

RELAZIONE GEOLOGICA

**RELAZIONE GEOLOGICA ESEGUITA IN COMUNE
DI FAENZA PER STABILIRE LE
CARATTERISTICHE DI EDIFICABILITA' DI
UN'AREA POSTA IN VIA EMILIA LEVANTE**

COMMITTENTE:

BEACH PARK s.r.l.

Via Canal Grande, 228

FAENZA (Ra)

ANDREATTA Dr. GIANCARLO

Studio di Geologia Tecnica

Via XXV Aprile, 140

CASTELBOLOGNESE (RA)

Tel. 0546/656362-333/2209149

INDICE

a. <i>PREMESSA</i>	<i>pag. 3</i>
b. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE</i>	<i>pag. 4</i>
c. <i>LINEAMENTI CLIMATOLOGICI</i>	<i>pag. 6</i>
d. <i>IDROLOGIA</i>	<i>pag. 7</i>
e. <i>IDROGEOLOGIA</i>	<i>pag. 8</i>
f. <i>LITOLOGIA SUPERFICIALE E PEDOLOGIA</i>	<i>pag. 10</i>
g. <i>INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</i>	<i>pag. 10</i>
h. <i>MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO (HVSr)</i>	<i>pag. 12</i>
i. <i>CARATTERISTICHE SISMICHE</i>	<i>pag. 15</i>
l. <i>COMPATIBILITA' SISMICA DELL'INTERVENTO</i>	<i>pag. 17</i>
m. <i>CARATTERIZZAZIONE SISMICA (II° livello di approfondimento)</i>	<i>pag. 18</i>
n. <i>COMPATIBILITA' EDIFICATORIA DELL'INTERVENTO</i>	<i>pag. 20</i>
o. <i>Area - "Via Emilia Levante n. 1": Prescrizioni conclusive</i>	<i>pag. 21</i>

ALLEGATI:

- <i>Planimetria CTR</i>	<i>scala 1:5.000</i>
- <i>Planimetria catastale</i>	<i>scala 1:2.000</i>
- <i>Carta geostrutturale</i>	<i>scala 1:25.000</i>
- <i>Carta geologica</i>	<i>scala 1:5.000</i>
- <i>Carta delle isobate freatiche</i>	<i>scala 1:2.000</i>
- <i>Sezione geologica</i>	
- <i>Carta geomorfologica PSC2009</i>	<i>scala 1:10.000</i>
- <i>Carta ubicazione prove</i>	<i>scala 1:2.000</i>
- <i>Grafici penetrometrici e correlazioni geotecniche</i>	
- <i>Analisi di laboratorio, verifica liquefazione e calcolo portanza</i>	
- <i>Carta degli effetti di sito</i>	<i>scala 1:2.000</i>
- <i>Carta di microzonazione sismica</i>	<i>scala 1:2.000</i>
- <i>Microzonazione sismica e prova MASW 02 (PSC2009 all. B.3.3.1.a)</i>	
- <i>Caratterizzazione sismica dei terreni e valutazione fattori di amplificazione</i>	
- <i>Grafici tomografie</i>	

a. PREMESSA

Su richiesta della Società **BEACH PARK** via **Canal Grande n° 228** comune di Faenza (Ra), è stata eseguita un'indagine geologica e caratterizzazione geotecnica del sottosuolo in via Emilia Levante comune di **Faenza per n° 1 area di espansione sviluppo urbanistico – scheda n. 111 denominata “Area di Via Emilia Levante n. 1”**.

Per questo studio vengono utilizzati anche dati di precedenti analisi di aree adiacenti prendendo in considerazione le caratteristiche geologiche, idrologiche, idrogeologiche, idromorfologiche e geotecniche e le implicazioni sismiche che ne derivano, i cui dati vengono di seguito riportati.

Lo studio è stato effettuato in ottemperanza alle seguenti normative di legge e/o direttive di interesse:

- Al D.M. 11.03.88 (sez. H) e pubblicato G.U. n.127 del 01.06.88
- Circolare Regionale (Dipartimento Ambiente e Territorio) n.1288 del 11.02.1983
- Piano Territoriale Paesistico Regionale,
- Al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale,
- Alla Legge nazionale 236/88 sulle captazioni idriche per il consumo umano
- Alle Norme Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino del Reno.
- D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Del.Reg.1677/2005 indicazioni norme tecniche per le costruzioni in zona sismica
- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 “Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione urbanistica” approvato con D.G.R. n. 2131 del 02-05-2007.
- Al Piano Strutturale del Comune di Faenza 2009.

Per la realizzazione dello studio in oggetto si è proceduto alla raccolta e selezione critica di dati bibliografici riguardanti il territorio di interesse ed un adeguato intorno; tali dati sono stati successivamente integrati tramite indagini in situ. Inoltre sono state analizzate le caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche del sottosuolo del territorio oggetto di studio, in modo da determinare una serie di considerazioni sui

possibili rischi geologici dell'area oggetto di variante e dei relativi approfondimenti necessari per completare il quadro geologico, geotecnico e idrogeologico.

b. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Con lo scopo di inquadrare la geologia del territorio in esame, viene proposto qui di seguito un serie di considerazioni sui lineamenti e sulla storia geologica dell'unità regionale che comprende l'area oggetto di studio.

Detta area è compresa all'interno del territorio ad Est di Faenza e, anche se marginalmente, risulta inserita nel bacino sedimentario della Valle Padana e più precisamente nel lembo sud-orientale della stessa, delimitato a Nord dal corso del Po e a Sud dalle propaggini collinare dell'Appennino Romagnolo. La formazione geologica della Pianura Padana deve essere ricondotta ad un lento e progressivo ricoprimento del settore meridionale della fossa occupata dall'alto Adriatico già a partire dalla fase centrale della orogenesi alpina, da un lato, e di quella appenninica, dall'altro ('Oligocene) e l'attuale assetto geologico risulta da un complesso avvicendamento di fasi erosive in alternanza a fasi prevalentemente sedimentarie, sia in senso verticale sia in senso orizzontale, in relazione al perdurare di una dinamica di abbassamenti del substrato, di fenomeni di subsidenza del materasso alluvionale che si stava formando, con conseguenti arresti della regressione marina o addirittura episodi di ingressione e formazione di fasi lagunari lungo la fascia preappenninica.

Più recentemente (Quaternario) l'assetto tettonico presenta un certo equilibrio raggiunto e, alla prevalente tendenza alla subsidenza e deposizione prevalentemente marina, subentra un periodo di più estesi fenomeni sedimentari fluviali, ai quali è concomitante il progressivo ritiro del mare verso la configurazione dell'attuale costa. Il Quaternario è contraddistinto da una fase deposizionale marina iniziale (Pleistocene) e una fase deposizionale continentale (Olocene) che prosegue anche attualmente. La stratigrafia pleistocenica presenta frequenti variazioni litologiche. Le sabbie si intercalano a sedimenti più fini limoso sabbiosi o limoso argillosi, e nelle parti sommitali si fanno sempre più frequenti litotipi di ambiente lagunare salmastro. La stratigrafia olocenica è dominata dalla più recente regressione marina in concomitanza con le grandi glaciazioni intervallate da lunghi periodi di clima più mite durante i quali prevale l'azione di trasporto dei numerosi

corsi d'acqua. Il limite Olocene-Pleistocene, cioè alluvioni-Quaternario marino, presenta una profondità di circa 20 m ÷ 40 m in corrispondenza dell'allineamento Alfonsine e di Cotignola - Bagnara, risalendo lateralmente fra i 15 m e 20 m in corrispondenza delle zone di Faenza-Forlì. Risulta quindi che il bacino subsidente padano, ed in particolare il suo settore sudorientale, è un'area geologicamente attualmente in evoluzione come viene testimoniati dalla ripetizione delle livellazioni I.G.M. che confermano un innalzamento delle regioni occidentali rispetto all'asse Genova-Brescia, ed un abbassamento ad oriente con epicentro nel delta del Po, ed indici più elevati nella costa adriatica.

Come inquadrato nella cartografia di riferimento (PSC2009 – Carta geologica di Pianura) l'area di interesse è inserita nell'ambito della conoide terrazzata del F. Lamone con successioni regolari di alluvioni fini mediamente compatte (AES8) poggianti a profondità di circa m. 10-20 su ghiaia e substrato alluvionale non rigido (AES7); in quest'area quindi la pianura faentina interagisce con i depositi dei terrazzi fluviali. Si estende da quota di 34-36 m s.l.m. ed è costituita da sedimenti alluvionali terrazzati depositatesi in gran parte in età storica, in particolare pre-età del Bronzo, a granulometria prevalentemente medio-fine (sabbie, limi-argillosi), con suoli calcarei e poco evoluti. Nell'area in esame la cartografia del PSC2009 del Faentino evidenzia la presenza di alluvioni terrazzate caratterizzate da sabbie e limi prevalenti. Tale cartografia risulta coerente con la carta geologica di pianura della Regione Emilia-Romagna che pone l'area di interesse su depositi di terrazzati. La conoide del F. Lamone nella zona di interesse si trova alla profondità di circa 20 metri.

Caratteristiche strutturali.

Prendendo in considerazione lo schema strutturale locale risalta una certa caratterizzazione con stile a pieghe asimmetriche con vergenza verso Nord; l'andamento risulta Nord-Ovest/Sud-Est con ondulazioni assiali ed una immersione generale verso Sud-Est. Nei terreni neogenici il piegamento è avvenuto in due fasi distinte tra Miocene e Pliocene e prima del Pliocene medio. La seconda fase ha influito maggiormente nell'area emilano-romagnola, dove la discordanza tra i termini del Miocene e quelli del Pliocene inferiore è attenuata, mentre si osserva un più accentuato piegamento ed una maggiore erosione dei termini del pliocene inferiore. Ai fenomeni plicativi si sovrappone la già citata subsidenza differenziale, con deposizione più intensa nelle sinclinali e minore al culmine delle anticlinali. Le pieghe

pedeappenniniche sono accompagnate dallo sviluppo di faglie a carattere distensivo, talora grandiose, e sono inoltre sovente interrotte da faglie con direzione NE-SW con rigetto prevalentemente orizzontale. Inquadrandolo l'unità di territorio in esame da Nord a Sud si riconoscono i seguenti motivi strutturali principali:

- Anticlinale di Cotignola;
- Sinclinale di Forlì.

Le strutture sepolte plioceniche influenzano, sia pure con grado decrescente col diminuire della profondità, l'assetto dei sedimenti pleistocenici, che risultano blandamente ondulati e presentano una generale pendenza verso Sud-Est secondo l'immersione degli assi strutturali pliocenici. I sedimenti alluvionali recenti hanno un assetto più irregolare ed articolato. Infatti pur avendo una tendenziale e debole pendenza verso Nord-Est secondo la direzione di deflusso degli attuali corsi appenninici, presentano variazioni di potenza anche rilevanti, derivanti da ondulazioni del letto con depressioni ad andamento appenninico.

c. CLIMATOLOGIA

Il regime climatologico che interessa il territorio di interesse risulta appartenere al "regime sublitoraneo padano" che presenta un graduale passaggio da condizioni climatiche di tipo costiere, presenti lungo il litorale ravennate, a condizioni di tipo padano che vengono accentuate procedendo verso il retroterra. Quindi l'area di media pianura in cui rientra il territorio della località analizzata registra condizioni climatiche che sono tipiche della pianura ma che risentono della vicina collina e quindi vedono nella temperatura dell'aria, nell'umidità e nella ventosità, le maggiori diversificazioni rispetto alla pianura costiera. Il clima assume una particolare fisionomia i cui aspetti significativi più importanti sono costituiti da una maggiore escursione termica giornaliera, un aumento del numero di giornate con gelo e una attenuazione della ventosità. Meno evidenti risultano invece le diversificazioni negli apporti pluviometrici rispetto alla pianura costiera.

Pluviometria

All'interno del territorio in cui ricade la località in esame non sono ubicate stazioni pluviometriche e pertanto per valutare il regime pluviometrico si farà riferimento alla stazione n° 02346 di Faenza (lat. 44°17' Long. 11°53'), capoluogo della località in esame. Considerando un periodo trentennale (01.01.1956 - 31.12.1985), l'altezza di precipitazione media annua risulta pari a 757.2 mm.

Considerando che il territorio in esame ricade in prossimità della stazione di Faenza, si può considerare una altezza di precipitazione media di 757 mm/anno, media per il periodo di trenta anni suddetto. L'apporto annuo medio risulta quindi di 757.000 mc/kmq.

Evapotraspirazione

Sulla base dei dati della stazione climatologica di Faenza, per la quale si rendono disponibili anche i dati termometrici, la temperatura media annua estesa al territorio comunale risulta di 13.7 °C, la temperatura media minima risulta di 9.1 °C, mentre la temperatura massima media risulta di 18.2 °C.

La relativa evapotraspirazione media annua, calcolata con la formula di L. Turc valida per grandi bacini, risulta:

$$ETR = P / 0.9 + (P^2/L^2)$$

dove:

P = precipitazione media annua (757 mm)

T = temperatura media annua (13.7° C)

L = $300 + 15 \cdot T + 0,05 \cdot T^3$

ETR = $757/2.33 = 324$ mm = 42% delle precipitazioni

Pertanto a livello molto indicativo risulta che 433 mm di afflussi meteorici defluiscono attraverso il reticolo idrografico superficiale o si infiltrano nel sottosuolo, mentre i restanti 324 mm vengono restituiti all'atmosfera per evapotraspirazione.

Idrometria

Il territorio in esame presenta un complesso reticolo idrografico che è il risultato di vari interventi antropici che hanno agito nel tempo sul deflusso dei corsi d'acqua naturali generando canali artificiali per lo scolo delle acque superficiali meteoriche. Limitando l'analisi ad alcune considerazioni di carattere generale utili ai fini della identificazione dei problemi idrogeologici del territorio in esame, si considera il comportamento di analoghi bacini di alta pianura a deflusso noto avendo come riferimento i dati emersi dal presente studio. Il coefficiente teorico medio per bacini di pianura ha valori compresi tra 0.20 e 0.30, considerando però che nel territorio in esame è presente una rete scolante artificiale che risulta esercitare una prevalente azione drenante, solo in parte compensata dalle perdite locali del reticolo idrografico naturale, si può ritenere probabile un coefficiente di deflusso pari a 0.25, per cui si avrebbe che l'infiltrazione efficace annuale che alimenta la falda freatica risulterebbe mediamente di 243 mm, quindi con un apporto di 243.000 mc/kmq.

d. IDROLOGIA

Il territorio di interesse è situato a circa 1 Km a Sud del Fiume Lamone, in un'area interfluviale. L'esame delle pendenze evidenzia una superficie topografica costituita da un piano inclinato in direzione Nord-Est con pendenza media di circa il sette per mille. L'area in esame è adiacente la S.S. n. 9 Emilia. L'area non risulta essere stata allagata durante l'evento estremo del 1996. Tale evento corrisponde a tempi di ritorno di 100 anni, evidenziando la sua sicurezza idraulica rispetto al sistema della regimazione idrica. L'attuale morfologia dell'area in esame è il risultato di un rimodellamento antropico che, a scopo di bonifica, ha obliterato gli originali lineamenti geomorfologici, e ha praticamente sostituito il reticolo idrografico naturale con un denso reticolo artificiale. Tutto il reticolo idrografico presenta direzione di scorrimento generale verso Nord-Est e le acque dell'area in esame risultano essere scolate dal fosso principale della zona che scorre in adiacenza a Nord dell'area in esame e recapita le acque direttamente verso Est.

Si osserva come la perimetrazione del Piano Stralcio dei Bacini Regionali Romagnoli, dell'Autorità di Bacino Reno evidenzia che l'area di lottizzazione risulta esclusa da possibili allagamenti dai corsi d'acqua naturali. Infine si osserva che il trend di subsidenza della zona, ricavato dalla cartografica del PSC2009 Faentino, risulta compreso tra 5,0 e 9,0 mm/anno.

e. IDROGEOLOGIA

La falda freatica superficiale ha una particolare incidenza ed un ruolo importante ai fini edificatori, sia per quanto riguarda la sua possibile influenza sui parametri del carico ammissibile, sia per la salubrità degli edifici, sia per le possibili invasioni di acqua in eventuali scantinati, sia per la sua influenza sulla risposta sismica del terreno.

Al fine di caratterizzare la falda freatica della zona di interesse, si è fatto riferimento allo studio freaticometrico realizzato dalla relazione geologica allegata al PRG 96, eseguendo opportune verifiche in campagna che hanno confermato i caratteri idrogeologici del territorio emersi dal suddetto precedente studio. Per l'area in esame il suddetto studio evidenzia valori compresi tra -8.00 m e -7.00 m dal piano di campagna. I livelli misurati nelle prove eseguite all'interno dell'attuale area e in alcuni

pozzi adiacenti, ha evidenziato valori compresi tra -7.2 m (CPT-E n. 1) e -7.6 m (CPT-E n. 3) dal p.c., quindi considerando le differenze di quote non sempre note, i diversi periodi di misure e le eventuali anomalie locali, i valori risultano nel complesso coerenti a quanto riportato nella relazione geologica di PRG 96. Pertanto il livello posto attorno a 7.50 m dal p.c. deve considerarsi un valore di medio idrogeologico.

L'analisi della carta delle isofreatiche ricavata con le misure effettuate per la relazione geologica della Variante Generale di PRG 2006 evidenzia che l'area in esame si trova in prossimità del limite estremo della conoide fluviale con deflusso idrico verso Nord-Est.

Lo schema idrogeologico profondo è caratterizzato da una copertura alluvionale di terreni poco permeabili che ricoprono e proteggono la sottostante conoide distale del Fiume Lamone, che contiene i principali acquiferi della zona. Per avere una visione della stratigrafia idrogeologica si riporta qui di seguito quella ricavata dalla sezione 063, dalle schede di due pozzi in adiacenza all'area di interesse e estratte dal data base della Regione Emilia-Romagna. Pozzi di riferimento sigla 239110P621 – 239110P622:

Prof. dal p.c. (m)	Descrizione litologica	Falda captata (tratta dalla scheda pozzo)
Da 0 a 15-16 m	Limi sabbiosi e argille	
Da 15-16 a 22-23 m	SABBIA-GHIAIA	10,0 – 15,2 – 17,6 metri
Da 22-23 a 27-28 m	Limo argilloso-sabbioso	
Da 27-28 a 56-57 m	SABBIA-GHIAIA	36,0 – 45,0 metri
Da 56-57 a 160-165 m	Argille a sabbie addensate	
➤ 165 metri	Sabbie gialle milazziane	

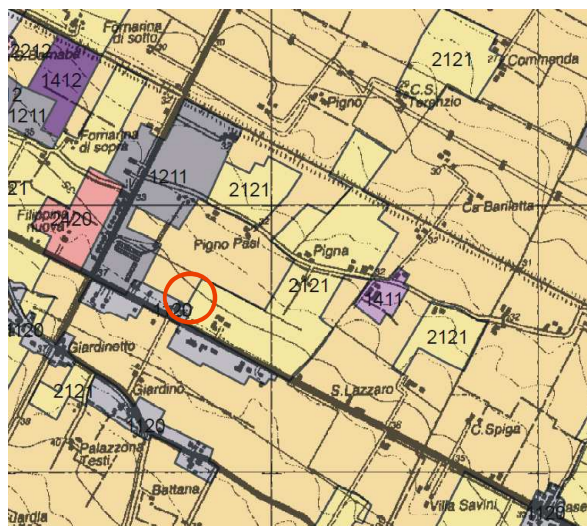
Dalle misurazioni attuali del livello freatico si è potuto appurare la presenza di falda idrica (peraltro di scarsa portata) con livello statico posto 7,20-7,60 nella zona

considerata (vedi cartografia tematica allegata) con escursione stagionale pari a m. 2,00-2,50 circa.

f. LITOLOGIA SUPERFICIALE E PEDOLOGIA

La carta Geologia e dei Suoli Regionale evidenzia per la massima parte dell'area in esame litologie superficiali prevalenti limoso-argilloso-sabbiose di terrazzo alluvionale. In base alla carta geolitologica allegata e al quadro conoscitivo del PSC Faentino, l'area risulta interessata da alluvioni del Subsistema di Ravenna – AES8 (limi sabbiosi e argillosi prevalenti).

La pedologia evidenzia per l'area in esame suoli appartenenti alla consociazione dei suoli SANT'OMOBONO franco argilloso limosi. Il cui assetto colturale ottimale è a vigneti, frutteti.



2. TERRITORI AGRICOLI		
2.1 Seminativi	2.1.1 Seminativi in aree non irrigue (B1) Sono considerati perenni non rigati quelli situati in aree coltivate e montate dove non è praticata l'irrigazione.	2.1.2.1 Seminativi semplici (B1)
	2.1.2 Seminativi in aree irrigue Cultura rigata periodicamente o sporadicamente, in genere grazie a infrastrutture permanenti.	2.1.2.2 Viali (B1)
		2.1.2.3 Culture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica (B1)
	2.1.3.0 Risai (B1)	
2.2 Culture permanenti	2.2.1 Culture specializzate Vigneti e frutteti	2.2.1.1 Vigneti (C1) Superfici coltivate a vigna.
		2.2.1.2 Frutteti e frutteti minori (C1) Insediamenti di alberi o arbusti fruttiferi. I frutteti di superficie inferiore a 15 ha compresi nei terreni agricoli (preli stabili) o seminativi (merci importanti sono inclusi nella classe 2.1.1) frutteti con presenza di diverse associazioni di alberi sono inclusi in questa classe.
	2.2.2.0 Olivi (C1) Superfici coltivate a olivo, comprese parzialmente a coltura mista di olivo e vite.	
	2.2.3 Arboricoltura da legno Superfici piantate con alberi di specie forestali a rapido accrescimento per la produzione di legno soggetto a operazioni colturali di tipo agricolo.	2.2.3.1 Pioppeti culturali (C1)
		2.2.3.2 Altre colture da legno (inocci, ecc) (C1)

g. INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Essendo inserita la zona di lottizzazione nella cartografia di zonizzazione del P.R.G. vigente del comune di Faenza come compatibile alla destinazione di espansione, tenuto conto delle conoscenze geotecniche acquisite in zone contermini con le medesime caratteristiche geo-litologiche, sono state eseguite prove "in situ" utili alla caratterizzazione geotecnica dei litotipi.

- Stratigrafia.

E' stato utilizzato un sondaggio con aste elicoidali del diametro di mm. 110 e prelievo di due campioni indisturbati mediante campionatore semplice. La testa rotante montata su cingolato, consente di raggiungere una coppia massima pari a 350 kgm.

La stratigrafia viene riportata in allegato e l'ubicazione è indicata in planimetria con un quadrato rosso.

Al termine del sondaggio è stata verificata una leggera presenza di acqua di falda nel foro con quota dal p.c.: **S1 = m. -7,50**.

Considerate le caratteristiche dei terreni e l'eventuale profondità del piano di posa delle fondazioni, si sono prelevati due campioni indisturbati di terreno alla profondità di m. 2,00 e m. 5,00 (**C1-C2**), eseguendo prove di laboratorio (granulometria, Limiti di Atterberg) i cui risultati vengono riassunti qui di seguito, integrati con le proprietà meccaniche ricavate dalle correlazioni penetrometriche:

		C1	C2
		(L.A.S.	(L.S.A.
		giallo-rossastro)	giallo-nocciola)
- Peso unità di volume	kN/mc.	18,80	18,00
- Umidità	%	20,30	15,00
- Passante#200	%	78,42	71,02
- Limite Liquido	%	38	33
- Limite Plastico	%	22	26
- Indice Plastico	%	16	7
- Coesione non drenata	daN/cm ² .	0,90-1,20	0,35-0,45
- Angolo attrito interno	gradi	16°-18°	21°-23°

- **Prove penetrometriche statiche con punta elettrica**

Al fine di una caratterizzazione geotecnica e litologica dei terreni nell'area di lottizzazione e di accertare la presenza e profondità di falde idriche, sono state effettuate n° 4 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e penetrometro da **200 kN**, da spingersi fino a profondità utile per la dissipazione dei futuri carichi.

L'ubicazione delle prove indicate con un cerchietto rosso, è riportata in planimetria allegata unitamente ai grafici.

L'uso della **punta elettrica "TECNOPENTA"** permette di superare diversi inconvenienti rispetto alla punta meccanica:

- la lettura manometrica non va depurata del peso delle astine interne

- non vi è accorciamento elastico delle astine e la lettura non viene influenzata dai vari attriti fra parti meccaniche (astine-aste cave, movimenti punta Begemann)
- La misura avviene nella zona di punta ed è continua permettendo di conoscere il dato meccanico nell'intervallo desiderato
- le operazioni di taratura sono più celeri e precise. La punta è dotata di un sensore inclinometrico per controllare le deviazioni delle aste dalla verticale.

Un'indicazione dei terreni indagati è fornita dal rapporto tra resistenza all'infissione statica della punta (R_p) e la resistenza di attrito laterale locale (R_{al}) che il materiale sviluppa sul manicotto utilizzato con la punta elettrica che rileva i dati in continuità registrandoli tramite computer ogni **cm. 5**.

Come risulta dall'elaborato cartografico, le penetrometrie ed il sondaggio sono stati ubicati in modo da investigare le caratteristiche dell'area in esame. Si è accertato che la zona presenta terreni superficiali rimaneggiati e/o intensamente fratturati fino alla profondità di m. 1,00-1,50 cui seguono litotipi alluvionali stratificati dapprima limoso-argilloso-sabbiosi sovraconsolidati ($R_{pm} = 30-40$ daN/cm q) fino a m. 4,50-5,00 quindi maggiormente limoso-sabbiosi con resistenza alla penetrazione medio-alta ($R_{pm} = 15-25$ daN/cm q) fino a m. 13,50-14,00 di profondità dove sottosuolo indagato risulta costituito da sabbie addensate ($R_{pm} = 50-80$ daN/cm q) fino alla profondità di m. 15,00-15,50 dove si è arrestata l'infissione in corrispondenza del tetto del banco di ghiaia-sabbia estremamente addensato. L'addensamento risulta essere buono in tutte le prove ed è stata riscontrata leggera presenza di falda idrica con livello posto a m.7,20-7,60 dal p.c. attuale con escursione stagionale di m. 2,00-2,50 circa (da informazioni assunte).

Al fine di evitare cedimenti differenziali elevati occorre quindi innestare le fondazioni entro litotipi alluvionali con caratteristiche geomeccaniche omogenee posti al disotto del terreno rimaneggiato-fratturato.

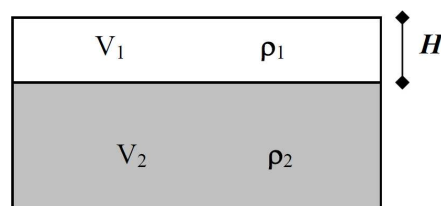
h. MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO (HVSR)

Si sono eseguite delle misure sismiche passive HVSR (Tromino) da cui è stato possibile giungere alla valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della V_{s30} , valore più significativo per valutare la risposta sismica di un determinato sito. Infatti i maggiori danni a seguito di un sisma di progetto si hanno proprio per corrispondenza tra periodo proprio del sottosuolo e quello della struttura in esame, con possibilità che si abbiano pericolosi fenomeni di risonanza. Il Tromino è uno strumento in grado di misurare i microtremori. Il tremore sismico, comunemente definito "rumore sismico", esiste ovunque sulla superficie

della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (R_1 e R_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r s = V_{s1} / 4 \cdot H$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione.



L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore. Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

La calibrazione delle misure dei microtremori è stata eseguita in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine. Nell'area è stato eseguito uno stendimento MASW (PSC2009 Prova n° 09) e n. 2 Tromini (T1-T2) che vengono utilizzati per l'inversione della curva in combinazione con la misura MASW. Le prove eseguite impiegando la suddetta metodologia dei microtremori ha evidenziato, utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), correlata ed integrata con le misure attive Masw, una **Vs30 compresa tra 312-323 m/s**.

L'analisi delle frequenze fondamentali di amplificazione del sito evidenzia l'amplificazione di risonanza tipica del terreno e, di conseguenza, l'altezza critica degli edifici che in caso di sisma possono entrare in risonanza con il terreno stesso. Nel caso specifico è possibile individuare le seguenti frequenze tipiche per il deposito esaminato, significative per gli edifici:

Frequenza di risonanza (f=Hz)	Periodo fondamentale (T=sec)
4.00	0.25
4.50	0.22

Tale aspetto risulta certamente più significativo della valutazione della Vs30. Infatti una struttura risulta particolarmente vulnerabile se presenta un periodo di vibrazione

simile a quello del sottosuolo, potendo essere soggetta ad un fenomeno di amplificazione per risonanza.

Indicazioni sulla altezza critica degli edifici per doppia risonanza.

Il modo di vibrare fondamentale dell'edificio in progetto può essere stimato utilizzando la formula riportata al paragrafo 7.3.3.2 delle NTC 2008:

$$T1 = C * H^{3/4}$$

Dove

- T1 = modo di vibrare principale dell'edificio nella direzione in esame
- C = coefficiente che vale 0.085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, 0.075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato, 0.05 per costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura
- H = altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione.

Pertanto con periodo fondamentale del sottosuolo pari a $T=0.25-0.22$ sec le strutture di progetto dovranno avere frequenze diverse (vedi tabella) al fine di evitare pericolosi fenomeni di risonanza.

Altezza critica fabbricati per effetti di risonanza

	Frequenza di risonanza (Hz)	Periodo di risonanza T(sec)	Numero piani critico edifici in muratura	Altezza critica (m.)		
				Hacc.	Hclz	Hgen
Tromino 1	4.00	0.25	2.5	4,2	5,0	8,6
Tromino 2	4.50	0.22	2.2	3,6	4,2	7,2

Le verifiche del modello sismico sulle opere in progetto devono essere criticamente confrontate con la frequenza fondamentale del sito indagato ed i suddetti valori risultano unicamente di massima e di guida per la progettazione.

i. CARATTERISTICHE SISMICHE

Il territorio del comune di Faenza inserito nella zona sismica di II° categoria, con conseguente grado di sismicità **S = 9** e coefficiente di intensità sismica **C = S-2/100 = 0,07**. Con la nuova classificazione 2003 il comune di FAENZA viene inquadrato in:

- Zona sismica n° 2

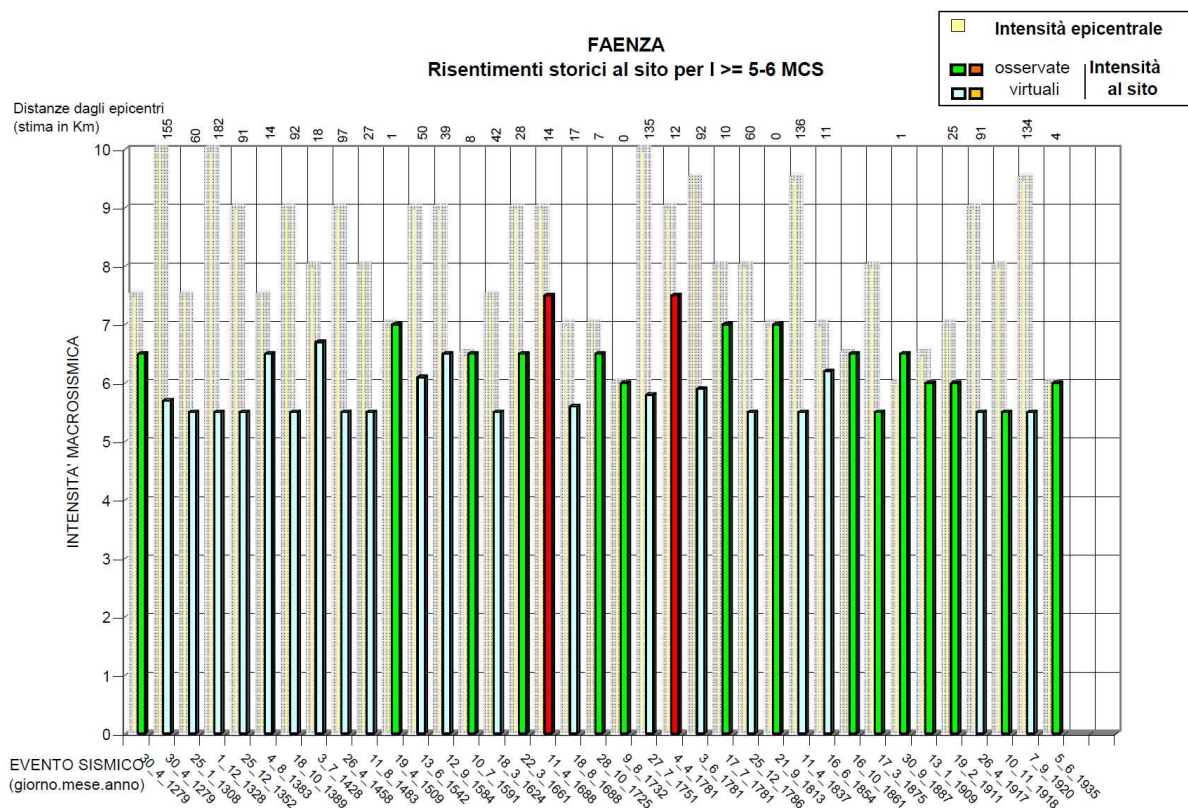
- Accelerazione massima orizzontale 0,25

Negli indirizzi di microzonazione della Regione Emilia-Romagna (anno 2000) viene indicata una accelerazione orizzontale massima di 0,205.

Sulla base di quanto sopra, si è reso necessario inserire nello studio geologico-geotecnico a corredo dell'area "via Emilia Levante 1", un capitolo che focalizzi lo studio macrosismico della zona interessata all'urbanizzazione.

Innanzitutto sulla base di quanto riportato nel Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna Il comune di Faenza ricade nella zona sismogenetica 914 della zonazione ZS9 (da Meletti & Valensise, 2004). I principali terremoti di questa zona sono per lo più compressivi e trascorrenti, con profondità ipocentrale generalmente compresa nei primi 25 km di profondità (da Boccaletti et al., 2004; DISS Working Group, 2007).

Questa zona è soggetta ad una sismicità che può essere definita media rispetto alla realtà nazionale, con terremoti storici che hanno causato effetti di intensità (I_s) fino a 7,4 della scala MCS (Mercalli-Cancani-Seiberg) e magnitudo stimata (M_w=Magnitudo Momento) compresa tra 5,2 e 6 (vedi tabelle seguenti).



Comune di Faenza (RA) [44.288, 11.881]						
Is	Anno	Mese	Giorno	Area Epicentrale	Io	Mw
7-8	1688	04	11	Romagna	9	5.88
7-8	1781	04	04	Faentino	9	5.84
7	1509	04	19	Faentino	7	5.17
7	1781	07	17	Romagna	8	5.53
7	1813	09	21	Romagna centrale	7	5.32
6-7	1279	04	30	Rocca San Casciano	7-8	5.55
6-7	1591	07	10	Forlì	6-7	5.24
6-7	1661	03	22	Appennino romagnolo	9	5.83
6-7	1725	10	28	Faentino	7	5.26
6-7	1861	10	16	Forlì	6-7	5.13
6-7	1887	09	30	Faenza	6	4.83
6	1732	08	09	Faenza	6	4.83
6	1909	01	13	Bassa Padana	6-7	5.53
6	1911	02	19	Romagna meridionale	7	5.38
6	1935	06	05	Faentino	6	5.34
5-6	1875	03	17	Romagna sud-orient.	8	5.74
5-6	1918	11	10	Appennino romagnolo	8	5.79

I. COMPATIBILITA' SISMICA DELL'INTERVENTO

Dal punto di vista litologico, pur con le possibili e locali piccole variazioni, la stratigrafia delle aree è caratterizzata dalla presenza di terreni limoso-argilloso-sabbiosi e sabbioso-limosi cui sottostanno i terreni essenzialmente coesivi del substrato marino pliocenico. I materiali alluvionali si presentano in uno stato di medio addensamento ed in condizioni di presenza di falda idrica esclusivamente nei litotipi ghiaioso-sabbiosi sciolti. L'analisi dei possibili fenomeni causati da un evento sismico si è limitata al potenziale di liquefazione che è stato valutato con modalità empirica, alla luce dei dati su esposti. Considerando quindi la presenza di falda idrica superficiale, l'addensamento dei terreni, la composizione litologica e granulometrica essenzialmente LIMOSO-SABBIOSA, la possibilità di drenaggio dell'acqua di falda attraverso le lenti sabbiose fanno escludere fenomeni di liquefazione. In aggiunta si riporta in allegato il calcolo del potenziale di liquefazione con il metodo Iwasaki (1982) quantizzato tramite la penetrometria n° 1. Inoltre si riporta la verifica alla liquefazione tramite le Vs normalizzate da cui si ricava un CSR sempre ubicato nel campo della NO LIQUEFAZIONE (vedi grafico allegato).

E' chiaro, a questo punto che **si può escludere** la possibilità di liquefazione ciclica dei terreni granulari per effetto delle sollecitazioni sismiche. In conclusione si può affermare che la zona indagata e destinata all'edificazione, è da ritenersi esente da penalizzazione dovuta a particolari situazioni che possono generare pericolosi

fenomeni indotti da un terremoto. Si riportano inoltre le estrazioni cartografiche e della prova MASW n° 02 realizzata per il PSCA2009 che interessa l'area d'influenza della lottizzazione in esame, utilizzata unitamente alle prove geofisiche e geotecniche eseguite per il comparto edificatorio. Riassumendo l'area di "via Emilia Levante 1" geologicamente può essere ascritta al **deposito di pianura**. Il substrato marino è rappresentato dalla **Formazione delle Sabbie Gialle di Imola** posto alla profondità di m. 150-170 circa rispetto al piano campagna (sezione 063 - Progetto CARG). Analizzando le prove geofisiche e geognostiche eseguite nella zona di indagine si ricava una velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri pari a $V_{s30} = 312-323$ m/sec da cui si ottiene la **categoria del suolo di fondazione**:

C. Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $0,70 < cu_{30} < 2,5$ daN/cm² nei terreni a grana fina)

da cui derivano: coefficiente $S_s = 1,40$ e coefficiente $C_c = 1,56$ (per SLV).

Per la valutazione delle condizioni topografiche in questo caso siamo in una situazione molto semplice con piano topografico a debole inclinazione pari a $0,4^\circ - 0,5^\circ$, per cui il sito in esame può rientrare nella categoria:

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

da cui deriva un coefficiente di amplificazione topografico pari a **st = 1,0**.

Si sono inoltre analizzate le caratteristiche fisiche del territorio in esame in modo da determinare gli eventuali effetti di sito ed è stata ricavata la **CARTA DEGLI EFFETTI DI SITO ATTESI** che evidenzia l'assenza di caratteristiche fisiche dei terreni che possano determinare amplificazione in caso di evento sismico.

m. CARATTERIZZAZIONE SISMICA (II° livello di approfondimento)

Viene eseguita la caratterizzazione sismica adottando le analisi per il secondo livello di approfondimento (analisi semplificata). Con riferimento a quanto previsto dall'Atto di Indirizzo e Coordinamento Tecnico della L.R. 20/2000 in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e

urbanistica" approvato in data 2 maggio 2007, l'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T = 0$, espressa in funzione della accelerazione di gravità "g" assegnata al comune di Faenza risulta di **0,205g**.

Nel caso di un ambito di pianura come quello in esame caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da terreno alluvionale stratificato composto da sabbie-peliti-ghiaie con spessore di decine di metri e substrato marino caratterizzato da una profondità di m. 150-170, è stata considerata per il Fattore di Amplificazione la tabella PIANURA 2 dove, ad un valore di **Vs30 = 323 (MASW n° 02) - 316 m/sec (HVSR)** corrisponde:

- **F.A. per la P.G.A.** = **1,48.**
- **F.A. Intensità Spettrale** (0.1s<To<0.5s) = **1,70**
- **F.A. Intensità Spettrale** (0.5s<To<1.0s) = **2,28**

Nel caso in esame, come già esposto in precedenza, gli effetti della topografia sono trascurabili in quanto non si riscontrano pendii con inclinazione $> 15^\circ$ quindi $St = 1,0$. L'accelerazione di progetto risulta pertanto pari a: **a max = 1,48 x 0,205 = 0,3034g**

Da cui valori spettro risposta elastico - comp. orizzontale (5% SMORZAMENTO):

T (s)	Sa/aref	Sa/ag
0,000	1,000	0,303
0,040	1,389	0,421
0,070	1,759	0,534
0,100	2,283	0,693
0,150	2,637	0,800
0,200	2,707	0,821
0,300	2,466	0,748
0,400	1,840	0,558
0,500	1,445	0,438
0,750	0,955	0,290
1,000	0,645	0,196
1,500	0,355	0,108
2,000	0,231	0,070

n. COMPATIBILITA' EDIFICATORIA DELL'INTERVENTO

Lo studio svolto tramite indagini dirette e da informazioni acquisite per inquadrare il territorio di Faenza interessato sia dal punto di vista geomorfologico che geotecnico **non ha evidenziato emergenze o caratteristiche geologiche tali da condizionare le scelte urbanistiche future.**

Quindi, al fine di recepire la circ. Reg. 11.2.83 n. 1288 e approntare una prima valutazione sulle classi di edificabilità, si può distinguere unicamente:

CLASSE A - Zone normalmente edificabili

Infatti i vari diagrammi penetrometrici analizzati, il sondaggio ed il rilievo geomorfologico eseguito non hanno evidenziato differenza tali da giustificare un ulteriore divisione. Gli orizzonti geotecnici **risultano sufficientemente consistenti ed adatti a sopportare eventuali nuovi carichi derivanti dall'edificazione.**

Essendo in una fase preliminare dove non vengono indicate le ipotesi edificatorie, sulla base dei dati ricavati, onde indicare la portanza dei terreni, sono stati utilizzati l'angolo d'attrito e la coesione ricavati dalle correlazioni con le prove penetrometriche e dai campioni **C1-C2**, utilizzando i valori meccanici più scadenti e quindi cautelativi. Considerando che alla profondità supposta del piano di posa pari a **m. 1,20** i terreni risultano essenzialmente argilloso-limosi, per il calcolo della **pressione ultima di rottura "qr"** si impongono condizioni non drenate.

Si suppone cioè che la dissipazione delle pressioni interstiziali in fase di consolidamento avvenga con velocità inferiore rispetto a quella di applicazione dei carichi strutturali. In tali condizioni si considera che la sovrappressione interstiziale annulli la componente frizionale della resistenza al taglio (**Phi° = 0**) e che il terreno si opponga ai fenomeni di rottura con le sole forze coesive del terreno ed in questo esempio viene utilizzata una coesione caratteristica per il litotipo interessato:

$$C_{uk} = 0,80 \text{ daN/cm}^2$$

Dal calcolo allegato il **carico limite rispetto alla rottura localizzata del terreno** (corrispondente alla resistenza di progetto riferita all'approccio 1 – combinazione 1). Per il calcolo indicativo dei cedimenti si sono utilizzate le pressioni ammissibili con

coefficiente di sicurezza 3 da cui si ricavano cedimenti accettabili; qui di seguito vengono riportati i dati ricavati:

Coesione	Peso terreno	Klim.	Kamm	cedimenti
daN/cm ²	daN/mc	daN/cm ²	daN/cm ²	cm.
0,80	1.850	4,39	1,46	2,487

o. Area - "Via Emilia Levante n. 1": Prescrizioni conclusive

Dalle prove penetrometriche e dalle stratigrafie utilizzate per l'area interessata si è riscontrato nei primi metri di profondità, la presenza depositi alluvionali terrazzati limoso-argilloso-sabbiosi dapprima leggermente sovraconsolidati per perdita di umidità quindi maggiormente limoso-sabbiosi normalconsolidati e con sufficiente resistenza alla compressione cui seguono litotipi a componente essenzialmente sabbioso-limosa con livelli sottili argilloso-limosi, dotati di buona consistenza fino a m. 15,00-15,50 di profondità dove si riscontra il tetto del banco di ghiaia-sabbia addensato che ha arrestato l'infissione, per cui:

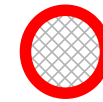
1. Occorre innestare le fondazioni nei litotipi alluvionali omogenei dal punto di vista geomeccanico al fine di evitare cedimenti differenziali elevati, da valutare rispetto al piano posa, al tipo di fondazioni ed alla geometria della stratificazione argilloso-limoso-sabbiosa. Verificare quindi lo spessore e l'uniformità geo-meccanica del terreno limoso-argilloso-sabbioso superficiale riscontrato nei primi metri di profondità eseguendo apposita indagine geotecnica (distinzione tra sovraconsolidato-normalconsolidato e lenti sabbioso-limose sciolte).
2. Innestando le fondazioni entro i litotipi alluvionali omogenei si può indicativamente adottare un **carico limite rispetto alla rottura localizzata del terreno** compreso tra **daN/cm² 4,40-5,00** (corrispondente alla resistenza di progetto riferita all'approccio 1 – combinazione 1) da verificare lotto per lotto e alla luce di una struttura di fondazione di progetto. I cedimenti in condizioni statiche valutati ipotizzando una generica fondazione nastriforme risultano nel complesso accettabili ed uniformi.

3. Come verificato nel corso delle prove utilizzate per l'area interessata, **l'idrologia di profondità** è correlata allo spessore ghiaioso-sabbioso profondo dove, al contatto con il litotipo argilloso impermeabile. E' presente un **livello freatico** a **m. 7,20-7,60** dal piano campagna. Questa falda idrica presenta una portata modesta ed una escursione stagionale di m. 2,00-2,50 correlata essenzialmente al periodo di massime precipitazioni.
4. La natura litologica e granulometrica dei litotipi interessati dal bulbo di carico, l'omogeneità e il sufficiente grado di addensamento dei terreni limoso-argilloso-sabbiosi posti nei primi 13,50-14,00 metri profondità con al disotto il banco di ghiaia (valutazione fino a m. 20) **esclude la possibilità di liquefazione** in caso di evento sismico.
5. La **caratterizzazione sismica dei terreni alla luce del D.M. 14.01.2008** presenta un coefficiente di amplificazione topografico pari a **st = 1,0** ed una Vs30 = 312-323 m/sec da cui si ricava la categoria del suolo di fondazione:
 - C. Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $0,70 < cu_{30} < 2,5$ daN/cm² nei terreni a grana fina)
6. La **CARTA DEGLI EFFETTI DI SITO ATTESI** non evidenzia caratteristiche fisiche dei terreni e/o di addensamento che possano determinare amplificazione. (vedi planimetria allegata).

CastelBolognese 13.04.2012

Dott.Geol. Andreatta Giancarlo

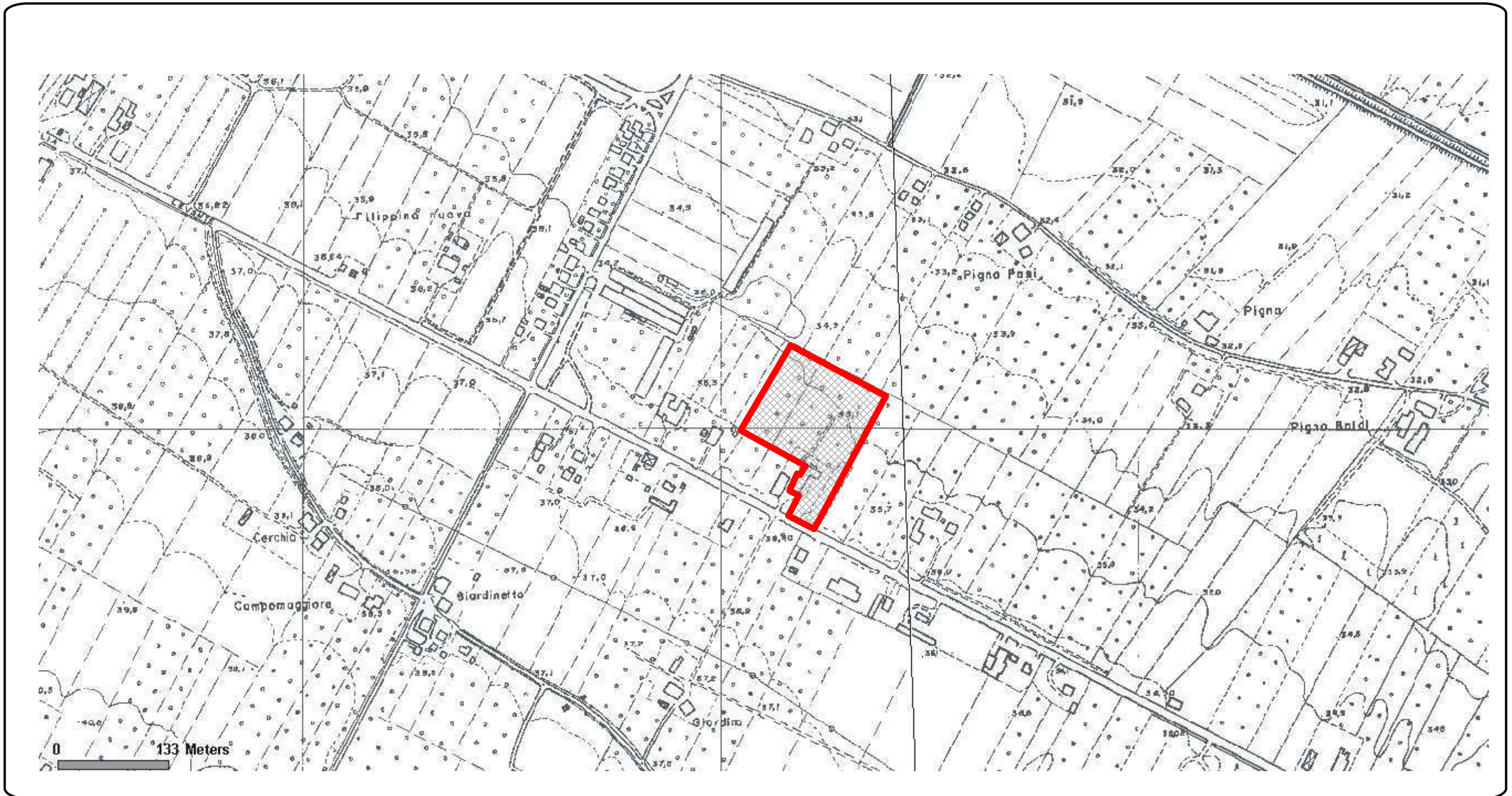
LEGENDA:



Area d'intervento

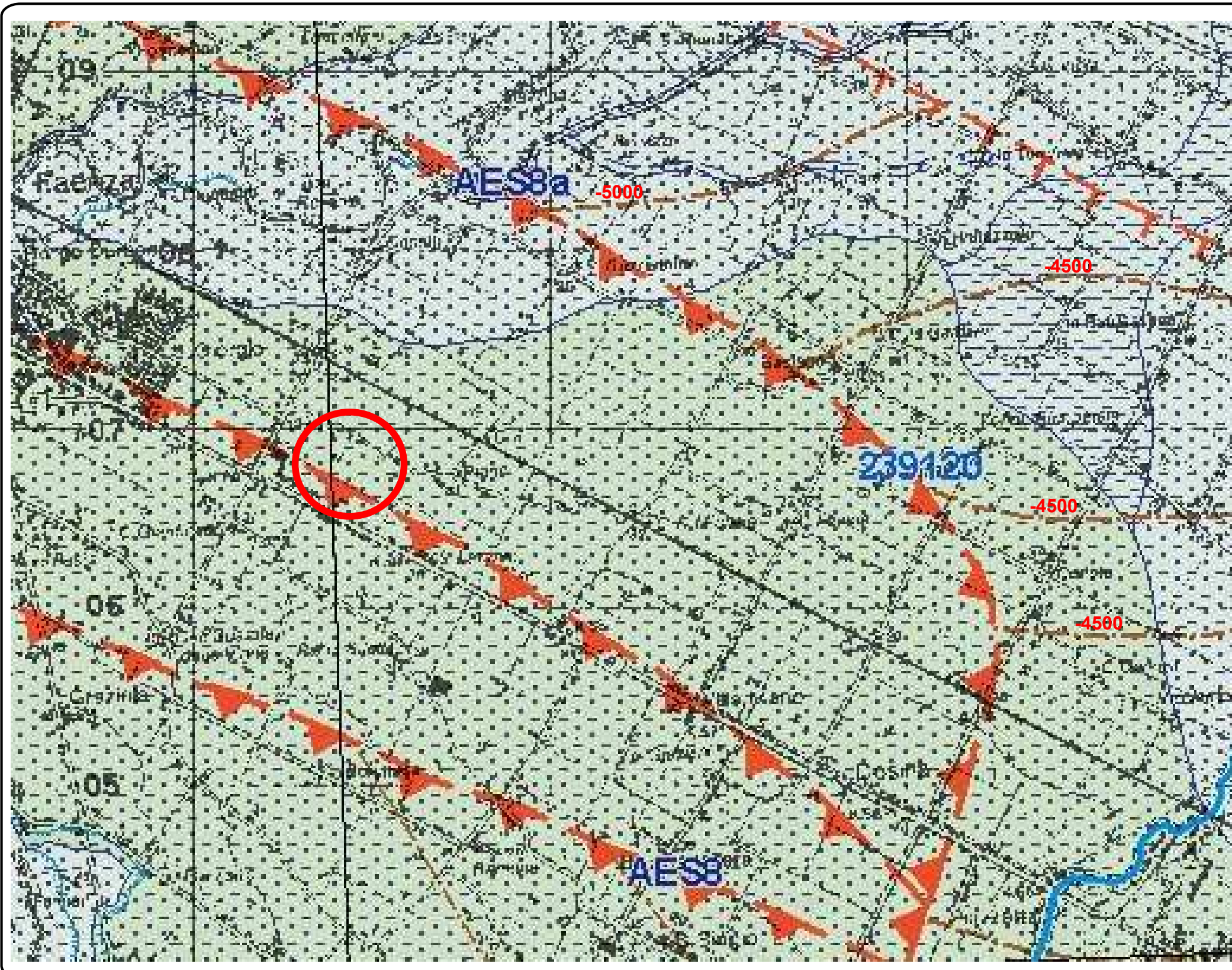
CARTA C.T.R.
239111-239112

Scala 1:5.000

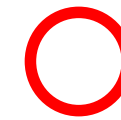


CARTA
GEOMORFOLOGICA
E STRUTTURALE
(da carg E/R)

Scala 1:25.000



LEGENDA:



Area d'intervento



Deposito di limo argilloso di
piana alluvionale



Deposito di sabbia limosa di
piana alluvionale



Sovrascorrimento profondo
post-tortoniano dedotto



Isobata della base
del pliocene



Traccia di alveo fluviale
abbandonato certa

LEGENDA:



Area di proprietà BeachPark
LOTTIZZAZIONE Via Emilia



AES8 - Subsistema di Ravenna
Deposito di tracimazioni fluviali indifferenziate
- Limo Argilloso Sabbioso -

239120U512



Prova penetrometrica progetto CARG

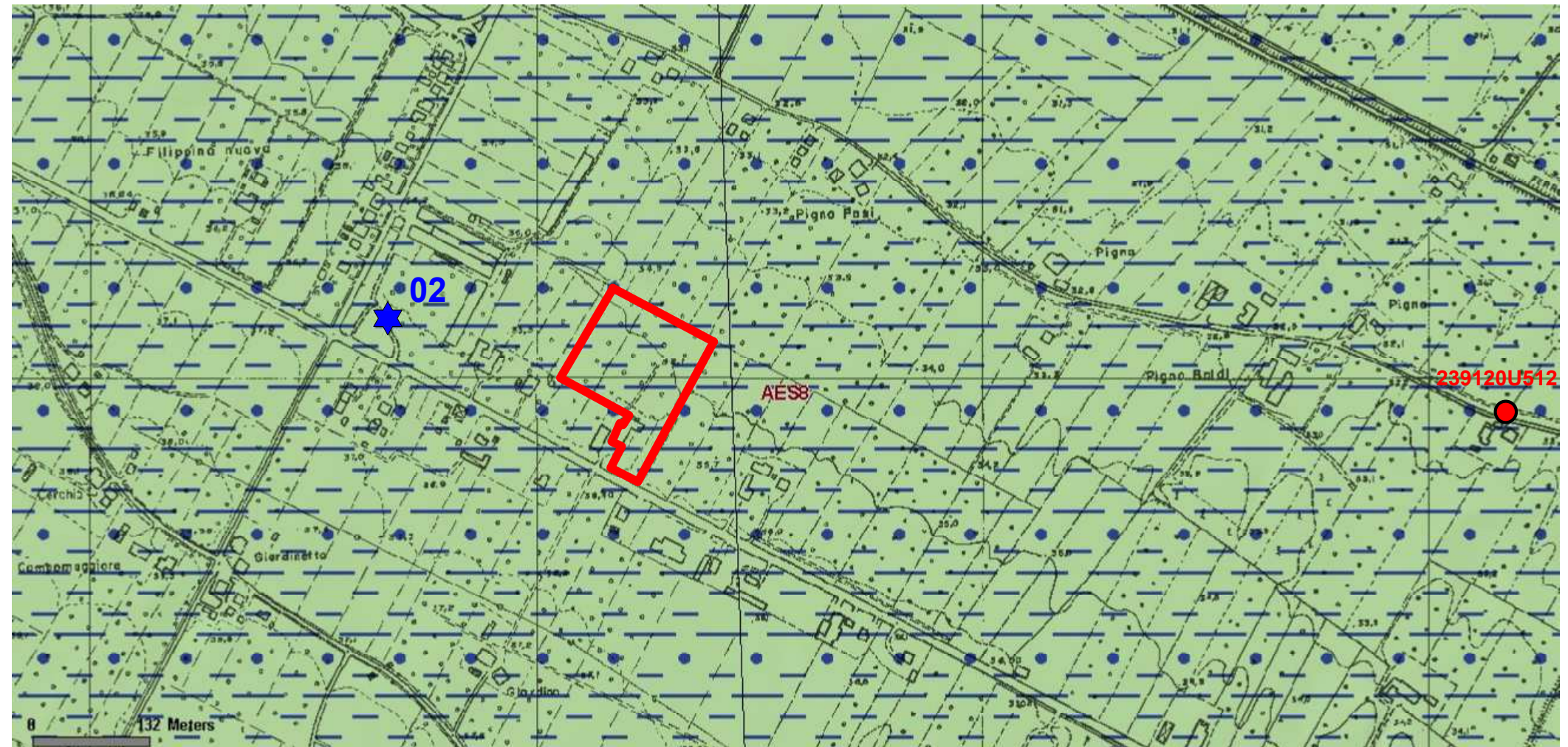
02



MASW n° 02 (da PSC2009)

CARTA
GEOLOGICA
(da CARG E/R 1:10.000)

scala 1:5.000



CARTA DELLE
ISOBATE DELLA
SUPERFICIE FREATICA
DAL PIANO CAMPAGNA

scala 1:2.000

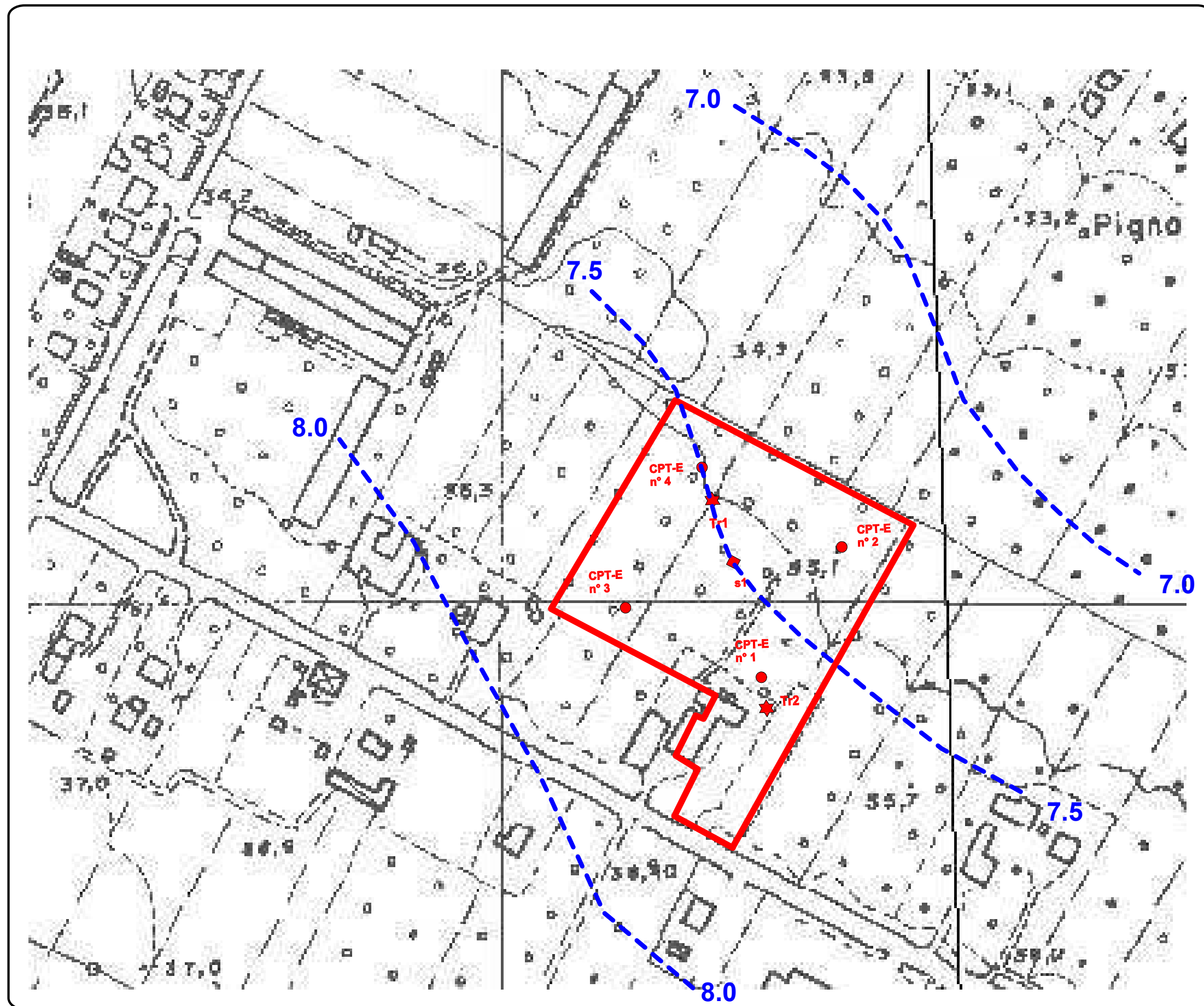
LEGENDA:



Area in esame



Isobate della
superficie
freatica dal p.c.



LEGENDA:



Area di nuovo inserimento
in progetto

CPT-E
n° 1



Penetrometria statica con punta elettrica

s1



Sondaggio a carotaggio continuo

Tr2



Prova sismica passiva a
postazione singola (Tromografo)

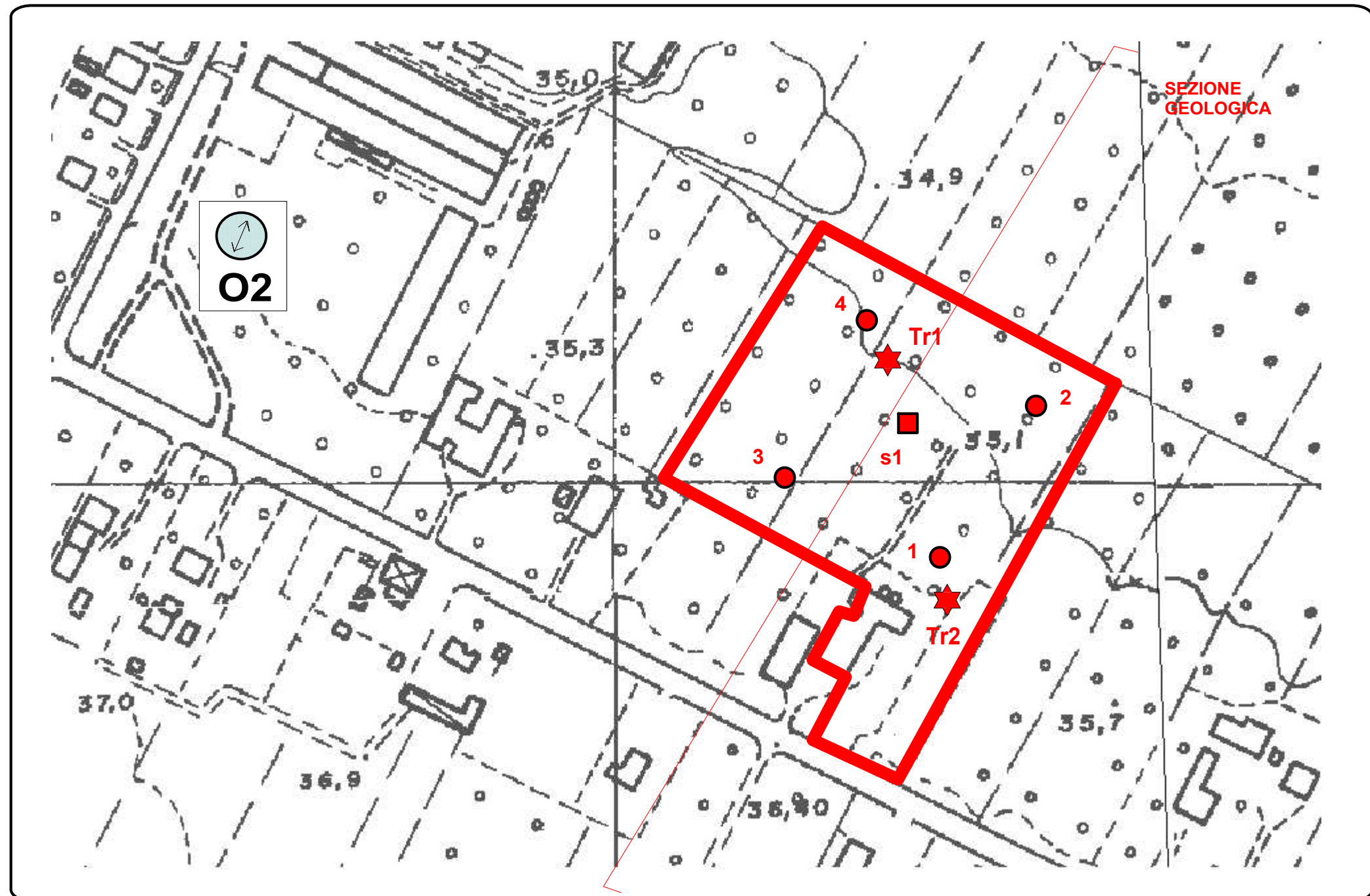
O2



Prova MASW n° 2
(da PSC2009)

CARTA DELLE
INDAGINI
GEOGNOSTICHE

Scala 1:2.000



0 Km

1

2

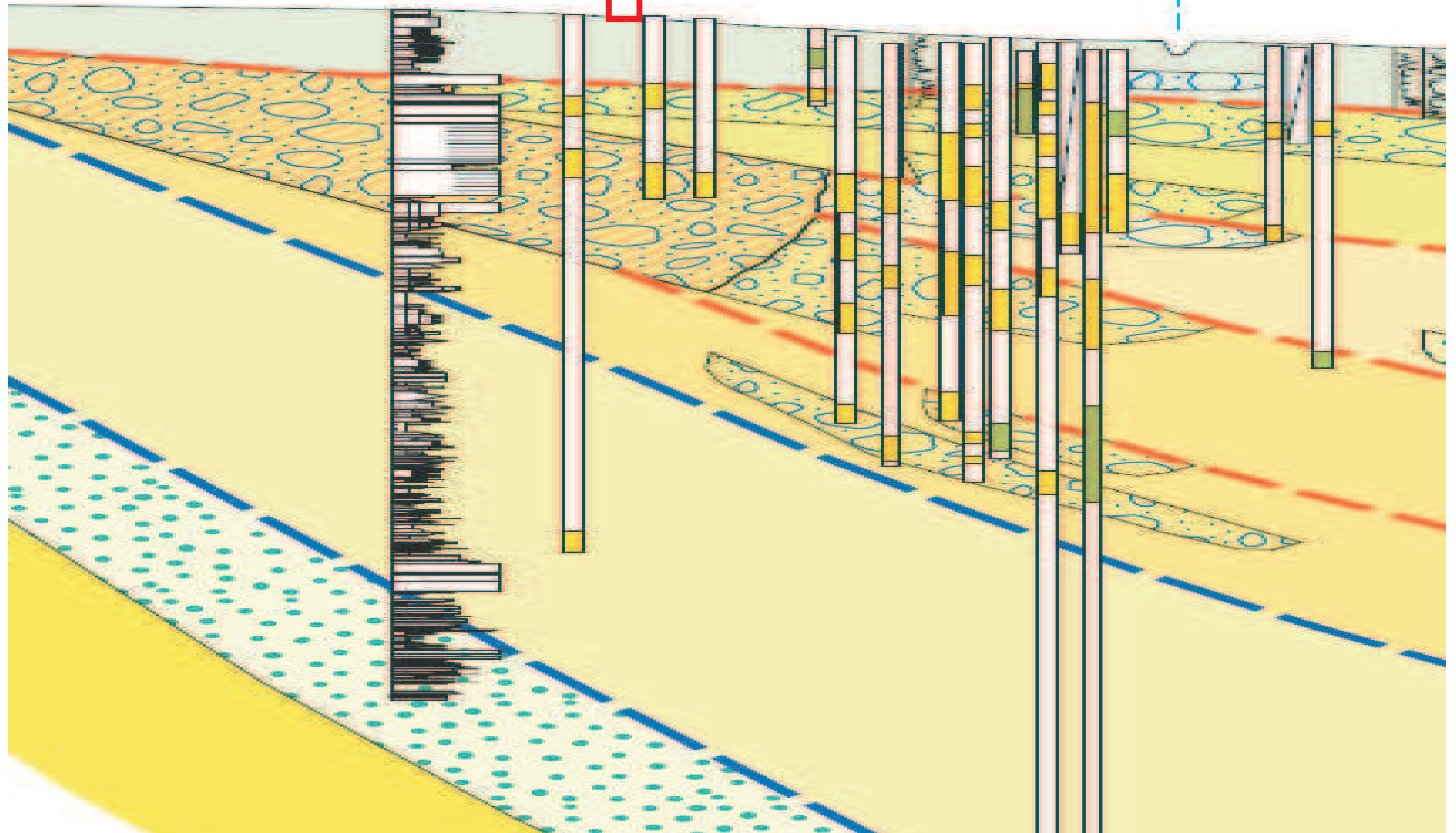
3

239-S2

F.Lamone

Area in esame

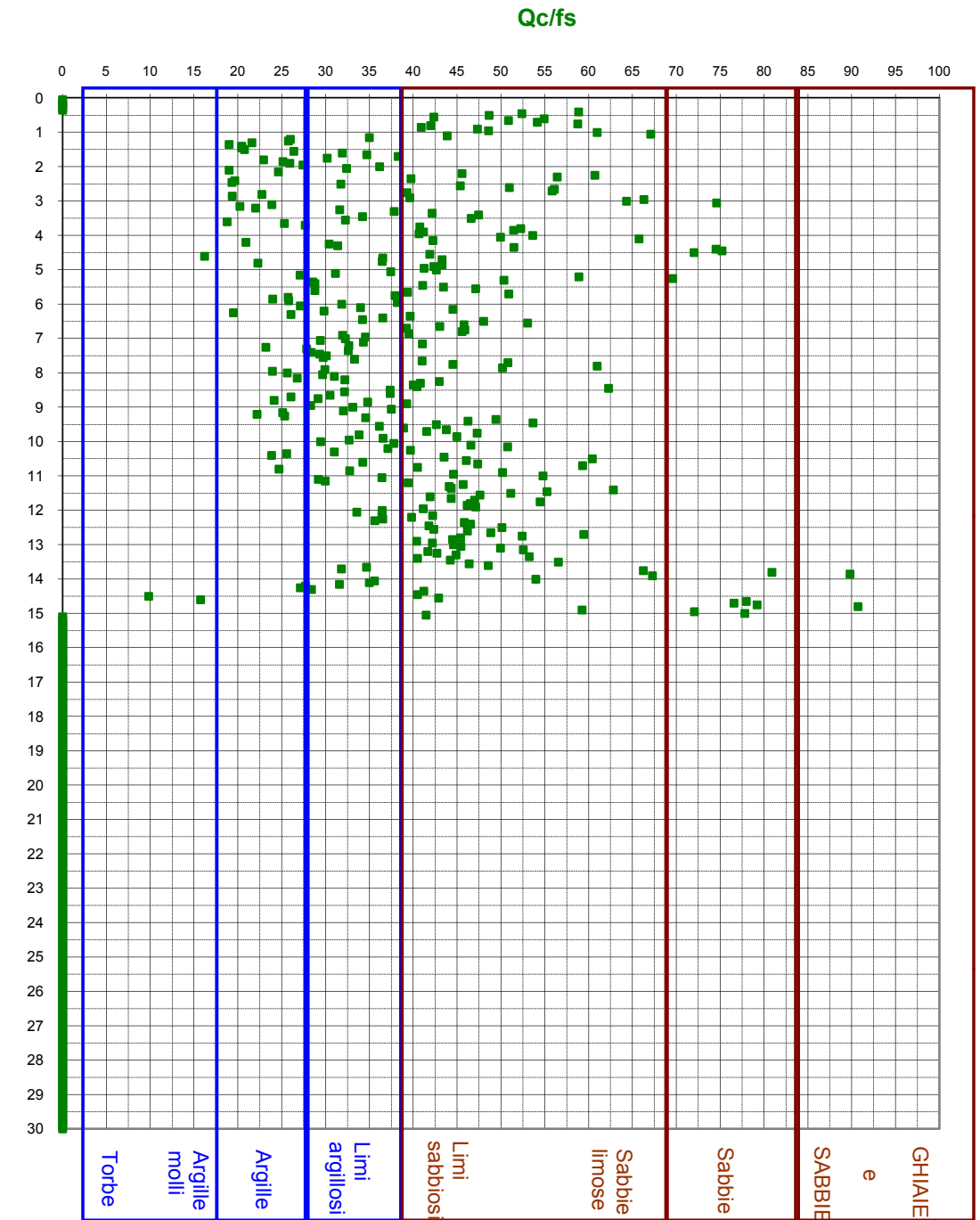
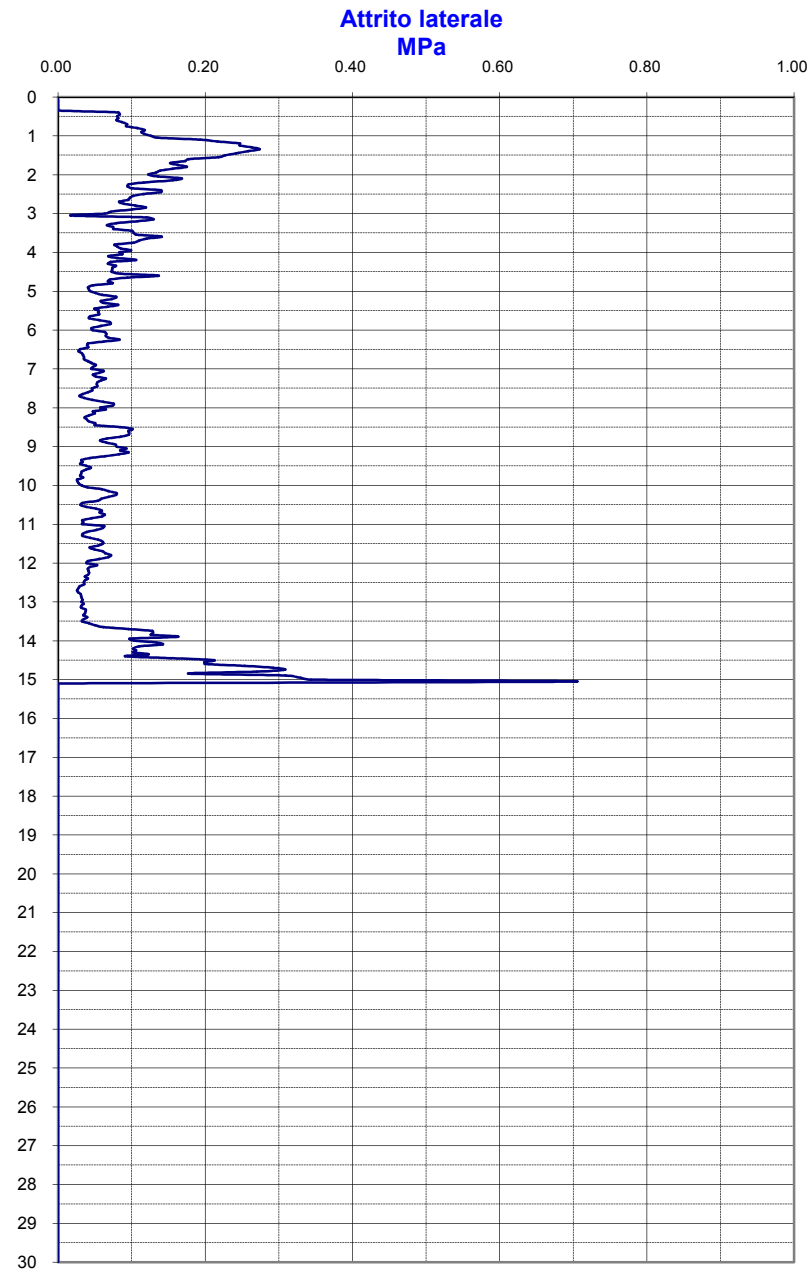
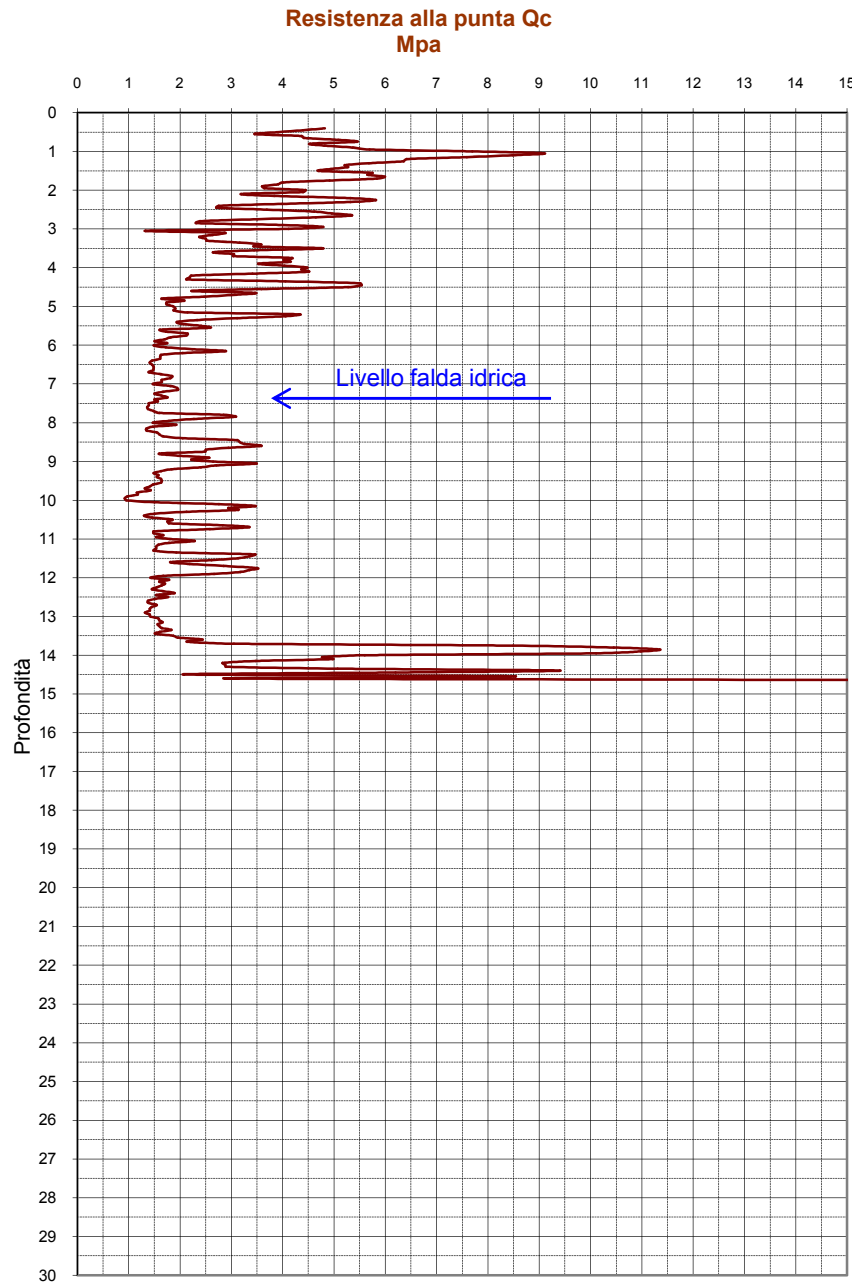
m 0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
-140
-160
-180



PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 1

Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Fattoria del Lago
Località: via Emilia-FAENZA
Data: 09.09.2011
Profondità falda dal p.c. prova: **7.40 ml.**



Superficie punta : 10 cm²

Superficie manicotto: 150 cm²

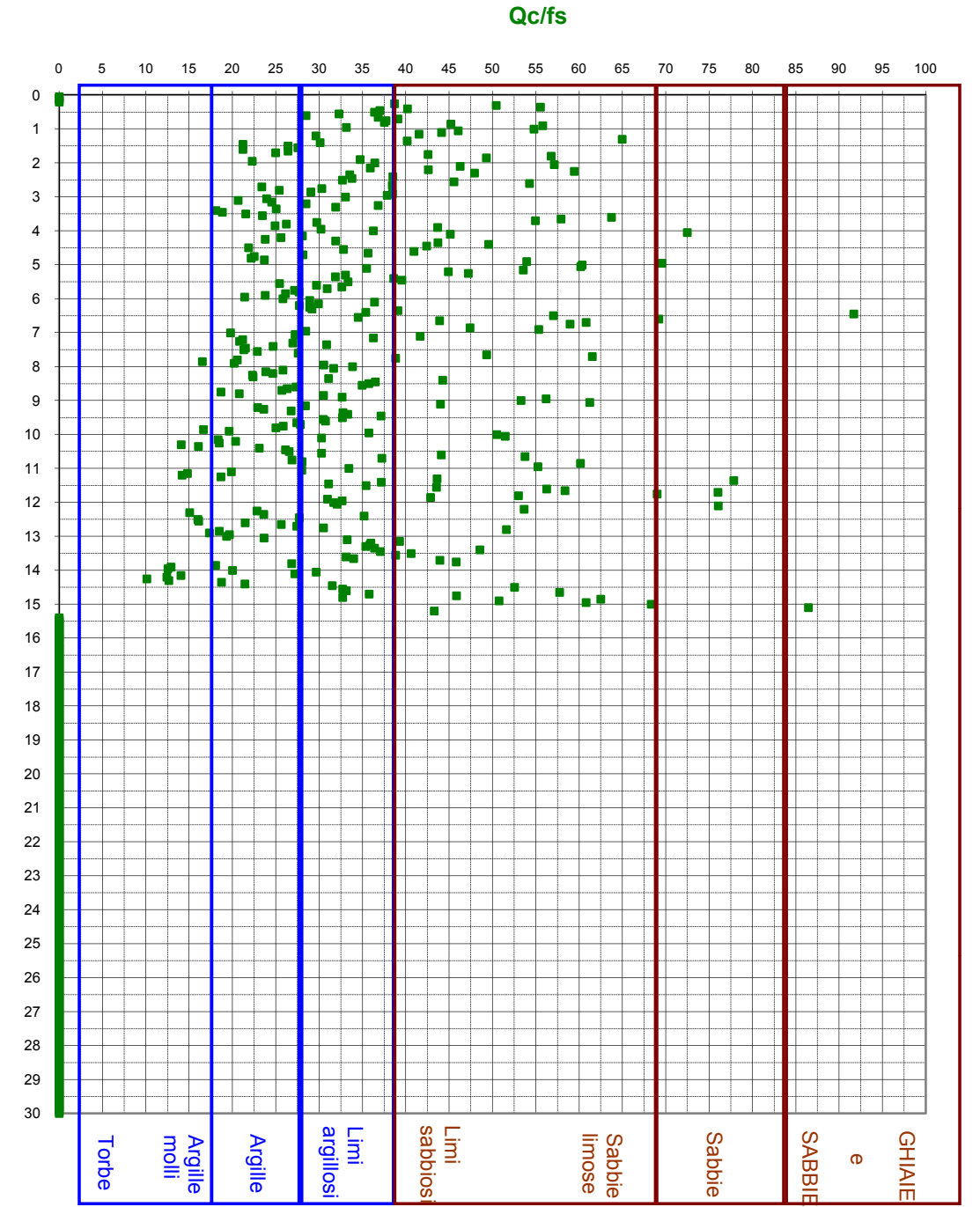
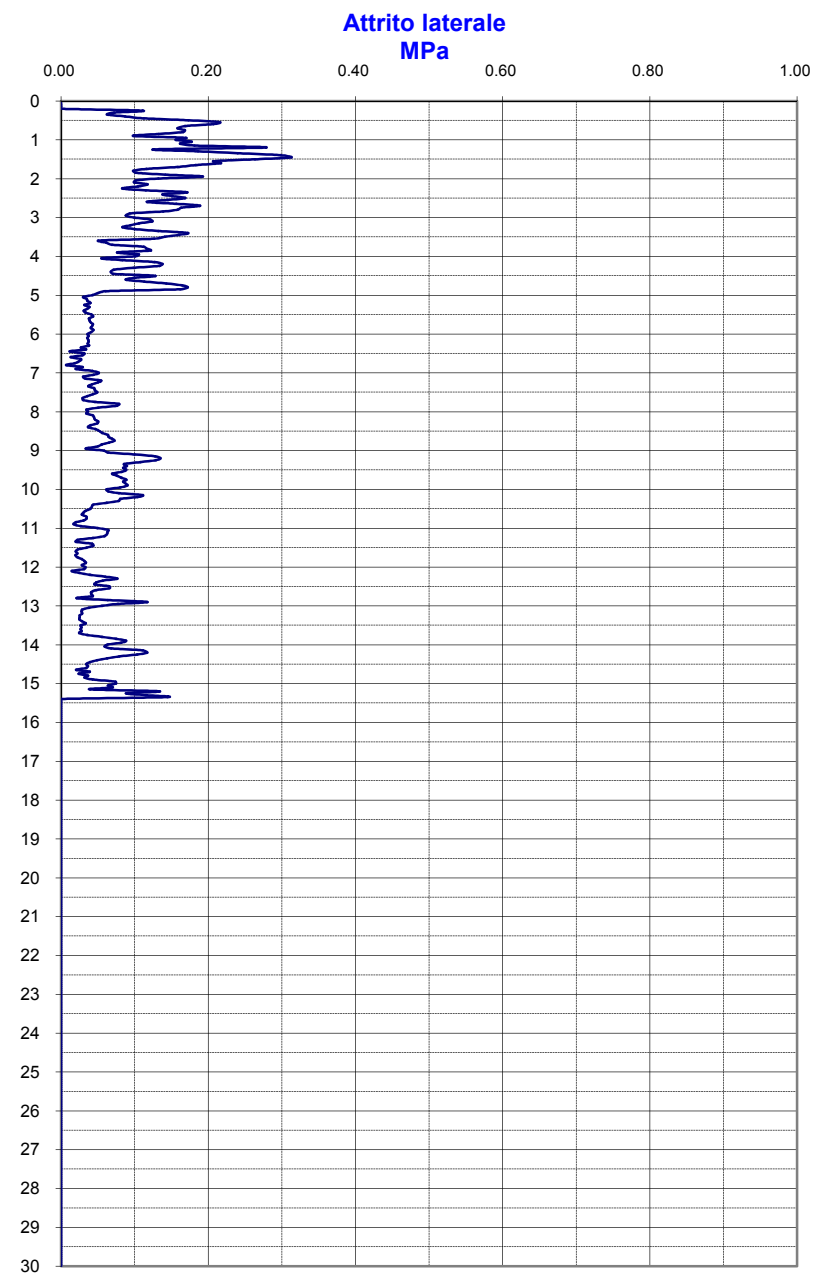
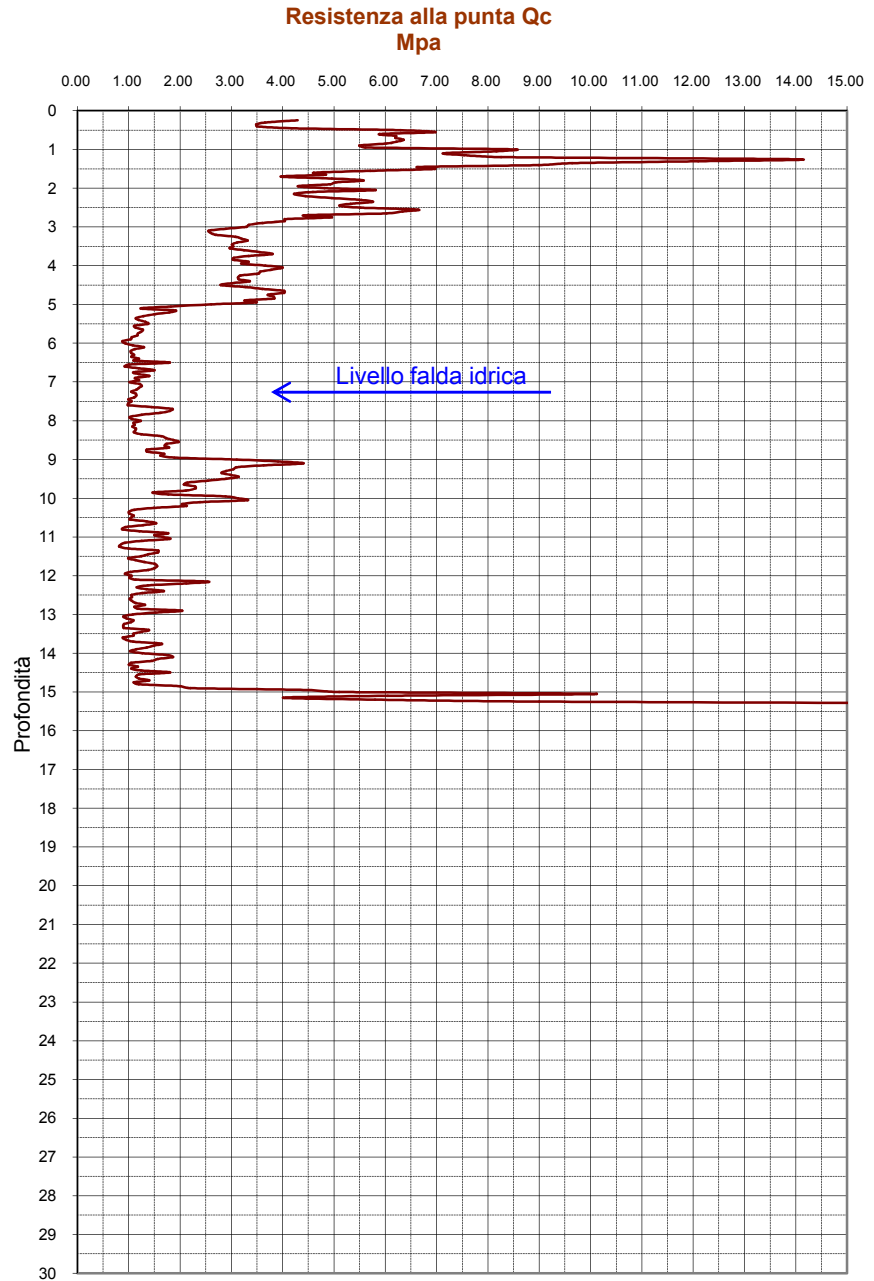
Velocità di infissione : 2 cm (+/- 0.5 cm)/sec

Controllo elettronico in tempo reale dei seguenti parametri: QC fs Velocità infissione deviazione della verticale

PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 2

Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Fattoria del Lago
 Località: via Emilia-FAENZA
 Data: 09.09.2011
 Profondità falda dal p.c. prova: 7,3 ml.

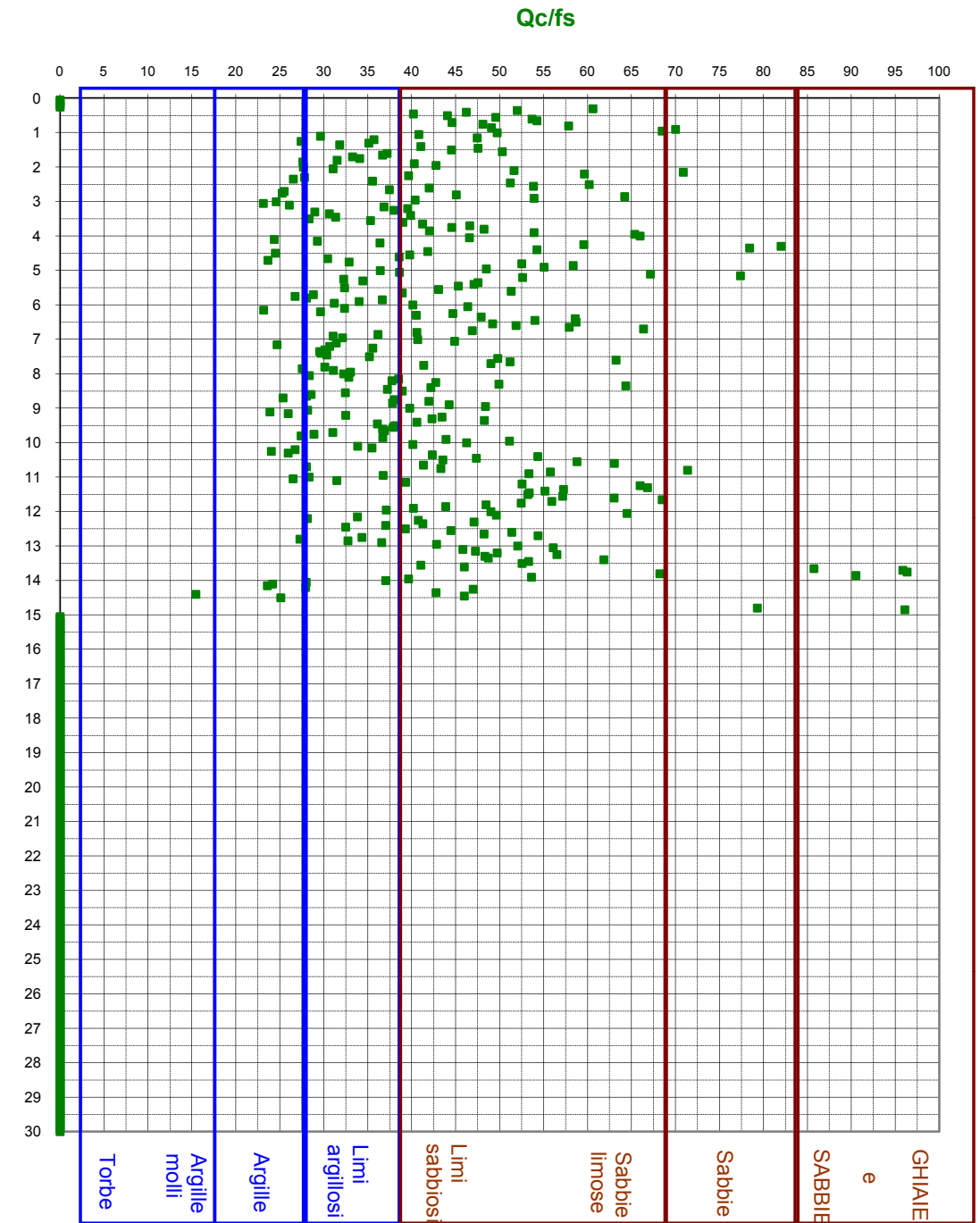
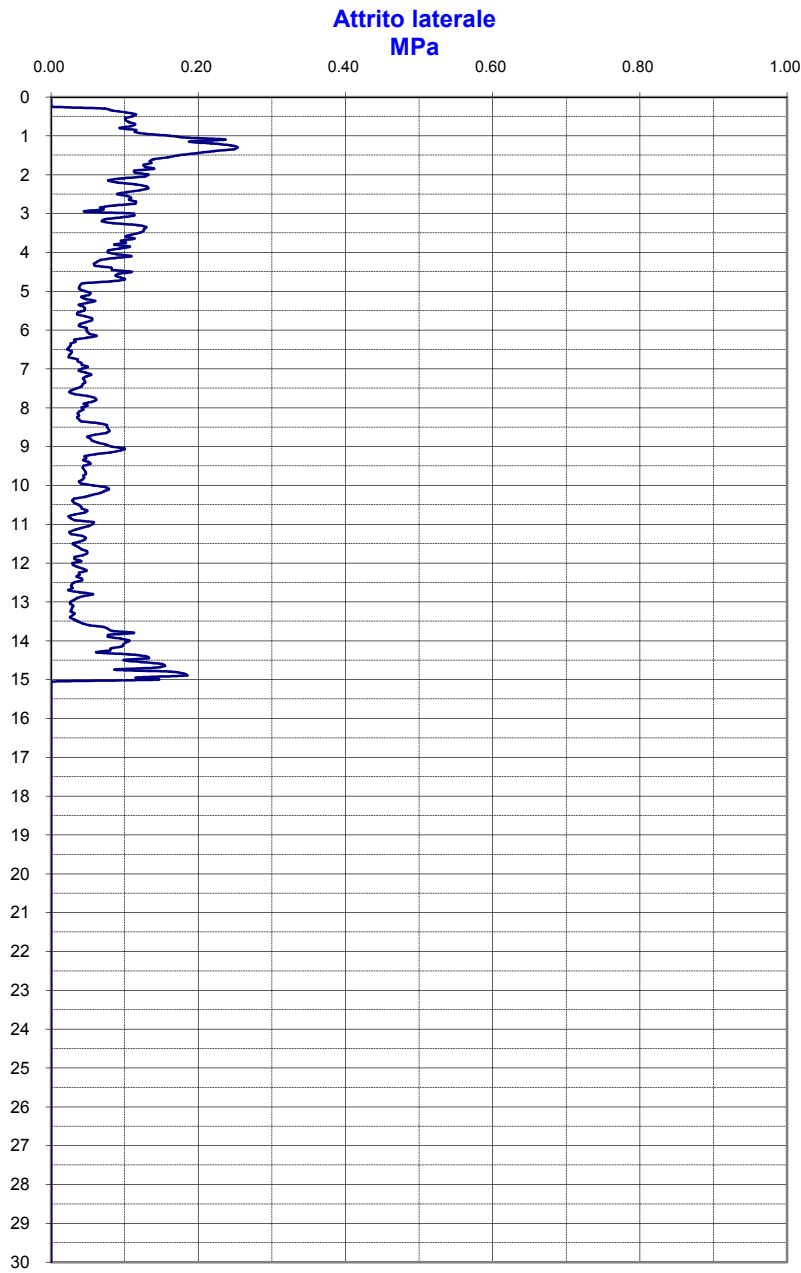
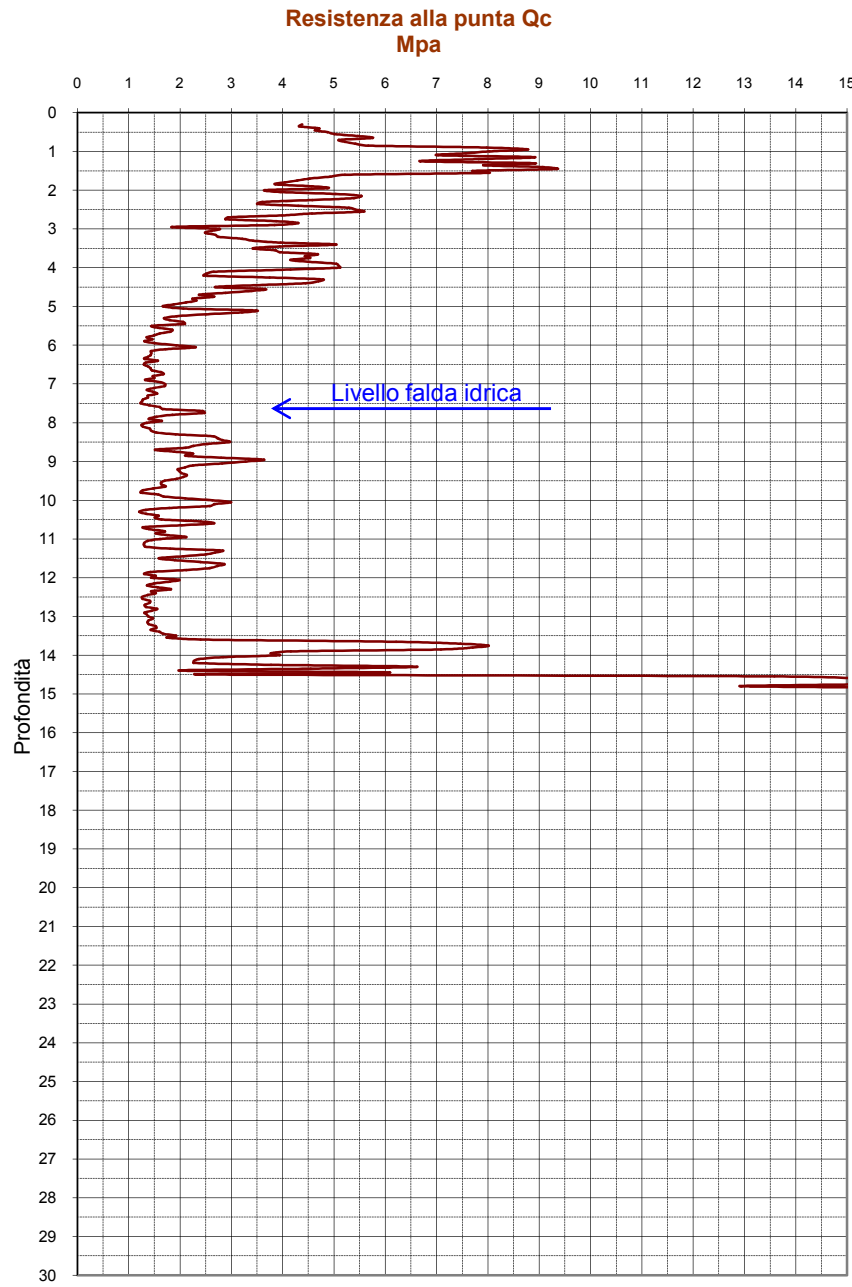


Superficie punta : 10 cm² Superficie manicotto: 150 cm²
 Velocità di infissione : 2 cm (+/- 0.5 cm)/sec Controllo elettronico in tempo reale dei seguenti parametri: QC fs Velocità infissione deviazione della verticale

PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 3

Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Fattoria del Lago
 Località: via Emilia-FAENZA
 Data: 09.09.2011
 Profondità falda dal p.c. prova: 7,6 ml.



Superficie punta : 10 cm²

Superficie manicotto: 150 cm²

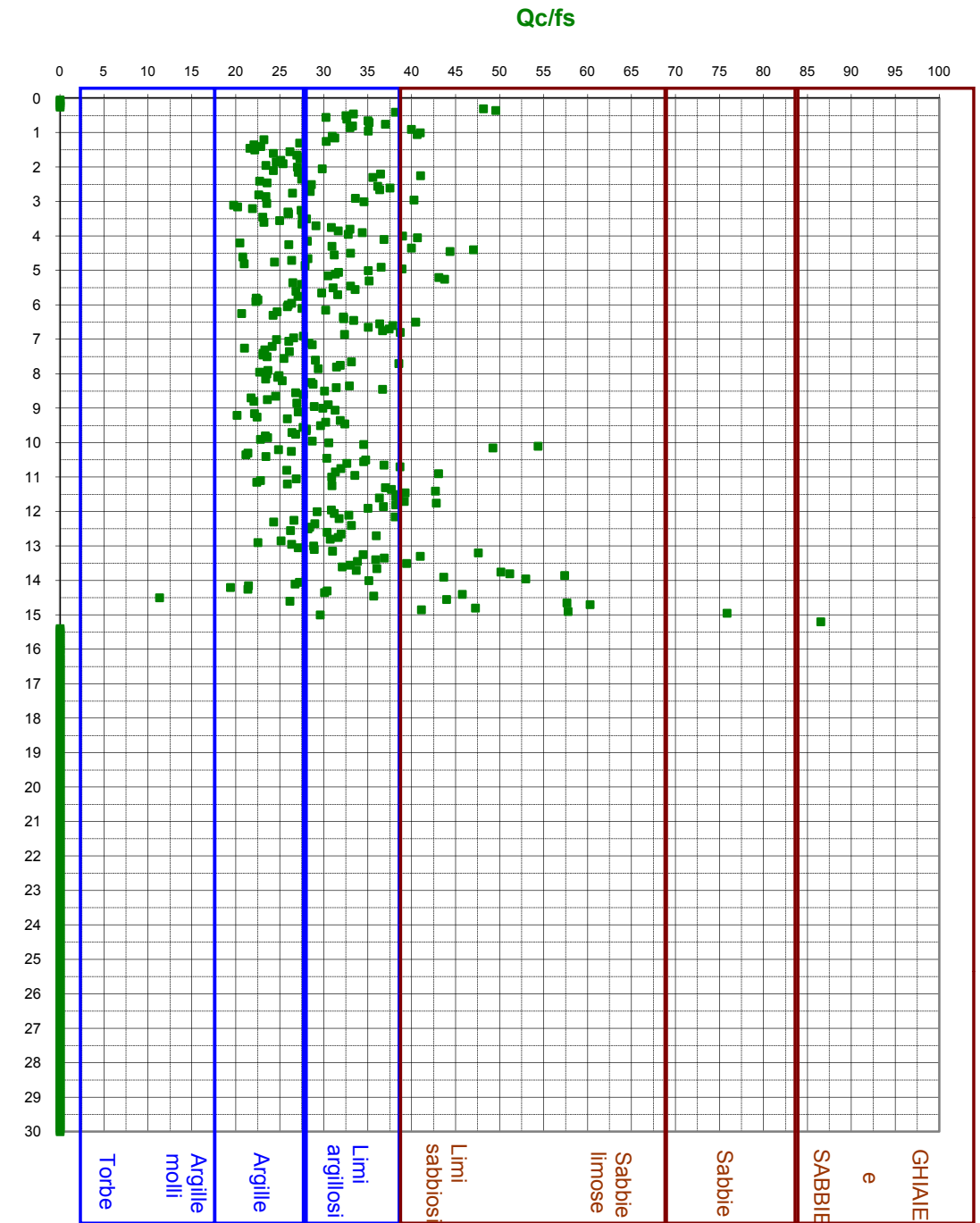
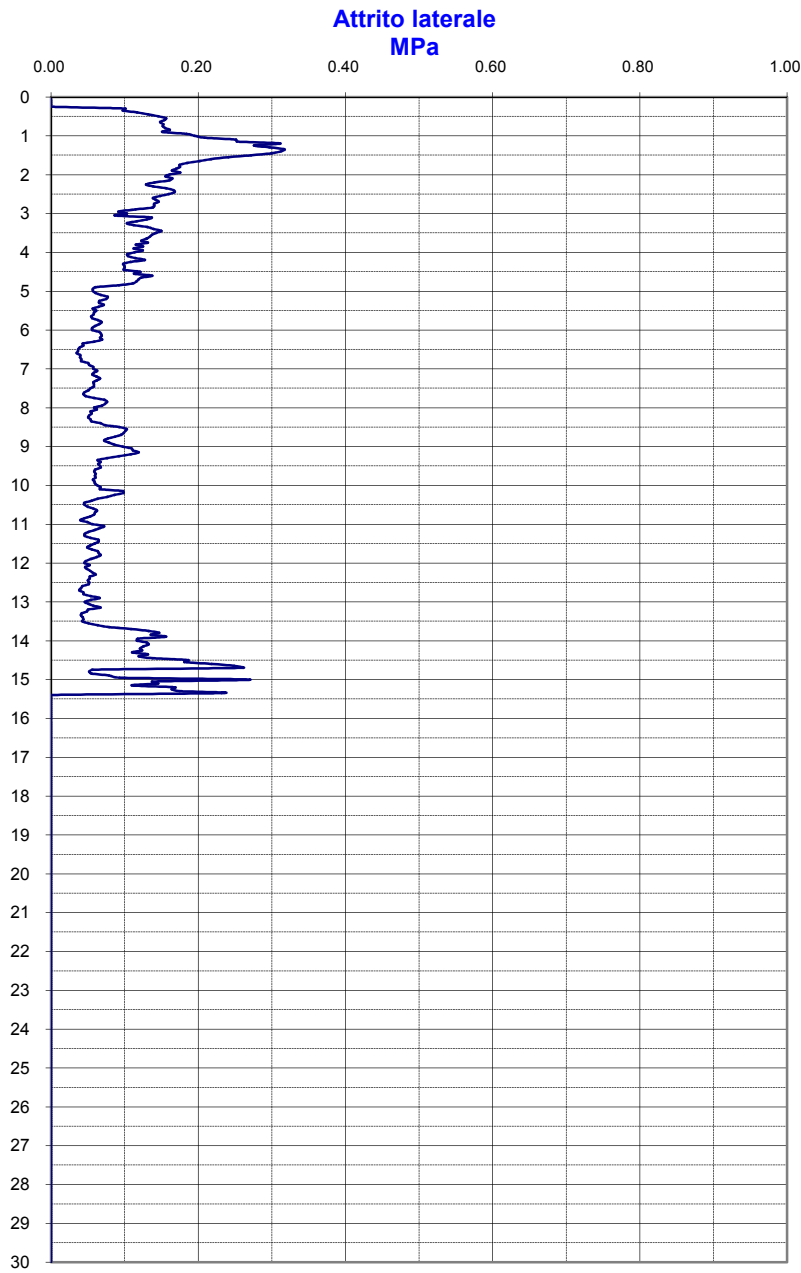
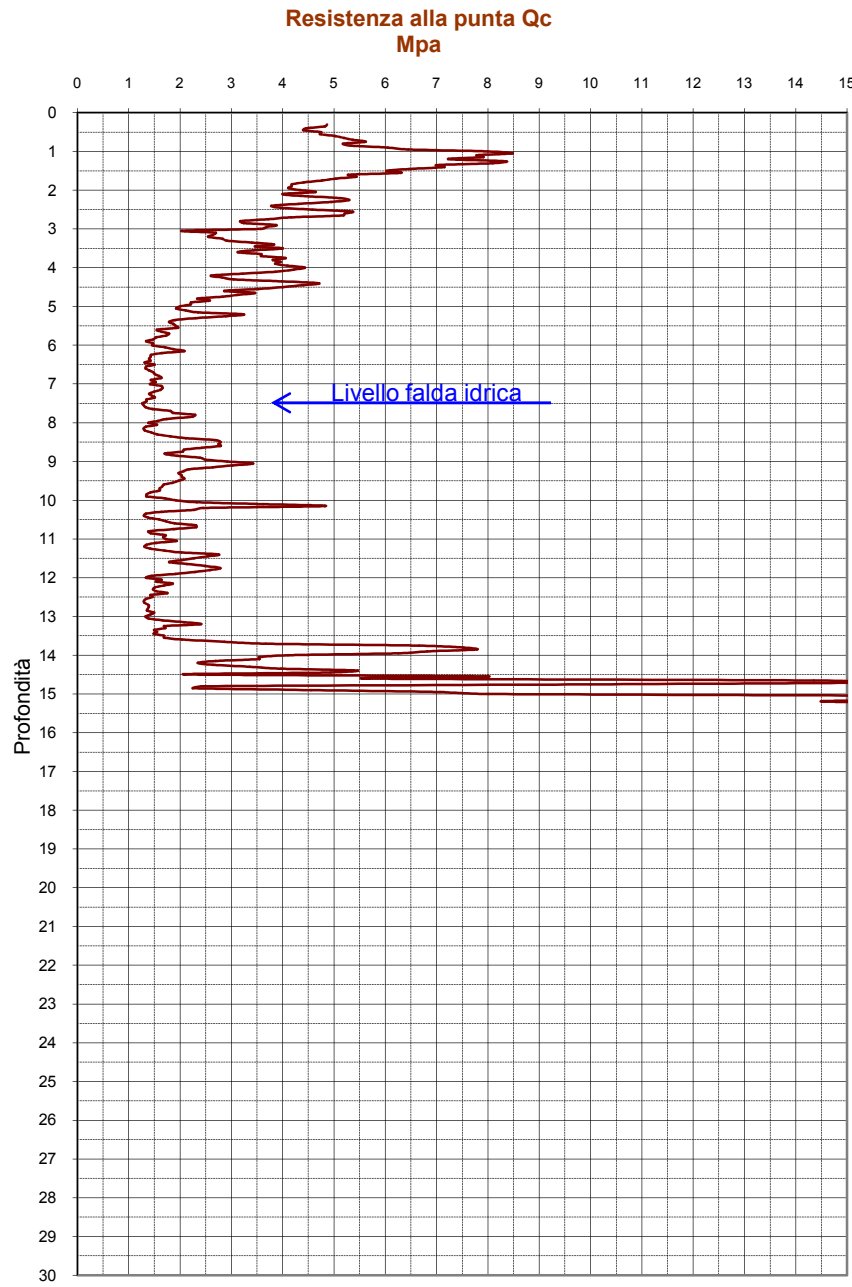
Velocità di infissione : 2 cm (+/- 0.5 cm)/sec

Controllo elettronico in tempo reale dei seguenti parametri: QC fs Velocità infissione deviazione della verticale

PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 4

Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: Fattoria del Lago
 Località: via Emilia-FAENZA
 Data: 09.09.2011
 Profondità falda dal p.c. prova: 7.50 ml.



Superficie punta : 10 cm²

Superficie manicotto: 150 cm²

Velocità di infissione : 2 cm (+/- 0.5 cm)/sec

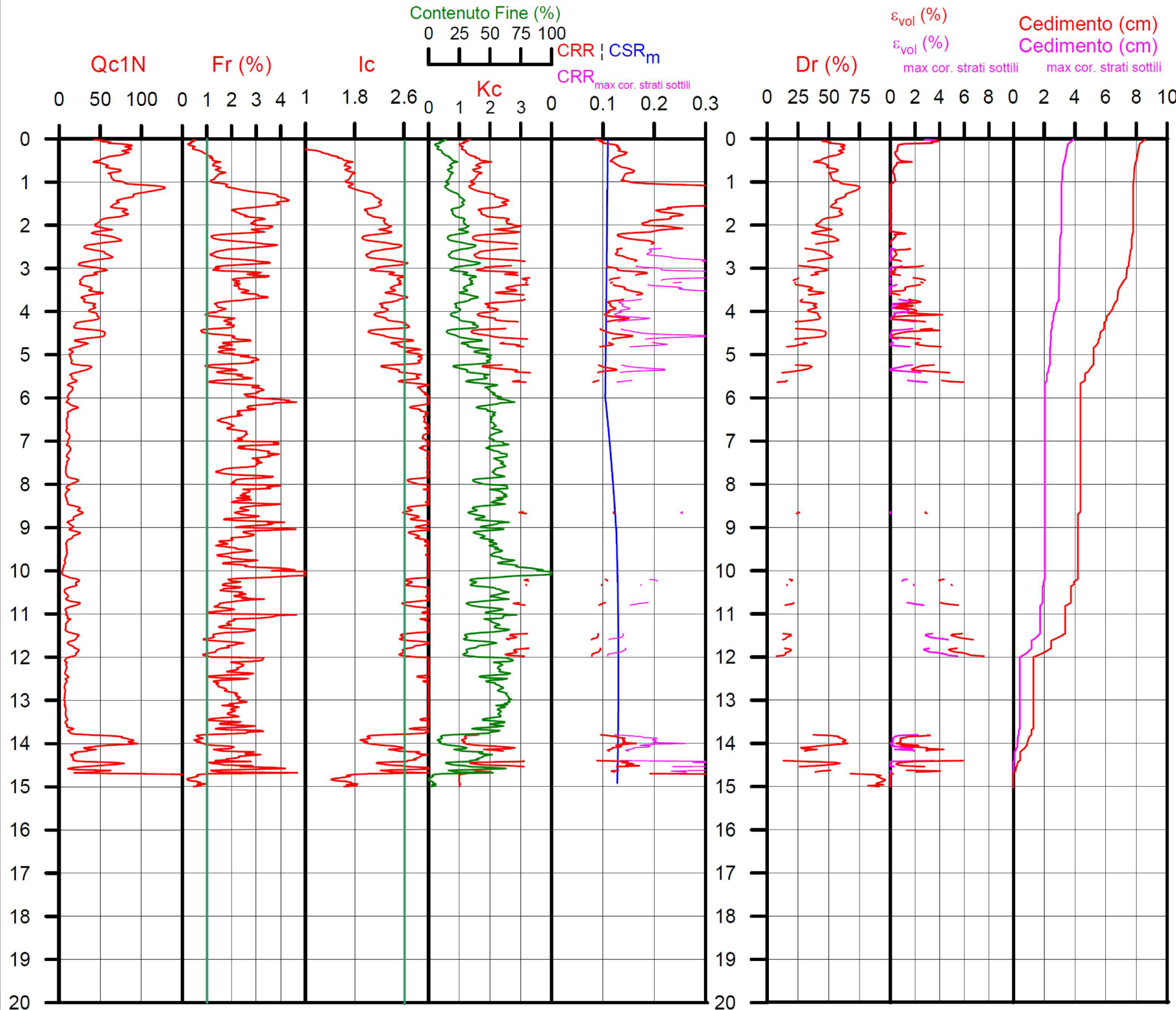
Controllo elettronico in tempo reale dei seguenti parametri: QC fs Velocità infissione deviazione della verticale

Comune Faenza
 Via Emilia
 Localita' Faenza
 Committente Dott. Giancarlo Andreat
 Data 9-set-11

CPT 1

Falda 7.40

latitudine 44.2753°	amax substrato (m/sec2) 2.037	comune Faenza	amax substrato (m/sec2) 2.011
longitudine 11.9162°	fattore amplificazione C 1.397		fattore amplificazione 1.500
tipo di suolo	amax al p.c. (m/sec2) 2.846	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.017
	magnitudine 5.500		magnitudine 5.500



PROCEDURA

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDA AGI 2005

- * amax e fattore di amplificazione secondo DECRETO MINISTERIALE 14-01-2008
- * CSR 5.5 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- * CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
 - Qc1N secondo Idriss 2004
 - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Idriss 2004
 - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- * Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
 - Ic > 2.60 e Fr > 1%
- * Fattore di sicurezza per liquefazione: $F_{slq} = CRR_{7.5} / CSR_{5.5}$

CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- * Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	9	22
Cedimento totale considerando strati sottili	4	10

VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F_{slq} e la profondità,

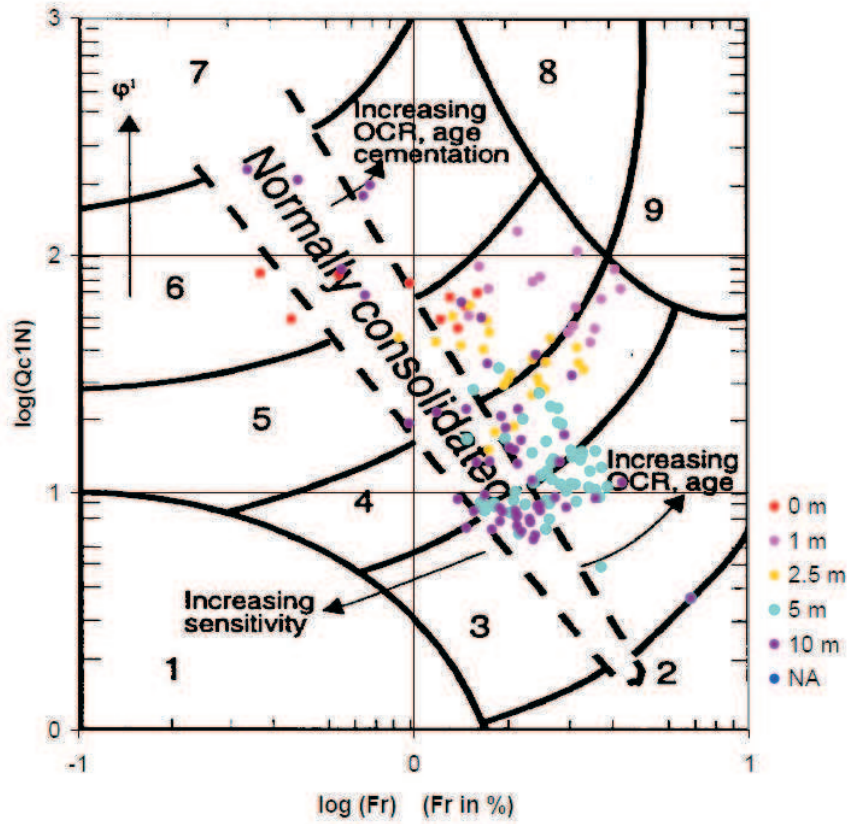
Parametri utilizzati:

- * Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- * Profondità

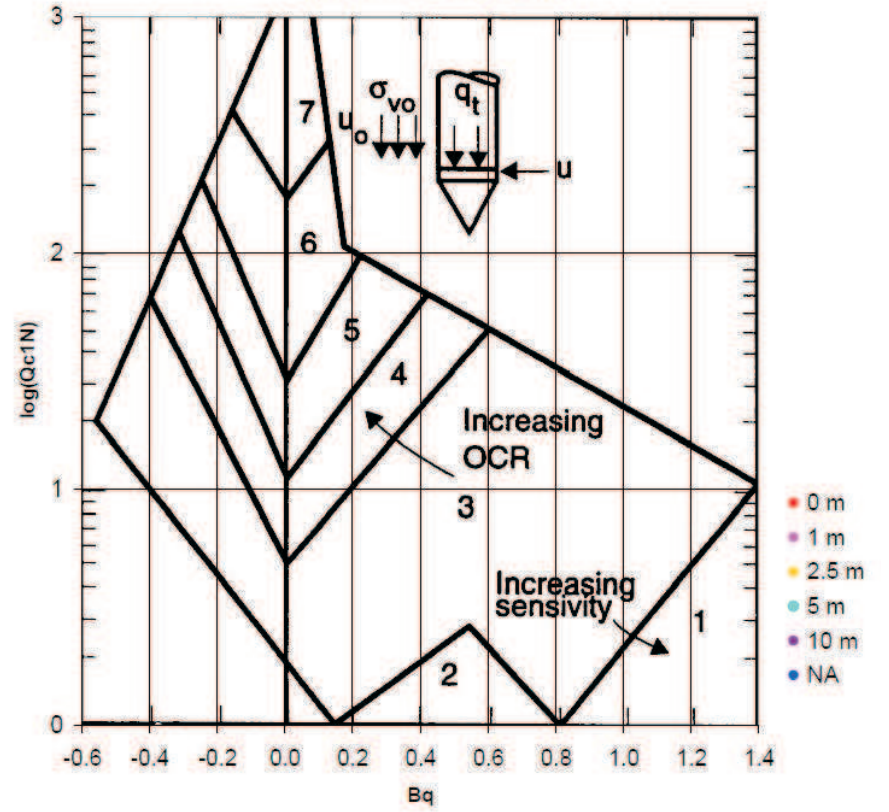
INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
1.2	0.2	IL ≤ 5 BASSO
		5 < IL ≤ 15 ELEVATO
		IL > 15 ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune	Faenza
Via	Emilia
Localita'	Faenza
Committente	Dott. Giancarlo Andreatta
Data	09-set-11
Numero prova	1
Quota falda	6.00

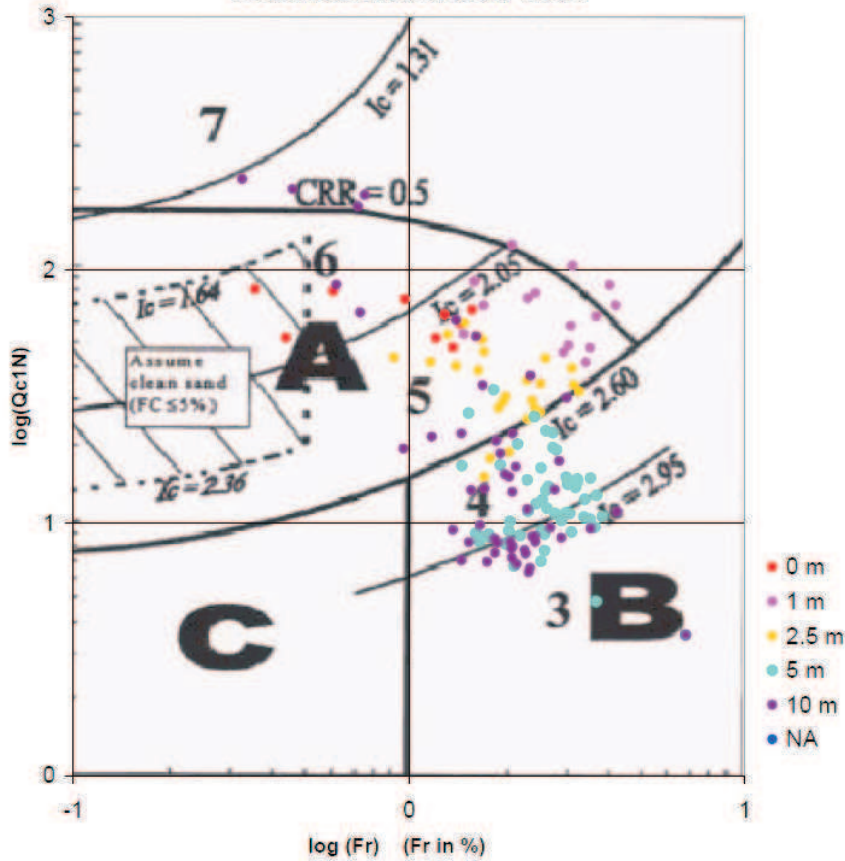
Cross-plot Qc1N verso Fr (Robertson 1990)



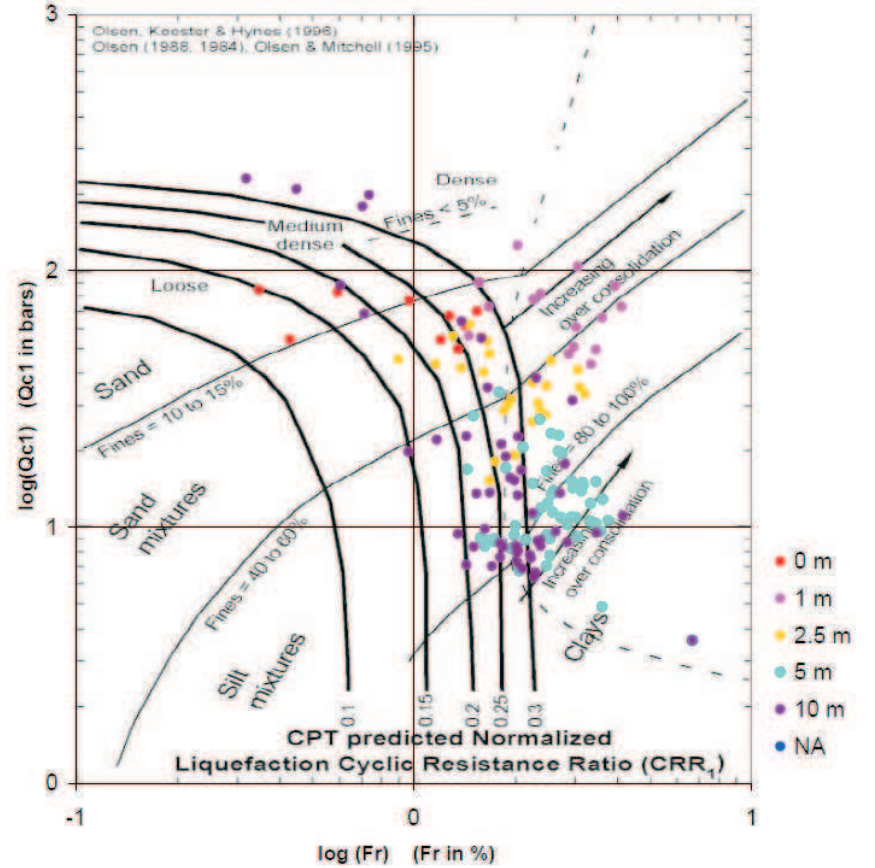
Cross-plot Qc1N verso Bq (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr per la verifica della liquefazione secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr per la verifica della liquefazione secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa - sabbia densa
6	Sabbia - sabbia limosa
5	Sabbia limosa - limo sabbioso
4	Limo argilloso - argilla limosa
3	Argilla limoso - argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita'

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

SONDAGGIO n° 1

Profondità	Colonna stratigrafica	Descrizione stratigrafica	RECUPERO %	CAMPIONI		S.P.T.		Profondità falda	Data di lettura
				R.Q.D. %	Indisturbati	Semindisturbati	n° colpi		
1,0		Terreno limoso-argilloso con abbondanti calcinelli, fratturato							
1,20									
2,0		Limo argilloso-sabbioso giallo rossastro con livelli sabbioso limosi sottili color nocciola-grigiastro, consistente							
3,0									
4,0									
4,60									
5,0		Limo sabbioso-argilloso normalconsolidato, color giallo-nocciola							
6,0									
6,80									
7,0		Sabbia limosa giallastra, mediamente addensata, con livelli argilloso-limosi consistenti							
8,0									
9,0									
10,0									
11,0									
12,0									
13,0		Sabbia medio-grossa, addensata							
14,0									
14,20							4	14,20	
15,0		Banco di ghiaia e sabbia ben addensato							
15,2									
16,0									
17,0									
17,20							9	17,20	
18,0							11	18,00	
18,65							12	18,65	
19,0							27	19,00	
20,0							>35 rifiuto	20,00	

UMIDITA' ELEVATA
PROFONDITA' ml. 7,50

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI (Normative di riferimento: D.M. 14/09/05 - D.M.14/01/08 -Circolare n°617/2009 -Circ.LL.PP.) - Committente: BEACH PARK

CONDIZIONE STRATIGRAFICA

Il Decreto Ministeriale 14.09.2005 ed il successivo D.M. 14.01.2008 contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normativa tecnica.

Il numero delle zone sismiche viene riportato qui di seguito unitamente ai valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

Zona 2003	Valore di ag	Comune: FAENZA
1	0,35	Zona sismica 2003: 2
2	0,25	1. Accel.max orizz.RE 0,205
3	0,15	(Indirizzi microzonazione E-R; L.R.2000)
4	0,05	2. Accelerazione orizz 0,25

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, vengono definite 5 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano posa delle fondazioni):

- A** Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a m. 3,00.
- B** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a m. 30 caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero Nspt30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu > 2,5 daN/cm² nei terreni a grana fina)
- C** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < Nspt30 < 50 nei terreni a grana grossa e 0,70 < cu30 < 2,5 daN/cm² nei terreni a grana fina)
- D** Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero Nspt30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 0,70 daN/cm² nei terreni a grana fina)
- E** Terreni dei sottosuoli del tipo C o D per spessore non superiore a 20 m., posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- S1** Depositati di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 0,10 < cu30 < 0,20 daN/cm²) che includono uno strato di almeno 8 m. di terreni a grana fina di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
- S2** Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La classificazione del sito si ottiene sulla base del valore di Vs30 (velocità media di propagazione entro i primi m. 30 di profondità) dato dalla seguente espressione:

$$Vs30 = 30 / \text{Somma } hi/Vi$$

dove:

h_i = spessore strati (m.)

V_i = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec)

Metodo di calcolo del Vs30: STAZIONE SISMICA SINGOLA (tromografo)

Si ottiene la misura diretta delle Vs mediante stazione sismica singola (tromografo), previa acquisizione con apparecchiatura "TROMINO" per gli strati investigati:

LITOTIPO	Spessore strati "h _i " (ml.)	Vs' in sito (m/s)	h _i /V' (Vs mis.) (sec)
h1. Limo sabbioso-arg.	13	220	0,059
h2. Sabbia e ghiaia	7	490	0,014
h3. Argilla-Sabbie-Ghiaie	3	440	0,007
h4. Argilla-Sabbie-Ghiaie	3	440	0,007
h5. Argilla-Sabbie-Ghiaie	4	440	0,009
	30 ml. (h tot.)		Somma h_i/V_i 0,096

Vs30 (misurata) = 312,16 m/sec

Occorre immettere delle informazioni a carattere geologico-stratigrafico:

LITOTIPO	Spessore strati "h _i " (ml.)	Fattore geologico	Periodo Olocene - Pleistocene
h1. Limo sabbioso-arg.	13		O
h2. Sabbia e ghiaia	7	Dove:	O
h3. Argilla-Sabbie-Ghiaie	3	- Depositi recenti e terreni Olocene = O	O
h4. Argilla-Sabbie-Ghiaie	3	- Terreni del Pleistocene e Terziario = P	O
h5. Argilla-Sabbie-Ghiaie	4		O

Metodi di calcolo delle Vs30	Vs30 (m/sec)	Terreno liquefacibile Inserire SI o NO NO	CATEGORIA SUOLO
Misure in sito con indagini Dirette con tromografo	312,16		C

che viene così definita dal D.M. 14.01.08:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $0,70 < cu_{30} < 2,5$ daN/cm² nei terreni a grana fina)

VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DI SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI (Atto di indirizzo e coordinamento tecnico L.R.20/2000)

Per stabilire i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi semplificata sono state realizzate indagini geotecniche che hanno permesso di definire:

- Spessore del deposito di copertura e profondità del "Bedrock" (H)
- Velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_sH e V_s30) del deposito di copertura secondo le formule:

$$V_sH = H / \text{Somma } h_i/V_i =$$

dove:

- H = spessore totale dei terreni di copertura o profondità del Bedrock (m.)
- h_i = spessore strati (m.)
- V_i =

$$V_s30 = 30 / \text{Somma } h_i/V_i =$$

dove:

- h_i = spessore strati (m.)
- V_i = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec)

Nel nostro caso si ha:

		Inserire dati	
Terreni di copertura H	ml.	40,00	Max ml. 40
Substrato marino V_s =	m/sec	800,00	
V_s30 =	m/sec	312,16	
V_sH =	m/sec	336,61	
CATEGORIA di SUOLO		C	

Le tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (II° livello) di approfondimento) vengono divise a secondo della zona geologica e successione stratigrafica:

SCEGLIERE
CON UNA "X"

A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO		
- SUBSTRATO MARINO ≥ 800 m/sec		<input type="checkbox"/>
- SUBSTRATO MARINO < 800 m/sec		<input type="checkbox"/>
- SUBSTRATO MARINO AFFIORANTE ($V_s < 800$ m/sec)		<input type="checkbox"/>
A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA		
COSTA 1:	- Sedimenti alluvionali fini	<input type="checkbox"/>
	- Sabbie costiere superficiali (con spessore fino a m. 10)	<input type="checkbox"/>
	- Substrato poco profondo (25-60 m. dal piano campagna).	<input type="checkbox"/>
COSTA 2:	- Ghiaie (spessore 2-15 m.) intercalati a sedimenti fini	<input type="checkbox"/>
	- Sabbie costiere superficiali (con spessore fino a m. 10)	<input type="checkbox"/>
	- Substrato poco profondo (25-60 m. dal piano campagna).	<input type="checkbox"/>
COSTA 3:	- Sabbie peliti con orizzonti di ghiaie (spessore fino a 20 m.)	<input type="checkbox"/>
	- Sabbie costiere superficiali (con spessore fino a m. 10)	<input type="checkbox"/>
	- Substrato profondo (> 100 m. dal piano campagna).	<input type="checkbox"/>
PIANURA 1:	- Potenti orizzonti di ghiaie (spessore > 10) alternate a sabbie e peliti	<input type="checkbox"/>
	- Substrato poco profondo (< 100 m. dal piano campagna).	<input type="checkbox"/>
PIANURA 2:	- Alternanze di sabbie e peliti (spessore > 10) con orizzonti di ghiaie (spessore anche di decine metri)	<input checked="" type="checkbox"/>
	- Substrato profondo (> 100 m. dal piano campagna).	<input type="checkbox"/>

Nel nostro caso siamo nella tabella A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA
 localizzando l'area nell'ambito PIANURA 2:

con velocità delle onde sismiche Vs30 pari a 312,16

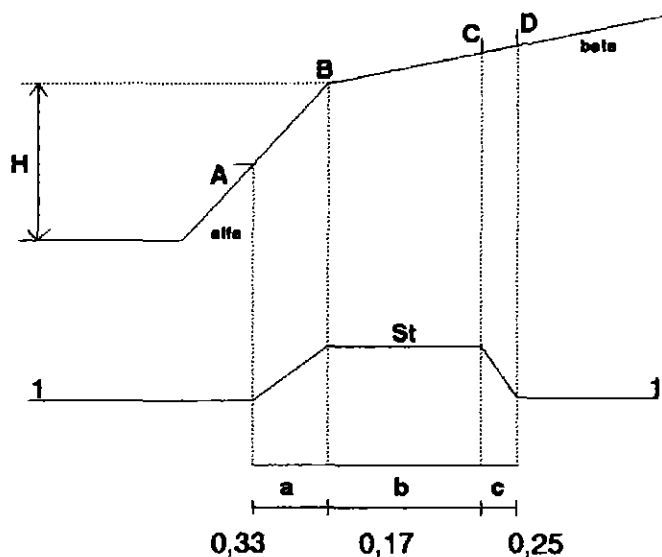
da cui i seguenti Fattori di Amplificazione:

F.A. P.G.A.	1,48
F.A. S.I. -0,1s < To < 0,5s	1,7
F.A. S.I. -0,5s < To < 1,0s	2,28

EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°. Devono essere calcolati in caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza H > 30 metri.

Per pendii con inclinazione maggiore di 15° la risposta sismica locale deve essere moltiplicata per un fattore St (coefficiente di amplificazione topografica) calcolato nel seguente modo:



Angolo alfa = gradi° 0,5 gradiente maggiore
 Angolo beta = gradi° 0,6 gradiente minore
 Altezza H = ml. 1,00

Per St si impone comunque un valore compreso tra 1,0 e 1,4:

$St = 1 + 0,8 \times (\text{alfa} - \text{beta} - 0,40)$ sul segmento BC = 1,0

dove:

b = valore minimo tra 20alfa e $(H+10)/4$ = ml. 0,17

alfa = gradiente della parte più ripida

beta = gradiente della parte meno ripida

St = 1,0 in A (a = H/3 0,33 ml.)

St = 1,0 in D (c = H/4 0,25 ml.)

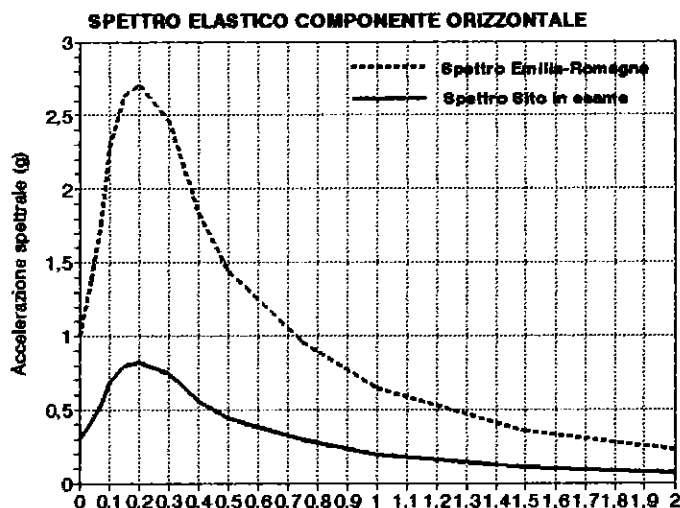
Riassumendo per il territorio preso in esame si ha:

Comune:	FAENZA		
Zona sismica 2003:	2		
Accelerazione max orizz.: Arefg	0,205	(Indirizzi microzonazione E-R; L.R.2000)	
Vs30 (m/sec)	312,16		
Categoria di Suolo	C	(D.M. 14.01.2008)	
(PGA/PGAo) F.A. P.G.A.	1,4800	(da tab. D.R. Em.Romagna n° 112/2007)	
(S1/S1o) F.A. S.I.	-0,1s < To < 0,5s	1,7000	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture basse max. 4-5 piani, regolari e rigide)
(S1/S1o) F.A. S.I.	-0,5s < To < 1,0s	2,2800	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture più alte e flessibili)
FATTORE St		1,0000	(coefficiente amplificazione topografica)

Per la definizione del moto di riferimento (All. 4) viene riportata la forma dello spettro di risposta norm rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari in Emilia-Romagna.

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere lo spettro di risposta a probabilità uniforme descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per **FAENZA** e per il sito in esame stimeremo lo spettro di risposta moltiplicando i valori spettro del comune per F.A. stimati in precedenza ottenendo una accelerazione max attesa al suolo di: **A max = g 0,3034**

T (s)	Sa/aref	Sa/PGA
0,00000	1,00000	0,30340
0,04000	1,38865	0,42132
0,07000	1,75927	0,53376
0,10000	2,28349	0,69281
0,15000	2,63726	0,80014
0,20000	2,70745	0,82144
0,30000	2,46642	0,74831
0,40000	1,84047	0,55840
0,50000	1,44476	0,43834
0,75000	0,95494	0,28973
1,00000	0,64546	0,19583
1,50000	0,35479	0,10764
2,00000	0,23070	0,06999



LABORATORIO GEOTECNICO : analisi granulometrica

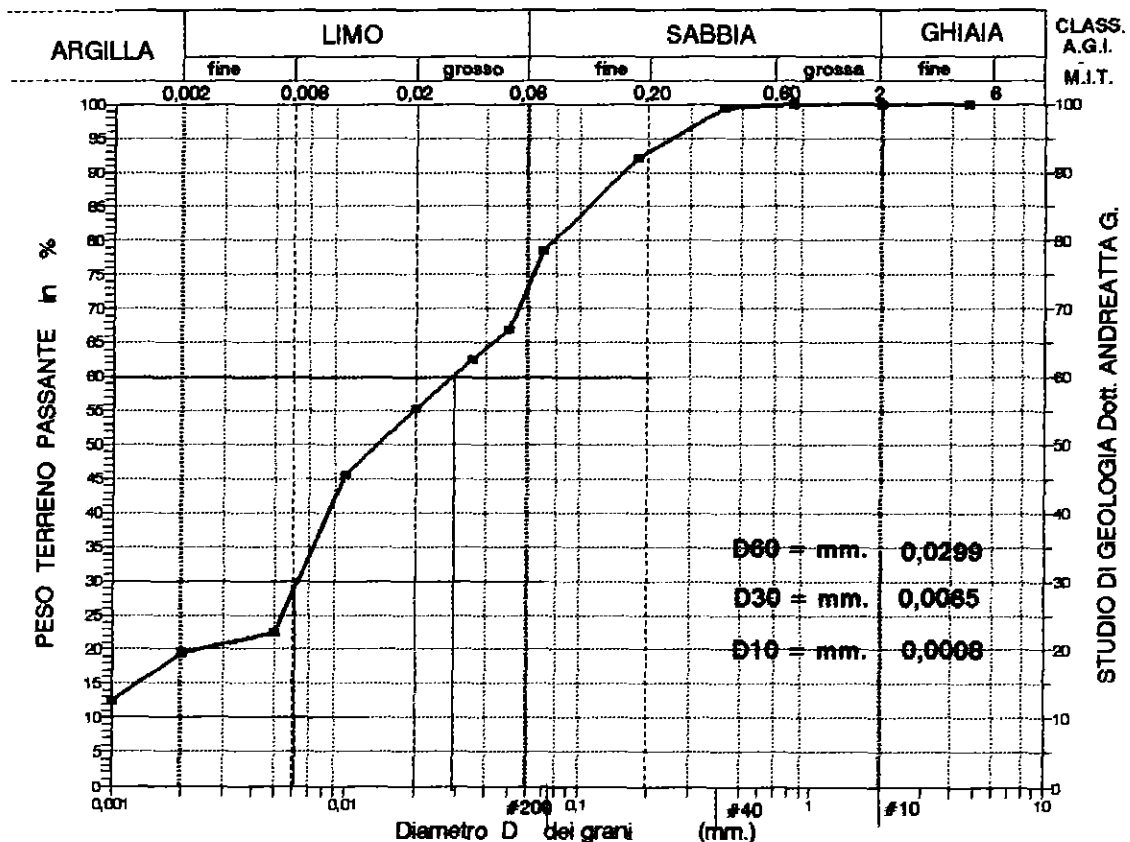
Committente :	BEACH PARK	Campione	Limo sabbioso argilloso-sabbioso
Località :	via Emilia - FAENZA	Profondità prelievo :	2,00 ml.
Data :	18.09.2011	Cont. acqua nat. Wn:	20,30 %
Sondaggio N° :	1	Peso camp. secco :	g

N° setaccio	Apertura Diam. mm.	Peso del setaccio g	Setaccio + terreno g	Peso terr. trattenuto g	Terreno trattenuto %	% progressiva trattenuta	% terreno più fine
4	4,760	80,00	80,00	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	80,00	80,00	0,00	0,00	0,00	100,00
20	0,840	80,00	80,00	0,00	0,00	0,00	100,00
40	0,420	80,00	80,99	0,99	0,56	0,56	99,44
80	0,180	80,00	93,03	13,03	7,33	7,89	92,11
200	0,070	80,00	104,33	24,33	13,69	21,58	78,42
Fondo		80,00	219,33	139,33	78,42	100,00	0,00
				177,68			

Analisi granulometrica per sedimentazione (aerometria) del passante # 200 : % = 78,42

Diametro in mm.	0,0500	0,0350	0,0200	0,0100	0,0050	0,0020	0,0010
Passante %	66,79	62,41	55,36	45,64	22,47	19,61	12,33

DIAGRAMMA GRANULOMETRICO (NORMA UNI-CNR).



con : D60 = diametro corrispondente al 60% di passante = mm. 0,0299

D30 = diametro corrispondente al 30% di passante = mm. 0,0065

D10 = diametro corrispondente al 10% di passante = mm. 0,0008

si ottiene : 1. COEFFICIENTE di UNIFORMITA' $C_u = D_{60}/D_{10} = 37,38$

2. COEFFICIENTE di CURVATURA $C_c = D_{30}^2 / (D_{10} * D_{60}) = 1,77$

SIAMO QUINDI IN PRESENZA DI UN MATERIALE LIMOSO-ARGILLOSO (passante al #200 > 35%) NON UNIFORME CON PRESENZA DI MATERIALE FINE (MAL CLASSATO).

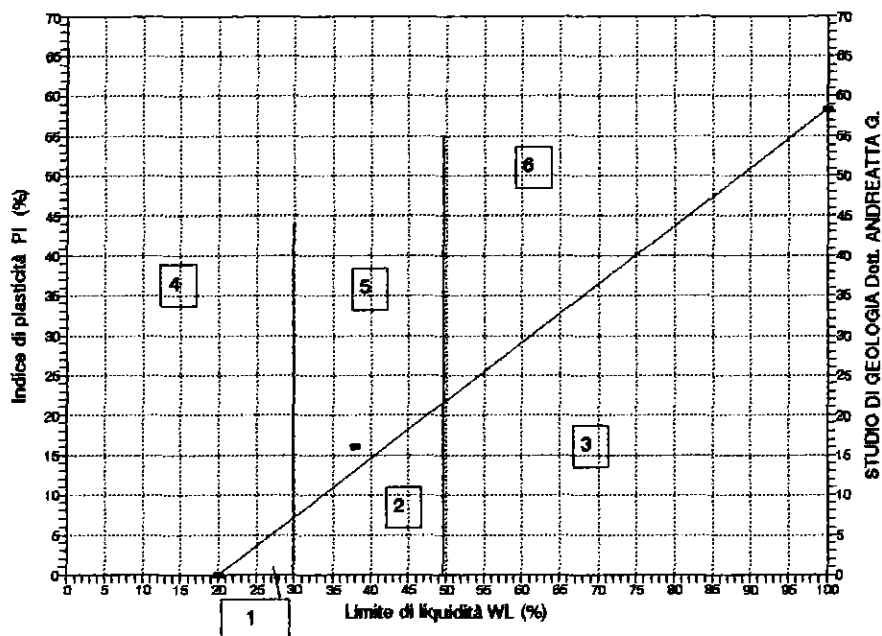
LIMITI DI ATTERBERG

Percentuale di terreno passante al maglio #200: 78,42

Analizzando le caratteristiche della frazione passante al #40 (0,42 mm.) si è ottenuto :

- | | |
|---------------------------------------|--|
| Limite liquido (WL %) = 38 | Limite plastico (WP %) = 22,00 |
| 1. Indice plastico (PI %) = 16,00 | (terreno plastico) |
| 2. Indice di attività A = 0,82 | (terreno coesivo normalmente attivo) |
| 3. Indice di liquidità (LI %) = -0,11 | |
| 4. Indice consistenza (IC) = 1,11 | (terreno solido) |

CARTA DI PLASTICITA' di CASAGRANDE



CLASSIFICAZIONE TERRENO :

1 : LIMI INORGANICI DI BASSA COMPRESSIBILITA'.

Indice di gruppo IG 10,4

				CLASSIFICA FUNZIONALE AASHO o UNI			
-	-	-	-	-	A-5	-	-
-		-					
-		-					

Terreno avente scadente qualità portante, con media azione del gelo sulle caratteristiche di portanza del sottofondo, ritiro o rigonfiamento elevato e con permeabilità scarsa.

STRADE E PARCHEGGI - Determinazione dello spessore del sottofondo.

La conoscenza delle caratteristiche dei terreni è da considerarsi indispensabile per la stabilità delle aree interessate dalle strade e dai parcheggi. Tenendo in debito conto l'ipotesi urbanistica, si è sottoposto ad analisi un numero di campioni sufficiente a caratterizzare il litotipo prevalente. Per determinare lo spessore del sottofondo per strade e parcheggi, ci si è serviti del sottoriportato metodo.

Indice di Gruppo (I_g)

E' un metodo empirico indiretto basato sulla classificazione delle terre eseguita a mezzo di analisi granulometrica e limiti di consistenza. Il calcolo è stato eseguito utilizzando i dati del campione superficiale a litologia prevalente. I risultati sono i seguenti :

$$I_g = 0,2 * a + 0,005 * a * c + 0,01 * d * b = 10,4$$

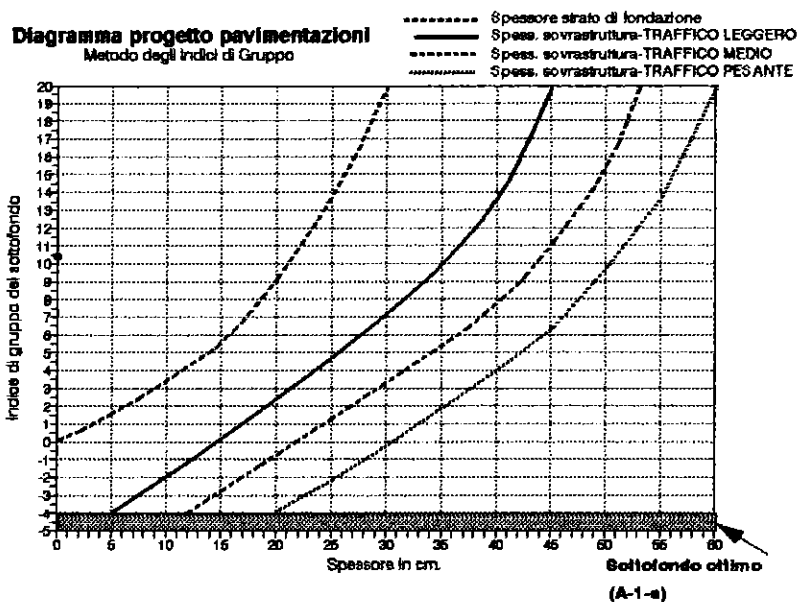
- Dove :
- a** = passante al setaccio #200 meno 35 (min 0;max 40)
 - b** = passante al setaccio #200 meno 15 (min 0;max 40)
 - c** = Limite di liquidità meno 40 (min 0;max 20)
 - d** = Indice di plasticità meno 10 (min 0;max 20)

Secondo Steele lo spessore della pavimentazione (base e fondazione) è soltanto una funzione del traffico che la strada dovrà sopportare ed indica gli spessori minimi da adottare a seconda della classificazione :

- Traffico leggero	< 50	automezzi + autobus al giorno
- Traffico medio	50 - 300	automezzi + autobus al giorno
- Traffico pesante	> 300	automezzi + autobus al giorno

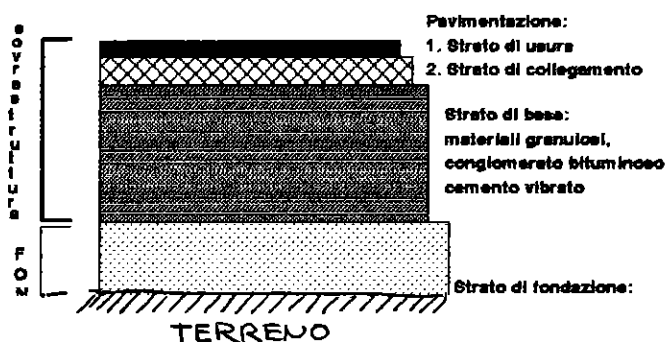
In questo caso considerando le dimensioni e l'uniformità dell'area, verrà calcolato lo spessore della della pavimentazione su di un valore di traffico leggero. In base alle caratteristiche geotecniche dei terreni, si evidenzia la necessità di una fondazione che, secondo la formula proposta dallo stesso Steele, è di spessore pari a :

$$S = 11/4 * I_g - 1/16 * I_g^2 = \text{cm. } 21,84$$



Confrontiamo il risultato con quello ottenuto utilizzando il grafico riportato qui a lato per traffico leggero.

- 1. Spessore strato di fondazione cm. 21,5
- 2. Spessore totale sovrastruttura cm. 35,0
- Totale 56,5**



LABORATORIO GEOTECNICO : analisi granulometrica

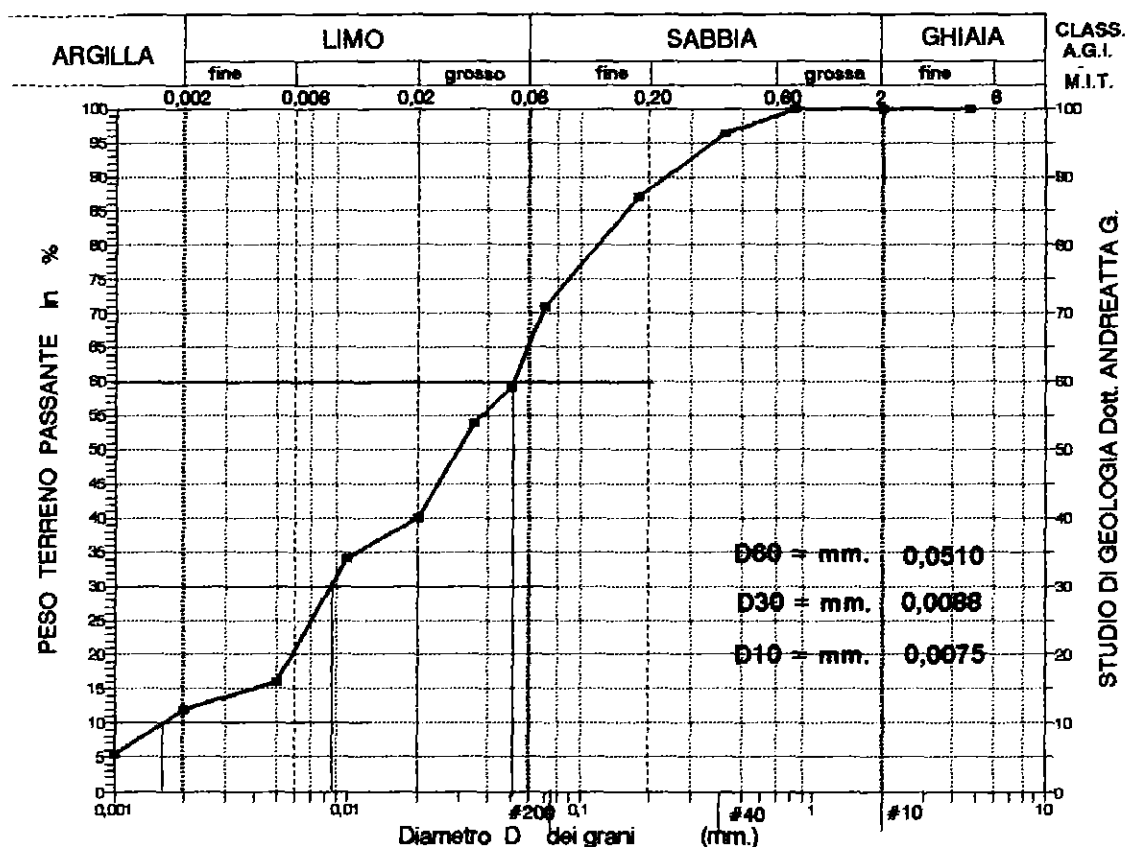
Committente :	BEACH PARK	Campione	Limo sabbioso poco argilloso
Località :	via Emilia - FAENZA	Profondità prelievo :	5,00 ml.
Data :	18.09.2011	Cont. acqua nat. Wn:	15,00 %
Sondaggio N° :	1	Peso camp. secco :	g

N° setaccio	Apertura Diam. mm.	Peso del setaccio g	Setaccio + terreno g	Peso terr. trattenuto g	Terreno trattenuto %	% progressiva trattenuta	% terreno più fine
4	4,760	80,00	80,00	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	80,00	80,00	0,00	0,00	0,00	100,00
20	0,840	80,00	80,00	0,00	0,00	0,00	100,00
40	0,420	80,00	85,02	5,02	3,81	3,81	96,19
80	0,180	80,00	91,88	11,88	9,03	12,84	87,16
200	0,070	80,00	101,24	21,24	16,14	28,98	71,02
Fondo		80,00	173,45	93,45	71,02	100,00	0,00
				131,59			

Analisi granulometrica per sedimentazione (aerometria) del passante # 200 : % = 71,02

Diametro in mm.	0,0500	0,0350	0,0200	0,0100	0,0050	0,0020	0,0010
Passante %	58,92	53,89	40,01	34,22	16,11	12,06	5,44

DIAGRAMMA GRANULOMETRICO (NORMA UNI-CNR).



con : D60 = diametro corrispondente al 60% di passante = mm. 0,0510
D30 = diametro corrispondente al 30% di passante = mm. 0,0088
D10 = diametro corrispondente al 10% di passante = mm. 0,0075

si ottiene : 1. COEFFICIENTE di UNIFORMITA' $C_u = D_{60}/D_{10} = 6,80$
2. COEFFICIENTE di CURVATURA $C_c = D_{30}^2 / (D_{10} * D_{60}) = 0,20$

SIAMO QUINDI IN PRESENZA DI UN MATERIALE LIMOSO-ARGILLOSO (passante al #200 > 35%)
NON UNIFORME CON PRESENZA DI MATERIALE FINE (MAL CLASSATO).

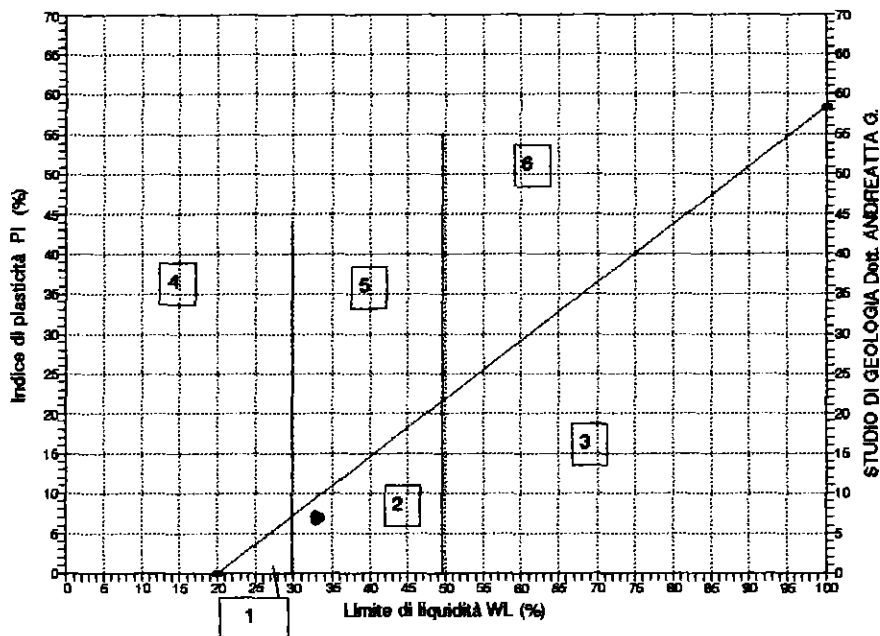
LIMITI DI ATTERBERG

Percentuale di terreno passante al maglio #200: 71,02

Analizzando le caratteristiche della frazione passante al #40 (0,42 mm.) si è ottenuto :

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Limite liquido (WL %) = 33 | Limite plastico (WP %) = 26,00 |
| 1. Indice plastico (PI %) = 7,00 | (terreno poco plastico) |
| 2. Indice di attività A = 0,58 | (terreno coesivo inattivo) |
| 3. Indice di liquidità (LI %) = -1,57 | |
| 4. Indice consistenza (IC) = 2,57 | (terreno solido) |

CARTA DI PLASTICITA' di CASAGRANDE



CLASSIFICAZIONE TERRENO :

1 : LIMI INORGANICI DI BASSA COMPRESSIBILITA'.

Indice di gruppo IG 7,2

CLASSIFICA FUNZIONALE AASHO o UNI

-	-	-	A-4	-	-	-	-
-		-					
		-					

Terreno avente scadente qualità portante, con elevata azione del gelo sulle caratteristiche di portanza del sottofondo, ritiro o rigonfiamento medio e con permeabilità scarsa.

- CAPACITA' PORTANTE PER FONDAZIONI SUPERFICIALI NASTRIFORMI

Elementi di progetto	:	terreno considerato prevalentemente	coerente
1) Profondità piano di posa		$D_f = \text{cm.}$	150
2) Larghezza fondazione		$B = \text{cm.}$	100
3) Coesione efficace		$c = \text{daN/cmq}$	0,8
4) Angolo attrito efficace		$P^\circ = \text{gradi}$	0
5) Peso di volume terreno sopra falda		$Y = \text{daN/cm}^3$	0,00185
6) Peso di volume terreno immerso		$Y' = \text{daN/cm}^3$	0,00085
7) Profondità falda idrica dal p.c.		$D_w = \text{cm.}$	750

A) Calcolo della pressione di rottura (TERZAGHI-MAJERHOF): terreni densi o compatti

$$q_r = c * N_c + Y * D_f * N_q + 0,5 * Y * B * N_y = 4,39 \text{ daN/cm}^2$$

dove: N_c, N_q e N_y = fattori di capacità portante funzioni dell'angolo di attrito.

Adottando un coefficiente di sicurezza pari a $F_s = 3,0$ si ha il carico ammissibile:

$$q_a = q_r / F_s = 1,4632 \text{ daN/cm}^2$$

La profondità della zona di taglio al disotto della fondazione nella quale si risente l'eventuale presenza della falda idrica è data da:

$$H_w = 0,5 * B * \tan(45 + P^\circ/2) = 50,00 \text{ cm.} \quad D_f + H_w = 200,00 \text{ cm.}$$

Quindi si ha: $D_f + H_w <= D_w$ **si può ignorare l'effetto della falda.**

B) Verifica alle prime plasticizzazioni del terreno (carico critico):

I primi fenomeni di plasticizzazione si manifestano in prossimità dei bordi della fondazione con rigonfiamento e rifluimento laterale del terreno.

Il carico critico P_{oc} rappresenta il carico massimo sopportabile oltre cui si producono deformazioni plastiche del suolo sotto il piano di fondazione ed è dato dalla formula di Frölich:

$$P_{oc} = N_{qcrit.} * (Y_e * D_f + c * \cotg P^\circ) = 3,97 \text{ daN/cm}^2$$

Il coefficiente $N_{qcrit.}$ dipende dall'angolo di attrito interno: $P^\circ = 13$

In questo caso il valore di P° si deduce, seppur in modo approssimato, dalla natura del materiale argilloso assumendo $P^\circ = 8^\circ-10^\circ$ per argille grasse, $P^\circ = 11^\circ-15^\circ$ per argille normali e $P^\circ = 16-20$ per argille limose e/o sabbiose.

Il grado di sicurezza in condizioni di esercizio è definito dal rapporto tra il carico critico P_{oc} ed il carico ammissibile e deve essere maggiore di 1 (come da normativa vigente). Quindi risulta che:

$$F_s = P_{oc} / q_a = 2,71 \quad q_{amm} = 1,46 \text{ daN/cm}^2$$

C) Calcolo dei cedimenti.

Per una valutazione orientativa dei cedimenti, si è impostato il calcolo considerando la teoria del Boussinesq in relazione ad una fondazione nastriforme che sovraccarica il terreno al piano di appoggio:

$$K_t = q_{amm.} - (D_f * Y_t) = 1,19 \text{ daN/cm}^2$$

Per il calcolo analitico dei cedimenti si è utilizzata la ben nota relazione: $H' = D_H * P' * m_v$

Dove:

H' = Cedimento dello strato

D_H = Spessore dello strato

P' = Incremento di carico in corrispondenza dello strato considerato

m_v = coefficiente di compressibilità volumetrica (ricavato dalle correlazioni con natura del terreno e resistenza alla punta del penetrometro)

Si è pertanto suddiviso il substrato in livelli omogenei dal punto di vista della resistenza meccanica, sulla base delle risultanze delle penetrometrie eseguite.

Il calcolo, a tutto vantaggio della sicurezza, è stato eseguito utilizzando i dati della **prova n 2**

che ha evidenziato i più bassi valori di portanza, con inizio dei conteggi da : - m. 1,50
dalla quota della prova dal p. c.

Prova n° 2						
Profondità dal p.c. cm	Spessore strato cm	Profondità Z mezz. strato cm	Rpm daN/cm ²	mv	P' daN/cm ²	H' cm
500	350	175	30	0,0115	0,418	1,683
900	400	550	12	0,0154	0,086	0,527
1000	100	800	28	0,0119	0,048	0,057
1500	500	1100	15	0,0145	0,029	0,207
1600	100	1400	80	0,0065	0,019	0,013
1600		1450				
1600		1450				
Totale cedimenti calcolati					H' = cm.	2,487

FAENZA - FATTORIA LAGO, VIA EMILIA PRG TR 1

Strumento: TRZ-0033/01-09

Inizio registrazione: 16/09/11 09:11:29 Fine registrazione: 16/09/11 09:31:29

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 72% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

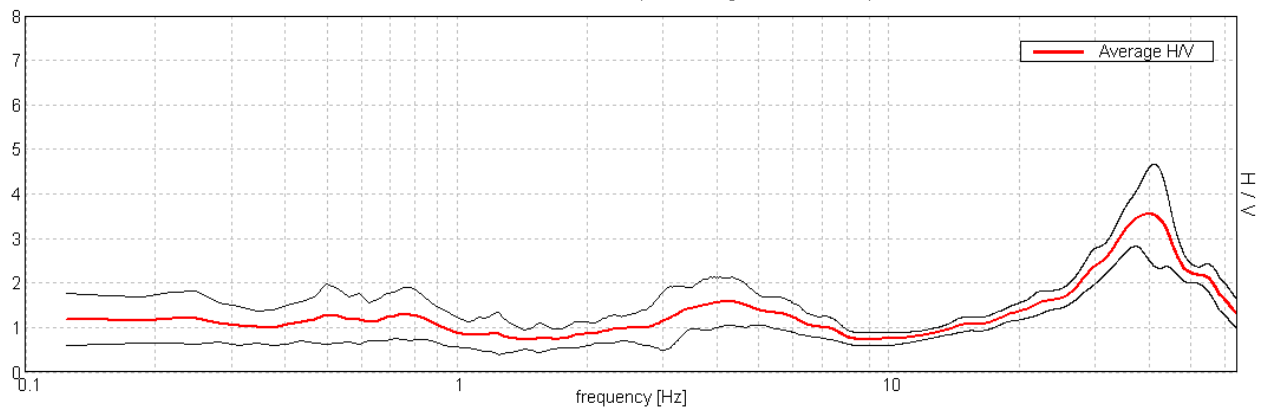
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

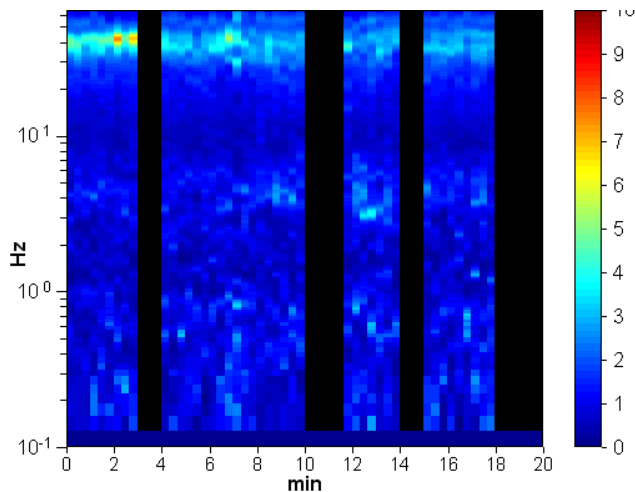
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

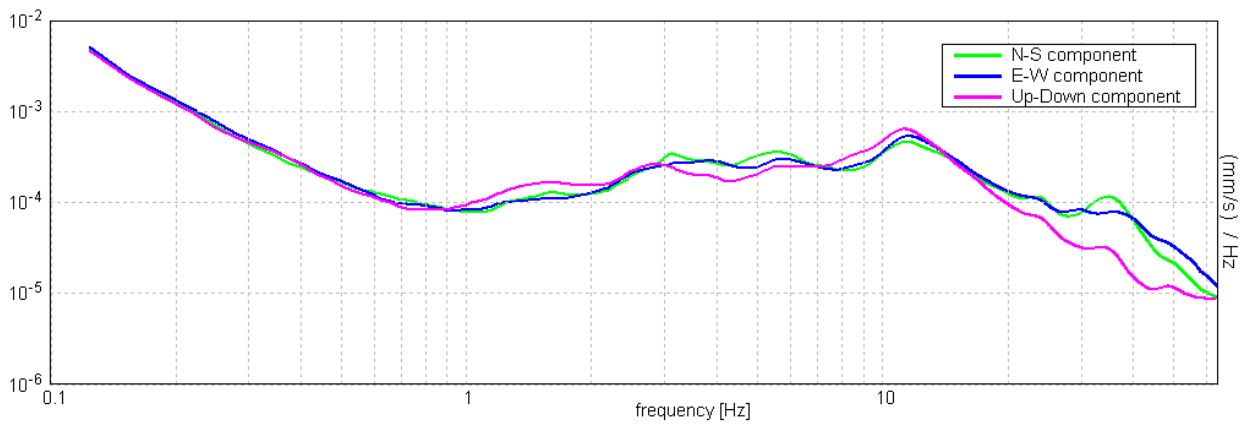
Max. H/V at 39.66 ± 0.31 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

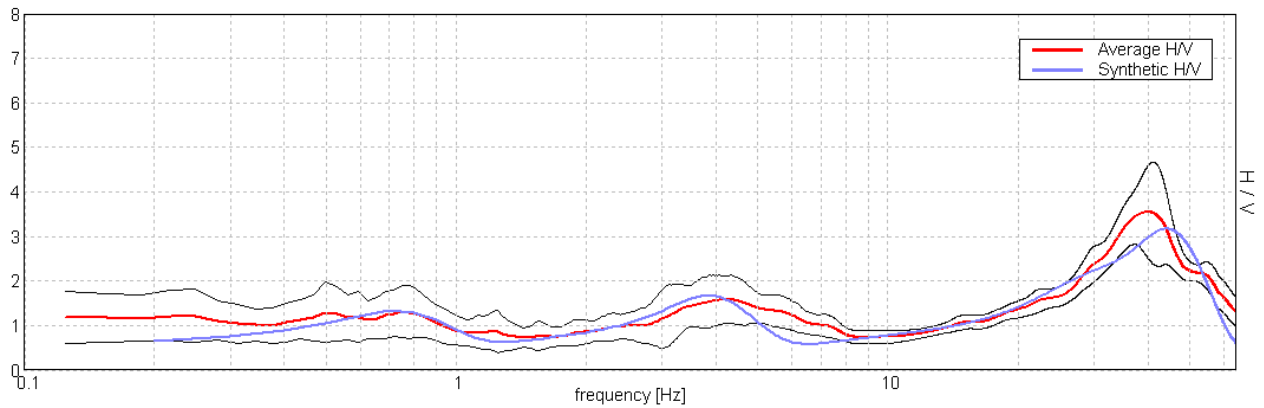


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



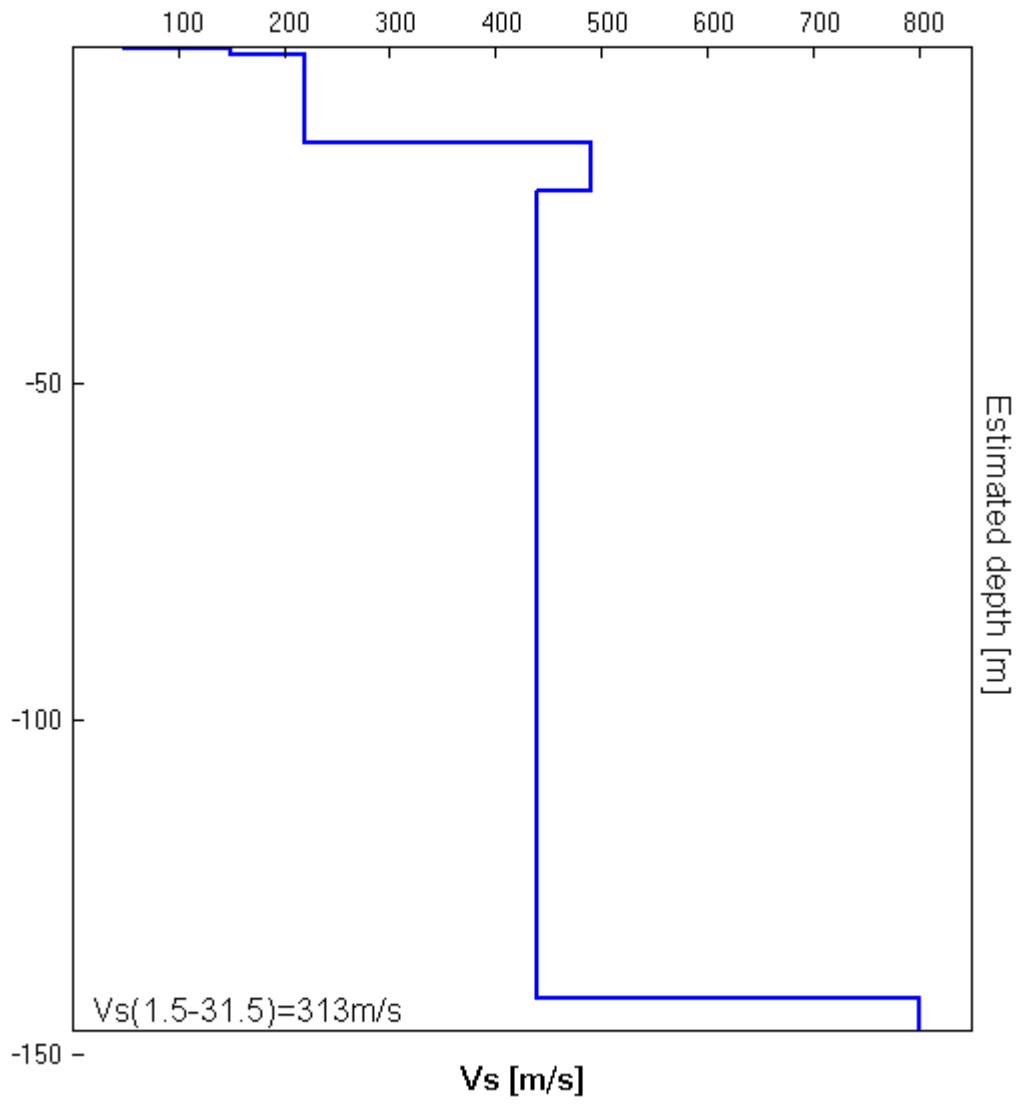
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 39.66 ± 0.31 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	50	0.25
1.40	1.10	150	0.30
14.40	13.00	220	0.30
21.40	7.00	490	0.35
141.40	120.00	440	0.30
inf.	inf.	800	0.30

$V_s(1.5-31.5)=313\text{m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 39.66 ± 0.31 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$39.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$34104.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1414	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	26.25 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	58.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.55 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0038 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.15074 < 1.98281$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4841 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

FAENZA - FATTORIA LAGO, VIA EMILIA PRG TR 2

Strumento: TRZ-0033/01-09

Inizio registrazione: 16/09/11 09:56:09 Fine registrazione: 16/09/11 10:16:09

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

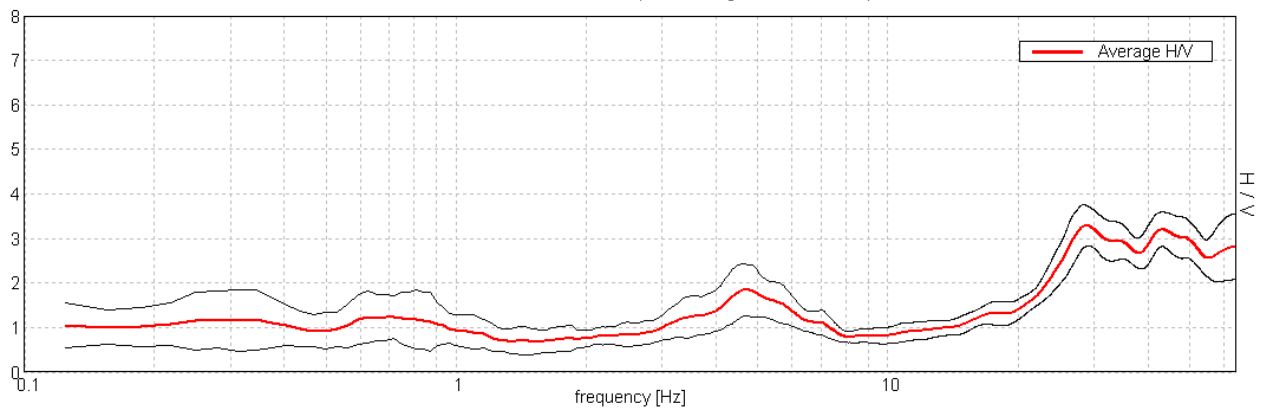
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

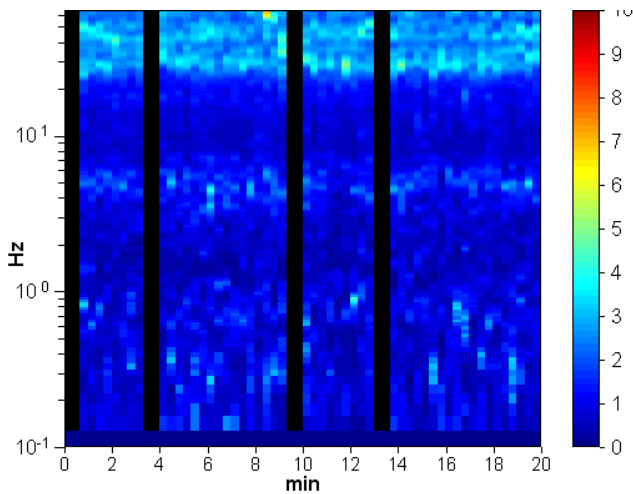
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

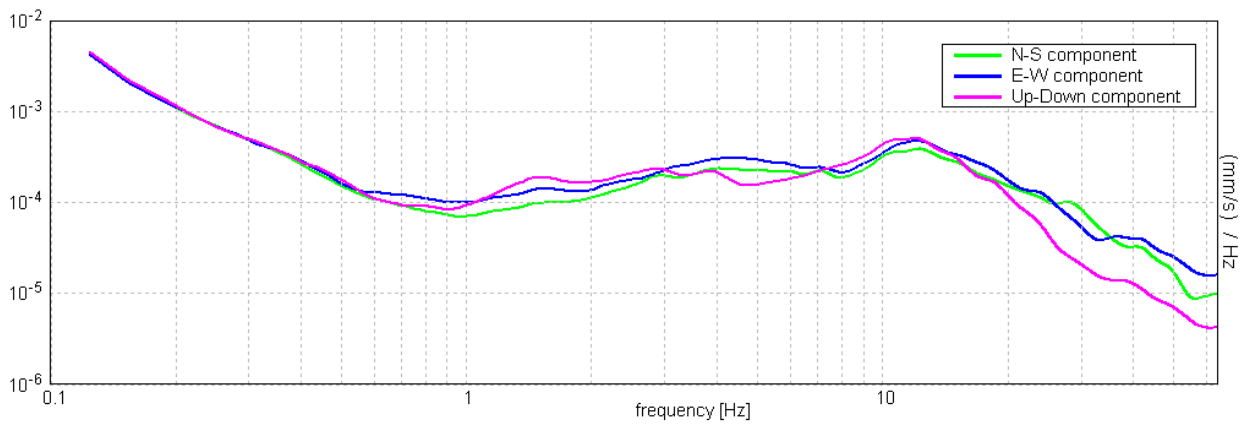
Max. H/V at 28.75 ± 2.99 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

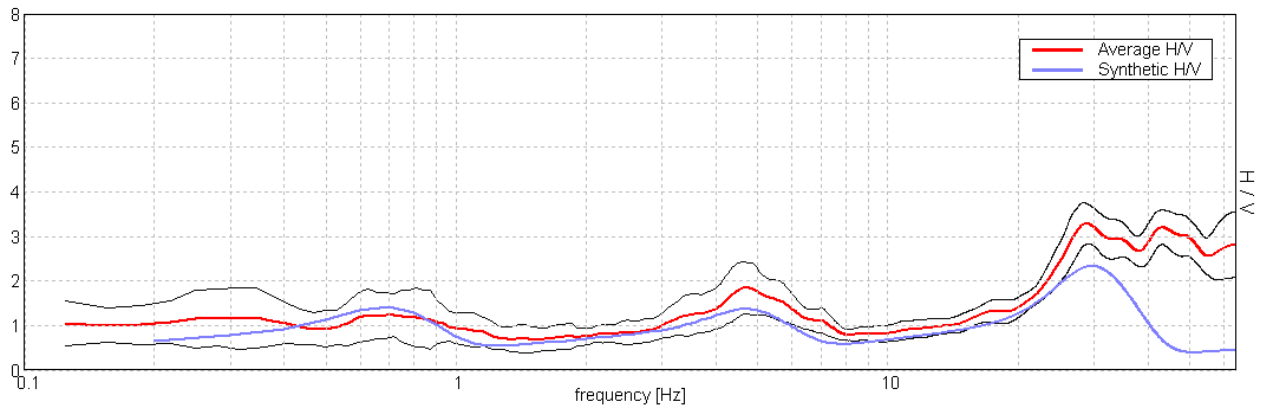


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



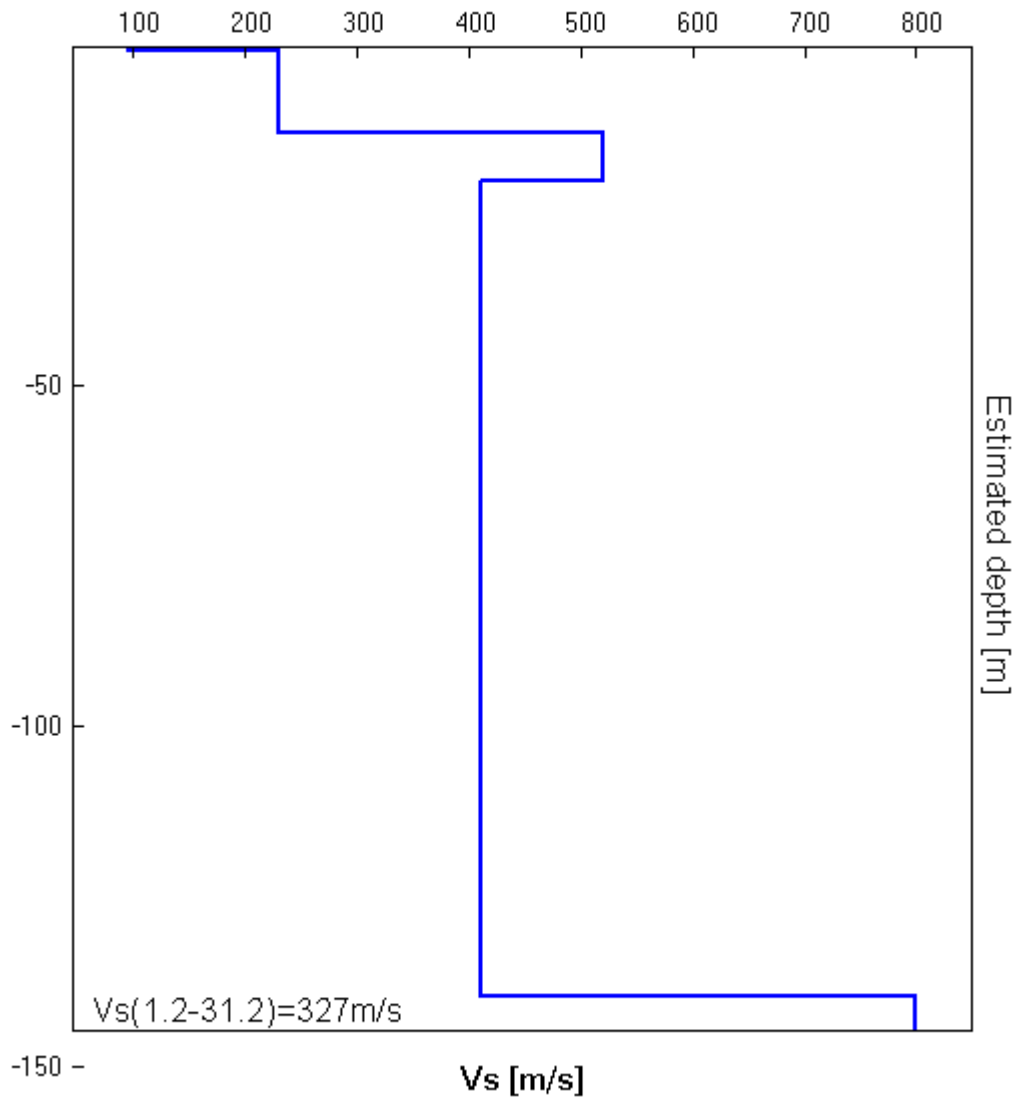
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 28.75 ± 2.99 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.80	0.80	95	0.30
12.80	12.00	230	0.30
19.80	7.00	520	0.35
139.80	120.00	410	0.30
inf.	inf.	800	0.30

Vs(0.0-30.0)=303m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 28.75 ± 2.99 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$28.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$29900.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1381	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	21.719 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.29 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05126 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.47373 < 1.4375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.228 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$





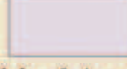
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20







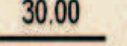
B.2.2

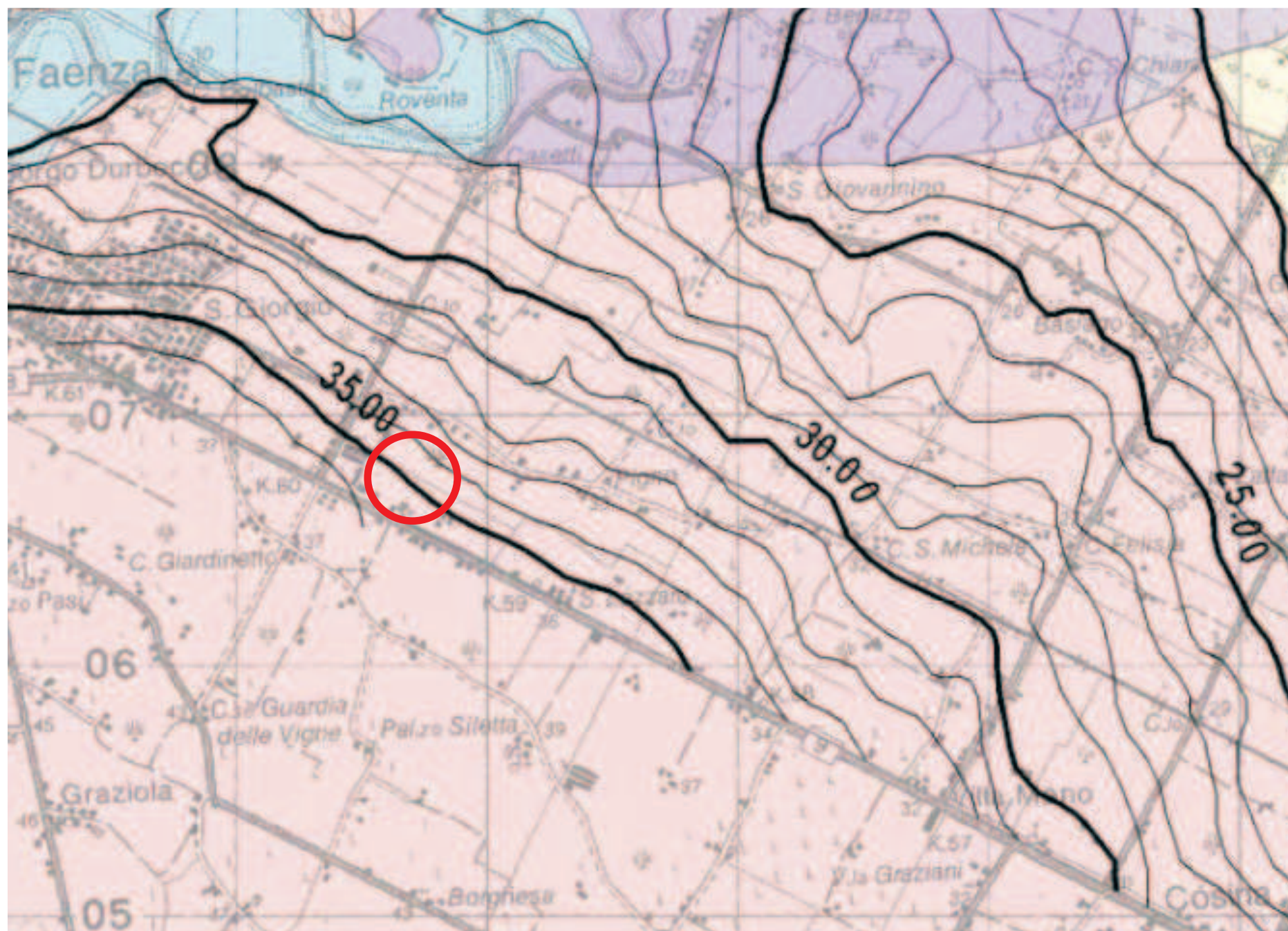
SISTEMA NATURALE ED AMBIENTALE ASPETTI MORFOLOGICI: carta geomorfologica

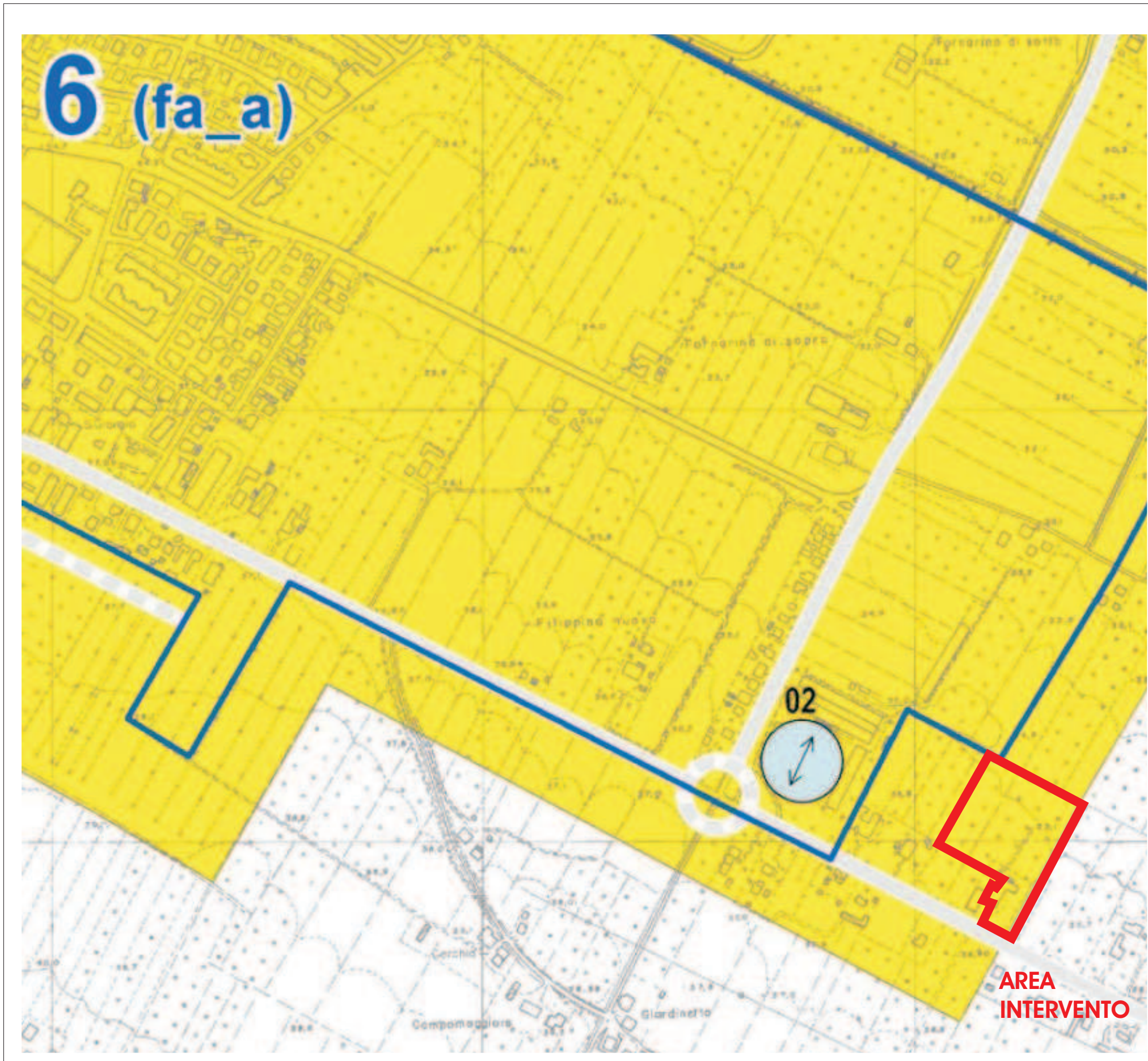
Morfologie fluviali

-  Aree alluvionali terrazzate intravallive e della media pianura
-  Aree alluvionali in evoluzione
-  Aree alluvionali di interdosso
-  Dossi fluviali sub-attuali
-  Paleodossi fluviali

Morfologie antropiche

-  Principali accumuli antropici urbani
-  Aree estrattive in atto o previste (PIAE) e principali aree estrattive dismesse
-  Orli scarpata di terrazzo
-  Spartiacque principali
-  30.00
Microrilievo naturale della media e bassa pianura





B.3.3.1.a

SISTEMA NATUARALE ED AMBIENTALE

RISCHI NATURALI: carta di microzonazione sismica del Comune di Faenza (Capoluogo)

Microzonazione sismica - II livello di approfondimento

Indagini geognostiche e geofisiche "di approfondimento":¹

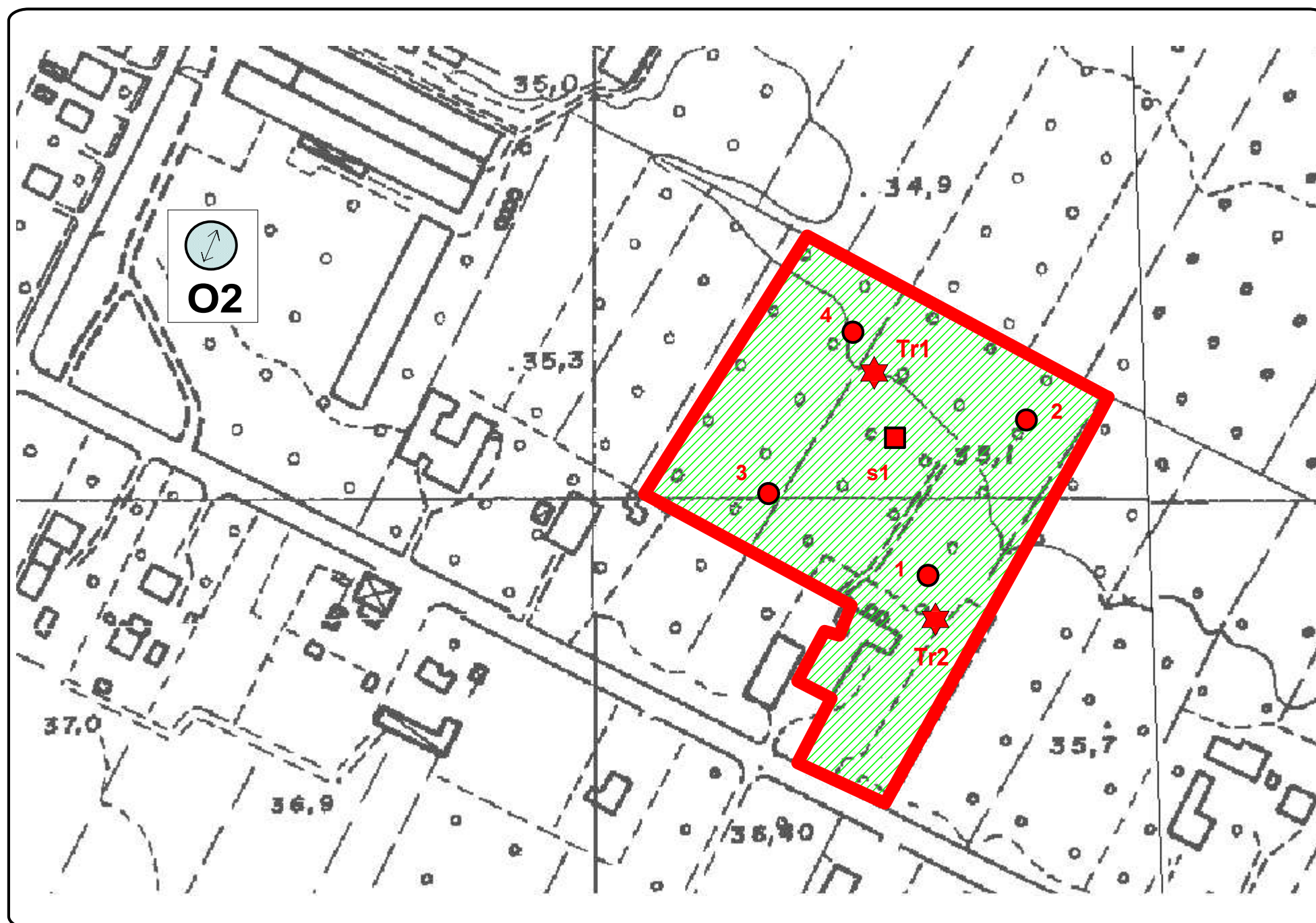
- Sondaggio a carotaggio
- Prova penetrometrica statica (CPT)
- Prova Down - hole
- Prova MASW

Zone di amplificazione stratigrafica:²

- 3 (fa)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,4$
Ambito di piana di fondovalle subattuale (AES8a) con substrato marino "non rigido" (Argille Azzurre) a profondità di pochi metri (Marzeno p.p.)
- 5 (fa)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,6$
Ambito di alta pianura con spesse successioni di alluvioni antiche compatte e parzialmente ghiaiose (AES5, AES6), poggianti a profondità variabile tra 10>30m su substrato marino "non rigido" (Argille Azzurre, Sabbie Gialle) (zona Celle-Persolino)
- 6 (fa_a)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,7$
Ambito di conoidi terrazzato con successioni regolari di alluvioni fini mediamente compatte (AES8), poggianti a profondità variabili tra 10>25m su ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7) (zona urbana di Faenza p.p.)
- 6 (fa_b)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,7$
Ambito di conoidi terrazzato e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), poggianti a profondità variabili tra 5/15m su ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7) (zona urbana di Faenza p.p.)
- 6 (fa_c)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,7$
Ambito di piana terrazzata intravalliva con successione di alluvioni compatte e variamente ghiaiose (AES6), poggianti a profondità variabile tra 5>30m su substrato marino "non rigido" (Argille Azzurre, Sabbie Gialle) (Borgo Tulero-Pettinara)
- 6 (fa_d)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,7$
Ambito di paleodosso fluviale con successione spessa (>30m) di alluvioni fini più o meno compatte (AES8, AES8a) (Reda p.p.)
- 6 (fa_e)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,7$
Ambito di piana terrazzata intravalliva con successioni di alluvioni fini più o meno compatte e parzialmente ghiaiose (AES8), poggianti a profondità variabile tra 5>10m su substrato marino "non rigido" (Argille Azzurre) (Marzeno p.p.)
- 7 (fa)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,8$
Ambito di media e bassa pianura con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte (AES8, AES8a), poggianti localmente a profondità variabile tra 10>25m su ghiaie (AES7) e sottostante substrato alluvionale "non rigido" (zona settentrionale di Faenza, Granarolo Faentino, Mezzeno, Pieve Cesato, Prada, Reda p.p.)
- 8 (fa_a)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,9$
Ambito di conoidi terrazzato e piana di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), poggianti a profondità variabili tra 5/15m su ghiaie e substrato alluvionale "scarsamente rigido" (AES7) (zona urbana di Faenza p.p.)
- 8 (fa_b)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,9$
Ambito di piana terrazzata intravalliva e di fondovalle con successioni irregolari di alluvioni parzialmente ghiaiose (AES7, AES8, AES8a), poggianti a profondità variabile tra 5>30m su substrato marino "detensionato" (Argille Azzurre, Sabbie Gialle) (Santa Lucia delle Spianate)
- 8 (fa_c)** $FA_{0,1-0,5s} = 1,9$
Ambito collinare con substrato marino potenzialmente "detensionato" (Argille Azzurre, Sabbie Gialle) (Orniolo dei Fichi)
- 10 (fa)** $FA_{0,1-0,5s} > 2$
Ambito di piana terrazzata intravalliva con successioni irregolari di alluvioni fini più o meno compatte e parzialmente ghiaiose (AES8, AES8a), poggianti a profondità variabile tra 5>10m su substrato marino "detensionato" (Argille Azzurre) (Errano).

Zone in cui è previsto come necessario il III livello di approfondimento

- Zone con terreni potenzialmente liquefacibili:
Ambito con orizzonti significativi di sabbie fini e limi sabbiosi scarsamente consistenti e saturi entro i primi 15 metri di profondità



LEGENDA:



Area in oggetto

INDAGINI GEOGNOSTICHE:

CPT-E
n° 1



Penetrometria statica con punta elettrica

s1



Sondaggio a carotaggio continuo

Tr2



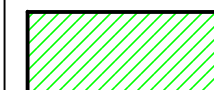
Prova sismica passiva a postazione singola (Tromografo)

O2



Prova MASW n° 2 (da PSC2009)

VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI SITO:



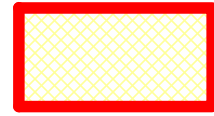
Area dove non sono attesi effetti locali (non vi sono caratteristiche geomorfologiche, litologiche, di addensamento, ecc. che possono determinare effetti di sito).

Categoria suolo (OPCM 14.01.2008):

Categoria "C":

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180-360 m/sec (ovvero con valori di $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $0,70 < C_u < 2,5$ daN/cm² nei terreni a grana fine)

LEGENDA:



Ambito area in oggetto (D.Reg. 112/2007): PIANURA 2 - Categoria di suolo "C" con $V_{s30} = 312,16$ m/sec

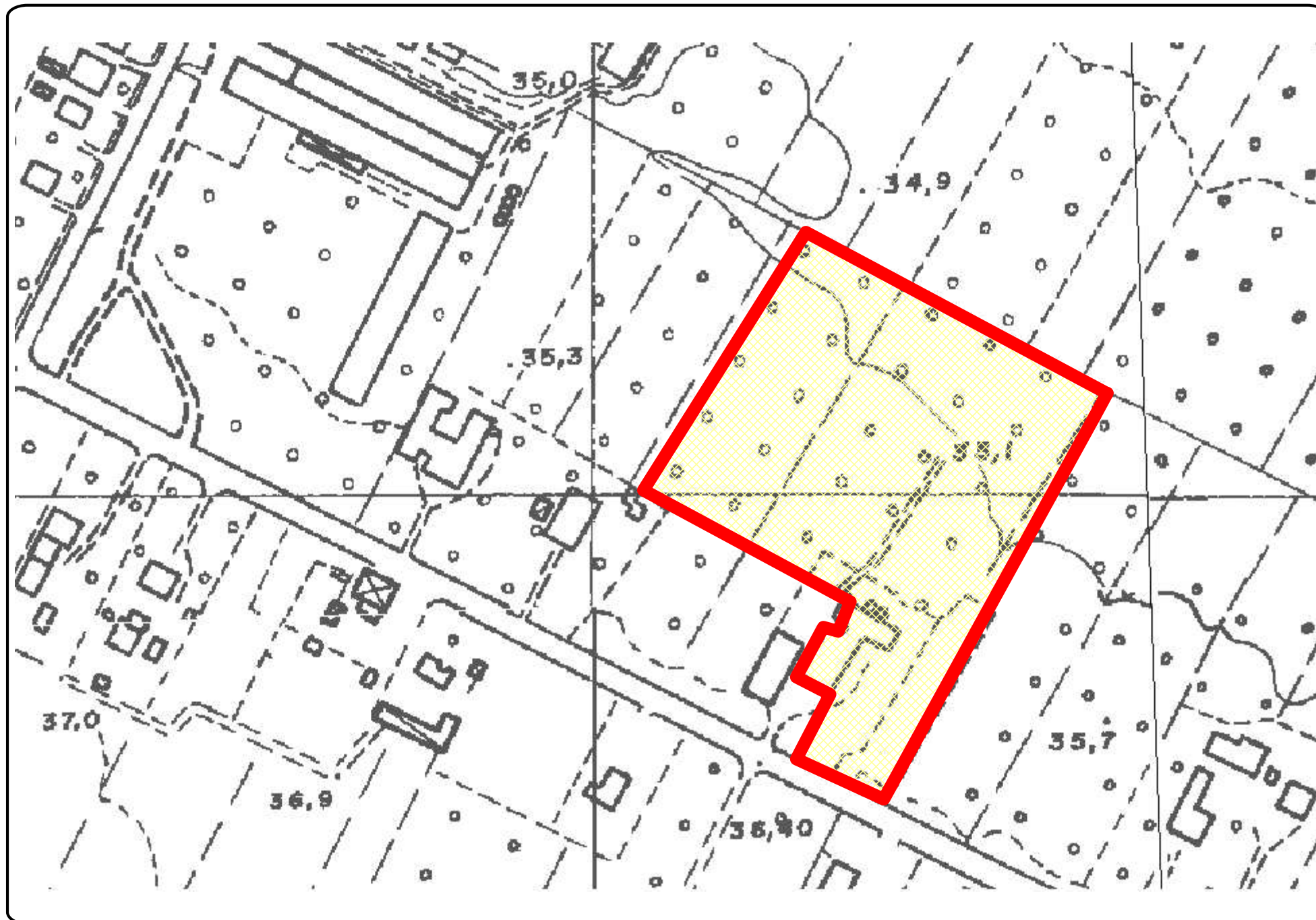
Amplificazione stratigrafica: F.A. PGA = 1,48 - F.A. SI ($0,1s < T_0 < 0,5s$) = 1,7 - F.A. SI ($0,5s < T_0 < 1,0s$) = 2,28

Amplificazione topografica T1 con $St = 1,0$

Accelerazione max attesa al suolo $A_{max} = 0,3034$

CARTA DI
MICROZONAZIONE
SISMICA (II livello)

scala 1:2.000



CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI (Normative di riferimento: D.M. 14/09/05 - D.M.14/01/08 -Circolare n°617/2009 -Circ.LL.PP.) - Committente: I.P.A. s.r.l.

CONDIZIONE STRATIGRAFICA

Il Decreto Ministeriale 14.09.2005 ed il successivo D.M. 14.01.2008 contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normativa tecnica.

Il numero delle zone sismiche viene riportato qui di seguito unitamente ai valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

Zona 2003	Valore di ag	Comune: FAENZA
1	0,35	Zona sismica 2003: 2
2	0,25	1. Accel.max orizz.RE 0,205
3	0,15	(Indirizzi microzonazione E-R; L.R.2000)
4	0,05	2. Accelerazione orizz 0,25

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, vengono definite 5 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano posa delle fondazioni):

- A** Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a m. 3,00.
- B** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a m. 30 caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu > 2,5$ daN/cm² nei terreni a grana fina)
- C** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $0,70 < cu_{30} < 2,5$ daN/cm² nei terreni a grana fina)
- D** Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 0,70$ daN/cm² nei terreni a grana fina)
- E** Terreni dei sottosuoli del tipo C o D per spessore non superiore a 20 m., posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- S1** Depositati di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero $0,10 < cu_{30} < 0,20$ daN/cm²) che includono uno strato di almeno 8 m. di terreni a grana fina di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
- S2** Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La classificazione del sito si ottiene sulla base del valore di Vs30 (velocità media di propagazione entro i primi m. 30 di profondità) dato dalla seguente espressione:

$$Vs30 = 30 / \text{Somma } h_i/V_i$$

dove:

hi = spessore strati (m.)

Vi = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec)

Metodo di calcolo del Vs30: STAZIONE SISMICA SINGOLA (tromografo)

Si ottiene la misura diretta delle Vs mediante stazione sismica singola (tromografo), previa acquisizione con apparecchiatura "TROMINO" per gli strati investigati:

LITOTIPO	Spessore strati "hi" (ml.)	Vs' in sito (m/s)	hi/V' (Vs mis.) (sec)
h1. Arenaria rimaneggiata	2,9	210	0,014
h2. F. Marnoso-Arenacea	2	330	0,006
h3. F. Marnoso-Arenacea	9	280	0,032
h4. F. Marnoso-Arenacea	8	280	0,029
h5. F. Marnoso-Arenacea	8,1	280	0,029
	30 ml. (h tot.)		Somma hi/Vi 0,110

Vs30 (misurata) = 273,94 m/sec

Occorre immettere delle informazioni a carattere geologico-stratigrafico:

LITOTIPO	Spessore strati "hi" (ml.)	Fattore geologico	Periodo Olocene - Pleistocene
h1. Arenaria rimaneggiata	2,9		0
h2. F. Marnoso-Arenacea	2	Dove:	0
h3. F. Marnoso-Arenacea	9	- Depositi recenti e terreni Olocene = O	0
h4. F. Marnoso-Arenacea	8	- Terreni del Pleistocene e Terziario = P	0
h5. F. Marnoso-Arenacea	8,1		0

Metodi di calcolo delle Vs30	Vs30 (m/sec)	Terreno liquefacibile	CATEGORIA SUOLO
Misure in sito con indagini Dirette con tromografo	273,94	Inserire SI o NO NO	C

che viene così definita dal D.M. 14.01.08:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $0,70 < cu_{30} < 2,5$ daN/cm² nei terreni a grana fina)

VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DI SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI (Atto di indirizzo e coordinamento tecnico L.R.20/2000)

Per stabilire i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi semplificata sono state realizzate indagini geotecniche che hanno permesso di definire:

- Spessore del deposito di copertura e profondità del "Bedrock" (H)
- Velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_sH e V_s30) del deposito di copertura secondo le formule:

$$V_sH = H / \text{Somma } h_i/V_i =$$

dove:

- H = spessore totale dei terreni di copertura o profondità del Bedrock (m.)
- h_i = spessore strati (m.)
- V_i =

$$V_s30 = 30 / \text{Somma } h_i/V_i =$$

dove:

- h_i = spessore strati (m.)
- V_i = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec)

Nel nostro caso si ha:

		Inserire dati	
Terreni di copertura H	ml.	40,00	Max ml. 40
Substrato marino V_s =	m/sec	550,00	
V_s30 =	m/sec	273,94	
V_sH =	m/sec	275,43	
CATEGORIA di SUOLO		C	

Le tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (II° livello) di approfondimento) vengono divise a secondo della zona geologica e successione stratigrafica:

	SCEGLIERE CON UNA "X"
A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO	
- SUBSTRATO MARINO ≥ 800 m/sec	<input type="checkbox"/>
- SUBSTRATO MARINO < 800 m/sec	<input type="checkbox"/>
- SUBSTRATO MARINO AFFIORANTE ($V_s < 800$ m/sec)	<input type="checkbox"/>
A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA	
COSTA 1: - Sedimenti alluvionali fini	<input type="checkbox"/>
- Sabbie costiere superficiali (con spessore fino a m. 10)	
- Substrato poco profondo (25-60 m. dal piano campagna).	
COSTA 2: - Ghiaie (spessore 2-15 m.) intercalati a sedimenti fini	<input type="checkbox"/>
- Sabbie costiere superficiali (con spessore fino a m. 10)	
- Substrato poco profondo (25-60 m. dal piano campagna).	
COSTA 3: - Sabbie peliti con orizzonti di ghiaie (spessore fino a 20 m.)	<input type="checkbox"/>
- Sabbie costiere superficiali (con spessore fino a m. 10)	
- Substrato profondo (> 100 m. dal piano campagna).	
PIANURA 1: - Potenti orizzonti di ghiaie (spessore > 10) alternate a sabbie e peliti	<input type="checkbox"/>
- Substrato poco profondo (< 100 m. dal piano campagna).	
PIANURA 2: - Alternanze di sabbie e peliti (spessore > 10) con orizzonti di ghiaie (spessore anche di decine metri)	<input checked="" type="checkbox"/>
- Substrato profondo (> 100 m. dal piano campagna).	

Nel nostro caso siamo nella tabella A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA
 localizzando l'area nell'ambito PIANURA 2:

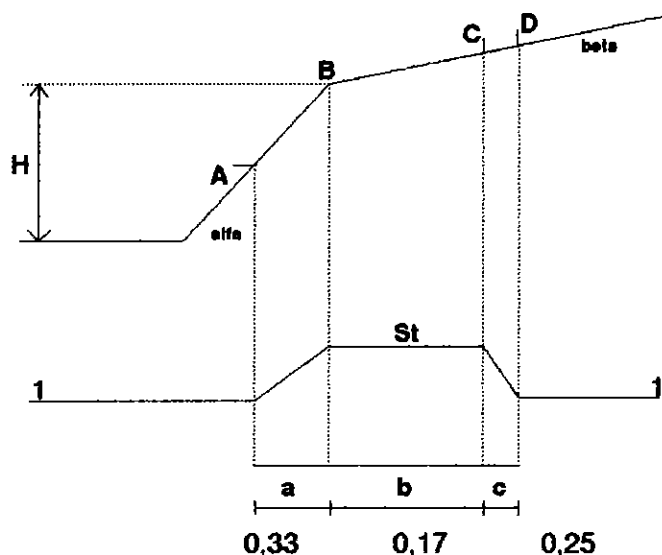
con velocità delle onde sismiche V_{s30} pari a 273,94

da cui i seguenti Fattori di Amplificazione:

F.A. P.G.A.	1,5
F.A. S.I. -0,1s < T_0 < 0,5s	1,76
F.A. S.I. -0,5s < T_0 < 1,0s	2,3

EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°. Devono essere calcolati in caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza $H > 30$ metri.
 Per pendii con inclinazione maggiore di 15° la risposta sismica locale deve essere moltiplicata per un fattore St (coefficiente di amplificazione topografica) calcolato nel seguente modo:



Angolo α = gradi° 0,5 gradiente maggiore
 Angolo β = gradi° 0,6 gradiente minore
 Altezza H = ml. 1,00

Per St si impone comunque un valore compreso tra 1,0 e 1,4:
 $St = 1 + 0,8 \times (\alpha - \beta - 0,40)$ sul segmento BC = 1,0
 dove:

b = valore minimo tra 20α e $(H+10)/4$ = ml. 0,17

α = gradiente della parte più ripida

β = gradiente della parte meno ripida

$St = 1,0$ in A ($a = H/3$ 0,33 ml.)

$St = 1,0$ in D ($c = H/4$ 0,25 ml.)

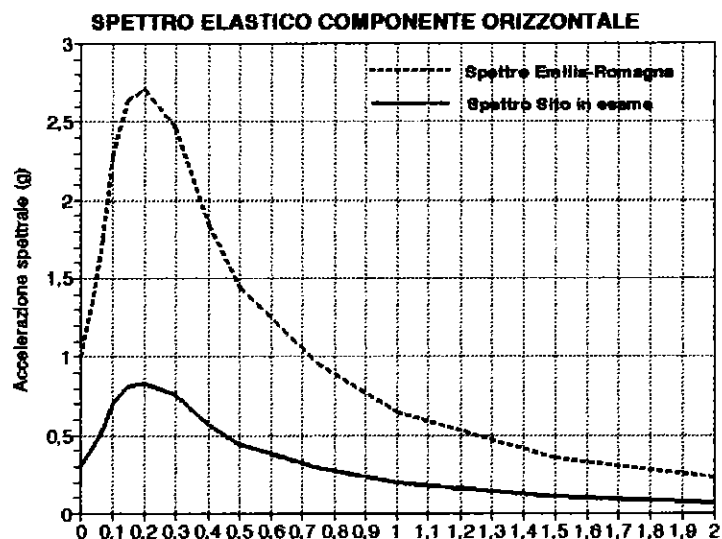
Riassumendo per il territorio preso in esame si ha:

Comune:	FAENZA	
Zona sismica 2003:	2	
Accelerazione max orizz.: Arefg	0,205	(Indirizzi microzonazione E-R; L.R.2000)
Vs30 (m/sec)	273,94	
Categoria di Suolo	C	(D.M. 14.01.2008)
(PGA/PGA₀) F.A. P.G.A.	1,5000	(da tab. D.R. Em.Romagna n° 112/2007)
(S_l/S₀) F.A. S.I.	-0,1s < T₀ < 0,5s	1,7600 (intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture basse max. 4-5 piani, regolari e rigide)
(S_l/S₀) F.A. S.I.	-0,5s < T₀ < 1,0s	2,3000 (intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture più alte e flessibili)
FATTORE S_t	1,0000	(coefficiente amplificazione topografica)

Per la definizione del moto di riferimento (All. 4) viene riportata la forma dello spettro di risposta norm rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari in Emilia-Romagna.

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere lo spettro di risposta a probabilità uniforme descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per **FAENZA** e per il sito in esame stimeremo lo spettro di risposta moltiplicando i valori spettro del comune per F.A. stimati in precedenza ottenendo una accelerazione max attesa al suolo di: **A max= g 0,3075**

T (s)	S _a /aref	S _a /PGA
0,00000	1,00000	0,30750
0,04000	1,38865	0,42701
0,07000	1,75927	0,54098
0,10000	2,28349	0,70217
0,15000	2,63726	0,81096
0,20000	2,70745	0,83254
0,30000	2,46642	0,75842
0,40000	1,84047	0,56594
0,50000	1,44476	0,44426
0,75000	0,95494	0,29364
1,00000	0,64546	0,19848
1,50000	0,35479	0,10910
2,00000	0,23070	0,07094



CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008

Data 30/07/09

Località Via Emilia - Faenza (RA)

Metodo di indagine MASW Attivo e Passivo
(misura Vr)

Strumentazione utilizzata Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento: 12 geofoni - interasse 5 m

RISPOSTA SISMICA LOCALE

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

Categorie di suolo di fondazione

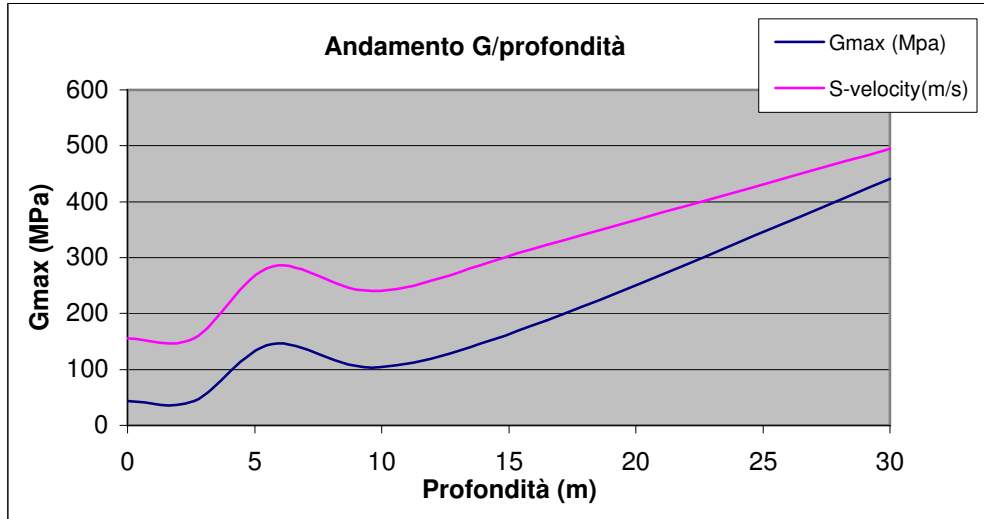
		Ss	Cc	S=S _s *S _T
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT ₃₀ > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.19	1.40	1.19
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT ₃₀ < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.39	1.56	1.39
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT ₃₀ < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.63	2.27	1.63
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30 > 800 m/s).	1.43	1.85	1.43
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F₀ e T_c vengono forniti dalla normativa**Categorie Topografiche:**

		St	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2	valore alla sommità del pendio
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2	valore della cresta del rilievo
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraespresse categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

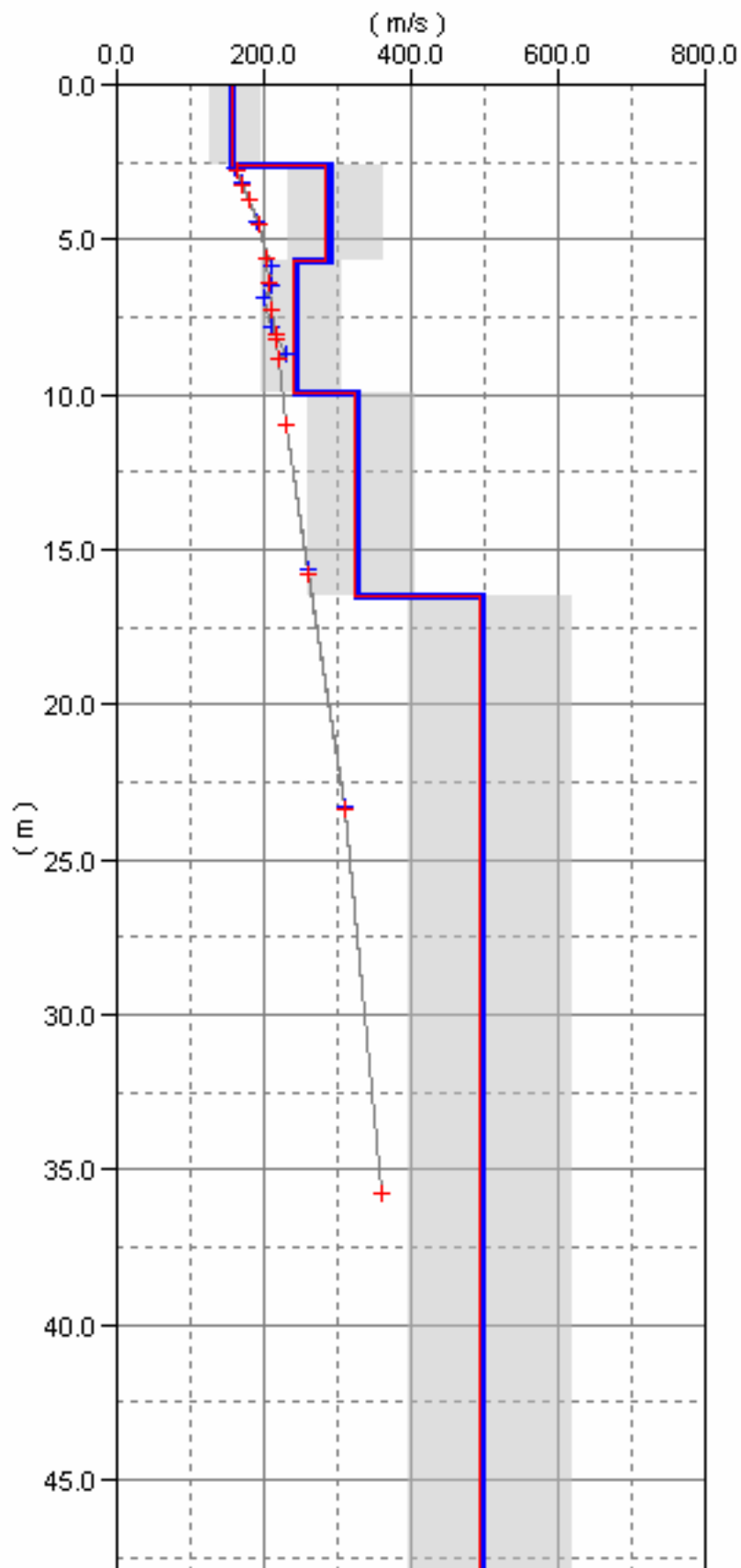
Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	ρ (t/mc)
0.0	156	44	1.80
2.6	156	44	1.80
5.7	284	145	1.80
10.0	240	104	1.80
16.5	323	188	1.80
30.0	495	441	1.80



Vs30 (m/s) = 323

Modello interpretativo Vs

Masw n° 2
Vs30 = 323m/s



SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)
Possibilità di superamento del 10% in 50 ann

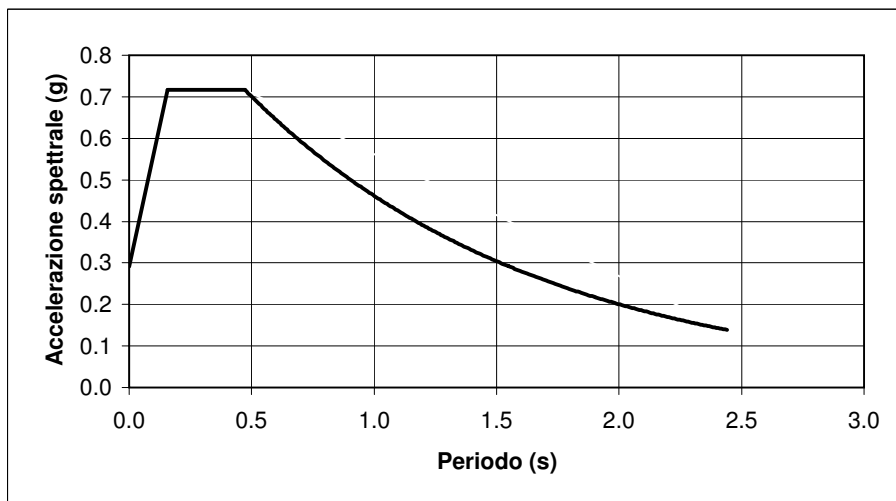
$$T_0 = agxS$$

$$T_b = T_c/3$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_d = 4.0 \cdot a_y / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.2919
0.1576	0.7166
0.4727	0.7166
2.4400	0.1388



CLASSIFICAZIONE DEL SITO Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la classificazione territoriale e urbanistica

Località Via Emilia - Faenza (RA)
Metodo di indagine MASW Attivo e Passivo
(misura Vr)
Strumentazione utilizzata Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione Rumore naturale+10 kg
Geometria stendimento: 12 geofoni - interasse 5 m

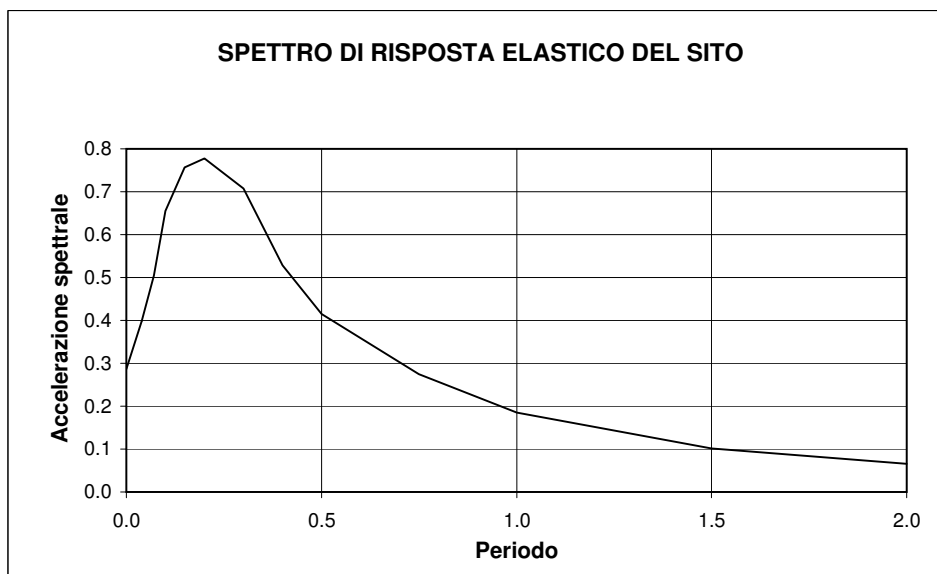
Valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo a_{refg} 0.205

Tabella per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (PIANURA 2)

Vs30	F.A.
200	1.5
250	1.5
300	1.5
350	1.4
400	1.4
450	1.4
500	1.3
600	1.1
700	1.0
800	1.0

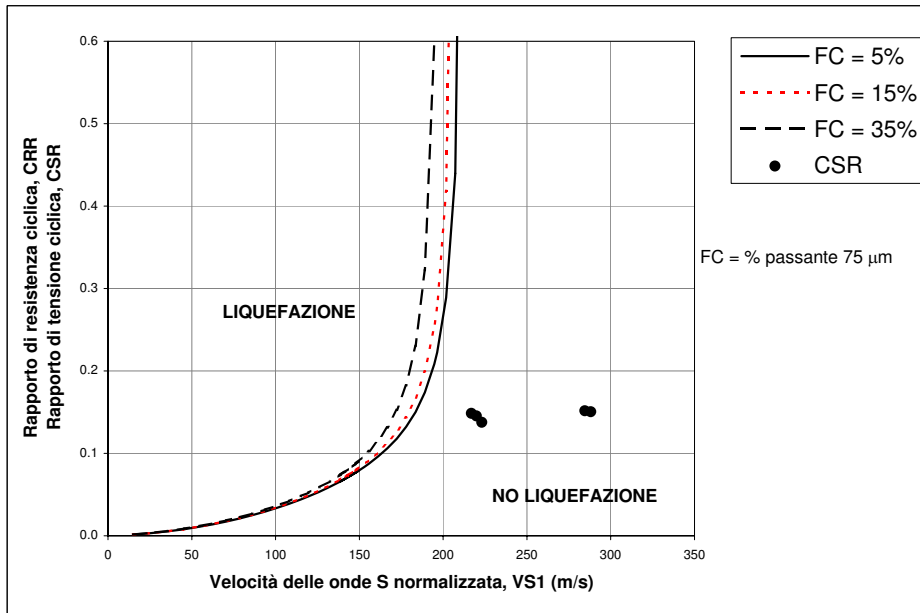
SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE
Possibilità di superamento del 10% in 50 anni
Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000
per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la
classificazione territoriale e urbanistica"

T (s)	Sa/a _{ref}	Sa/a _g
0.000	1.000	0.287
0.040	1.389	0.399
0.070	1.759	0.505
0.100	2.283	0.655
0.150	2.637	0.757
0.200	2.707	0.777
0.300	2.466	0.708
0.400	1.840	0.528
0.500	1.445	0.415
0.750	0.955	0.274
1.000	0.645	0.185
1.500	0.355	0.102
2.000	0.231	0.066



VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

profondità (m)	V _s	V _{s1}	CSR	F _s = CRR _{7.5} /CSR _{7.5}
8.0	240	223	0.138	-1.30
9.0	240	220	0.145	-1.99
10.0	240	217	0.149	-3.24
11.0	323	288	0.151	1.34
12.0	323	285	0.152	1.27
13.0	323	281	0.152	1.21
14.0	323	278	0.151	1.16
15.0	323	275	0.150	1.11



La velocità delle onde sismiche viene ricondotta ad un valore V_{s1}, ovvero ad un valore normalizzato ad una tensione efficace p_a = 100 kPa attraverso la:

$$V_{S1} = C_V \cdot V_S = V_S \cdot (p_a / \sigma'_{v0})^{0.25}$$

RAPP. TENSIONALE CICLICO $CSR = \tau_{media} / \sigma' = 0.65 \cdot (a_{max} / g) \cdot (\sigma_v / \sigma'_v) \cdot r_d$

a_{max} = accelerazione di picco al piano campagna

g = accelerazione di gravità

σ_v/σ'_v = tensione totale ed efficace nel sottosuolo

r_d = coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità d'interesse che tiene conto della deformabilità del sottosuolo

COEFFICIENTE DI SICUREZZA ALLA LIQUEFAZIONE $F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5}$

CSR riferito ad terremoto di magnitudo 7.5 $(CSR)_{M=7.5} = (CSR)_M / MSF$

fattore di scala per la magnitudo $MSF = 6.9 \cdot \exp(-M/4) - 0.058$

RAPP. DI RESISTENZA CICLICA (riferito a M = 7.5) $CRR_{7.5} = 0.022x(V_{S1}/100)^2 + 2.8x(1/(V_{S1}^* - V_{S1}) - 1/V_{S1}^*)$