valori di Magnitudo pari a $M = 5.9$ e le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 5 e 8 Km, con profondità efficace di 7 Km. Nella zona sismogenetica 912 è prevista, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo $M_{max} = 6.14$ (Figura 2.1-4).

L'area in esame risulta individuabile quindi sul sistema di pieghe ferraresi, in una zona nelle immediate vicinanze della sorgente sismogenetica composta (struttura desunta sulla base della superficie regionale e dati geologici di sottosuolo che vengono sfruttate ben oltre la semplice identificazione delle faglie attive o caratteristiche tettoniche giovanili) ITCS050 – Poggio Rusco-Migliarino (Figure 2.1-5, 2.1-9, 2.1-10 e 2.1-11) le cui caratteristiche vengono, comunque, riportate in Figura 2.1-12.

La storia sismica del territorio si evince dalle immagini di seguito riportate, in particolare in fig. 2.1-14, e dalla lettura dei dati scaricati da ISIDe e relativi agli eventi sismici avvenuti in un raggio di 50 Km dall'abitato di Ferrara a partire dal gennaio 2005; in allegato 7 si riporta la tabella riassuntiva degli eventi verificatisi a partire da gennaio 2005.

Dalla Figura 2.1-13 si evince che il Comune di Ferrara è stato caratterizzato, negli anni recenti, da scarsa sismicità sia in termini di frequenza degli eventi che di intensità, fino alla recente sequenza sismica che ha colpito la provincia.

Supporti grafici:

- Figura 2.1-1. Stralcio della carta strutturale della pianura padana e delle catene circostanti (da "Carta geomorfologica della Pianura Padana, scala 1:250.000)
- Figura 2.1-2. Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo
- Figura 2.1-3. Localizzazione degli epicentri dei principali terremoti che hanno interessato l'Emilia-Romagna e le aree limitrofe
- Figura 2.1-4. Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia
- Figura 2.1-5. Epicentri dei principali terremoti e principali aree sismogenetiche dell'Emilia-Romagna e aree limitrofe.
- Figura 2.1-6. Traccia delle sezioni sismogeologiche
- Figura 2.1-7. Sezione sismogeologica 6-6'
- Figura 2.1-8. Sezione sismogeologica 14-14'
- Figura 2.1-9. Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione
- Figura 2.1-10. Sorgente sismogenetica composta
- Figura 2.1-11. Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su Google Earth
- Figura 2.1-12. Sorgente Sismogenetica ITCS050
- Figura 2.1-13. Eventi avvenuti a partire dal 2005, in un raggio di 50 km rispetto al sito
- Figura 2.1-14. Grafico eventi della storia sismica di Ferrara al 01.2012
- Figura 2.1-15. Principali strutture attive presenti in Emilia Romagna
- Figura 2.1-16. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna



Figura 2.1-1

Stralci della carta strutturale della pianura padana e delle catene circostanti (da “Carta geomorfologica della Pianura Padana, scala 1:250.000)

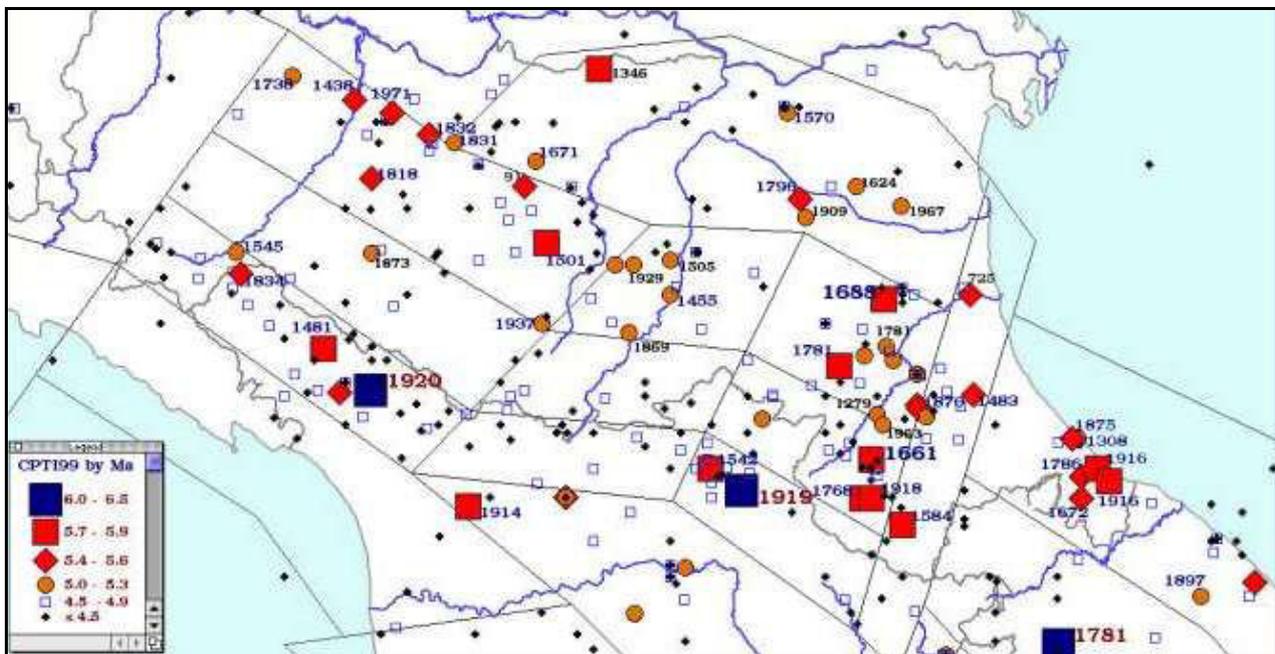


Figura 2.1-2

Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo (CPTI, 1999).

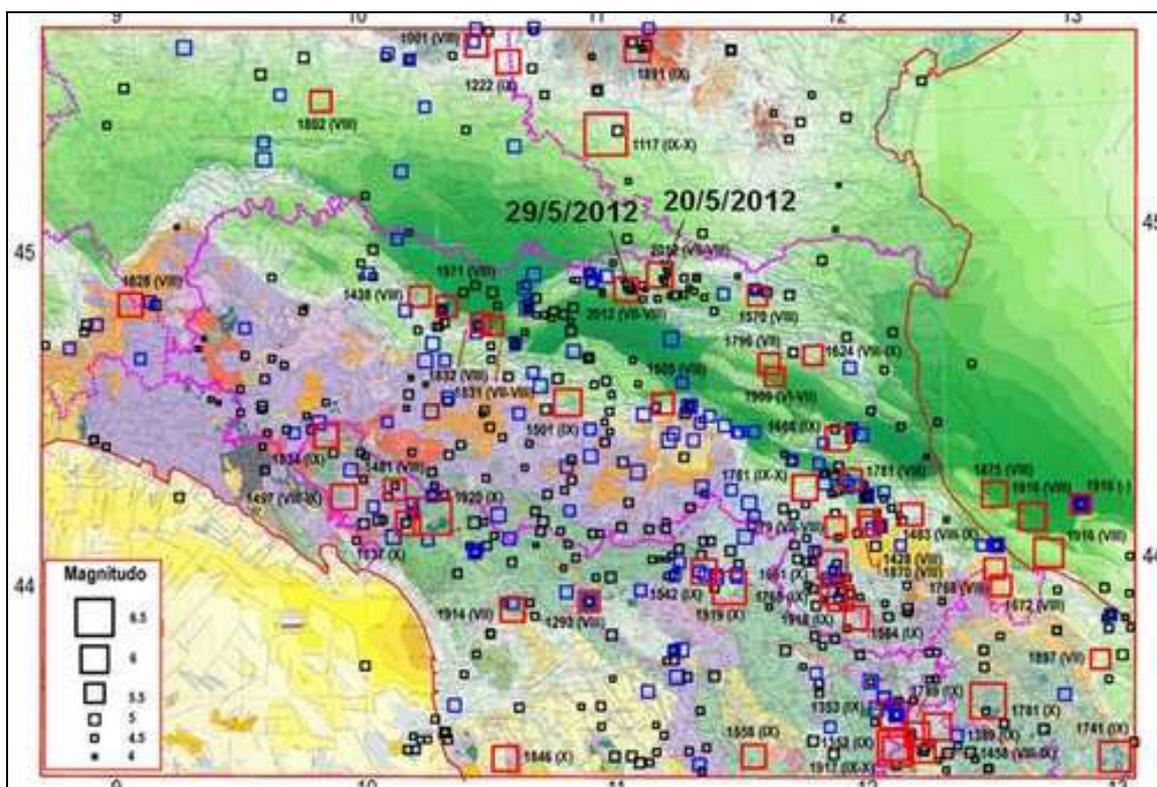


Figura 2.1-3

Localizzazione degli epicentri dei principali terremoti (magnitudo maggiore di 4) che hanno interessato l'Emilia-Romagna e le aree limitrofe. In azzurro i terremoti di magnitudo compresa tra 5 e 5,5, in rosso i terremoti di magnitudo maggiori di 5,5 (da Mantovani et al., 2013). Sono evidenziati anche i terremoti principali del 20 e 29 maggio 2012 e del 1570. Base cartografica: Structural Model of Italy (CNR, 1992). (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2013/terremoti-emiliani-2012-tra-certezze-storiche-e-indagini-scientifiche>)

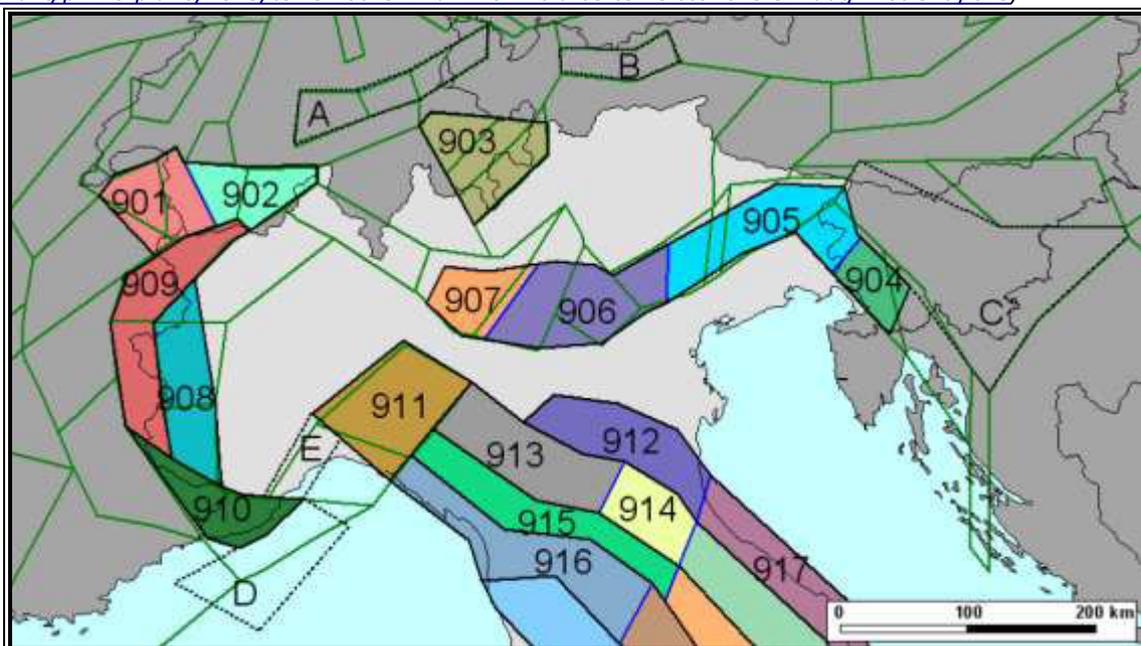


Figura 2.1-4

Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia

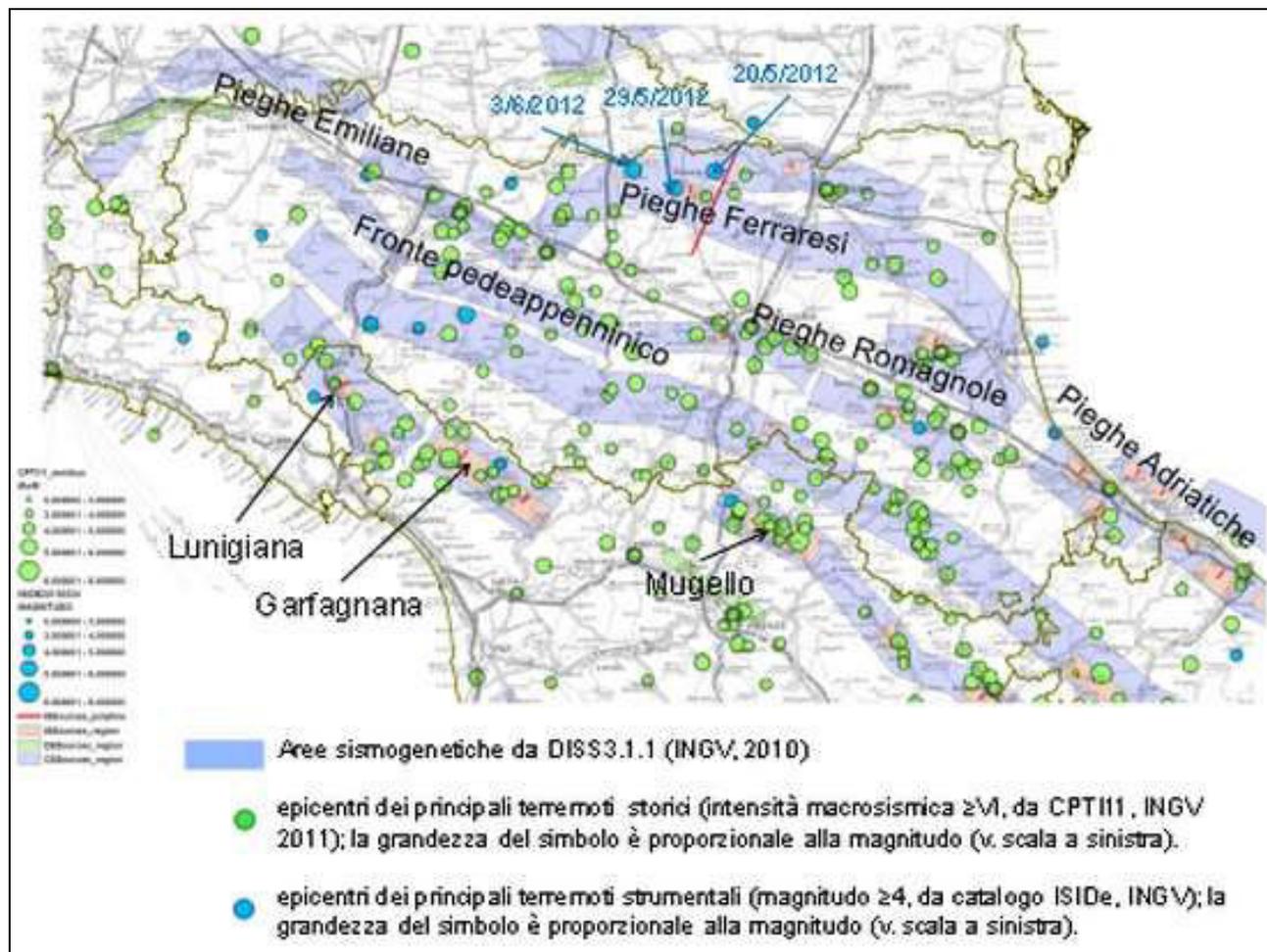


Figura 2.1-5

Epiceretri dei principali terremoti e principali aree sismogenetiche dell'Emilia-Romagna e aree limitrofe.

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/primo-piano/2013/terremoti-emiliani-2012-tra-certezze-storiche-e-indagine-scientifiche>

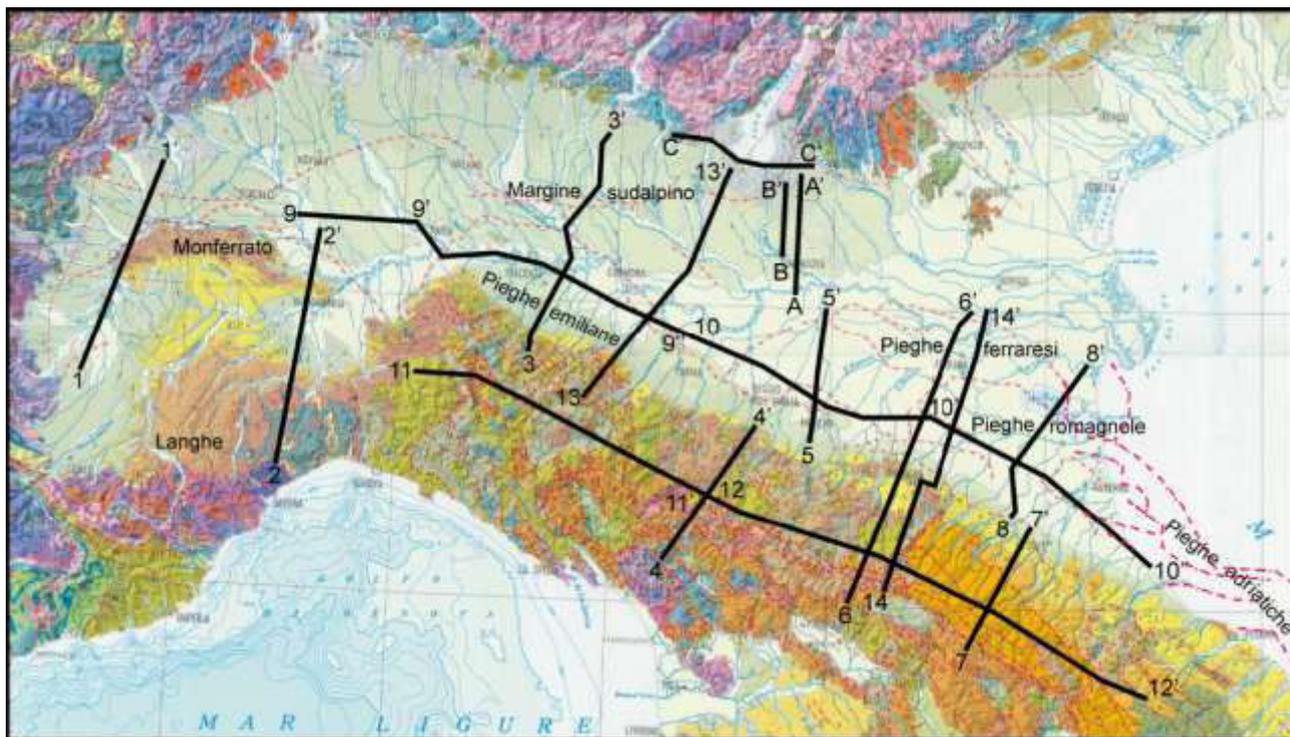


Figura 2.1-6

Traccia delle sezioni sismogeologiche, riportate sulla Carta geologica dell'Italia edita da Compagnoni e Galluzzo (2004). Le sezioni da 3-3' a 12-12' da Boccaletti et alii (2010). La sezione 14-14' è ripresa da Picotti e Pazzaglia (2008).

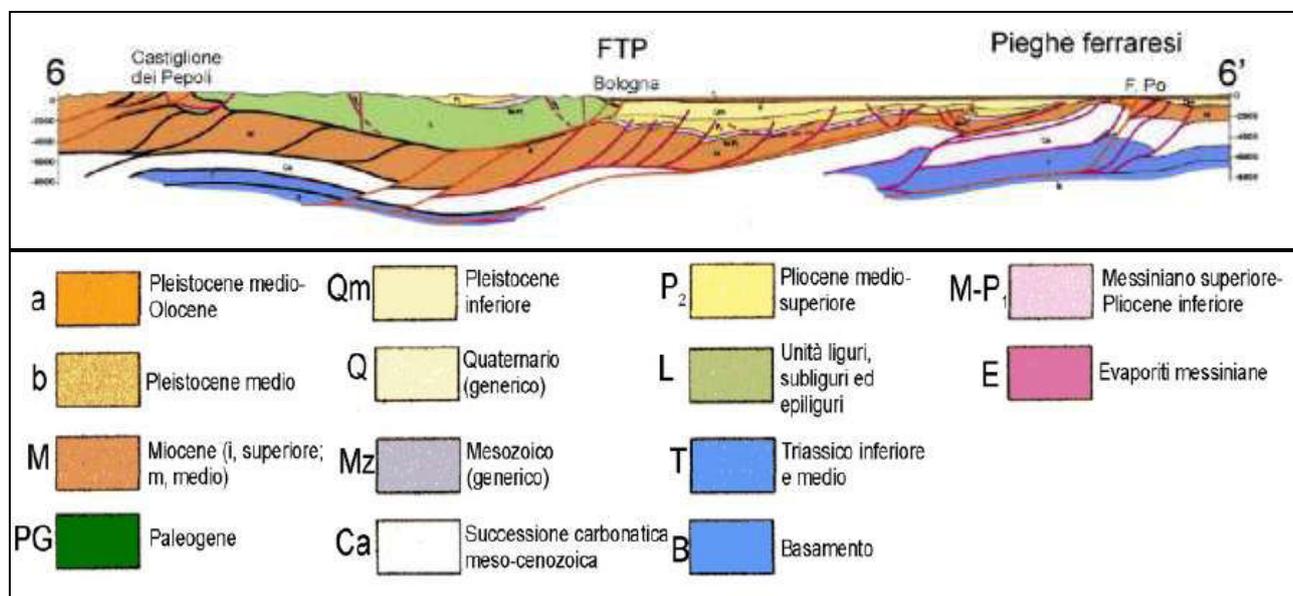


Figura 2.1-7

Sezione sismogeologica trasversale all'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2010, modificate). La traccia della sezione è riportata in figura 2.1-6. FTP = Fronte del sovrascorrimento (thrust) pedeappenninico.

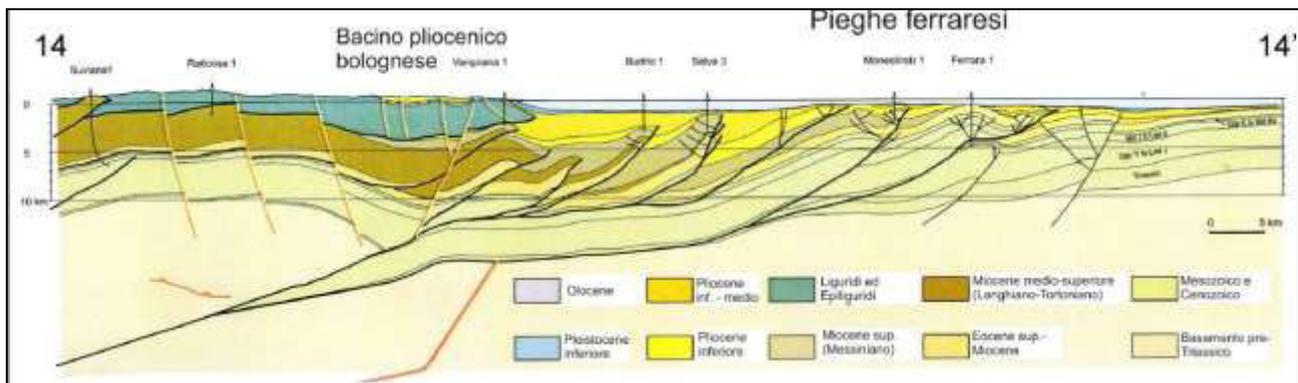


Figura 2.1-8

Sezione sismogeologica trasversale all'Appennino settentrionale (da Picotti et alii, 2009, modificata). La traccia della sezione è riportata in figura 2.1-6.

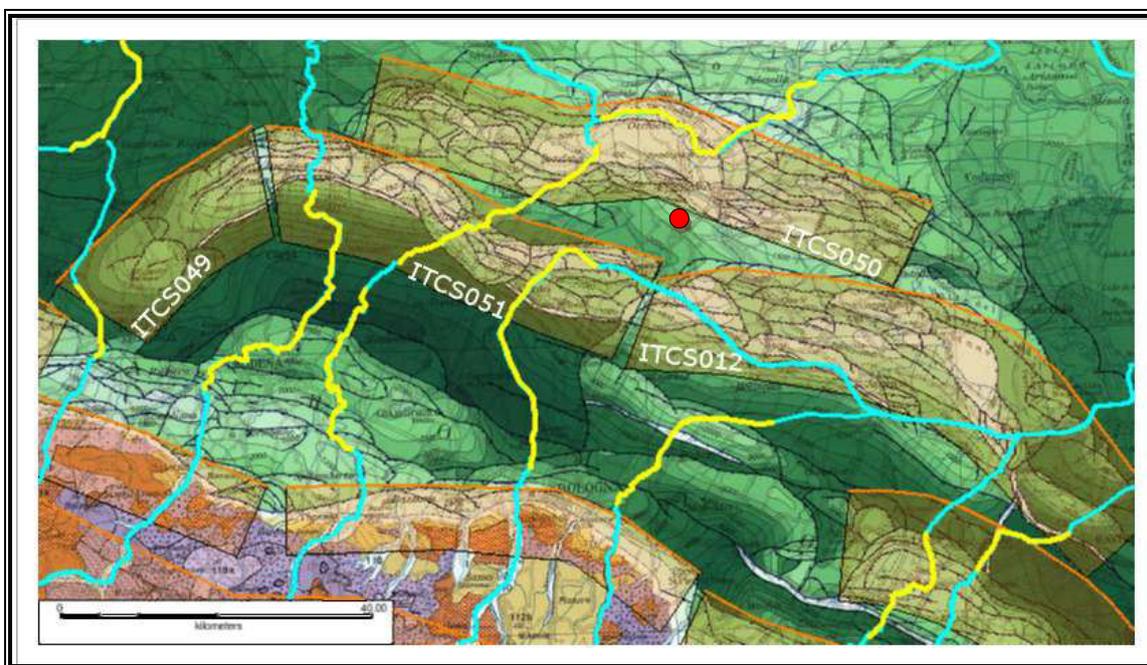


Figura 2.1-9

Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione

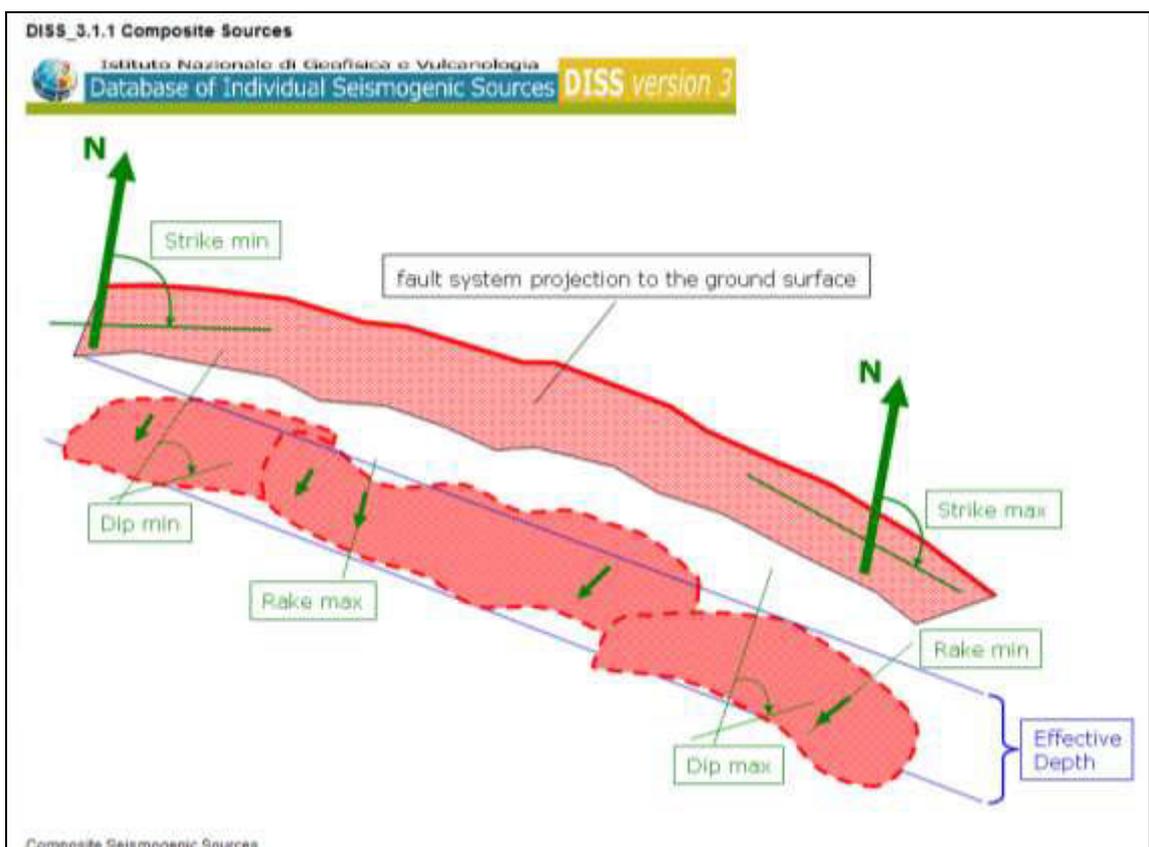


Figura 2.1–10
Sorgente sismogenetica composta

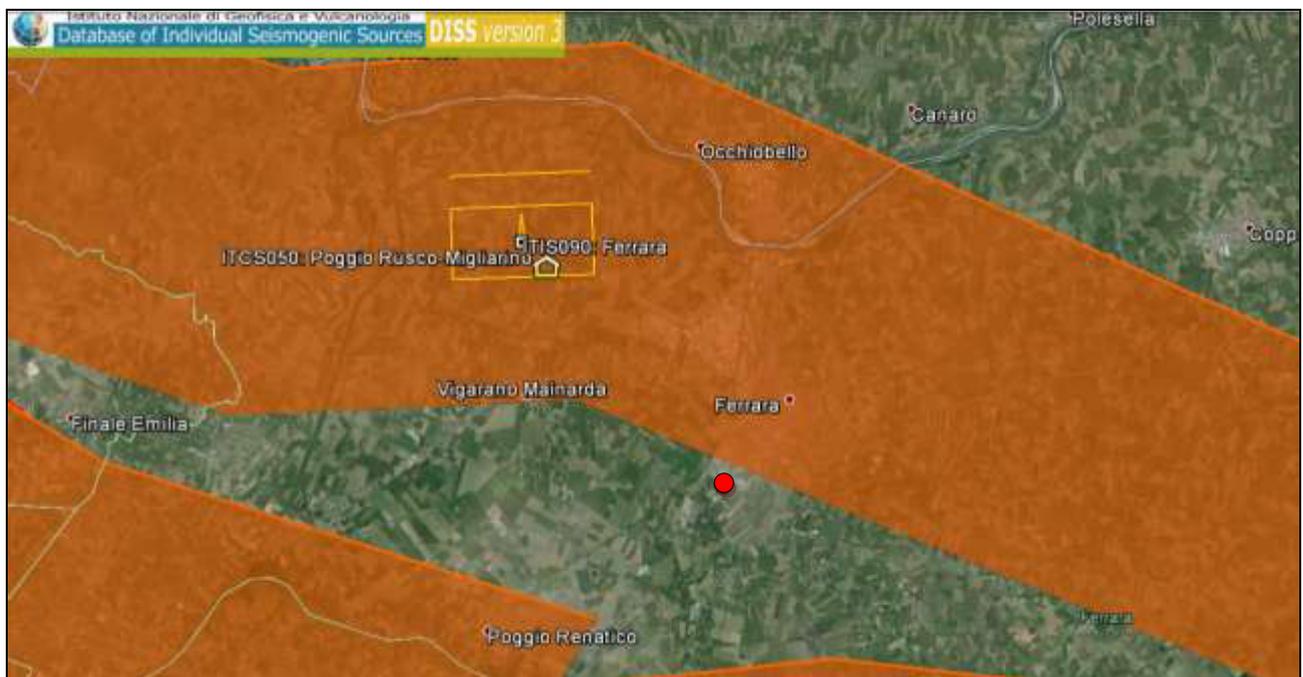


Figura 2.1–11
Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su Google Earth

| DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS050 - Poggio Rusco-Migliarino | | | |
|--|--|--------------|--|
| Source Info Summary | | Commentary | |
| References | | Pictures | |
| General information | | | |
| Code | ITCS050 | | |
| Name | Poggio Rusco-Migliarino | | |
| Compiled By | Burrato, P., and S. Mariano | | |
| Latest Update | 07/09/2007 | | |
| Parametric information | | | |
| | Parameter | Qual. | Evidence |
| Min Depth (km) | 1 | OD | Based on geological data from various authors. |
| Max Depth (km) | 8 | OD | Based on geological data from various authors. |
| Strike (deg) | 85 - 115 | OD | Based on geological data from various authors. |
| Dip (deg) | 25 - 55 | OD | Based on geological data from various authors. |
| Rake (deg) | 80 - 100 | OD | Based on geological data from various authors. |
| Slip Rate (mm/y) | 0.1 - 0.5 | EJ | Derived from geological data concerning adjacent structures. |
| Max Magnitude (Mw) | 5.5 | OD | Based on the strongest earthquake occurred in the region. |
| Q-keys: | LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement | | |

Figura 2.1–12
Sorgente Sismogenetica ITCS050

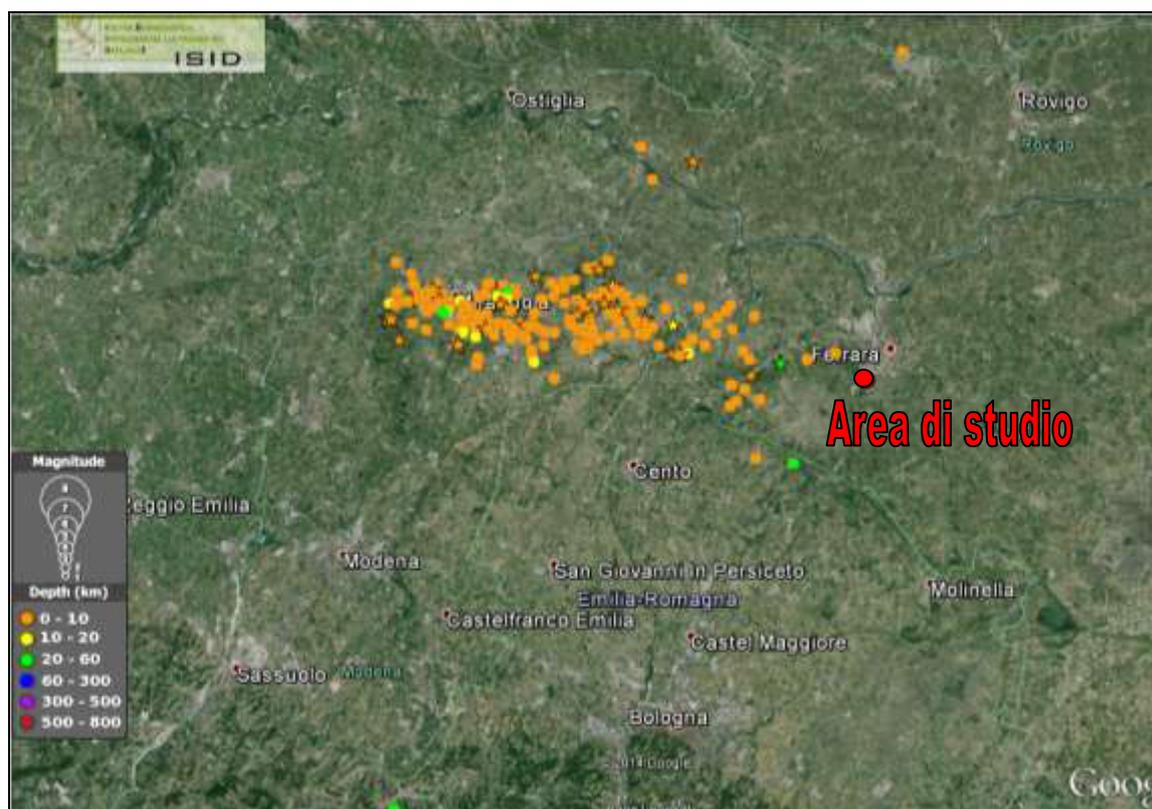


Figura 2.1-13
Eventi avvenuti in un raggio di 50 km rispetto al sito a partire dal 2005 - (Fonte ISIDe)

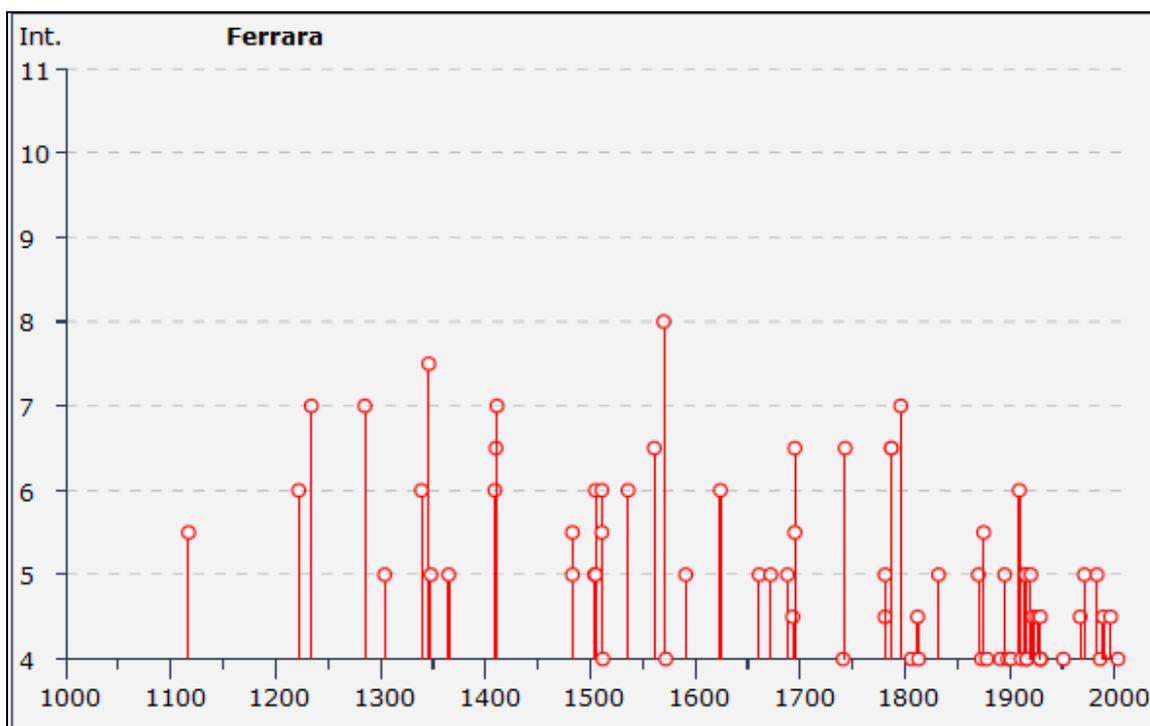


Figura 2.1-14

Grafico eventi della storia sismica di Ferrara

(da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/)

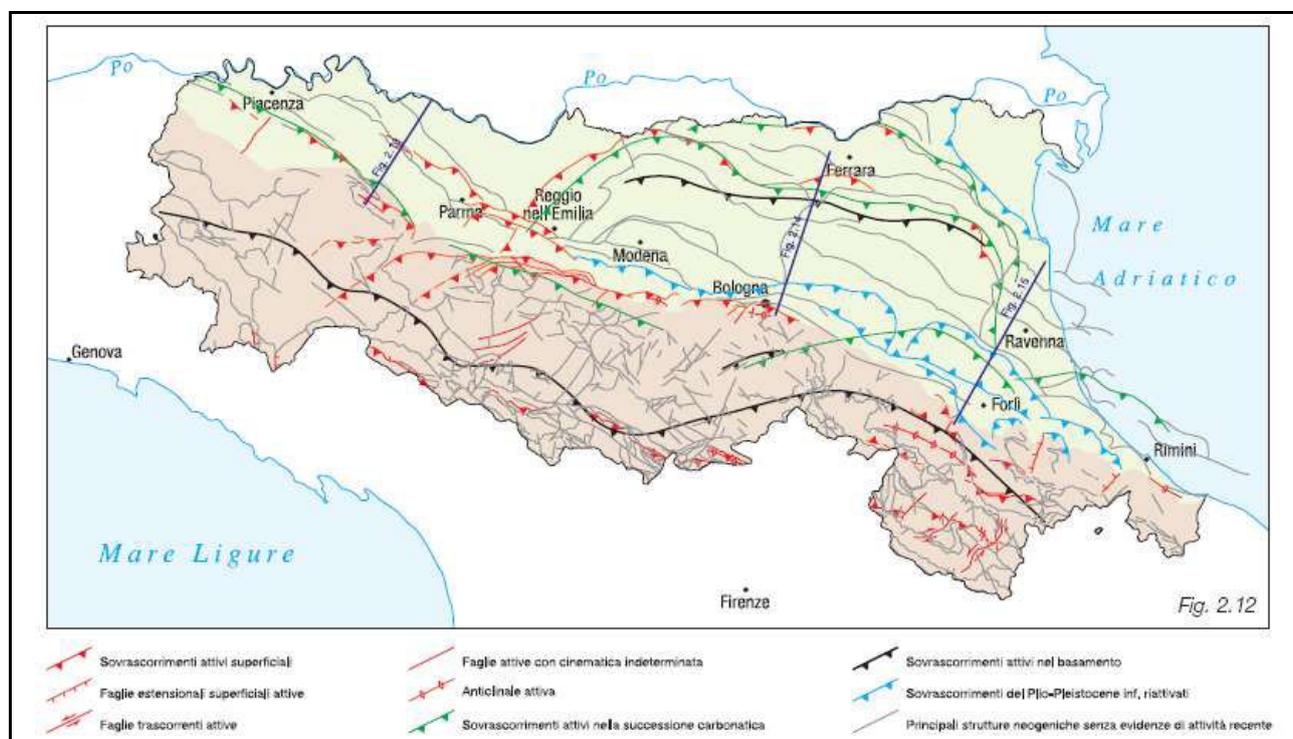


Figura 2.1-15

Principali strutture attive presenti in Emilia Romagna – scala grafica

(da Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna – Note illustrative)

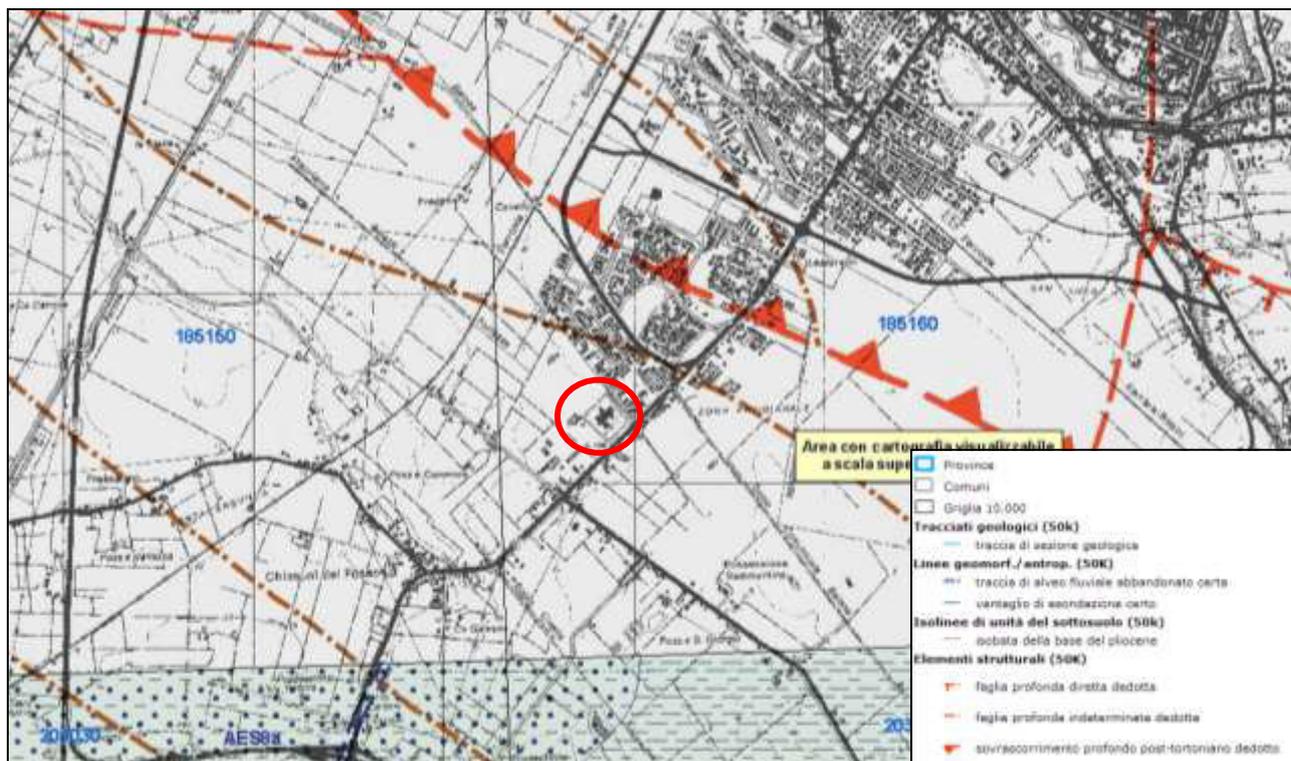


Figura 2.1-16

Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala grafica

(da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna – Servizio geologico sismico e dei suoli)

2.2. Storia geologica del territorio

Per quanto riguarda la situazione geologica locale, i dati bibliografici evidenziano come il sito sia ubicato in corrispondenza di una zona caratterizzata in parte da depositi di argine, canale e rotta fluviale ed in parte da depositi di piana inondabile.

L'area di studio è, inoltre, posta in corrispondenza di argille limose, come si evince dagli stralci della Tavola Q.C.0 del P.T.C.P. della Provincia di Ferrara e dalla Carta di Litologia di superficie del P.S.C. (2003) nelle figure 2.2-2 e 2.2-3.

In base a quanto riportato nelle note relative alla cartografia geologica interattiva del sito della Regione Emilia Romagna, dal punto di vista geologico l'area in esame è posta a nord del Sintema emiliano - romagnolo superiore (Subsintema di Ravenna – AES8).

Più in generale, si riporta di seguito la descrizione geologica dell'unità tettonico-stratigrafica "Pianura Padana" tratta dallo studio "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana" a cura della Regione Emilia-Romagna, della Regione Toscana, dell'Università di Siena e dell'Università di Bologna: *"La Pianura Padana costituisce il riempimento sedimentario dell'avanfossa dell'attuale orogene appenninico, il cui substrato è costituito dalle falde tettoniche che formano la parte sepolta della catena. Le caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche delle successioni padane post-tortoniane sono descritte da un'ampia letteratura (e.g. Ghielmi et alii, 2010 e riferimenti), per lo più basata sull'interpretazione dei dati di sottosuolo (perforazioni profonde ed indagini sismiche). Si tratta di numerose formazioni, spesso di tipo torbiditico, riferibili ad un ambiente di avanfossa piuttosto profonda (e.g., Bagnolo, Fusignano, Canopo, Porto Corsini, Porto Garibaldi, Carola). E' solo dal Pleistocene medio che*

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|---|--|---|

subentra una deposizione costiera e continentale (Formazione di Ravenna o Sabbie Gialle e Supersintema Emiliano-Romagnolo) che testimonia il rapido colmamento dell'avanfossa. In alcuni casi la sedimentazione è avvenuta in bacini satellite (piggy-back basins), formati sopra alle falde tettoniche in movimento verso NE (e.g., Cortemaggiore e Castell'Arquato). Un aspetto importante è l'enorme spessore della successione Plio-Quaternaria, che localmente eccede i 6 km (Fig. 2.2-4). Ghielmi et alii (2010) affermano che l'avanfossa padano-adriatica era principalmente alimentata dai materiali erosi dalla catena alpina, trasportati dai paleo-fiumi lombardi e veneti come l'Adda, il Mincio e l'Adige. Dal Miocene superiore al Pleistocene inferiore l'Appennino settentrionale, invece, fu una sottile fascia di terra emersa, con rilievo poco accentuato (Bartolini, 1999, 2003). Nonostante ciò, il volume dei sedimenti accumulati nella Pianura Padana suggerisce che negli ultimi 5 milioni di anni sarebbero stati erosi in media quasi 1500 m di copertura dalla parte emersa dell'Appennino, di cui forse 1 km nel solo Quaternario (Bartolini et alii, 1996; Bartolini, 1999). Localmente, tale smantellamento può essere stato molto più accentuato. Nell'Appennino romagnolo, le paleo-temperature raggiunte dalle torbiditi mioceniche (Marnoso Arenacea), dedotte dalla riflettanza della vitrinite e dalle tracce di fissione dell'apatite, rivelano che tali unità, ora affioranti, avrebbero perso sino a 4500 metri di copertura dal Messiniano superiore (Zattin et alii, 2000; Cerrina Feroni et alii, 2001). Tale forte erosione contrasta con l'attuale accentuato rilievo appenninico, e con il fatto che i maggiori rilievi della catena (tra cui il M. Cimone, il M. Cusna ed il M. Falterona) sono impostati sulle litologie arenacee delle Unità toscane, assai poco resistenti all'erosione. L'apparente contraddizione può essere risolta invocando un cospicuo sollevamento recente della catena, particolarmente accentuato dal Pleistocene medio, in grado di compensare lo smantellamento del rilievo. Le conseguenze di tale fenomeno sono peraltro messe in evidenza da molteplici indicatori geomorfologici (e.g., Argnani et alii, 1997, 2003; Cerrina Feroni et alii, 1997, 2001; Bartolini, 1999, 2003; Balestrieri et alii, 2003)."

Supporti grafici:

- Figura 2.2-1. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna
- Figura 2.2-2. Stralcio Tavola Q.C.0 – Litologia di superficie – P.T.C.P. della Provincia di Ferrara
- Figura 2.2-3. Stralcio Carta Litologia di Superficie – P.S.C. Comune di Ferrara (2003)
- Figura 2.2-4. Carta della profondità della base della successione Plio-Quaternaria nell'avanfossa Padano-Adriatica

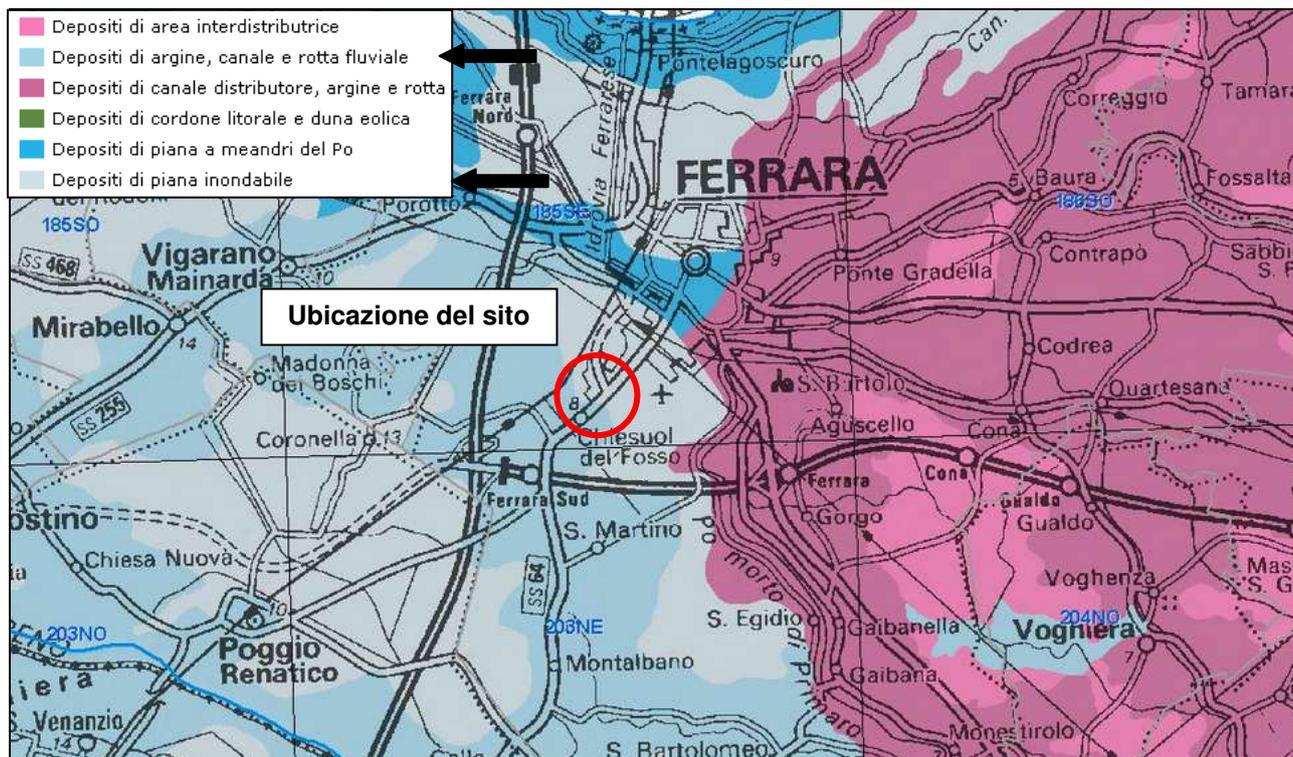


Figura 2.2-1

Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala grafica

(da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna – Servizio geologico sismico e dei suoli)

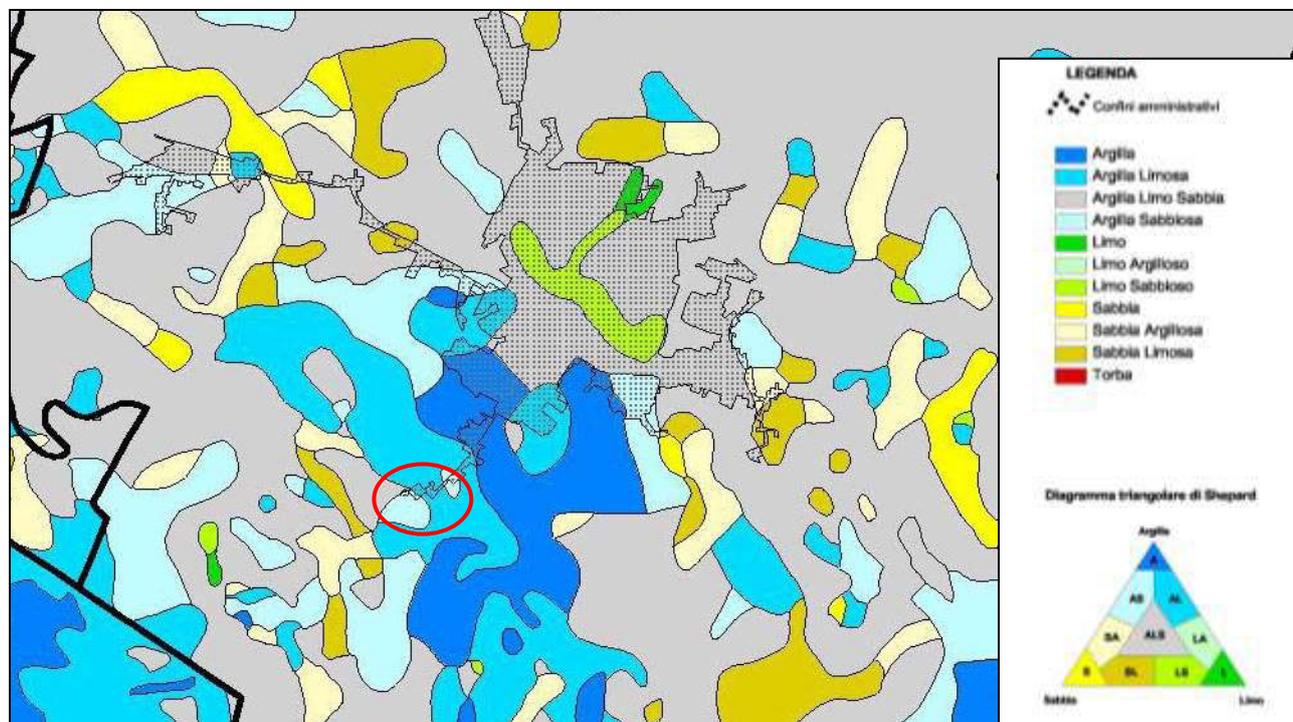


Figura 2.2-2

Stralcio Tavola Q.C.0 – Litologia di superficie – P.T.C.P. della Provincia di Ferrara



Figura 2.2-3
 Stralcio Carta Litologica di superficie – P.S.C. Comune di Ferrara (2003)

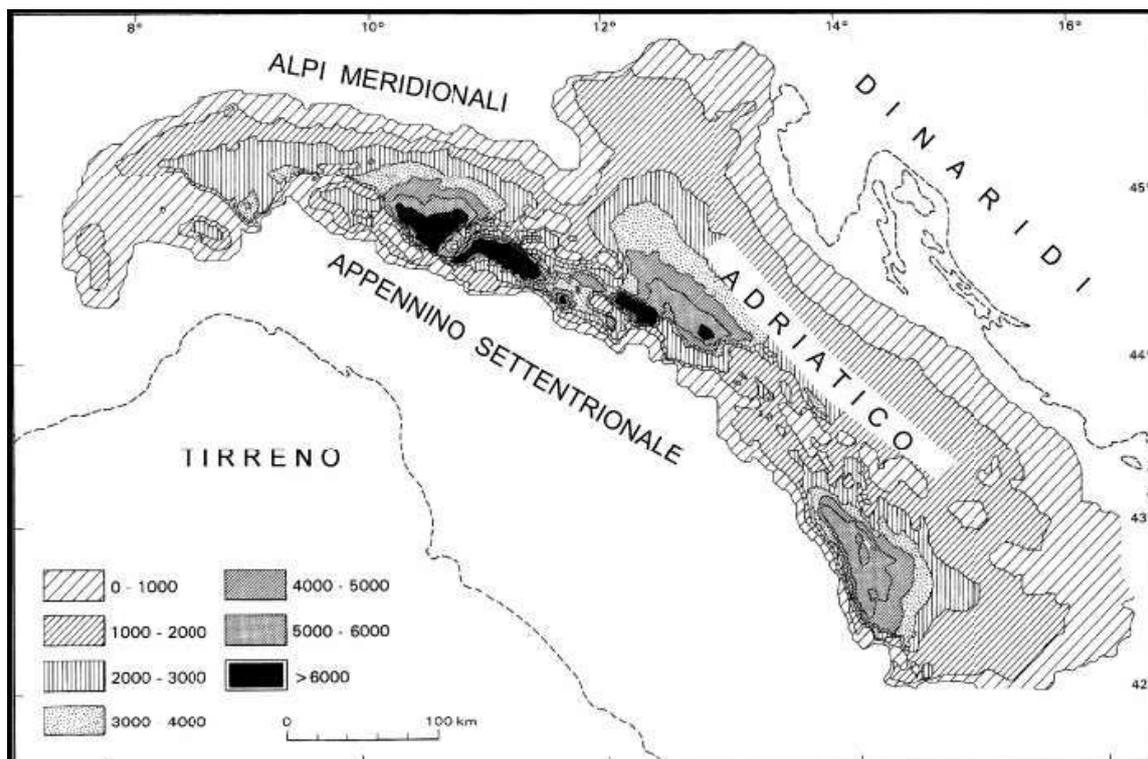


Figura 2.2-4
 Carta della profondità della base della successione Plio-Quaternaria nell'avanfossa padano-adriatica. Gli intervalli tra le isobate, identificati dai simboli in legenda, sono espressi in metri (modificato da Bartolini et alii, 1996).

| | | |
|--|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|--|---|

2.3. Forme del terreno e caratteri geomorfologici

L'area oggetto di studio è localizzata nella bassa Pianura Padana e, quindi, la lettura dei caratteri geomorfologici può essere effettuata utilizzando i supporti cartacei a disposizione, integrati dalla conoscenza della zona derivante dall'esecuzione delle indagini riportate e descritte nella presente e di altre effettuate in corrispondenza del sito e nei pressi.

Dall'analisi delle cartografie disponibili risulta che il sito di studio è localizzato all'interno di un'area suborizzontale, con quote prossime a circa mt + 7.90 rispetto al l.m.m. Le indagini geognostiche eseguite evidenziano sedimenti originatisi in seguito ad eventi a bassa energia idrodinamica (depositi alluvionali), caratterizzati da depositi coesivi, interrotti da sedimenti originatisi in seguito ad eventi ad alta energia idrodinamica di deposizione fluviale, caratterizzati da depositi granulari e coesivo-granulari.

Si evidenziano inoltre gli andamenti della resistenza alla punta e della pressione neutra i quali, evidenziano i cambi litologici per l'interpretazione stratigrafica. (Fig. 2.3-5)

Queste caratteristiche si possono leggere in parte anche sulla Carta Geomorfologica della Pianura Padana, nella quale si rilevano tratti di pianura alluvionale limosi ed argillosi, tratti di principali aree urbanizzate, tracce di aree depresse in pianura alluvionale e tratti di principali colmate fluviali controllate artificialmente.

Dallo stralcio della Carta Geomorfologica di dettaglio della Provincia di Ferrara si osserva inoltre come, nello specifico, il sito in oggetto risulti localizzato in un'area priva di particolari elementi geomorfologici. Il tutto è confermato anche dagli stralci della Tavola QC.0.1 - Geomorfologia del P.T.C.P. della Provincia di Ferrara e della Carta Geomorfologica del P.S.C. del Comune di Ferrara (2003), dai quali si evidenzia l'assenza di particolari elementi geomorfologici in corrispondenza dell'area di studio.

Supporti cartografici

- Figura 2.3-1. Carta Geomorfologica della Pianura Padana – scala 1:250.000
- Figura 2.3-2. Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara - scala 1:10.000
- Figura 2.3-3. Stralcio della Tavola QC.0.1 - Geomorfologia – P.T.C.P. della Provincia di Ferrara
- Figura 2.3-4. Carta Geomorfologica – P.S.C. Comune di Ferrara (2003)
- Figura 2.3-5. Grafici andamento resistenza alla punta e della pressione neutra delle prove effettuate

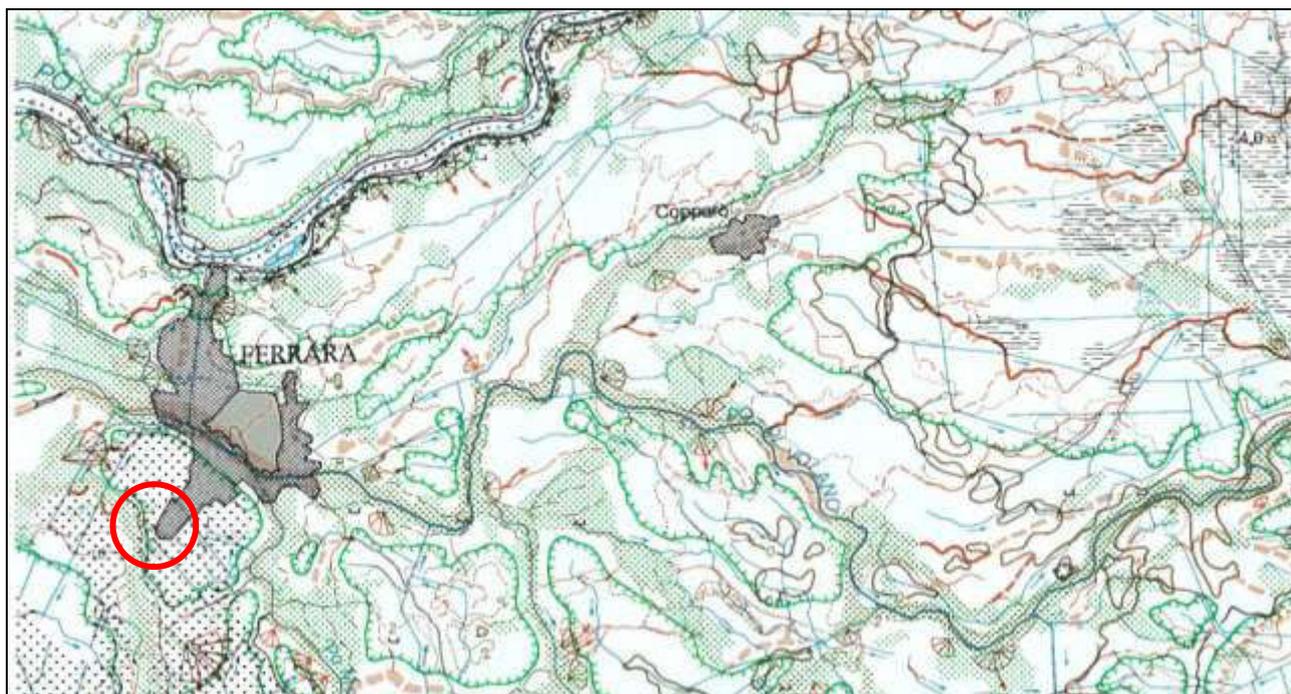


Figura 2.3-1
Stralcio della Carta Geomorfologica della Pianura Padana
Scala 1:250.000

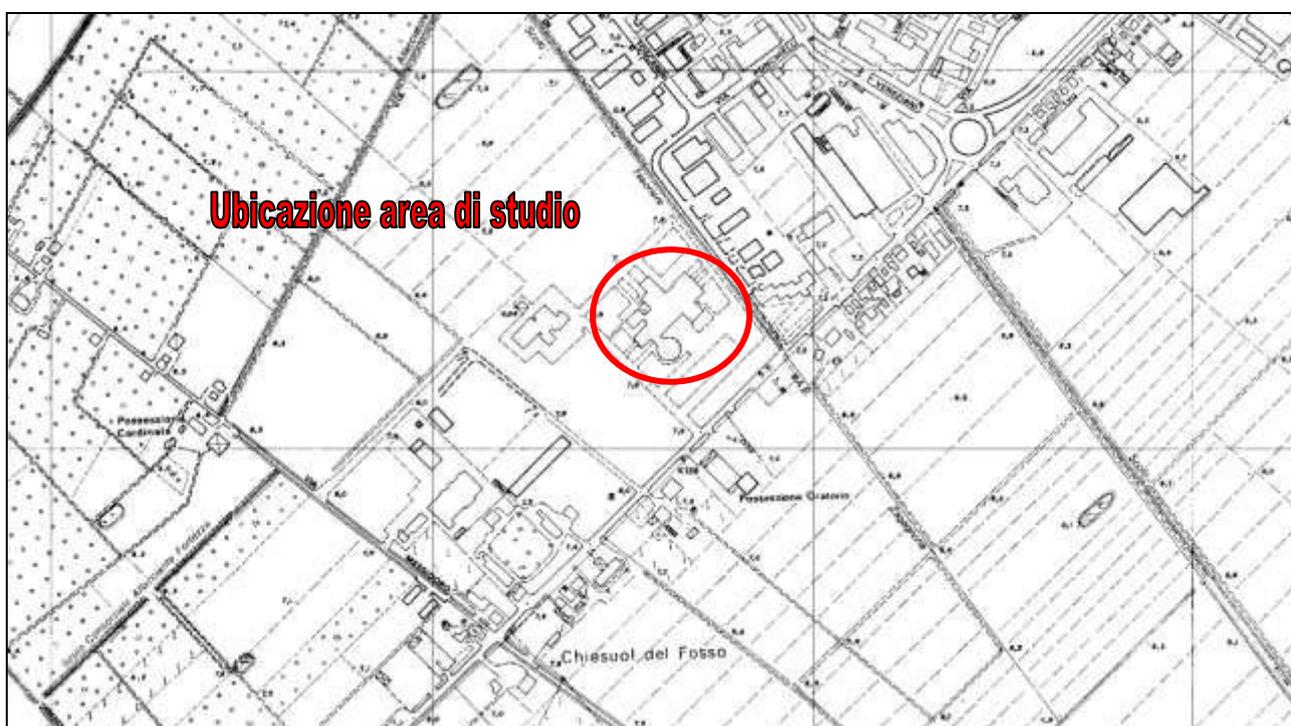


Figura 2.3-2
Stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara
Scala 1:10.000

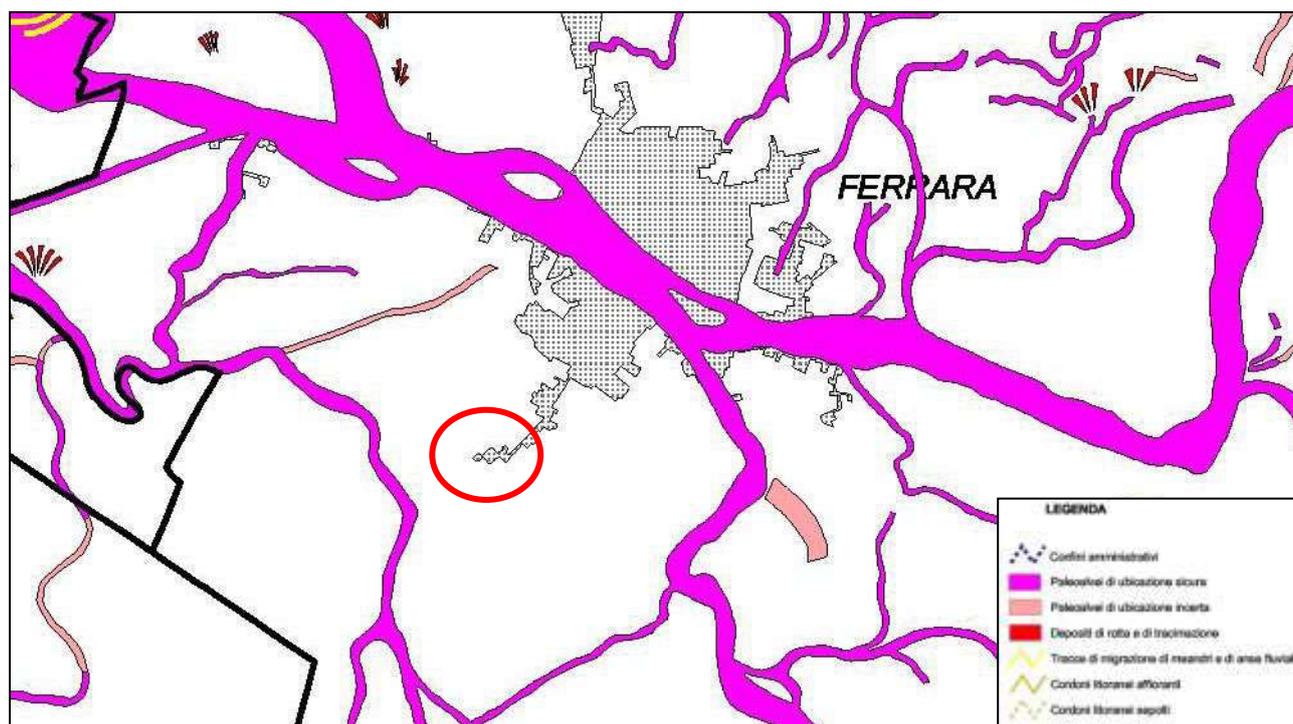


Figura 2.3-3
 Stralcio della Tavola QC.0.1 - Geomorfologia – P.T.C.P. della Provincia di Ferrara



Figura 2.3-4
 Stralcio della Carta Geomorfologica – P.S.C. Comune di Ferrara (2003)

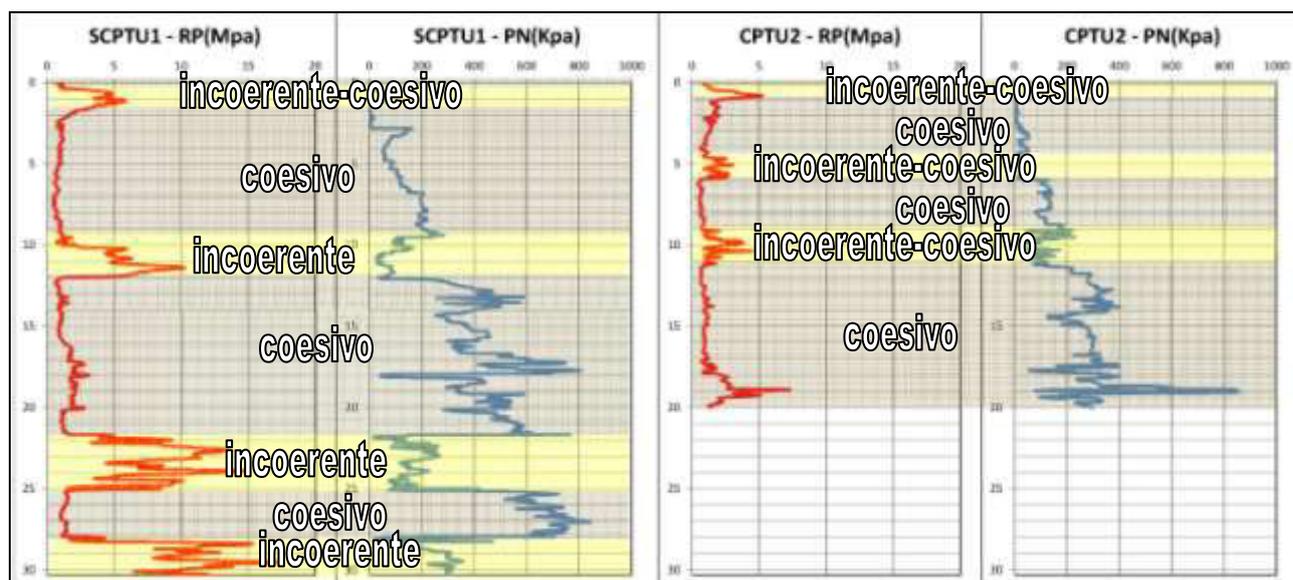


Figura 2.3-5

Grafici andamento resistenze alla punta e della pressione neutra delle prove effettuate

Supporti Grafici:

- Allegato 6. Tavola Unica – Profili Stratigrafici

2.4. Subsidenza

In base agli studi messi a disposizione da Arpa, nell'area oggetto di studio risulta che la velocità di movimento verticale del suolo varia da mm -2.5 a mm 0 all'anno, considerando le isocinetiche relative al periodo di tempo 2006/2011, come si evince dalla cartografia in figura 2.4-1.



Figura 2.4-1

Stralcio della cartografia delle velocità di movimento verticale del suolo; elaborata dall'ARPA Emilia-Romagna
<http://servizigiis.arpa.emr.it/Geovistaweb/default.aspx>

2.5. Rischio geologico

L'area oggetto di studio ricade all'interno di un vasto territorio di pianura, nel quale non sussistono quindi rischi legati a movimenti di versante, erosioni o sismicità connessa a fenomeni vulcanici. Per quanto riguarda i rischi legati a problematiche di tipo idrogeologico e sismico, si rimanda ai paragrafi specifici di seguito riportati.

2.6. Caratteri idrogeologici e idrologici

Ad interpretazione della situazione idrogeologica locale va innanzitutto segnalato come, dal punto di vista idrogeologico, si intenda acquifero *“una formazione idrogeologica permeabile che permette il deflusso significativo di una falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d'acqua con mezzi economici”*.

In base alla definizione sopra riportata, la falda deve quindi avere un deflusso, il quale dovrà essere caratterizzato da spostamenti a prevalente componente orizzontale. Tale definizione è assunta dalla Delibera del 4 Febbraio 1977 che definisce *“falda superficiale”* un serbatoio d'acqua sotterranea che ha contatti diretti con le acque di superficie, presumendone quindi un flusso.

Nei fori residuali delle indagini eseguite, alla data di esecuzione delle stesse, è stata misurata la quota della falda (o superficie di saturazione), alle profondità indicate in tabella:

TABELLA 2.6-1
PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 31 LUGLIO 2014

| Identificativo indagine | Profondità della sup. di saturazione dal p.c. (mt) |
|-------------------------|--|
| SCPTU1 | 2.70 |
| CPTU2 | 3.20 |

I valori di cui sopra possono essere confrontabili con i livelli misurati nell'area ad ovest rispetto all'area di studio, dove la falda si attestava nel giugno 2005 tra mt 1.947 e mt 2.097 da p.c.

Le stratigrafie rilevate dalle prove effettuate ed analizzate evidenziano la presenza di intercalazioni limose nei primi circa mt 2.35 da piano campagna, le quali possono costituire piccoli serbatoi discontinui che contengono la falda più superficiale.

Nel caso specifico tali serbatoi sono stati rilevati insaturi, in quanto l'acqua rilevata all'interno dei fori residuali delle indagini realizzate, è presente prevalentemente in corrispondenza di una litologia argillosa e argilloso limosa rilevata a partire da circa mt 2.50 da piano campagna. Non è stato dunque rilevato un serbatoio granulare saturo.

Per quanto riguarda le acque di superficie, va evidenziata la presenza dello Scolo Tesoriere Zagagnona, in parte tubato, ubicato in direzione nord/nord-est/sud-est ad una distanza di circa mt 475, dello Scolo Consorziale Baiona, in parte tubato, ubicato in direzione nord/nord-est/sud-est ad una distanza di circa mt 494, del Condotto Boldrini, ubicato in direzione est/sud-est ad una distanza di circa mt 985, dello Scolo Consorziale Allacciante Fortezza, ubicato in direzione ovest e sud-ovest ad una distanza di circa mt 457 e dello Scolo Civetta, ubicato in direzione sud/sud-ovest/sud-est ad una distanza di circa mt 964. Si evidenzia, inoltre, la presenza dell'Idrovora di Chiesuol del Fosso, ubicata in direzione sud-ovest a circa mt 955 dall'area di studio. Tali corsi d'acqua sono evidenziati e visibili nello stralcio della Carta Idrografica del bacino Burana-Volano-Canal Bianco di Figura 2.6-3. Viste le loro distanze dal sito in esame e le caratteristiche litologiche, si ritiene che i corsi d'acqua, non possano concorrere direttamente nella

regimazione della falda o acqua di saturazione nel breve e medio periodo, ma solamente in maniera secondaria per effetto dello scolo delle acque superficiali e, in genere, della regimazione delle acque meteoriche.

Dall'osservazione della Carta delle Aree storicamente allagate, ottenuta dall'elaborazione dei dati bibliografici a disposizione, si evince come l'area in esame non sia stata soggetta ad allagamenti nel tempo.

Supporti Grafici e Cartografici:

- Figura 2.6-1. Schema di identificazione del sistema acquifero
- Figura 2.6-2. Schema movimento dell'acqua nel sottosuolo
- Figura 2.6-3. Stralcio Carta Idrografica del bacino Burana-Volano-Canal Bianco
- Figura 2.6-4. Stralcio Carta Tecnica Regionale con canali in evidenza – scala 1:10.000
- Figura 2.6-5. Stralcio Carta aree storicamente allagate – scala 1:10.000

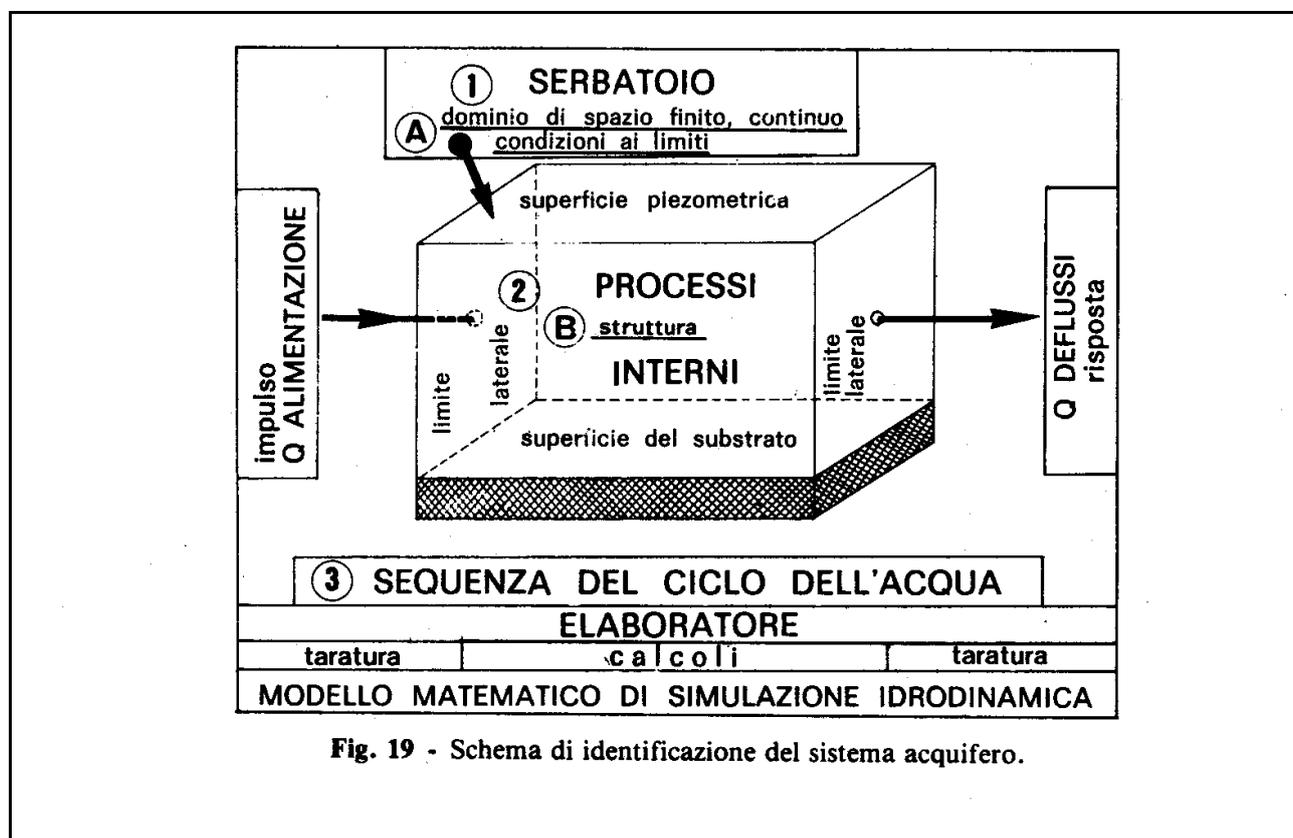


Figura 2.6-1
 Schema di identificazione del sistema acquifero

| direzione | verso | fenomenologia | zone di umidità interessate |
|------------------------------------|--------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| prevalentemente verticale | discendente | percolazione verso la falda | zona di aerazione |
| | ascendente | ascensione capillare | |
| | alternato | oscillazioni del livello piezometrico | fascia di oscillazione |
| prevalentemente orizzontale | — | deflusso della falda | zona di saturazione |

Figura 2.6-2
Movimento dell'acqua nel sottosuolo

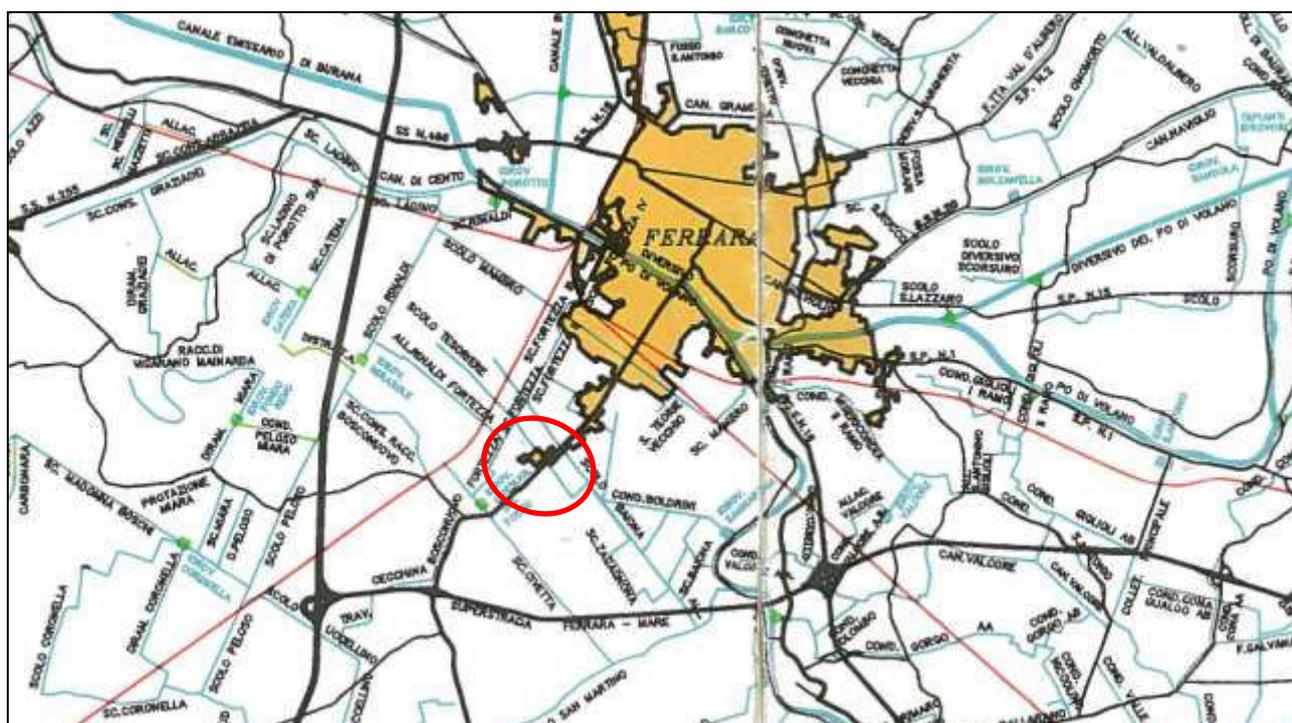


Figura 2.6-3
Stralcio Carta Idrografica del bacino Burana-Volano-Canal Bianco
 Scala 1:100.000

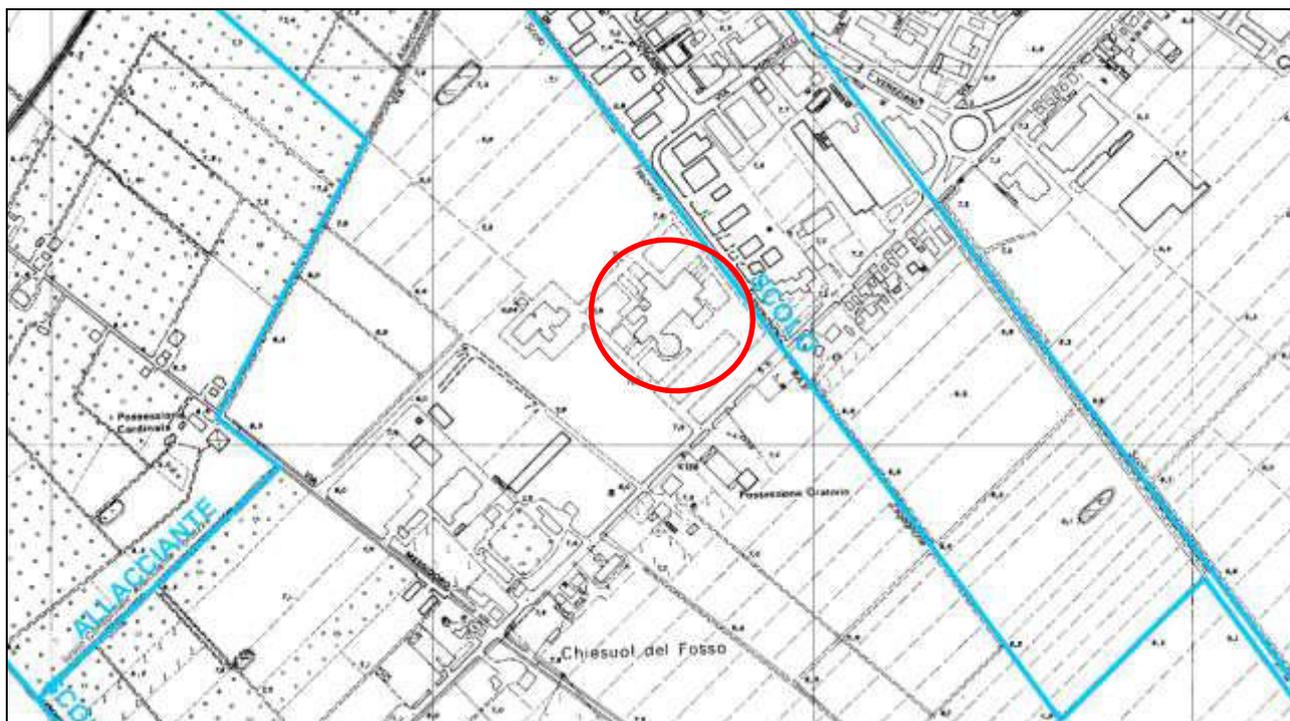


Figura 2.6-4
Stralcio Carta Tecnica Regionale con evidenziati i canali
Scala 1:10.000

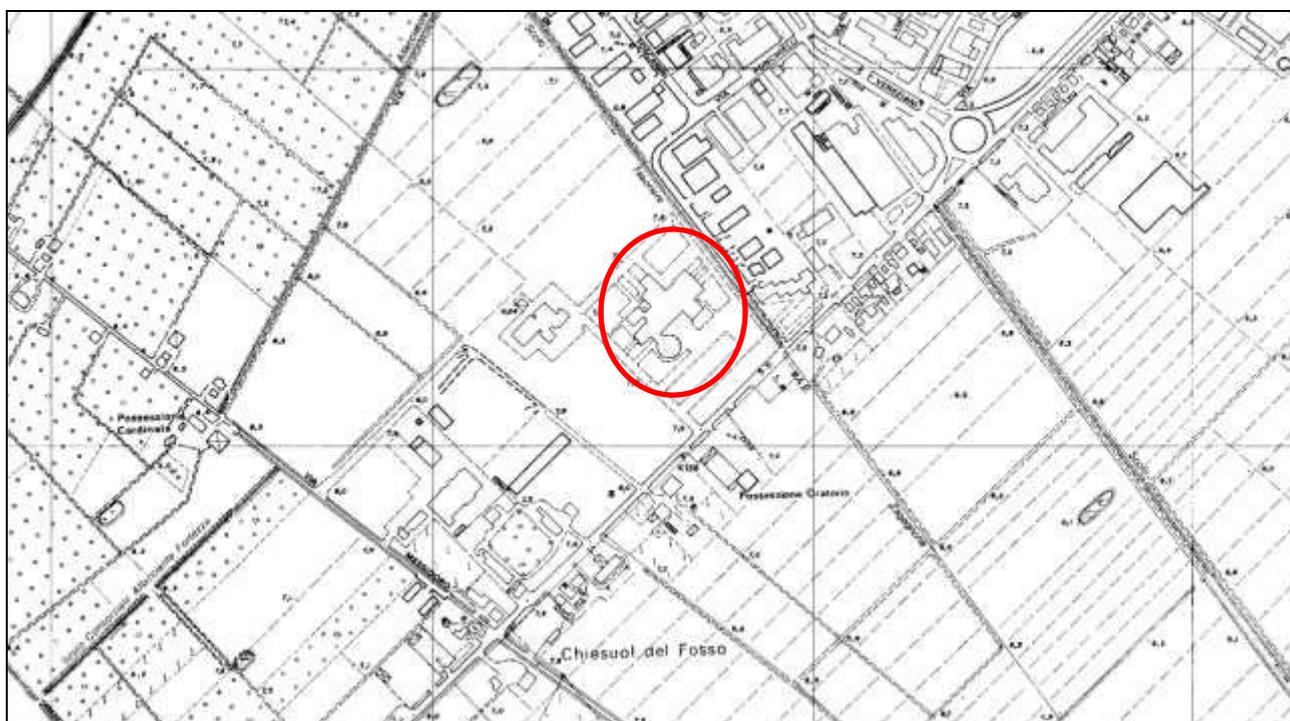


Figura 2.6-5
Stralcio Carta Aree Storicamente allagate
Scala 1:10.000

| | | |
|--|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|--|---|

2.7. Campagna di indagini

Tipologia indagini eseguite: 1 prova penetrometrica con piezocono, 1 prova penetrometrica con piezocono sismico ed 1 indagine sismica tipo HVSr. In base all'opera erano state preventivate 3 indagini, ma durante l'esecuzione della seconda CPTU non è stato possibile ancorare la strumentazione a causa di terreno di riporto o soletta presente uniformemente in tutta l'area individuata. Per tale motivo è stato deciso di proseguire la valutazione con solo 2 punti di indagine implementate con dati bibliografici messi a disposizione.

Tipologia indagini bibliografiche analizzate: prova penetrometrica statica e sondaggio geognostico.

2.7.1. PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO E CON PIEZOCONO SISMICO (CPTU E SCPTU)

Numero di indagini eseguite: 2 (1 SCPTU – 1 CPTU).

In base alla circolare 2 Febbraio 2009, N. 617 – C.S.LL.PP., C6.2.2, le indagini geognostiche devono garantire una adeguata caratterizzazione geotecnica del volume significativo del terreno, definita come *“la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa”*. A tal proposito, in funzione delle opere esistenti, degli scopi del presente lavoro e delle informazioni disponibili, sono stati definiti il numero e le profondità d'indagine.

Profondità d'indagine: SCPTU1, mt 30.30 da piano campagna; CPTU2, mt 20.00 da piano campagna.

In base alla conoscenza della zona da parte della scrivente e in relazione all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, allegato 4, cap. 2.3, le profondità delle prove sono state programmate al fine di verificare l'eventuale presenza di strati spessi di sabbia potenzialmente liquefacibile. Nello specifico, per manufatti con fondazioni superficiali, se fosse presente terreno sabbioso saturo a profondità superiori a mt 15.00/20.00 dal piano campagna, si potrebbe omettere la verifica della suscettibilità a liquefazione in quanto il carico litostatico costituisce un fattore contrastante rispetto all'innescò di tale fenomeno. *La liquefazione è un fenomeno che si verifica in formazioni sabbiose sature d'acqua, con superfici di falda entro pochissimi metri dalla superficie. Molto difficilmente essa arriva ad interessare strati che si trovino a profondità maggiori di mt 15-20 (“La liquefazione del terreno in condizioni sismiche”, da Crespellani, Nardi, Simoncini, 1988). Questa profondità corrisponde, in campo libero, a una pressione litostatica totale intorno a 0.3 – 0.4 Mpa. È molto difficile che un evento sismico riesca a produrre variazioni di pressione interstiziale Δu superiori a questo valore (“La liquefazione dei terreni” – Teoria, normativa e procedura di calcolo, Di Bernardo, 2011).*

Le profondità raggiunte sono inoltre sufficienti ad indagare il volume significativo dal punto di vista geotecnico come descritto nel capitolo dedicato.

Strumentazione utilizzata: piezocono G1-CPL2IN e sistema di acquisizione G1-PEN8 di produzione Tecno Penta s.a.s. di Maura Bellio - Via G.Galilei 7a/2 - 35037 Teolo (PD)

Sistema di spinta: penetrometro statico tipo Gouda da 100 kN cingolato mod. Pagani TG 63-100.

Nota 1: nell'allegato 18 si riporta il Rapporto di Taratura del piezocono, emesso in data 20 marzo 2014, dalla Ditta “Tecnopenta srl”.

Ditta incaricata per l'esecuzione delle prove e del certificato in allegato:

Geologia Ferrara s.n.c.

Via dell'Artigianato, civ. 2 – Ro Ferrarese

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|---|--|---|

2.7.2. INDAGINE GEOFISICA

Al fine di definire la classificazione del tipo di suolo presente nel sito, è stata effettuata un'indagine geofisica mediante misura a stazione singola con tecnica *HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)*.

Strumentazione utilizzata: le misure a stazione singola sono state eseguite con un tromografo digitale modello Tromino® Engy.

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è "GRILLA"© Release 2010 ver. 6.0 beta (All rights reserved).

Ditta incaricata per l'esecuzione dell'indagine geofisica:

Geotea s.r.l.

Via della Tecnica civ. 57/A4 – 40068 San Lazzaro di Savena (BO)

2.7.3. PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT)

Numero di indagini analizzate: n. 1 prova penetrometrica statica.

Profondità d'indagine raggiunta: mt 25.00 dal piano campagna.

Strumentazione utilizzata: penetrometro statico, montato su Unimog Mercedes U400L, con cella di carico da 200 kN, munito di punta conica con apertura di 60° e superficie di 10 cm² per la misurazione della resistenza alla punta ed un manicotto di frizione della superficie di 150 cm² per la misurazione dell'attrito laterale locale (punta meccanica tipo Begemann).

2.7.4. SONDAGGI GEOGNOSTICI

Numero di indagini analizzate: n. 3 sondaggi geognostici.

Profondità d'indagine raggiunta: mt 3.80 dal piano campagna.

Strumentazione utilizzata: Sonda idraulica a rotazione con asta elicoidale di diam. 40 mm.

2.7.5. Pozzi

Numero di schede stratigrafiche analizzate: n. 2 pozzi ad uso industriale esistenti perforati nell'anno 1974, ubicati in Provincia di Ferrara, Comune di Ferrara, Località Chiesuol del Fosso.

Profondità d'indagine raggiunta: mt 201 dal piano campagna.

Supporti cartografici e grafici:

- Figura 2.7-1. Stralcio immagine aerea - ubicazione indagini effettuate
- Figura 2.7-2. Stralcio immagine aerea - Ubicazione indagine penetrometrica analizzata
- Figura 2.7-3. Stralcio planimetria area cerchiata in figura 2.7-2 - Ubicazione sondaggi geognostici analizzati
- Figura 2.7-4. Esecuzione prova SCPTU1
- Figura 2.7-5. Esecuzione prova CPTU2

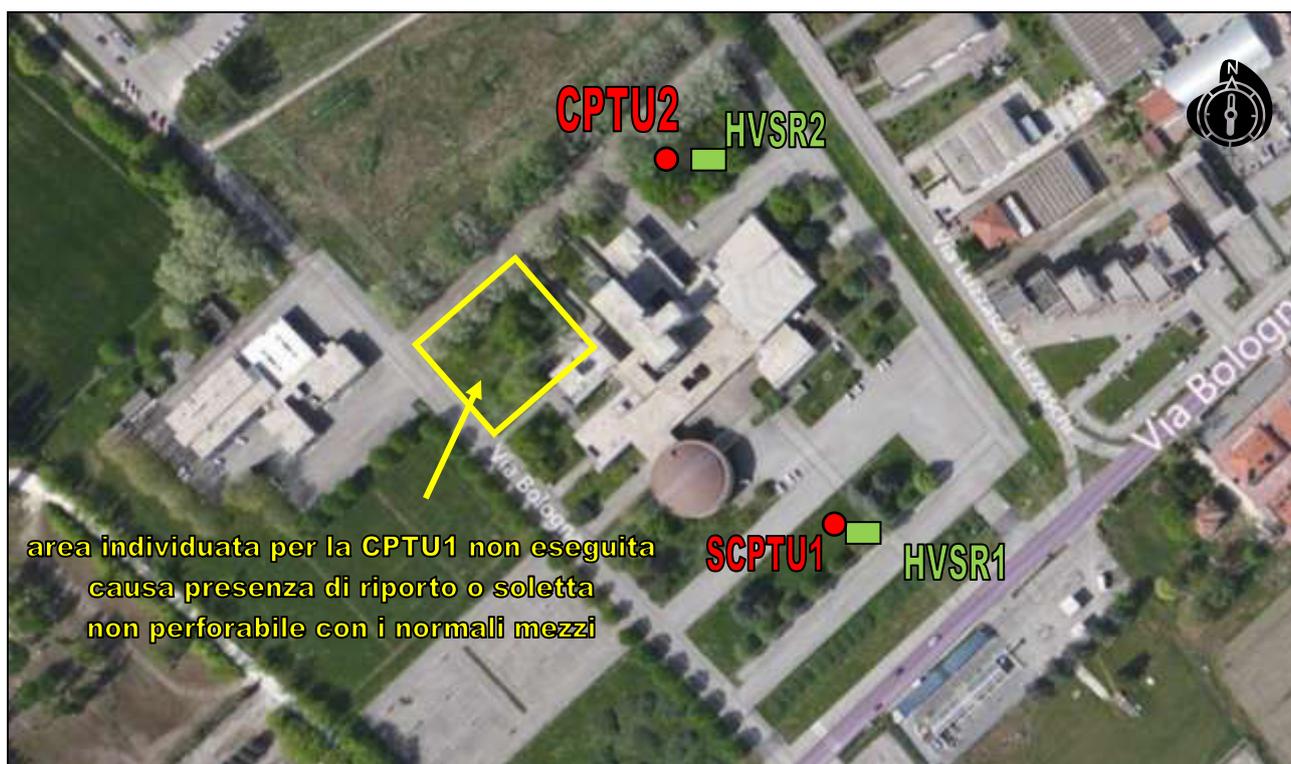


Figura 2.7-1
Stralcio Immagine Aerea
Ubicazione indagini effettuate



Figura 2.7-2
Stralcio Immagine Aerea
Ubicazione indagine penetrometrica analizzata



Figura 2.7-3
Stralcio planimetria area cerchiata in figura 2.7-2
Ubicazione sondaggi geognostici analizzati



Figura 2.7-4
Esecuzione prova SCPTU1



Figura 2.7-5
Esecuzione prova CPTU2

2.8. Campagna geognostica - Risultati

Come accennato, al fine di acquisire dati specifici del sito, sono state effettuate due prove penetrometriche con piezocono e con piezocono sismico, spinte a mt 30.30 e a mt 20.00 dal piano campagna ed un'indagine sismica. Sono stati inoltre analizzati tre sondaggi geognostici spinti a mt 3.80 da piano campagna al fine di verificare direttamente la litologia più superficiale ed una prova penetrometrica statica spinta a mt 25.00 dal piano campagna, ovvero la prova più profonda effettuata per altri scopi sull'area.

2.8.1. CARATTERI LITOLOGICI

2.8.1.1 Modalità di valutazione – SCPTU e CPTU

Per il riconoscimento delle successioni litostratigrafiche, è stato utilizzato il metodo di Robertson 1986, tramite applicazione di un pacchetto software Geostru. Tale metodo è uno dei metodi consigliati per le elaborazioni delle CPTU.

Si riporta di seguito il grafico del tipo di comportamento di terreno (SBT) utilizzato dal metodo di Robertson 1986. Esso utilizza 12 classi di tipo di suolo, a differenza del metodo Robertson 1990 che ne utilizza 9. Inoltre il metodo è basato sulla resistenza alla punta q_c ed il rapporto di attrito R_f , mentre i grafici più recenti sono sviluppati sulla base di parametri normalizzati.

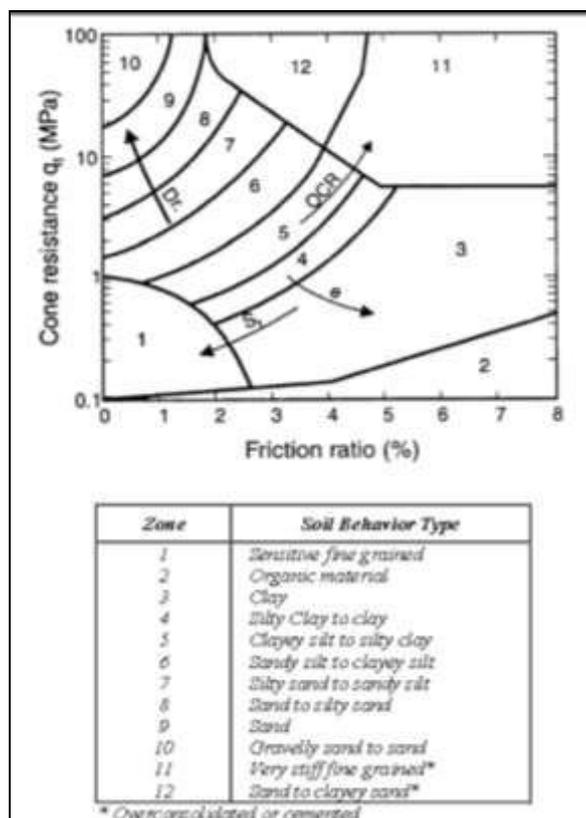


Figura 2.8.1.1-1

Grafico SBT di Robertson et al (1986) in base alla resistenza del cono CPT, q_t , e il rapporto di attrito, R_f (dove $R_f = (f_s / q_t) \text{ il } 100\%$)

2.8.1.2 Definizione delle unità litotecniche – SCPTU e CPTU

Come accennato, la zona in esame è situata all'interno della piana alluvionale originatasi in seguito alla deposizione dei materiali in sospensione nelle acque dei fiumi che attraversavano l'attuale Pianura Padana. I depositi fluviali che ne sono derivati, sono invariabilmente costituiti dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana. Per mezzo dell'elaborazione delle prove, sono state definite le litologie e gli strati elencati nelle seguenti tabelle:

TABELLA 2.8.1.2-1
SCPTU1 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

| N. strati | Profondità | | Descrizione |
|-----------|------------|------------|--|
| | tetto (mt) | letto (mt) | |
| 1 | 0.00 | 0.40 | Prevalenza di argille su argille limose – argille, limi argillosi e argille limose e terreni fini molto sensitivi |
| 2 | 0.40 | 1.52 | Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con sabbie limose – limi argillosi; puntuale presenza di sabbie – sabbie limose e di limi argillosi e argille limose |
| 3 | 1.52 | 9.22 | Prevalenza di argille su argille limose – argille; locale presenza nei primi mt di limi argillosi e argille limose |
| 4 | 9.22 | 10.14 | Alternanza di limi argillosi e argille limose con limi sabbiosi e limi argillosi; puntuale presenza di argille limose e argille |
| 5 | 10.14 | 11.98 | Prevalenza di sabbie – sabbie limose su sabbie; locali livelli di sabbie limose – limi argillosi |
| 6 | 11.98 | 21.66 | Prevalenza di argille su argille limose – argille e su limi argillosi e argille limose; locale presenza di terreni fini molto sensitivi da mt 12.18 a mt 12.34 e di limi sabbiosi e limi argillosi da circa mt 17.00 per circa 40 cm e a circa mt 18.00 per circa 20 cm. |
| 7 | 21.66 | 25.08 | Alternanza prevalente di sabbie – sabbie limose con sabbie; secondaria presenza di sabbie limose – limi argillosi e puntuali livelli di limi sabbiosi e limi argillosi, di limi argillosi e argille limose, di argille limose – argille e di argille |
| 8 | 25.08 | 27.92 | Prevalenza di limi argillosi e argille limose su limi sabbiosi e limi argillosi e su argille limose – argille; locale presenza di argille |
| 9 | 27.92 | 30.30 | Prevalenza di sabbie su sabbie – sabbie limose; al tetto dello strato alternanza di sabbie limose – limi argillosi con limi sabbiosi e limi argillosi |

TABELLA 2.8.1.2-2
CPTU2 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

| N. strati | Profondità | | Descrizione |
|-----------|------------|------------|---|
| | tetto (mt) | letto (mt) | |
| 1 | 0.00 | 0.50 | Prevalenza di argille su argille limose – argille |
| 2 | 0.50 | 0.94 | Limi sabbiosi e limi argillosi poggianti su limi argillosi e argille limose |

| | | | |
|---|-------|-------|--|
| 3 | 0.94 | 4.58 | Alternanza prevalente di argille con argille limose – argille; locale presenza di limi argillosi e argille limose e da mt 2.32 a mt 2.42 limi sabbiosi e limi argillosi |
| 4 | 4.58 | 5.92 | Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi prevalenti con limi argillosi e argille limose; puntuali livelli di argille limose – argille, argille e sabbie limose – limi argillosi |
| 5 | 5.92 | 9.00 | Prevalenza di argille su argille limose – argille; locale presenza di limi argillosi e argille limose da mt 8.30 a mt 8.38 |
| 6 | 9.00 | 11.20 | Alternanza di limi argillosi e argille limose con limi sabbiosi e limi argillosi; puntuali livelli di argille limose – argille; nel mezzo dello strato locali livelli di sabbie limose – limi argillosi e di argille |
| 7 | 11.20 | 17.90 | Prevalenza di argille su argille limose – argille e su limi argillosi e argille limose; locale presenza di limi sabbiosi e limi argillosi da mt 17.30 a mt 17.38 |
| 8 | 17.90 | 20.00 | Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille limose – argille e localmente con limi sabbiosi e limi argillosi; secondaria presenza di argille e di sabbie limose – limi argillosi |

Le caratterizzazioni specifiche delle singole unità sono riportate nelle schede di elaborazione al paragrafo 3.4.1 della presente relazione e in allegato 6 è stato elaborato il profilo litostratigrafico che mette in relazione gli strati sopra evidenziati nell'areale di studio.

Supporti Grafici:

- Allegati 1-2. Schede di elaborazione prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono e piezocono sismico
- Allegato 6. Tavola Unica – Profili Stratigrafici

2.8.1.3 Definizione delle unità litotecniche – CPT

Di seguito si riporta la descrizione della successione litostratigrafica evinta da prove geognostiche eseguite dallo Studio Geologico Associato Geo-probe nel 2008 per lo studio geologico-tecnico dei terreni del primo sottosuolo di un'area adiacente all'area di studio.

“Al tetto, precedute localmente da un sottile orizzonte (0.40 – 0.60 m) a consistenza plastica ($q_c = 1.2 - 1.9$ MPa; $R_f = 4.2 - 6\%$), sono inizialmente presenti delle argille limose di colore marrone, di consistenza plastica dura ($q_c = 2.0 - 4.5$ MPa; $R_f = 3.5 - 6.1\%$) ed umidità scarsa, presumibilmente sovraconsolidate per essiccazione, che a partire da una profondità media di mt 1.20 assumono in prevalenza una consistenza plastica ($q_c = 1.4 - 1.9$ MPa; $R_f = 3.5 - 6.4\%$).

A partire da una profondità media di mt 1.60/1.80, per uno spessore di mt 2.00/2.40, prevalgono dei limi argillosi di colore beige di consistenza plastica ($q_c = 1.0 - 1.7$ MPa; $R_f = 3.2 - 6.4\%$) ed umidità media.

Sotto prevalgono dei limi argillosi di colore beige con screziature grigiastre, di consistenza plastica tenera ($q_c = 0.5 - 0.9$ MPa; $R_f = 3.5 - 6.4\%$) ed umidità da medio elevata alla totale saturazione idrica, inglobanti orizzonti a consistenza plastica ($q_c = 1.0 - 1.8$ MPa; $R_f = 2.9 - 6.4\%$).

A partire da una profondità media di mt 10.00-10.60, sino a circa mt 14.00, si evidenziano delle sabbie localmente limose di addensamento da medio a medio buono ($q_c = 4.1 - 8.2$ MPa; $R_f = 1.2 - 2\%$), inglobanti localmente lenti limose di consistenza da plastica a plastica dura ($q_c = 1.4 - 2.8$ MPa; $R_f = 3.2 - 5.5\%$).

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|---|--|---|

Sotto sono presenti delle argille limose e/o viceversa di consistenza plastica ($q_c = 1.4 - 1.8$ MPa; $R_f = 3.7 - 6\%$), che da circa mt 16.60 assumono una consistenza plastica dura ($q_c = 2.0 - 3.8$ MPa; $R_f = 3.1 - 6.4\%$).

A partire da una profondità di circa mt 19.00, per circa mt 2.50, si evidenziano delle sabbie di medio addensamento ($q_c = 3.7 - 6.0$ MPa; $R_f = 1.7 - 2.3\%$).

Sotto prevalgono dei limi argillosi e/o sabbiosi di consistenza plastica dura ($q_c = 2.0 - 3.4$ MPa; $R_f = 3.1 - 6.4\%$), inglobanti sottili orizzonti sabbiosi di medio addensamento ($q_c = 4.1 - 6.0$ MPa; $R_f = 1.6 - 2.3\%$).

Infine da mt 23.40 e sino alla profondità indagata, prevalgono delle sabbie di addensamento da medio a medio elevato ($q_c = 5.2 - 20.5$ MPa; $R_f = 1.2 - 1.6\%$).

Supporti Grafici:

- Allegato 3. Rapporto di prova della cpt analizzata

2.8.1.4 Definizione delle unità litotecniche – SONDAGGI GEOGNOSTICI

Di seguito si riporta la descrizione della situazione litostratigrafica evinta da sondaggi geognostici eseguiti per lo Studio Synthesis nel 2005 per la caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica di un'area adiacente all'area di studio.

“La stratigrafia locale è caratterizzata, fino alla massima profondità indagata (mt. 3.80), dalla prevalenza di argille più o meno limose intercalate a livelli meno spessi di limi da debolmente sabbiosi a sabbiosi. Tali intercalazioni fanno supporre che gli spessori di limo, in particolare quelli compresi tra mt. 1.15 e mt. 2.35 di profondità, costituiscano piccoli serbatoi discontinui che contengono la falda più superficiale.”

2.8.1.5 Sintesi delle unità litotecniche

Al fine di migliorare la comprensione delle litologie sopra descritte è stato elaborato un profilo stratigrafico dal quale si evince l'alternanza ciclica di corpi sedimentari di granulometria fine e più grossolana.



Figura 2.8.1.5-1
Ubicazione profilo

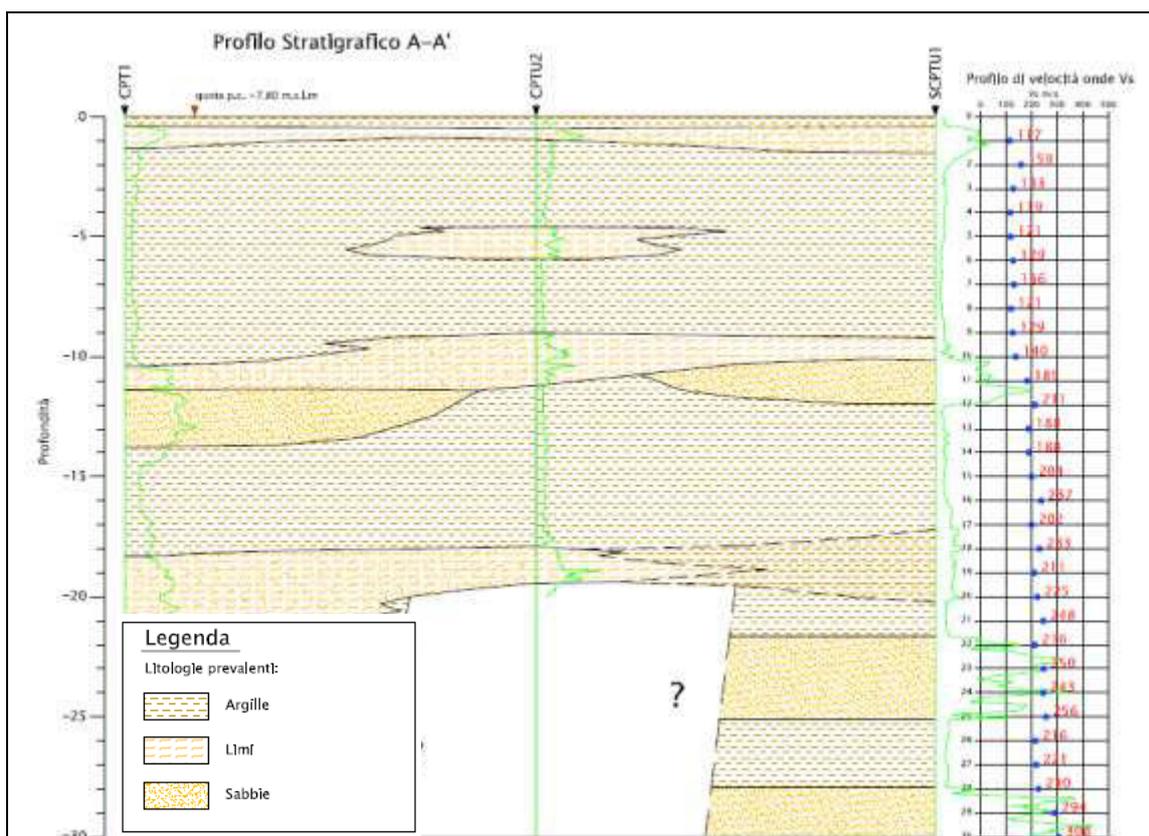


Figura 2.8.1.5-2
Profilo litostratigrafico

2.8.2. MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE VS

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti il modello di sottosuolo proposto per il sito in studio, in termini di profilo verticale di Vs, è il seguente:

TABELLA 2.8.2-1

MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

| Profondità base strato (m) | Spessore (m) | Vs (m/s) |
|----------------------------|--------------|----------|
| 5.00 | 5.00 | 130 |
| 10.00 | 5.00 | 140 |
| 14.00 | 4.00 | 190 |
| 29.00 | 15.00 | 220 |
| 59.00 | 30.00 | 270 |
| 119.00 | 60.00 | 380 |
| inf. | inf. | 500 |

Tale modello è stato definito in base all'analisi della curva HVSr1, associata alla prova SCPTU eseguita, che ha permesso sia di ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde S nel sito in esame, sia di individuare la presenza di contrasti di impedenza-rigidezza nel sottosuolo medesimo.

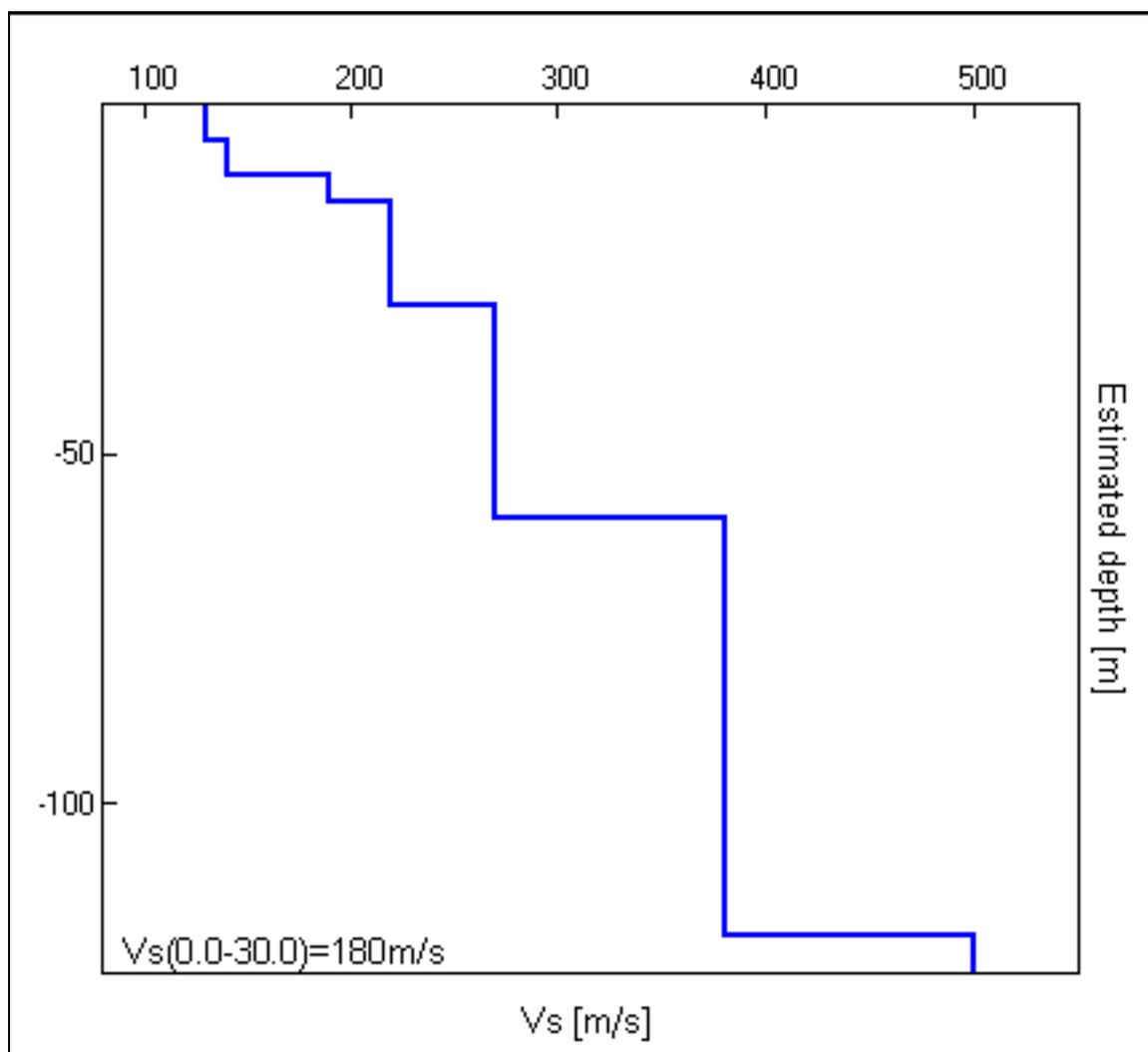


Figura 2.8.2-1
Modello di velocità delle onde di taglio S

Dall'analisi del profilo sopra proposto non si rilevano inversioni di velocità; il profilo delle onde di taglio S può essere quindi definito come in graduale aumento con la profondità.

2.8.3. ANALISI DELLE FREQUENZE DEI TERRENI

Come detto sono state effettuate due misure di tipo HVSr.

Le curve HVSr1 e HVSr2 sono risultate del tutto confrontabili tra loro. Per frequenze superiori a 1 Hz esse sono caratterizzate solo da deboli irregolarità e deviazioni dalla planarità legate alla presenza di stratificazioni nel sottosuolo a contrasto d'impedenza molto basso. Nell'intervallo 0.8-1.0 Hz circa si registra una modesta amplificazione locale del moto del suolo per risonanza stratigrafica a basso contrasto.

Il tutto è confermato inoltre anche dalla stratigrafia del terreno evinta dalle schede stratigrafiche dei pozzi 1 e 2 siti a Chiesuol del Fosso, le quali indicano la presenza di sabbie e conseguente falda confinata captata, a partire da mt 90 sino a mt 129 da piano campagna.

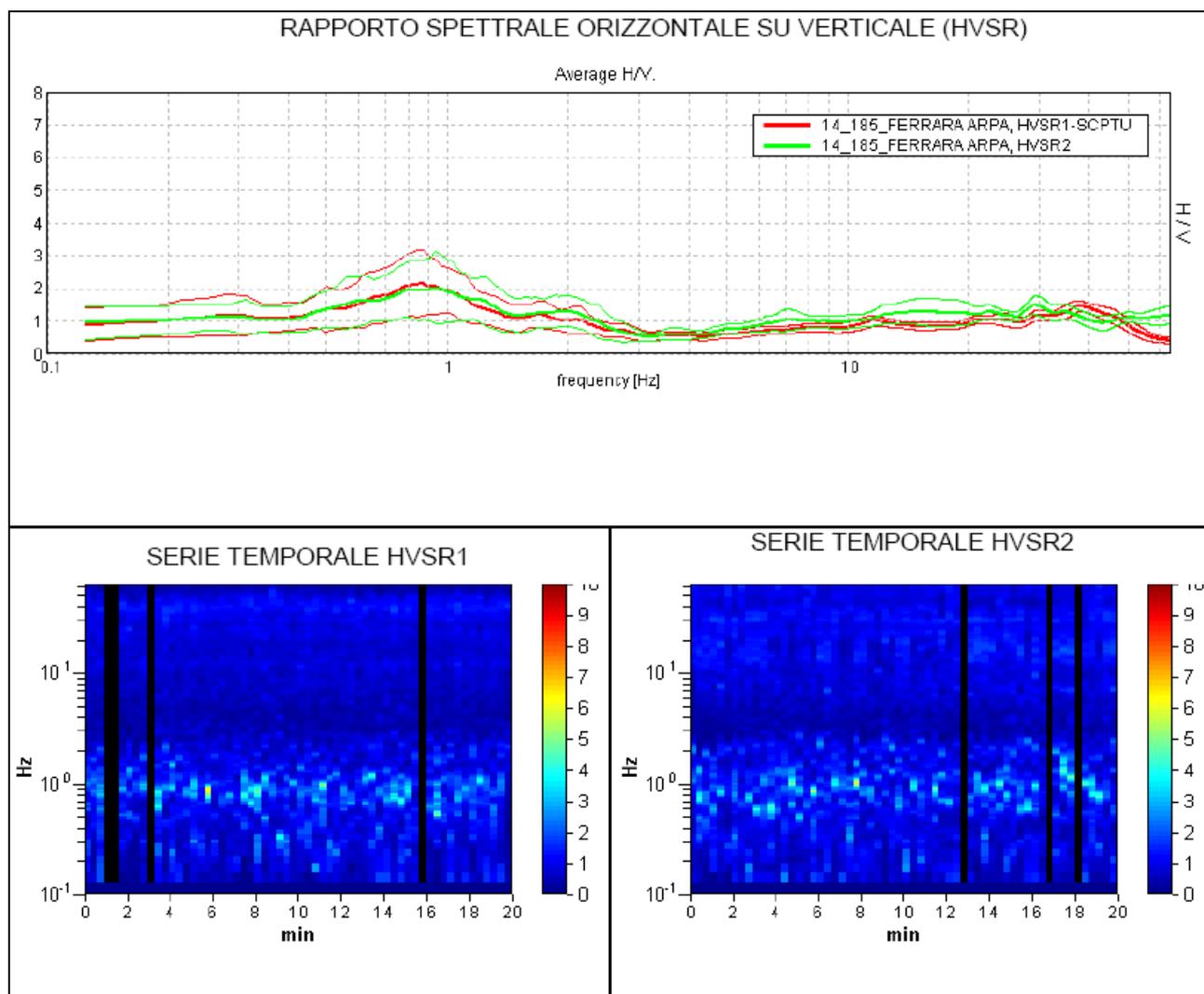


Figura 2.8.3-1
 Curva H/V (HVSR) registrata nel sito in esame e serie temporale considerata nell'analisi.

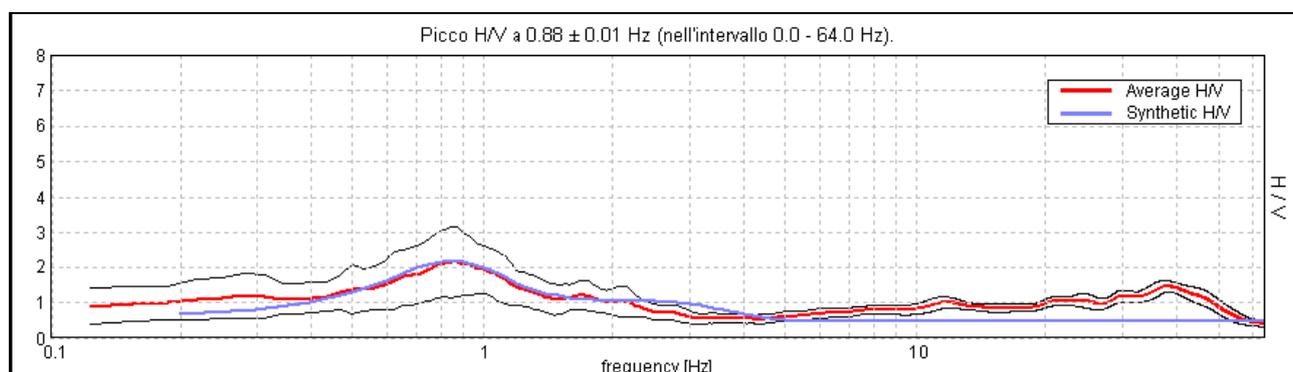


Figura 2.8.3-2
 Confronto tra curva HVSR1 sperimentale registrata nel sito e curva teorica (blu) relativa al modello di sottosuolo proposto per il sito.

Supporti Grafici:

- Allegato 4. Scheda stratigrafica pozzo

2.9. Analisi vincolistica

2.9.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il Comune di Ferrara non ricade in una zona soggetta a vincolo idrogeologico, come risulta dall'allegato 1 della Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1117/2000.

2.9.2. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Come si desume dall'estratto cartografico proposto in figura 2.9.2-1, la zona oggetto di studio ricade all'interno di un'area classificata a rischio moderato R1, per la quale sono possibili danni sociali ed economici marginali, in seguito a dissesti di natura idraulica e idrogeologica.



Figura 2.9.2-1

Estratto cartografia P.A.I. – scala grafica

(da Autorità di Bacino del Fiume Po – Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico P.A.I., - tav. 6 III, Rischio idraulico ed idrogeologico)

2.9.3. PIANO TERRITORIALE PER IL COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.)

La zona oggetto di studio ricade in parte all'interno di una fascia di rispetto da PTRQA vigente, nello specifico "rete di base esistente – (PRIT '98)", come si evince dall'estratto cartografico di Figura 2.9.3-4.



Figura 2.9.3-1
Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica
 (da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.2 – Il sistema ambientale)



Figura 2.9.3-2
Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica
 (da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.1.2 – Il sistema ambientale)

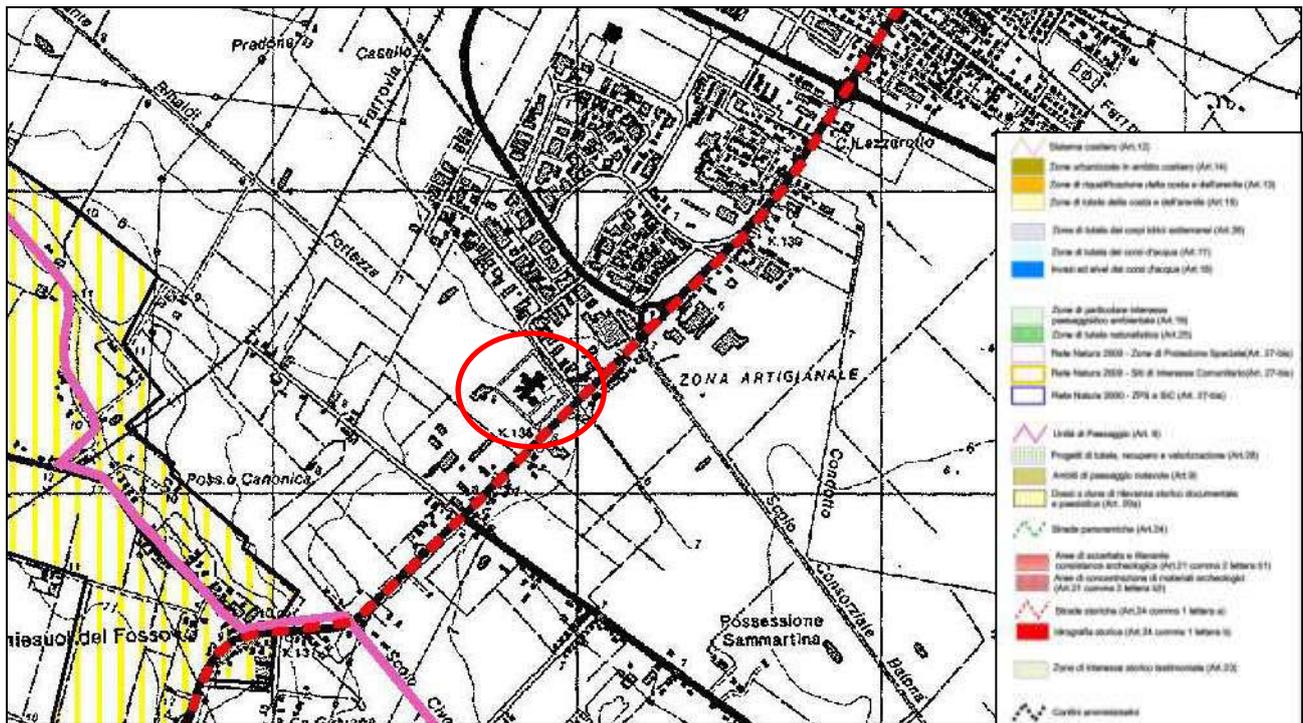


Figura 2.9.3-3
Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica
 (da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.2.2 – Altri ambiti di tutela)

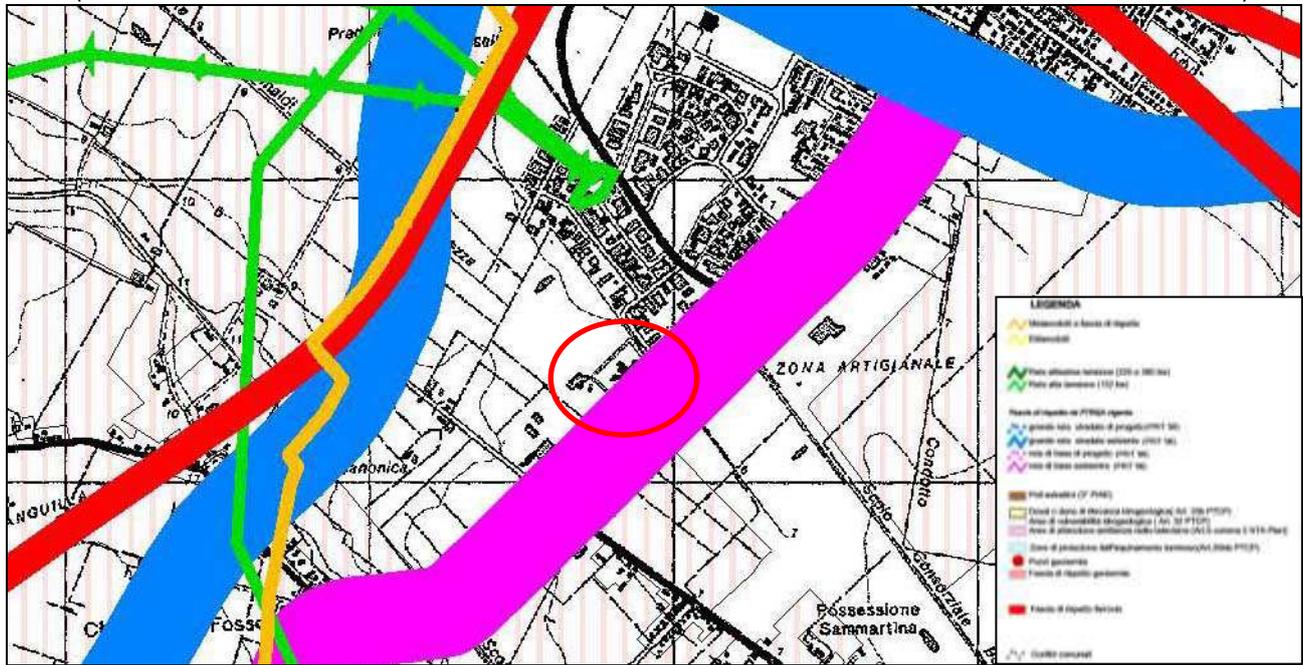


Figura 2.9.3-4
Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica
 (da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.3.2 – Ambiti con limitazioni d’uso)

2.10. Pericolosità e Fattibilità del Piano Strutturale Comunale

Per quanto riguarda la pianificazione comunale, il sito oggetto di studio ricade in corrispondenza di:

- un'area a ridotta soggiacenza della falda freatica, nel caso specifico il dato non è stato riscontrato nei mesi estivi in cui sono state effettuate le indagini; dato però da tenere in considerazione nei mesi invernali;
- sistema ambientale e delle dotazioni collettive (art.10) – sub sistema attrezzature e spazi collettivi (art. 10.7);
- tessuto consolidato;
- strutture insediative 85;
- Unità di paesaggio delle Masserie;
- Fascia di rispetto emittenza televisiva;
- Territorio urbanizzato;
- Ambito 4APF2 – poli funzionali esistenti;
- Centro urbano.

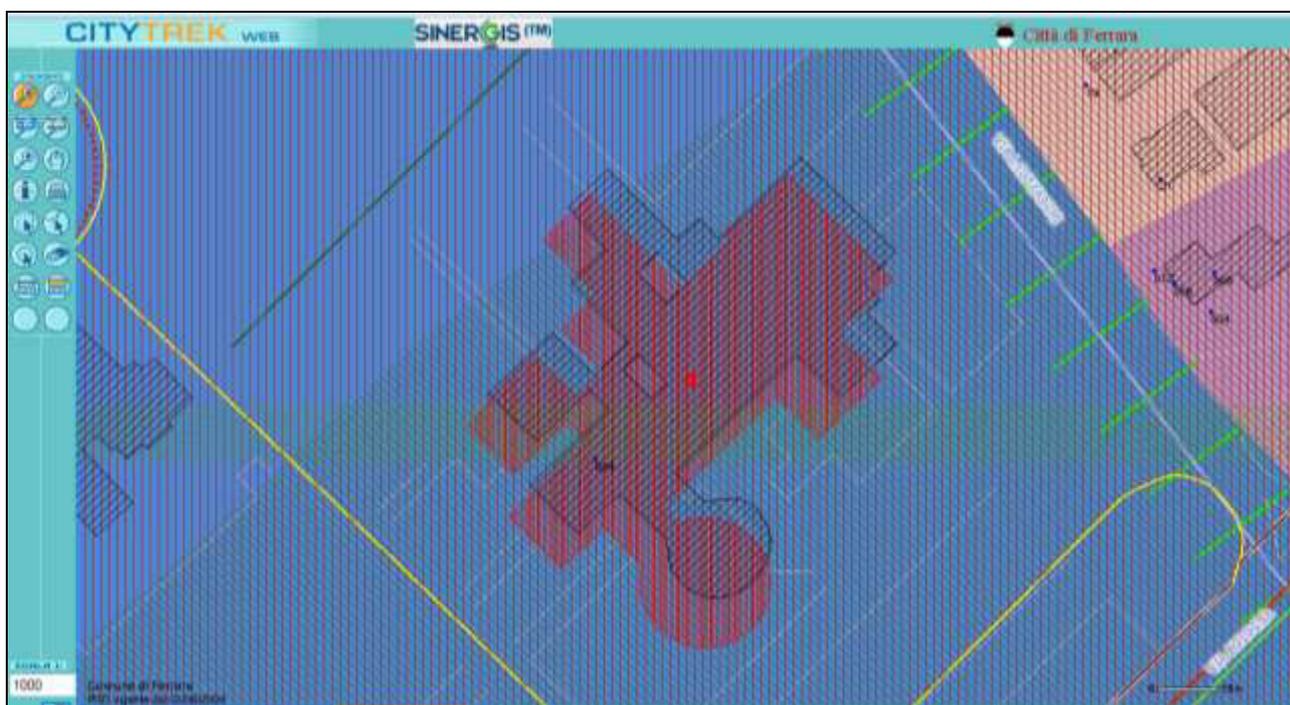


Figura 2.10-1

Estratto cartografia P.S.C. vigente dal giugno 2009

(http://ctwferrara.corenet.it/ferrara/clientweb/loginervlet?service_name=ApriViewer&org=01&ente=1&ente_s tr=01&denom_ente=Comune%20di%20ferrara&utente=psc_publico&pwd=*****)

2.11. Aspetti geodinamici e sismicità

In seguito all'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03, il Comune di Ferrara è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3, alla quale corrisponde una sismicità bassa con PGA compreso fra 0.05 e 0.15 g e nella quale però, in particolari contesti geologici, possono venire amplificati gli effetti. La classificazione è stata eseguita in base all'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|---|--|---|

La pericolosità di un sito, oltre alla severità della sorgente sismica, dipende dalle caratteristiche geologiche, morfologiche e geotecniche.

In particolare i possibili effetti di sito, intesi come associazione di caratteristiche geologiche e morfologiche che rende un luogo più o meno soggetto a danni conseguenti ad una scossa sismica, sono i seguenti:

- fattori di amplificazione del moto sismico;
- liquefazione o addensamento dei terreni;
- instabilità dei pendii.

Con riferimento alle linee guida dell'A.G.I. pubblicate nell'anno 2005, i fattori di amplificazione delle onde sismiche, sono di seguito elencati:

- effetti stratigrafici: depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante;
- effetti di bordo: depositi di valle con bordi e morfologia del substrato irregolari, dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione, con generazione all'interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia;
- effetti topografici: la sommità di rilievi collinari, creste, promontori costituiti da formazioni rocciose, profili di versante, pendii, bordi di terrazzi.

Nel territorio comunale di Ferrara, possono essere attesi effetti stratigrafici dovuti in particolare a forti variazioni delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche. Non sono attesi effetti di bordo; vengono esclusi anche gli effetti topografici, salvo nelle aree ubicate nei pressi o in corrispondenza di rilevati.

Per quanto riguarda la liquefazione o addensamento, nel territorio in cui ricade il sito oggetto di studio, tali fenomeni possono essere attesi in corrispondenza di strati granulari saturi (liquefazione) o insaturi (addensamento), spessi e continui, eventualmente presenti a profondità non superiori a 15/20 metri dal piano campagna.

Relativamente all'instabilità dei pendii, si ribadisce come il territorio del Comune di Ferrara ricada all'interno di una zona di pianura, nella quale tali fenomeni non possono essere attesi, se non in corrispondenza di rilevati, di spiccate altezze, artificiali o delle sponde dei corsi d'acqua.

In base alla pianificazione vigente, della quale si riportano stralci di cartografie inerenti si evince che l'area di studio ricade:

- in un'area con F.A. = 1.5 (P.T.C.P.);
- in un'area con rischio di cedimenti presente (P.T.C.P.);
- in una zona con indice di liquefazione compreso tra 0 e 2 rischio basso (P.T.C.P.);
- in una zona in parte in corrispondenza di depositi sabbiosi intercalati a livelli limosi sabbiosi ed argillosi con effetti attesi di amplificazione e liquefazione con conseguenti potenziali cedimenti per addensamento e/o ri-consolidazione indotti da sisma per la quale è richiesto un livello di approfondimento con analisi approfondita (III livello di approfondimento) art.36 – art. 37 comma 1 punto 3 ed in parte in corrispondenza di depositi di natura prevalentemente fine molto compressibili con effetti attesi di amplificazione con conseguenti potenziali cedimenti per ri-consolidazione indotti da sisma per la quale è

richiesto un livello di approfondimento con analisi semplificata (II livello di approfondimento) art.36 – art. 37 comma 1 punto 2 (P.T.C.P.);

- in una zona per la quale è richiesto un II livello di approfondimento (P.S.C.);
- in una zona con rischio di amplificazione stratigrafica elevato e con prove che indicano un potenziale di liquefazione basso con un rischio di cedimenti presente (P.S.C.).

Supporti grafici:

- Figura 2.11-1. Zonizzazione sismica Emilia Romagna
- Figura 2.11-2. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.06 – Carta provinciale del fattore di amplificazione
- Figura 2.11-3. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.07 – Carta provinciale del rischio cedimenti
- Figura 2.11-4. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.08 – Carta provinciale delle indagini e dell'indice del potenziale di liquefazione
- Figura 2.11-5. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.09 – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali con indagini e indice del potenziale di liquefazione
- Figura 2.11-6. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.09.2 – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali con indagini e indice del potenziale di liquefazione
- Figura 2.11-7. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. 3.2 – Carta di zonizzazione sismica di primo livello
- Figura 2.11-8. Stralcio della Carta di sintesi prima fase – Analisi di pericolosità sismica del P.S.C. del Comune di Ferrara (2008)
- Figura 2.11-9. Stralcio della Carta di sintesi effetti di sito del P.S.C. del Comune di Ferrara (2008)

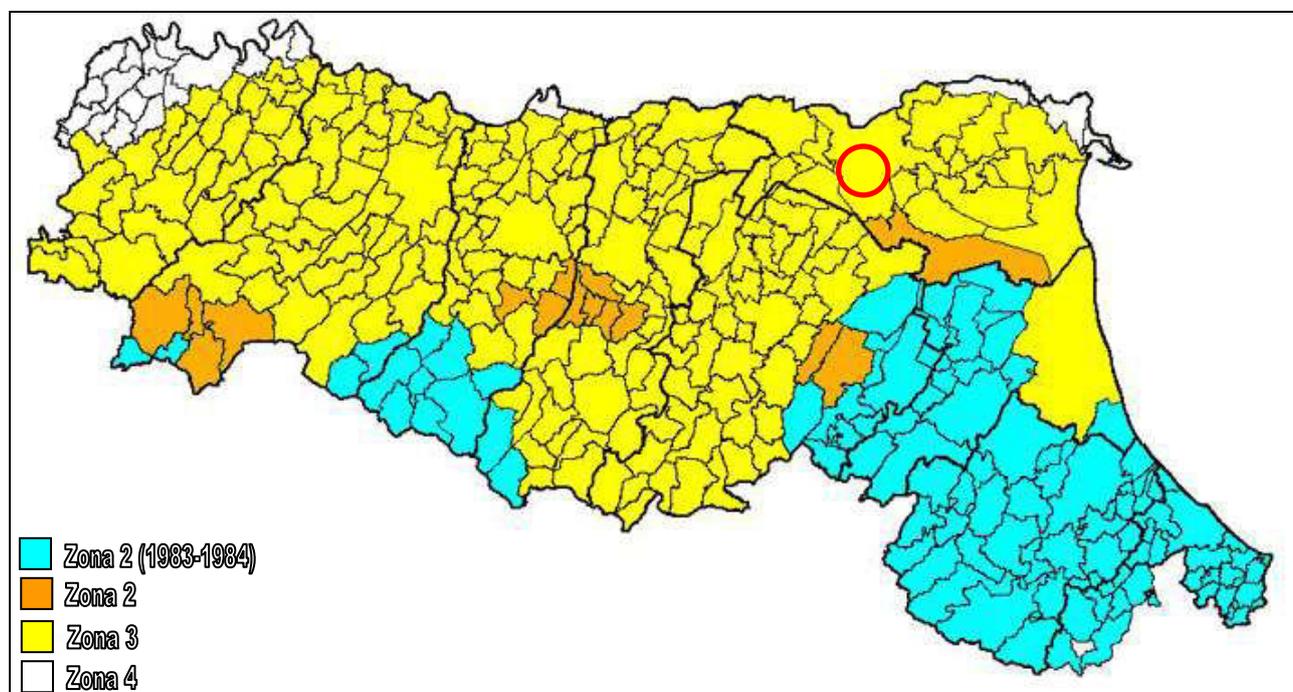


Figura 2.11-1
Zonizzazione sismica Emilia Romagna

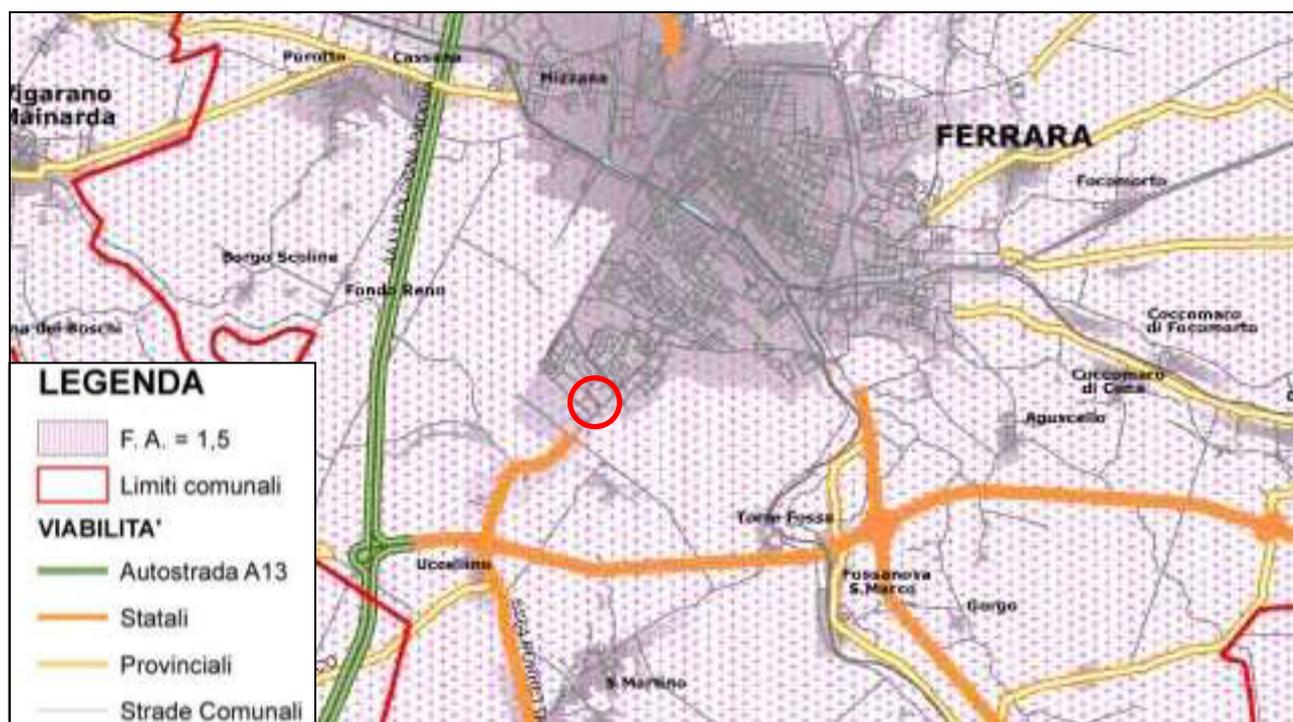


Figura 2.11-2

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.06 – Carta provinciale del fattore di amplificazione)



Figura 2.11-3

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.07 – Carta provinciale del rischio cedimenti)

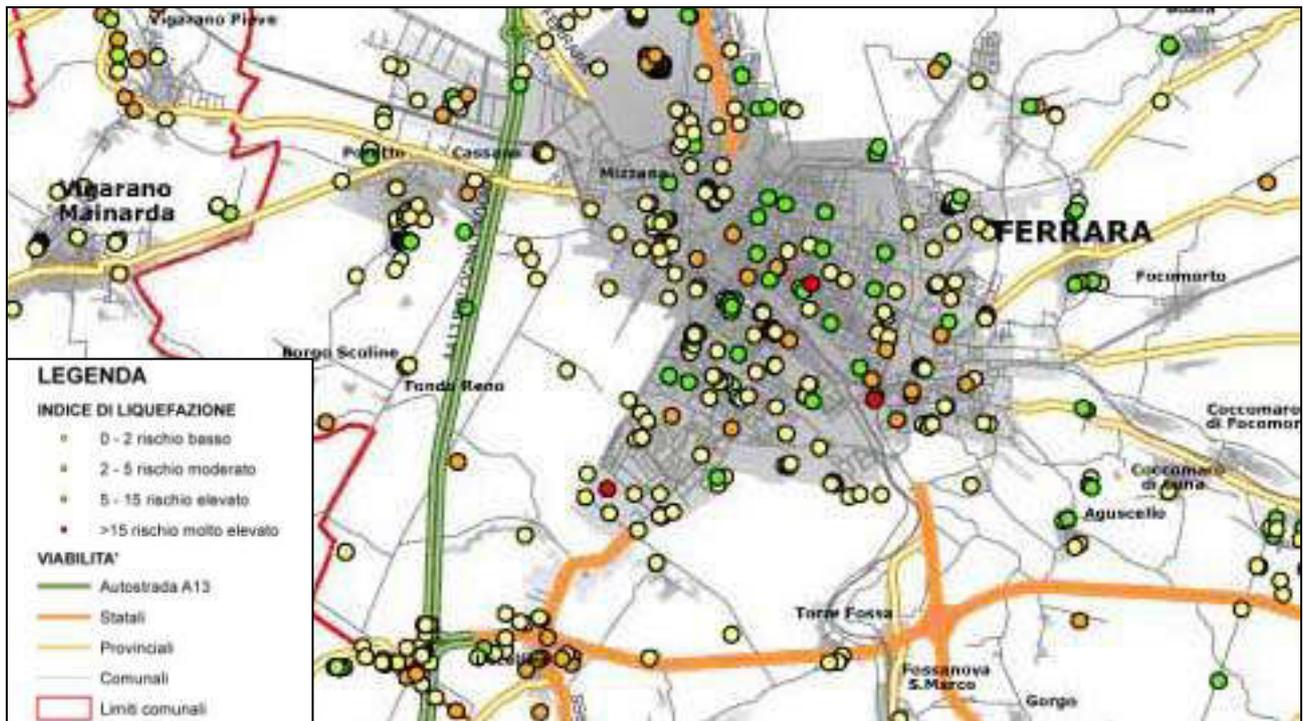


Figura 2.11-4

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.08 – Carta provinciale delle indagini e dell’indice del potenziale di liquefazione)

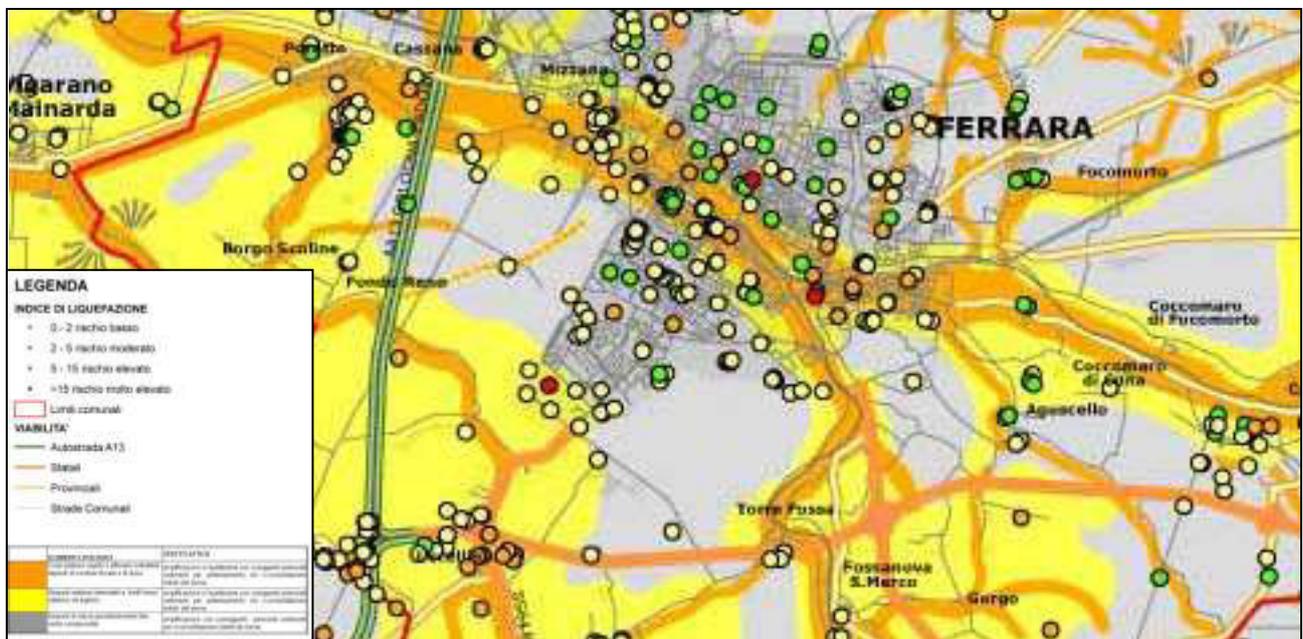


Figura 2.11-5

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.09 – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali con indagini e indice del potenziale di liquefazione)

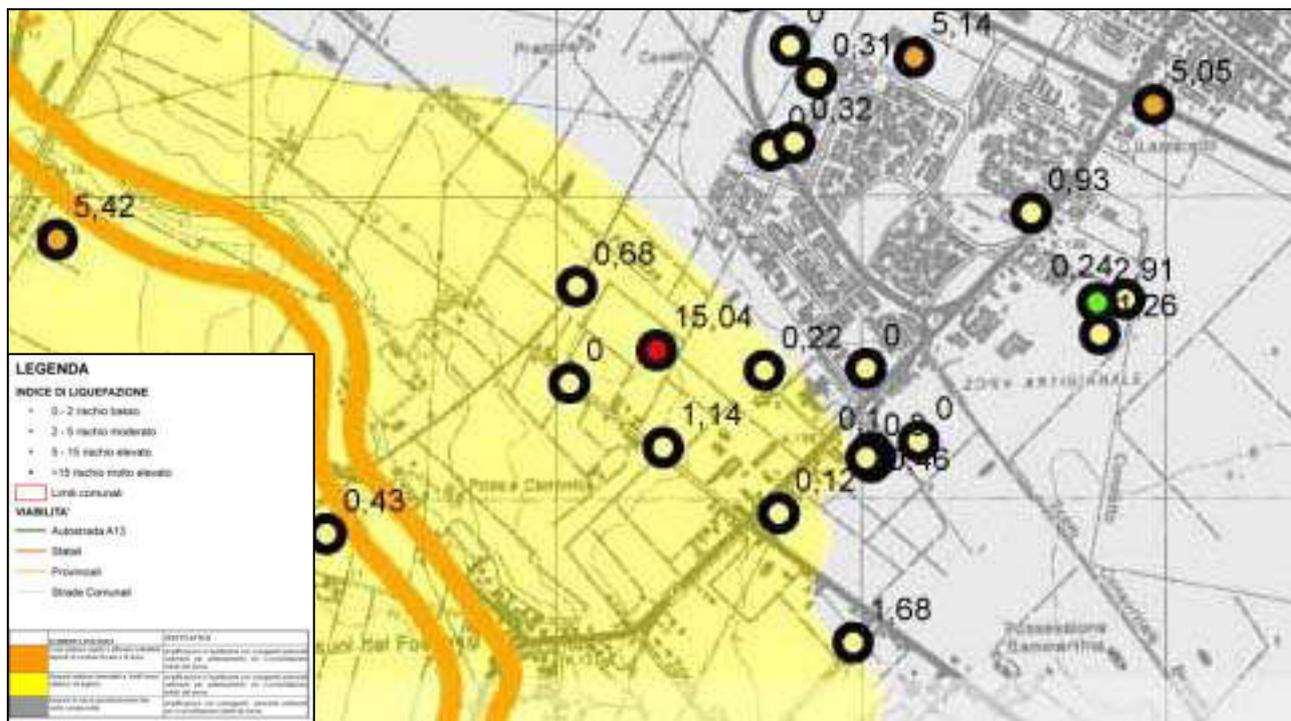


Figura 2.11-6

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. Q.C.09.2 – Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali con indagini e indice del potenziale di liquefazione)

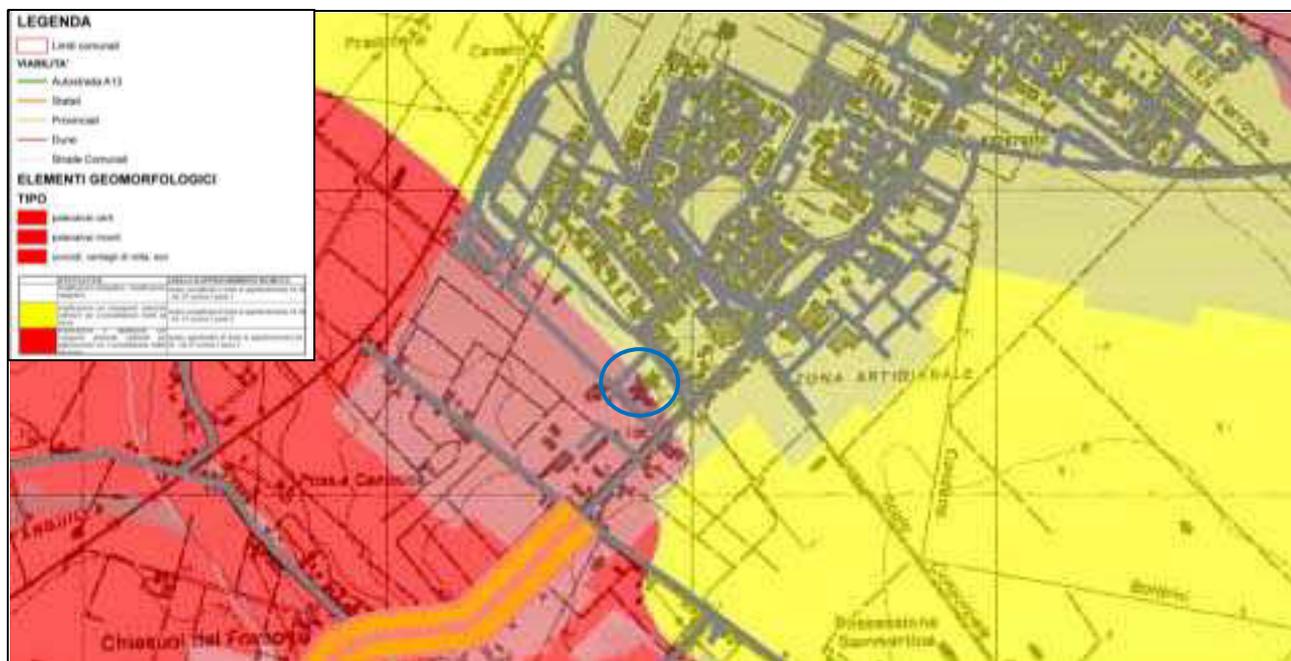


Figura 2.11-7

Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Rischio Sismico - tav. 3.2 – Carta di zonizzazione sismica di primo livello)

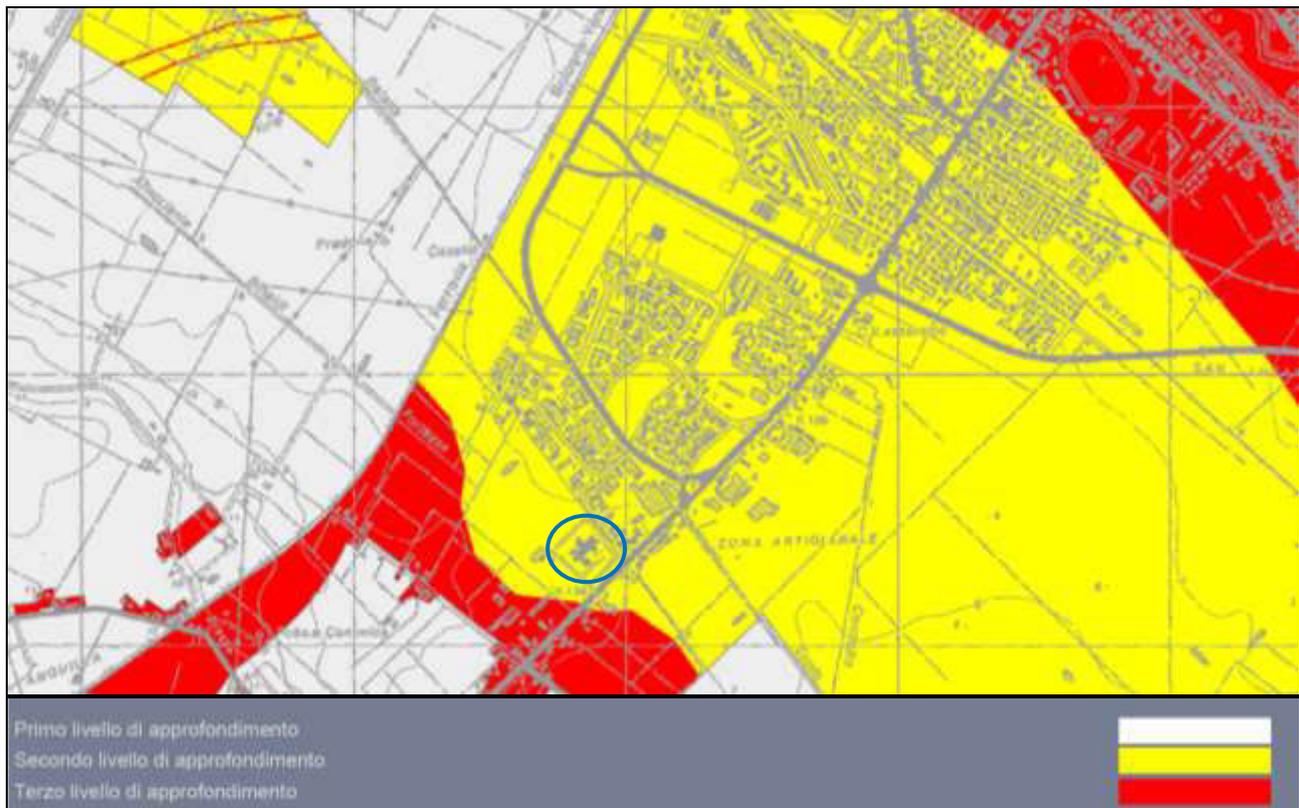
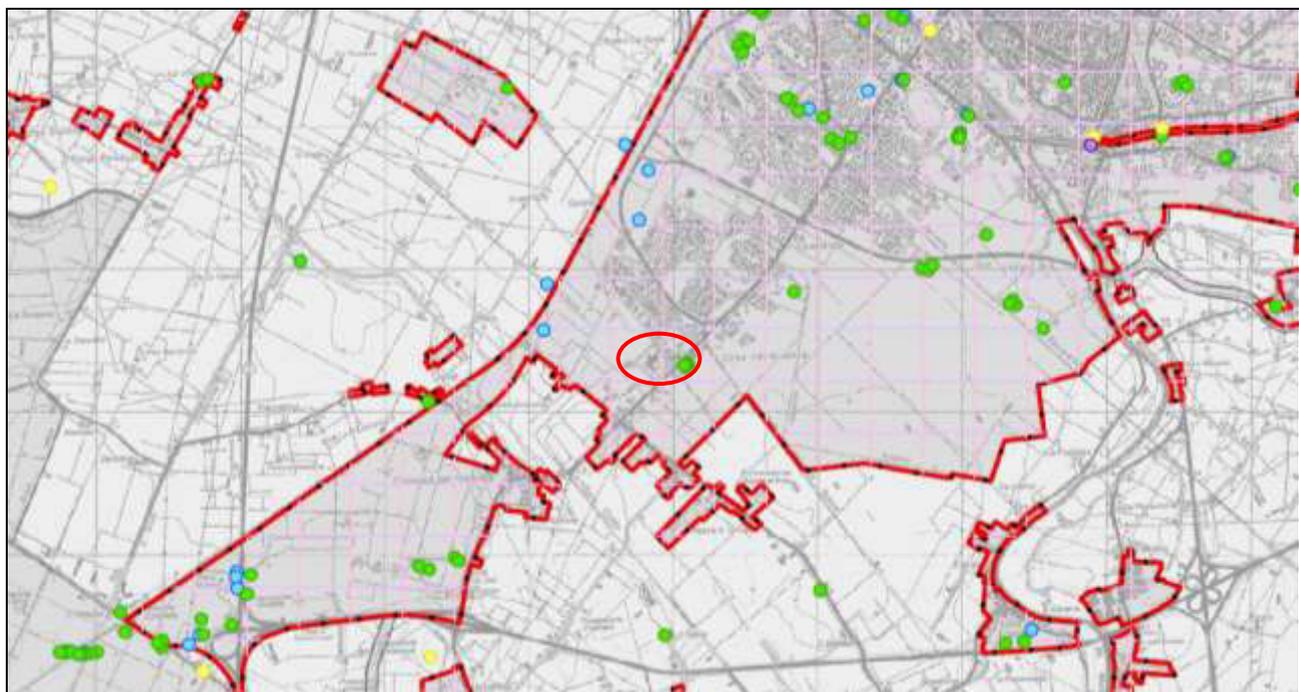


Figura 2.11-8
 Stralcio della Carta di sintesi prima fase – Analisi di pericolosità sismica del P.S.C. del Comune di Ferrara (2008)



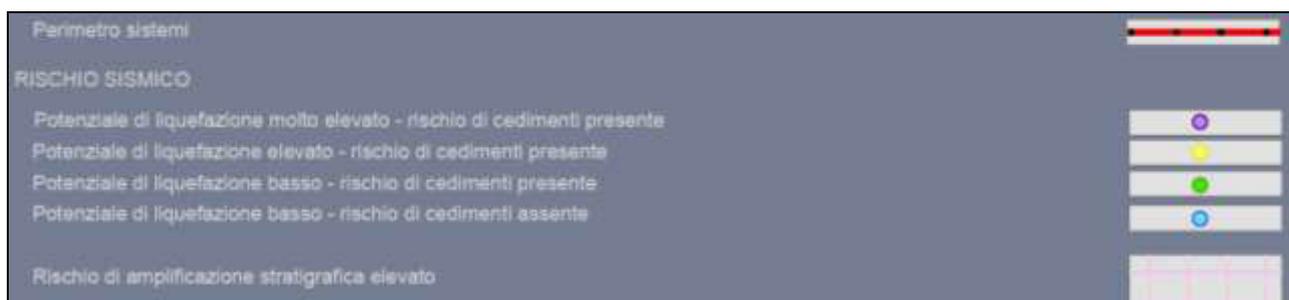


Figura 2.11-9

Stralcio della Carta di sintesi effetti di sito del P.S.C. del Comune di Ferrara (2008)

2.12. Aspetti sismici di dettaglio

2.12.1. DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, così come definito nel testo della normativa NTC08, rif. 7.11.3. In assenza di tali dati, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, così come di seguito indicato (Tabella 2.12.1-1).

TABELLA 2.12.1-1

DESCRIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO A-E

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> , caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 mt/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 mt |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 mt/sec e 800 mt/sec (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine) |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 mt/sec e 360 mt/sec (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \text{ kPa} < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina) |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 mt/sec (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina) |
| E | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 mt</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ mt/sec) |

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2, di seguito descritte, è necessario definire anche la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o argille ad elevata sensibilità al collasso (Tabella 2.12.1-2).

TABELLA 2.12.1-2

DESCRIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO S1-S2

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| S1 | Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 mt/sec (ovvero $10 \text{ kPa} < c_{u,30} < 20 \text{ kPa}$), che includono uno strato di almeno 8 mt di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 mt 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 |

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo, è raccomandata la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . In particolare, fatta salva la necessità di estendere le indagini geotecniche nel volume significativo del terreno interagente con l'opera, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} , definita mediante l'equazione delle NTC:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s].}$$

La velocità equivalente è ottenuta fissando l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio che si propagano sia in un terreno omogeneo equivalente di spessore pari a 30 m, sia in un terreno stratificato come quello in esame, di spessore complessivo di 30 m. La definizione del valore della V_{s30} assume, in questo caso, valori diversi da quelli ottenuti dalla media delle velocità dei singoli strati pesata sui relativi spessori; è dunque necessario enfatizzare anche il contributo degli strati più deformabili.

In alternativa a misure di V_s , l'identificazione della categoria del sottosuolo può essere effettuata sulla base di altre grandezze geotecniche, come il numero dei colpi della prova penetrometrica dinamica ($N_{SPT,30}$) per depositi di terreni prevalentemente a grana grossa nei primi 30 m di profondità e la resistenza non drenata ($c_{u,30}$), per depositi prevalentemente a granulometria fine nei primi 30 m di profondità.

Nel caso specifico tale valore è stato rilevato mediante prove tipo SCPTU come di seguito esplicito.

2.12.1.1 Misura della velocità delle onde V_s

Nel caso specifico, come descritto nel capitolo dedicato alla descrizione delle indagini eseguite, è stata effettuata in sito un'indagine geofisica con l'esecuzione di:

- N. 2 misure a stazione singola con tecnica HVSr (denominate HVSr1 e HVSr2);
- n. 1 misura con piezocono sismico (SCPTU1).

In allegato si riportano i dettagli dei risultati di tali misurazioni, dalle quali si evince che nell'area in esame, è stato misurato un valore di V_{s30} pari a **181.2 m/s**, il cui profilo non è caratterizzato da inversioni di velocità come definito nei precedenti paragrafi.

In base al criterio dell'analisi del parametro v_{s30} la categoria di suolo viene definita come categoria **C**, ovvero: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente*

consistenti con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 mt/sec e 360 mt/sec (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \text{ kPa} < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)".

Tale dato dovrà essere confermato dall'analisi sulla liquefazione per confermare ai sensi dell'NTC08 la possibilità dell'utilizzo dell'approccio semplificato.

Supporti Grafici:

- Allegato 1. Scheda di elaborazione prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico
- Allegato 8. Rapporto tecnico indagine sismica

2.12.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per configurazioni superficiali semplici si considera la seguente classificazione riportata in Tabella 2.12.2-1.

TABELLA 2.12.2-1

CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

Nell'area di studio si è in presenza di categoria topografica **T1**.

2.12.3. PARAMETRI SISMICI DEFINITI IN BASE ALLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2008 (DM 14/01/2008)"

In base alla normativa tecnica per le costruzioni, si devono definire i parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito e della classe d'uso della costruzione. Inoltre, le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, realizzate, collaudate e soggette a manutenzione, in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme.

Ai fini della normativa di cui sopra 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:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

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

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

L'oggetto del presente studio prevede lo studio di vulnerabilità sismica dell'edificio ex-coo; questo tipo di intervento, rientra, come da indicazioni ricevute, in Classe d'uso IV, poiché può essere assimilato ad una *costruzione con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità*. [...]

Le azioni sismiche, per ogni costruzione, sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale V_N viene definita pari a 50 anni.

Il valore del coefficiente d'uso C_U , varia al variare della classe d'uso, così come riportato in tabella 2.12.3-1.

TABELLA 2.12.3-1

CLASSI D'USO E COEFFICIENTI D'USO C_U

| CLASSE D'USO | I | II | III | IV |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE C_U | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

L'area sulla quale insiste l'opera, rientra nella categoria di sottosuolo C; i coefficienti S_s (amplificazione stratigrafica) e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori F_0 e T^*c , mediante le espressioni riportate in tabella 2.12.3-2, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

TABELLA 2.12.3-2

COEFFICIENTI S_S E C_C

| Categoria sottosuolo | S_S | C_C |
|----------------------|--|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

Le condizioni topografiche vengono valutate in funzione dei valori S_T (amplificazione topografica) riportati in Tabella 2.12.3-3.

TABELLA 2.12.3-3

VALUTAZIONE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE SECONDO IL PARAMETRO S_T

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|--|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4 |

Ai fini del calcolo è stata scelta una vita nominale V_n di 50 anni, ed una classe d'uso IV, con coefficiente d'uso c_u di 2.0. Da questa elaborazione, si ottengono i valori dei parametri sismici a_g , F_0 e T_c^* , determinati in funzione del periodo di ritorno T_R ed associati ad uno stato limite SLV, categoria del sottosuolo C e categoria topografica T1.

2.12.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI

È importante in questa fase distinguere fra terreni di fondazione incoerenti e terreni coesivi, i quali rispondono alle sollecitazioni di taglio in modo diverso.

Per prevedere il comportamento del terreno sottoposto ad azione sismica nei terreni incoerenti, è fondamentale conoscere il parametro densità relativa (D_r); un terreno molto addensato ($D_r \geq 70\%$) infatti, sottoposto a sollecitazioni di taglio, tende ad aumentare di volume (**fenomeno della dilatanza**) fino a raggiungere l'indice dei vuoti critico, oltre al quale cessa l'aumento di volume stesso. La densità relativa (D_r) in corrispondenza di un aumento di volume diminuisce, come diminuisce l'angolo di resistenza al taglio (ϕ) legato direttamente ad essa.

Nei terreni di fondazione coesivi, nei quali la resistenza al taglio è espressa in condizioni drenate da un angolo di resistenza al taglio e da una coesione drenata e in condizioni non drenate, da una coesione non drenata, è dimostrato (Carroll, 1963) che l'azione sismica non produce variazioni negative nelle caratteristiche meccaniche.

Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali d'indagine, sono stati rilevati sedimenti coesivo-granulari e granulari saturi. Per tali terreni sono stati determinati valori di densità relativa media inferiori al 70%. Pertanto, in virtù delle caratteristiche dei terreni e delle densità individuate, in caso di sollecitazione sismica non è previsto l'insorgere del fenomeno della dilatanza. A tale proposito si sottolinea, come, in generale, tale fenomeno sia funzione anche della profondità alla quale si trova lo strato indagato: maggiore è la profondità dello strato, minore sarà la possibilità dell'insorgere del fenomeno.

Per quanto riguarda il fenomeno della **liquefazione**, definito come la diminuzione della resistenza al taglio e/o di rigidità, causata dall'aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo granulare durante una sollecitazione sismica, la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla, se si riscontra almeno una delle condizioni riportate di seguito. È sufficiente che solo uno di questi criteri sia soddisfatto per poter omettere ogni ulteriore tipo di verifica (Regione Emilia Romagna - atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica").

| | | |
|--|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|--|---|

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field (cioè in assenza di carichi superficiali, edifici o altro) minore di 0.1g;
3. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine FC, superiore al 20%, con indice di plasticità IP > 10 %;
 - FC ≥ 35% e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - FC ≤ 5% e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N$$

in cui il coefficiente C_N è ricavabile dall'espressione

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.5}$$

essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la pressione efficace verticale.

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 2.12.4.5-1 (a), nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 2.12.4.5-1 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$;

5. profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna, in presenza di topografia orizzontale e di strutture con fondazioni superficiali. Qualora si fosse in presenza di fondazioni profonde e/o su pendio inclinato, questo criterio non sarebbe più applicabile e la verifica alla liquefazione dovrebbe essere eseguita anche per profondità della falda inferiori a mt 15.00 da p.c. Tuttavia è da tener presente che oltre i mt 20 di profondità, la probabilità che un livello sciolto possa subire liquefazione, diventa estremamente bassa.

Da evidenziare come, per il punto 4, sia chiaramente necessario prelevare un campione di sabbia da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Quando nessuna delle condizioni prima descritte risulta soddisfatta, è necessario procedere alla valutazione di un coefficiente di sicurezza alla liquefazione, alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

I punti sopra elencati vengono esplicitati nei paragrafi successivi; in termini di fattori scatenanti il sisma quali magnitudo, accelerazione, a_g e fattori predisponenti quali profondità della falda, granulometria, ecc., ecc.

2.12.4.1. Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma

La definizione della magnitudo attesa, utilizzata di seguito per le valutazioni sulla liquefazione, farà riferimento, alla massima magnitudo attesa relativa alla zona sismogenetica di riferimento (912) che risulta pari a M=6.14. Tale assunzione viene infatti suggerita dalla determinazione della Regione Emilia Romagna n. 1105 del 03/02/2014 ragionando in termini di cautela.

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|---|--|---|

2.12.4.2. Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Il parametro dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie (a_{gmax}) è riferito alla condizione *free-field*, cioè in assenza di carichi superficiali, edifici o altro. Il valore di soglia, indicato dalla normativa, è di 0.10 g. Questo significa che se l'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie indotta dal sisma si colloca sotto questo limite è possibile omettere la verifica alla liquefazione.

Il parametro a_{gmax} si ricava direttamente dalla caratterizzazione sismica del sito, secondo le indicazioni del DM 14/01/2008, attraverso la relazione:

$$a_{gmax} = a_g S_s S_t$$

La grandezza a_g è l'accelerazione sismica orizzontale riferita al sito rigido, ricavabile dall'appendice B del DM 14/01/2008 in funzione delle coordinate geografiche del sito, e S_s e S_t sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.

Il valore di soglia introdotto nel DM 14/01/2008 non coincide con quello suggerito nell'Eurocodice 8, dove il limite viene posto a 0.15 g. Questa differenza nasce da un adattamento dell'Eurocodice 8 al contesto italiano. Anche se a livello mondiale sono noti casi di liquefazione avvenuti in corrispondenza di valori di a_{gmax} minori di 0.10, si ritiene che in Italia ciò sia molto improbabile. Per poter produrre fenomeni di liquefazione, eventi sismici che generano in superficie valori di accelerazione così bassi, devono essere caratterizzati da una durata insolitamente lunga. Cioè devono essere in grado di produrre un numero sufficientemente alto di cicli di carico per consentire, ai relativamente ridotti valori di Δu , di poter uguagliare, sommandosi, la pressione litostatica efficace agente.

Nel caso specifico, si valuta l'accelerazione massima orizzontale in base agli abachi dell'Atto di Indirizzo 112/2007 della Regione Emilia Romagna, considerando il valore di accelerazione massima previsto per il Comune di Ferrara amplificato con il fattore di amplificazione PGA previsto per la PIANURA 2 con $v < 200$ m/s. ($a_{gmax} = a_{refg} \times F.A. P.G.A. = 0,132 \times 1,5 = \mathbf{0,198 g}$).

Una seconda valutazione che si rende necessaria, è la determinazione dell'accelerazione massima orizzontale riferita al suolo rigido e dei parametri sismici, in base alle indicazioni fornite dalle NTC08. In questo caso, per il calcolo dei parametri sismici, è stato utilizzato il programma di calcolo, Spettri-NTC, ver.1.0.3, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

In figura 2.12.4.2-1 è rappresentata l'individuazione del sito di riferimento, in basso a sinistra la visualizzazione dei quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso. La modalità di interpolazione scelta dei dati forniti per ciascuno di tali nodi, è la superficie rigata.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

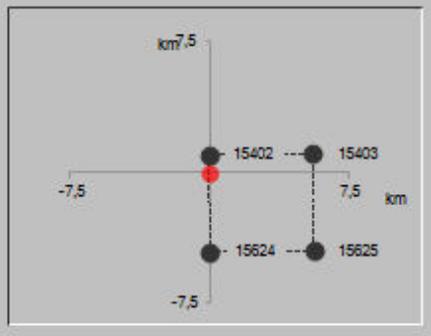
Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 2.12.4.2-1

Finestra di lavoro relativa alla FASE 1.

In allegato 13 si riportano i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1 (zona sismica di Categoria S1 – OPCM2003); in allegato 10 si riportano i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_o e T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_r ed in allegato 9 è inserita una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_o e T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1.

In figura 2.12.4.2-2 si descrive la considerazione dei dati specifici relativi all'edificio in oggetto.

In questo caso, come sopra riportato, si ipotizza di dover effettuare uno studio di vulnerabilità di un edificio con vita nominale V_n pari a 50 anni ed appartenente alla classe d'uso IV, a cui corrisponde un coefficiente $C_u = 2.0$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r , che risulta in questo caso pari a 100 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limiti previsti dalle NTC08. I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati (Allegati 14, 12 e 11).



Figura 2.12.4.2-2

Finestra di lavoro relativa alla FASE 2

In figura 2.12.4.2-3 è raffigurata la determinazione dell'azione di progetto corrispondente a ciascuno Stato Limite.

Nello specifico si suppone di voler determinare l'azione di progetto per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e di avere: un sottosuolo di categoria C, una zona topografica di categoria T1 e infine una quota del sito della costruzione pari all'altezza del rilievo topografico (e pertanto $h/H = 0$).

Inseriti questi dati vengono forniti i valori dei coefficienti SS, CC e ST necessari per la determinazione dello spettro.

In questo caso, trattandosi dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), si seleziona l'opzione relativa allo spettro di progetto inelastico. Non avendo ricevuto informazioni dal tecnico strutturista si ipotizzano i parametri di q e q_0 e cautelativamente si assegna la non regolarità della struttura in altezza.

Si riportano infine negli allegati 15, 16 e 17, il grafico relativo agli spettri per lo stato limite considerato e le tabelle con i parametri corrispondenti.

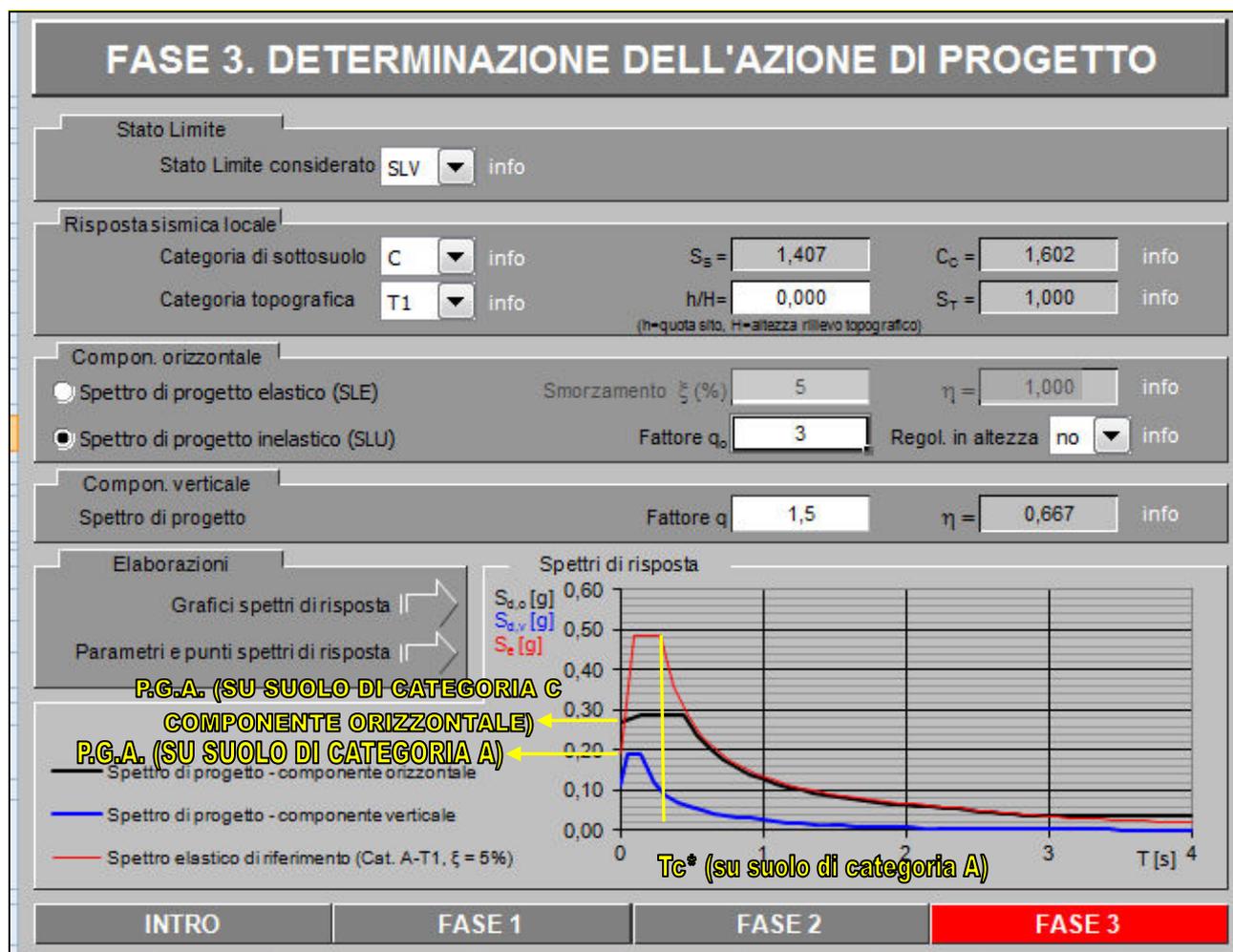


Figura 2.12.4.2-3
Spettri-NTC

In virtù di quanto sopra riportato e della definizione della accelerazione massima attesa in superficie (a_{gmax}), nonché del calcolo dei fattori di amplificazione S_s e S_t , nel caso specifico $S_s = 1.407$, per lo stato limite SLU-SLV ($a_g = 0.192g$) e $S_t = 1$, si definisce l'accelerazione massima orizzontale attesa al sito (a_{max}) per SLU-SLV pari a **0.27 g**.

Applicando questo criterio si conclude che l'accelerazione massima attesa è nettamente superiore a quanto determinabile con l'Atto di Indirizzo nr. 112 del 2007. Per tale motivo per le elaborazioni seguenti si farà riferimento al valore più cautelativo. Inoltre, in entrambi i casi la verifica non è soddisfatta, in quanto i valori sono superiori a 0.10 g, quindi è necessario procedere ad ulteriori verifiche ed elaborazioni relativamente al rischio di liquefazione.

A commento di quanto precedentemente determinato per mezzo del software distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, va segnalato come lo spettro di risposta che risulta sia uno spettro di ampiezza corrispondente allo spettro teorico del terremoto a cui riferirsi. È la forma standardizzata dello spettro dei terremoti. La forma di questo spettro dipende dallo smorzamento ξ (5%), ma così creato è la convoluzione di tutte le incertezze e quindi come tale si riferisce ad un sisma teorico.

| | | |
|--|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|--|---|

Supporti Grafici:

- Allegati 9-12. Valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c
- Allegati 13-17. Spettri di risposta e parametri SLV

2.12.4.3. Fattori predisponenti: Profondità della falda

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Quando le sopraccitate condizioni non risultano soddisfatte, diventa necessario eseguire una prima valutazione geotecnica di tipo qualitativo e semi quantitativo sui terreni presenti nel sito indagato.

Il primo parametro da individuare è la posizione della falda rispetto al piano campagna. Se la profondità media stagionale del livello di falda è superiore a mt 15, in presenza di topografia orizzontale e di strutture con fondazioni superficiali, la verifica alla liquefazione può essere omessa. Questo limite coincide con quello indicato nell'Eurocodice 8. Si ammette quindi l'improbabilità che strutture con fondazioni superficiali in presenza di topografia suborizzontale, possano risentire degli effetti della liquefazione in livelli posti oltre i mt 15 di profondità.

Il DM 14/01/2008 parla di misura riferita al valore medio stagionale. Nell'Eurocodice 8 invece si fa riferimento alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell'opera. Nel primo caso si tratta di eseguire una valutazione sulla base di dati storici, nel secondo di fare una previsione a lungo termine, con i problemi che ciò comporta. Qualora non fossero disponibili misure precise del livello di falda, è possibile effettuare una valutazione approssimativa attraverso una stima di massima dell'oscillazione del livello.

Nel caso specifico la falda risulta comunque a profondità inferiori a mt 15.00 da p.c., nettamente più prossima al piano campagna, come definito nel capitolo dedicato.

2.12.4.4. Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Vengono prese come riferimento le prove penetrometriche dinamiche e statiche. Nel caso di terreni costituiti da sabbie pulite, cioè con frazione fine trascurabile, la verifica alla liquefazione si può omettere quando la resistenza penetrometrica normalizzata è superiore a uno dei seguenti limiti:

- $(N_1)_{60} > 30$ nel caso di prove penetrometriche dinamiche;
- $q_{c1N} > 180$ nel caso di prove penetrometriche statiche.

Il parametro $(N_1)_{60}$ rappresenta il valore di N_{SPT} riferito a un'efficienza di infissione del 60%, efficienza considerata standard per le prove eseguite in foro di sondaggio, e normalizzata per una pressione verticale efficace di 100 KPa. Si ottiene quindi dalla relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} (100/\sigma'_v)^{0.5}$$

in cui σ'_v è la pressione litostatica efficace, espressa in KPa, alla profondità di misura.

Utilizzando i dati di una prova dinamica continua questi, ovviamente, dovranno prima essere convertiti in valori di N_{SPT} equivalenti.

La grandezza q_{c1N} , in modo analogo, indica il valore di resistenza alla punta q_c del penetrometro statico normalizzata alla pressione di riferimento di 100 KPa:

$$q_{c1N} = (q_c / 0.1) (100/\sigma'_v)^{0.5}$$

dove q_c è espresso in MPa e σ'_v in KPa.

| | | |
|--|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|--|---|

Per quanto riguarda gli orizzonti coesivo-granulari, il DM 14/01/2008 non fornisce indicazioni relativamente al caso di sabbie con una frazione fine, limo-argillosa, significativa. È possibile in questi casi fare riferimento alle indicazioni dell'Eurocodice 8.

L'Eurocodice 8 al criterio di esclusione per le sabbie pulite ne aggiunge altri 2. La verifica alla liquefazione potrà quindi essere omessa quando:

- la sabbia abbia un contenuto di argilla superiore al 20%, con un indice plastico $IP > 10\%$;
- la sabbia abbia un contenuto in limo superiore al 35% e, contemporaneamente, possieda una resistenza penetrometrica normalizzata superiore a 20, cioè $(N_1)_{60} > 20$; non si fa riferimento alle prove statiche ma è ragionevole utilizzare un valore di q_{c1N} ridotto a $2/3$ rispetto a quello indicato per le sabbie pulite, e quindi $q_{c1N} > 120$.

Ne consegue che per l'Eurocodice 8 sono da considerare sabbie pulite quelle in cui il contenuto in argilla sia inferiore al 20% e quello in limo al 35%. Si possono avere situazioni intermedie, con miscele di limo e argilla in varie proporzioni; inoltre la verifica delle condizioni dell'Eurocodice 8 comporta la necessità di eseguire analisi granulometriche su tutti i livelli sabbiosi saturi.

Quando la componente fine risulta abbondante, si opera come segue:

- se l'indice plastico è superiore a 10 (Eurocodice 8) o a 12 (Bray e Sancio) la verifica alla liquefazione può essere omessa;
- in caso contrario la decisione andrà presa sulla base di $(N_1)_{60}$ o di q_{c1N} .

Nel caso specifico non sono state effettuate le valutazioni speditive di cui sopra in quanto, come si vedrà più avanti, si è ritenuto opportuno procedere comunque alla verifica alla liquefazione tramite analisi dell'intera colonna stratigrafica delle SCPTU e CPTU, considerato quanto accaduto nell'ultimo evento sismico.

2.12.4.5. Fattori predisponenti: Composizione granulometrica

(da "La liquefazione dei terreni" di Aldo di Bernardo)

Facendo riferimento ai classici schemi di Tsuchida (1970), incorporati in numerose normative nazionali e procedure di valutazione del rischio, vengono definiti due fusi granulometrici corrispondenti a depositi con diverso valore del coefficiente di uniformità.

Si ricorda che per coefficiente di uniformità si intende il rapporto:

$$U = d_{60} / d_{10}$$

in cui d_{60} e d_{10} sono, rispettivamente, i diametri corrispondenti al 10% e al 60% del peso del campione letti sulla curva granulometrica.

Secondo il DM 14/01/2008, che riprende le indicazioni dell'Eurocodice 8, si può omettere la verifica alla liquefazione, quando la curva granulometrica del terreno risulta esterna alle zone indicate.

A livello operativo l'applicazione di questo criterio implica l'esecuzione di un sondaggio con prelievo di campioni di sabbia satura a diverse profondità, con le difficoltà che questo comporta.

Interpretativamente è necessario che un profilo ricada completamente nei limiti indicati per poter essere indicato liquefacibile.

Nel caso specifico, viste le stratigrafie rilevate, non è stato, in questa fase, previsto il prelievo di campioni di terreno con relative granulometrie.

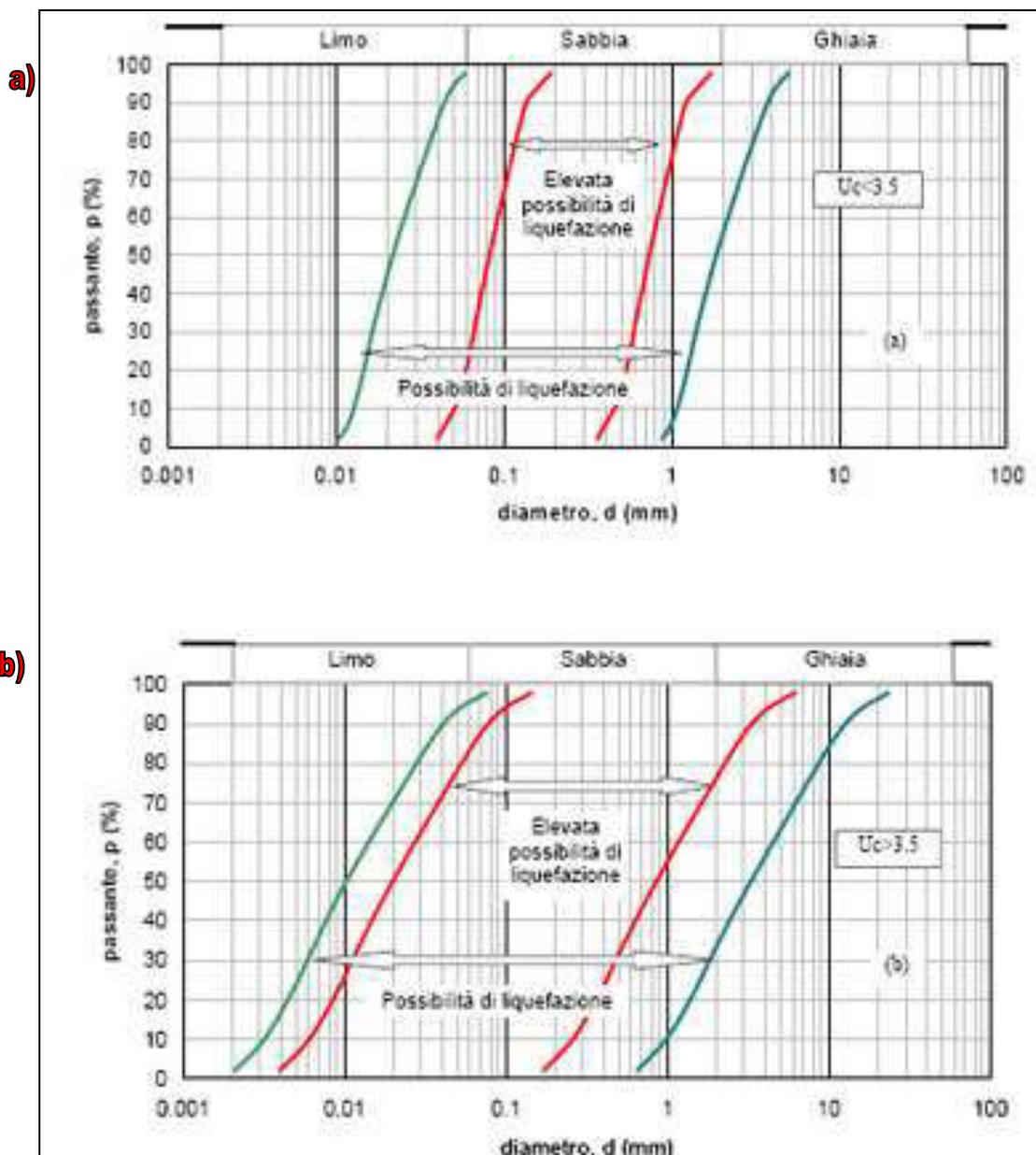


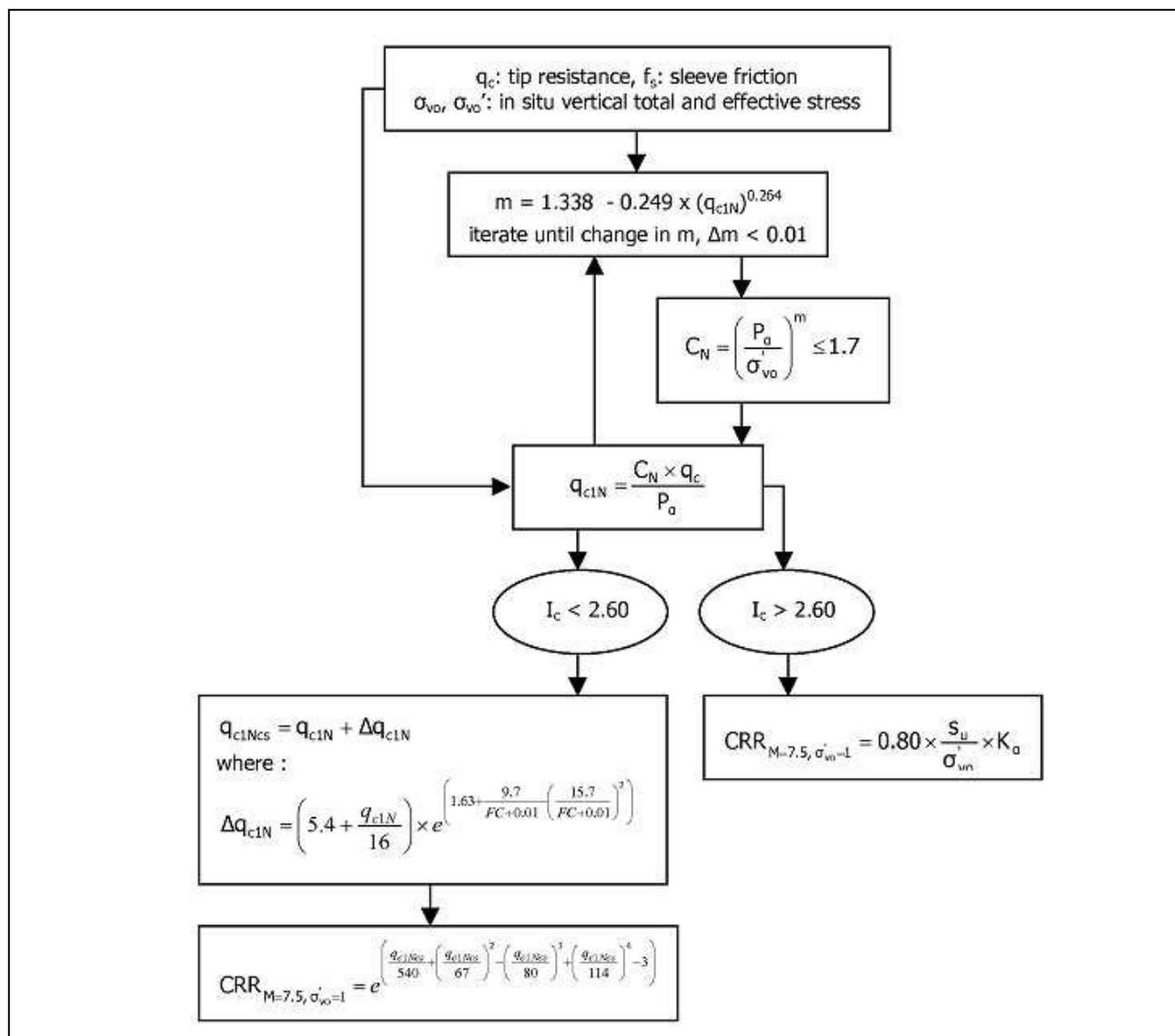
Figura 2.12.4.5-1
Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

2.12.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO

Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali di indagine, sono stati individuati livelli coesivo-granulari e granulari saturi, considerando un livello della falda pari a mt. 2.70/3.20 da piano campagna. Visti gli spessori, le caratteristiche e le profondità a cui si trovano, nella presente sono state effettuate le seguenti verifiche in caso di evento sismico.

Nello specifico, è stata valutata la **suscettibilità alla liquefazione** applicando un criterio indiretto corrispondente al metodo di Idriss & Boulanger (2008) come suggerito dalla determinazione n° 1105 del 03/02/2014 della Regione Emilia Romagna.

Questo metodo utilizza le seguenti correlazioni:



In base alla deliberazione dell'assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2 maggio 2007, è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione quando $FL < 1$. La circolare del C.S.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009, demanda invece al progettista la decisione in merito alla scelta del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione. Per quanto riguarda infine l'OPCM 3274 del 20 marzo 2003, un terreno deve essere considerato suscettibile a liquefazione, allorché lo sforzo di taglio generato dal terremoto a una data profondità, supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato la liquefazione durante terremoti passati alla medesima profondità; il livello di sforzo di taglio implica un fattore di sicurezza pari a 1.25.

Viste le tipologie di indagine eseguite e le peculiarità delle valutazioni introdotte dall'OPCM 3274, si ritiene corretto nella presente definire che un deposito non è suscettibile a liquefazione quando $FL > 1$ in linea con quanto riportato nel DAL 112/2007 della Regione Emilia Romagna.

Il calcolo dell'Indice del potenziale di Liquefazione (LPI), invece, viene utilizzato per interpretare il calcolo della valutazione in termini di gravità del fenomeno liquefazione sulla profondità.

La procedura di calcolo si basa sul metodo elaborato da Iwasaki (1982).

Per valutare la gravità di liquefazione misurata in un dato sito, LPI è calcolato sulla base della seguente equazione:

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0,5z) \times F_L \times d_z$$

Dove:

$FL = 1 - F.S.$ quando F.S. è minore di 1

$FL = 0$ quando F.S. è maggiore di 1

z è la profondità misurata in metri

Iwasaki propose 4 categorie basate sul valore numerico di LPI:

- $LPI = 0$: il rischio di liquefazione è molto basso
- $0 < LPI \leq 5$: il rischio di liquefazione è basso
- $5 < LPI \leq 15$: il rischio di liquefazione è alto
- $LPI > 15$: il rischio di liquefazione è molto alto

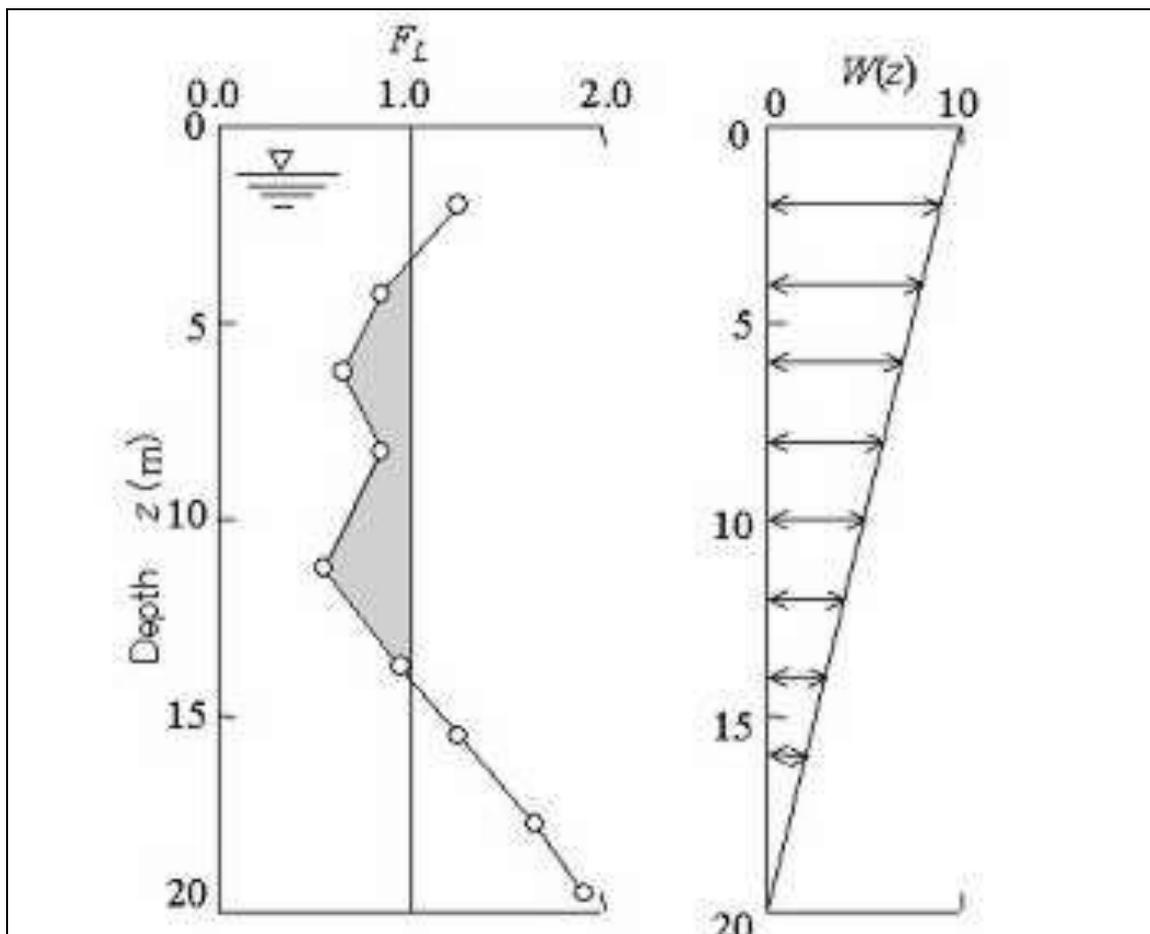


Figura 2.12.5-1

Rappresentazione grafica della procedura di calcolo di LPI

Come detto, un deposito sabbioso risulta quindi suscettibile a liquefazione quando $F_s < 1$.

Utilizzando il software CLiq v.1.7.6.34 è stato determinato il fattore F_s applicando il metodo di Idriss & Boulanger (2008) individuando quindi gli spessori caratterizzati da $F_s < 1$, di seguito riportati.

TABELLA 2.12.5-1

SCPTU1 – STRATI CON $F_s < 1$

| SCPTU1 | PROFONDITÀ | SPESSORE |
|--------|---------------|----------|
| | 9.94 – 10.00 | 0.06 |
| | 10.08 – 11.96 | 1.88 |
| | 12.28 – 12.36 | 0.08 |
| | 12.40 – 12.42 | 0.02 |

A miglior comprensione si riportano le elaborazioni stratigrafiche del software che valuta la liquefazione in base alle stratigrafie elaborate inizialmente con il metodo di Robertson 1986 e successivamente con il metodo di Robertson 1990 sui parametri normalizzati. Il grafico di Robertson 1990 è presentato in termini di resistenza alla punta corretta q_c ; esso può essere utilizzato ugualmente con la

resistenza alla punta non corretta, q_c , finchè la differenza fra q_t e q_c è piccola, tranne nei terreni soffici a grana fine.

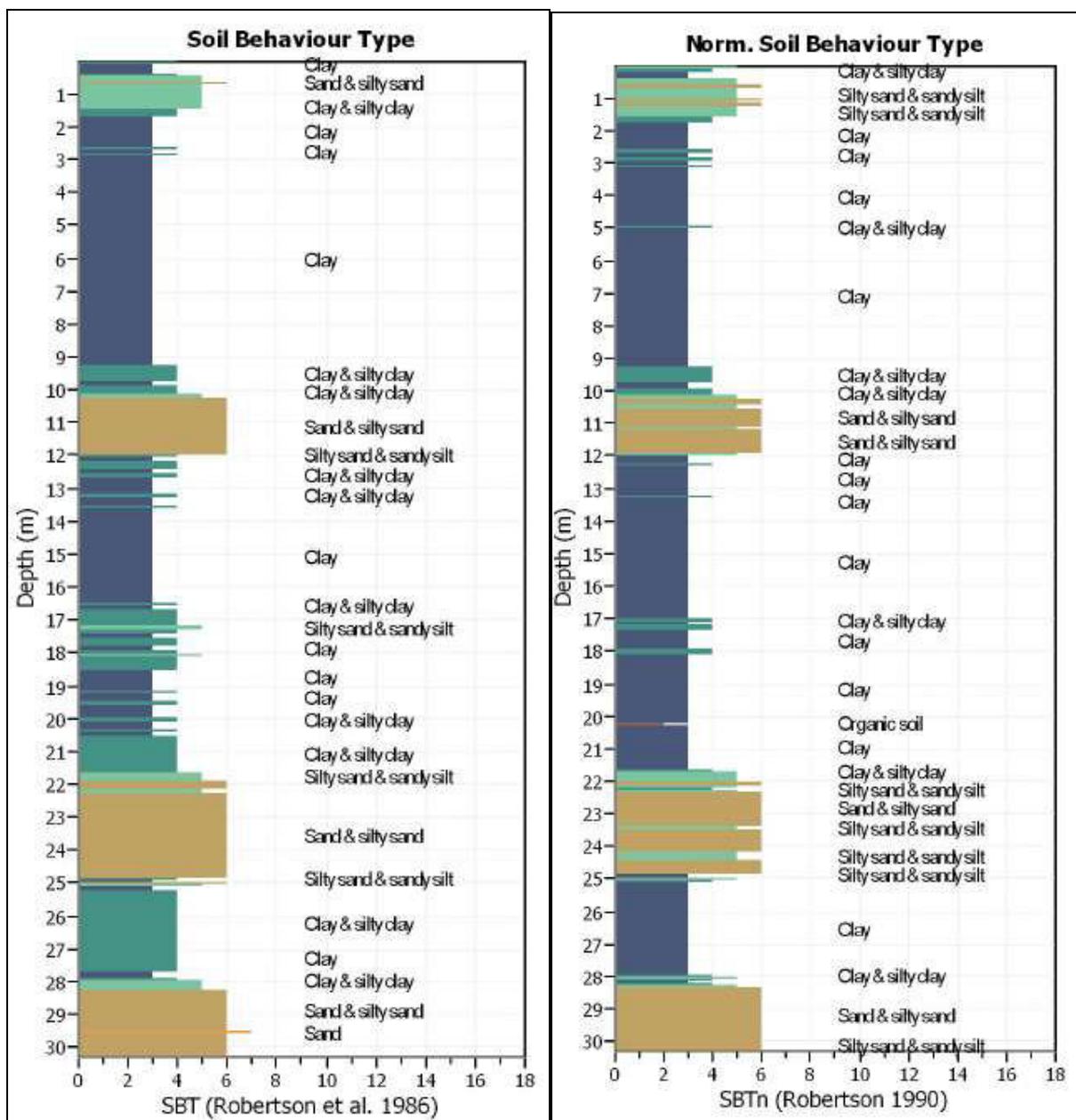


Figura 2.12.5-2

SCPTU1 – Tipo di comportamento del terreno in base a Robertson 1986 a sinistra e normalizzato in base a Robertson 1990 a destra

Per completezza si riportano di seguito i grafici esplicativi delle valutazioni di cui sopra.

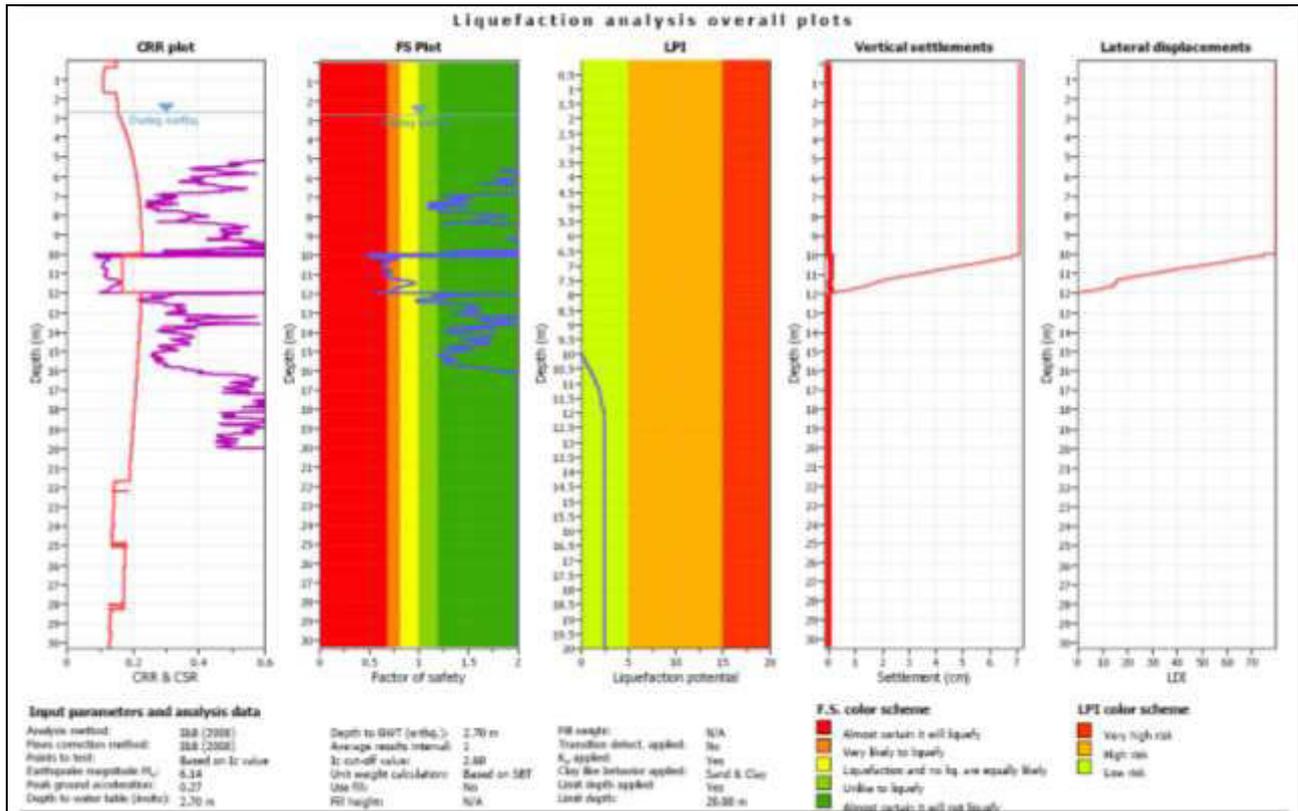


Figura 2.12.5-3
SCPTU1 - Grafici riepilogativi analisi liquefazione

TABELLA 2.12.5-2
CPTU2 – STRATI CON FS<1

| CPTU2 | PROFONDITÀ | SPESSORE |
|-------|---------------|-------------|
| | | 4.64 – 4.84 |
| | 4.88 – 5.16 | 0.28 |
| | 5.44 – 5.66 | 0.22 |
| | 5.76 – 5.88 | 0.12 |
| | 9.10 – 9.16 | 0.06 |
| | 9.70 – 10.02 | 0.32 |
| | 10.30 – 10.42 | 0.12 |
| | 12.08 – 12.36 | 0.28 |
| | 16.52 – 16.62 | 0.10 |
| | 17.10 – 17.24 | 0.14 |
| | 17.76 – 17.88 | 0.12 |
| | 17.92 – 17.96 | 0.04 |
| | 18.88 – 18.98 | 0.10 |
| | 19.18 – 19.20 | 0.02 |
| | 19.24 – 19.26 | 0.02 |

A miglior comprensione si riportano le elaborazioni stratigrafiche del software.

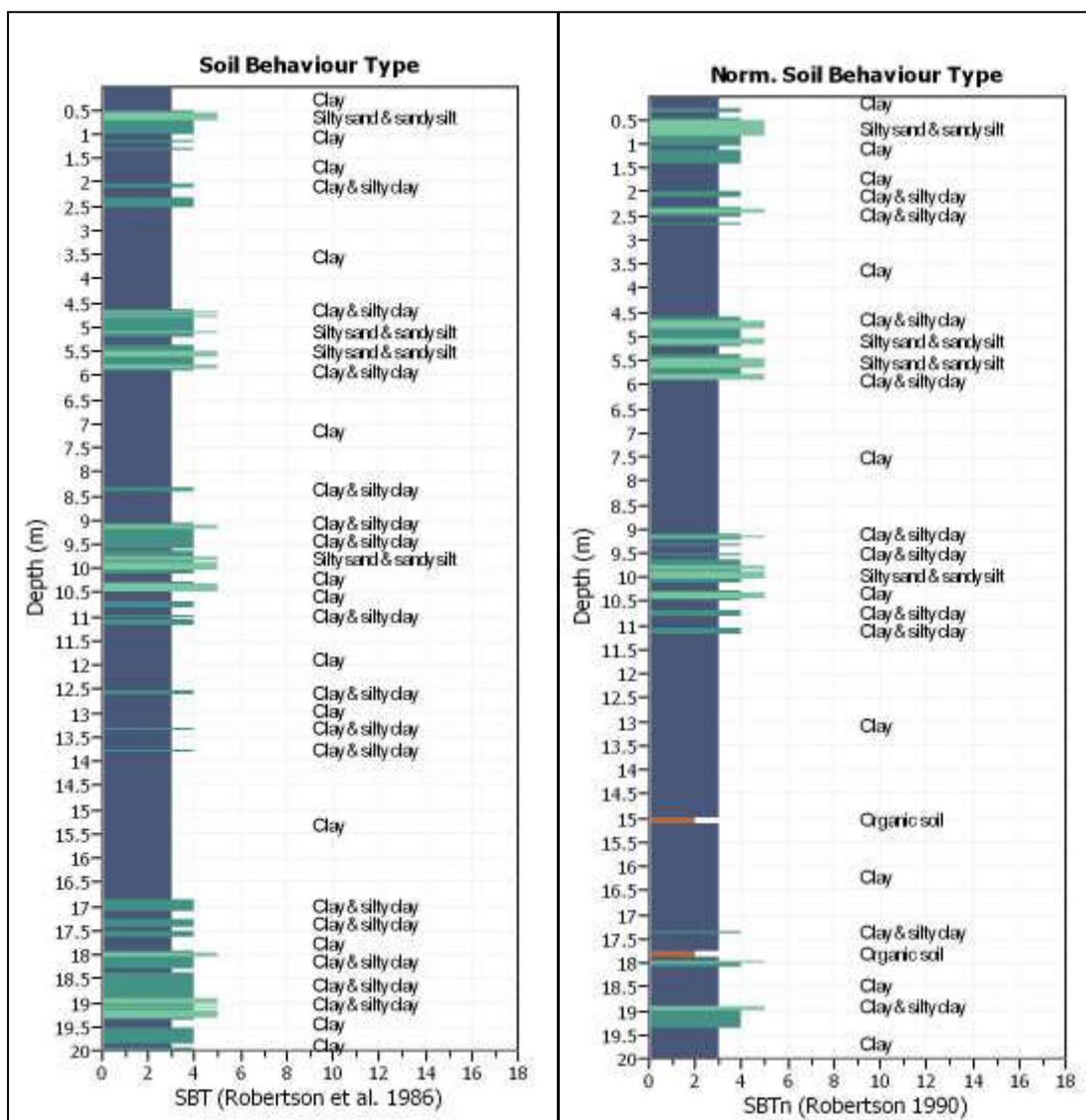


Figura 2.12.5-4

CPTU2 – Tipo di comportamento del terreno in base a Robertson 1986 a sinistra e normalizzato in base a Robertson 1990 a destra

Per completezza si riportano di seguito i grafici esplicativi delle valutazioni di cui sopra.

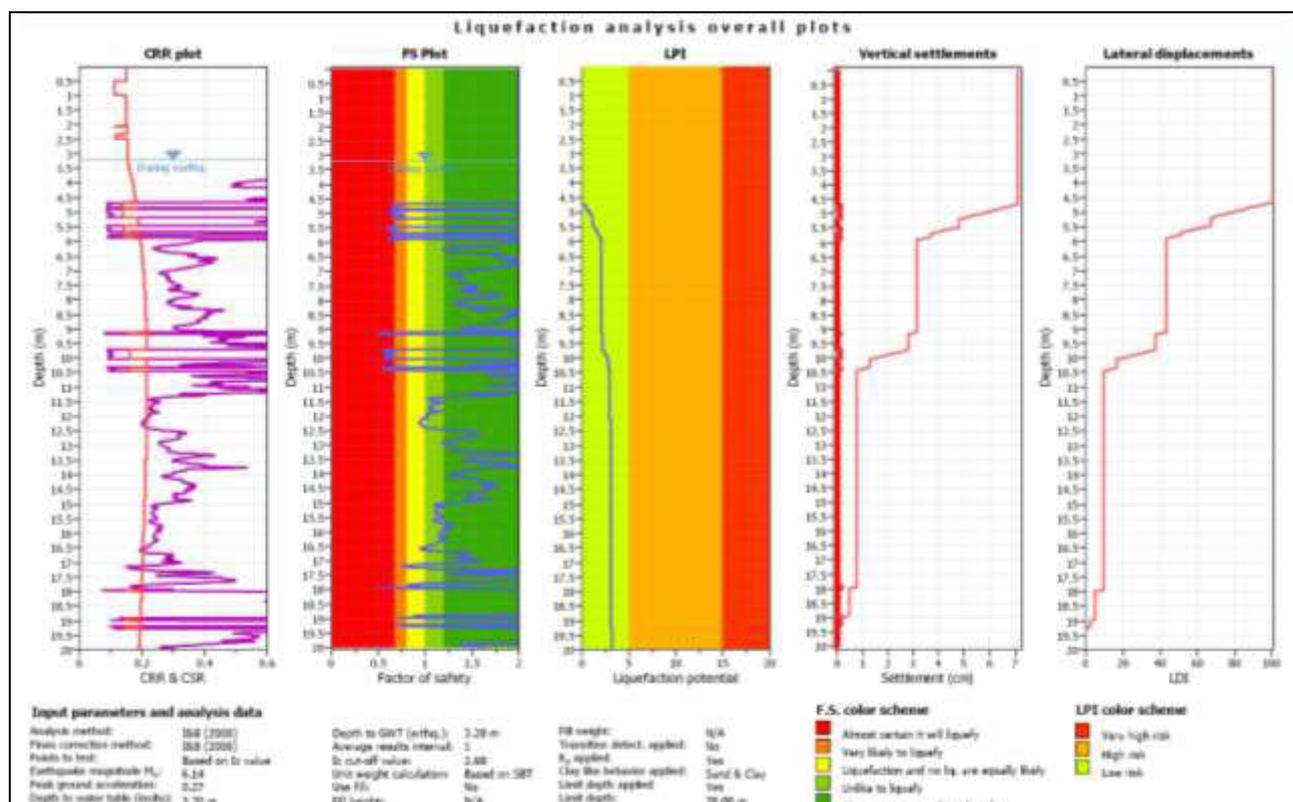


Figura 2.12.5-5
CPTU2 - Grafici riepilogativi analisi liquefazione

Per stimare il grado di severità globale dovuta alla liquefazione del deposito, utilizzando lo stesso software CLiq v.1.7.6.34 è stato determinato, inoltre, l'Indice del Potenziale di Liquefazione in base a diversi autori considerando una magnitudo pari a 6.14, una P.G.A = 0.27. Il livello della falda è stato mantenuto invariato nell'ipotesi dell'avvenimento del sisma, in base alla litologia prevalentemente coesiva riscontrata in superficie; non sono infatti disponibili studi relativi alla variazione del livello della falda specifici.

Nella figura seguente sono riportati i grafici di elaborazione dai quali emerge che, in corrispondenza della verticale SCPTU1, l'Indice del Potenziale di liquefazione, a seconda dell'autore è compreso fra circa 2.2 e 4.0, mentre in corrispondenza della verticale CPTU2, l'Indice del Potenziale di liquefazione, a seconda dell'autore è compreso fra circa 1.8 e 4.2.

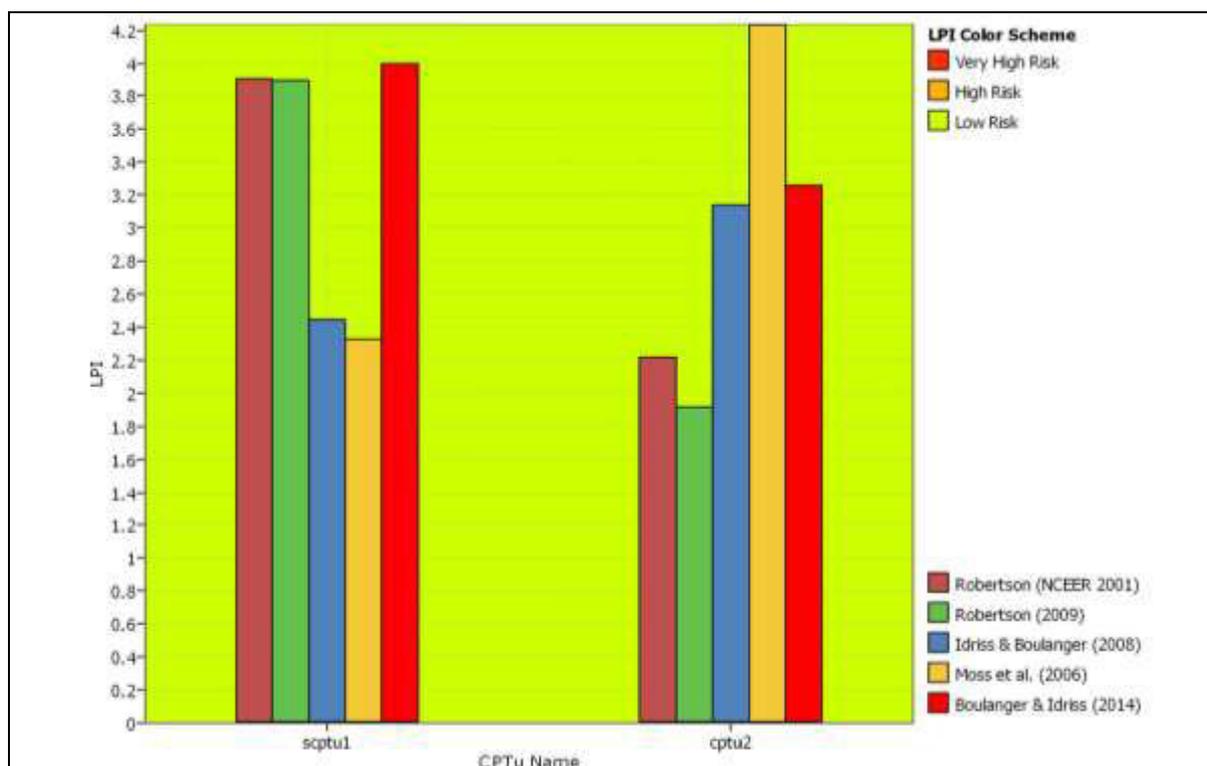


Figura 2.12.5-6
Istogrammi con calcolo valori LPI

In base al metodo di Idriss e Boulanger (2008), suggerito dalla determinazione n° 1105 del 03/02/2014 della Regione Emilia Romagna, l'Indice del Potenziale di Liquefazione assume il seguente valore esatto:

SCPTU1 = 2.449
 CPTU2 = 3.143

In base all'indice di potenziale liquefazione il sito si definisce a rischio basso in corrispondenza delle prove.

Dal grafico riportato in figura 2.12.2-10 si evince che il valore dell'Indice di Potenziale liquefazione rimane al di sotto della soglia pari a 5 (rischio basso/alto) fino ad un valore di PGA maggiore di 0.30g.

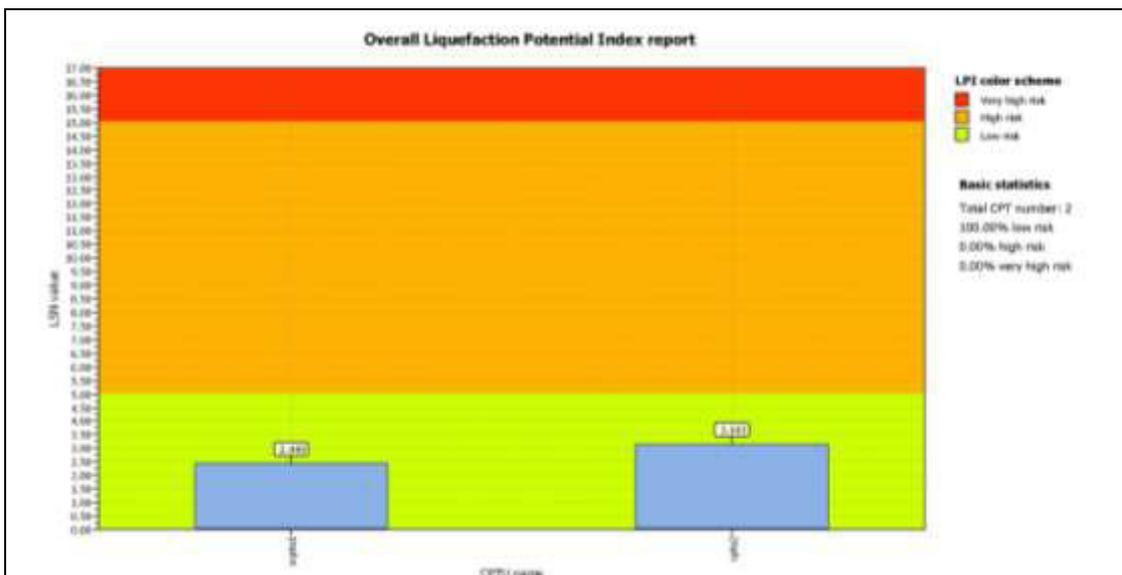


Figura 2.12.5-7
 Isogrammi LPI – Idriss & Boulanger 2008

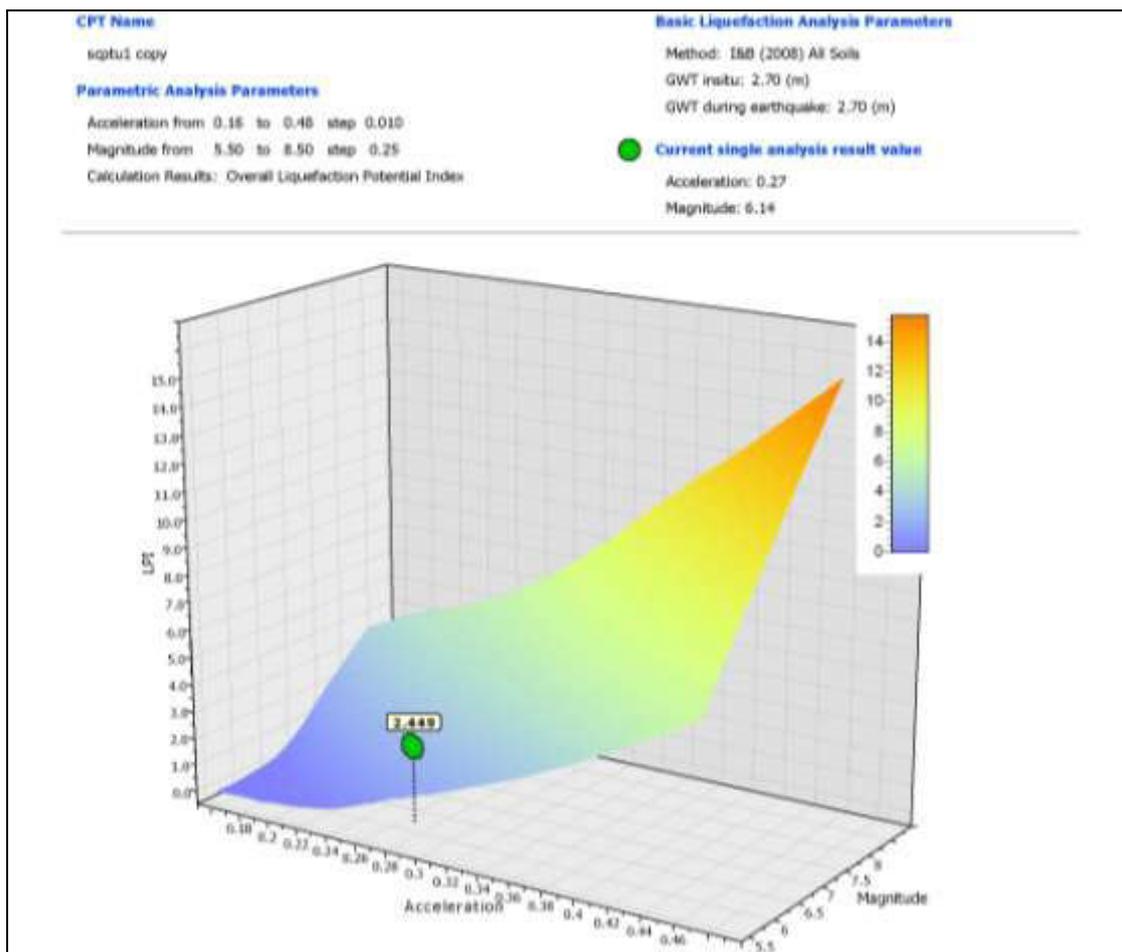


Figura 2.12.5-8
 SCPTU1: Grafico LPI – Accelerazione – Magnitudo

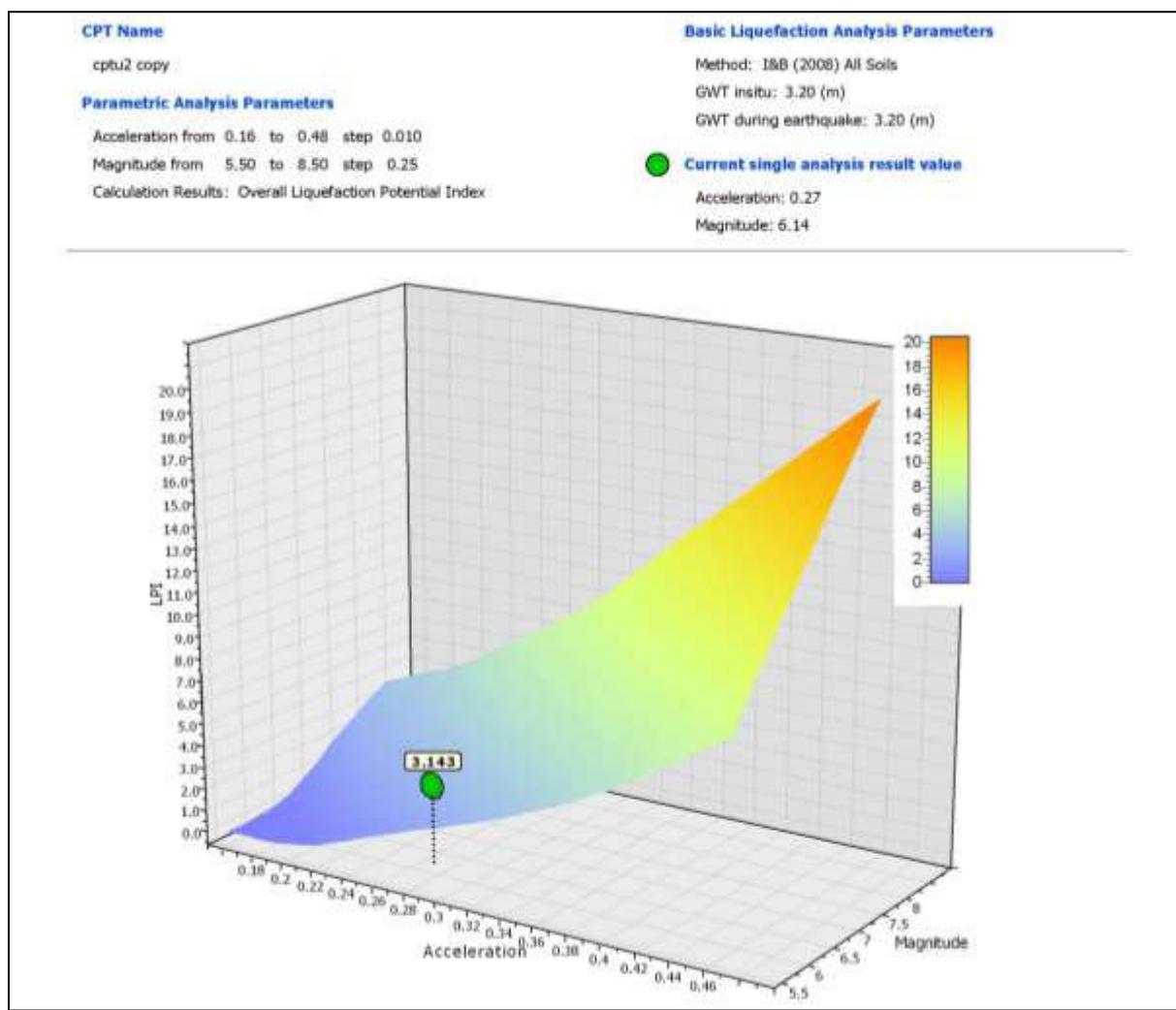


Figura 2.12.5-9
CPTU2: Grafico LPI – Accelerazione – Magnitudo

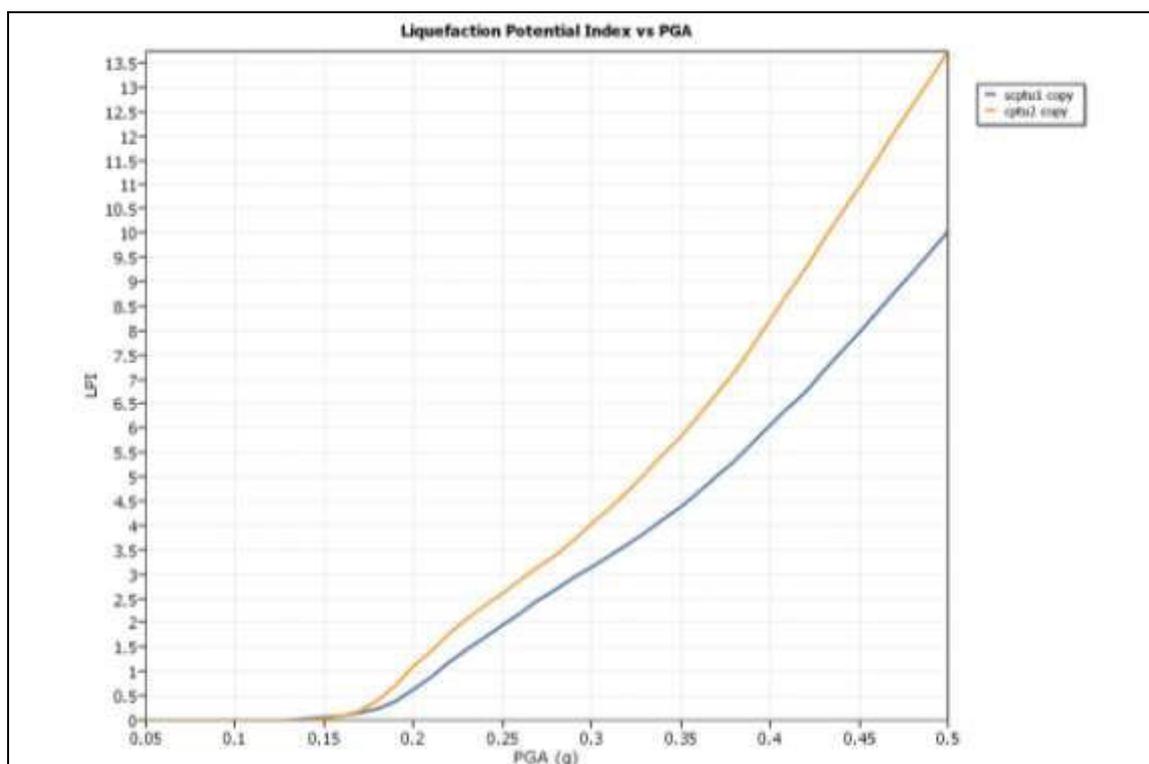


Figura 2.12.5-10

Indici di potenziale liquefazione a confronto con aumento della PGA

E' stata anche determinata la probabilità di liquefazione in base a diversi autori. Nella figura seguente sono riportati gli istogrammi dai quali emerge che, in corrispondenza della verticale SCPTU1, la probabilità di innesco del fenomeno, a seconda dell'autore, varia da circa 7% a circa 10% e in corrispondenza della verticale CPTU2, la probabilità di innesco del fenomeno, a seconda dell'autore, varia da circa 6.5% a circa 10.5%, ovvero la probabilità è bassa.

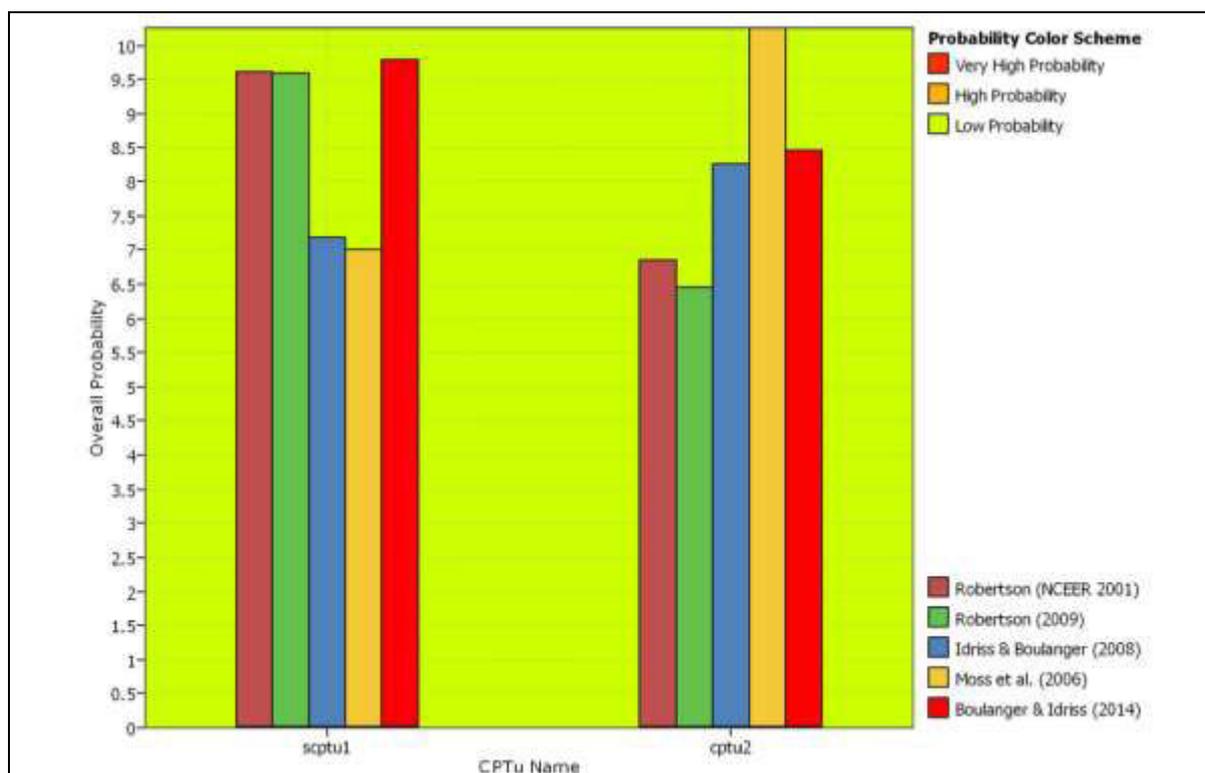


Figura 2.12.5-11
Grafico Probabilità innesco

Per quanto riguarda i cedimenti verticali post-sismici, le valutazioni effettuate hanno permesso di determinare la variabilità dei cedimenti post sismici a seconda dell'autore. Tali cedimenti variano da circa cm 6.5 a circa cm 9.5, in corrispondenza della prova SCPTU1 e da circa cm 4.5 a circa cm 8.5, in corrispondenza della prova CPTU2. Nello specifico, secondo Idriss & Boulanger, il valore del cedimento post sismico è pari a cm 7.095 in corrispondenza della prova SCPTU1 e a cm 7.113 in corrispondenza della prova CPTU2.

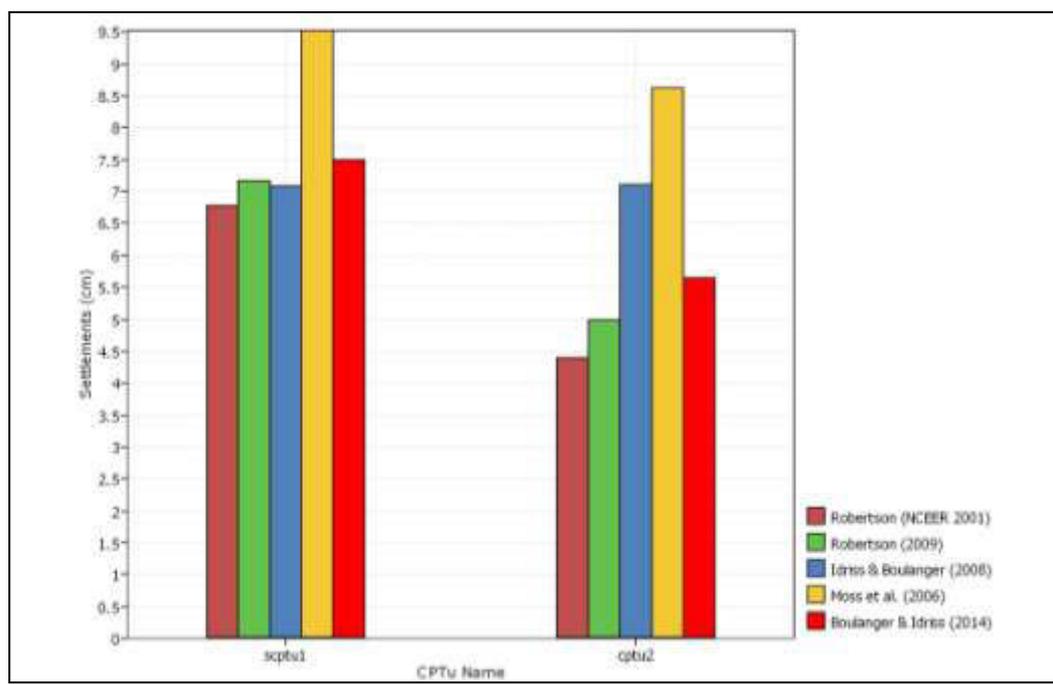


Figura 2.12.5-12
 Istogramma con calcolo valori cedimenti in funzione della correlazione utilizzata

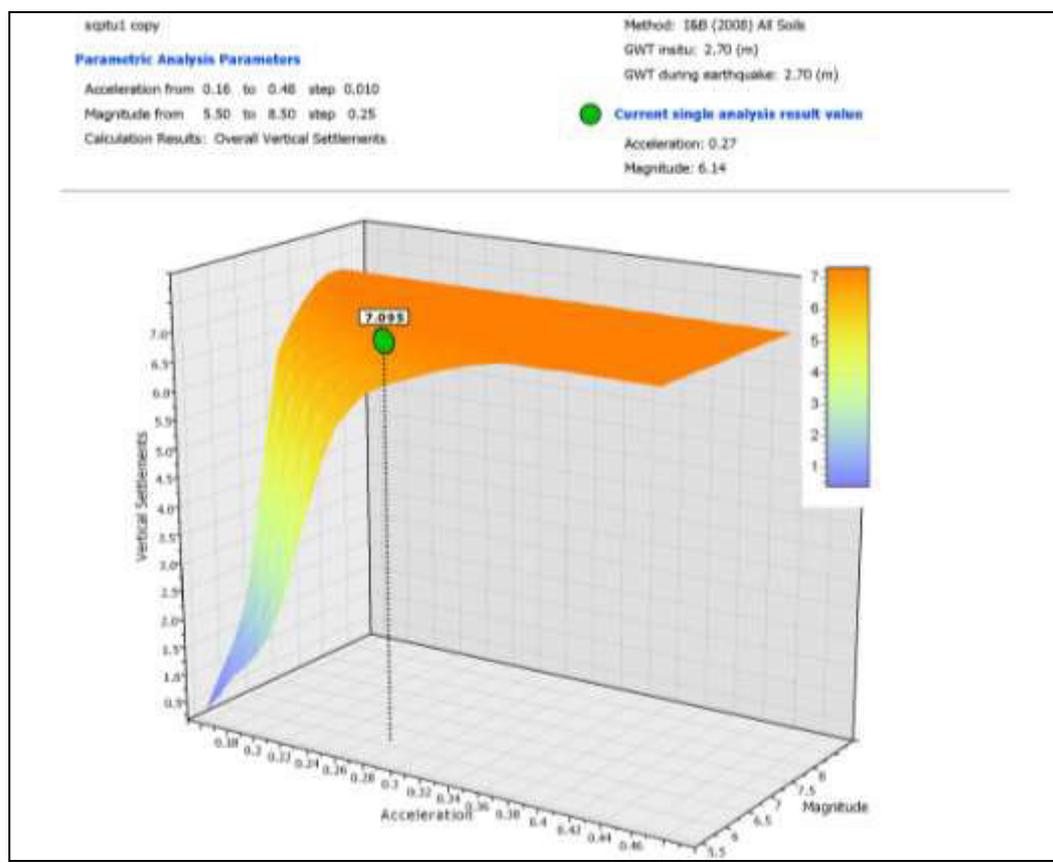


Figura 2.12.5-13
 SCPTU1: Grafico Cedimento verticale – Accelerazione – Magnitudo

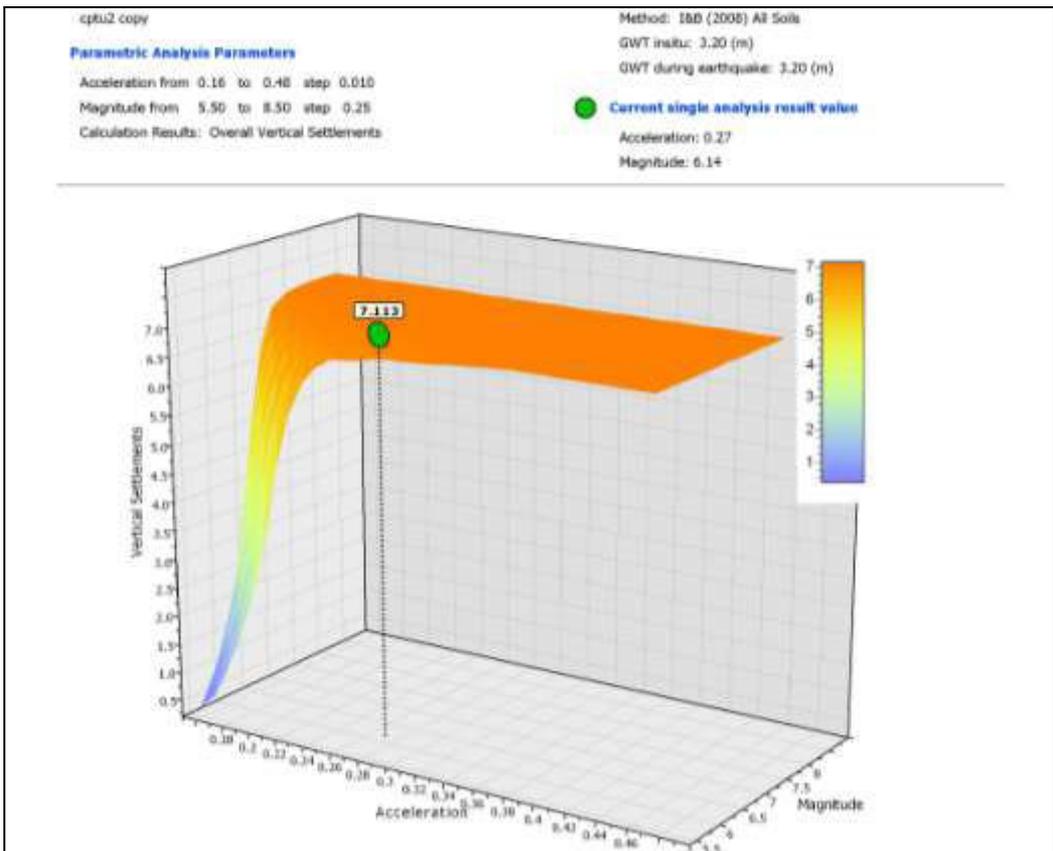


Figura 2.12.5-14
CPTU2: Grafico Cedimento verticale – Accelerazione – Magnitudo

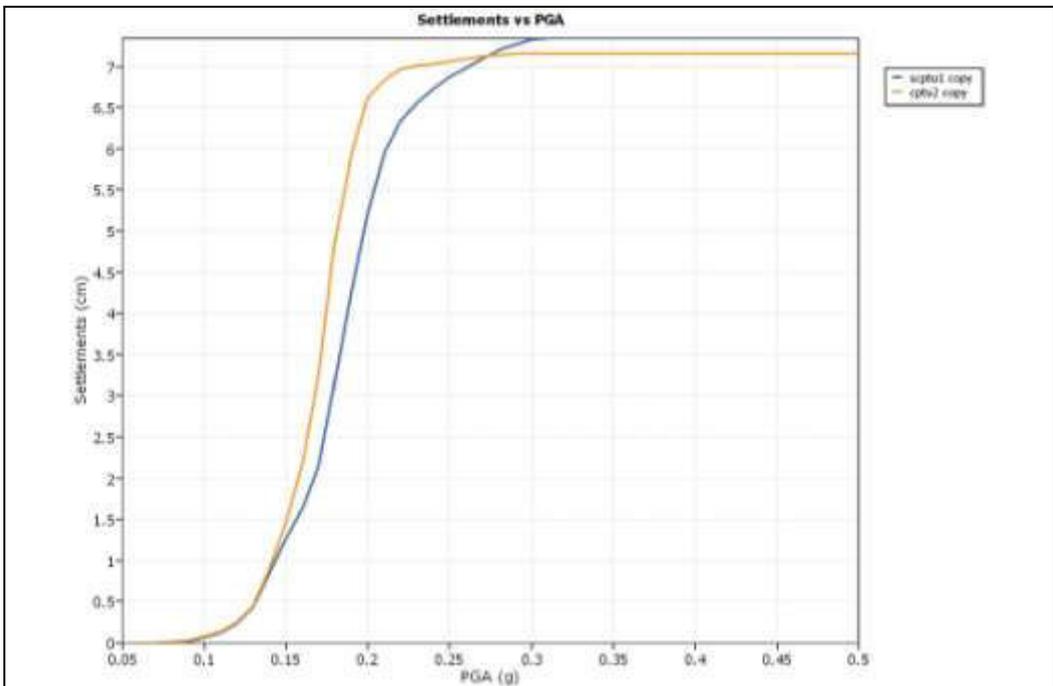


Figura 2.12.5-15
Cedimenti verticali a confronto con aumento della PGA

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|---|--|---|

2.13. Note e prescrizioni

Nel sito, oggetto del presente studio, si rilevano, complessivamente, depositi di argine, canale e rotta fluviale e depositi di piana inondabile. Tale sito è caratterizzato prevalentemente da terreni coesivi, quali argille, argille limose e limi argillosi, localmente interrotti da lenti di terreni coesivo-granulari e granulari, composte da sabbie limose, limi sabbiosi e sabbie, indicanti riempimenti di canali.

In corrispondenza dei fori residuali delle indagini, è stata misurata la quota della superficie di saturazione, a mt. 2.70/3.20 dal piano campagna.

In seguito all'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03 il Comune di Ferrara è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3.

Nell'area di studio l'innesco del fenomeno della dilatanza risulta improbabile. Per quanto riguarda la liquefazione, in base all'indice di potenziale liquefazione rilevato, il sito è definibile a rischio basso, in base alle teorie applicate, i livelli granulari rilevati non risultano inoltre continui.

La **categoria di suolo di fondazione** caratteristica del sito in esame, individuata mediante l'elaborazione dell'indagine sismica effettuata ed esclusa la suscettibilità del sito a liquefazione, risulta essere la **"C"**.

Non disponendo di informazioni specifiche, la determinazione dei parametri sismici è stata effettuata ipotizzando una vita nominale V_n di 50 anni, ed una classe d'uso IV, con coefficiente d'uso c_u di 2.0. Nel caso in cui, in sede progettuale, la vita nominale o la classe d'uso dovessero essere ridefinite, dovranno di conseguenza essere rideterminati i parametri sismici a_g , F_0 e T_c^* .

Dai dati bibliografici disponibili risulta come l'area di studio non sia stata soggetta ad allagamenti nel tempo.

In allegato 19 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e geotecnici relativi al sito in esame, utilizzabili per le successive valutazioni.

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Parte Terza -

MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

| | | |
|---|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|---|--|---|

3. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

3.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche

Non avendo informazioni in merito allo stato delle fondazioni e per la tipologia di verifica a cui è soggetto l'edificio nella presente verrà fornito il modello geotecnico preliminare escludendo le valutazioni sulla resistenza del terreno da effettuare in base alla tipologia edilizia e al tipo di fondazioni esistenti non conosciute dalla Scrivente.

3.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche

Per quanto riguarda la campagna di indagini, si deve fare riferimento ai paragrafi 2.7 e 2.8 della presente.

3.3. Determinazione del volume significativo

La determinazione del volume significativo deve fare riferimento al calcolo della capacità portante e al calcolo dei cedimenti. Nel primo caso, lo spessore da considerare è all'incirca uguale al lato minore della fondazione, mentre, nel secondo caso, si fa riferimento al bulbo d'influenza secondo la teoria di Boussinesq.

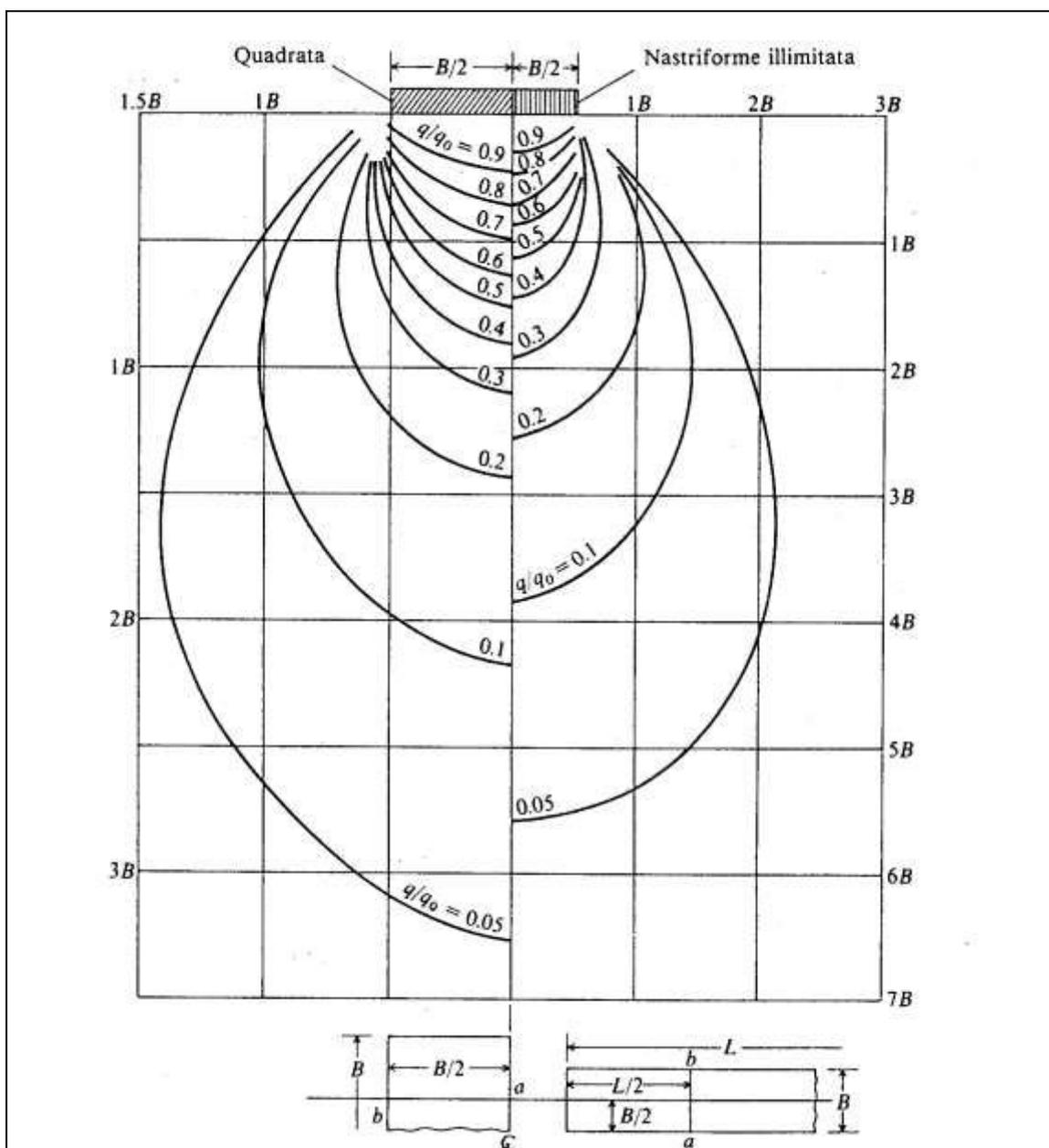


Figura 3.3-1

Linee isostatiche della pressione verticale - equazione di Bousinesq

Fonte: "Fondazioni progetto e analisi" Joseph E. Bowles - McGraw-Hill

3.4. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni

3.4.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE

Utilizzando i valori di resistenza misurati per mezzo delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono eseguite nel presente lavoro, sono stati determinati i parametri geotecnici dei terreni indagati.

| | | |
|--|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|--|--|---|

Di seguito sono elencate le modalità di valutazione dei principali parametri elaborati con il software Geostru. Si ricorda che, viste le modalità di valutazione, i valori ricavati hanno esclusivamente validità orientativa.

Parametri geotecnici (validità orientativa) – correlazioni, bibliografia:

- TERRENI INCOERENTI

Angolo di Attrito: Angolo di Attrito (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

$$\Phi' = 28 + 0.14 Dr(\%) \text{ per sabbia fine uniforme}$$

$$\Phi' = 31.5 + 0.115 Dr(\%) \text{ per sabbia media uniforme – sabbia fine ben gradata}$$

$$\Phi' = 34.5 + 0.10 Dr(\%) \text{ per sabbia grossa uniforme – sabbia media ben gradata}$$

$$\Phi' = 38 + 0.08 Dr(\%) \text{ per ghiaietto uniforme – sabbie e ghiaie poco limose}$$

Densità relativa (%): Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

$$Dr (\%) = -98 + 66 [\log(q_t/v\sigma'_v)]$$

Modulo Edometrico: Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

$$E_d (\text{kg/cm}^2) = 0.03Rp + 11.7\sigma'_{vo} + 0.79 Dr(\%)$$

Peso di Volume Gamma: Peso di Volume Gamma (Meyerhof) - Peso di Volume Gamma saturo (Meyerhof)

Modulo di deformazione di taglio: Imai & Tomauchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

$$G_o(\text{kg/cm}^2) = 28 Rp^{0.611}$$

OCR - Grado di Sovraconsolidazione: Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

- TERRENI COESIVI

Coesione Non Drenata: Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

Modulo Edometrico-Confinato - Metodo generale del modulo edometrico.

$$E_{ed}(\text{kg/cm}^2) = Rp (- 2.3 Rp + 6.61)$$

Modulo di deformazione non drenato - Modulo di deformazione non drenato Eu (Cancelli ed altri 1980)

Peso di Volume Gamma - Peso di Volume terreni coesivi (t/m³) (Meyerhof)

$$\gamma = 1.6 + 0.168 \log (c_u) + 0.373$$

- Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/m³) (Meyerhof)

$$\gamma_s = \gamma + 0.08$$

Modulo di deformazione di taglio - Mayne & Rix (1993)

OCR - Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Incos 1978)

Come già descritto, in corrispondenza del sito sono state effettuate due prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono e piezocono sismico, per mezzo delle quali è stato possibile individuare gli strati di seguito riportati. I dati nominali vengono fatti corrispondere in questo caso ai valori medi, riportati nelle tabelle seguenti.

I valori di c_u e ϕ dei parametri caratteristici di seguito riportati sono stati calcolati tramite distribuzione normale R.C. la quale fornisce valori prossimi ai minimi. Nello specifico:

- Distribuzione R.C.: il valore viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$c_{u_k} \text{ (o } \phi_k) = c_{u_{\text{medio}}} \text{ (o } \phi_{\text{medio}}) - 1.645 (\sigma_{c_u} \text{ o } \sigma_{\phi})$$

dove σ_{c_u} o σ_{ϕ} è la deviazione standard di c_u o ϕ (questo metodo è analogo e porta agli stessi risultati rispetto a quello indicato precedentemente)

TABELLA 3.4.1-1

SCPTU1 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

| N. strato | Profondità | | Descrizione | Parametrizzazione geotecnica | Parametri caratteristici |
|-----------|------------|------------|---|---|--|
| | teito (mt) | letto (mt) | | | |
| 1 | 0.00 | 0.40 | Prevalenza di argille su argille limose – argille, limi argillosi e argille limose e terreni fini molto sensitivi. Terreni coesivi consistenti. | $q_c = 11.01 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,39 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,87 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1,95 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0,55 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 411.43 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 45.43 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.36 \text{ kg/cm}^2$ |
| 2 | 0.40 | 1.52 | Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con sabbie limose – limi argillosi; puntuale presenza di sabbie – sabbie limose e di limi argillosi e argille limose | $q_c = 44.15 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,68 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{coe}} = 2,11 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{inc}} = 1,90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-coe}} = 2,19 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-inc}} = 2,20 \text{ t/m}^3$ $C_u = 2,21 \text{ kg/cm}^2$ $\text{Dr} = 90.73 \%$ $\Phi = 39.88^\circ$ $\text{OCR}_{\text{coe}} > 9$ $\text{OCR}_{\text{inc}} = 0.76$ $E_u = 1648.32 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 88.30 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 70.62 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 1.57 \text{ kg/cm}^2$ $\phi_k = 37.70^\circ$ |
| 3 | 1.52 | 9.22 | Prevalenza di argille su argille limose – argille; locale presenza nei primi mt di limi argillosi e argille limose. Terreni coesivi moderatamente | $q_c = 9.87 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,45 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,83 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1,91 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0,49 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 2.94$ | $c_{u_k} = 0.12 \text{ kg/cm}^2$ |

| | | | | | |
|---|-------|-------|---|--|--|
| | | | consistenti. | $E_u = 329.82 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 43.27 \text{ kg/cm}^2$ | |
| 4 | 9.22 | 10.14 | Alternanza di limi argillosi e argille limose con limi sabbiosi e limi argillosi; puntuale presenza di argille limose e argille | $q_c = 13.90 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,20 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{coe} = 1.89 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{inc} = 1,90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat-coe} = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat-inc} = 2,20 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.69 \text{ kg/cm}^2$ $Dr = 5 \%$ $\Phi = 28.70^\circ$ $OCR_{coe} = 0.69$ $OCR_{inc} < 0.5$ $E_u = 449.07 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.30 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 26.89 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.32 \text{ kg/cm}^2$ $\phi_k = 28.24^\circ$ |
| 5 | 10.14 | 11.98 | Prevalenza di sabbie – sabbie limose su sabbie; locali livelli di sabbie limose – limi argillosi. Terreni granulari sciolti. | $R_p = 63.00 \text{ kg/cm}^2$ $RI = 0,27 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2,20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 31.29\%$ $\Phi = 32,55^\circ$ $OCR < 0.5$ $E_d = 53.43 \text{ kg/cm}^2$ | $\phi_k = 31.91^\circ$ |
| 6 | 11.98 | 21.66 | Prevalenza di argille su argille limose – argille e su limi argillosi e argille limose; locale presenza di terreni fini molto sensibili da mt 12.18 a mt 12.34 e di limi sabbiosi e limi argillosi da circa mt 17.00 per circa 40 cm e a circa mt 18.00 per circa 20 cm. Terreni coesivi consistenti. | $q_c = 14.88 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,51 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,88 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1,96 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0,74 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 0.99$ $E_u = 432.41 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.42 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.30 \text{ kg/cm}^2$ |
| 7 | 21.66 | 25.08 | Alternanza prevalente di sabbie – sabbie limose con sabbie; secondaria presenza di sabbie limose – limi argillosi e puntuali livelli di limi sabbiosi e limi argillosi, di limi argillosi e argille limose, di argille limose – argille e di argille. Terreni granulari sciolti. | $R_p = 83.24 \text{ kg/cm}^2$ $RI = 0,30 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2,20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 17.89\%$ $\Phi = 31.17^\circ$ $OCR < 0.5$ $E_d = 74.92 \text{ kg/cm}^2$ | $\phi_k = 29.73^\circ$ |
| 8 | 25.08 | 27.92 | Prevalenza di limi argillosi e argille limose su limi | $q_c = 13.61 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,30 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.52 \text{ kg/cm}^2$ |

| | | | | | |
|---|-------|-------|---|---|------------------------|
| | | | sabbiosi e limi argillosi e su argille limose – argille; locale presenza di argille. Terreni coesivi consistenti. | $\gamma = 1,83 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1,91 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0,68 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} < 0.5$ $E_u = 311.58 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.18 \text{ kg/cm}^2$ | |
| 9 | 27.92 | 30.30 | Prevalenza di sabbie su sabbie – sabbie limose; al tetto dello strato alternanza di sabbie limose – limi argillosi con limi sabbiosi e limi argillosi. Terreni granulari sciolti. | $R_p = 103.11 \text{ kg/cm}^2$ $R_l = 0,27 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2,20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 17.63\%$ $\Phi = 31.42^\circ$ $\text{OCR} < 0.5$ $E_d = 90.61 \text{ kg/cm}^2$ | $\phi_k = 29.93^\circ$ |

I valori dei parametri geotecnici riportati in tabella, si riferiscono alle medie dei parametri relativi agli spessori corrispondenti, invece i parametri caratteristici sono riferiti ai valori rilevati ogni 2 cm di profondità relativi alla prova. Per tale motivo possono essere rilevate delle approssimazioni leggermente differenti.

TABELLA 3.4.1-2

CPTU2 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

| N. strato | Profondità | | Descrizione | Parametrizzazione geotecnica | Parametri caratteristici |
|-----------|------------|------------|---|--|--|
| | tetto (mt) | letto (mt) | | | |
| 1 | 0.00 | 0.50 | Prevalenza di argille su argille limose – argille. Terreni coesivi consistenti. | $q_c = 12.77 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,55 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1,98 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0,64 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 477.04 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 47.63 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.39 \text{ kg/cm}^2$ |
| 2 | 0.50 | 0.94 | Limi sabbiosi e limi argillosi poggianti su limi argillosi e argille limose | $q_c = 41.26 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.23 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{coe}} = 2,09 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{inc}} = 1,80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-coe}} = 2,17 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-inc}} = 2,10 \text{ t/m}^3$ $C_u = 2,06 \text{ kg/cm}^2$ $D_r = 97.46\%$ $\Phi = 40.67^\circ$ $\text{OCR}_{\text{coe}} > 9$ $\text{OCR}_{\text{inc}} = 0.63$ $E_u = 1541.85 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 82.52 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 74.40 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 1.39 \text{ kg/cm}^2$ $\phi_k = 39.98^\circ$ |
| 3 | 0.94 | 4.58 | Alternanza prevalente di argille con argille limose – | $q_c = 14.02 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,71 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.32 \text{ kg/cm}^2$ |

| | | | | | |
|---|-------|-------|--|---|--|
| | | | argille; locale presenza di limi argillosi e argille limose e da mt 2.32 a mt 2.42 limi sabbiosi e limi argillosi. Terreni coesivi consistenti. | $\gamma = 1,91 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1,99 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0,70 \text{ kg/cm}^2$ OCR > 9 $E_u = 505.11 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.34 \text{ kg/cm}^2$ | |
| 4 | 4.58 | 5.92 | Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi prevalenti con limi argillosi e argille limose; puntuali livelli di argille limose – argille, argille e sabbie limose – limi argillosi | $q_c = 19.60 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,36 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{coe}} = 1.96 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{inc}} = 1,80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-coe}} = 2,04 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-inc}} = 2,10 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.98 \text{ kg/cm}^2$ Dr = 19.39% $\Phi = 29.40^\circ$ OCR _{coe} = 2.41 OCR _{inc} < 0.5 $E_u = 695,93 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 42.91 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 20.68 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.50 \text{ kg/cm}^2$ $\phi_k = 29.65^\circ$ |
| 5 | 5.92 | 9.00 | Prevalenza di argille su argille limose – argille; locale presenza di limi argillosi e argille limose da mt 8.30 a mt 8.38. Terreni coesivi moderatamente consistenti. | $q_c = 7.05 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,26 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,76 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1,84 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0,35 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 1,18 $E_u = 209.17 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 35.39 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ |
| 6 | 9.00 | 11.20 | Alternanza di limi argillosi e argille limose con limi sabbiosi e limi argillosi; puntuali livelli di argille limose – argille; nel mezzo dello strato locali livelli di sabbie limose – limi argillosi e di argille | $q_c = 17.70 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,32 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{coe}} = 1.93 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{inc}} = 1,80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-coe}} = 2,01 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat-inc}} = 2,10 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.89 \text{ kg/cm}^2$ Dr = 5% $\Phi = 28.70^\circ$ OCR _{coe} = 1.06 OCR _{inc} < 0.5 $E_u = 589.34 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 46.33 \text{ kg/cm}^2$ $E_d = 27.70 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.15 \text{ kg/cm}^2$ $\phi_k = 27.73^\circ$ |
| 7 | 11.20 | 17.90 | Prevalenza di argille su argille limose – argille e su limi argillosi e argille limose; locale presenza di limi sabbiosi e limi argillosi | $q_c = 9.71 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0,36 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,79 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1,87 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0,49 \text{ kg/cm}^2$ | $c_{u_k} = 0.30 \text{ kg/cm}^2$ |

| | | | | | |
|---|-------|-------|--|--|---|
| | | | da mt 17.30 a mt 17.38. Terreni coesivi moderatamente consistenti. | OCR = 0.83 Eu = 257.72 kg/cm ² E _{ed} = 42.92 kg/cm ² | |
| 8 | 17.90 | 20.00 | Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille limose – argille e localmente con limi sabbiosi e limi argillosi; secondaria presenza di argille e di sabbie limose – limi argillosi. Terreni coesivi molto consistenti. | qc = 28.19 kg/cm ² fs = 0,86 kg/cm ² γ = 2.01 t/m ³ γ _{sat} = 2.09 t/m ³ C _u = 1.41 kg/cm ² OCR = 1,55 Eu = 918.81 kg/cm ² E _{ed} = 56.38 kg/cm ² | cu _k = 0.43 kg/cm ² |

I valori dei parametri geotecnici riportati in tabella, si riferiscono alle medie dei parametri relativi agli spessori corrispondenti, invece i parametri caratteristici sono riferiti ai valori rilevati ogni 2 cm di profondità relativi alla prova. Per tale motivo possono essere rilevate delle approssimazioni leggermente differenti.

Supporti Grafici:

- Allegato 5. Report SCPTU/CPTU

3.5. Note e prescrizioni

Le elaborazioni delle prove penetrometriche statiche con piezocono e piezocono sismico, hanno permesso di definire il modello geotecnico caratterizzato prevalentemente da terreni coesivi, quali argille, argille limose e limi argillosi, localmente interrotti da lenti di terreni coesivo-granulari e granulari, composte da sabbie limose, limi sabbiosi e sabbie, indicanti riempimenti di canali.

Le prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (sismico e non), non permettono l'analisi diretta dei litotipi, i quali sono stati interpretati con metodi indiretti. Mediante le SCPTU/CPTU, sono stati inoltre determinati i principali parametri geotecnici necessari alla modellazione preliminare riportata nella presente.

Nella presente sono stati determinati i valori caratteristici dei parametri geotecnici del terreno, utili per la definizione del valore della resistenza Rd delle strutture in corso di valutazione da parte dei Progettisti.

In allegato 19 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e geotecnici relativi al sito in esame, utilizzabili per le successive valutazioni.

Concludendo, si sottolinea come la valutazione delle azioni trasmesse dalla struttura alla fondazione, debba derivare dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la struttura in elevazione e non, alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche. Vista la complessità delle valutazioni da effettuarsi e la necessità di eseguirle unitamente al progettista, questo tipo di approccio specifico, se richiesto, potrà eventualmente essere affrontato in fase di progettazione esecutiva.

Copparo, 20 agosto 2014

Dr. Geol. Roberta Luetti

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Allegati 1/2 -

SCHEDA DI ELABORAZIONE
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO SISMICO E NON



Committente: Synthesis
 Cantiere: Ferrara - Stabile Arpa/Vigili
 Data: 31/07/2014

ID Prova: SCPTU 1
 Profondità falda: a mt 2.70 da p.c.
 Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 30.30 mt
 Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
 RIF. 69-14GF

Prova eseguita da:
Geo.FE. S.n.c.
 via dell'Artigianato ,2 44030 - Ro Ferrarese (FE)
 tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
 Responsabile dati: Dott. Geol. Zanella Fabio
 Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

| Prof. | RP | RL | PN | Incl. | V.avanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.020 | 8.827 | 0.030 | 0.020 | 0.028 | 1.810 | 1.660 | 29.831 | 1.010 | 0.020 | 0.057 | 2.240 | 3.300 | 10.362 | 0.582 | 0.898 | 0.222 | 2.470 | 4.960 | 11.312 | 0.308 | 0.918 | 0.328 | 2.320 | 6.600 | 8.975 | 0.249 | 1.582 | 0.321 | 2.610 | 6.600 | 8.975 | 0.249 | 1.582 | 0.321 | 2.610 | 6.620 | 9.097 | 0.257 | 1.582 | 0.321 | 2.460 | 6.640 | 8.555 | 0.274 | 1.571 | 0.321 | 2.460 | 6.660 | 8.541 | 0.279 | 1.582 | 0.321 | 2.590 | 6.680 | 8.432 | 0.282 | 1.602 | 0.321 | 2.510 | 6.700 | 8.107 | 0.291 | 1.602 | 0.321 | 2.580 | 6.720 | 8.324 | 0.303 | 1.602 | 0.321 | 2.450 | 6.740 | 8.107 | 0.296 | 1.612 | 0.321 | 2.560 | 6.760 | 8.296 | 0.286 | 1.633 | 0.321 | 2.330 | 6.800 | 7.904 | 0.300 | 2.092 | 0.328 | 1.750 | 6.820 | 7.130 | 0.283 | 2.092 | 0.325 | 2.420 | 6.840 | 6.805 | 0.294 | 2.092 | 0.325 | 2.510 | 6.860 | 6.153 | 0.291 | 2.092 | 0.325 | 2.530 | 6.880 | 6.045 | 0.279 | 2.082 | 0.325 | 2.460 | 6.900 | 5.611 | 0.272 | 2.051 | 0.325 | 2.430 | 6.920 | 5.394 | 0.272 | 2.051 | 0.325 | 2.510 | 6.940 | 5.285 | 0.272 | 2.041 | 0.325 | 2.400 | 6.960 | 5.068 | 0.265 | 2.061 | 0.333 | 2.430 | 6.980 | 5.366 | 0.235 | 2.061 | 0.325 | 2.510 | 7.000 | 5.366 | 0.224 | 2.061 | 0.325 | 2.430 | 7.020 | 6.045 | 0.226 | 2.031 | 0.328 | 2.500 | 7.040 | 5.719 | 0.221 | 2.041 | 0.328 | 2.500 | 7.060 | 6.125 | 0.214 | 2.041 | 0.328 | 2.430 | 7.080 | 5.908 | 0.222 | 2.020 | 0.328 | 2.540 | 7.100 | 5.908 | 0.246 | 2.031 | 0.328 | 2.450 | 7.120 | 5.691 | 0.264 | 2.031 | 0.328 | 2.460 | 7.140 | 5.908 | 0.278 | 2.020 | 0.328 | 2.460 | 7.160 | 5.583 | 0.283 | 2.020 | 0.328 | 2.400 | 7.180 | 6.003 | 0.282 | 2.000 | 0.328 | 2.530 | 7.200 | 5.677 | 0.286 | 2.000 | 0.328 | 2.500 | 7.220 | 5.366 | 0.275 | 2.000 | 0.328 | 2.460 | 7.240 | 5.569 | 0.268 | 2.000 | 0.328 | 2.460 | 7.260 | 4.904 | 0.258 | 2.031 | 0.333 | 2.580 | 7.280 | 4.795 | 0.254 | 2.020 | 0.333 | 2.430 | 7.300 | 4.904 | 0.241 | 2.031 | 0.333 | 2.400 | 7.320 | 4.904 | 0.241 | 2.031 | 0.325 | 2.430 | 7.340 | 4.904 | 0.247 | 2.020 | 0.325 | 2.500 | 7.360 | 4.904 | 0.253 | 2.031 | 0.333 | 2.210 | 7.380 | 6.097 | 0.268 | 2.020 | 0.328 | 2.530 | 7.400 | 6.423 | 0.274 | 2.020 | 0.328 | 2.450 | 7.420 | 5.663 | 0.278 | 2.020 | 0.328 | 2.460 | 7.440 | 5.989 | 0.288 | 2.020 | 0.328 | 2.540 | 7.460 | 6.097 | 0.296 | 2.020 | 0.328 | 2.510 | 7.480 | 5.324 | 0.291 | 2.020 | 0.325 | 2.530 | 7.500 | 4.890 | 0.298 | 2.020 | 0.333 | 2.480 | 7.520 | 4.876 | 0.291 | 2.051 | 0.333 | 2.330 | 7.540 | 4.890 | 0.297 | 2.051 | 0.333 | 2.500 | 7.560 | 5.201 | 0.296 | 2.061 | 0.333 | 2.610 | 7.580 | 4.984 | 0.293 | 2.061 | 0.325 | 2.610 | 7.600 | 5.201 | 0.283 | 2.051 | 0.333 | 2.480 | 7.620 | 5.201 | 0.268 | 2.061 | 0.333 | 2.510 | 7.640 | 5.418 | 0.259 | 2.082 | 0.333 | 2.480 | 7.660 | 5.527 | 0.265 | 2.082 | 0.333 | 2.560 | 7.680 | 5.635 | 0.265 | 2.082 | 0.325 | 2.580 | 7.700 | 5.635 | 0.263 | 2.082 | 0.333 | 2.460 | 7.720 | 5.635 | 0.270 | 2.082 | 0.333 | 2.580 | 7.740 | 5.527 | 0.266 | 2.082 | 0.325 | 2.500 | 7.760 | 5.852 | 0.263 | 2.082 | 0.325 | 2.130 | 7.780 | 6.654 | 0.271 | 2.224 | 0.333 | 2.380 | 7.800 | 6.871 | 0.272 | 2.245 | 0.328 | 2.430 | 7.820 | 6.871 | 0.270 | 2.245 | 0.325 | 2.480 | 7.840 | 6.871 | 0.270 | 2.214 | 0.325 | 2.530 | 7.860 | 7.088 | 0.271 | 2.224 | 0.325 | 2.500 | 7.880 | 7.305 | 0.278 | 2.245 | 0.325 | 2.460 | 7.900 | 7.305 | 0.291 | 2.245 | 0.325 | 2.510 | 7.920 | 7.739 | 0.307 | 2.245 | 0.325 | 2.400 | 7.940 | 7.847 | 0.320 | 2.224 | 0.325 | 2.460 | 7.960 | 7.725 | 0.335 | 2.245 | 0.325 | 2.480 | 7.980 | 7.956 | 0.351 | 2.153 | 0.325 | 2.400 | 8.000 | 7.833 | 0.363 | 2.112 | 0.325 | 2.510 | 8.020 | 8.376 | 0.363 | 2.092 | 0.325 | 2.460 | 8.040 | 8.376 | 0.377 | 2.000 | 0.325 | 2.460 | 8.060 | 7.725 | 0.398 | 1.949 | 0.325 | 2.540 | 8.080 | 7.399 | 0.405 | 1.918 | 0.325 | 2.430 | 8.100 | 7.616 | 0.417 | 1.939 | 0.325 | 2.460 | 8.120 | 7.399 | 0.426 | 1.969 | 0.325 | 2.450 | 8.140 | 7.602 | 0.419 | 1.949 | 0.333 | 2.400 | 8.160 | 7.602 | 0.407 | 1.969 | 0.325 | 2.510 | 8.180 | 7.371 | 0.381 | 1.939 | 0.325 | 2.450 | 8.200 | 7.263 | 0.352 | 1.949 | 0.325 | 2.430 | 8.220 | 7.126 | 0.348 | 1.929 | 0.333 | 2.500 | 8.240 | 7.154 | 0.351 | 1.939 | 0.333 | 2.540 |

Prof.: Profondità RL: - RP: Resistenza di punta - Resistenza all'attrito laterale - Incl.:clinazione - Vavanz: velocità di avanzamento della punta



Committente: Synthesis
 Cantiere: Ferrara - Stabile Arpa/Vigili
 Data: 31/07/2014

ID Prova: SCPTU 1
 Profondità falda: a mt 2.70 da p.c.
 Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 30.30 mt
 Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
 RIF. 69-14GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
 via dell'Artigianato ,2 44030 - Ro Ferrarese (FE)
 tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
 Responsabile dati: Dott. Geol. Zanella Fabio
 Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

| Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|
| metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec |
| 8.260 | 7.046 | 0.352 | 1.939 | 0.325 | 2.430 | 9.900 | 11.862 | 0.154 | 1.296 | 0.433 | 2.330 | 11.540 | 84.784 | 0.422 | 0.857 | 0.433 | 2.310 | 13.180 | 13.076 | 0.266 | 4.786 | 0.441 | 2.480 | 14.820 | 9.688 | 0.509 | 3.755 | 0.441 | 2.270 | 14.820 | 9.688 | 0.509 | 3.755 | 0.441 | 2.270 |
| 8.280 | 7.018 | 0.359 | 1.969 | 0.333 | 2.400 | 9.920 | 13.802 | 0.178 | 1.153 | 0.433 | 2.400 | 11.560 | 82.491 | 0.406 | 0.867 | 0.433 | 2.310 | 13.200 | 13.510 | 0.276 | 5.204 | 0.441 | 2.360 | 14.840 | 10.203 | 0.488 | 3.776 | 0.441 | 2.320 | 14.840 | 10.203 | 0.488 | 3.776 | 0.441 | 2.320 |
| 8.300 | 7.235 | 0.348 | 1.969 | 0.325 | 2.430 | 9.940 | 17.071 | 0.228 | 1.143 | 0.433 | 2.330 | 11.580 | 80.415 | 0.413 | 0.878 | 0.433 | 2.270 | 13.220 | 14.812 | 0.289 | 6.000 | 0.434 | 2.380 | 14.860 | 10.637 | 0.464 | 3.796 | 0.441 | 2.230 | 14.860 | 10.637 | 0.464 | 3.796 | 0.441 | 2.230 |
| 8.320 | 5.894 | 0.245 | 2.153 | 0.321 | 2.260 | 9.960 | 21.397 | 0.207 | 1.153 | 0.433 | 2.310 | 11.600 | 78.434 | 0.406 | 0.908 | 0.433 | 2.380 | 13.240 | 15.681 | 0.305 | 3.602 | 0.441 | 2.280 | 14.880 | 10.637 | 0.447 | 3.827 | 0.441 | 2.250 | 14.880 | 10.637 | 0.447 | 3.827 | 0.441 | 2.250 |
| 8.340 | 7.847 | 0.295 | 2.214 | 0.328 | 2.220 | 9.980 | 21.614 | 0.203 | 1.020 | 0.433 | 2.400 | 11.620 | 77.118 | 0.380 | 0.929 | 0.433 | 2.360 | 13.260 | 14.350 | 0.347 | 2.622 | 0.441 | 2.400 | 14.900 | 10.745 | 0.429 | 3.786 | 0.441 | 2.290 | 14.900 | 10.745 | 0.429 | 3.786 | 0.441 | 2.290 |
| 8.360 | 8.065 | 0.290 | 2.224 | 0.328 | 2.460 | 10.000 | 19.119 | 0.199 | 1.010 | 0.433 | 2.330 | 11.640 | 75.693 | 0.351 | 0.949 | 0.433 | 2.330 | 13.280 | 12.208 | 0.440 | 3.949 | 0.441 | 2.450 | 14.920 | 11.071 | 0.419 | 3.633 | 0.441 | 2.190 | 14.920 | 11.071 | 0.419 | 3.633 | 0.441 | 2.190 |
| 8.380 | 8.390 | 0.279 | 2.224 | 0.328 | 2.400 | 10.020 | 15.429 | 0.177 | 0.929 | 0.433 | 2.420 | 11.660 | 73.292 | 0.336 | 0.949 | 0.433 | 2.350 | 13.300 | 11.995 | 0.532 | 3.898 | 0.434 | 2.250 | 14.940 | 10.514 | 0.427 | 3.827 | 0.441 | 2.290 | 14.940 | 10.514 | 0.427 | 3.827 | 0.441 | 2.290 |
| 8.400 | 8.933 | 0.282 | 2.265 | 0.328 | 2.430 | 10.040 | 12.825 | 0.189 | 0.929 | 0.433 | 2.420 | 11.680 | 70.565 | 0.326 | 0.949 | 0.433 | 2.400 | 13.320 | 11.344 | 0.521 | 4.531 | 0.433 | 2.200 | 14.960 | 10.189 | 0.410 | 3.806 | 0.441 | 2.270 | 14.960 | 10.189 | 0.410 | 3.806 | 0.441 | 2.270 |
| 8.420 | 9.150 | 0.278 | 2.214 | 0.328 | 2.500 | 10.060 | 12.391 | 0.231 | 1.102 | 0.433 | 2.350 | 11.700 | 69.343 | 0.324 | 0.959 | 0.433 | 2.430 | 13.340 | 10.367 | 0.524 | 4.755 | 0.434 | 2.350 | 14.980 | 9.972 | 0.401 | 3.786 | 0.441 | 2.240 | 14.980 | 9.972 | 0.401 | 3.786 | 0.441 | 2.240 |
| 8.440 | 9.258 | 0.279 | 2.092 | 0.328 | 2.510 | 10.080 | 43.194 | 0.239 | 1.612 | 0.433 | 2.360 | 11.720 | 67.975 | 0.288 | 0.786 | 0.433 | 2.250 | 13.360 | 10.367 | 0.509 | 4.704 | 0.434 | 2.420 | 15.000 | 9.538 | 0.404 | 3.755 | 0.441 | 2.330 | 15.000 | 9.538 | 0.404 | 3.755 | 0.441 | 2.330 |
| 8.460 | 9.801 | 0.279 | 2.153 | 0.328 | 2.460 | 10.100 | 23.567 | 0.250 | 1.408 | 0.433 | 2.330 | 11.740 | 68.192 | 0.282 | 0.786 | 0.433 | 2.130 | 13.380 | 10.584 | 0.502 | 4.735 | 0.434 | 2.420 | 15.020 | 9.524 | 0.390 | 3.776 | 0.441 | 2.280 | 15.020 | 9.524 | 0.390 | 3.776 | 0.441 | 2.280 |
| 8.480 | 10.018 | 0.275 | 2.163 | 0.328 | 2.500 | 10.120 | 25.195 | 0.297 | 1.306 | 0.433 | 2.290 | 11.760 | 67.744 | 0.277 | 0.796 | 0.434 | 2.220 | 13.400 | 10.259 | 0.483 | 4.816 | 0.434 | 2.420 | 15.040 | 9.307 | 0.384 | 3.786 | 0.441 | 2.220 | 15.040 | 9.307 | 0.384 | 3.786 | 0.441 | 2.220 |
| 8.500 | 10.126 | 0.289 | 2.204 | 0.328 | 2.400 | 10.140 | 24.747 | 0.279 | 1.306 | 0.433 | 2.400 | 11.780 | 65.696 | 0.290 | 0.765 | 0.434 | 2.220 | 13.420 | 10.353 | 0.434 | 4.929 | 0.434 | 2.450 | 15.060 | 9.089 | 0.380 | 3.827 | 0.441 | 2.270 | 15.060 | 9.089 | 0.380 | 3.827 | 0.441 | 2.270 |
| 8.520 | 10.329 | 0.318 | 2.173 | 0.328 | 2.510 | 10.160 | 31.041 | 0.301 | 1.439 | 0.433 | 2.330 | 11.800 | 64.922 | 0.283 | 0.786 | 0.434 | 2.240 | 13.440 | 10.353 | 0.390 | 5.031 | 0.434 | 2.310 | 15.080 | 8.981 | 0.363 | 3.857 | 0.441 | 2.200 | 15.080 | 8.981 | 0.363 | 3.857 | 0.441 | 2.200 |
| 8.540 | 10.112 | 0.348 | 2.214 | 0.328 | 2.540 | 10.180 | 43.194 | 0.412 | 1.551 | 0.433 | 2.270 | 11.820 | 63.743 | 0.282 | 0.786 | 0.433 | 2.200 | 13.460 | 10.665 | 0.369 | 5.122 | 0.433 | 2.420 | 15.100 | 8.981 | 0.353 | 3.867 | 0.441 | 2.270 | 15.100 | 8.981 | 0.353 | 3.867 | 0.441 | 2.270 |
| 8.560 | 10.980 | 0.391 | 2.173 | 0.328 | 2.580 | 10.200 | 54.465 | 0.438 | 1.684 | 0.433 | 2.380 | 11.840 | 61.139 | 0.292 | 0.755 | 0.433 | 2.230 | 13.480 | 11.179 | 0.353 | 5.214 | 0.434 | 2.460 | 15.120 | 9.089 | 0.330 | 3.888 | 0.441 | 2.290 | 15.120 | 9.089 | 0.330 | 3.888 | 0.441 | 2.290 |
| 8.580 | 10.329 | 0.420 | 1.908 | 0.328 | 2.510 | 10.220 | 60.324 | 0.395 | 1.653 | 0.433 | 2.290 | 11.860 | 59.714 | 0.306 | 0.755 | 0.433 | 2.280 | 13.500 | 11.396 | 0.344 | 5.265 | 0.434 | 2.500 | 15.140 | 9.307 | 0.314 | 3.898 | 0.441 | 2.230 | 15.140 | 9.307 | 0.314 | 3.898 | 0.441 | 2.230 |
| 8.600 | 10.438 | 0.452 | 1.939 | 0.328 | 2.460 | 10.240 | 60.650 | 0.344 | 1.633 | 0.433 | 2.220 | 11.880 | 59.063 | 0.297 | 0.755 | 0.433 | 2.180 | 13.520 | 11.722 | 0.340 | 5.265 | 0.434 | 2.510 | 15.160 | 9.089 | 0.319 | 3.908 | 0.441 | 2.270 | 15.160 | 9.089 | 0.319 | 3.908 | 0.441 | 2.270 |
| 8.620 | 10.655 | 0.478 | 1.949 | 0.328 | 2.430 | 10.260 | 59.999 | 0.281 | 1.582 | 0.433 | 2.190 | 11.900 | 58.709 | 0.275 | 0.765 | 0.433 | 2.180 | 13.540 | 13.241 | 0.337 | 5.633 | 0.434 | 2.360 | 15.180 | 9.075 | 0.310 | 3.918 | 0.441 | 2.360 | 15.180 | 9.075 | 0.310 | 3.918 | 0.441 | 2.360 |
| 8.640 | 10.763 | 0.475 | 1.949 | 0.328 | 2.540 | 10.280 | 58.914 | 0.256 | 1.418 | 0.433 | 2.330 | 11.920 | 55.997 | 0.258 | 0.745 | 0.433 | 2.200 | 13.560 | 15.628 | 0.340 | 5.857 | 0.434 | 2.380 | 15.200 | 8.967 | 0.303 | 3.939 | 0.441 | 2.220 | 15.200 | 8.967 | 0.303 | 3.939 | 0.441 | 2.220 |
| 8.660 | 9.664 | 0.488 | 1.929 | 0.328 | 2.480 | 10.300 | 58.046 | 0.262 | 1.429 | 0.433 | 2.330 | 11.940 | 47.953 | 0.264 | 0.673 | 0.433 | 2.180 | 13.580 | 16.265 | 0.321 | 3.908 | 0.434 | 2.380 | 15.220 | 8.967 | 0.309 | 3.918 | 0.441 | 2.220 | 15.220 | 8.967 | 0.309 | 3.918 | 0.441 | 2.220 |
| 8.680 | 10.749 | 0.519 | 1.888 | 0.303 | 2.510 | 10.320 | 58.235 | 0.246 | 1.439 | 0.433 | 2.420 | 11.960 | 34.931 | 0.274 | 0.561 | 0.433 | 2.290 | 13.600 | 13.552 | 0.397 | 2.939 | 0.434 | 2.430 | 15.240 | 8.967 | 0.310 | 3.959 | 0.441 | 2.200 | 15.240 | 8.967 | 0.310 | 3.959 | 0.441 | 2.200 |
| 8.700 | 10.193 | 0.556 | 1.857 | 0.328 | 2.460 | 10.340 | 57.367 | 0.237 | 1.418 | 0.433 | 2.250 | 11.980 | 23.090 | 0.309 | 0.459 | 0.434 | 2.250 | 13.620 | 11.816 | 0.462 | 3.796 | 0.434 | 2.500 | 15.260 | 9.292 | 0.320 | 4.000 | 0.441 | 2.290 | 15.260 | 9.292 | 0.320 | 4.000 | 0.441 | 2.290 |
| 8.720 | 10.084 | 0.561 | 1.837 | 0.328 | 2.330 | 10.360 | 55.074 | 0.207 | 1.194 | 0.427 | 2.250 | 12.000 | 16.471 | 0.416 | 0.388 | 0.433 | 2.240 | 13.640 | 11.382 | 0.485 | 4.449 | 0.441 | 2.360 | 15.280 | 9.401 | 0.318 | 4.000 | 0.441 | 2.380 | 15.280 | 9.401 | 0.318 | 4.000 | 0.441 | 2.380 |
| 8.740 | 9.759 | 0.578 | 1.827 | 0.328 | 2.280 | 10.380 | 52.578 | 0.221 | 0.867 | 0.427 | 2.290 | 12.020 | 12.225 | 0.564 | 0.388 | 0.434 | 2.330 | 13.660 | 11.368 | 0.469 | 4.520 | 0.441 | 2.460 | 15.300 | 9.622 | 0.328 | 4.561 | 0.441 | 2.330 | 15.300 | 9.622 | 0.328 | 4.561 | 0.441 | 2.330 |
| 8.760 | 9.664 | 0.579 | 2.000 | 0.333 | 2.210 | 10.400 | 50.408 | 0.232 | 0.878 | 0.421 | 2.360 | 12.040 | 9.837 | 0.643 | 0.398 | 0.434 | 2.220 | 13.680 | 11.368 | 0.456 | 4.449 | 0.441 | 2.460 | 15.320 | 9.730 | 0.332 | 4.531 | 0.441 | 2.050 | 15.320 | 9.730 | 0.332 | 4.531 | 0.441 | 2.050 |
| 8.780 | 9.773 | 0.567 | 2.000 | 0.333 | 2.390 | 10.420 | 48.455 | 0.241 | 0.867 | 0.421 | 2.310 | 12.060 | 9.295 | 0.600 | 0.500 | 0.434 | 2.250 | 13.700 | 8.820 | 0.445 | 4.541 | 0.441 | 2.000 | 15.340 | 9.730 | 0.337 | 4.541 | 0.454 | 2.250 | 15.340 | 9.730 | 0.337 | 4.541 | 0.454 | 2.250 |
| 8.800 | 10.004 | 0.531 | 2.000 | 0.333 | 2.430 | 10.440 | 46.718 | 0.249 | 0.898 | 0.421 | 2.360 | 12.080 | 9.078 | 0.533 | 1.490 | 0.434 | 2.220 | 13.720 | 11.099 | 0.478 | 4.816 | 0.441 | 2.030 | 15.360 | 9.188 | 0.339 | 4.561 | 0.464 | 2.290 | 15.360 | 9.188 | 0.339 | 4.561 | 0.464 | 2.290 |
| 8.820 | 9.990 | 0.470 | 2.000 | 0.333 | 2.430 | 10.460 | 45.091 | 0.250 | 0.878 | 0.421 | 2.270 | 12.100 | 9.158 | 0.459 | 2.031 | 0.433 | 2.200 | 13.740 | 11.207 | 0.445 | 4.959 | 0.441 | 2.270 | 15.380 | 9.405 | 0.340 | 4.571 | 0.494 | 2.290 | 15.380 | 9.405 | 0.340 | 4.571 | 0.494 | 2.290 |
| 8.840 | 9.773 | 0.442 | 2.031 | 0.333 | 2.420 | 10.480 | 44.331 | 0.243 | 0.908 | 0.428 | 2.380 | 12.120 | 9.050 | 0.386 | 2.255 | 0.434 | 2.270 | 13.760 | 11.099 | 0.403 | 4.959 | 0.441 | 2.360 | 15.400 | 9.933 | 0.326 | 4.592 | 0.491 | 2.280 | 15.400 | 9.933 | 0.326 | 4.592 | 0.491 | 2.280 |
| 8.860 | 9.990 | 0.409 | 2.041 | 0.333 | 2.390 | 10.500 | 44.114 | 0.234 | 0.908 | 0.421 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Committente: Synthesis
 Cantiere: Ferrara - Stabile Arpa/Vigili
 Data: 31/07/2014

ID Prova: SCPTU 1
 Profondità falda: a mt 2.70 da p.c.
 Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 30.30 mt
 Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
 RIF. 69-14GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
 via dell'Artigianato ,2 44030 - Ro Ferrarese (FE)
[tel 3383646278](mailto:tel3383646278) - info@geofe.it - www.geofe.it
 Responsabile dati: Dott. Geol. Zanella Fabio
 Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

| Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|
| metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec |
| 16.460 | 18.827 | 0.694 | 3.449 | 0.544 | 2.270 | 18.120 | 20.427 | 0.481 | 0.612 | 0.559 | 2.070 | 19.760 | 19.724 | 0.881 | 5.429 | 0.659 | 2.070 | 21.400 | 13.357 | 0.302 | 5.806 | 0.659 | 1.920 | 23.060 | 112.947 | 0.270 | 2.429 | 0.662 | 1.770 | | | | | | |
| 16.480 | 18.799 | 0.713 | 3.520 | 0.544 | 2.280 | 18.140 | 18.351 | 0.424 | 1.010 | 0.559 | 2.060 | 19.780 | 19.507 | 0.851 | 5.388 | 0.659 | 2.070 | 21.420 | 13.235 | 0.323 | 5.714 | 0.659 | 1.860 | 23.080 | 114.980 | 0.233 | 2.439 | 0.662 | 1.800 | | | | | | |
| 16.500 | 18.799 | 0.707 | 3.582 | 0.544 | 2.310 | 18.160 | 17.714 | 0.377 | 2.306 | 0.559 | 2.170 | 19.800 | 19.709 | 0.810 | 5.378 | 0.659 | 2.040 | 21.440 | 12.692 | 0.316 | 5.582 | 0.659 | 1.910 | 23.100 | 116.160 | 0.208 | 2.469 | 0.669 | 1.850 | | | | | | |
| 16.520 | 18.908 | 0.673 | 3.602 | 0.544 | 2.270 | 18.180 | 17.823 | 0.371 | 3.061 | 0.559 | 2.100 | 19.820 | 19.601 | 0.804 | 5.276 | 0.659 | 2.080 | 21.460 | 12.584 | 0.290 | 5.612 | 0.659 | 1.980 | 23.120 | 115.726 | 0.200 | 2.449 | 0.662 | 1.790 | | | | | | |
| 16.540 | 19.002 | 0.670 | 3.500 | 0.544 | 2.220 | 18.200 | 17.823 | 0.389 | 3.735 | 0.559 | 2.030 | 19.840 | 19.261 | 0.802 | 5.153 | 0.659 | 2.010 | 21.480 | 12.584 | 0.296 | 5.653 | 0.659 | 1.990 | 23.140 | 112.131 | 0.200 | 2.367 | 0.669 | 1.800 | | | | | | |
| 16.560 | 18.351 | 0.712 | 3.449 | 0.544 | 2.160 | 18.220 | 18.243 | 0.394 | 4.031 | 0.559 | 1.990 | 19.860 | 19.153 | 0.803 | 5.051 | 0.659 | 2.010 | 21.500 | 12.692 | 0.279 | 5.755 | 0.659 | 2.010 | 23.160 | 105.064 | 0.201 | 2.204 | 0.669 | 1.900 | | | | | | |
| 16.580 | 17.266 | 0.721 | 3.459 | 0.544 | 2.280 | 18.240 | 18.365 | 0.370 | 4.204 | 0.559 | 2.100 | 19.880 | 18.827 | 0.786 | 4.898 | 0.659 | 2.030 | 21.520 | 12.909 | 0.252 | 6.010 | 0.659 | 1.870 | 23.180 | 95.921 | 0.195 | 2.051 | 0.669 | 1.840 | | | | | | |
| 16.600 | 17.158 | 0.694 | 3.510 | 0.544 | 2.270 | 18.260 | 18.785 | 0.344 | 4.357 | 0.559 | 2.110 | 19.900 | 18.474 | 0.764 | 4.827 | 0.659 | 2.000 | 21.540 | 14.103 | 0.234 | 6.204 | 0.659 | 1.890 | 23.200 | 87.891 | 0.200 | 1.949 | 0.669 | 1.800 | | | | | | |
| 16.620 | 17.035 | 0.684 | 3.633 | 0.544 | 2.240 | 18.280 | 18.351 | 0.393 | 4.367 | 0.559 | 2.200 | 19.920 | 18.799 | 0.798 | 4.735 | 0.659 | 2.060 | 21.560 | 15.514 | 0.237 | 6.306 | 0.659 | 1.930 | 23.220 | 82.777 | 0.205 | 1.929 | 0.669 | 1.760 | | | | | | |
| 16.640 | 16.818 | 0.662 | 3.796 | 0.544 | 2.240 | 18.300 | 18.026 | 0.408 | 4.408 | 0.559 | 2.020 | 19.940 | 19.979 | 0.814 | 4.786 | 0.659 | 2.050 | 21.580 | 15.934 | 0.249 | 6.000 | 0.659 | 1.960 | 23.240 | 79.290 | 0.202 | 1.939 | 0.669 | 1.870 | | | | | | |
| 16.660 | 17.795 | 0.609 | 3.786 | 0.544 | 2.270 | 18.320 | 18.040 | 0.428 | 4.408 | 0.559 | 2.040 | 19.960 | 23.017 | 0.811 | 5.082 | 0.659 | 2.030 | 21.600 | 15.934 | 0.277 | 5.418 | 0.659 | 1.980 | 23.260 | 75.812 | 0.207 | 1.724 | 0.741 | 1.190 | | | | | | |
| 16.700 | 18.152 | 0.467 | 5.480 | 0.559 | 2.170 | 18.340 | 17.714 | 0.458 | 4.418 | 0.559 | 2.100 | 19.980 | 25.390 | 0.838 | 5.357 | 0.659 | 2.110 | 21.620 | 15.174 | 0.291 | 5.480 | 0.662 | 1.870 | 23.280 | 73.873 | 0.218 | 1.643 | 0.741 | 1.720 | | | | | | |
| 16.720 | 18.478 | 0.472 | 5.551 | 0.544 | 2.160 | 18.360 | 17.823 | 0.482 | 4.418 | 0.559 | 2.110 | 20.000 | 26.909 | 0.844 | 5.327 | 0.659 | 2.040 | 21.640 | 15.174 | 0.279 | 5.745 | 0.659 | 2.000 | 23.300 | 69.749 | 0.208 | 1.551 | 0.741 | 1.900 | | | | | | |
| 16.740 | 18.586 | 0.481 | 5.541 | 0.544 | 2.190 | 18.380 | 17.823 | 0.501 | 4.306 | 0.559 | 2.080 | 20.020 | 28.537 | 0.863 | 5.480 | 0.662 | 2.010 | 21.660 | 18.755 | 0.245 | 6.347 | 0.659 | 1.980 | 23.320 | 63.130 | 0.158 | 1.429 | 0.741 | 1.960 | | | | | | |
| 16.760 | 18.695 | 0.504 | 5.490 | 0.559 | 2.220 | 18.400 | 17.823 | 0.526 | 4.255 | 0.559 | 2.120 | 20.040 | 28.415 | 0.884 | 5.357 | 0.659 | 2.030 | 21.680 | 20.063 | 0.251 | 7.806 | 0.659 | 1.970 | 23.340 | 56.294 | 0.145 | 1.306 | 0.741 | 2.030 | | | | | | |
| 16.780 | 18.695 | 0.519 | 5.469 | 0.559 | 2.180 | 18.420 | 17.931 | 0.534 | 4.276 | 0.559 | 2.050 | 20.060 | 26.678 | 0.898 | 4.816 | 0.659 | 2.030 | 21.700 | 45.802 | 0.381 | 1.480 | 0.662 | 1.950 | 23.360 | 51.628 | 0.139 | 1.245 | 0.744 | 2.070 | | | | | | |
| 16.800 | 18.586 | 0.516 | 5.010 | 0.559 | 2.180 | 18.440 | 19.559 | 0.544 | 4.388 | 0.559 | 2.100 | 20.080 | 25.023 | 0.913 | 4.031 | 0.659 | 2.050 | 21.720 | 49.057 | 0.501 | 1.490 | 0.662 | 1.730 | 23.380 | 47.613 | 0.137 | 1.204 | 0.744 | 2.050 | | | | | | |
| 16.820 | 17.827 | 0.520 | 5.153 | 0.559 | 2.230 | 18.460 | 21.512 | 0.581 | 4.500 | 0.559 | 2.130 | 20.100 | 22.418 | 0.942 | 3.867 | 0.669 | 2.060 | 21.740 | 50.359 | 0.491 | 1.480 | 0.662 | 1.760 | 23.400 | 45.226 | 0.133 | 1.184 | 0.744 | 2.060 | | | | | | |
| 16.840 | 17.175 | 0.519 | 5.051 | 0.559 | 2.180 | 18.480 | 22.706 | 0.594 | 4.520 | 0.559 | 2.160 | 20.120 | 19.366 | 0.923 | 3.235 | 0.659 | 2.050 | 21.760 | 50.576 | 0.415 | 1.459 | 0.662 | 1.760 | 23.420 | 44.561 | 0.130 | 1.184 | 0.759 | 2.030 | | | | | | |
| 16.860 | 16.524 | 0.535 | 5.255 | 0.559 | 2.130 | 18.500 | 23.357 | 0.627 | 4.255 | 0.559 | 2.230 | 20.140 | 16.002 | 0.858 | 2.867 | 0.659 | 2.080 | 21.780 | 51.228 | 0.396 | 1.102 | 0.662 | 1.760 | 23.440 | 45.320 | 0.126 | 1.214 | 0.759 | 2.050 | | | | | | |
| 16.880 | 16.171 | 0.515 | 5.480 | 0.559 | 2.180 | 18.520 | 22.814 | 0.710 | 4.051 | 0.559 | 2.060 | 20.160 | 14.577 | 0.807 | 3.071 | 0.662 | 2.150 | 21.800 | 49.383 | 0.441 | 0.194 | 0.662 | 1.750 | 23.460 | 48.873 | 0.137 | 1.327 | 0.759 | 2.100 | | | | | | |
| 16.900 | 16.633 | 0.446 | 5.551 | 0.544 | 2.120 | 18.540 | 22.597 | 0.778 | 3.888 | 0.559 | 2.080 | 20.180 | 13.492 | 0.782 | 3.071 | 0.659 | 2.050 | 21.820 | 45.151 | 0.459 | 0.133 | 0.662 | 1.800 | 23.480 | 56.903 | 0.156 | 1.480 | 0.759 | 2.100 | | | | | | |
| 16.920 | 16.713 | 0.421 | 5.469 | 0.544 | 2.190 | 18.560 | 22.149 | 0.877 | 3.837 | 0.559 | 2.080 | 20.200 | 11.851 | 0.778 | 3.173 | 0.659 | 2.010 | 21.840 | 40.485 | 0.397 | 0.184 | 0.662 | 1.760 | 23.500 | 65.367 | 0.155 | 1.286 | 0.759 | 2.150 | | | | | | |
| 16.940 | 16.822 | 0.385 | 5.684 | 0.544 | 2.200 | 18.580 | 22.041 | 0.978 | 3.827 | 0.559 | 2.110 | 20.220 | 10.983 | 0.709 | 3.316 | 0.659 | 2.010 | 21.860 | 39.820 | 0.383 | 0.235 | 0.662 | 1.730 | 23.520 | 74.250 | 0.141 | 1.459 | 0.759 | 2.010 | | | | | | |
| 16.960 | 17.256 | 0.347 | 5.878 | 0.559 | 2.160 | 18.600 | 22.366 | 1.032 | 3.837 | 0.559 | 2.110 | 20.240 | 10.874 | 0.613 | 3.398 | 0.659 | 2.090 | 21.880 | 47.307 | 0.381 | 0.408 | 0.662 | 1.750 | 23.540 | 80.978 | 0.141 | 1.429 | 0.759 | 2.010 | | | | | | |
| 16.980 | 17.798 | 0.341 | 6.041 | 0.559 | 2.220 | 18.620 | 22.460 | 1.089 | 3.796 | 0.559 | 2.020 | 20.260 | 10.983 | 0.543 | 3.602 | 0.659 | 2.150 | 21.900 | 60.531 | 0.504 | 0.633 | 0.662 | 1.710 | 23.560 | 85.319 | 0.137 | 1.531 | 0.759 | 1.950 | | | | | | |
| 17.000 | 18.110 | 0.326 | 6.173 | 0.544 | 2.270 | 18.640 | 22.678 | 1.124 | 3.673 | 0.559 | 2.130 | 20.280 | 11.186 | 0.484 | 3.847 | 0.662 | 2.170 | 21.920 | 71.382 | 0.626 | 0.786 | 0.662 | 1.760 | 23.580 | 88.248 | 0.135 | 1.592 | 0.759 | 2.060 | | | | | | |
| 17.020 | 18.450 | 0.316 | 6.265 | 0.544 | 2.150 | 18.660 | 22.772 | 1.109 | 3.459 | 0.559 | 2.160 | 20.300 | 12.271 | 0.427 | 4.143 | 0.659 | 2.010 | 21.940 | 82.234 | 0.761 | 0.980 | 0.662 | 1.720 | 23.600 | 85.970 | 0.135 | 1.582 | 0.759 | 2.070 | | | | | | |
| 17.040 | 18.341 | 0.320 | 6.265 | 0.559 | 2.180 | 18.680 | 22.446 | 1.149 | 3.316 | 0.559 | 2.160 | 20.320 | 13.030 | 0.382 | 4.786 | 0.659 | 2.100 | 21.960 | 90.575 | 0.770 | 1.153 | 0.662 | 1.670 | 23.620 | 81.412 | 0.163 | 1.500 | 0.759 | 2.010 | | | | | | |
| 17.060 | 18.015 | 0.321 | 6.224 | 0.544 | 2.160 | 18.700 | 20.049 | 1.243 | 3.153 | 0.559 | 2.730 | 20.340 | 13.247 | 0.359 | 4.929 | 0.659 | 2.100 | 21.980 | 94.128 | 0.574 | 1.255 | 0.662 | 1.760 | 23.640 | 77.831 | 0.175 | 1.469 | 0.759 | 2.060 | | | | | | |
| 17.080 | 17.690 | 0.337 | 6.153 | 0.559 | 2.180 | 18.720 | 18.638 | 1.278 | 3.020 | 0.559 | 2.030 | 20.360 | 13.261 | 0.345 | 4.898 | 0.659 | 2.120 | 22.000 | 94.887 | 0.430 | 1.327 | 0.662 | 1.730 | 23.660 | 74.576 | 0.168 | 1.429 | 0.759 | 2.120 | | | | | | |
| 17.100 | 16.822 | 0.362 | 6.122 | 0.544 | 2.240 | 18.740 | 17.987 | 1.304 | 2.990 | 0.559 | 2.000 | 20.380 | 13.044 | 0.340 | 4.857 | 0.659 | 2.100 | 22.020 | 93.462 | 0.290 | 1.378 | 0.662 | 1.700 | 23.680 | 71.552 | 0.164 | 1.388 | 0.759 | 2.180 | | | | | | |
| 17.120 | 16.171 | 0.352 | 6.061 | 0.559 | 2.170 | 18.760 | 18.638 | 1.314 | 3.071 | 0.559 | 2.020 | 20.400 | 12.827 | 0.342 | 4.806 | 0.659 | 2.090 | 22.040 | 89.325 | 0.203 | 1.378 | 0.662 | 1.700 | 23.700 | 69.186 | 0.168 | 1.500 | 0.769 | 1.680 | | | | | | |
| 17.140 | 16.171 | 0.344 | 6.163 | 0.559 | 2.190 | 18.780 | 19.492 | 1.287 | 3.347 | 0.559 | 2.000 | 20.420 | 12.285 | 0.359 | 4.806 | 0.659 | 2.080 | 22.060 | 82.041 | 0.171 | 1.367 | 0.662 | 1.730 | 23.720 | 69.078 | 0.157 | 1.490 | 0.769 | 1.620 | | | | | | |
| 17.160 | 18.341 | 0.326 | 6.500 | 0.554 | 2.280 | 18.800 | 20.672 | 1.155 | 3.469 | 0.559 | 1.990 | 20.440 | 11.851 | 0.370 | 4.867 | 0.659 | 2.120 | 22.080 | 74.105 | 0.163 | 1.327 | 0.662 | 1.910 | 23.740 | 69.946 | 0.162 | 1.500 | 0.769 | 1.950 | | | | | | |
| 17.180 | 21.922 | 0.316 | 7.245 | 0.559 | 2.190 | 18.820 | 21.621 | 1.044 | 3.500 | 0.559 | 2.050 | 20.460 | 11.648 | 0.350 | 4.898 | 0.659 | 2.160 | 22.100 | 64.231 | 0.149 | 1.245 | 0.662 | | | | | | | | | | | | | |



Committente: Synthesis
 Cantiere: Ferrara - Stabile Arpa/Vigili
 Data: 31/07/2014

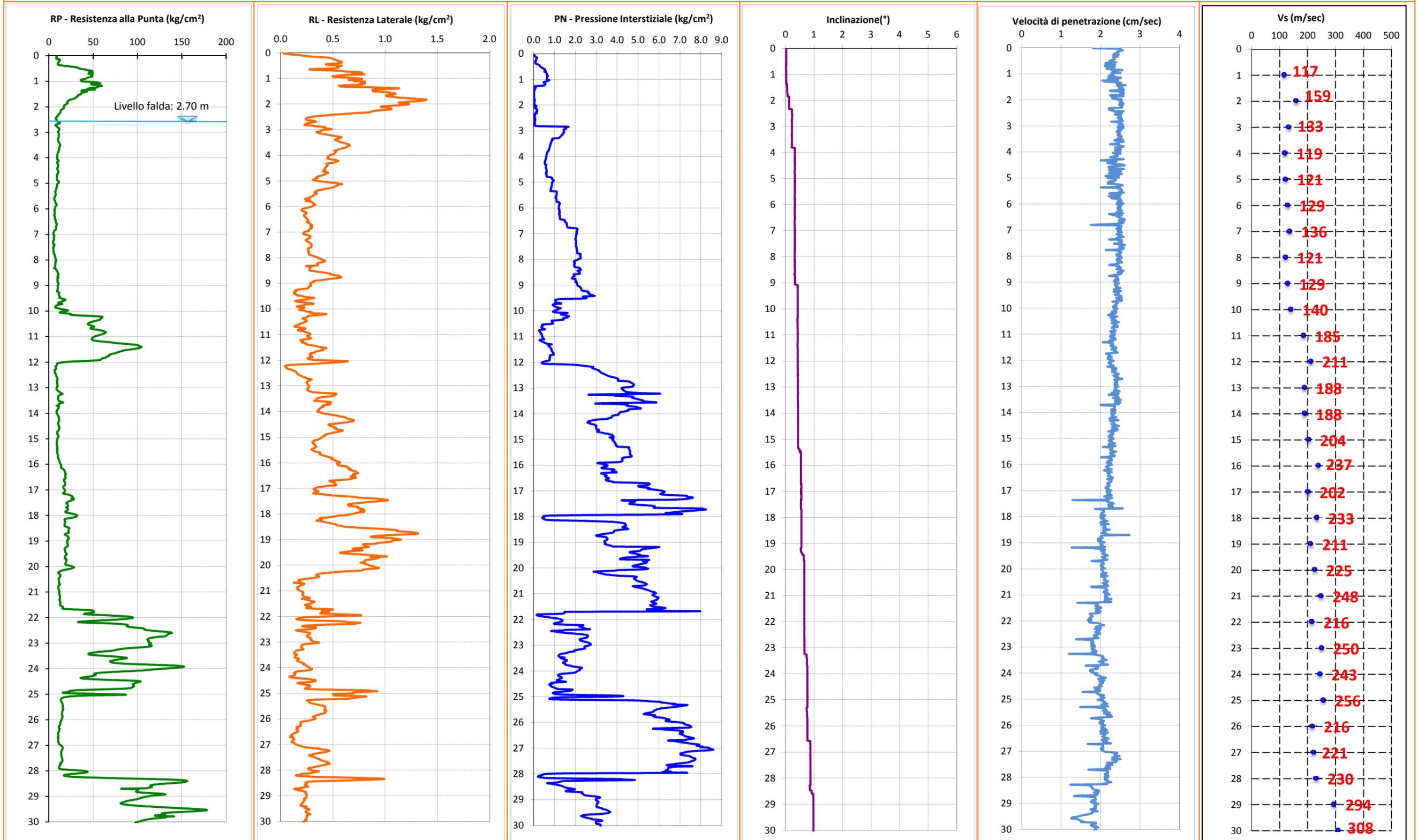
ID Prova: SCPTU 1
 Profondità falda: a mt 2.70 da p.c.
 Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 30.30 mt
 Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
 RIF. 69-14GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
 via dell'Artigianato, 2 44030 - Ro Ferrarese (FE)
 tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
 Responsabile dati: Dott. Geol. Zanella Fabio
 Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

| Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | | | | |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--|--|--|--|
| metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | | | | |
| 24.700 | 95.854 | 0.280 | 1.133 | 0.769 | 1.940 | 26.360 | 12.307 | 0.164 | 7.153 | 0.769 | 2.100 | 28.000 | 40.740 | 0.300 | 0.673 | 0.873 | 2.130 | 29.640 | 133.192 | 0.239 | 2.265 | 0.980 | 1.440 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.720 | 94.126 | 0.282 | 1.857 | 0.769 | 1.540 | 26.380 | 12.104 | 0.166 | 7.153 | 0.769 | 2.110 | 28.020 | 43.345 | 0.329 | 0.429 | 0.873 | 2.180 | 29.660 | 128.309 | 0.245 | 2.327 | 0.980 | 1.490 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.740 | 93.814 | 0.268 | 1.837 | 0.769 | 1.850 | 26.400 | 11.887 | 0.151 | 7.010 | 0.769 | 2.070 | 28.040 | 43.887 | 0.366 | 0.418 | 0.873 | 2.100 | 29.680 | 127.087 | 0.259 | 2.449 | 0.980 | 1.530 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.760 | 90.993 | 0.258 | 1.796 | 0.769 | 1.900 | 26.420 | 11.778 | 0.153 | 7.082 | 0.769 | 2.080 | 28.060 | 42.476 | 0.350 | 0.296 | 0.880 | 2.130 | 29.700 | 129.121 | 0.280 | 2.490 | 0.980 | 1.580 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.780 | 84.917 | 0.261 | 1.694 | 0.769 | 1.940 | 26.440 | 11.575 | 0.163 | 6.990 | 0.773 | 2.040 | 28.080 | 38.353 | 0.321 | 0.255 | 0.873 | 2.110 | 29.720 | 131.060 | 0.283 | 2.622 | 0.980 | 1.510 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.800 | 69.074 | 0.236 | 1.429 | 0.769 | 1.920 | 26.460 | 11.358 | 0.165 | 7.102 | 0.769 | 2.100 | 28.100 | 32.276 | 0.298 | 0.204 | 0.873 | 2.110 | 29.740 | 120.102 | 0.254 | 2.765 | 0.980 | 1.880 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.820 | 48.334 | 0.232 | 1.102 | 0.769 | 1.960 | 26.480 | 11.141 | 0.169 | 7.122 | 0.769 | 2.130 | 28.120 | 25.440 | 0.270 | 0.224 | 0.880 | 2.190 | 29.760 | 120.102 | 0.254 | 2.765 | 0.980 | 1.880 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.840 | 34.879 | 0.317 | 0.929 | 0.769 | 2.090 | 26.500 | 10.816 | 0.165 | 7.184 | 0.773 | 2.200 | 28.140 | 20.232 | 0.197 | 0.367 | 0.873 | 2.190 | 29.780 | 141.248 | 0.254 | 3.000 | 0.980 | 1.790 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.860 | 26.076 | 0.569 | 0.918 | 0.769 | 1.980 | 26.520 | 10.627 | 0.150 | 7.224 | 0.773 | 2.170 | 28.160 | 17.845 | 0.194 | 0.633 | 0.880 | 2.160 | 29.800 | 128.755 | 0.247 | 3.224 | 0.980 | 1.780 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.880 | 23.146 | 0.819 | 0.959 | 0.769 | 2.010 | 26.540 | 10.301 | 0.143 | 7.276 | 0.773 | 2.060 | 28.180 | 16.868 | 0.182 | 2.020 | 0.873 | 2.270 | 29.820 | 131.671 | 0.255 | 3.286 | 0.980 | 1.800 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.900 | 23.443 | 0.868 | 1.082 | 0.779 | 2.030 | 26.560 | 10.193 | 0.126 | 7.378 | 0.769 | 2.030 | 28.200 | 19.133 | 0.144 | 4.031 | 0.873 | 2.200 | 29.840 | 127.099 | 0.250 | 3.194 | 0.980 | 1.750 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.920 | 19.740 | 0.922 | 1.582 | 0.769 | 2.010 | 26.580 | 10.410 | 0.119 | 7.500 | 0.869 | 2.100 | 28.220 | 23.379 | 0.177 | 4.367 | 0.880 | 2.160 | 29.860 | 120.046 | 0.251 | 2.980 | 0.980 | 1.880 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.940 | 15.616 | 0.781 | 2.980 | 0.769 | 2.100 | 26.600 | 10.627 | 0.110 | 7.612 | 0.873 | 2.160 | 28.240 | 30.743 | 0.264 | 4.796 | 0.880 | 2.060 | 29.880 | 114.809 | 0.248 | 2.980 | 0.980 | 1.790 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.960 | 22.113 | 0.709 | 4.204 | 0.769 | 2.040 | 26.620 | 10.966 | 0.102 | 7.673 | 0.869 | 2.110 | 28.260 | 48.105 | 0.335 | 2.908 | 0.880 | 2.160 | 29.900 | 111.323 | 0.246 | 2.990 | 0.980 | 1.850 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.980 | 50.651 | 0.687 | 4.286 | 0.769 | 1.990 | 26.640 | 10.858 | 0.107 | 7.551 | 0.869 | 2.060 | 28.280 | 67.858 | 0.565 | 1.418 | 0.844 | 1.240 | 29.920 | 108.502 | 0.234 | 2.980 | 0.980 | 1.940 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.000 | 74.510 | 0.702 | 3.684 | 0.769 | 2.060 | 26.660 | 10.641 | 0.107 | 7.327 | 0.869 | 2.160 | 28.300 | 91.513 | 0.747 | 1.276 | 0.859 | 1.680 | 29.940 | 105.775 | 0.248 | 3.010 | 0.980 | 1.860 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.020 | 86.418 | 0.503 | 1.469 | 0.769 | 1.920 | 26.680 | 10.315 | 0.113 | 7.286 | 0.869 | 2.190 | 28.320 | 117.122 | 0.941 | 1.204 | 0.859 | 1.750 | 29.960 | 103.699 | 0.249 | 3.163 | 0.980 | 1.870 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.040 | 55.709 | 0.540 | 0.990 | 0.769 | 2.000 | 26.700 | 10.291 | 0.090 | 6.449 | 0.873 | 2.250 | 28.340 | 136.871 | 0.992 | 1.010 | 0.859 | 1.760 | 29.980 | 102.180 | 0.242 | 3.194 | 0.980 | 1.870 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.060 | 34.116 | 0.542 | 0.786 | 0.769 | 2.060 | 26.720 | 10.942 | 0.113 | 6.724 | 0.873 | 1.670 | 28.360 | 149.349 | 0.918 | 0.643 | 0.859 | 1.750 | 30.000 | 100.199 | 0.225 | 3.204 | 0.980 | 1.840 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.080 | 26.086 | 0.511 | 0.745 | 0.769 | 2.040 | 26.740 | 10.739 | 0.125 | 6.847 | 0.873 | 1.980 | 28.380 | 154.992 | 0.764 | 0.816 | 0.859 | 1.770 | 30.020 | 97.689 | 0.212 | 3.194 | 0.980 | 1.890 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.100 | 20.538 | 0.682 | 0.796 | 0.769 | 2.110 | 26.760 | 10.414 | 0.126 | 7.010 | 0.873 | 2.060 | 28.400 | 156.185 | 0.636 | 0.949 | 0.859 | 1.790 | 30.040 | 94.311 | 0.216 | 3.163 | 0.980 | 1.860 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.120 | 17.065 | 0.819 | 2.173 | 0.769 | 2.080 | 26.780 | 10.508 | 0.126 | 7.173 | 0.873 | 2.060 | 28.420 | 154.421 | 0.435 | 1.082 | 0.862 | 1.810 | 30.060 | 91.056 | 0.243 | 3.020 | 0.980 | 1.830 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.140 | 15.329 | 0.762 | 4.541 | 0.769 | 2.080 | 26.800 | 10.414 | 0.132 | 7.357 | 0.873 | 2.050 | 28.440 | 152.359 | 0.279 | 1.204 | 0.862 | 1.790 | 30.080 | 78.129 | 0.250 | 3.020 | 0.980 | 1.840 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.160 | 14.447 | 0.733 | 5.327 | 0.769 | 2.110 | 26.820 | 10.414 | 0.120 | 7.500 | 0.873 | 2.050 | 28.460 | 147.028 | 0.254 | 1.316 | 0.862 | 1.810 | 30.100 | 65.962 | 0.224 | 3.010 | 0.980 | 1.870 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.180 | 13.919 | 0.695 | 5.551 | 0.769 | 2.170 | 26.840 | 10.848 | 0.120 | 7.714 | 0.873 | 2.060 | 28.480 | 138.565 | 0.238 | 1.378 | 0.912 | 1.870 | 30.120 | 74.289 | 0.220 | 3.010 | 0.980 | 1.760 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.200 | 13.905 | 0.666 | 6.092 | 0.769 | 2.040 | 26.860 | 10.956 | 0.115 | 7.918 | 0.869 | 2.070 | 28.500 | 130.412 | 0.237 | 1.418 | 0.912 | 1.940 | 30.140 | 82.630 | 0.217 | 3.000 | 0.980 | 1.740 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.220 | 13.796 | 0.602 | 6.092 | 0.769 | 2.010 | 26.880 | 10.848 | 0.107 | 7.888 | 0.873 | 2.000 | 28.520 | 123.671 | 0.252 | 1.490 | 0.919 | 1.960 | 30.160 | 101.728 | 0.210 | 3.000 | 0.980 | 1.800 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.240 | 13.905 | 0.370 | 6.337 | 0.769 | 2.040 | 26.900 | 11.065 | 0.105 | 7.796 | 0.873 | 2.040 | 28.540 | 118.651 | 0.249 | 1.592 | 0.919 | 1.890 | 30.180 | 101.497 | 0.204 | 3.010 | 0.980 | 1.870 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.260 | 13.905 | 0.265 | 6.490 | 0.769 | 2.100 | 26.920 | 11.282 | 0.120 | 7.908 | 0.873 | 2.010 | 28.560 | 115.585 | 0.237 | 1.714 | 0.929 | 1.870 | 30.200 | 93.019 | 0.212 | 3.071 | 0.980 | 1.920 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.280 | 13.999 | 0.252 | 6.796 | 0.769 | 2.180 | 26.940 | 11.607 | 0.130 | 8.082 | 0.873 | 2.060 | 28.580 | 114.377 | 0.232 | 1.878 | 0.922 | 1.830 | 30.220 | 106.908 | 0.209 | 3.071 | 0.980 | 1.820 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.300 | 14.322 | 0.273 | 6.663 | 0.741 | 1.480 | 26.960 | 12.041 | 0.134 | 7.980 | 0.873 | 2.060 | 28.600 | 115.528 | 0.240 | 1.980 | 0.969 | 1.940 | 30.240 | 122.289 | 0.204 | 3.112 | 0.980 | 1.780 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.320 | 14.865 | 0.276 | 7.357 | 0.741 | 1.900 | 26.980 | 12.801 | 0.137 | 8.357 | 0.873 | 2.030 | 28.620 | 116.368 | 0.247 | 1.867 | 0.969 | 1.920 | 30.260 | 118.816 | 0.209 | 3.082 | 0.980 | 1.770 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.340 | 15.190 | 0.273 | 7.265 | 0.744 | 2.030 | 27.000 | 13.777 | 0.153 | 8.398 | 0.873 | 2.090 | 28.640 | 116.029 | 0.265 | 1.571 | 0.969 | 1.870 | 30.280 | 116.307 | 0.213 | 3.061 | 0.980 | 1.780 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.360 | 15.407 | 0.278 | 7.082 | 0.744 | 2.110 | 27.020 | 14.103 | 0.164 | 8.459 | 0.873 | 2.120 | 28.660 | 113.274 | 0.236 | 1.551 | 0.969 | 1.900 | 30.300 | 116.307 | 0.213 | 3.061 | 0.980 | 1.780 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.380 | 15.516 | 0.290 | 6.929 | 0.744 | 2.120 | 27.040 | 14.971 | 0.179 | 8.510 | 0.873 | 2.270 | 28.680 | 108.905 | 0.200 | 1.531 | 0.969 | 1.910 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.400 | 15.516 | 0.312 | 6.684 | 0.744 | 2.090 | 27.060 | 15.296 | 0.197 | 8.602 | 0.873 | 2.420 | 28.700 | 81.609 | 0.205 | 2.051 | 0.980 | 1.440 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.420 | 15.516 | 0.334 | 6.490 | 0.744 | 2.150 | 27.080 | 15.731 | 0.212 | 8.378 | 0.873 | 2.330 | 28.720 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

GRAFICI PROVA SCPTU 1



Vs 30 e ANAGRAFICA PROVA SCPTU 1

| prof. (p) | prof.(cs) | Dist (L) | Tempo (t) | VsP | L2-L1 | t2-t1 | VsL | | | |
|-----------|-----------|----------|-----------|-------|-------|--------|-------|------|---------|--|
| m | m | m | sec | m/sec | m | sec | m/sec | | | |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | | | | | | | |
| 1.00 | 0.70 | 0.86 | 0.0074 | 117 | 0.86 | 0.0074 | 117 | 0.70 | 0.00600 | |
| 2.00 | 1.70 | 1.77 | 0.0131 | 135 | 0.91 | 0.0057 | 159 | 1.00 | 0.00629 | |
| 3.00 | 2.70 | 2.75 | 0.0204 | 134 | 0.97 | 0.0073 | 133 | 1.00 | 0.00750 | |
| 4.00 | 3.70 | 3.73 | 0.0287 | 130 | 0.99 | 0.0083 | 119 | 1.00 | 0.00841 | |
| 5.00 | 4.70 | 4.73 | 0.0369 | 128 | 0.99 | 0.0082 | 121 | 1.00 | 0.00827 | |
| 6.00 | 5.70 | 5.72 | 0.0447 | 128 | 1.00 | 0.0077 | 129 | 1.00 | 0.00777 | |
| 7.00 | 6.70 | 6.72 | 0.0520 | 129 | 1.00 | 0.0073 | 136 | 1.00 | 0.00736 | |
| 8.00 | 7.70 | 7.72 | 0.0603 | 128 | 1.00 | 0.0082 | 121 | 1.00 | 0.00826 | |
| 9.00 | 8.70 | 8.71 | 0.0680 | 128 | 1.00 | 0.0077 | 129 | 1.00 | 0.00776 | |
| 10.00 | 9.70 | 9.71 | 0.0751 | 129 | 1.00 | 0.0071 | 140 | 1.00 | 0.00714 | |
| 11.00 | 10.70 | 10.71 | 0.0805 | 133 | 1.00 | 0.0054 | 185 | 1.00 | 0.00541 | |
| 12.00 | 11.70 | 11.71 | 0.0853 | 137 | 1.00 | 0.0047 | 211 | 1.00 | 0.00474 | |
| 13.00 | 12.70 | 12.71 | 0.0906 | 140 | 1.00 | 0.0053 | 188 | 1.00 | 0.00531 | |
| 14.00 | 13.70 | 13.71 | 0.0959 | 143 | 1.00 | 0.0053 | 188 | 1.00 | 0.00531 | |
| 15.00 | 14.70 | 14.71 | 0.1008 | 146 | 1.00 | 0.0049 | 204 | 1.00 | 0.00491 | |
| 16.00 | 15.70 | 15.71 | 0.1050 | 150 | 1.00 | 0.0042 | 237 | 1.00 | 0.00422 | |
| 17.00 | 16.70 | 16.71 | 0.1100 | 152 | 1.00 | 0.0050 | 202 | 1.00 | 0.00496 | |
| 18.00 | 17.70 | 17.71 | 0.1143 | 155 | 1.00 | 0.0043 | 233 | 1.00 | 0.00430 | |
| 19.00 | 18.70 | 18.71 | 0.1190 | 157 | 1.00 | 0.0047 | 211 | 1.00 | 0.00475 | |
| 20.00 | 19.70 | 19.71 | 0.1234 | 160 | 1.00 | 0.0044 | 225 | 1.00 | 0.00444 | |
| 21.00 | 20.70 | 20.71 | 0.1275 | 162 | 1.00 | 0.0040 | 248 | 1.00 | 0.00404 | |
| 22.00 | 21.70 | 21.71 | 0.1321 | 164 | 1.00 | 0.0046 | 216 | 1.00 | 0.00464 | |
| 23.00 | 22.70 | 22.71 | 0.1361 | 167 | 1.00 | 0.0040 | 250 | 1.00 | 0.00400 | |
| 24.00 | 23.70 | 23.71 | 0.1402 | 169 | 1.00 | 0.0041 | 243 | 1.00 | 0.00411 | |
| 25.00 | 24.70 | 24.71 | 0.1441 | 171 | 1.00 | 0.0039 | 256 | 1.00 | 0.00390 | |
| 26.00 | 25.70 | 25.70 | 0.1487 | 173 | 1.00 | 0.0046 | 216 | 1.00 | 0.00462 | |
| 27.00 | 26.70 | 26.70 | 0.1533 | 174 | 1.00 | 0.0045 | 221 | 1.00 | 0.00452 | |
| 28.00 | 27.70 | 27.70 | 0.1576 | 176 | 1.00 | 0.0043 | 230 | 1.00 | 0.00434 | |
| 29.00 | 28.70 | 28.70 | 0.1610 | 178 | 1.00 | 0.0034 | 294 | 1.00 | 0.00340 | |
| 30.00 | 29.70 | 29.70 | 0.1642 | 181 | 1.00 | 0.0032 | 308 | 1.00 | 0.00325 | |
| | | 29.70 | 0.16393 | | | | | | | |

181.2

prof.(cs): profondità cono sismico

prof. (p): profondità piezocono

D1: distanza fra la sorgente del rumore S - geofono triassiale (L)

Tempo (t): tempo d'arrivo dell'onda a S

VsP: velocità del suono nel percorso fra S ed L - Vs puntuale alla profondità

Vsi: velocità del suono nel percorso fra S ed L

VsL: Vs per ogni livello (L2 - L1)/(t2 - t1)

Nel calcolo delle Vs30 è da intendersi un possibile valore di indeterminatezza del +/- 15% del valore ricavato

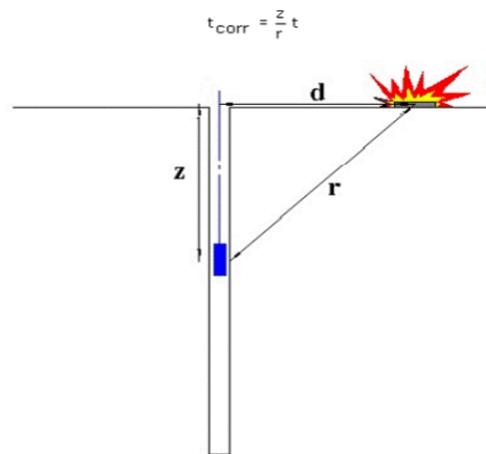
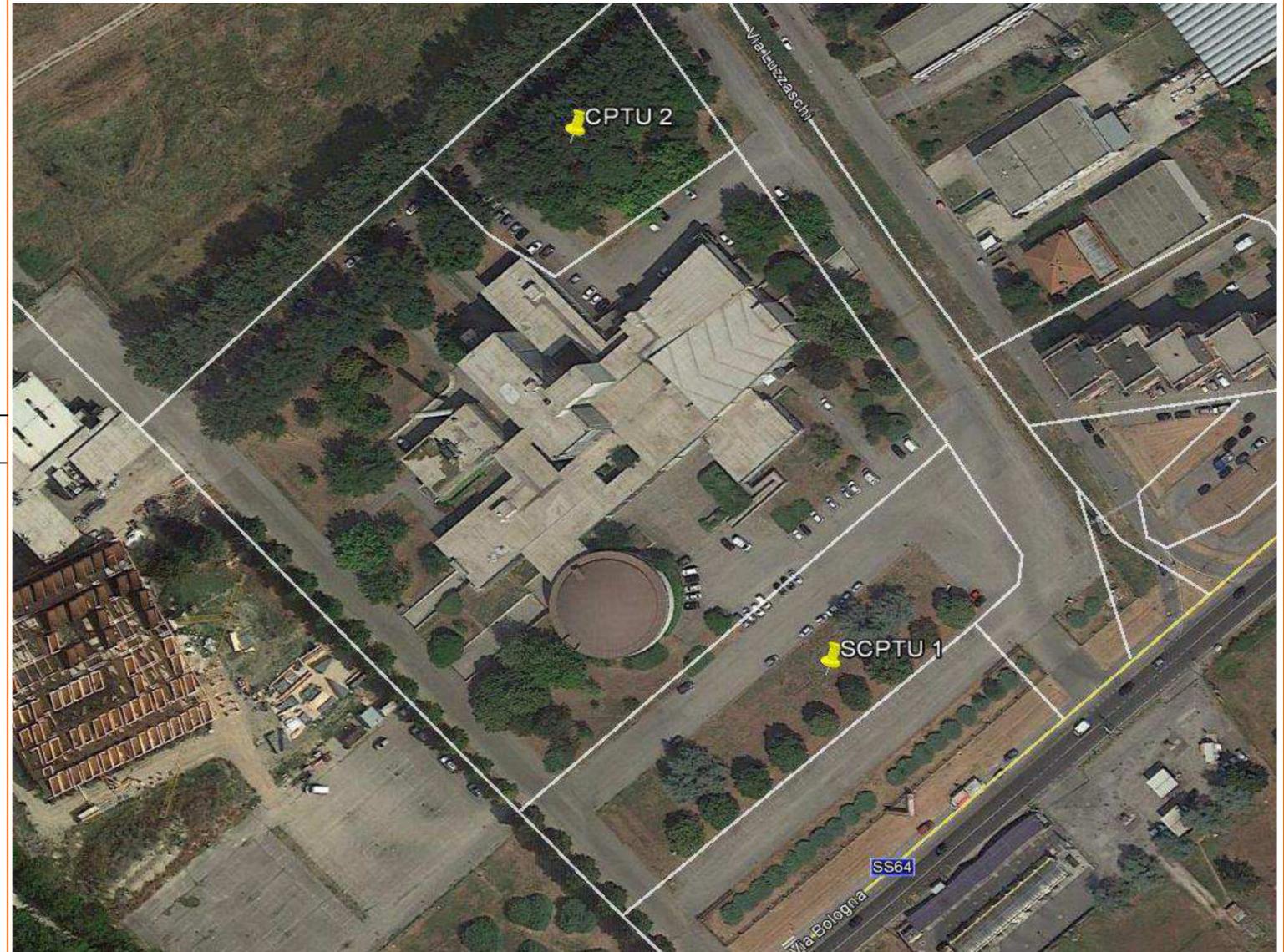


Figura 1 - Schema di down hole con metodo diretto





Committente: Synthesis
 Cantiere: Ferrara - Stabile Arpa/Vigili
 Data: 31/07/2014

ID Prova: CPTU 2
 Profondità falda: a mt 3.20 da p.c.
 Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
 Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
 RIF. 69-14GF

Prova eseguita da:
Geo.FE. S.n.c.
 via dell'Artigianato ,2 44030 - Ro Ferrarese (FE)
 tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
 Responsabile dati: Dott. Geol. Zanella Fabio
 Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

| Prof. | RP | RL | PN | Incl. | V.avanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | V.avanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | V.avanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | V.avanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | V.avanz |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|
| metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec |
| 0.020 | 9.272 | 0.225 | 0.063 | 0.274 | 2.480 | 1.660 | 18.131 | 1.467 | 0.102 | 0.265 | 2.560 | 3.300 | 10.517 | 0.684 | 0.549 | 0.385 | 2.380 | 4.940 | 19.935 | 0.420 | 0.225 | 0.483 | 2.130 | 6.600 | 8.172 | 0.262 | 1.334 | 0.836 | 2.500 |
| 0.040 | 9.380 | 0.306 | 0.063 | 0.274 | 2.460 | 1.680 | 17.706 | 1.444 | 0.112 | 0.265 | 2.310 | 3.320 | 10.517 | 0.645 | 0.549 | 0.385 | 2.310 | 4.960 | 19.284 | 0.327 | 0.225 | 0.483 | 2.160 | 6.620 | 7.629 | 0.280 | 1.319 | 0.836 | 2.240 |
| 0.060 | 9.380 | 0.389 | 0.058 | 0.274 | 2.310 | 1.700 | 17.815 | 1.480 | 0.102 | 0.265 | 2.200 | 3.340 | 10.734 | 0.609 | 0.549 | 0.385 | 2.220 | 4.980 | 19.067 | 0.362 | 0.230 | 0.483 | 2.330 | 6.640 | 7.412 | 0.280 | 1.366 | 0.850 | 2.290 |
| 0.080 | 9.380 | 0.462 | 0.058 | 0.233 | 2.390 | 1.720 | 18.140 | 1.472 | 0.102 | 0.289 | 2.270 | 3.360 | 10.851 | 0.594 | 0.544 | 0.385 | 2.330 | 5.000 | 19.628 | 0.380 | 0.120 | 0.483 | 2.360 | 6.660 | 7.195 | 0.290 | 1.413 | 0.850 | 2.430 |
| 0.100 | 9.272 | 0.463 | 0.052 | 0.233 | 2.360 | 1.740 | 18.484 | 1.486 | 0.113 | 0.289 | 2.500 | 3.380 | 11.068 | 0.592 | 0.544 | 0.385 | 2.270 | 5.020 | 23.317 | 0.425 | 0.162 | 0.483 | 2.330 | 6.680 | 7.412 | 0.290 | 1.444 | 0.829 | 2.350 |
| 0.120 | 9.380 | 0.469 | 0.052 | 0.233 | 2.320 | 1.760 | 18.375 | 1.502 | 0.113 | 0.289 | 2.290 | 3.400 | 10.842 | 0.591 | 0.544 | 0.385 | 2.460 | 5.040 | 25.596 | 0.497 | 0.173 | 0.483 | 2.320 | 6.700 | 7.629 | 0.298 | 1.460 | 0.864 | 2.390 |
| 0.140 | 9.814 | 0.514 | 0.042 | 0.233 | 2.500 | 1.780 | 18.168 | 1.499 | 0.102 | 0.289 | 2.500 | 3.420 | 10.734 | 0.598 | 0.534 | 0.361 | 2.270 | 5.060 | 27.766 | 0.520 | 0.178 | 0.483 | 2.330 | 6.720 | 7.955 | 0.294 | 1.423 | 0.844 | 2.360 |
| 0.160 | 10.466 | 0.533 | 0.042 | 0.233 | 2.380 | 1.800 | 17.951 | 1.455 | 0.102 | 0.313 | 2.510 | 3.440 | 10.734 | 0.621 | 0.529 | 0.361 | 2.500 | 5.080 | 31.022 | 0.529 | 0.178 | 0.483 | 2.220 | 6.740 | 8.063 | 0.280 | 1.230 | 0.844 | 2.460 |
| 0.180 | 10.800 | 0.522 | 0.042 | 0.214 | 2.330 | 1.820 | 17.300 | 1.436 | 0.113 | 0.313 | 2.450 | 3.460 | 10.634 | 0.617 | 0.529 | 0.361 | 2.390 | 5.100 | 30.262 | 0.503 | 0.194 | 0.492 | 2.580 | 6.760 | 7.955 | 0.270 | 1.136 | 0.844 | 2.460 |
| 0.200 | 11.126 | 0.495 | 0.042 | 0.231 | 2.530 | 1.840 | 17.261 | 1.399 | 0.089 | 0.361 | 3.200 | 3.480 | 11.177 | 0.641 | 0.529 | 0.361 | 2.320 | 5.120 | 27.875 | 0.443 | 0.199 | 0.537 | 2.500 | 6.780 | 7.756 | 0.292 | 0.926 | 0.894 | 1.810 |
| 0.220 | 11.578 | 0.457 | 0.037 | 0.215 | 2.390 | 1.860 | 16.501 | 1.371 | 0.131 | 0.361 | 2.190 | 3.500 | 11.286 | 0.630 | 0.419 | 0.361 | 2.330 | 5.140 | 24.077 | 0.420 | 0.215 | 0.492 | 2.150 | 6.800 | 7.539 | 0.298 | 1.355 | 0.894 | 2.240 |
| 0.240 | 11.913 | 0.444 | 0.031 | 0.199 | 2.460 | 1.880 | 16.610 | 1.365 | 0.162 | 0.361 | 2.350 | 3.520 | 10.851 | 0.635 | 0.288 | 0.361 | 2.390 | 5.160 | 20.713 | 0.380 | 0.220 | 0.492 | 2.120 | 6.820 | 7.431 | 0.295 | 1.429 | 0.894 | 2.360 |
| 0.260 | 12.573 | 0.451 | 0.031 | 0.199 | 2.480 | 1.900 | 17.261 | 1.279 | 0.086 | 0.361 | 2.330 | 3.540 | 10.526 | 0.628 | 0.204 | 0.361 | 2.320 | 5.180 | 18.217 | 0.412 | 0.225 | 0.537 | 2.450 | 6.840 | 7.214 | 0.299 | 1.434 | 0.910 | 2.360 |
| 0.280 | 12.691 | 0.464 | 0.026 | 0.199 | 2.280 | 1.920 | 18.246 | 1.246 | 0.113 | 0.385 | 2.270 | 3.560 | 9.983 | 0.617 | 0.162 | 0.361 | 2.500 | 5.200 | 16.472 | 0.481 | 0.225 | 0.537 | 2.330 | 6.860 | 7.105 | 0.290 | 1.429 | 0.910 | 2.380 |
| 0.300 | 13.676 | 0.489 | 0.016 | 0.221 | 2.350 | 1.940 | 18.898 | 1.156 | 0.076 | 0.385 | 2.310 | 3.580 | 9.549 | 0.616 | 0.162 | 0.360 | 2.240 | 5.220 | 15.387 | 0.549 | 0.230 | 0.537 | 2.330 | 6.880 | 6.996 | 0.286 | 1.450 | 0.910 | 2.250 |
| 0.320 | 14.454 | 0.549 | 0.016 | 0.209 | 2.480 | 1.960 | 19.657 | 1.099 | 0.076 | 0.385 | 2.200 | 3.600 | 9.341 | 0.601 | 0.162 | 0.360 | 2.460 | 5.240 | 13.976 | 0.612 | 0.230 | 0.537 | 2.330 | 6.900 | 6.779 | 0.275 | 1.434 | 0.910 | 2.460 |
| 0.340 | 14.898 | 0.647 | 0.016 | 0.257 | 2.270 | 1.980 | 20.091 | 1.016 | 0.071 | 0.385 | 2.290 | 3.620 | 9.450 | 0.589 | 0.199 | 0.360 | 2.420 | 5.260 | 12.457 | 0.617 | 0.235 | 0.537 | 2.240 | 6.920 | 6.779 | 0.254 | 1.450 | 0.910 | 2.400 |
| 0.360 | 14.364 | 0.751 | 0.010 | 0.257 | 2.330 | 2.000 | 19.874 | 0.921 | 0.071 | 0.385 | 2.350 | 3.640 | 9.884 | 0.572 | 0.209 | 0.360 | 2.290 | 5.280 | 11.155 | 0.506 | 0.246 | 0.537 | 2.230 | 6.940 | 6.454 | 0.235 | 1.397 | 0.910 | 2.160 |
| 0.380 | 14.717 | 0.738 | 0.005 | 0.243 | 2.290 | 2.020 | 20.200 | 0.818 | 0.071 | 0.409 | 2.190 | 3.660 | 9.884 | 0.557 | 0.209 | 0.360 | 2.420 | 5.300 | 9.744 | 0.325 | 0.246 | 0.558 | 2.150 | 6.960 | 6.336 | 0.230 | 1.423 | 0.949 | 2.280 |
| 0.400 | 14.500 | 0.760 | 0.005 | 0.243 | 2.430 | 2.040 | 20.525 | 0.716 | 0.071 | 0.409 | 2.180 | 3.680 | 10.110 | 0.537 | 0.204 | 0.360 | 2.330 | 5.320 | 9.202 | 0.241 | 0.246 | 0.558 | 2.390 | 6.980 | 6.228 | 0.225 | 1.313 | 0.964 | 2.530 |
| 0.420 | 14.735 | 0.750 | 0.016 | 0.243 | 2.580 | 2.060 | 20.417 | 0.625 | 0.071 | 0.409 | 2.450 | 3.700 | 10.219 | 0.534 | 0.204 | 0.360 | 2.430 | 5.340 | 9.735 | 0.209 | 0.225 | 0.579 | 2.200 | 7.000 | 5.902 | 0.229 | 1.209 | 0.964 | 2.170 |
| 0.440 | 15.613 | 0.719 | 0.021 | 0.243 | 2.430 | 2.080 | 18.138 | 0.558 | 0.076 | 0.409 | 2.330 | 3.720 | 10.219 | 0.518 | 0.204 | 0.384 | 2.500 | 5.360 | 11.037 | 0.216 | 0.220 | 0.591 | 2.380 | 7.020 | 5.794 | 0.238 | 1.151 | 0.964 | 2.430 |
| 0.460 | 16.915 | 0.724 | 0.021 | 0.243 | 2.380 | 2.100 | 15.866 | 0.466 | 0.042 | 0.408 | 2.230 | 3.740 | 10.219 | 0.515 | 0.204 | 0.384 | 2.330 | 5.380 | 11.254 | 0.207 | 0.220 | 0.591 | 2.480 | 7.040 | 5.685 | 0.247 | 1.141 | 0.964 | 2.240 |
| 0.480 | 18.009 | 0.735 | 0.021 | 0.243 | 2.400 | 2.120 | 13.370 | 0.501 | 0.047 | 0.384 | 2.180 | 3.760 | 10.544 | 0.527 | 0.209 | 0.384 | 2.580 | 5.400 | 12.340 | 0.200 | 0.220 | 0.591 | 2.180 | 7.060 | 5.577 | 0.258 | 1.188 | 0.964 | 2.530 |
| 0.500 | 20.415 | 0.767 | 0.021 | 0.243 | 2.330 | 2.140 | 13.262 | 0.543 | 0.042 | 0.408 | 2.360 | 3.780 | 11.087 | 0.528 | 0.288 | 0.384 | 2.460 | 5.420 | 14.618 | 0.224 | 0.204 | 0.591 | 2.500 | 7.080 | 5.577 | 0.267 | 1.240 | 0.964 | 2.630 |
| 0.520 | 26.934 | 0.719 | 0.010 | 0.270 | 2.400 | 2.160 | 12.719 | 0.539 | 0.065 | 0.408 | 2.320 | 3.800 | 11.195 | 0.535 | 0.304 | 0.384 | 2.540 | 5.440 | 16.137 | 0.242 | 0.204 | 0.591 | 2.500 | 7.100 | 5.360 | 0.272 | 1.256 | 0.964 | 2.450 |
| 0.540 | 30.515 | 0.630 | 0.016 | 0.282 | 2.310 | 2.180 | 11.417 | 0.504 | 0.071 | 0.408 | 2.290 | 3.820 | 10.737 | 0.538 | 0.361 | 0.385 | 2.000 | 5.460 | 19.266 | 0.253 | 0.199 | 0.591 | 2.560 | 7.120 | 5.577 | 0.272 | 1.298 | 0.981 | 2.080 |
| 0.560 | 33.454 | 0.612 | 0.016 | 0.291 | 2.310 | 2.200 | 10.441 | 0.532 | 0.071 | 0.408 | 2.160 | 3.840 | 10.095 | 0.523 | 0.220 | 0.409 | 2.460 | 5.480 | 21.219 | 0.256 | 0.199 | 0.591 | 2.540 | 7.140 | 5.685 | 0.276 | 1.334 | 0.981 | 2.380 |
| 0.580 | 34.133 | 0.599 | 0.010 | 0.291 | 2.290 | 2.220 | 9.356 | 0.545 | 0.099 | 0.408 | 2.360 | 3.860 | 9.227 | 0.534 | 0.204 | 0.408 | 2.430 | 5.500 | 20.785 | 0.256 | 0.199 | 0.591 | 2.540 | 7.160 | 5.902 | 0.263 | 1.329 | 0.981 | 2.270 |
| 0.600 | 32.840 | 0.608 | 0.000 | 0.302 | 2.390 | 2.240 | 8.813 | 0.484 | 0.042 | 0.408 | 2.380 | 3.880 | 8.467 | 0.547 | 0.241 | 0.409 | 2.320 | 5.520 | 19.266 | 0.240 | 0.204 | 0.591 | 2.530 | 7.180 | 5.902 | 0.266 | 1.334 | 1.000 | 2.360 |
| 0.620 | 32.840 | 0.623 | 0.016 | 0.302 | 2.390 | 2.260 | 9.139 | 0.418 | 0.063 | 0.408 | 2.290 | 3.900 | 8.359 | 0.560 | 0.298 | 0.408 | 2.420 | 5.540 | 20.460 | 0.216 | 0.204 | 0.591 | 2.500 | 7.200 | 5.785 | 0.266 | 1.371 | 1.000 | 2.290 |
| 0.640 | 34.368 | 0.611 | 0.005 | 0.302 | 2.320 | 2.280 | 9.889 | 0.386 | 0.073 | 0.408 | 2.380 | 3.920 | 7.816 | 0.551 | 0.324 | 0.409 | 2.460 | 5.560 | 24.257 | 0.304 | 0.194 | 0.612 | 2.540 | 7.220 | 5.893 | 0.263 | 1.387 | 1.000 | 2.230 |
| 0.660 | 35.354 | 0.661 | 0.016 | 0.279 | 2.320 | 2.300 | 12.068 | 0.353 | 0.094 | 0.408 | 2.360 | 3.940 | 7.707 | 0.546 | 0.304 | 0.409 | 2.250 | 5.580 | 26.862 | 0.406 | 0.194 | 0.612 | 2.210 | 7.240 | 6.011 | 0.267 | 1.371 | 1.033 | 2.580 |
| 0.680 | 37.741 | 0.762 | 0.016 | 0.279 | 2.320 | 2.320 | 14.673 | 0.335 | 0.089 | 0.408 | 2.310 | 3.960 | 7.382 | 0.550 | 0.324 | 0.409 | 2.270 | 5.600 | 27.730 | 0.456 | 0.194 | 0.612 | 2.210 | 7.260 | 6.011 | 0.268 | 1.366 | 1.033 | 2.580 |
| 0.700 | 40.138 | 0.921 | 0.005 | 0.279 | 2.290 | 2.340 | 17.060 | 0.313 | 0.084 | 0.408 | 2.280 | 3.980 | 7.382 | 0.582 | 0.382 | 0.409 | 2.400 | 5.620 | 26.753 | 0.488 | 0.199 | 0.612 | 2.590 | 7.280 | 6.011 | 0.275 | 1.366 | 1.033 | 2.500 |
| 0.720 | 42.652 | 1.092 | 0.005 | 0.235 | 2.510 | 2.360 | 17.819 | 0.292 | 0.073 | 0.408 | 2.320 | 4.000 | 7.273 | 0.582 | 0.460 | 0.409 | 2.510 | 5.640 | 24.691 | 0.501 | 0.215 | 0.612 | 2.590 | 7.300 | 5.893 | 0.287 | 1.376 | 1.033 | 2.460 |
| 0.740 | 45.147 | 1.211 | 0.000 | 0.235 | 2.310 | 2.380 | 18.046 | 0.284 | 0.073 | 0.408 | 2.430 | 4.020 | 6.948 | 0.555 | 0.492 | 0.409 | 2.330 | 5.660 | 21.889 | 0.459 | 0.220 | 0.624 | 2.510 | 7.320 | 6.002 | 0.287 | 1.366 | 1.033 | 2.580 |
| 0.760</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Committente: Synthesis
 Cantiere: Ferrara - Stabile Arpa/Vigili
 Data: 31/07/2014

ID Prova: CPTU 2
 Profondità falda: a mt 3.20 da p.c.
 Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
 Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
 RIF. 69-14GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
 via dell'Artigianato ,2 44030 - Ro Ferrarese (FE)
 tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
 Responsabile dati: Dott. Geol. Zanella Fabio
 Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

| Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.240 | 7.946 | 0.185 | 0.994 | 1.247 | 2.580 | 9.880 | 38.880 | 0.515 | 0.361 | 1.578 | 2.450 | 11.520 | 7.547 | 0.161 | 2.261 | 1.817 | 2.510 | 13.160 | 8.805 | 0.269 | 3.140 | 2.150 | 2.420 | 14.800 | 10.467 | 0.602 | 2.575 | 2.384 | 2.390 | 14.820 | 10.576 | 0.591 | 2.616 | 2.384 | 2.420 | 14.840 | 11.444 | 0.567 | 2.674 | 2.414 | 2.390 | 14.860 | 11.770 | 0.567 | 2.690 | 2.414 | 2.420 | 14.880 | 12.095 | 0.566 | 2.637 | 2.414 | 2.350 | 14.900 | 11.760 | 0.563 | 1.889 | 2.436 | 2.350 | 14.920 | 11.543 | 0.560 | 1.805 | 2.436 | 2.390 | 14.940 | 10.892 | 0.615 | 1.894 | 2.423 | 2.350 | 14.960 | 10.232 | 0.648 | 2.643 | 2.423 | 2.420 | 14.980 | 9.690 | 0.660 | 2.491 | 2.445 | 2.360 | 15.000 | 9.364 | 0.652 | 2.606 | 2.445 | 2.390 | 15.020 | 9.038 | 0.640 | 2.590 | 2.467 | 2.460 | 15.040 | 8.595 | 0.618 | 2.601 | 2.454 | 2.330 | 15.060 | 8.595 | 0.572 | 2.732 | 2.467 | 2.380 | 15.080 | 8.595 | 0.511 | 2.894 | 2.467 | 2.360 | 15.100 | 8.794 | 0.444 | 2.904 | 2.467 | 2.330 | 15.120 | 9.120 | 0.390 | 2.920 | 2.467 | 2.400 | 15.140 | 9.120 | 0.344 | 2.920 | 2.467 | 2.390 | 15.160 | 9.120 | 0.329 | 2.904 | 2.467 | 2.390 | 15.180 | 9.002 | 0.320 | 2.894 | 2.480 | 2.430 | 15.200 | 8.785 | 0.311 | 2.899 | 2.480 | 2.430 | 15.220 | 8.785 | 0.308 | 2.899 | 2.502 | 2.330 | 15.240 | 8.785 | 0.312 | 2.899 | 2.502 | 2.310 | 15.260 | 8.785 | 0.314 | 2.894 | 2.502 | 2.400 | 15.280 | 8.785 | 0.313 | 2.889 | 2.502 | 2.430 | 15.300 | 8.676 | 0.311 | 2.878 | 2.502 | 2.510 | 15.320 | 8.676 | 0.325 | 2.878 | 2.515 | 2.390 | 15.340 | 8.676 | 0.327 | 2.889 | 2.560 | 2.400 | 15.360 | 8.785 | 0.327 | 2.904 | 2.560 | 2.420 | 15.380 | 9.110 | 0.324 | 2.915 | 2.560 | 2.430 | 15.400 | 9.002 | 0.325 | 2.915 | 2.560 | 2.430 | 15.420 | 9.002 | 0.327 | 2.946 | 2.560 | 2.460 | 15.440 | 9.110 | 0.320 | 2.972 | 2.560 | 2.360 | 15.460 | 9.219 | 0.310 | 2.983 | 2.582 | 2.420 | 15.480 | 9.219 | 0.300 | 2.988 | 2.608 | 2.480 | 15.500 | 9.327 | 0.297 | 2.993 | 2.608 | 2.510 | 15.520 | 9.219 | 0.297 | 2.993 | 2.608 | 2.560 | 15.540 | 9.110 | 0.286 | 2.988 | 2.608 | 2.400 | 15.560 | 8.785 | 0.278 | 2.873 | 2.608 | 2.460 | 15.580 | 8.685 | 0.285 | 2.847 | 2.608 | 2.360 | 15.600 | 8.685 | 0.302 | 2.857 | 2.630 | 2.510 | 15.620 | 8.794 | 0.318 | 2.868 | 2.630 | 2.500 | 15.640 | 8.794 | 0.329 | 2.873 | 2.630 | 2.400 | 15.660 | 9.011 | 0.340 | 2.878 | 2.630 | 2.450 | 15.680 | 9.120 | 0.352 | 2.878 | 2.630 | 2.480 | 15.700 | 9.410 | 0.362 | 3.150 | 2.653 | 2.140 | 15.720 | 9.735 | 0.371 | 3.134 | 2.653 | 2.220 | 15.740 | 9.735 | 0.381 | 3.129 | 2.653 | 2.330 | 15.760 | 9.844 | 0.395 | 3.129 | 2.697 | 2.360 | 15.780 | 9.952 | 0.403 | 3.124 | 2.672 | 2.330 | 15.800 | 9.952 | 0.413 | 3.098 | 2.672 | 2.330 | 15.820 | 9.735 | 0.425 | 3.082 | 2.672 | 2.330 | 15.840 | 9.410 | 0.438 | 3.072 | 2.672 | 2.350 | 15.860 | 9.518 | 0.430 | 3.077 | 2.672 | 2.270 | 15.880 | 9.735 | 0.421 | 3.077 | 2.697 | 2.290 | 15.900 | 9.844 | 0.422 | 3.082 | 2.720 | 2.320 | 15.920 | 9.735 | 0.435 | 3.066 | 2.720 | 2.270 | 15.940 | 9.717 | 0.437 | 3.061 | 2.720 | 2.350 | 15.960 | 9.500 | 0.426 | 3.046 | 2.720 | 2.330 | 15.980 | 9.391 | 0.425 | 3.040 | 2.720 | 2.290 | 16.000 | 9.391 | 0.426 | 3.025 | 2.720 | 2.420 | 16.020 | 9.283 | 0.427 | 3.025 | 2.720 | 2.310 | 16.040 | 9.283 | 0.421 | 3.051 | 2.733 | 2.290 | 16.060 | 9.283 | 0.418 | 3.040 | 2.742 | 2.330 | 16.080 | 9.283 | 0.414 | 3.025 | 2.755 | 2.270 | 16.100 | 9.165 | 0.425 | 3.040 | 2.755 | 2.330 | 16.120 | 9.274 | 0.414 | 3.046 | 2.755 | 2.330 | 16.140 | 9.382 | 0.406 | 3.066 | 2.755 | 2.310 | 16.160 | 9.382 | 0.403 | 3.066 | 2.755 | 2.350 | 16.180 | 9.708 | 0.403 | 3.072 | 2.777 | 2.430 | 16.200 | 9.708 | 0.406 | 3.066 | 2.755 | 2.290 | 16.220 | 9.491 | 0.399 | 3.061 | 2.777 | 2.280 | 16.240 | 9.708 | 0.395 | 3.051 | 2.777 | 2.250 | 16.260 | 9.699 | 0.410 | 3.019 | 2.777 | 2.350 | 16.280 | 9.699 | 0.422 | 3.019 | 2.777 | 2.450 | 16.300 | 9.373 | 0.435 | 3.019 | 2.790 | 2.400 | 16.320 | 9.482 | 0.443 | 3.019 | 2.790 | 2.310 | 16.340 | 9.373 | 0.438 | 3.014 | 2.790 | 2.330 | 16.360 | 9.265 | 0.440 | 3.009 | 2.790 | 2.360 | 16.380 | 9.265 | 0.443 | 3.014 | 2.790 | 2.420 | 16.400 | 9.156 | 0.435 | 3.014 | 2.790 | 2.360 | 16.420 | 9.156 | 0.422 | 2.988 | 2.813 | 2.360 |



Committente: Synthesis
Cantiere: Ferrara - Stabile Arpa/Vigili
Data: 31/07/2014

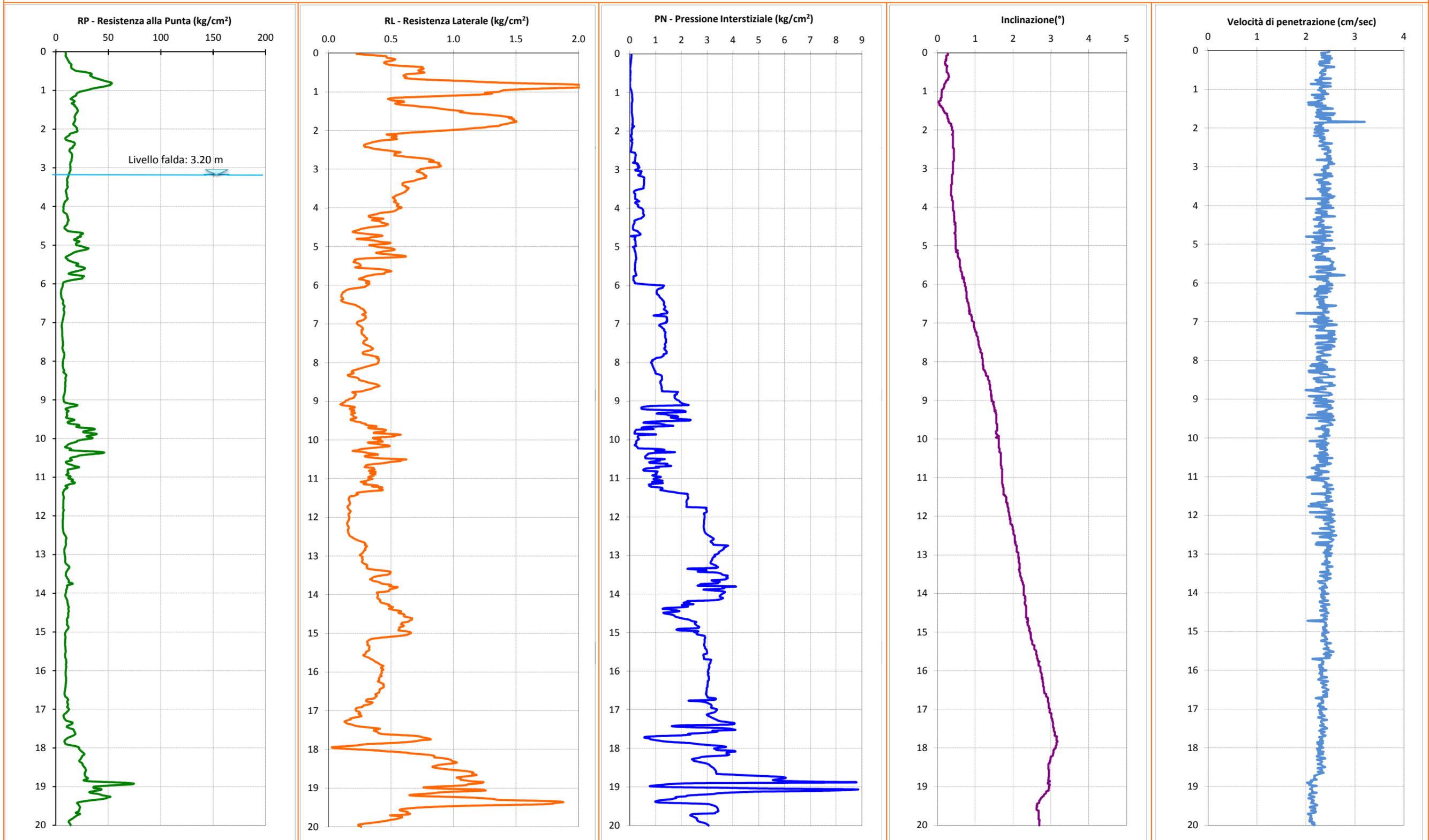
ID Prova: CPTU 2
Profondità falda: a mt 3.20 da p.c.
Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
RIF. 69-14GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,2 44030 - Ro Ferrarese (FE)
tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott. Geol. Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

| Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz | Prof. | RP | RL | PN | Incl. | Vavanz |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------|
| metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec | metri | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | Gradi ° | cm/sec |
| 16.440 | 9.048 | 0.410 | 2.977 | 2.813 | 2.330 | 18.080 | 24.140 | 0.621 | 4.092 | 3.066 | 2.250 | 19.760 | 19.110 | 0.582 | 2.439 | 2.671 | 2.110 | | | | | | | | | | | | |
| 16.460 | 8.831 | 0.410 | 2.983 | 2.813 | 2.400 | 18.100 | 24.791 | 0.662 | 3.768 | 3.066 | 2.360 | 19.780 | 18.242 | 0.560 | 2.496 | 2.671 | 2.100 | | | | | | | | | | | | |
| 16.480 | 8.831 | 0.407 | 2.983 | 2.813 | 2.430 | 18.120 | 25.984 | 0.741 | 3.747 | 3.066 | 2.270 | 19.800 | 17.049 | 0.535 | 2.569 | 2.671 | 2.080 | | | | | | | | | | | | |
| 16.500 | 8.713 | 0.406 | 2.977 | 2.813 | 2.460 | 18.140 | 26.636 | 0.809 | 3.768 | 3.055 | 2.250 | 19.820 | 16.180 | 0.493 | 2.606 | 2.671 | 2.120 | | | | | | | | | | | | |
| 16.520 | 8.604 | 0.405 | 2.972 | 2.813 | 2.430 | 18.160 | 27.178 | 0.842 | 3.857 | 3.055 | 2.350 | 19.840 | 15.005 | 0.466 | 2.590 | 2.671 | 2.110 | | | | | | | | | | | | |
| 16.540 | 8.279 | 0.396 | 2.962 | 2.825 | 2.360 | 18.180 | 26.636 | 0.849 | 3.731 | 3.055 | 2.280 | 19.860 | 13.812 | 0.425 | 2.632 | 2.697 | 2.070 | | | | | | | | | | | | |
| 16.560 | 8.279 | 0.381 | 2.972 | 2.825 | 2.350 | 18.200 | 25.433 | 0.844 | 3.129 | 3.044 | 2.240 | 19.880 | 12.618 | 0.382 | 2.632 | 2.697 | 2.120 | | | | | | | | | | | | |
| 16.580 | 8.279 | 0.374 | 2.951 | 2.825 | 2.430 | 18.220 | 24.890 | 0.905 | 2.784 | 2.997 | 2.220 | 19.900 | 12.184 | 0.331 | 2.705 | 2.691 | 2.070 | | | | | | | | | | | | |
| 16.600 | 8.170 | 0.383 | 2.962 | 2.870 | 2.420 | 18.240 | 24.673 | 0.946 | 2.695 | 2.997 | 2.280 | 19.920 | 12.184 | 0.279 | 2.831 | 2.691 | 2.150 | | | | | | | | | | | | |
| 16.620 | 8.279 | 0.386 | 2.972 | 2.870 | 2.430 | 18.260 | 24.013 | 0.973 | 2.522 | 2.986 | 2.380 | 19.940 | 12.835 | 0.241 | 2.930 | 2.691 | 2.170 | | | | | | | | | | | | |
| 16.640 | 8.604 | 0.376 | 2.993 | 2.870 | 2.350 | 18.280 | 23.787 | 0.983 | 2.407 | 2.986 | 2.390 | 19.960 | 13.377 | 0.237 | 2.977 | 2.691 | 2.120 | | | | | | | | | | | | |
| 16.660 | 8.821 | 0.371 | 3.014 | 2.870 | 2.430 | 18.300 | 23.136 | 0.990 | 2.486 | 2.986 | 2.230 | 19.980 | 13.920 | 0.257 | 3.035 | 2.691 | 2.180 | | | | | | | | | | | | |
| 16.680 | 9.147 | 0.365 | 3.019 | 2.896 | 2.430 | 18.320 | 22.376 | 1.015 | 2.475 | 2.976 | 2.270 | 20.000 | 13.929 | 0.262 | 3.051 | 2.691 | 2.160 | | | | | | | | | | | | |
| 16.700 | 10.396 | 0.315 | 3.312 | 2.918 | 2.270 | 18.340 | 22.249 | 1.025 | 2.632 | 2.976 | 2.320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.720 | 10.929 | 0.304 | 3.339 | 2.918 | 2.200 | 18.360 | 22.900 | 0.990 | 2.758 | 2.976 | 2.330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.740 | 11.471 | 0.300 | 3.276 | 2.918 | 2.330 | 18.380 | 24.311 | 0.924 | 2.920 | 2.952 | 2.310 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.760 | 11.689 | 0.307 | 2.287 | 2.918 | 2.310 | 18.400 | 25.278 | 0.881 | 3.014 | 2.952 | 2.290 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.780 | 11.047 | 0.351 | 2.726 | 2.918 | 2.350 | 18.420 | 25.486 | 0.856 | 3.082 | 2.931 | 2.240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.800 | 10.938 | 0.346 | 2.920 | 2.918 | 2.350 | 18.440 | 25.486 | 0.831 | 3.103 | 2.931 | 2.320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.820 | 10.938 | 0.333 | 3.025 | 2.931 | 2.320 | 18.460 | 26.128 | 0.838 | 3.140 | 2.931 | 2.330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.840 | 10.938 | 0.314 | 3.077 | 2.941 | 2.350 | 18.480 | 26.562 | 0.868 | 3.182 | 2.931 | 2.360 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.860 | 11.481 | 0.280 | 3.140 | 2.941 | 2.270 | 18.500 | 27.195 | 0.925 | 3.234 | 2.931 | 2.390 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.880 | 11.589 | 0.276 | 3.166 | 2.941 | 2.290 | 18.520 | 27.955 | 0.976 | 3.271 | 2.931 | 2.240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.900 | 11.264 | 0.269 | 3.176 | 2.941 | 2.290 | 18.540 | 28.172 | 1.047 | 3.281 | 2.931 | 2.270 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.920 | 11.155 | 0.231 | 3.155 | 2.941 | 2.240 | 18.560 | 28.488 | 1.104 | 3.312 | 2.945 | 2.320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.940 | 10.613 | 0.220 | 3.150 | 2.941 | 2.360 | 18.580 | 28.596 | 1.147 | 3.333 | 2.945 | 2.330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.960 | 11.155 | 0.218 | 3.244 | 2.941 | 2.290 | 18.600 | 28.479 | 1.159 | 3.349 | 2.945 | 2.320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.980 | 12.132 | 0.217 | 3.365 | 2.963 | 2.320 | 18.620 | 27.828 | 1.148 | 3.339 | 2.945 | 2.240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.000 | 12.457 | 0.222 | 3.380 | 2.976 | 2.420 | 18.640 | 27.927 | 1.159 | 3.354 | 2.945 | 2.360 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.020 | 12.132 | 0.244 | 3.349 | 2.963 | 2.270 | 18.660 | 27.385 | 1.182 | 3.370 | 2.945 | 2.310 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.040 | 11.589 | 0.248 | 3.323 | 2.963 | 2.310 | 18.720 | 27.837 | 1.027 | 5.395 | 2.945 | 2.170 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.060 | 10.721 | 0.254 | 3.291 | 2.963 | 2.280 | 18.740 | 28.271 | 1.049 | 5.939 | 2.945 | 2.180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.080 | 10.287 | 0.240 | 3.166 | 2.963 | 2.280 | 18.760 | 29.465 | 1.058 | 6.049 | 2.935 | 2.170 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.100 | 9.310 | 0.250 | 3.072 | 3.008 | 2.330 | 18.780 | 30.550 | 1.055 | 5.945 | 2.935 | 2.180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.120 | 8.334 | 0.261 | 2.988 | 3.008 | 2.280 | 18.800 | 29.998 | 1.102 | 5.693 | 2.935 | 2.160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.140 | 7.574 | 0.262 | 3.004 | 3.008 | 2.330 | 18.820 | 27.394 | 1.141 | 5.552 | 2.935 | 2.220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.160 | 7.140 | 0.231 | 3.061 | 3.008 | 2.360 | 18.840 | 26.516 | 1.238 | 5.866 | 2.925 | 2.100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.180 | 7.357 | 0.199 | 3.124 | 3.008 | 2.380 | 18.860 | 30.857 | 1.226 | 7.148 | 2.974 | 2.110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.200 | 7.574 | 0.175 | 3.182 | 3.008 | 2.270 | 18.880 | 46.699 | 1.181 | 8.619 | 2.925 | 2.120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.220 | 7.574 | 0.178 | 3.239 | 3.008 | 2.250 | 18.900 | 65.571 | 1.111 | 2.580 | 2.925 | 2.020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.240 | 8.126 | 0.156 | 3.307 | 3.031 | 2.320 | 18.920 | 74.360 | 1.102 | 1.591 | 2.916 | 2.100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.260 | 8.669 | 0.136 | 3.380 | 3.031 | 2.360 | 18.940 | 72.063 | 1.001 | 1.287 | 2.965 | 2.060 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.280 | 9.211 | 0.128 | 3.428 | 3.031 | 2.430 | 18.960 | 57.523 | 0.851 | 0.952 | 2.965 | 2.080 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.300 | 10.513 | 0.137 | 3.585 | 3.044 | 2.320 | 18.980 | 46.129 | 0.759 | 0.790 | 2.946 | 2.220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.320 | 13.009 | 0.145 | 3.830 | 3.044 | 2.310 | 19.000 | 36.246 | 0.827 | 1.544 | 2.946 | 2.130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.340 | 15.722 | 0.166 | 4.045 | 3.054 | 2.310 | 19.020 | 35.703 | 1.049 | 3.673 | 2.946 | 2.120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.360 | 15.830 | 0.193 | 4.061 | 3.054 | 2.330 | 19.040 | 36.454 | 1.236 | 5.563 | 2.946 | 2.120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.380 | 15.179 | 0.207 | 3.935 | 3.054 | 2.350 | 19.060 | 43.181 | 1.255 | 8.796 | 2.937 | 2.080 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.400 | 13.443 | 0.240 | 2.051 | 3.054 | 2.360 | 19.080 | 43.389 | 1.099 | 8.273 | 2.937 | 2.120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.420 | 11.598 | 0.298 | 1.627 | 3.054 | 2.290 | 19.100 | 40.134 | 0.924 | 7.268 | 2.937 | 2.130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.440 | 10.513 | 0.353 | 1.936 | 3.054 | 2.310 | 19.120 | 35.359 | 0.859 | 4.903 | 2.879 | 2.130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.460 | 10.405 | 0.410 | 3.066 | 3.054 | 2.390 | 19.140 | 31.869 | 0.792 | 4.055 | 2.870 | 2.130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.480 | 12.358 | 0.387 | 3.794 | 3.077 | 2.400 | 19.160 | 33.171 | 0.692 | 3.417 | 2.870 | 2.220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.500 | 14.203 | 0.364 | 3.977 | 3.077 | 2.430 | 19.180 | 37.936 | 0.647 | 3.239 | 2.854 | 2.080 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.520 | 16.698 | 0.367 | 4.082 | 3.077 | 2.310 | 19.200 | 42. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

GRAFICI PROVA CPTU 2



| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Allegato 3 -

RAPPORTO PROVA PENETROMETRICA ANALIZZATA

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

Committente : Tecnopolis

Località : Ferrara

via Bologna

Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

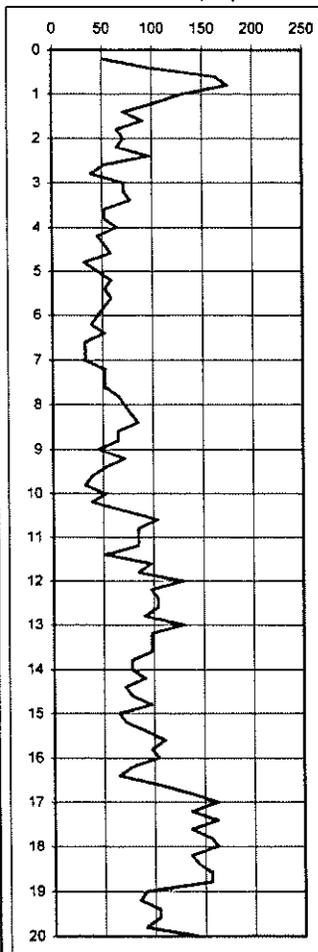
Rapporto di Prova N°: **08.0989 /RSP**

Quota: ---

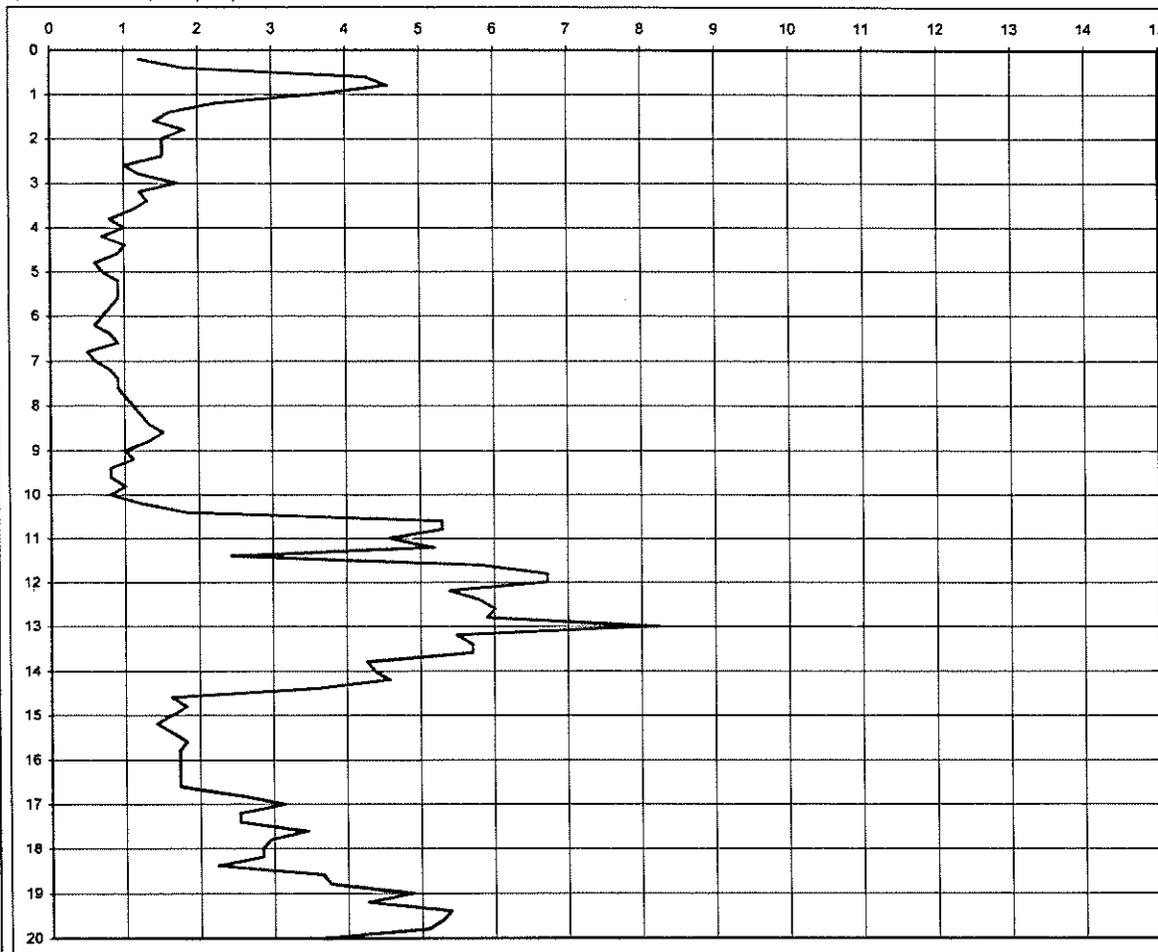
Data prova : 28/07/2008

Codice lavoro: 2008.235

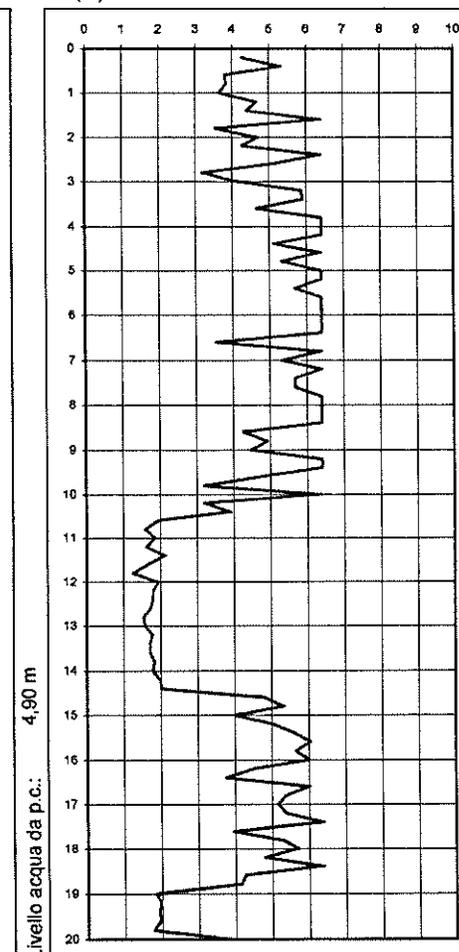
fs resistenza laterale (kPa)



qc resistenza alla punta (MPa)



Rf (%)



Livello acqua da p.c.: 4,90 m

Note: ---

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

| Procedura di prova | Normativa di riferimento | Rev. | Data emissione | Sperimentatore | Il Direttore di Laboratorio |
|--------------------|--------------------------|------|----------------|----------------|-----------------------------|
| IP_2 | ASTM D 3441-94 | 0 | 28/07/2008 | Dr. Tabarroni | Dr. Luca Conti |

GEO-PROBE S.r.l.

- Indagini Geognostiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

CPT (CONE PENETRATION TEST)

N. 1

Committente : Tecnopolis

Località : Ferrara

via Bologna

Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

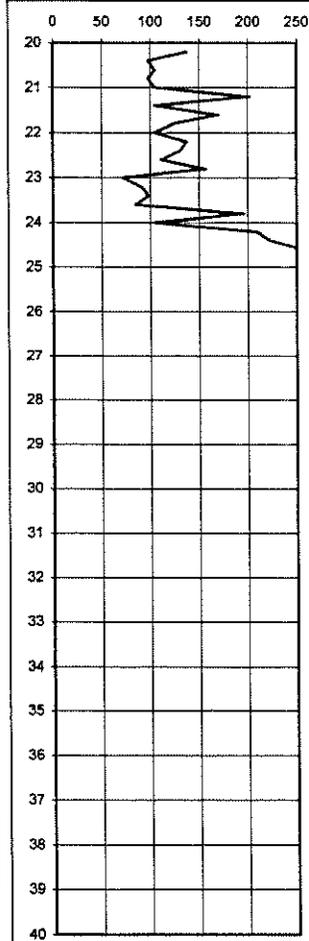
Certificato di Prova N°: **08.0989 /RSP**

Quota: ---

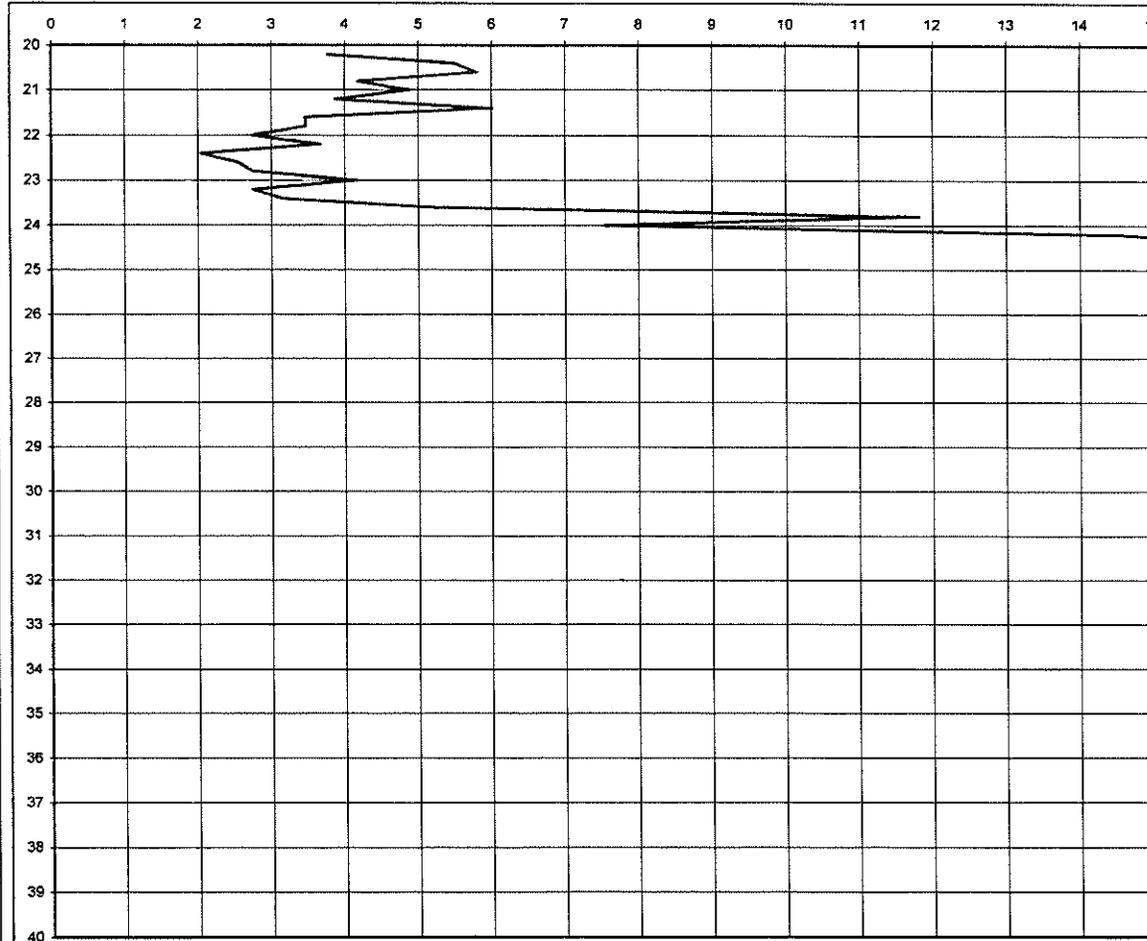
Data prova : 28/07/2008

Codice lavoro: 2008.235

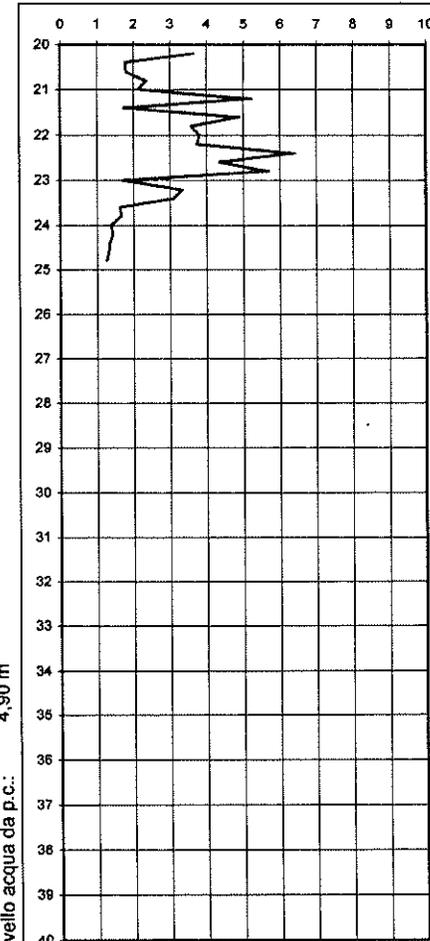
fs resistenza laterale (kPa)



qc resistenza alla punta (MPa)



Rf (%)



Livello acqua da p.c.: 4,90 m

Note: ---

| Procedura di prova | Normativa di riferimento | Rev. | Data emissione | Sperimentatore | Il Direttore di Laboratorio |
|--------------------|--------------------------|------|----------------|----------------|-----------------------------|
| IP_2 | ASTM D 3441-94 | 0 | 28/07/2008 | Dr. Tabarroni | Dr. Luca Conti |

GEO-PROBE S.r.l. Indagini Geognostiche

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Allegato 4 -

SCHEDA STRATIGRAFICHE DEI POZZI ANALIZZATI

3307

Carta N° **0.354**

COMPENSORIO

COMUNE-Istat

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |

POZZO N.1

Ditta Ente Regionale Sviluppo Agricolo Emilia-Romagna

residente a Bologna in Via S. Felice, 25

Pozzo ad uso industriale (vario) in Comune di Ferrara

Frazione _____ Località Chiesuol del Fosso Mapp.N° _____ /Fg. _____

Data di ultimazione della perforazione: 16/3/1974

Ditta perforatrice: Rabitti Archimede

CARATTERISTICHE DEL POZZO

*avanpozzo (si o ~~no~~) 216
 *diametro interno tubi mm. _____
155
 *profondità mt. 201

EQUIPAGGIAMENTO

*tipo della pompa sommersa
 *potenza Cv 30
~~kw~~
 *prevalenza mt. 68
 *portata lt/sec. 20

Livello statico mt. _____
 Portata pozzo: lt/sec. 50
 Superficie irrigata:
 ha. _____ are _____ ca. _____
 Consumo giornaliero (24 ore):
 metri cubi _____

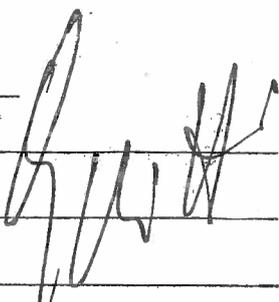
STRATIGRAFIA DEL TERRENO

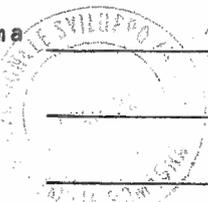
| Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati | Falde captate |
|--|---------------|
| -da mt. <u>0</u> a mt. <u>13,50</u> argilla | |
| -da mt. <u>13,50</u> a mt. <u>38</u> sabbia e argilla | |
| -da mt. <u>38</u> a mt. <u>50</u> sabbia | |
| -da mt. <u>50</u> a mt. <u>67,50</u> argilla mista | |
| -da mt. <u>67,50</u> a mt. <u>90</u> argilla plastica | |
| -da mt. <u>90</u> a mt. <u>129</u> sabbia mista | X |
| -da mt. <u>129</u> a mt. <u>184</u> argilla | |
| -da mt. <u>184</u> a mt. <u>201</u> sabbia | X |

Localizzazione del pozzo

| | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------------|-----|-----------|
| Long. | <u>410</u> | Lat. | <u>070</u> | Ha. | <u>09</u> |
| Quota piano campagna: m.s.l.m. | | | | | |

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera.

Data 28/9/1977
 Firma 



ANNOTAZIONI: _____

N.B. : Qualora la Ditta sia in possesso di referti di analisi dell'acqua del pozzo, rilasciati da Laboratori o Gabinetti, è invitata ad allegarne copia.

L'acqua prelevata dal pozzo serve ai seguenti usi (anche contemporanei) :

acquedottistico
 irriguo:
 tipo di coltura: a _____ sup. ha _____
 b _____ sup. ha _____
 c _____ sup. ha _____
 d _____ sup. ha _____
 Totale ha _____

zootecnico:
 specie animali: a _____ N° capi _____
 b _____ N° capi _____
 c _____ N° capi _____
 Totale capi _____

trasformazione o conservazione prodotti agricoli
 prodotti della lavorazione: _____

altre attività connesse con l'agricoltura:
 esercizio e noleggio di macchine agricole o di altri mezzi tecnici

industriale o manifatturiero
 prodotti della lavorazione: _____

materiale lavorato: _____

vario: antincendio - condizionamento aria - ricreativo - ~~allevamento a pesce~~ ~~allevamento a bovino~~ - ~~allevamento a suino~~ - (cancellare quanto non interessa) - frigo sperimentale

| per giorni all'anno | per ore al giorno | Consumo annuo totale in | |
|---------------------|-------------------|-------------------------|-----|
| | | mc. | ql. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

● Il pozzo è provvisto di: elettropompa ~~sommersa~~ sommersa motopompa sommersa/non sommersa
 contatore impianto di riciclaggio/ravvenamento

● Dopo l'utilizzazione da parte della Ditta dichiarante, l'acqua del pozzo viene ulteriormente impiegata dalla Ditta _____
 residente a _____ in Via _____ N° _____
 per i seguenti usi: _____

● Il fabbisogno idrico totale della Ditta viene soddisfatto anche:
 dalla rete acquedottistica dalla rete irrigua da derivazioni e/o da attingimento di acque superficiali da acque residue di altre Ditte.

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Allegato 5 -

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI – SOFTWARE GEOSTRU

SCPTU1 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Cu (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|--------------|--------------------------|
| Strato 1 | 0,40 | 11,01 | 0,39 | 0,0 | 0,0 | Terzaghi | 0,55 |
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Terzaghi | 2,21 |
| Strato 3 | 9,22 | 9,87 | 0,45 | 1,1 | 1,1 | Terzaghi | 0,49 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Terzaghi | 0,69 |
| Strato 6 | 21,66 | 14,88 | 0,51 | 3,3 | 3,3 | Terzaghi | 0,74 |
| Strato 8 | 27,92 | 13,61 | 0,30 | 5,3 | 5,3 | Terzaghi | 0,68 |

Modulo edometrico E_{ed}

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | E _{ed} (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|-----------------|---------------------------------------|
| Strato 1 | 0,40 | 11,01 | 0,39 | 0,0 | 0,0 | Metodo generale | 45.43 |
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Metodo generale | 88.30 |
| Strato 3 | 9,22 | 9,87 | 0,45 | 1,1 | 1,1 | Metodo generale | 43.27 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Metodo generale | 48.30 |
| Strato 6 | 21,66 | 14,88 | 0,51 | 3,3 | 3,3 | Metodo generale | 48.42 |
| Strato 8 | 27,92 | 13,61 | 0,30 | 5,3 | 5,3 | Metodo generale | 48.18 |

Modulo di deformazione non drenato E_u

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | E _u (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|---------------|--------------------------------------|
| Strato 1 | 0,40 | 11,01 | 0,39 | 0,0 | 0,0 | Cancelli 1980 | 411,43 |
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Cancelli 1980 | 1648,32 |
| Strato 3 | 9,22 | 9,87 | 0,45 | 1,1 | 1,1 | Cancelli 1980 | 329,82 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Cancelli 1980 | 449,07 |
| Strato 6 | 21,66 | 14,88 | 0,51 | 3,3 | 3,3 | Cancelli 1980 | 432,41 |
| Strato 8 | 27,92 | 13,61 | 0,30 | 5,3 | 5,3 | Cancelli 1980 | 311,58 |

Grado di sovraconsolidazione

| | Prof. Strato | qc | fs | Tensione | Tensione | Correlazione | Ocr |
|--|--------------|----|----|----------|----------|--------------|-----|
|--|--------------|----|----|----------|----------|--------------|-----|

| | (m) | (Kg/cm ²) | (Kg/cm ²) | litostatica totale (Kg/cm ²) | litostatica efficace (Kg/cm ²) | | |
|----------|-------|-----------------------|-----------------------|--|--|--------------------------|------|
| Strato 1 | 0,40 | 11,01 | 0,39 | 0,0 | 0,0 | Piacentini Righi 1978 | >9 |
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Piacentini Righi 1978 | >9 |
| Strato 3 | 9,22 | 9,87 | 0,45 | 1,1 | 1,1 | Piacentini Righi 1978 | 2,94 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Piacentini Righi 1978 | 0,69 |
| Strato 6 | 21,66 | 14,88 | 0,51 | 3,3 | 3,3 | Piacentini Righi 1978 | 0,99 |
| Strato 8 | 27,92 | 13,61 | 0,30 | 5,3 | 5,3 | Piacentini Righi 1978 | <0.5 |

Peso unità di volume

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--------------|--|
| Strato 1 | 0,40 | 11,01 | 0,39 | 0,0 | 0,0 | Meyerhof | 1,87 |
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Meyerhof | 2,11 |
| Strato 3 | 9,22 | 9,87 | 0,45 | 1,1 | 1,1 | Meyerhof | 1,83 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Meyerhof | 1,89 |
| Strato 6 | 21,66 | 14,88 | 0,51 | 3,3 | 3,3 | Meyerhof | 1,88 |
| Strato 8 | 27,92 | 13,61 | 0,30 | 5,3 | 5,3 | Meyerhof | 1,83 |

Peso unità di volume saturo

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--------------|--|
| Strato 1 | 0,40 | 11,01 | 0,39 | 0,0 | 0,0 | Meyerhof | 1,95 |
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Meyerhof | 2,19 |
| Strato 3 | 9,22 | 9,87 | 0,45 | 1,1 | 1,1 | Meyerhof | 1,91 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Meyerhof | 1,97 |
| Strato 6 | 21,66 | 14,88 | 0,51 | 3,3 | 3,3 | Meyerhof | 1,96 |
| Strato 8 | 27,92 | 13,61 | 0,30 | 5,3 | 5,3 | Meyerhof | 1,91 |

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Densità relativa (%) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|----------------------|----------------------------|
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Jamiolkowski 1985 | 90,73 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Jamiolkowski 1985 | 5,00 |
| Strato 5 | 11,98 | 63,00 | 0,27 | 2,2 | 2,2 | Jamiolkowski 1985 | 31,29 |
| Strato 7 | 25,08 | 83,24 | 0,30 | 4,7 | 4,7 | Jamiolkowski | 17,89 |

| | | | | | | | |
|----------|-------|--------|------|-----|-----|----------------------|-------|
| | | | | | | 1985 | |
| Strato 9 | 30,30 | 103,11 | 0,27 | 5,8 | 5,8 | Jamiolkowski 1985 | 17,63 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--------------|----------------------------|
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Schmertmann | 39,88 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Schmertmann | 28,70 |
| Strato 5 | 11,98 | 63,00 | 0,27 | 2,2 | 2,2 | Schmertmann | 32,55 |
| Strato 7 | 25,08 | 83,24 | 0,30 | 4,7 | 4,7 | Schmertmann | 31,17 |
| Strato 9 | 30,30 | 103,11 | 0,27 | 5,8 | 5,8 | Schmertmann | 31,42 |

Modulo Edometrico

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--|---|
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Robertson & Campanella da Schmertmann | 70,62 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Robertson & Campanella da Schmertmann | 26,89 |
| Strato 5 | 11,98 | 63,00 | 0,27 | 2,2 | 2,2 | Robertson & Campanella da Schmertmann | 53,43 |
| Strato 7 | 25,08 | 83,24 | 0,30 | 4,7 | 4,7 | Robertson & Campanella da Schmertmann | 74,92 |
| Strato 9 | 30,30 | 103,11 | 0,27 | 5,8 | 5,8 | Robertson & Campanella da Schmertmann | 90,61 |

Grado di sovraconsolidazione

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Ocr |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|------------------------|------|
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Larsson 1991 S.G.I. | 0,76 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Larsson 1991 S.G.I. | <0.5 |
| Strato 5 | 11,98 | 63,00 | 0,27 | 2,2 | 2,2 | Larsson 1991 S.G.I. | <0.5 |
| Strato 7 | 25,08 | 83,24 | 0,30 | 4,7 | 4,7 | Larsson | <0.5 |

| | | | | | | | |
|----------|-------|--------|------|-----|-----|------------------------|------|
| | | | | | | 1991 S.G.I. | |
| Strato 9 | 30,30 | 103,11 | 0,27 | 5,8 | 5,8 | Larsson 1991 S.G.I. | <0.5 |

Peso unità di volume

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|--------------|--|
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Meyerhof | 1,90 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Meyerhof | 1,90 |
| Strato 5 | 11,98 | 63,00 | 0,27 | 2,2 | 2,2 | Meyerhof | 1,90 |
| Strato 7 | 25,08 | 83,24 | 0,30 | 4,7 | 4,7 | Meyerhof | 1,90 |
| Strato 9 | 30,30 | 103,11 | 0,27 | 5,8 | 5,8 | Meyerhof | 1,90 |

Peso unità di volume saturo

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|--------------|---|
| Strato 2 | 1,52 | 44,15 | 0,68 | 0,2 | 0,2 | Meyerhof | 2,20 |
| Strato 4 | 10,14 | 13,90 | 0,20 | 1,9 | 1,9 | Meyerhof | 2,20 |
| Strato 5 | 11,98 | 63,00 | 0,27 | 2,2 | 2,2 | Meyerhof | 2,20 |
| Strato 7 | 25,08 | 83,24 | 0,30 | 4,7 | 4,7 | Meyerhof | 2,20 |
| Strato 9 | 30,30 | 103,11 | 0,27 | 5,8 | 5,8 | Meyerhof | 2,20 |

CPTU2 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Cu (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|--------------|--------------------------|
| Strato 1 | 0,50 | 12,77 | 0,55 | 0,0 | 0,0 | Terzaghi | 0,64 |
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Terzaghi | 2,06 |
| Strato 3 | 4,58 | 14,02 | 0,71 | 0,6 | 0,6 | Terzaghi | 0,70 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Terzaghi | 0,98 |
| Strato 5 | 9,00 | 7,05 | 0,26 | 1,5 | 1,5 | Terzaghi | 0,35 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Terzaghi | 0,89 |
| Strato 7 | 17,90 | 9,71 | 0,36 | 2,8 | 2,8 | Terzaghi | 0,49 |
| Strato 8 | 20,00 | 28,19 | 0,86 | 3,7 | 3,7 | Terzaghi | 1,41 |

Modulo edometrico E_{ed}

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | E _{ed} (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|-----------------|---------------------------------------|
| Strato 1 | 0,50 | 12,77 | 0,55 | 0,0 | 0,0 | Metodo generale | 47.63 |
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Metodo | 82.52 |

| | | | | | | | |
|----------|-------|-------|------|-----|-----|-----------------|-------|
| | | | | | | generale | |
| Strato 3 | 4,58 | 14,02 | 0,71 | 0,6 | 0,6 | Metodo generale | 48.34 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Metodo generale | 42.91 |
| Strato 5 | 9,00 | 7,05 | 0,26 | 1,5 | 1,5 | Metodo generale | 35.39 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Metodo generale | 46.33 |
| Strato 7 | 17,90 | 9,71 | 0,36 | 2,8 | 2,8 | Metodo generale | 42.92 |
| Strato 8 | 20,00 | 28,19 | 0,86 | 3,7 | 3,7 | Metodo generale | 56.38 |

Modulo di deformazione non drenato Eu

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Eu (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|---------------|--------------------------|
| Strato 1 | 0,50 | 12,77 | 0,55 | 0,0 | 0,0 | Cancelli 1980 | 477,04 |
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Cancelli 1980 | 1541,85 |
| Strato 3 | 4,58 | 14,02 | 0,71 | 0,6 | 0,6 | Cancelli 1980 | 505,11 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Cancelli 1980 | 695,93 |
| Strato 5 | 9,00 | 7,05 | 0,26 | 1,5 | 1,5 | Cancelli 1980 | 209,17 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Cancelli 1980 | 589,34 |
| Strato 7 | 17,90 | 9,71 | 0,36 | 2,8 | 2,8 | Cancelli 1980 | 257,72 |
| Strato 8 | 20,00 | 28,19 | 0,86 | 3,7 | 3,7 | Cancelli 1980 | 918,81 |

Grado di sovraconsolidazione

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Ocr |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|-----------------------|------|
| Strato 1 | 0,50 | 12,77 | 0,55 | 0,0 | 0,0 | Piacentini Righi 1978 | >9 |
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Piacentini Righi 1978 | >9 |
| Strato 3 | 4,58 | 14,02 | 0,71 | 0,6 | 0,6 | Piacentini Righi 1978 | >9 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Piacentini Righi 1978 | 2,41 |
| Strato 5 | 9,00 | 7,05 | 0,26 | 1,5 | 1,5 | Piacentini Righi 1978 | 1,18 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Piacentini Righi 1978 | 1,06 |
| Strato 7 | 17,90 | 9,71 | 0,36 | 2,8 | 2,8 | Piacentini Righi 1978 | 0,83 |

| | | | | | | | |
|----------|-------|-------|------|-----|-----|--------------------------|------|
| Strato 8 | 20,00 | 28,19 | 0,86 | 3,7 | 3,7 | Piacentini Righi 1978 | 1,55 |
|----------|-------|-------|------|-----|-----|--------------------------|------|

Peso unità di volume

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--------------|--|
| Strato 1 | 0,50 | 12,77 | 0,55 | 0,0 | 0,0 | Meyerhof | 1,90 |
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Meyerhof | 2,09 |
| Strato 3 | 4,58 | 14,02 | 0,71 | 0,6 | 0,6 | Meyerhof | 1,91 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Meyerhof | 1,96 |
| Strato 5 | 9,00 | 7,05 | 0,26 | 1,5 | 1,5 | Meyerhof | 1,76 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Meyerhof | 1,93 |
| Strato 7 | 17,90 | 9,71 | 0,36 | 2,8 | 2,8 | Meyerhof | 1,79 |
| Strato 8 | 20,00 | 28,19 | 0,86 | 3,7 | 3,7 | Meyerhof | 2,01 |

Peso unità di volume saturo

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--------------|--|
| Strato 1 | 0,50 | 12,77 | 0,55 | 0,0 | 0,0 | Meyerhof | 1,98 |
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Meyerhof | 2,17 |
| Strato 3 | 4,58 | 14,02 | 0,71 | 0,6 | 0,6 | Meyerhof | 1,99 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Meyerhof | 2,04 |
| Strato 5 | 9,00 | 7,05 | 0,26 | 1,5 | 1,5 | Meyerhof | 1,84 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Meyerhof | 2,01 |
| Strato 7 | 17,90 | 9,71 | 0,36 | 2,8 | 2,8 | Meyerhof | 1,87 |
| Strato 8 | 20,00 | 28,19 | 0,86 | 3,7 | 3,7 | Meyerhof | 2,09 |

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Densità relativa (%) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|----------------------|----------------------------|
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Jamiolkowski 1985 | 97,46 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Jamiolkowski 1985 | 19,39 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Jamiolkowski 1985 | 5,00 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--------------|----------------------------|
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Schmertmann | 40,67 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Schmertmann | 29,40 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Schmertmann | 28,70 |

Modulo Edometrico

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|---------------------------------------|---|
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Robertson & Campanella da Schmertmann | 74,40 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Robertson & Campanella da Schmertmann | 20,68 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Robertson & Campanella da Schmertmann | 27,70 |

Grado di sovraconsolidazione

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Ocr |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|---------------------|------|
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Larsson 1991 S.G.I. | 0,63 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Larsson 1991 S.G.I. | <0.5 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Larsson 1991 S.G.I. | <0.5 |

Peso unità di volume

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|--------------|--|
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Meyerhof | 1,80 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Meyerhof | 1,80 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Meyerhof | 1,80 |

Peso unità di volume saturo

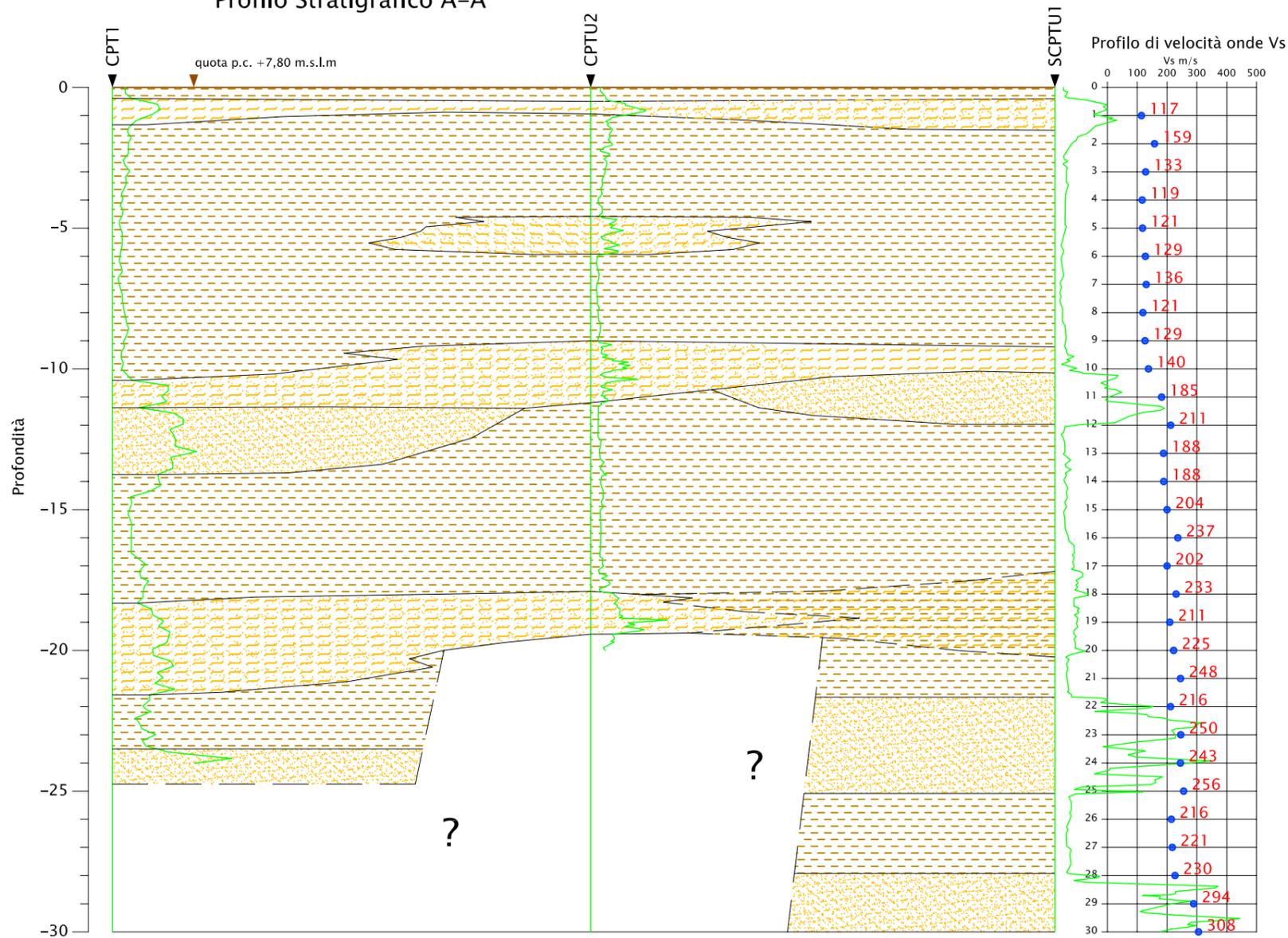
| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Tensione litostatica totale (Kg/cm ²) | Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|--------------|---|
| Strato 2 | 0,94 | 41,26 | 1,23 | 0,1 | 0,1 | Meyerhof | 2,10 |
| Strato 4 | 5,92 | 19,60 | 0,36 | 1,0 | 1,0 | Meyerhof | 2,10 |
| Strato 6 | 11,20 | 17,70 | 0,32 | 2,0 | 2,0 | Meyerhof | 2,10 |

| | | |
|--|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|--|--|---|

- Allegato 6 -

TAVOLA UNICA – PROFILI STRATIGRAFICI

Profilo Stratigrafico A-A'



Legenda

Litologie prevalenti:

- Argille
- Limi
- Sabbie

REGIONE EMILIA ROMAGNA
 PROVINCIA DI FERRARA
 COMUNE DI FERRARA



Synthesis s.r.l.

Piazza del Popolo, 13 int.5 - 44034 COPPARO (FE)
 Tel. 0532 860546 Fax 0532 385035
 www.synthesisr.com - info@synthesisr.com

Regione EMILIA-ROMAGNA
 via Aldo Moro civ. 52 - 40127 Bologna

Edificio EX-COO
 via Bologna civ. 534 - 40100 Ferrara

STUDIO DI VULNERABILITA' SISMICA

TAVOLA Unica

Scala orizzontale 1:2000
 Scala verticale 1:200

PROFILI STRATIGRAFICI

Progettista:
 Dr. Geol. Roberta Luetti

Elaborazione dati:
 Dr. Geol. Giacomo Schiavina

data compilazione:
 19/08/2014

riferimento interno:
 147/14-Sy-Rev00

nome file:
 Profilo_Stratigrafico_147_14_Sy_Rev00.dwg

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Allegato 7 -

TABELLA RIASSUNTIVA EVENTI SISMICI - ISIDE

Valori ricercati dal 01/01/2005 al 18/08/2014 per il comune di Ferrara ed un'area con distanza di 50 km.

I valori della magnitudo ricercata sono compresi da 3.00 a 10.00. Il numero totale dei terremoti registrati è 221.

| Tempo Origine (UTC) | Latitudine | Longitudine | Profondità | Magnitudo | Fonte |
|---------------------|------------|-------------|------------|-----------|----------|
| 6/9/13 1.45 | 44,875 | 11,277 | 4,50 | 3,4--MI | SURVEY |
| 4/9/13 7.03 | 44,870 | 11,289 | 2,70 | 3,3--MI | SURVEY |
| 4/5/13 5.11 | 44,868 | 11,445 | 8,00 | 3,8--ml | SURVEY |
| 24/3/13 3.08 | 44,886 | 11,280 | 5,00 | 3,0--ml | SURVEY |
| 24/3/13 3.08 | 44,912 | 11,233 | 9,00 | 3,0--MI | SURVEY |
| 5/1/13 21.26 | 45,110 | 11,637 | 5,00 | 3,0--MI | SURVEY |
| 13/11/12 15.09 | 44,902 | 11,353 | 7,60 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 14/9/12 2.47 | 44,828 | 11,439 | 8,70 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 6/8/12 18.26 | 44,870 | 11,259 | 9,80 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 16/7/12 10.06 | 44,851 | 11,230 | 9,20 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 1/7/12 21.02 | 44,857 | 11,225 | 9,20 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 25/6/12 6.18 | 44,856 | 11,417 | 7,40 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 23/6/12 20.18 | 44,863 | 11,272 | 9,20 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 19/6/12 21.48 | 44,881 | 11,024 | 2,70 | 3,5--ML | REMO |
| 18/6/12 22.02 | 44,865 | 10,979 | 9,10 | 3,2--ML | REMO |
| 15/6/12 22.13 | 44,852 | 11,278 | 8,30 | 3,8--ML | REMO |
| 15/6/12 8.59 | 44,849 | 11,237 | 8,00 | 3,7--ML | REMO |
| 14/6/12 6.48 | 44,878 | 10,986 | 8,60 | 3,6--ML | REMO |
| 12/6/12 19.09 | 44,838 | 11,226 | 9,80 | 3,1--ML | REMO |
| 11/6/12 23.26 | 44,888 | 11,016 | 9,50 | 3,0--ML | REMO |
| 9/6/12 13.25 | 44,871 | 11,084 | 8,00 | 3,4--ML | REMO |
| 9/6/12 5.47 | 44,852 | 11,280 | 8,60 | 3,0--ML | REMO |
| 7/6/12 18.00 | 44,859 | 11,128 | 6,90 | 3,4--ML | REMO |
| 4/6/12 21.59 | 44,876 | 11,080 | 3,30 | 3,0--ML | REMO |
| 4/6/12 4.47 | 44,881 | 11,053 | 7,90 | 3,2--ML | REMO |
| 3/6/12 23.39 | 44,852 | 11,131 | 7,20 | 3,3--ML | REMO |
| 2/6/12 10.15 | 44,883 | 11,016 | 6,80 | 3,3--ML | REMO |
| 2/6/12 6.09 | 44,881 | 10,996 | 8,70 | 3,0--ML | REMO |
| 1/6/12 22.50 | 44,885 | 11,236 | 4,80 | 3,2--ML | REMO |
| 31/5/12 19.43 | 44,876 | 11,023 | 9,60 | 3,2--ML | REMO |
| 31/5/12 19.04 | 44,881 | 10,984 | 6,80 | 3,8--Mw | REMO |
| 31/5/12 18.55 | 44,879 | 10,978 | 10,40 | 3,6--ML | REMO |
| 31/5/12 11.18 | 44,792 | 11,452 | 9,40 | 3,2--ML | REMO |
| 31/5/12 4.21 | 44,842 | 11,227 | 8,60 | 3,6--ML | REMO |
| 30/5/12 14.15 | 44,861 | 11,082 | 7,80 | 3,0--ML | REMO |

| | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|---------|----------|
| 30/5/12 12.01 | 44,872 | 11,072 | 3,50 | 3,2--ML | REMO |
| 30/5/12 8.48 | 44,831 | 11,160 | 9,80 | 3,3--ML | REMO |
| 30/5/12 7.25 | 44,871 | 11,083 | 7,90 | 3,1--ML | REMO |
| 30/5/12 3.15 | 44,897 | 11,038 | 7,50 | 3,0--ML | REMO |
| 30/5/12 2.46 | 44,888 | 11,045 | 5,90 | 3,2--ML | REMO |
| 29/5/12 21.17 | 44,861 | 11,081 | 8,60 | 3,1--ML | REMO |
| 29/5/12 19.25 | 44,872 | 11,026 | 4,00 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 18.59 | 44,853 | 11,178 | 7,70 | 3,2--ML | REMO |
| 29/5/12 18.52 | 44,881 | 11,001 | 7,80 | 3,1--ML | REMO |
| 29/5/12 18.44 | 44,855 | 11,106 | 3,30 | 3,1--ML | REMO |
| 29/5/12 18.14 | 44,860 | 11,210 | 9,30 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 16.22 | 44,887 | 11,045 | 6,40 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 15.31 | 44,861 | 11,146 | 6,00 | 3,1--ML | REMO |
| 29/5/12 15.11 | 44,917 | 10,986 | 7,90 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 14.57 | 44,862 | 11,117 | 3,70 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 14.39 | 44,891 | 11,028 | 8,00 | 3,9--ML | REMO |
| 29/5/12 14.31 | 44,896 | 11,008 | 7,90 | 3,5--ML | REMO |
| 29/5/12 14.30 | 44,860 | 11,080 | 8,00 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 11.44 | 44,889 | 10,988 | 7,80 | 3,1--ML | REMO |
| 29/5/12 11.19 | 44,889 | 11,031 | 6,10 | 3,1--ML | REMO |
| 29/5/12 11.18 | 44,875 | 11,028 | 7,50 | 3,1--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 11.13 | 44,871 | 11,047 | 21,60 | 3,3--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 11.10 | 44,880 | 11,040 | 2,90 | 3,2--ML | REMO |
| 29/5/12 11.07 | 44,893 | 11,033 | 8,00 | 4,0--ML | REMO |
| 29/5/12 11.00 | 44,866 | 10,976 | 7,20 | 5,1--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 10.55 | 44,865 | 10,980 | 4,40 | 5,3--Mw | REMO |
| 29/5/12 10.27 | 44,870 | 11,102 | 9,90 | 3,6--ML | REMO |
| 29/5/12 10.26 | 44,881 | 11,122 | 9,20 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 10.03 | 44,857 | 11,101 | 2,50 | 4,0--ML | REMO |
| 29/5/12 9.30 | 44,860 | 11,093 | 5,90 | 3,7--Mw | REMO |
| 29/5/12 9.29 | 44,884 | 11,002 | 6,40 | 4,1--ML | REMO |
| 29/5/12 9.24 | 44,861 | 11,007 | 9,50 | 3,5--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 9.14 | 44,890 | 11,028 | 7,50 | 3,5--ML | REMO |
| 29/5/12 9.03 | 44,847 | 11,133 | 4,40 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 9.01 | 44,896 | 11,010 | 6,20 | 3,5--ML | REMO |
| 29/5/12 8.35 | 44,881 | 11,024 | 7,80 | 3,9--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 8.31 | 44,860 | 11,114 | 7,90 | 3,1--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 8.27 | 44,883 | 11,042 | 6,00 | 4,6--ML | REMO |
| 29/5/12 8.18 | 44,855 | 11,025 | 8,60 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 8.15 | 44,860 | 11,084 | 6,80 | 3,7--ML | REMO |
| 29/5/12 8.14 | 44,848 | 11,152 | 6,40 | 3,9--ML | REMO |

| | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|---------|----------|
| 29/5/12 8.12 | 44,890 | 11,028 | 7,40 | 3,5--ML | REMO |
| 29/5/12 8.04 | 44,856 | 11,067 | 9,30 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 8.00 | 44,886 | 11,116 | 18,80 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 7.59 | 44,876 | 11,056 | 7,40 | 3,3--ML | REMO |
| 29/5/12 7.55 | 44,878 | 11,073 | 8,10 | 3,1--ML | REMO |
| 29/5/12 7.54 | 44,872 | 11,051 | 10,50 | 3,2--ML | REMO |
| 29/5/12 7.49 | 44,861 | 11,130 | 4,20 | 3,7--ML | REMO |
| 29/5/12 7.44 | 44,874 | 11,023 | 9,80 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 7.42 | 44,875 | 11,036 | 7,20 | 3,0--ML | REMO |
| 29/5/12 7.35 | 44,882 | 11,068 | 10,60 | 3,2--ML | REMO |
| 29/5/12 7.34 | 44,906 | 11,006 | 8,40 | 3,7--ML | REMO |
| 29/5/12 7.32 | 44,851 | 11,141 | 7,60 | 3,2--ML | REMO |
| 29/5/12 7.30 | 44,860 | 11,054 | 5,40 | 3,2--ML | REMO |
| 29/5/12 7.27 | 44,868 | 11,095 | 8,60 | 3,2--ML | REMO |
| 29/5/12 7.20 | 44,861 | 11,104 | 8,20 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 7.18 | 44,853 | 11,072 | 11,00 | 3,5--ML | REMO |
| 29/5/12 7.17 | 44,865 | 11,071 | 8,50 | 3,2--ML | REMO |
| 29/5/12 7.14 | 44,884 | 11,128 | 10,10 | 3,5--ML | REMO |
| 29/5/12 7.13 | 44,850 | 11,149 | 7,80 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 7.12 | 44,858 | 11,159 | 6,50 | 3,8--ML | REMO |
| 29/5/12 7.11 | 44,853 | 11,112 | 7,70 | 3,6--ML | REMO |
| 29/5/12 7.09 | 44,864 | 11,102 | 7,70 | 3,6--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 7.08 | 44,811 | 11,189 | 9,30 | 3,6--ML | BULLETIN |
| 29/5/12 7.07 | 44,846 | 10,990 | 3,50 | 4,0--ML | REMO |
| 29/5/12 7.00 | 44,842 | 11,066 | 8,10 | 5,6--Mw | REMO |
| 28/5/12 21.27 | 44,838 | 11,225 | 9,00 | 3,2--ML | REMO |
| 28/5/12 20.18 | 44,856 | 11,136 | 6,50 | 3,0--ML | REMO |
| 28/5/12 15.19 | 44,858 | 11,308 | 3,70 | 3,1--ML | REMO |
| 27/5/12 20.25 | 44,857 | 11,168 | 4,50 | 3,8--ML | REMO |
| 27/5/12 18.18 | 44,871 | 11,164 | 6,00 | 3,8--Mw | REMO |
| 27/5/12 6.39 | 44,832 | 11,349 | 7,30 | 3,1--ML | REMO |
| 27/5/12 2.55 | 44,841 | 11,357 | 5,00 | 3,2--ML | REMO |
| 26/5/12 21.07 | 44,826 | 11,163 | 10,20 | 3,8--ML | REMO |
| 26/5/12 16.46 | 44,842 | 11,230 | 8,90 | 3,2--ML | REMO |
| 26/5/12 16.23 | 44,790 | 11,422 | 9,60 | 3,2--ML | REMO |
| 26/5/12 5.51 | 44,841 | 11,226 | 8,90 | 3,4--ML | REMO |
| 25/5/12 13.54 | 44,867 | 11,086 | 3,10 | 3,4--ML | REMO |
| 25/5/12 13.14 | 44,869 | 11,090 | 4,00 | 3,7--Mw | REMO |
| 25/5/12 12.45 | 44,865 | 11,087 | 3,80 | 3,8--ML | REMO |
| 25/5/12 10.31 | 44,841 | 11,222 | 8,90 | 3,9--ML | REMO |
| 25/5/12 5.27 | 44,858 | 11,315 | 7,50 | 3,2--ML | REMO |

| | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|---------|----------|
| 24/5/12 14.34 | 44,846 | 11,245 | 7,80 | 3,3--ML | REMO |
| 24/5/12 6.26 | 44,837 | 11,160 | 8,50 | 3,4--ML | REMO |
| 24/5/12 4.29 | 44,881 | 11,300 | 3,10 | 3,1--ML | REMO |
| 23/5/12 23.27 | 44,873 | 11,133 | 3,80 | 3,0--ML | REMO |
| 23/5/12 21.41 | 44,846 | 11,244 | 8,70 | 3,8--Mw | REMO |
| 23/5/12 16.41 | 44,858 | 11,087 | 7,00 | 3,2--ML | REMO |
| 23/5/12 14.17 | 44,864 | 11,084 | 6,70 | 3,0--ML | REMO |
| 23/5/12 8.48 | 44,801 | 11,433 | 6,00 | 3,2--ML | REMO |
| 23/5/12 6.51 | 44,853 | 11,189 | 6,20 | 3,7--ML | REMO |
| 22/5/12 12.46 | 44,880 | 11,202 | 7,00 | 3,4--ML | BULLETIN |
| 22/5/12 9.53 | 44,855 | 11,219 | 7,70 | 3,0--ML | REMO |
| 22/5/12 9.31 | 44,859 | 11,234 | 7,50 | 3,8--ML | REMO |
| 22/5/12 8.21 | 44,849 | 11,088 | 12,20 | 3,2--ML | REMO |
| 22/5/12 6.11 | 44,858 | 11,070 | 9,00 | 3,7--ML | REMO |
| 22/5/12 1.55 | 44,842 | 11,218 | 8,00 | 3,2--ML | REMO |
| 21/5/12 18.36 | 44,862 | 11,293 | 4,20 | 3,3--ML | REMO |
| 21/5/12 18.35 | 44,861 | 11,234 | 8,10 | 3,6--ML | REMO |
| 21/5/12 18.30 | 44,852 | 11,396 | 4,00 | 3,0--ML | REMO |
| 21/5/12 18.02 | 44,857 | 11,233 | 7,90 | 3,5--ML | REMO |
| 21/5/12 18.00 | 44,856 | 11,238 | 4,00 | 3,4--ML | REMO |
| 21/5/12 17.25 | 44,858 | 11,133 | 3,80 | 3,1--ML | REMO |
| 21/5/12 16.37 | 44,866 | 11,306 | 3,60 | 4,1--ML | REMO |
| 21/5/12 16.32 | 44,839 | 11,232 | 8,50 | 3,4--ML | REMO |
| 21/5/12 13.06 | 44,885 | 11,259 | 4,00 | 3,3--ML | REMO |
| 21/5/12 9.20 | 44,830 | 11,091 | 8,70 | 3,1--ML | REMO |
| 21/5/12 8.04 | 44,872 | 11,222 | 6,30 | 3,1--ML | REMO |
| 21/5/12 8.01 | 44,872 | 11,222 | 6,60 | 3,3--ML | REMO |
| 21/5/12 2.35 | 44,854 | 11,173 | 5,80 | 3,1--ML | REMO |
| 21/5/12 1.03 | 44,850 | 11,112 | 5,50 | 3,8--ML | REMO |
| 20/5/12 23.04 | 44,841 | 11,323 | 6,90 | 3,7--ML | REMO |
| 20/5/12 22.22 | 44,805 | 11,416 | 5,80 | 3,6--ML | REMO |
| 20/5/12 19.26 | 44,862 | 11,160 | 4,10 | 3,1--ML | REMO |
| 20/5/12 18.11 | 44,862 | 11,235 | 7,60 | 3,3--ML | REMO |
| 20/5/12 18.01 | 44,890 | 11,251 | 4,00 | 3,0--ML | REMO |
| 20/5/12 17.52 | 44,856 | 11,226 | 8,30 | 3,1--ML | REMO |
| 20/5/12 17.40 | 44,885 | 11,244 | 3,70 | 3,6--ML | REMO |
| 20/5/12 17.38 | 44,880 | 11,253 | 3,70 | 4,6--ML | REMO |
| 20/5/12 17.37 | 44,865 | 11,305 | 5,40 | 4,2--Mw | REMO |
| 20/5/12 17.20 | 44,868 | 11,266 | 4,30 | 3,1--ML | REMO |
| 20/5/12 16.50 | 44,865 | 11,209 | 4,00 | 3,0--ML | REMO |
| 20/5/12 14.51 | 44,864 | 11,294 | 6,20 | 3,8--ML | REMO |

| | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|---------|----------|
| 20/5/12 13.21 | 44,833 | 11,351 | 8,30 | 4,1--ML | REMO |
| 20/5/12 13.18 | 44,814 | 11,441 | 3,40 | 4,9--Mw | REMO |
| 20/5/12 13.01 | 44,879 | 11,288 | 4,60 | 3,3--ML | REMO |
| 20/5/12 12.50 | 44,852 | 11,298 | 8,50 | 3,9--ML | REMO |
| 20/5/12 11.22 | 44,883 | 11,218 | 7,50 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 10.59 | 44,875 | 11,332 | 8,40 | 3,5--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 10.51 | 44,879 | 11,223 | 7,60 | 3,3--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 10.12 | 44,893 | 11,137 | 6,80 | 3,8--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 9.13 | 44,868 | 11,236 | 7,20 | 4,2--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 8.47 | 44,898 | 11,185 | 10,00 | 3,4--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 8.15 | 44,887 | 11,092 | 5,40 | 3,6--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 7.42 | 44,847 | 11,153 | 8,80 | 3,4--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 7.33 | 44,834 | 11,549 | 10,00 | 3,1--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 7.23 | 44,873 | 11,409 | 5,00 | 3,6--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 6.32 | 44,888 | 11,101 | 6,80 | 3,3--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 6.13 | 44,884 | 11,173 | 6,10 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 4.57 | 44,890 | 11,130 | 26,30 | 3,1--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 4.50 | 44,919 | 11,258 | 10,00 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 4.33 | 44,886 | 11,188 | 7,00 | 3,3--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 3.34 | 44,873 | 11,228 | 7,00 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 3.32 | 44,861 | 11,386 | 6,30 | 3,3--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 3.24 | 44,823 | 11,090 | 10,00 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 3.09 | 44,901 | 11,214 | 5,50 | 3,7--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 3.09 | 44,738 | 11,447 | 10,00 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 3.07 | 44,896 | 11,123 | 5,70 | 3,7--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 3.02 | 44,860 | 11,152 | 9,10 | 5,0--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 3.00 | 44,786 | 11,414 | 5,00 | 3,1--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.57 | 44,850 | 11,260 | 6,40 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.54 | 44,897 | 11,103 | 3,50 | 3,0--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.52 | 44,898 | 11,106 | 4,60 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.46 | 44,847 | 11,366 | 5,00 | 3,4--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.42 | 44,841 | 11,176 | 9,80 | 3,7--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.41 | 44,894 | 11,201 | 5,00 | 3,3--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.40 | 44,834 | 11,361 | 10,30 | 3,6--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.39 | 44,881 | 11,227 | 6,60 | 4,0--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.37 | 44,888 | 11,140 | 5,50 | 3,7--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.35 | 44,825 | 11,479 | 25,90 | 4,0--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.34 | 44,841 | 11,382 | 6,60 | 3,3--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.32 | 44,913 | 11,242 | 8,40 | 3,7--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.29 | 44,836 | 11,431 | 5,00 | 3,5--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.26 | 44,876 | 11,375 | 7,30 | 3,6--ML | BULLETIN |

| | | | | | |
|----------------|--------|--------|-------|---------|----------|
| 20/5/12 2.25 | 44,851 | 11,306 | 6,40 | 3,9--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.24 | 44,899 | 11,201 | 4,40 | 3,5--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.21 | 44,890 | 11,115 | 4,90 | 4,0--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.20 | 44,867 | 11,398 | 5,00 | 3,7--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.19 | 44,828 | 11,513 | 5,00 | 3,4--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.16 | 44,885 | 11,093 | 6,00 | 3,2--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.12 | 44,870 | 11,219 | 6,70 | 4,3--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.11 | 44,860 | 11,341 | 10,90 | 4,3--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.09 | 44,834 | 11,340 | 4,90 | 4,3--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.07 | 44,874 | 11,270 | 6,10 | 5,0--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.06 | 44,905 | 11,165 | 4,30 | 4,8--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.06 | 44,879 | 11,120 | 5,00 | 4,8--ML | BULLETIN |
| 20/5/12 2.03 | 44,896 | 11,264 | 9,50 | 5,8--Mw | BULLETIN |
| 19/5/12 23.13 | 44,911 | 11,247 | 9,30 | 4,0--Mw | BULLETIN |
| 4/11/11 11.05 | 44,733 | 11,495 | 31,60 | 3,0--ml | BULLETIN |
| 27/7/11 1.13 | 44,993 | 11,315 | 2,00 | 3,0--ml | BULLETIN |
| 17/7/11 18.30 | 45,010 | 11,367 | 2,40 | 4,5--Mw | BULLETIN |
| 17/7/11 18.22 | 45,023 | 11,300 | 4,40 | 3,1--ml | BULLETIN |
| 16/9/10 6.20 | 44,417 | 10,987 | 25,20 | 3,3--ml | BULLETIN |
| 16/11/09 22.21 | 44,878 | 11,415 | 1,00 | 3,0--ml | BULLETIN |
| 23/7/08 3.22 | 44,893 | 11,193 | 2,00 | 3,2--ml | BULLETIN |
| 7/6/08 4.25 | 44,890 | 11,271 | 1,30 | 3,0--ml | BULLETIN |

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

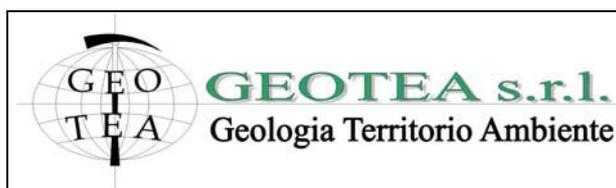
- Allegato 8 -

RAPPORTO INDAGINE SISMICA

COMUNE DI FERRARA

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA

Determinazione della categoria di suolo di fondazione eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio S entro 30 m di profondità (V_{s30}) dei terreni costituenti l'area sita in via Bologna presso sede ARPA.



GEOTE SRL
Via della Tecnica 57/A4
40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel 0516255377 – Cell 349 7846581
Fax 0514998378
E-mail geotea.srl@database.it

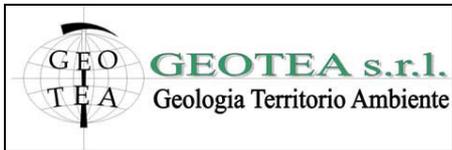


Committente: **SYNTHESIS S.R.L.**

Dott. Geol. Stefano Maggi

Data indagine 01/08/2014

Commessa 14.185



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

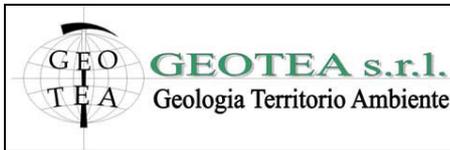
| | |
|----------------------|--|
| SOMMARIO..... | |
| 2 | IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO _____ 3 |
| 3 | PREMESSE _____ 4 |
| 4 | DESCRIZIONE DELLE INDAGINI _____ 5 |
| 4.1 | Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata _____ 5 |
| 5 | Risultati indagine _____ 6 |
| 5.1 | TECNICA HVSR _____ 6 |
| 6 | MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO _____ 8 |
| 7 | CONCLUSIONI _____ 9 |
| 8 | DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA _____ 10 |
| 9 | UBICAZIONE PROVE _____ 11 |



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

2 IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

- Il presente documento viene identificato con il numero 14.185 rev. n°0;
- Le indagini e il lavoro svolto sono stati coordinati dal Dott. Geol. Stefano Maggi;
- Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Stefano Maggi in data 04/08/2014;
- Il documento si compone di n°11 fogli



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

3 PREMESSE

Presso l'area sita in via Bologna, presso la sede ARPA, nel comune di Ferrara, in data 01/08/2014 è stata effettuata un'indagine geofisica mediante misura a stazione singola con tecnica *HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)* al fine di ottenere la classificazione del tipo di suolo presente nel sito, sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio verticali (V_s) entro i primi 30 m di profondità, in ottemperanza a quanto riportato nel decreto del Ministero delle Infrastrutture, 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" (pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento ordinario n. 30).

La presente indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di:

- N. 2 misure a stazione singola con tecnica HVSR (HVSR1 e HVSR2)

Le misure a stazione singola sono state eseguite con tromografo digitale modello Tromino® Engy. Il profilo di V_s è stato modellato agganciando le misure HVSR a due prove SCPTU spinte fino a 30 m ed eseguite dalla committenza.

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è "GRILLA"© Release 2010 ver. 6.0 beta (All rights reserved).

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

4 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI

4.1 Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata

Il metodo *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) proposto da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente modificato da Nakamura (1989), si basa sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del rumore sismico registrato in un sito. Il rumore sismico è presente ovunque ed è generato sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) che dall'attività antropica. Il rumore sismico è indicato spesso come microtremore poiché è caratterizzato da oscillazioni molto deboli (dell'ordine dei $\mu\text{m/s}$). I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma soprattutto da onde superficiali, la cui velocità è comunque prossima a quella delle onde S (Mulargia et al., 2007). La tecnica di misura del rumore sismico richiede tempi di registrazione pari a 14-30 minuti e necessita di sensori tridirezionali da sismologia con messa in bolla, digitalizzatore 24 bit con elevata dinamica, elevato guadagno ed elevata frequenza di campionamento nativo, con minimizzazione del rumore elettro/meccanico.

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un tromografo digitale, "TROMINO ENGY" (*Micromed S.p.A.*) dotato di 3 canali velocimetrici (N-S, E-W, Up-Down) ad alto guadagno per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ~ 1.5 mm/s); il sistema opera nell'intervallo di frequenze 0.1–1024 Hz. L'elaborazione dei dati di rumore sismico acquisiti è avvenuta mediante software *Grilla*.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSr per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

5 RISULTATI INDAGINE

5.1 TECNICA HVSr

Strumento: TROMINO MODELLO ENGY

Data registrazione: 01/08/2014

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

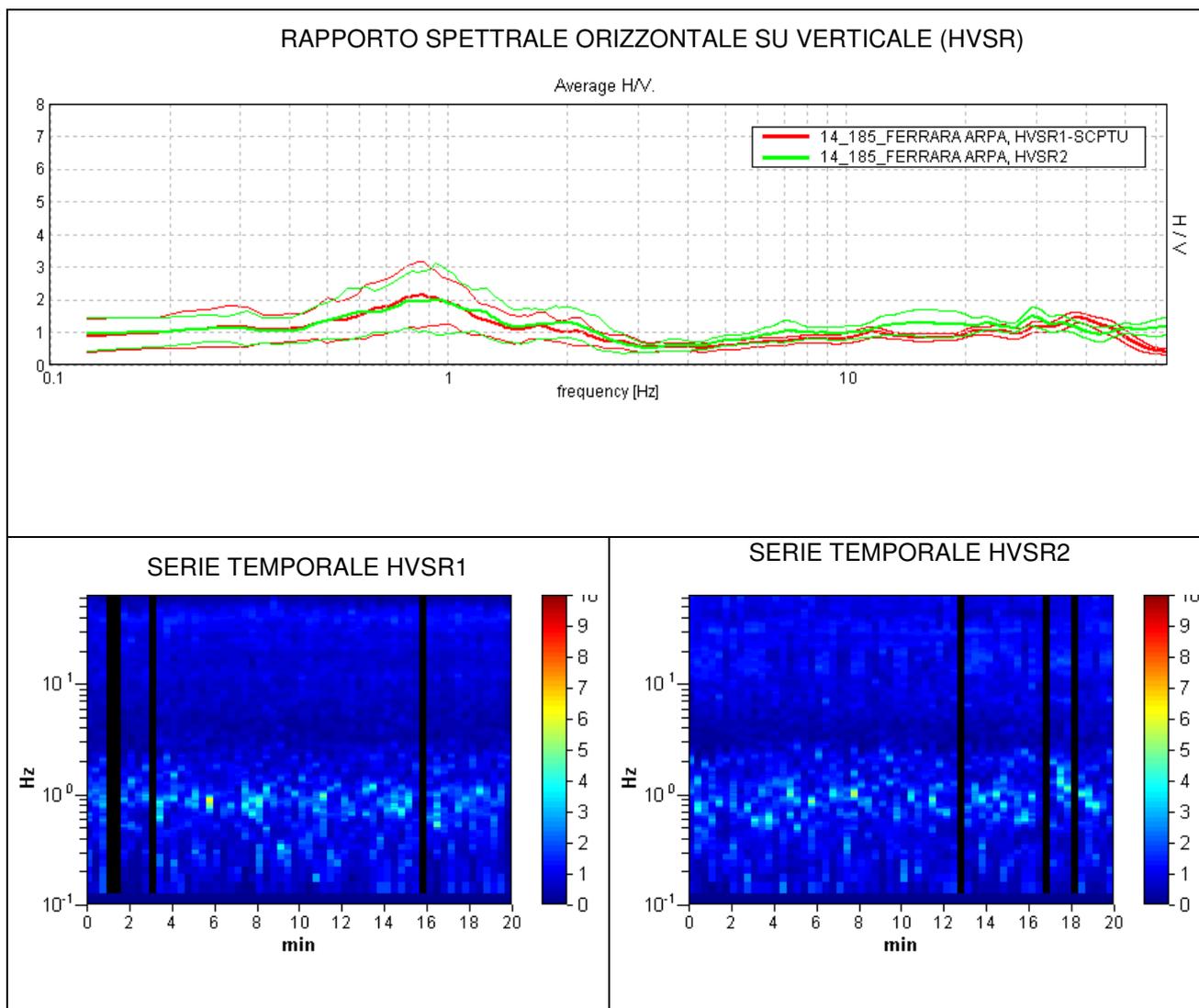


Figura 1 - Curve H/V (HVSr) registrate nel sito in esame e serie temporale considerata nell'analisi.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI HVSR1

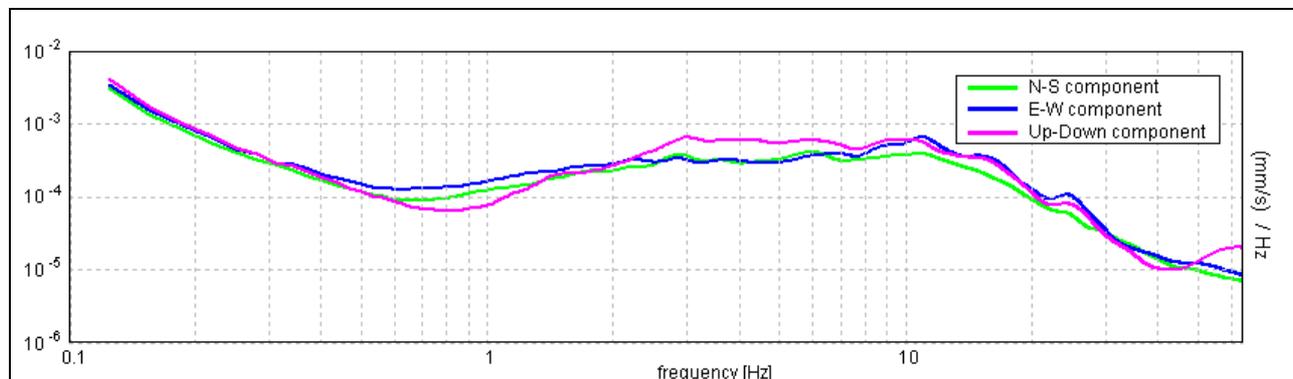


Figura 2 - spettri delle 3 componenti del moto in velocità registrate nel sito

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI HVSR2

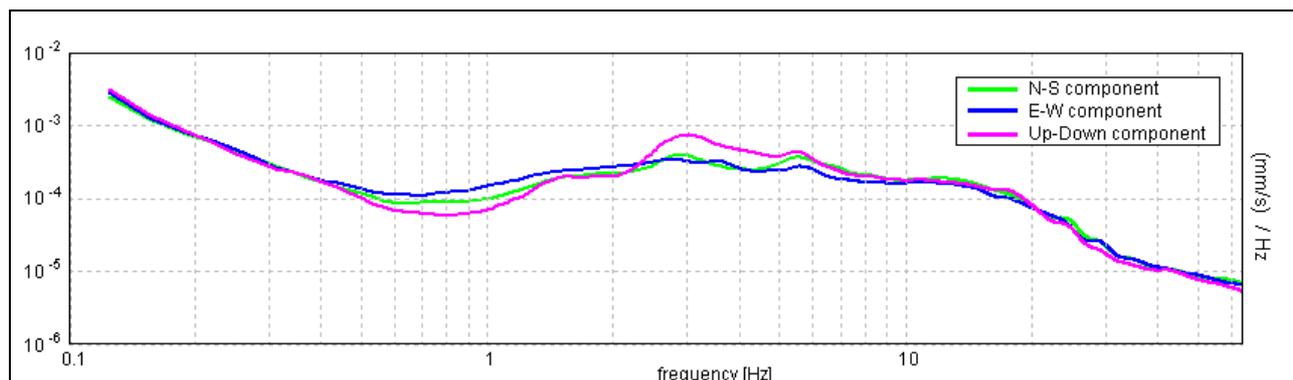


Figura 3 - spettri delle 3 componenti del moto in velocità registrate nel sito

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

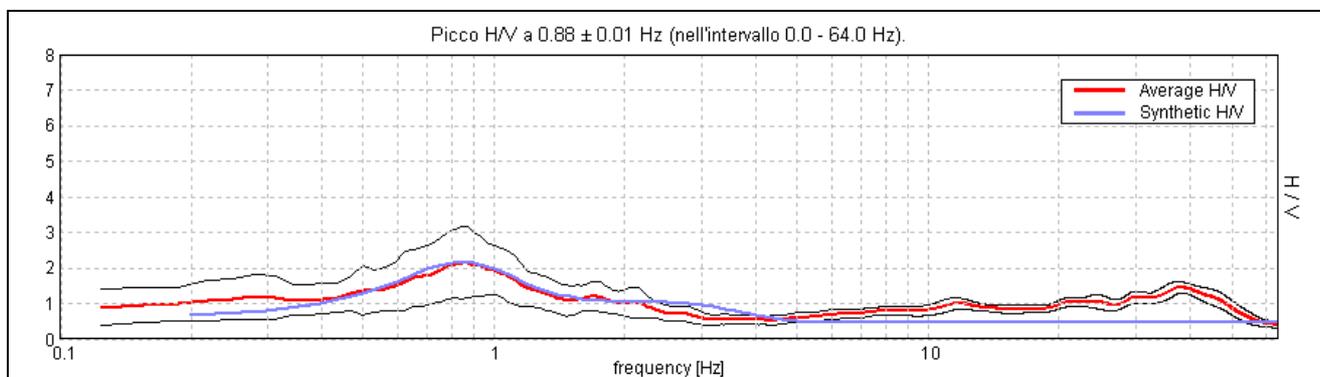


Figura 4 - confronto tra curva HVSR1 sperimentale registrata nel sito e curva teorica (blu) relativa al modello di sottosuolo proposto per il sito.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

6 MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti il modello di sottosuolo proposto per il sito in studio, in termini di profilo verticale di Vs, è il seguente:

| Profondità base strato (m) | Spessore (m) | Vs (m/s) |
|----------------------------|--------------|----------|
| 5.00 | 5.00 | 130 |
| 10.00 | 5.00 | 140 |
| 14.00 | 4.00 | 190 |
| 29.00 | 15.00 | 220 |
| 59.00 | 30.00 | 270 |
| 119.00 | 60.00 | 380 |
| inf. | inf. | 500 |

Tabella 1 – Modello di sottosuolo proposto per il sito

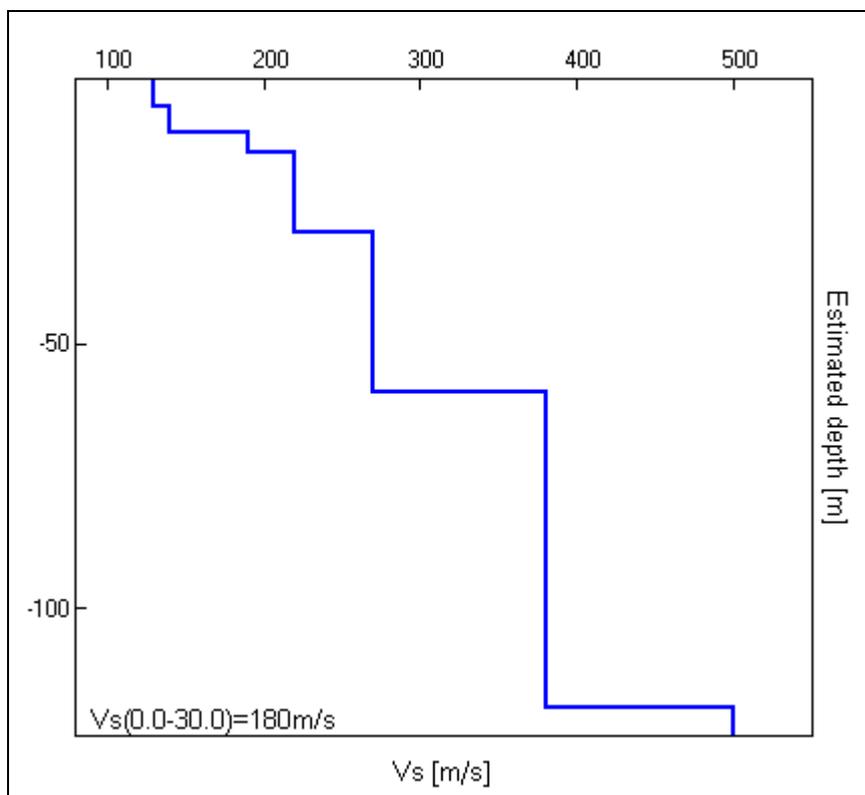


Figura 5 - Modello di velocità delle onde di taglio S

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSr per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

7 CONCLUSIONI

L'analisi della curva HVSr1, associata a una prova SCPTU eseguita dalla committenza in prossimità del punto di misura, ha permesso sia di ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde S nel sito in esame, sia di individuare la presenza di contrasti di impedenza-rigidezza nel sottosuolo medesimo.

Vs30 [m/s] da quota piano campagna su cui è stato eseguito il profilo.....180

Nei primi 30 m da p.c., i terreni presenti in sito sono caratterizzati da valori di velocità delle onde S (V_s) caratteristici di terreni a consistenza da soffice a media.

Le curve HVSr1 e HVSr2 sono risultate del tutto confrontabili tra loro. Per frequenze superiori a 1 Hz esse sono caratterizzate solo da deboli irregolarità e deviazioni dalla planarità legate alla presenza di stratificazioni nel sottosuolo a contrasto d'impedenza molto basso. Nell'intervallo 0.8-1.0 Hz circa si registra una modesta amplificazione locale del moto del suolo per risonanza stratigrafica a basso contrasto.

La normativa applicata nel presente lavoro è il DM 14 gennaio 2008.

San Lazzaro di Savena, 04/08/2014



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSr per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

8 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 6 – Misura HVSr1



Figura 7 – Misura HVSr2

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita in via Bologna presso sede ARPA nel comune di Ferrara.

9 UBICAZIONE PROVE

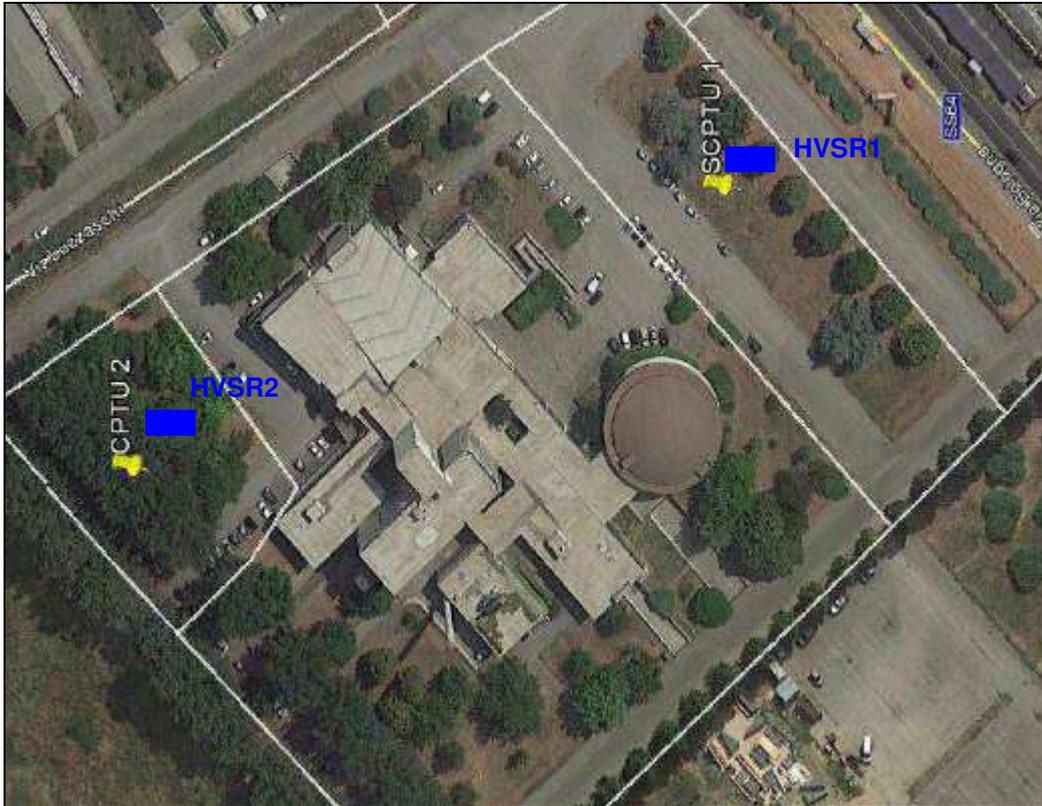


Figura 8 – Ubicazione indagini (bing maps)

Dove:

 Misure HVSR eseguite nella presente indagine

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Allegati 9/12 -

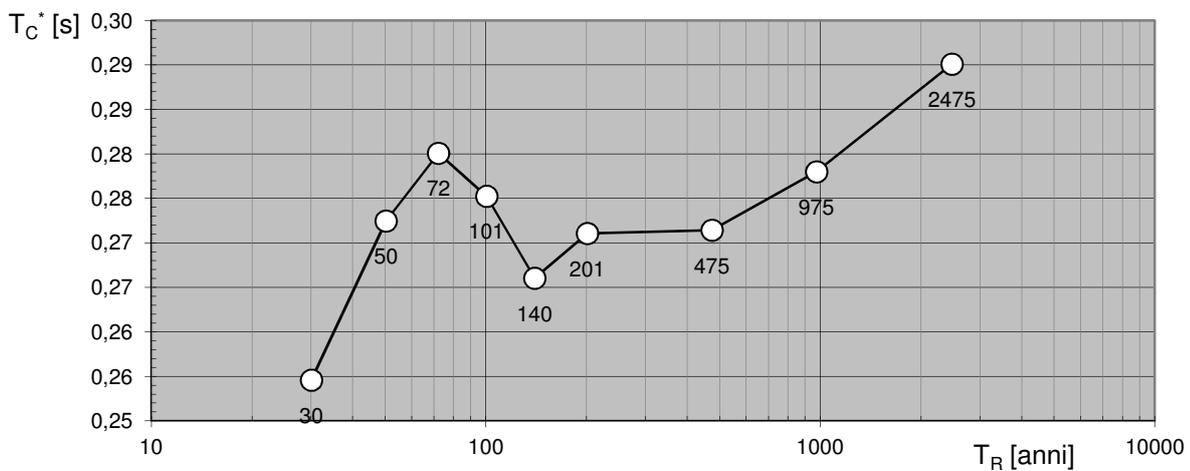
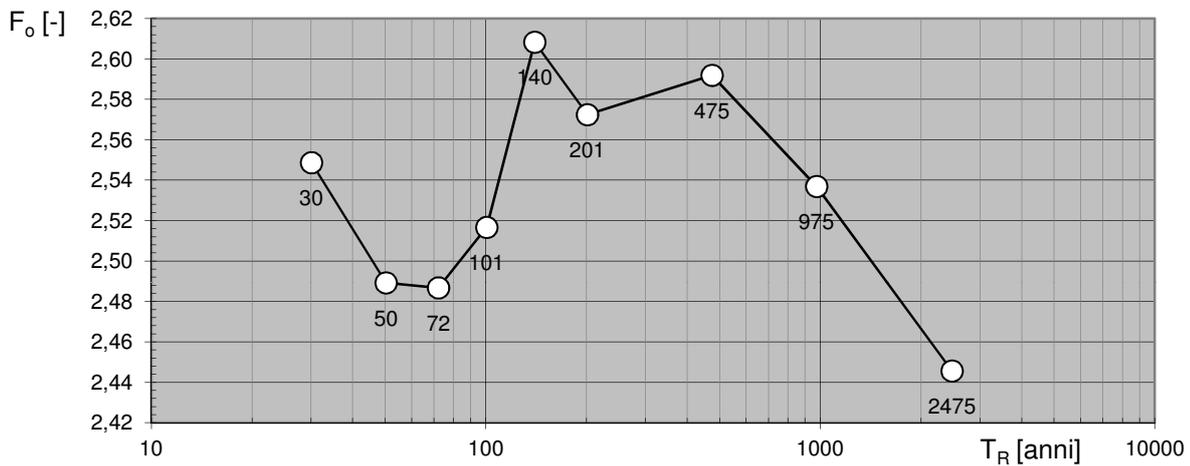
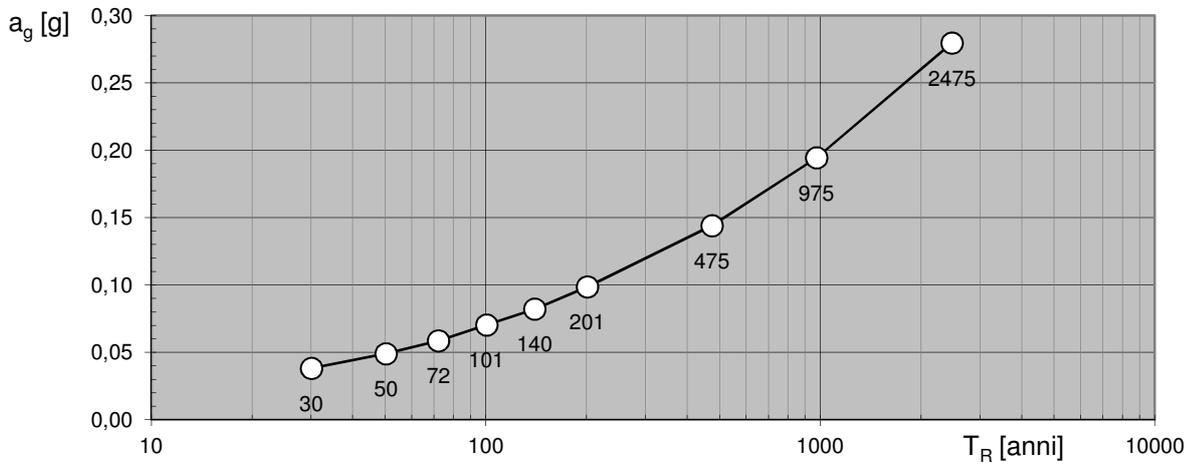
VALORI DEI PARAMETRI A_G , F_G , T^*_C

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

| T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30 | 0,038 | 2,549 | 0,255 |
| 50 | 0,049 | 2,489 | 0,272 |
| 72 | 0,059 | 2,487 | 0,280 |
| 101 | 0,070 | 2,517 | 0,275 |
| 140 | 0,082 | 2,608 | 0,266 |
| 201 | 0,099 | 2,572 | 0,271 |
| 475 | 0,144 | 2,592 | 0,271 |
| 975 | 0,194 | 2,537 | 0,278 |
| 2475 | 0,280 | 2,446 | 0,290 |

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

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



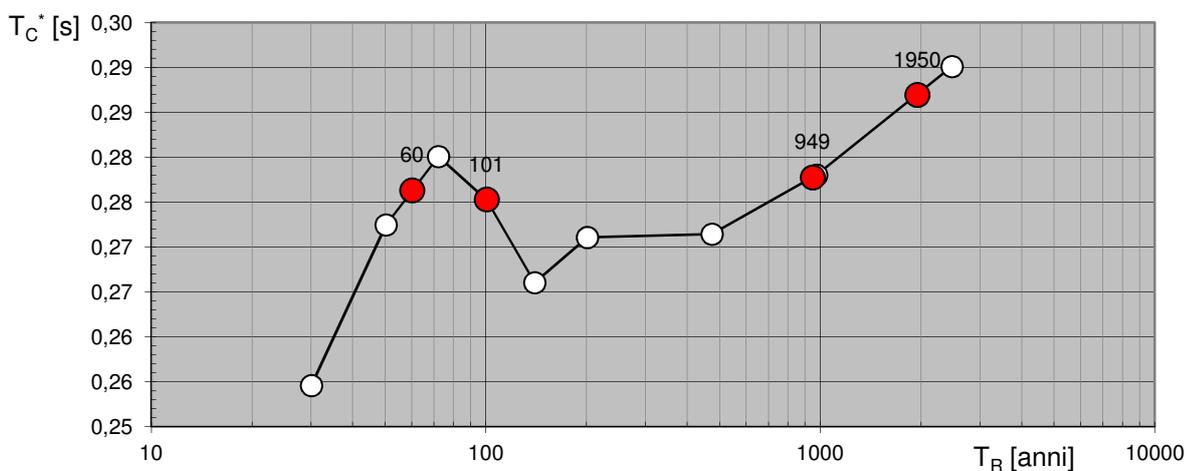
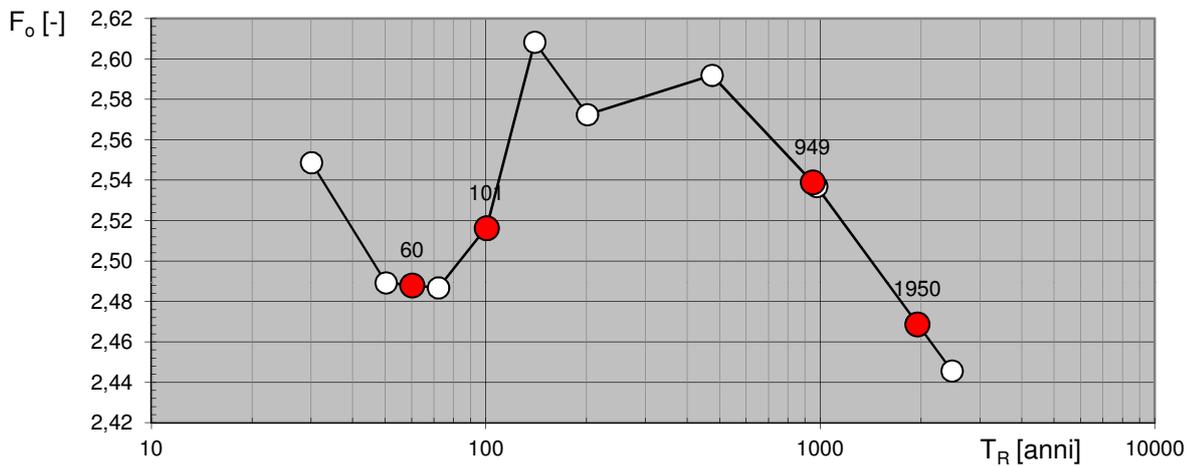
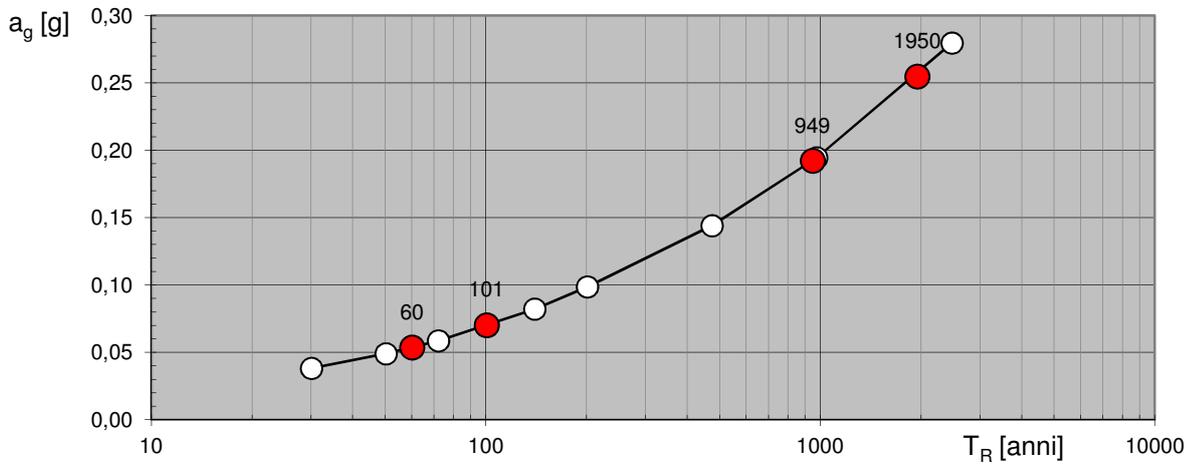
La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 60 | 0,054 | 2,488 | 0,276 |
| SLD | 101 | 0,070 | 2,516 | 0,275 |
| SLV | 949 | 0,192 | 2,539 | 0,278 |
| SLC | 1950 | 0,255 | 2,469 | 0,287 |

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

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



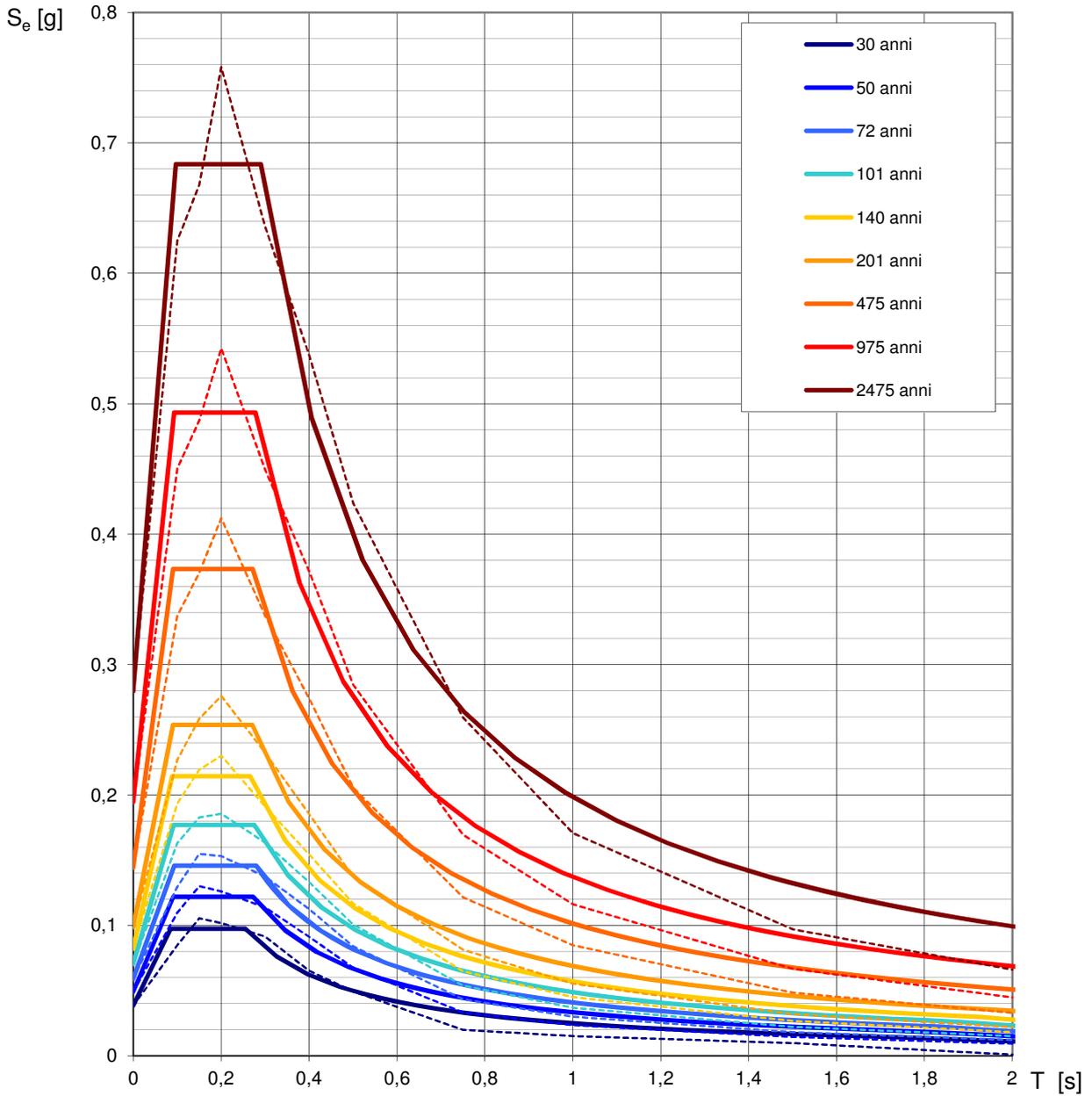
La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Allegati 13/17 -

SPETTRI DI RISPOSTA E PARAMETRI SLV

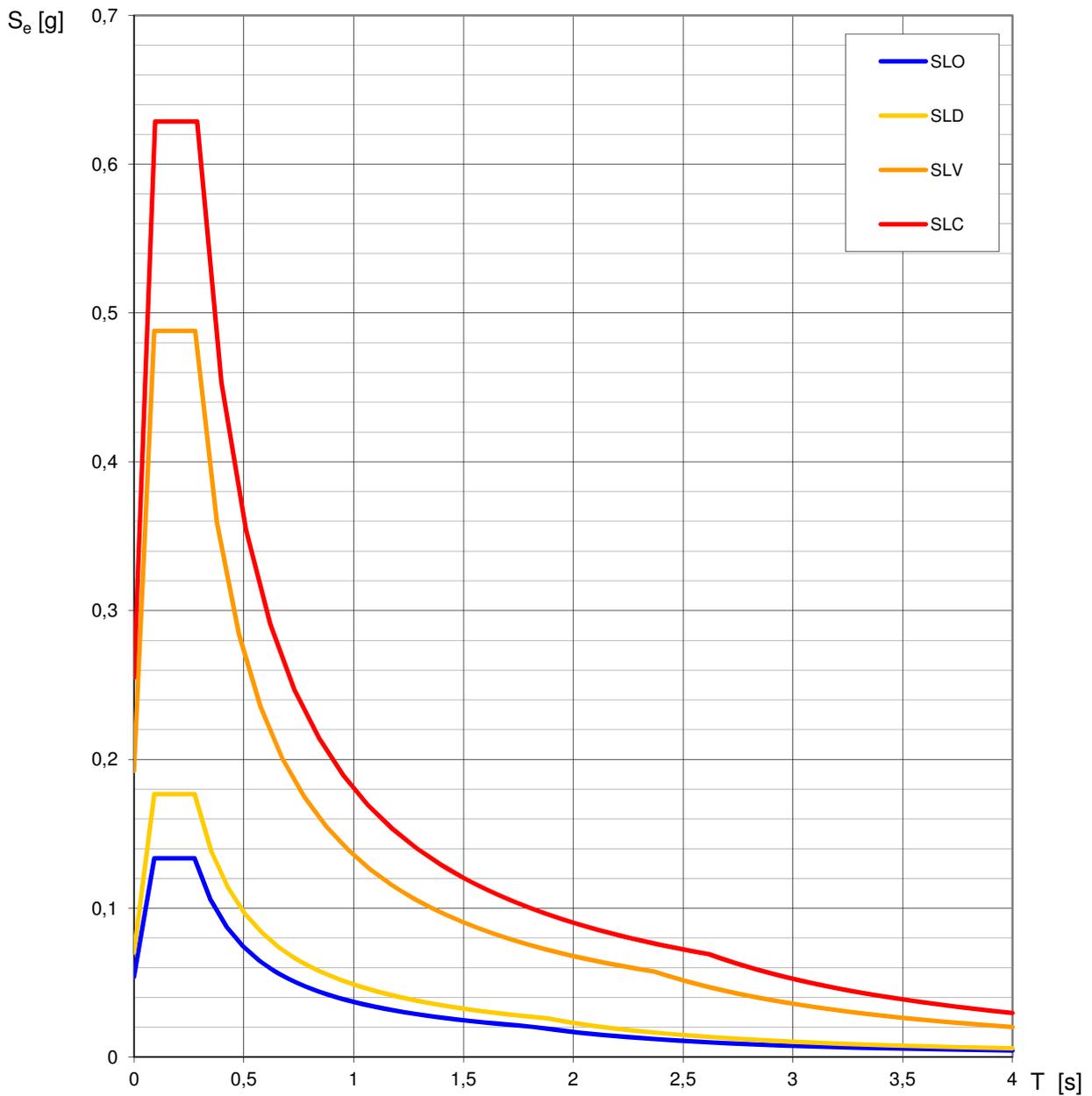
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



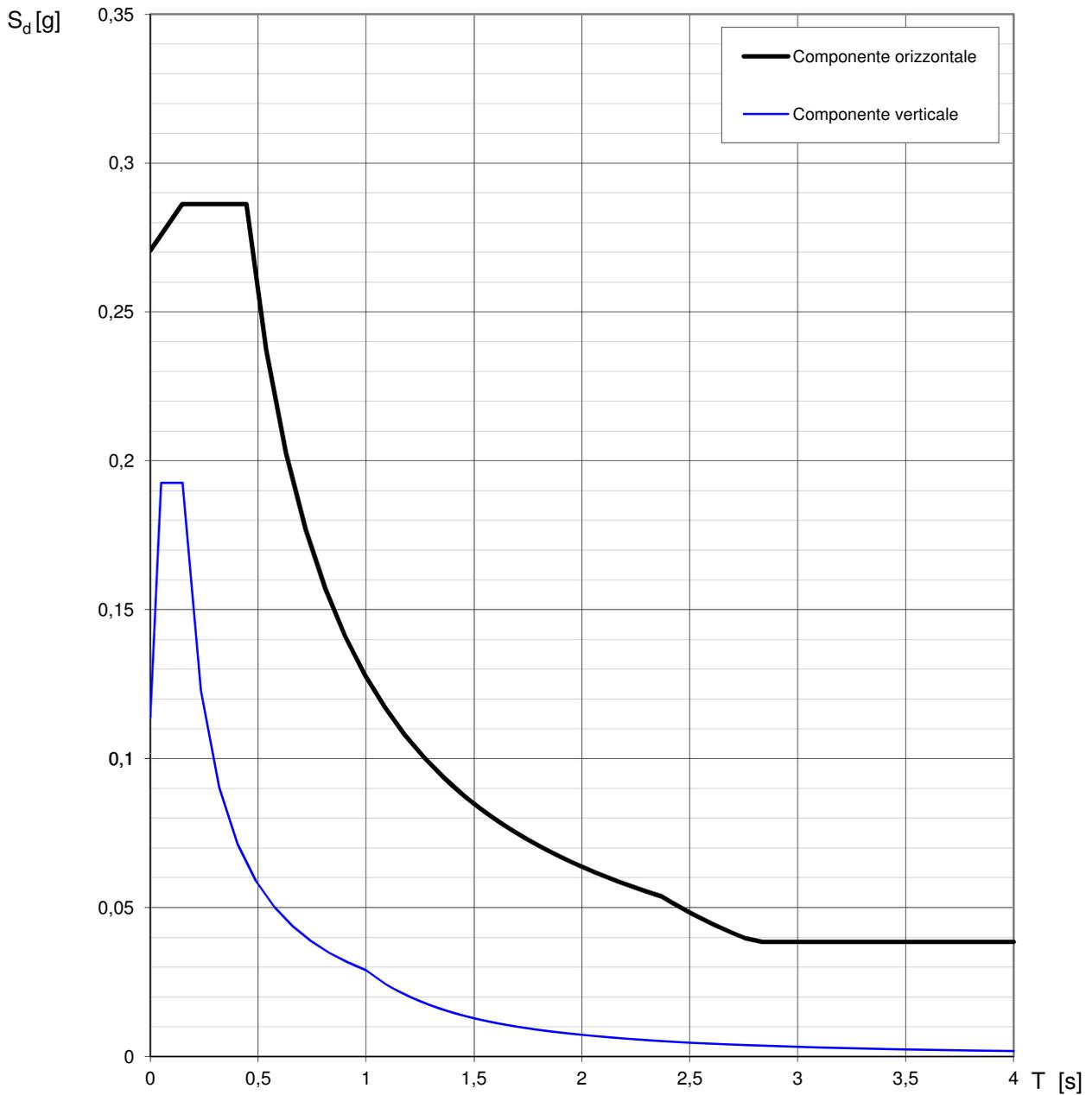
NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

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

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

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

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

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

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0,192 g |
| F_o | 2,539 |
| T_c^* | 0,278 s |
| S_s | 1,407 |
| C_c | 1,602 |
| S_T | 1,000 |
| q | 2,400 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1,407 |
| η | 0,417 |
| T_B | 0,148 s |
| T_C | 0,445 s |
| T_D | 2,369 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0,000 | 0,271 |
| $T_B \leftarrow$ | 0,148 | 0,286 |
| $T_C \leftarrow$ | 0,445 | 0,286 |
| | 0,537 | 0,237 |
| | 0,628 | 0,203 |
| | 0,720 | 0,177 |
| | 0,812 | 0,157 |
| | 0,903 | 0,141 |
| | 0,995 | 0,128 |
| | 1,086 | 0,117 |
| | 1,178 | 0,108 |
| | 1,270 | 0,100 |
| | 1,361 | 0,094 |
| | 1,453 | 0,088 |
| | 1,544 | 0,082 |
| | 1,636 | 0,078 |
| | 1,728 | 0,074 |
| | 1,819 | 0,070 |
| | 1,911 | 0,067 |
| | 2,003 | 0,064 |
| | 2,094 | 0,061 |
| | 2,186 | 0,058 |
| | 2,277 | 0,056 |
| $T_D \leftarrow$ | 2,369 | 0,054 |
| | 2,447 | 0,050 |
| | 2,524 | 0,047 |
| | 2,602 | 0,045 |
| | 2,680 | 0,042 |
| | 2,757 | 0,040 |
| | 2,835 | 0,038 |
| | 2,913 | 0,038 |
| | 2,990 | 0,038 |
| | 3,068 | 0,038 |
| | 3,146 | 0,038 |
| | 3,223 | 0,038 |
| | 3,301 | 0,038 |
| | 3,379 | 0,038 |
| | 3,456 | 0,038 |
| | 3,534 | 0,038 |
| | 3,612 | 0,038 |
| | 3,689 | 0,038 |
| | 3,767 | 0,038 |
| | 3,845 | 0,038 |
| | 3,922 | 0,038 |
| | 4,000 | 0,038 |

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

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_{qv} | 0,114 g |
| S_S | 1,000 |
| S_T | 1,000 |
| q | 1,500 |
| T_B | 0,050 s |
| T_C | 0,150 s |
| T_D | 1,000 s |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|-------|
| F_v | 1,503 |
| S | 1,000 |
| η | 0,667 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0,000 | 0,114 |
| $T_B \leftarrow$ | 0,050 | 0,193 |
| $T_C \leftarrow$ | 0,150 | 0,193 |
| | 0,235 | 0,123 |
| | 0,320 | 0,090 |
| | 0,405 | 0,071 |
| | 0,490 | 0,059 |
| | 0,575 | 0,050 |
| | 0,660 | 0,044 |
| | 0,745 | 0,039 |
| | 0,830 | 0,035 |
| | 0,915 | 0,032 |
| $T_D \leftarrow$ | 1,000 | 0,029 |
| | 1,094 | 0,024 |
| | 1,188 | 0,020 |
| | 1,281 | 0,018 |
| | 1,375 | 0,015 |
| | 1,469 | 0,013 |
| | 1,563 | 0,012 |
| | 1,656 | 0,011 |
| | 1,750 | 0,009 |
| | 1,844 | 0,008 |
| | 1,938 | 0,008 |
| | 2,031 | 0,007 |
| | 2,125 | 0,006 |
| | 2,219 | 0,006 |
| | 2,313 | 0,005 |
| | 2,406 | 0,005 |
| | 2,500 | 0,005 |
| | 2,594 | 0,004 |
| | 2,688 | 0,004 |
| | 2,781 | 0,004 |
| | 2,875 | 0,003 |
| | 2,969 | 0,003 |
| | 3,063 | 0,003 |
| | 3,156 | 0,003 |
| | 3,250 | 0,003 |
| | 3,344 | 0,003 |
| | 3,438 | 0,002 |
| | 3,531 | 0,002 |
| | 3,625 | 0,002 |
| | 3,719 | 0,002 |
| | 3,813 | 0,002 |
| | 3,906 | 0,002 |
| | 4,000 | 0,002 |

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

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Allegato 18 -

CERTIFICATO CALIBRATURA

RAPPORTO DI TARATURA N.**002 / 14 / A**

Data di emissione: 20/03/2014
Destinatario: Pergeo

Oggetto: Piezocono
Costruttore: Tecnopenta s.r.l.
Modello: G1-CPL2IN
Matricola: 150310

Data delle misure: 20/03/2014
Registro laboratorio: 002 / 14 / A

I risultati di misura riportati nel presente rapporto sono stati ottenuti applicando la procedura n. PR-01

Sistema Campione Forza**Certificato di taratura SIT nr:****169410F**

| | |
|-------------------------|--------------|
| <i>Oggetto</i> | Dinamometro |
| <i>Costruttore</i> | HBM |
| <i>Modello</i> | C2 |
| <i>N. Matricola</i> | 35030068.00 |
| <i>Portata</i> | 50 kN |
| <i>Cavo</i> | 6m |
| <i>Tipo di taratura</i> | Compressione |

Sistema Campione Pressione**Certificato di taratura SIT nr:****169510P**

| | |
|---------------------|--------------------|
| <i>Oggetto</i> | Manometro digitale |
| <i>Costruttore</i> | Keller |
| <i>Modello</i> | LEO 2 |
| <i>N. Matricola</i> | 022910 |
| <i>Portata</i> | 30 bar |
| <i>Posizione</i> | verticale |
| <i>risoluzione</i> | 0.01 bar |

Condizioni ambientali

| | |
|------------------------------|------|
| <i>Temperatura ambiente</i> | 19°C |
| <i>Umidità relativa</i> | 56% |
| <i>Pressione atmosferica</i> | 1003 |

TECNOPIENTA s.r.l.

Via G. Galilei 7a/2 35037 TEOLO (PD)

2/6

RAPPORTO DI TARATURA

PIEZOCONO mod: G1-CPL2IN

AMPLIFICATORE mod: G1-AMPLI

Data 20/03/2014

S.N. Piezocono 150310

| Qc | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Ciclo 1 | | Ciclo 2 | |
| CELLA DI CARICO (kN) | Qc alla Centralina (MPa) | CELLA DI CARICO (kN) | Qc alla Centralina (MPa) |
| 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 2.07 | 2.07 | 4.02 | 4.02 |
| 4.07 | 4.09 | 6.14 | 6.15 |
| 6.03 | 6.06 | 8.19 | 8.14 |
| 8.06 | 8.09 | 10.34 | 10.39 |
| 10.42 | 10.45 | 15.54 | 15.59 |
| 15.29 | 15.36 | 20.39 | 20.43 |
| 20.41 | 20.49 | 30.59 | 30.61 |
| 25.26 | 25.32 | 36.38 | 36.38 |
| 30.16 | 30.20 | 40.11 | 40.03 |
| 35.16 | 35.18 | 45.70 | 45.62 |
| 40.62 | 40.57 | 35.16 | 35.13 |
| 50.29 | 50.16 | 25.53 | 25.58 |
| 35.10 | 35.23 | 20.45 | 20.43 |
| 24.74 | 24.69 | 15.76 | 15.72 |
| 19.31 | 19.29 | 10.44 | 10.37 |
| 15.81 | 15.78 | 7.55 | 7.49 |
| 10.87 | 10.81 | 6.16 | 6.11 |
| 8.29 | 8.24 | 4.04 | 3.95 |
| 6.19 | 6.14 | 2.10 | 2.03 |
| 0.01 | -0.01 | 0.01 | -0.02 |

| | | |
|----------------------------------|------|--------|
| ERRORE DI NON LINEARITA' 1°ciclo | 0.11 | % F.S. |
| ERRORE DI NON LINEARITA' 2°ciclo | 0.12 | % F.S. |
| ERRORE DI RIPETIBILITA' | 0.29 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 1°ciclo | 0.28 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 2°ciclo | 0.15 | % F.S. |
| ERRORE TOTALE | 0.29 | % F.S. |

Il Tecnico
Fabio Bottaro

TECNOSENTA s.r.l.

Via G. Galilei 7a/2 35037 TEOLO (PD)

3/6

RAPPORTO DI TARATURA

PIEZOCOONO mod: G1-CPL2IN

AMPLIFICATORE mod: G1-AMPLI

Data 20/03/2014

S.N. Piezocono 150310

| F_s | | | |
|----------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Ciclo 1 | | Ciclo 2 | |
| CELLA DI CARICO (kN) | F _s alla Centralina (kPa) | CELLA DI CARICO (kN) | F _s alla Centralina (kPa) |
| 0.01 | 0.20 | 0.01 | 0.20 |
| 1.57 | 104.50 | 1.52 | 102.50 |
| 3.01 | 201.80 | 3.05 | 204.10 |
| 4.52 | 303.10 | 4.49 | 301.30 |
| 6.06 | 407.20 | 6.07 | 407.50 |
| 7.49 | 502.30 | 7.48 | 501.30 |
| 6.14 | 412.10 | 6.15 | 412.10 |
| 4.47 | 299.90 | 4.39 | 296.10 |
| 3.05 | 204.00 | 3.11 | 208.90 |
| 1.58 | 103.80 | 1.53 | 100.30 |
| 0.01 | -0.80 | 0.01 | -0.10 |

| | | |
|----------------------------------|------|--------|
| ERRORE DI NON LINEARITA' 1°ciclo | 0.12 | % F.S. |
| ERRORE DI NON LINEARITA' 2°ciclo | 0.11 | % F.S. |
| ERRORE DI RIPETIBILITA' | 0.15 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 1°ciclo | 0.29 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 2°ciclo | 0.40 | % F.S. |
| ERRORE TOTALE | 0.36 | % F.S. |

Il Tecnico
Fabio Bottaro

TECNOSENTA s.r.l.

Via G. Galilei 7a/2 35037 TEOLO (PD)

4/6

RAPPORTO DI TARATURA

PIEZOCONO mod: G1-CPL2IN

AMPLIFICATORE mod: G1-AMPLI

Data 20/03/2014

S.N. Piezocono 150310

| U | | | |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| Ciclo 1 | | Ciclo 2 | |
| MANOMETRO (kPa) | U alla Centralina (kPa) | MANOMETRO (kPa) | U alla Centralina (kPa) |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 123.00 | 123.00 | 99.00 | 99.00 |
| 221.00 | 221.00 | 203.00 | 203.00 |
| 403.00 | 403.00 | 311.00 | 311.00 |
| 514.00 | 514.00 | 405.00 | 405.00 |
| 717.00 | 718.00 | 523.00 | 523.00 |
| 809.00 | 810.00 | 607.00 | 607.00 |
| 911.00 | 911.00 | 702.00 | 703.00 |
| 824.00 | 824.00 | 803.00 | 804.00 |
| 686.00 | 686.00 | 905.00 | 905.00 |
| 593.00 | 593.00 | 844.00 | 844.00 |
| 397.00 | 397.00 | 702.00 | 702.00 |
| 304.00 | 304.00 | 501.00 | 501.00 |
| 207.00 | 207.00 | 404.00 | 404.00 |
| 115.00 | 115.00 | 270.00 | 271.00 |
| 46.00 | 46.00 | 110.00 | 111.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| | | |
|----------------------------------|------|--------|
| ERRORE DI NON LINEARITA' 1°ciclo | 0.02 | % F.S. |
| ERRORE DI NON LINEARITA' 2°ciclo | 0.02 | % F.S. |
| ERRORE DI RIPETIBILITA' | 0.02 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 1°ciclo | 0.02 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 2°ciclo | 0.03 | % F.S. |
| ERRORE TOTALE | 0.03 | % F.S. |

Il Tecnico
Fabio Bottaro

TECNOPIENTA s.r.l.

Via G. Galilei 7a/2 35037 TEOLO (PD)

5/6

RAPPORTO DI TARATURA

PIEZOCOONO mod: G1-CPL2IN

AMPLIFICATORE mod: G1-AMPLI

Data 20/03/2014

S.N. Piezocono 150310

| X (I1) | | | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Ciclo 1 | | Ciclo 2 | |
| INCLINOMETRO (°) | I1 alla Centralina (°) | INCLINOMETRO (°) | I1 alla Centralina (°) |
| -10.00 | -10.10 | -10.00 | -10.00 |
| -8.00 | -8.10 | -8.00 | -8.10 |
| -6.00 | -6.10 | -6.00 | -6.20 |
| -4.00 | -4.20 | -4.00 | -4.20 |
| -2.00 | -2.20 | -2.00 | -2.20 |
| 0.00 | -0.10 | 0.00 | -0.10 |
| 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.10 |
| 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |

| | | |
|----------------------------------|------|--------|
| ERRORE DI NON LINEARITA' 1°ciclo | 0.74 | % F.S. |
| ERRORE DI NON LINEARITA' 2°ciclo | 1.00 | % F.S. |
| ERRORE DI RIPETIBILITA' | 0.60 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 1°ciclo | 0.78 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 2°ciclo | 0.96 | % F.S. |
| ERRORE TOTALE | 1.02 | % F.S. |

Il Tecnico
Fabio Bottaro

TECNOSENTA s.r.l.

Via G. Galilei 7a/2 35037 TEOLO (PD)

6/6

RAPPORTO DI TARATURA

PIEZOCONO mod: G1-CPL2IN

AMPLIFICATORE mod: G1-AMPLI

Data 20/03/2014

S.N. Piezocono 150310

| Y (I2) | | | |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Ciclo 1 | | Ciclo 2 | |
| INCLINOMETRO (°) | I2 alla Centralina (°) | INCLINOMETRO (°) | I2 alla Centralina (°) |
| -10.00 | -10.00 | -10.00 | -10.00 |
| -8.00 | -8.10 | -8.00 | -8.00 |
| -6.00 | -6.10 | -6.00 | -6.10 |
| -4.00 | -4.10 | -4.00 | -4.10 |
| -2.00 | -2.10 | -2.00 | -2.00 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.00 | 2.10 | 2.00 | 2.10 |
| 4.00 | 4.10 | 4.00 | 4.10 |
| 6.00 | 6.10 | 6.00 | 6.10 |
| 8.00 | 8.10 | 8.00 | 8.20 |
| 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.10 |

| | | |
|----------------------------------|------|--------|
| ERRORE DI NON LINEARITA' 1°ciclo | 0.61 | % F.S. |
| ERRORE DI NON LINEARITA' 2°ciclo | 0.62 | % F.S. |
| ERRORE DI RIPETIBILITA' | 0.33 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 1°ciclo | 0.61 | % F.S. |
| ERRORE DI ISTERESI 2°ciclo | 0.62 | % F.S. |
| ERRORE TOTALE | 0.79 | % F.S. |

Il Tecnico
Fabio Bottaro

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com</p> | <p>STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare</p> | <p>RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014</p> |
|---|--|---|

- Allegato 19 -

SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA

| | | |
|---|--|---|
|  Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com | STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA SULL'EDIFICIO EX COO FERRARA – VIA BOLOGNA CIV. 534 Modello Geologico e Modello Geotecnico Preliminare | RIF.147/14-SY-REV01 DEL 20/08/2014 P062/14-SY DEL 21/03/2014 |
|---|--|---|

SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA

| | |
|--------------------------------------|--|
| Ubicazione sito | Ferrara – Via Bologna civ. 534 |
| Coordinate | Lat. 44.810376° – Long. 11.589588° |
| Intervento previsto | Studio di vulnerabilità dell'edificio ex-coo |
| Profondità falda | mt. 2.70/3.20 da p.c. |
| Tipologia indagini eseguite | SCPTU/CPTU |
| Numero indagini eseguite | 2 |
| Profondità raggiunta | 30.30/20.00 mt |
| Zona sismica | 3 (PGA 0.05 – 0.15 g) |
| PGA locale | 0.27 g |
| Categoria di sottosuolo | C |
| Categoria topografica | T1 |
| Dilatanza | Non attesa |
| Liquefazione | pagg. 60 – 82 |
| Classe d'uso | IV |
| Coefficiente c_u | 2.0 |
| Vita nominale | 50 anni |
| Stato limite | SLV |