



COMUNE DI CASTENASO
Città Metropolitana di Bologna

P S C

PIANO STRUTTURALE COMUNALE
(L.R. 24 marzo 2000, n. 20 - art. 28)

Relazione Geologica e Sismica di fattibilità

Adozione D.C.C. n. 32 del 21/05/2008	Approvazione D.C.C. n.1 del 14/01/2009
--------------------------------------	--

Variante n. 1/2018
(ai sensi dell'art. 32 della L.R. 20/2000)

Adozione D.C.C. n. 41 del 28/09/2017	Approvazione D.C.C. n. ____ del ____
--------------------------------------	--------------------------------------

il Sindaco

Stefano SERMENGHI

l'Assessore all'Urbanistica

Stefano SERMENGHI

il Segretario Generale

Andrea FANTI

il Responsabile dell'Area Tecnica

Fabrizio RUSCELLONI

Progettista Responsabile della variante n. 1/2018:

Luca BIANCUCCI

Analisi geologiche e sismiche:

Samuel SANGIORGI



Via Valsellustra 32
40060 Dozza - BOLOGNA



Studio Samuel Sangiorgi
Geologia Applicata

Comune:

COMUNE DI CASTENASO (BO)

Oggetto:

VARIANTE AL PSC N.1/2017
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA DI FATTIBILITA'
Stesura per Controdeduzione

Stesura:

settembre 2018

Elaborazione:

Dott. Geol. Samuel Sangiorgi

Committente:

Comune di Castenaso



tel/fax 0542 640279

mail info@studiosamuelsangiorgi.eu

www.studiosamuelsangiorgi.eu



Indice generale

1	PREMESSA.....	2
2	Metodo di studio.....	3
2.1	Studi pregressi e indagini di repertorio.....	3
2.2	Nuove indagini geognostiche e geofisiche.....	4
2.3	Analisi geologiche e sismiche espletate per le varianti al PSC.....	5
2.3.1	<i>Dati e aspetti ambientali descritti nella Relazione.....</i>	<i>5</i>
2.3.2	<i>La pericolosità sismica di base e la microzonazione sismica di livello 2 (DGR 2193/2015).....</i>	<i>5</i>
2.3.3	<i>Gli approfondimenti sismici di livello 3: simulazioni numeriche di RSL (DGR 2193/2015).....</i>	<i>12</i>
2.3.4	<i>Gli approfondimenti sismici di livello 3: verifiche quantitative della liquefazione e dei cedimenti post sisma (DGR 2193/2015).....</i>	<i>14</i>
3	Sintesi delle Analisi geologiche e sismiche per la variante al psc.....	20
3.1	Modifica per recepimento aree attuate tramite POC e PUA: comparto per nuovi insediamenti urbani nell'Ambito ANS_C2.1.....	20
3.2	Modifica per recepimento aree attuate tramite POC e PUA: Comparto per Parco “Lungo Fiume” nell'ambito ANS_C3.3.....	23
3.3	Modifica per recepimento aree attuate tramite POC e PUA: Comparto per nuovo insediamento residenziale a Marano.....	24
3.4	Modifica della destinazione d'uso dell'Ambito ANS lungofiume.....	26
3.5	Modifica per recepimento aree attuate e da attuare comparto ex DE.5 (PRG).....	27
3.6	Modifica per L'ATTUAZIONE DEL COMPARTO ANS_C1.1 di via del Bargello.....	29
3.7	Modifica per localizzazione ambito AUC5 (ambito urbano consolidato delle frange urbane) in sostituzione di ambito AVP (ambito rurale) in via XXV Aprile.....	33
3.8	Modifica dell'ambito sud della frazione di Marano.....	35
3.9	Modifica e ampliamento dell'ambito ‘Country Club’ di Villanova di Castenaso in via Gozzadini	36

ALLEGATI

1 PREMESSA

Lo Studio scrivente è stato incaricato dall'Amministrazione comunale di Castenaso di redigere lo studio geologico di fattibilità e lo studio di pericolosità sismica (ai sensi della DGR 2193/2015 della Regione Emilia-Romagna) a corredo della Variante al PSC n.1/2017. In particolare si sono considerati i seguenti interventi:

- ✓ modifica per recepimento aree attuate tramite POC e PUA (comparto per nuovi insediamenti urbani nell'Ambito ANS_C2.1; comparto per Parco "Lungo Fiume" nell'Ambito ANS_C3.3; comparto per nuovo insediamento residenziale a Marano);
- ✓ modifica della destinazione d'uso dell'Ambito ANS "Lungofiume";
- ✓ modifica per recepimento aree attuate e da attuare comparto ex DE.5 (PRG);
- ✓ modifica per l'attuazione del comparto ANS_C1.1 di via del Bargello;
- ✓ modifica per localizzazione Ambito AUC5 in sostituzione di Ambito AVP in via XXV Aprile;
- ✓ modifica dell'Ambito sud della frazione di Marano;
- ✓ modifica e ampliamento dell'Ambito "Country Club" di Villanova di Castenaso in via Gozzadini.

Lo studio ha analizzato tutti gli elementi geologici e sismici necessari per esprimere una valutazione di fattibilità degli interventi di variante al PSC sopra elencati.

Per quanto riguarda lo studio di pericolosità sismica, si rammenta che la Regione Emilia-Romagna, attraverso uno specifico apparato normativo (LR 20/2000; DAL 112/2007; DGR 2193/2017) ha imposto i criteri di elaborazione degli studi di pericolosità e di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale, definendo livelli di approfondimento differenziati a seconda delle fasi di programmazione affrontate e del contesto di pericolosità locale riscontrato. Ciò detto, il territorio urbanizzato/urbanizzabile di Castenaso è già dotato dello studio di Microzonazione di "livello 2" elaborato per il Piano Strutturale Comunale, ai sensi della DAL 112/2007. Per le parti di territorio comunale interessate dalle modifiche al PSC, il presente studio ha ulteriormente analizzato la pericolosità sismica locale con gli aggiornamenti richiesti dalla più recente DGR 2193/2015.

Per l'ambito "Country Club" di Villanova, le modifiche previste al PSC hanno necessitato di specifiche indagini geognostiche e geofisiche "in situ" al fine di elaborare gli approfondimenti geologici e sismici (fino al "livello 3") richiesti per questa fase di pianificazione.

2 METODO DI STUDIO

2.1 Studi pregressi e indagini di repertorio

Lo studio geologico e sismico si è basato sui seguenti studi pregressi:

- ✓ Quadro Conoscitivo PSC dei Comuni dell'Associazione Valle Idice (Viel & Associati, 2007) e in particolare la Relazione descrittiva e la tavola Ca.B.1.2 “Carta Idrogeologica” (scala 1:10.000) e la tavola As.B.1.1 “Carta Geolitologica” (scala 1:25.000);
- ✓ studio di microzonazione sismica (livello 2 ai sensi della DAL 112/2007) elaborata per il Piano Strutturale Comunale di Castenaso (Viel & Sangiorgi, 2008) e in particolare la Relazione descrittiva e le Tavole Ca.B.1.6a e Ca.B.1.6b (scala 1:5.000);
- ✓ analisi geologiche e sismiche (livello 3 ai sensi della DAL 112/2007) elaborate a corredo degli ambiti del POC 2009 (Viel & Sangiorgi, 2009);
- ✓ Quadro Conoscitivo del PTCP di Bologna (approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.19/2004) e Variante al PTCP di Bologna in materia di riduzione del rischio sismico (Delibera del Consiglio Provinciale del n.57/2013);
- ✓ Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna (pubblicata anche on line nel sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – SGSS – della nostra Regione). Per il modello geologico profondo si sono inoltre considerate le sezioni geologiche RER anch'esse pubblicate nel sito internet del SGSS e la “Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna” alla scala 1:250.000 (SGSS RER e CNR, 2006);
- ✓ Piano di Gestione rischio Alluvioni realizzato dalle UoM del Distretto idrografico Appennino Settentrionale, tra cui Reno (UoM ITI021), Regionali Romagnoli (UoM ITR081), Marecchia-Conca (UoM ITI01319) in recepimento alla “direttiva alluvioni 2007/60/CE”.

Si è inoltre potuto disporre di indagini di repertorio, sia di tipo geognostico che di tipo geofisico. In particolare, si è potuto disporre della Banca Dati Geognostica pubblicata e disponibile nel sito internet del SGSS regionale. Sono inoltre disponibili le prove geognostiche e geofisiche di riferimento per il già citato studio di microzonazione sismica del PSC (2008) e le indagini eseguite per gli ambiti inseriti nel POC 2009.

Per le modifiche relative al comparto ANS_C1.1 di via del Bargello si è potuto disporre degli studi e delle indagini geognostiche/geofisiche (prove CPT; trivellata a secco; registrazione HVSR) eseguite per l'approvazione del Piano Particolareggiato (cfr. “Studio Geologico-Tecnico [...]”, Geo-Probe, 2007) ancora non disponibili per lo studio di microzonazione comunale.

Per l'ambito “ANS_C2.1 porzione nord” di via del Frullo, oltre alle indagini eseguite per il primo POC, si sono considerate le analisi e indagini eseguite per il limitrofo comparto “ANS C2.1 Frullo Nord” di cui al POC 3 adottato (cfr. “Relazione Geologica e Sismica [...]”, S. Sangiorgi, 2017).

Le indagini utili per la caratterizzazione delle aree di variante al PSC saranno ben descritte e

individuare cartograficamente (cfr. capitolo 3), mentre i report e/o i diagrammi di sintesi delle indagini vengono allegati in calce alla presente Relazione.

2.2 Nuove indagini geognostiche e geofisiche

Per poter espletare gli ulteriori approfondimenti sismici di livello 3 (DGR 2193/2015) richiesti per l'ambito "Country Club" di Villanova (cfr. capitolo 3), sono state eseguite nuove indagini geognostiche e geofisiche. In particolare, sono state realizzate:

- ✓ n. 1 penetrometria statica con puntale elettrico dotato di piezocono (CPTU3) → approfondita fino a -20 metri dal p.c. La terebrazione è stata realizzata con un penetrometro dotato di spinta da 200 kN, montato su mezzo semovente cingolato. La punta piezometrica utilizzata presenta caratteristiche standard e la speciale attrezzatura utilizzata permette l'acquisizione dei dati ogni cm di avanzamento attraverso lettura diretta delle resistenze. I dati di penetrazione (q_c ; f_s ; u_2) sono stati elaborati per le verifiche quantitative della liquefazione e cedimenti post sisma e per la stima automatica dei principali parametri meccanici fondamentali: quota di falda locale, resistenza alla punta normalizzata (Q_{c1n}), I_c , D.R., ϕ' , c_u , OCR, Modulo Edometrico, conducibilità idraulica, ecc. In calce alla Relazione si allegano i grafici di sintesi della prova CPTU eseguita.
- ✓ n. 1 stendimento sismico MASW → la prova ha permesso la stima della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (V_s) nel sottosuolo, attraverso la misura delle onde superficiali (Rayleigh) in corrispondenza di geofoni disposti in linea. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW ha previsto acquisizioni dei segnali sismici con sismografo multicanale ABEM RAS24 a 24 canali, generati da sorgenti energizzanti artificiali lungo lo stendimento dei geofoni. La spaziatura tra geofoni è stata mantenuta pari a 3 metri, per uno sviluppo complessivo di 69 metri. L'elaborazione degli esiti (con software "Geogiga Surface") consiste, sinteticamente, nell'estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh e nell'analisi dell'inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle V_s . In calce al testo si allegano i report delle prove eseguite.
- ✓ n. 1 registrazione del rumore sismico (microtremori) del sottosuolo con tecnica HVSR → eseguita con strumentazione tromografica portatile in dotazione dello Studio scrivente. Lo strumento dispone di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, in grado di misurare le componenti della velocità (moto) di ogni strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V. L'elaborazione del microtremore misurato, fornisce i rapporti spettrali HVSR o H/V (Nogoshi & Igarashi, 1970), risultando efficace per la stima delle frequenze fondamentali di risonanza f_r del sottosuolo: $f_r = V_s/4 \cdot H$ (con H = spessore dello strato). In questo modo, gli esiti delle misure tromografiche, opportunamente calibrati con la stratigrafia

direttamente desunta dalle penetrometrie e dai dati di sottosuolo pregressi forniscono un ulteriore e utile supporto alla ricostruzione di sottosuolo e alla stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di sottosuolo investigato. La stima delle frequenze amplificanti del terreno consente anche una preliminare valutazione delle eventuali “doppie risonanze” con le tipologie di manufatti di progetto. In calce al testo si allegano i report delle prove eseguite.

La localizzazione delle nuove indagini eseguite per questo studio è riportata cartograficamente nella Relazione (cfr. capitolo 3)

2.3 Analisi geologiche e sismiche espletate per le varianti al PSC

2.3.1 Dati e aspetti ambientali descritti nella Relazione

Le analisi geologiche e sismiche espletate per esprimere la complessiva valutazione di fattibilità delle varianti al PSC vengono sintetizzate nel successivo capitolo 3: per le modifiche e integrazioni al PSC vigente (cfr. capitolo 1) si riportano le seguenti informazioni:

- ✓ la sintesi descrittiva della variante (cfr. “Relazione Illustrativa della variante”);
- ✓ le indagini geognostiche/geofisiche disponibili e di riferimento per la caratterizzazione geologica e sismica (con localizzazione cartografica di dettaglio);
- ✓ la sintesi del contesto geologico, idrogeologico e della pericolosità idraulica locale;
- ✓ le valutazioni geotecniche preliminari;
- ✓ gli approfondimenti di livello 2 (o livello 3) di pericolosità sismica ai sensi della DGR 2193/2015;
- ✓ le conclusioni sulla fattibilità della variante.

2.3.2 La pericolosità sismica di base e la microzonazione sismica di livello 2 (DGR 2193/2015)

L'ultima zonazione sismogenica del territorio nazionale è nota con la semplice sigla “ZS9” (2004), prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questa zonazione rappresenta il più recente riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano, elaborata riferendosi anche i più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le ultime banche dati relative alle sorgenti sismogeniche italiane DISS¹ 3.2 e il catalogo CPTI².

L'area di studio ricade nella macrozona sismogenica 612 (ZS9), con magnitudo massima attribuita $M = 6,14$; la sismicità è correlabile alla tettonica attiva del fronte compressivo del margine appenninico sepolto. Più nel dettaglio (figura 2.1), la banca dati DISS 3.2 indica che il territorio di Castenaso ricade poco a nord della fascia sismogenica ITCS047 (Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme) alla quale è attribuita una magnitudo di riferimento ($TR = 475$ anni) pari a $M_w = 6,0$. Questa magnitudo è fondamentalmente legata ai terremoti storici del bolognese del 1505 e 1929. Più a nord, esterne all'area di studio sono inoltre individuate le sorgenti sismogeniche complesse ITCS051 “Carpi – Poggio Renatico” e ITCS012 “Malalbergo – Ravenna” alle quali vengono sempre attribuite $M_w = 6,0$.

¹ <<Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy>> (Valensise e Pantosti, 2001)

² <<Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani”, Gruppo di lavoro CPTI, 1999-2002>>

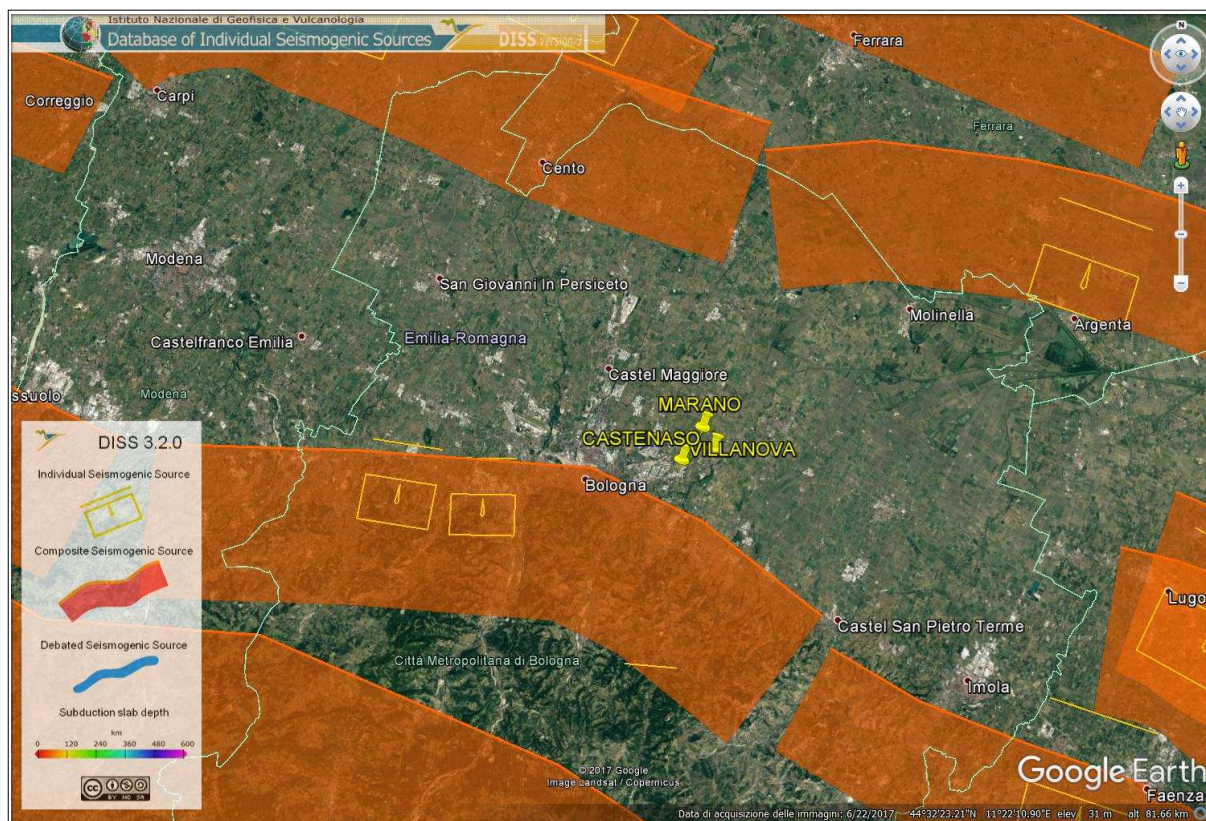


Figura 2.1 - Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.2 (foto aerea: Google Earth)

Occorre rammentare che la Provincia (ora Città Metropolitana) di Bologna si è dotata di uno studio di pericolosità sismica preliminare relativo a tutto il territorio amministrativo competente. Gli esiti di tali studi sono contenuti nella <<Variante al PTCP in materia di Rischio Sismico (2013)>>. In sintesi, la Provincia di Bologna ha elaborato la nuova Tavola di Piano, denominata "TAV. 2.C – Rischio sismico – Carta degli effetti Locali Attesi", alla scala 1:25.000 per quanto riguarda i Comuni della collina e montagna e alla scala 1:65.000 per i Comuni di pianura. Tale tavola costituisce il primo livello di approfondimento sismico richiesto dalla DAL 112/2007, identificando gli scenari di pericolosità sismica locale dell'intero territorio provinciale. La citata Tavola fornisce anche le prime indicazioni sui limiti e sulle condizioni richieste per orientare le scelte di pianificazione alla scala comunale verso ambiti meno esposti alla pericolosità sismica. Come già scritto, il territorio comunale di Castenaso dispone di uno studio di microzonazione sismica elaborata per il PSC (2008), precedente alla Variante del PTCP di Bologna sul rischio sismico. Tuttavia, lo studio comunale ha consentito approfondimenti di livello 2, in coerenza con i contenuti della DAL 112/2007, individuando le principali condizioni di pericolosità sismica locali per le aree urbane e urbanizzabili. Si rammenta che la DAL n.112/2007 propone la definizione semplificata delle amplificazioni locali sulla base delle tabelle allegate in appendice al documento e riferite a grandi situazioni morfologico-stratigrafiche. Le variabili, da inserire nelle tabelle per la stima dell'amplificazione locale sono:

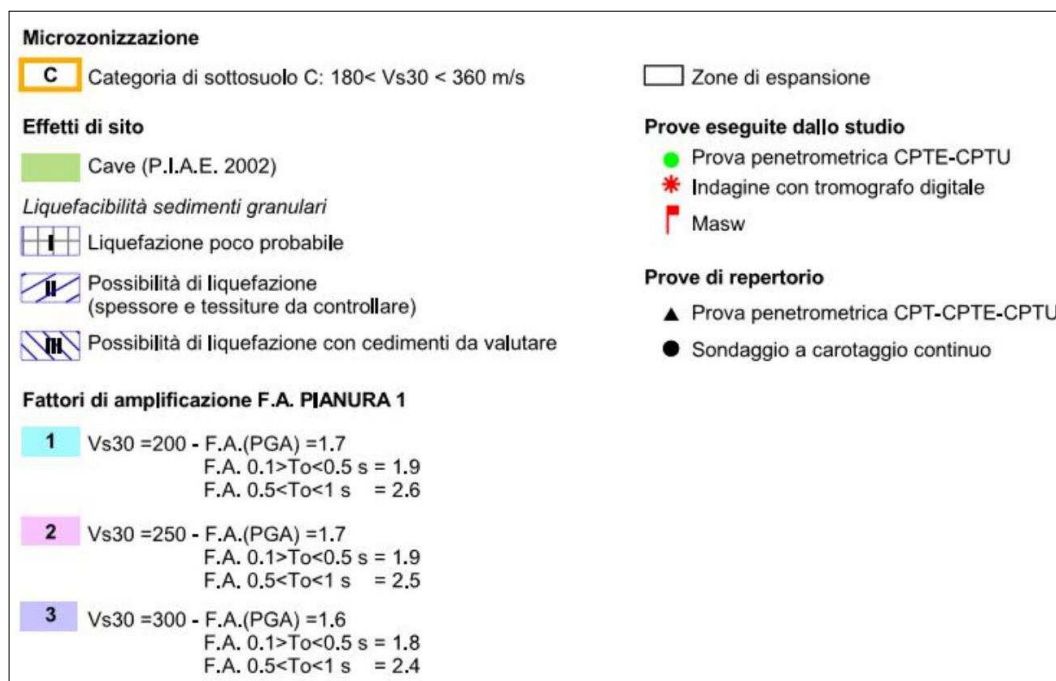
- F.A. P.G.A. → rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido

($a_{max,r}$) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ($a_{max,s}$) alla frequenza f . Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento D e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito;

- F.A. S.I. - Intensità spettrale di Housner → indicatore della pericolosità sismica, è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità. Per lo studio di MS di Castenaso, i fattori di amplificazione si riferiscono ai due intervalli di periodo $0.1 < T_0 < 0.5$ s e $0.5 < T_0 < 1$ s;
- la velocità equivalente delle onde di taglio nel sottosuolo (V_s).

Gli esiti della microzonazione sismica comunale di livello 2 sono sintetizzati nella Relazione descrittiva e nelle Tavole Ca.B.1.6a e Ca.B.1.6b (scala 1:5.000). Le cartografie di MS riportano: le prove geognostiche/geofisiche di riferimento, le zone suscettibili di "effetti di sito" (cave; liquefacibilità dei sedimenti granulari; cedimenti) e i fattori di amplificazione semplificati (DAL 112/2007). La figura 2.2 riporta uno stralcio della legenda cartografica.

Figura 2.2 -
Stralcio
delle tavole
Ca.B.1.6a e
Ca.B.1.6b
(scala
1:5.000) di
MS del PSC
di
Castenaso
(2008)



Ulteriori approfondimenti sismici di livello 3, comprensivi di modellazione numerica della risposta sismica locale e di verifiche della propensione alla liquefazione (da prove CPTe/CPTU) sono stati espletati negli ambiti inseriti nel primo POC e per la proposta di inserimento nel POC 3 del comparto "ANS_C2.1 Frullo Nord".

Gli studi territoriali sopra citati sono di riferimento per gli aggiornamenti della pericolosità sismica espletati per le varianti al PSC 2017 (cfr. capitolo 3).

Con la recente approvazione della DGR 2193/2015 è stato introdotto un ulteriore aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica. Tali aggiornamenti hanno infatti tenuto conto delle successive Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/1/2008), delle ulteriori esperienze derivate da oltre otto anni di applicazione della DAL 112/2007 e delle specifiche esperienze seguite

agli eventi sismici italiani di L'Aquila 2009 e della pianura emiliana del 2012. In sintesi, le principali novità contenute nella la DGR 2193/2015 consistono:

- ✓ nelle rimodulazioni degli abachi di microzonazione sismica da considerarsi per le analisi semplificate ("livello 2");
- ✓ nella definizione di un ulteriore parametro di amplificazione riferito all'intensità spettrale di Housner (per l'intervallo di periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s);
- ✓ nella definizione dell'input sismico (ag al sito di riferimento) che ora è definito in base ai valori di pericolosità sismica elaborati dall'INGV per tutto il territorio nazionale sui punti di una griglia di passo pari a 0,05° (reticolo analogo a quello previsto per le NTC 2008);
- ✓ nella predisposizione di cartografie delle frequenze naturali (per gli studi territoriali "livello 1");
- ✓ nello stralcio degli approfondimenti di "livello 3" per la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.



Figura 2.3 - Punti del reticolo INGV di riferimento per la definizione della pericolosità di base DGR 2193/2015 e NTC 2008

Gli studi e le indagini di repertorio, oltre alle nuove indagini eseguite per questo lavoro, permettono di aggiornare la caratterizzazione sismica ai sensi della DGR 2193/2015. In questo senso, la figura 2.3 riporta i punti del reticolo di pericolosità sismica INGV limitrofi alle aree 'area di studio. L'accelerazione al sito di riferimento (ag ref), equiparabile alla pericolosità sismica di base da assumere per le verifiche NTC 2008 relative alla progettazione "ordinaria" (classe d'uso 2), risulta pari a 0,171÷0,172g (per TR =475 anni) per tutti gli interventi considerati.

Per l'analisi dell'amplificazione locale è di fondamentale importanza l'elaborazione di un modello

sismostratigrafico profondo il più possibile oggettivo. In tal senso, risultano di fondamentale supporto i dati e gli studi del SGSS regionale e in particolare le sezioni geologiche RER (figura 2.4) e gli approfondimenti espletati per lo studio di microzonazione sismica dei Comuni interessati dal sisma emiliano del 2012.

*Figura 2.4 -
Planimetria
delle sezioni
RER
pubblicate
nel sito del
SGSS
regionale*

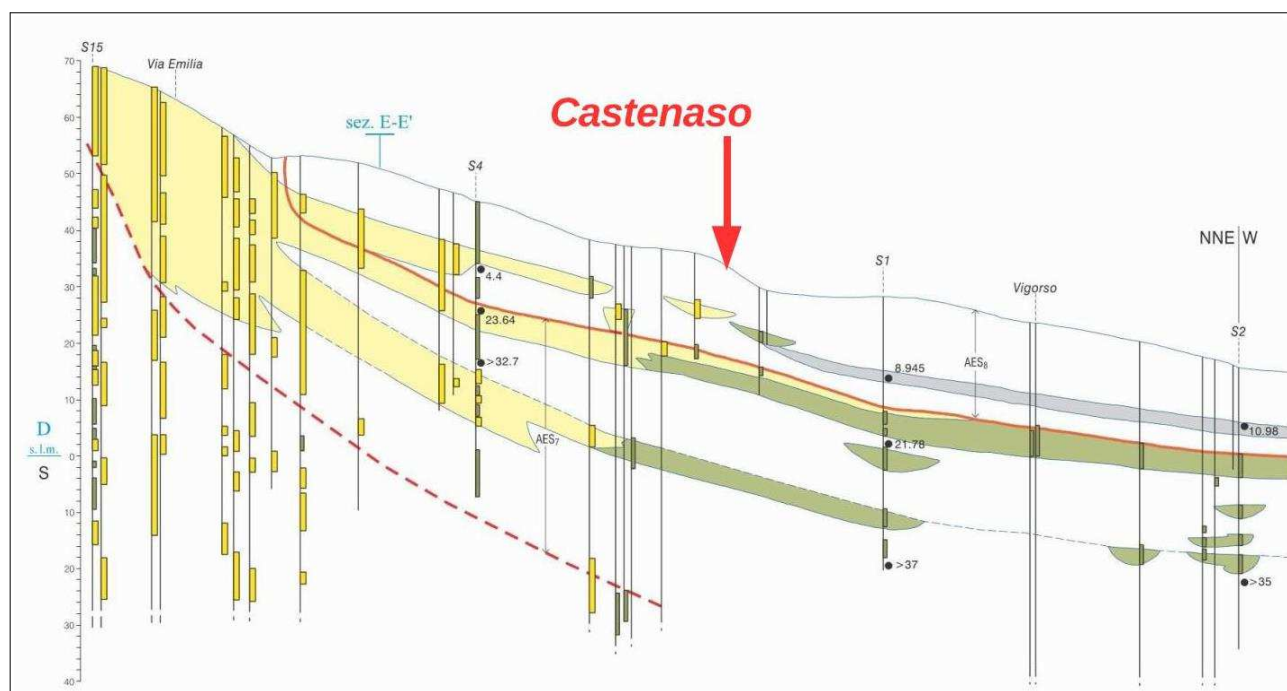


Figura 2.5 - Stralcio sezione n.15 RER pubblicata nel sito del SGSS regionale

Le indagini geofisiche eseguite nel territorio di Castenaso e in particolare le registrazioni HVSR hanno generalmente evidenziato la presenza di massime amplificazioni spettrali a frequenze basse ($0,8 \div 0,9$ Hz), con possibilità di ulteriori amplificazioni a frequenze medio-alte per la presenza di intervalli ghiaioso-sabbiosi più superficiali (riconducibili a profondità < 30 metri). Queste ultime, tuttavia, risultano generalmente di modesto significato per la scarsa rigidità degli spessori granulari meno profondi. La figura 2.6 riporta il confronto tra spettri H/V di registrazioni HVSR effettuate in ambiti di Castenaso, oggetto di approfondimenti della risposta sismica locale con modellazioni numeriche (es: ambito ANS_C2.1 di via del Frullo e "Country Club").

Tali esiti sono peraltro coerenti con il macro contesto deposizionale di sottosuolo in cui ricadono gli ambiti della variante al PSC e cioè di conoide marginale del corso d'acqua Savena, come si evince anche dalla Carta Sismotettonica RER alla scala 1:250.000. I depositi granulari attraversati anche nei primi 30 metri di sottosuolo sono caratterizzati da abbondante matrice sabbioso-limoso-argillosa e da modesta rigidità.

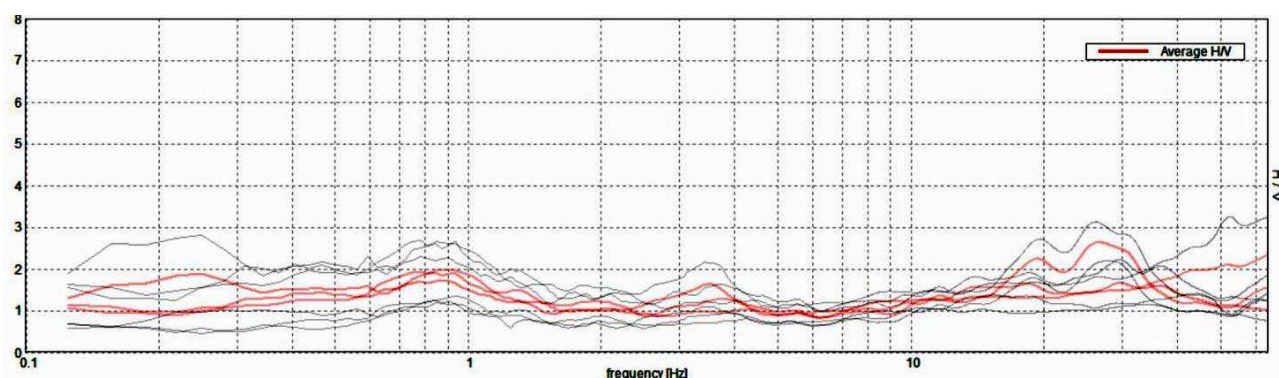


Figura 2.6 - Confronto registrazioni HVSR di riferimento per gli ambiti interessati da approfondimenti di RSL numerica (prove HVSR1 e HVSR2 variante 2017 e prova HVSR POC2017 "Frullo Nord")

Ciò detto, sulla base dei dati disponibili e secondo quanto indicato nella DGR 2193/2015 (allegato A2), gli ambiti della variante al PSC 2017 possono essere ascrivibili al macro contesto di "MARGINE tipo B" (<<caratterizzato da spessore di sedimenti fini superiore a 30 metri; gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato>> per le scarse capacità di amplificazione degli strati granulari meno profondi (figura 2.7).

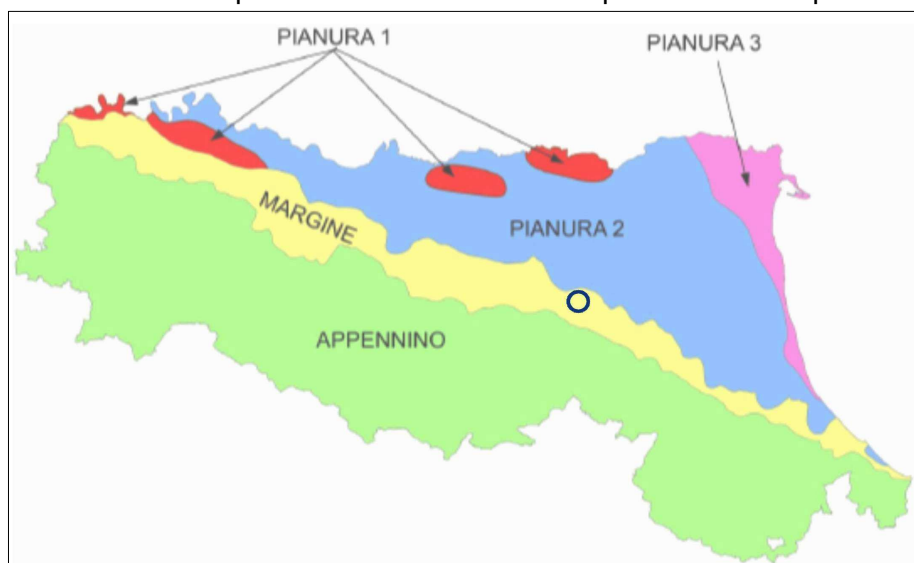


Figura 2.7 – Schema dei macro contesti geologico sismici in cui è suddivisa la regione Emilia-Romagna. Il territorio di Castenaso è localizzato nel cerchiato blu

Gli esiti di Vs30 ricavati dalle indagini geofisiche consentono di definire i fattori di amplificazione da attribuire agli ambiti della variante al PSC. In sintesi, le Vs30 stimate dalle prove di riferimento per gli ambiti di variante al PSC consentono di attribuire tali aree alle categorie Vs30 =200 m/s e Vs30 =250 m/s. La figura 2.8 riporta i modelli sismostratigrafici ottenuti dalle due prove MASW eseguite negli ambiti ANS_C2.1 di via del Frullo e "Country Club).

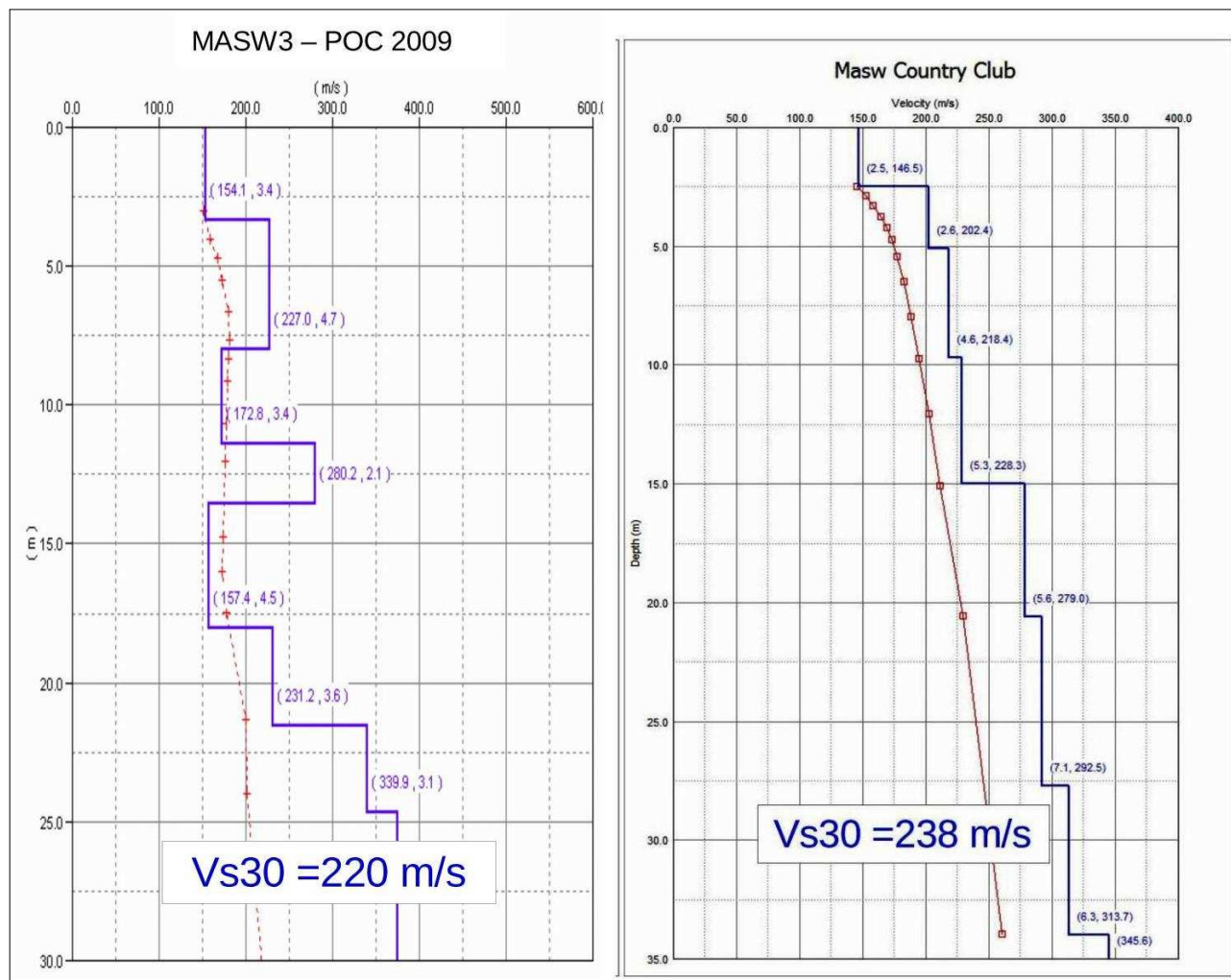


Figura 2.8 - Modelli sismostratigrafici ottenuti dalle prove sismiche MASW eseguite negli ambiti C2.1 di via del Frullo e Country Club

Gli esiti della caratterizzazione sismica semplificata (livello 2) e le relative prove geognostiche/geofisiche di riferimento per gli ambiti oggetto della variante al PSC sono riportati nel seguente capitolo 3. Per ogni viene riportato uno stralcio della cartografia di MS 2008 del PSC di Castenaso al fine di evidenziare con maggior chiarezza il contesto di pericolosità locale (effetti cosismici attesi) e oggetto di ulteriori approfondimenti. In calce alla relazione sono invece riportati i diagrammi e i report delle prove.

2.3.3 Gli approfondimenti sismici di livello 3: simulazioni numeriche di RSL (DGR 2193/2015)

Per due ambiti (via del Frullo; Country Club) il contesto di pericolosità sismica locale ha richiesto

ulteriori approfondimenti sismici di livello 3. In questo senso, si sono elaborate modellazioni numeriche di RSL, elaborate secondo l'approccio analitico lineare equivalente e utilizzando il noto software SHAKE 2000 (v. 3.2.0). SHAKE 2000 è un programma di calcolo realizzato per verifiche monodimensionali e sviluppato da P.B. Schnabel; J. Lysmer e H.B. Seed dell'Università di Berkeley (USA), ed è in grado di eseguire una sequenza di analisi lineari complete, con l'aggiornamento successivo dei parametri di rigidezza e smorzamento in funzione delle caratteristiche della colonna litologica. Il processo di analisi che si è seguito può essere così schematizzato:

- scelta degli input sismici (accelerogrammi) di riferimento in funzione della pericolosità sismica di base (DGR 2193/2015; INGV)
- definizione del modello sismostratigrafico locale
- elaborazione degli accelerogrammi di output e dei parametri di amplificazione di riferimento per la pianificazione territoriale (FA Pga; FA SI)

Le elaborazioni numeriche sono impostate sui tre accelerogrammi di riferimento (TR = 475 anni), forniti dalla Regione Emilia-Romagna e selezionati dalla Banca Dati accelerometrica ISED, attraverso una procedura che valuta la similarità tra la forma spettrale di riferimento e la forma degli spettri di risposta dei segnali. La Regione fornisce anche lo spettro di risposta normalizzato (10 % di probabilità di superamento in 50 anni, sulla base di dati INGV).

Gli accelerogrammi di riferimento normalizzati sono stati scalati in funzione della pericolosità di base, moltiplicando le accelerazioni normalizzate dei segnali di riferimento per il valore di a_{ref} ricavato per l'area di studio. Gli accelerogrammi scelti corrispondono a tre differenti tipologie di segnale (figura 2.9):

1. impulsivo
2. con ampio contenuto in frequenze
3. con componente predominante alle alte frequenze.

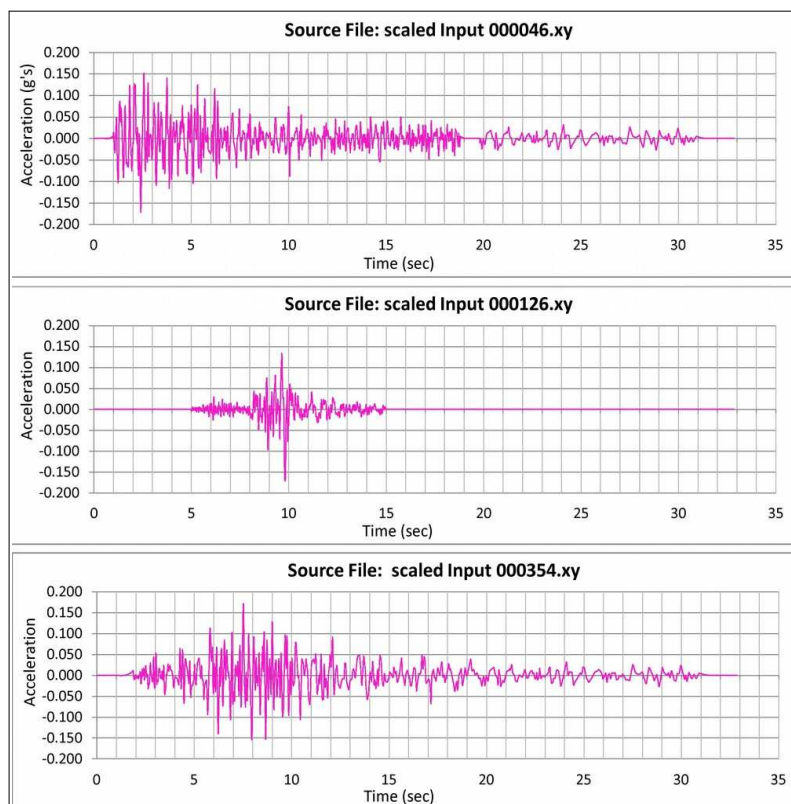


Figura 2.9 – Accelerogrammi di input ai sensi della DGR 2193/2015 (TR = 475 anni). Simulazioni numeriche per via Ca' del Frullo

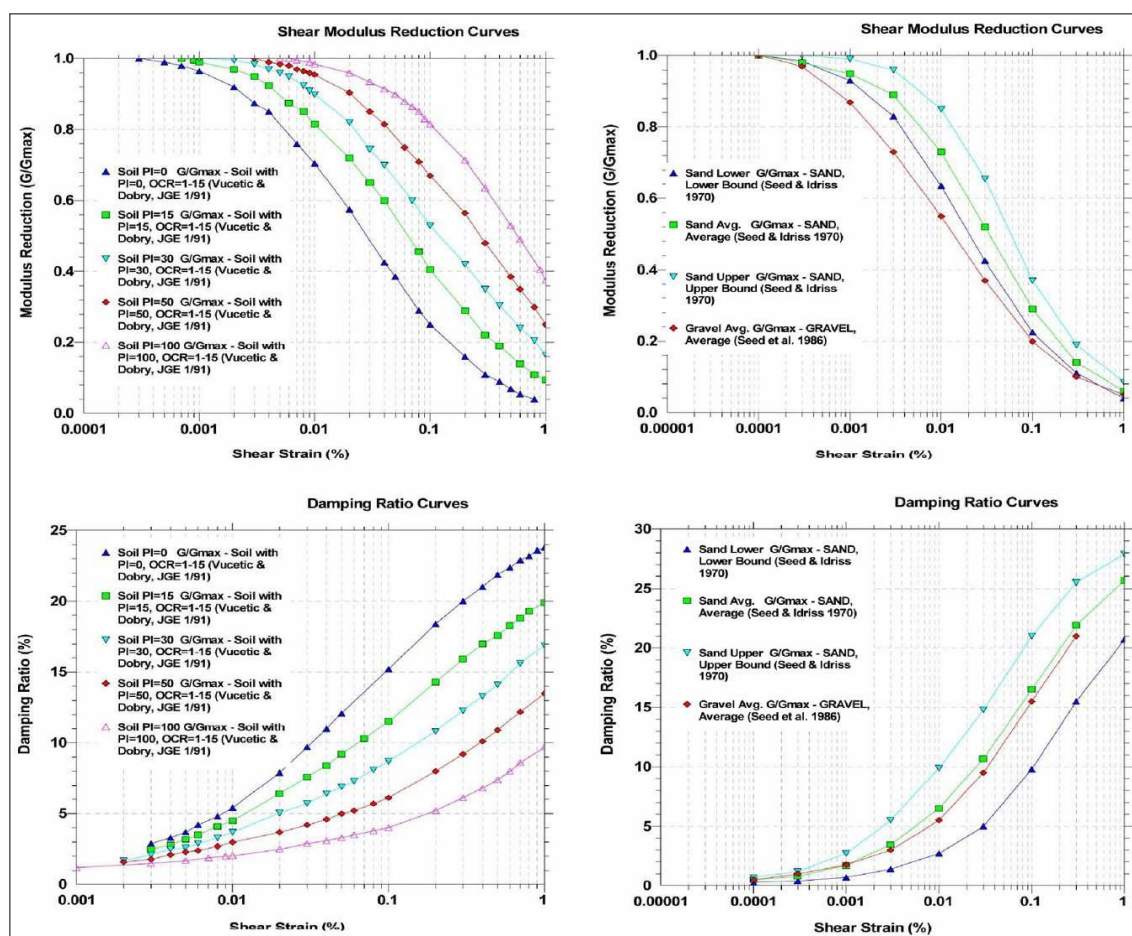
Definiti gli input di scuotimento, il codice di calcolo SHAKE 2000 utilizzato per le simulazioni richiede l'inserimento del modello sismostratigrafico rappresentativo dell'area di studio. In questo senso, è necessario definire:

- ✓ numero e spessore degli strati di sottosuolo, profondità del bedrock sismico;
- ✓ proprietà elastiche per ogni strato (V_s o modulo di taglio massimo G_0);
- ✓ leggi di variazione normalizzata di G e rapporti di smorzamento minimo D_0 per ogni strato.

Il successivo passo è dunque quello di definire la stratigrafia e i relativi principali parametri sismici. Il supporto conoscitivo, per quanto riguarda il sottosuolo meno profondo, è fornito dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di studio. Per quanto riguarda il sottosuolo più profondo, i dati di riferimento sono desunti in particolare dalle sezioni geologiche RER. Si precisa che il modello sismostratigrafico ha considerato, come riflettore sismico predominante, il tetto dell'unità AES indifferenziato (base AES6). Si ritiene che la colonna sismostratigrafica sovrastante il limite imposto nella modellazione, costituisca lo spessore di depositi sedimentari in grado di offrire il maggior contributo all'amplificazione dello scuotimento sismico più profondo.

Le elaborazioni numeriche della RSL sono state espletate procedendo secondo un approccio per iterazione, in conseguenza della variabilità del modello di sottosuolo, fino a raggiungere una convergenza degli esiti di amplificazione ritenuti il più possibile compatibili con le reali caratteristiche sismostratigrafiche del sito studiato.

*Figura 2.10
– Proprietà
dinamiche
dei
materiali:
curve di
deca-
dimento di
riferimento
per l'analisi
di RSL*



Per ogni layer, il codice di elaborazione implementato in SHAKE 2000, richiede l'inserimento delle fondamentali proprietà dinamiche del suolo, rappresentate dal fattore di smorzamento D e dal modulo di rigidezza a taglio G . Mentre i valori di rigidezza iniziale G_0 sono state determinate sulla base delle indagini geofisiche (stima delle V_s), le caratteristiche di deformazione a taglio e smorzamento dei sedimenti sottoposti a sollecitazioni impulsive devono essere necessariamente determinate da prove di laboratorio.

Si sono infine adottati modelli disponibili in letteratura, già implementati dal programma SHAKE 2000, in particolare si considerano gli esiti delle curve di decadimento per sabbie e argille rispettivamente di Seed & Idriss (1970) e di Vucetic & Dobry (1991), invece per ghiaie di Seed et al. (1986), riportati in figura 2.10.

Nel seguente capitolo 3, per gli ambiti ove si sono elaborate le modellazioni numeriche di RSL, si riportano gli esiti medi dei fattori di amplificazione considerati. In calce al testo, si allegano le schede di ogni modellazione comprendenti:

- ✓ il modello sismostratigrafico di riferimento per le simulazioni (numero, litologia e spessore degli strati di sottosuolo, profondità del bedrock sismico; rigidezza; ecc.);
- ✓ gli esiti dell'amplificazione locale FA_{Pga} , ossia il rapporto PGA/PGA_0 (rapporto dell' a_{gmax} allo strato più superficiale o di interesse, calcolata con SHAKE 2000, rispetto all' a_{gref} di riferimento al bedrock;
- ✓ gli esiti dell'amplificazione FA_{SI} (rapporto di intensità spettrale di Housner). L'intensità di Housner è definita come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità. Nello specifico, la DGR richiede di quantificare i fattori di amplificazione per i tre intervalli di frequenze, rispettivamente da $0,1 < T_0 < 0,5$ s, da $0,5 < T_0 < 1$ s e infine da $1,0 < T_0 < 1,5$ s (F.A. 0,1-0,5s ; F.A. 0,5-1,0s ; F.A. 1,0-1,5s).
- ✓ la funzione di trasferimento ottenuta dalla modellazione.

2.3.4 *Gli approfondimenti sismici di livello 3: verifiche quantitative della liquefazione e dei cedimenti post sisma (DGR 2193/2015)*

L'analisi della liquefacibilità dei sedimenti, se sottoposti a sollecitazioni cicliche indotte da terremoti, è di fondamentale importanza per gli aspetti di progettazione geotecnica antisismica. In particolare, occorre valutare, nel modo più adeguato possibile, le effettive condizioni di suscettibilità, le condizioni di innesco e il rischio sito specifico di tale fenomeno.

Con il termine "liquefazione" si indicano vari fenomeni fisici (mobilità ciclica, liquefazione ciclica, fluidificazione) osservati durante terremoti significativi (generalmente, $M > 5.5$) nei depositi e nei pendii sabbiosi saturi; in questi sedimenti, le condizioni "non drenate" durante il sisma possono indurre un incremento e un accumulo delle pressioni interstiziali, che a loro volta possono provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno. Il meccanismo di liquefazione dei sedimenti è governato da molti fattori che si possono ricondurre principalmente:

- alle caratteristiche dell'impulso sismico (forma; durata dello scuotimento; ecc.) e la sua energia (magnitudo; accelerazioni; ecc.);

- alle caratteristiche tessiturali e meccaniche dei sedimenti (fuso granulometrico; densità relativa; coesione; limiti di Atterberg; ecc.);
- alla presenza di falda superficiale e alle condizioni di confinamento dello strato liquefacibile (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri).

La differenza fra i diversi fenomeni dipende dalle tensioni di taglio mobilitate per l'equilibrio in condizioni statiche e dalla resistenza al taglio residua dopo il terremoto.

In condizioni di sisma, vi possono anche essere effetti di "riordino" dei sedimenti, con possibilità di cedimenti significativi che possono coinvolgere sia i depositi granulari, sia i sedimenti fini poco coesivi. Nell'ultimo decennio, sono state elaborate procedure di stima delle potenziali deformazioni post-sisma, provocate da perdite di resistenza, anche nei sedimenti fini (limi e argille a comportamento "non drenato"). Quest'ultimo fenomeno è noto con il termine "cyclic softening" (Idriss & Boulanger, 2004 e 2008).

Fenomeni di liquefazione si sono chiaramente manifestati con gli eventi sismici emiliani del maggio 2012, tuttavia non si sono riscontrati i fenomeni più critici riconducibili a fluidificazione (con perdita della capacità portante del terreno dei sedimenti al di sotto delle costruzioni) e neppure scorrimenti significativi nelle scarpate degli argini; anche i cedimenti rilevati degli edifici sono risultati complessivamente limitati e per lo più uniformi al di sotto delle costruzioni³. Per ulteriori aspetti teorici, si rimanda alla vasta letteratura scientifica e in particolare ai rapporti tecnici elaborati a seguito del sisma emiliano del maggio 2012 (consultabili anche on line nel sito del SGSS).

Il presente studio, ha elaborato le analisi del rischio di liquefazione mediante correlazioni empiriche che si basano sui risultati di prove penetrometriche CPTU eseguite negli ambiti oggetto di approfondimenti di livello 3 ("ANS_C2.1 porzione nord" e "Country Club"). Il vantaggio dell'uso di tali prove, è da ricercarsi nella maggiore accuratezza e ripetibilità rispetto ad altre indagini, nella relativa economicità e soprattutto nella possibilità di avere profili continui con la profondità, con informazioni dettagliate anche sulla stratigrafia.

Gli esiti delle prove CPTU sono stati utilizzati per la stima del rischio di liquefazione, procedendo secondo le seguenti fasi:

- 1) stima del Fattore di Sicurezza nei confronti della Liquefazione (FSL);
- 2) stima dei cedimenti post sisma indotti da densificazione volumetrica;
- 3) analisi della pericolosità e del rischio di liquefazione sito specifica attraverso la stima dei parametri LPI (Liquefaction Potential Index) e LSN (Liquefaction Severity Number).

La stima del Fattore di Sicurezza nei confronti della Liquefazione (FSL) è definito dalla relazione:

$$FSL = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_{\sigma}$$

con

³ Fonte: "Rapporto preliminare sui diffusi fenomeni di liquefazione verificatisi durante il terremoto in pianura padana emiliana del maggio 2012", C. Crespellani et Al., 2012.

$CRR_{7.5}$ = resistenza alla liquefazione ciclica (Cyclic Resistance Ratio) dei sedimenti attraversati, ricavata dagli esiti CPT (a punta elettrica), per terremoti di $M = 7,5$. La procedura si fonda su equazioni che determinano i valori di CRR dei sedimenti attraversati utilizzando i valori di resistenza alla punta q_t , corretti per tenere conto delle tensioni litostatiche di confinamento, della differente classificazione dei sedimenti attraversati (contenuto di fine; plasticità);

CSR = rapporto di sollecitazione ciclica (Cyclic Stress Ratio) prodotta da un sisma e stimata sulla base di correlazioni empiriche dalle caratteristiche del terremoto, magnitudo e accelerazione tangenziale del suolo (a_{max}). Il CSR viene calcolato dalla nota equazione semiempirica proposta da Seed e Idriss (1971) per terremoti di $M = 7,5$:

$$CSR = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d$$

K_σ = Fattore di correzione per la pressione di confinamento (Overburden Correction Factor)

MSF = Fattore di Scala della Magnitudo (Magnitude Scale Factor) da applicare per sismi con magnitudo diverse da 7,5.

Il valore di FSL è stato determinato mediante calcolo automatico con il noto software "Cliq", sviluppato dalla GeoLogismiki Geotechnical Engineers, che consente di utilizzare differenti metodi di stima di FSL. Per questo lavoro, si è considerato il metodo di calcolo di Robertson (2009), ritenuto sufficientemente cautelativo rispetto ad altri metodi empirici.

Si rammenta che la punta CPTU rileva l'interfaccia tra diversi tipi di terreno con un ritardo strumentale che risulta funzione della rigidità del suolo. In terreni maggiormente rigidi si avrà una zona più ampia di influenza sulle misure. Ciò che appare sul profilo CPTU, è una rapida variazione dei valori di resistenza di punta (q_t) attraverso queste zone di transizione sabbie/argille. Si è accertato che i dati CPTU raccolti attraverso queste zone di transizione non risultano veramente rappresentativi dei sedimenti, in quanto i dati sono in transizione tra strati a differente rigidità. Pertanto, quando i dati CPTU vengono elaborati attraverso gli algoritmi di liquefazione, l'esito non risulta effettivamente rappresentativo degli intervalli sedimentari che ricadono nelle zone di transizione. Questa condizione si traduce in una classificazione di liquefacibilità generalmente sovrastimata, come verificato da recenti test in situ effettuati in aree che hanno subito recenti eventi sismici significativi (es. Imperial Valley e Mississippi River, USA; Christchurch, NZ).

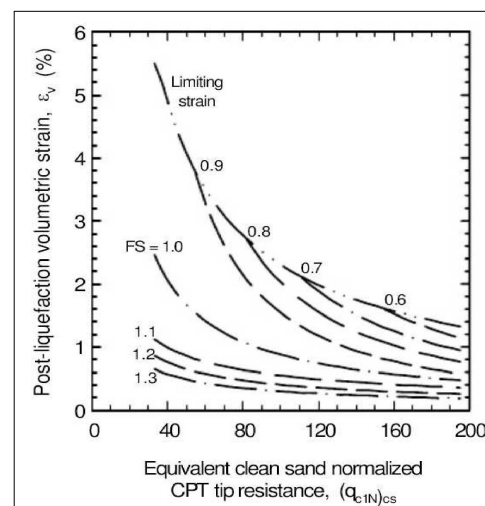
Per questo motivo, il software utilizzato per le verifiche di liquefacibilità è in grado di escludere parzialmente gli intervalli di sedimenti classificati nelle zone di transizione, basandosi sulla velocità di variazione dell'indice I_c dei sedimenti attraversati. Se si riscontra una rapida variabilità di I_c , con valori che sono rappresentativi della zona di transizione tra sabbie e argille ($2,0 < I_c < 3,0$), i dati CPTU sono molto probabilmente all'interno di una zona di transizione tra sabbia e argilla. Ciò detto, nel calcolo di FSL si sono considerate le seguenti condizioni di input:

- si è utilizzata la a_{max} al suolo ottenuta dalla modellazione numerica di RSL;
- il livello di falda è definito sulla base del contesto idrogeologico locale (cfr. tavola Ca.B.1.2 "Carta Idrogeologica", scala 1:10.000 - QC del PSC di Castenaso) e degli esiti delle indagini come riportato nel capitolo 3 e nei report di prova;

- sulla base della pericolosità sismica di base, si è considerata una magnitudo di input pari a $M_w = 6,14$ (cfr. zonizzazione macrosismica "ZS9").

Per quanto riguarda la stima dei cedimenti post sisma e in particolare nei sedimenti saturi a comportamento granulare, si è proceduto al calcolo automatico secondo il metodo di Zhang et. Al. (2002; 2004). Questo procedimento si basa sui risultati empirici di Ishihara & Yoshimine (1992), per sabbie e sedimenti limosi, e definisce l'entità delle deformazioni volumetriche post-liquefazione sulla base delle resistenze alla punta $(q_{c1N})_{cs}$ e dei corrispondenti esiti di FSL (figura 2.11).

Figura 2.11 – Diagrammi di correlazione tra deformazioni volumetriche post-liquefazione e resistenze CPT per differenti fattori di sicurezza (da Zhang et Al., 2002)



Per i sedimenti a comportamento fine, il cedimento è causato principalmente da fenomeni di riconsolidazione conseguenti alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto e al manifestarsi di deformazioni da taglio indotte dalle sollecitazioni cicliche. Esperienze empiriche, hanno dimostrato che le deformazioni per riconsolidamento nelle argille sono controllate principalmente dallo sforzo di taglio massimo, funzione di un fattore di sicurezza $FS_{\gamma=3\%} = CRR_M / CSR_M = CRR_{7,5} / CRS_{7,5}$ (Boulanger & Idriss, 2007) e dello stato tensionale dei sedimenti (OCR). Il fattore di sicurezza è stato dunque calcolato come $FS_{\gamma=3\%} = CRR_{6,14} / CRS_{6,14}$. Le deformazioni volumetriche sono state calcolate secondo il metodo di Robertson (2009), utilizzando le seguenti relazioni:

$$\varepsilon_{vol} = [0.8 - 2.66 \log (FS)] / [0.33 A (Q_{tn})^3]$$

$$A = 10 - 9 \log (OCR)$$

$$\text{When } FS \leq 0.84 \text{ set } r_u = 1.0 \text{ \& limit } \varepsilon_{vol} \leq 1\%$$

Il rischio di liquefazione è valutato mediante il calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione LPI (Liquefaction Potential Index) di Iwasaki et al. (1982) e la stima del parametro LSN (Liquefaction Severity Number), recentemente proposto da Tonkin & Taylor (2013).

L'Indice di Potenziale Liquefazione si calcola per una profondità "critica" fino a 20 metri di profondità ed è definito nel seguente modo:

$$LPI = \int_0^{20} F_1 W(z) dz$$

[con: $W(z)$ fattore di peso della profondità $=10 - 0.5z$; F_1 variabile $=1-FSL$ (per $FSL < 1,2$) oppure $F_1 = 0$ per $FSL > 1,2$; z =profondità dello strato considerato]

Il calcolo fornisce un valore numerico compreso tra 0 e 100 e quantifica i possibili effetti della liquefazione secondo classi di rischio, tenendo conto della severità dell'azione sismica, della profondità, dello spessore e del valore di FSL degli strati liquefacibili.

Per questo studio, si fornisce un ulteriore indicatore di rischio, ovvero il LSN ("Liquefaction Severity Numbers"), definito nel seguente modo:

$$LSN = \int \frac{\varepsilon_v}{z} dz$$

[con: ε_v =deformazioni volumetriche di densificazione post-liquefazione; z =profondità dello strato considerato]

Si tratta di una variante del metodo di calcolo del LPI, sperimentato da Tonkin & Taylor (2013) sulla base dei recenti rilievi effettuati a Christchurch e Canterbury, località della Nuova Zelanda, le cui abitazioni hanno subito danni diffusi e di differente intensità a seguito degli eventi sismici accaduti tra il settembre 2010 e il dicembre 2011, per fenomeni di liquefazione ciclica, "lateral spreading" e cedimenti. Questo metodo, stima l'intensità della liquefazione sulla base degli esiti delle deformazioni volumetriche post liquefazione ε_v ricavate secondo il metodo di Zhang et All. (2002; 2004), ponderata in funzione della differente profondità degli strati liquefacibili.

Figura 2.12 – Correlabilità dell'indice LSN con gli effetti di liquefazione nei sedimenti superficiali e con l'intensità del danno riscontrato nei manufatti (Tonkin & Taylor, 2013)

LSN 0 - 20	Little or no expression of liquefaction, minor sand boils, minor damage to homes.		
LSN 20 - 40	Moderate expression of liquefaction, undulations and cracking of ground surface (there are occasional instances of severe damage).		
LSN 40+	Widespread severe damage, extension expression of liquefaction, severe settlement of buildings and damage to services.		

Il calcolo fornisce un valore numerico compreso tra 0 e 100 e gli Autori hanno proposto una classificazione di LSN relazionata agli effetti di liquefazione superficiali rilevati nelle zone “free field” e/o alla severità dei danni riscontrati nei manufatti (figura 2.12). Secondo gli Autori, l'indice LSN, rispetto alla stima di LPI, risulterebbe “pesare” maggiormente il contributo degli strati superficiali liquefacibili rispetto agli strati critici riscontrabili a profondità maggiori, fornendo esiti più coerenti con gli effetti di liquefazione effettivamente rilevati al piano campagna, inoltre fornirebbe una migliore (seppure blanda) correlazione anche con l'entità dei danni riscontrati nelle opere fondali degli edifici.

Nel capitolo 3 si riportano gli esiti sintetici delle verifiche di liquefazione, mentre in calce al testo, si allegano i report delle singole prove.

3 SINTESI DELLE ANALISI GEOLOGICHE E SISMICHE PER LA VARIANTE AL PSC

3.1 Modifica per recepimento aree attuate tramite POC e PUA: comparto per nuovi insediamenti urbani nell'Ambito ANS_C2.1

3.1.1 Sintesi descrittiva della variante

L'ambito in questione è attualmente individuato dal PSC come ANS_C2.1. Si intende riclassificarlo come Ambito AUC_B (Ambito urbano in corso di consolidamento: in attuazione sulla base di PUA approvato). Il lotto intercluso tra il comparto e la viabilità comunale del Frullo è riconosciuto quale ambito AUC_A ambito urbano consolidato (figura 3.1).

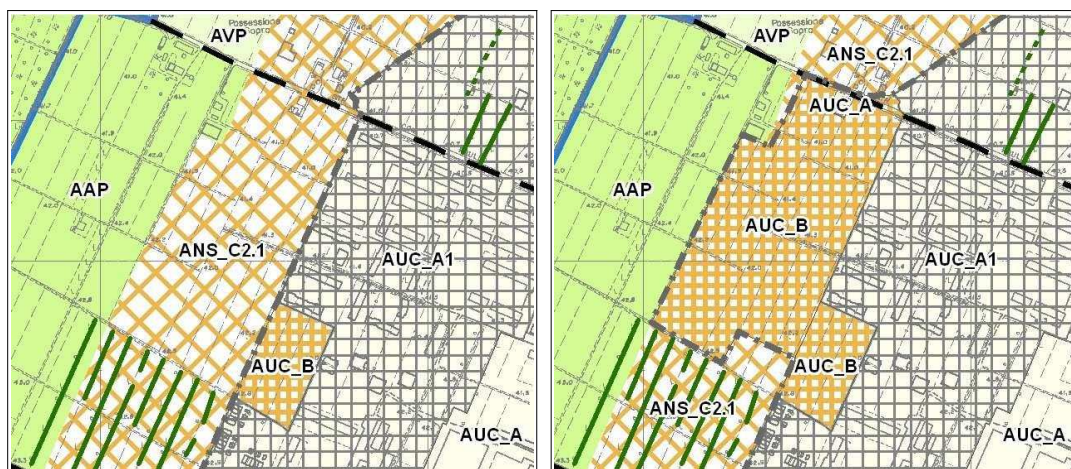


Figura 3.1 – pre variante (a sx) e post variante (a dx)

3.1.2 Indagini disponibili

Per l'ambito AUC_B sono disponibili prove CPT e CPTE della Banca Dati geognostica RER (221060C030; 221060C031; 221060E). Sono inoltre disponibili indagini eseguite per la microzonazione sismica del PSC 2008 (MASW2) e per lo studio geologico e sismico di "livello 3" (ai sensi della DAL 112/2007) a corredo della proposta di inserimento dell'area ANS C2.1 porzione nord nel POC n.1 (2009) di Castenaso (CPTE2; CPTU3; MASW3; TR1; TR2) e ulteriori prove per il POC n.3 (2017) relativo all'ambito ANS_C2.1 "Frullo Nord" (CPTU2; TR1). La figura 3.2. individua le indagini di riferimento per questo lavoro.

In questa sede si è tuttavia ritenuto necessario rivedere gli approfondimenti di pericolosità sismica ai sensi della recente DGR 2193/2017 per quanto riguarda la RSL e l'analisi della propensione alla liquefazione dei sedimenti.

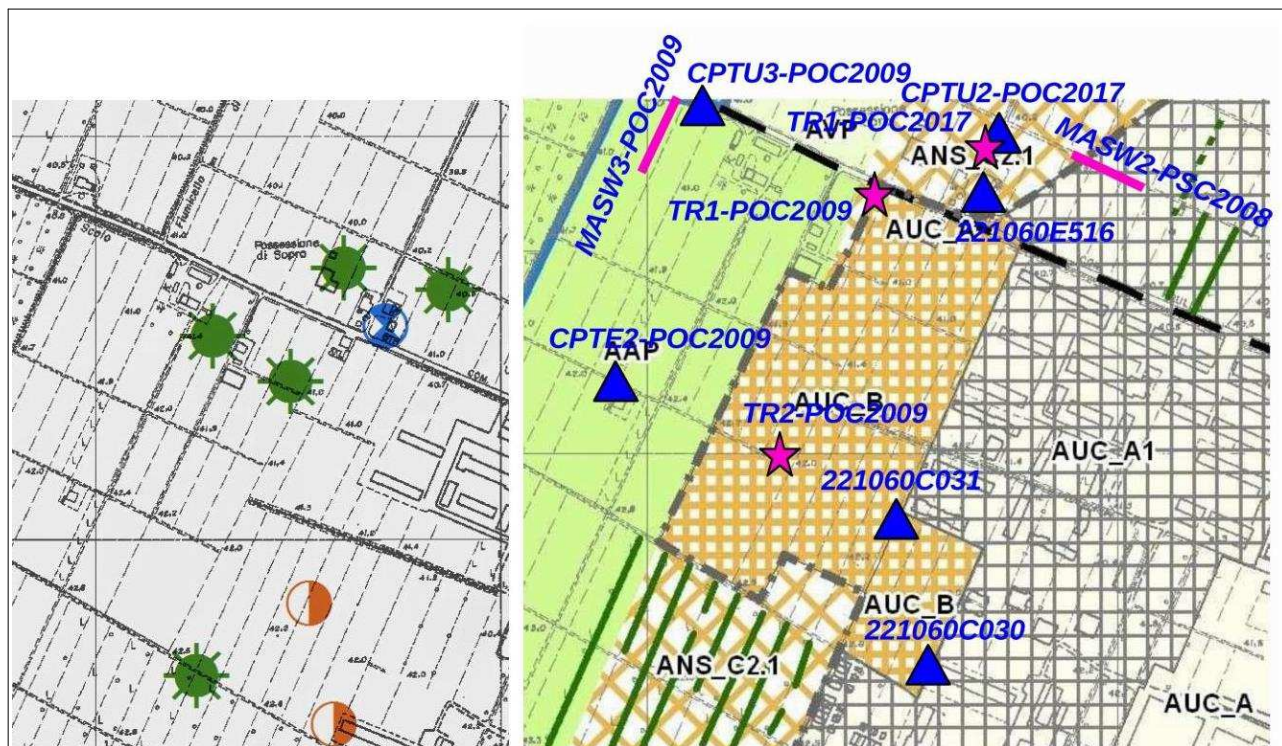


Figura 3.2 – Localizzazione delle indagini geognostiche/geofisiche disponibili. A sx: indagini di repertorio (B/D RER). A dx: le indagini considerate di riferimento per questo studio

3.1.3 Caratterizzazione geologica, idrogeologica e pericolosità idraulica

L'area di studio ricade in un contesto deposizionale di “canale e argine indifferenziati”, attribuibili ai corsi d'acqua Savena e Idice. I sedimenti sub affioranti sono attribuiti al “Subsistema di Ravenna” (sigla AES8) di età deposizionale recente (Olocene). Le due penetrometrie (CPTU2, CPTU3) eseguite per il POC 2009 hanno pienamente confermato il contesto deposizionale di cui sopra. Il confronto tra CPTU2 e CPTU3 dimostra che in entrambe le prove sono presenti sedimenti granulari (sabbie anche ghiaiose) a profondità superiori a 23 metri dal p.c. A minori profondità sono attraversati sedimenti prevalentemente fini, tuttavia con intercalazioni sabbioso limose (es. CPTU2). Anche le ulteriori prove CPTU eseguite per il POC 1017 del limitrofo ambito “Frullo Nord” (es. CPTU2) evidenziano (fino a -20 metri) sedimenti argillosi, con sporadiche intercalazioni di limi debolmente sabbiosi.

Dal punto di vista idrogeologico, la tavola idrogeologica Ca.B.1.2 (cartografia QC del PSC dei Comuni “Valle Idice”), evidenzia un deflusso sotterraneo diretto verso NE e un livello statico di circa 39 m slm (soggiacenza media di circa 3÷2,5 metri).

Dal punto di vista idraulico, non sussistono particolari criticità idrauliche (cfr. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni: l'area viene ascritta allo scenario “P2” (alluvioni poco frequenti) sia per il reticolo naturale, sia per quello artificiale.

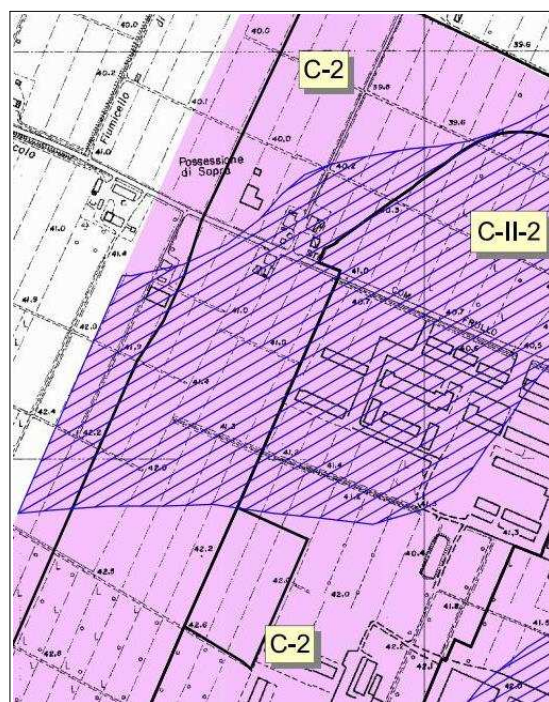
3.1.4 Caratterizzazione geotecnica preliminare

I dati di sottosuolo disponibili (penetrometrie) evidenziano una certa variabilità laterale delle resistenze alla penetrazione, in relazione alle differenti caratteristiche tessiturali dei sedimenti sub affioranti (da fini a intervalli sabbioso limosi). Ciò non pregiudica l'edificabilità dell'area di studio (peraltro già in fase di attuazione) ma impone un'attenta programmazione delle indagini da effettuare nei singoli lotti, come già indicato nella Relazione geologica del POC 2009 e la valutazione di ammissibilità dei possibili cedimenti differenziali.

3.1.5 Approfondimenti della pericolosità sismica (DGR 2193/2015)

Aree suscettibili di effetti locali (cfr. tavola Ca.B.1.6a <<Microzonazione sismica>> del PSC di Castenaso) → l'area in oggetto ricade nelle zone suscettibili di amplificazione “C-2” e “C-II-2” (figura 3.3). Quest'ultima comprende il settore NO dell'ambito e indica <<possibilità di liquefazione (spessore e tessiture da controllare)>>.

Figura 3.3 – Stralcio della cartografia di microzonazione sismica comunale (tavola Ca.B.1.6ª, scala 1:5.000)



Aggiornamento della microzonazione sismica “livello 2” (DGR 2193/2015) → il modello sismostratigrafico profondo, già descritto nella Relazione del POC 2009, consente di includere il comparto nel macrocontesto di

“Margine di tipo B” ($V_{s30} = 250$ m/s). I fattori di amplificazione semplificati risultano $FA(Pga) = 1,6$; $FA SI(0,1s \div 0,5s) = 1,9$; $FA SI(0,5s \div 1,0s) = 2,5$ e $FA SI(0,5s \div 1,5s) = 2,7$. La A_{gref} risulta pari a $0,172g$. Per finalità di interesse ingegneristico, la modellazione numerica e le registrazioni HVSr evidenziano una frequenza fondamentale di vibrazione a circa $0,9$ Hz (possibile risonanza con edifici molto elevati, cioè >10 piani).

Approfondimenti di “livello 3” (DGR 2193/2015) → lo studio geologico e sismico redatto per il POC 2009 aveva già elaborato per l'area in oggetto modelli numerici di risposta sismica ai sensi della DAL 112/2007. Tuttavia, per una migliore coerenza con la più recente DGR 2193/2015 è possibile estrapolare all'area gli esiti della modellazione numerica di RSL del limitrofo comparto “Frullo Nord” elaborata con il noto software SHAKE 2000 (cfr. Relazione Geologica e Sismica POC3, S. Sangiorgi, 2017). Il modello sismostratigrafico e gli esiti sono riportati nella scheda in appendice al testo. In sintesi, i fattori di amplificazione ricavati da modellazione numerica risultano $FA(Pga) = 1,3$; $FA SI(0,1s \div 0,5s) = 1,6$, $FA SI(0,5s \div 1,0s) = 1,9$ e $FA SI(0,5s \div 1,5s) = 1,9$. Accelerazione max al suolo $= 0,223g$.

Sono state inoltre rielaborate le verifiche quantitative della liquefacibilità (dati CPTE/CPTU) secondo l'approccio di P.K. Robertson 2009 e in coerenza con le indicazioni dell'Allegato 3 della DGR 2193/2015 (cfr. capitolo 2). Le simulazioni sono state effettuate per le prove con dati numerici disponibili: CPTE2 e CPTU3 (POC 2009) e CPTU2 (POC 2017 "Frullo Nord").

La prova CPTE2 (POC 2009) evidenzia alcuni intervalli potenzialmente liquefacibili ($FSL < 1$) soprattutto a profondità comprese tra -7 m e -10 metri, mentre la prova CPTU2 (POC 2017 "Frullo Nord") riscontra alcuni livelli critici da -11 metri a -13,5 m. La prova CPTU3 (POC 2009) non evidenzia particolari criticità (sedimenti coesivi a tessiture fini). Si tratta tuttavia di intervalli di modesto relativamente profondi e tali esiti portano a stimare una pericolosità di liquefazione variabile da "nulla" a blandamente "moderata" ($LPI < 5$). In appendice al testo si riportano le schede sintetiche delle simulazioni.

3.1.6 Conclusioni sulla fattibilità della variante

Per quanto sopra scritto non emergono particolari elementi ostativi di carattere geologico sismico e pertanto l'intervento è da ritenersi fattibile.

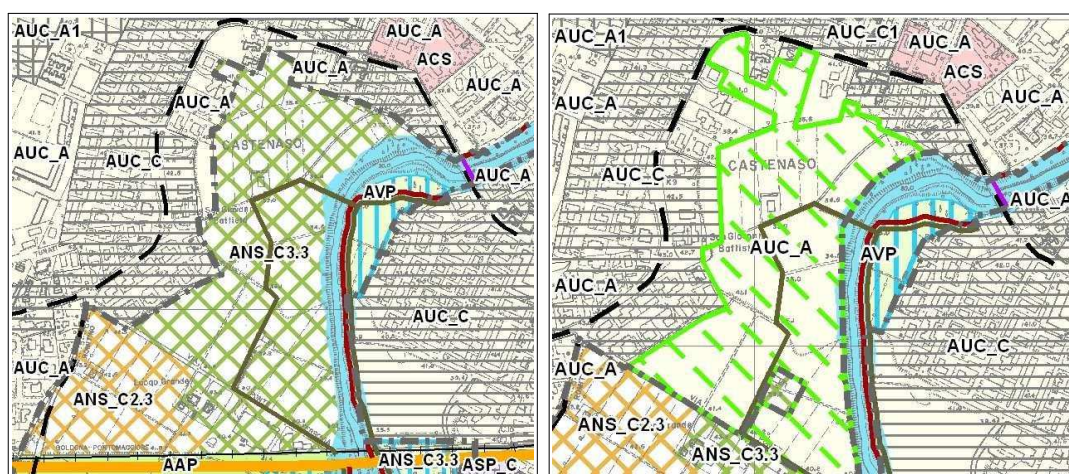
3.2 Modifica per recepimento aree attuate tramite POC e PUA: Comparto per Parco "Lungo Fiume" nell'ambito ANS_C3.3

3.2.1 Sintesi descrittiva della variante

Tale ambito (figura 3.4) è individuato come partizione dell'Ambito Urbano Consolidato AUC_A quale dotazione di 'Parco Fluviale Idice'. Le aree residuali nord, non ricomprese nel perimetro del comparto 'Parco Fluviale Idice', si ricomprendono entro i contigui ambiti AUC_A e AUC_C.

Le modifiche al PSC di cui sopra esulano, in questo caso, da valutazioni di fattibilità meramente geologiche e/o sismiche.

Figura 3.4 –
pre variante (a
sx) e post
variante (a dx)



3.2.2 Conclusioni sulla fattibilità della variante

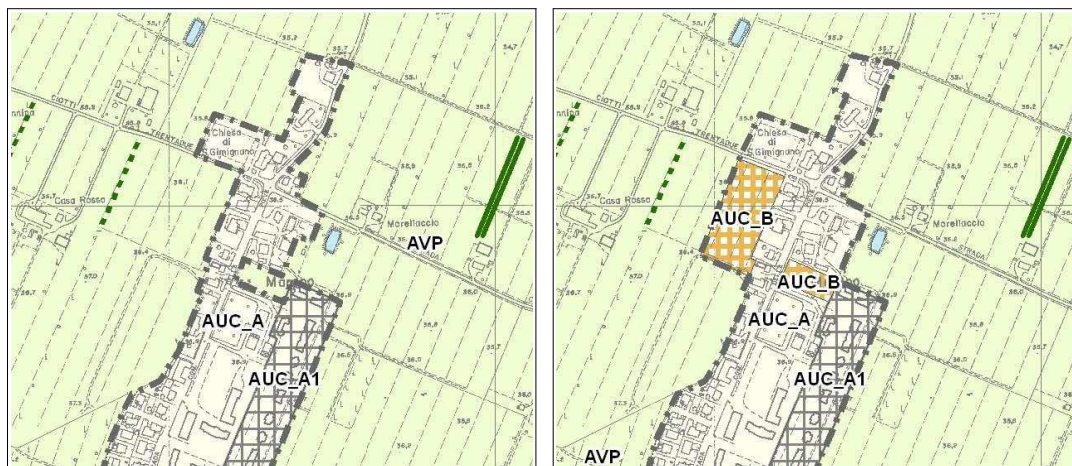
Per quanto sopra scritto non vi sono elementi ostativi di carattere geologico sismico.

3.3 Modifica per recepimento aree attuate tramite POC e PUA: Comparto per nuovo insediamento residenziale a Marano

3.3.1 Sintesi descrittiva della variante

Tale ambito è individuato come AUC_B - Ambito urbano in corso di consolidamento (figura 3.5): in attuazione sulla base di PUA approvato. Si provvede inoltre a recepire l'effettivo stato dei luoghi e si intende modificare il perimetro del contiguo ambito AUC_A ambito urbano consolidato attestandolo sul confine catastale.

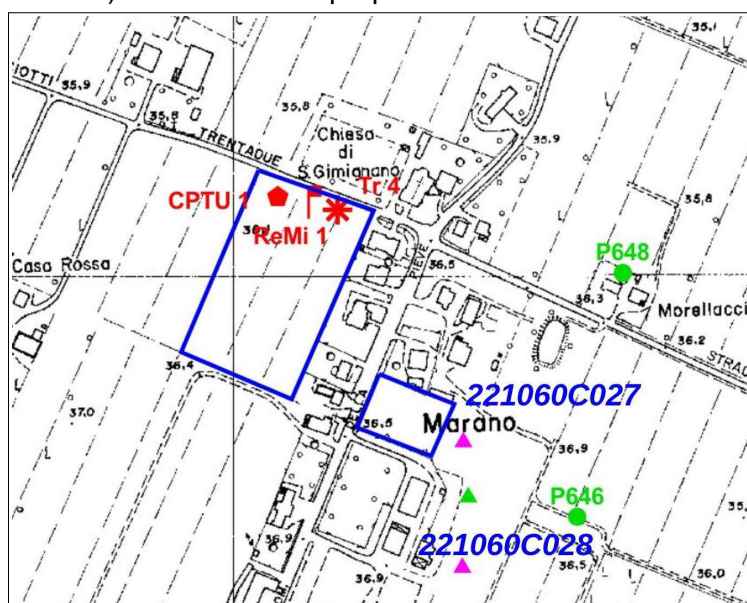
Figura 3.5 –
pre variante (a
sx) e post
variante (a dx)



3.3.2 Indagini disponibili

Per gli ambiti in oggetto sono disponibili prove CPT della Banca Dati geognostica RER (221060C027; 221060C028). Sono inoltre disponibili indagini eseguite per lo studio geologico e sismico di "livello 3" (ai sensi della DAL 112/2007) a corredo delle proposte di inserimento nel POC 2009 di Castenaso (CPTU1; Re.Mi1; TR4). La figura 3.6. individua le indagini di riferimento per questo lavoro.

Figura 3.6 – Localizzazione delle
indagini geognostiche/geofisiche disponibili
(stralcio figura 5.1 Relazione Geologica e
Sismica POC 2009)



3.3.3 Caratterizzazione geologica, idrogeologica e pericolosità idraulica

L'area di studio ricade in un contesto deposizionale di "canale e argine indifferenziati", attribuibili ai

corsi d'acqua Savena. I sedimenti sub affioranti sono attribuiti al “Subsistema di Ravenna” (sigla AES8) di età deposizionale recente (Olocene).

La penetrometria CPTU1 ha evidenziato uno spessore più superficiale di sedimenti fini (argille) e ha poi attraversato due alvei (con probabilità antichi percorsi del T. Savena) potenti circa tre metri l'uno, disposti tra 10 m e 15,4 metri, e tra 23,9 m e 27 metri dal p.c. Tutte le penetrometrie limitrofe hanno esplorato solamente i primi 10 metri di sottosuolo, confermando l'assenza di sedimenti granulari.

Dal punto di vista idrogeologico, la tavola idrogeologica Ca.B.1.2 (cartografia QC del PSC dei Comuni “Valle Idice”), evidenzia un deflusso sotterraneo diretto verso NE e un livello statico di circa 44 m slm (soggiacenza media di circa 4 metri).

Dal punto di vista idraulico, non sussistono particolari criticità idrauliche (cfr. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni: l'area viene ascritta allo scenario “P2” (alluvioni poco frequenti) sia per il reticolo naturale, sia per quello artificiale.

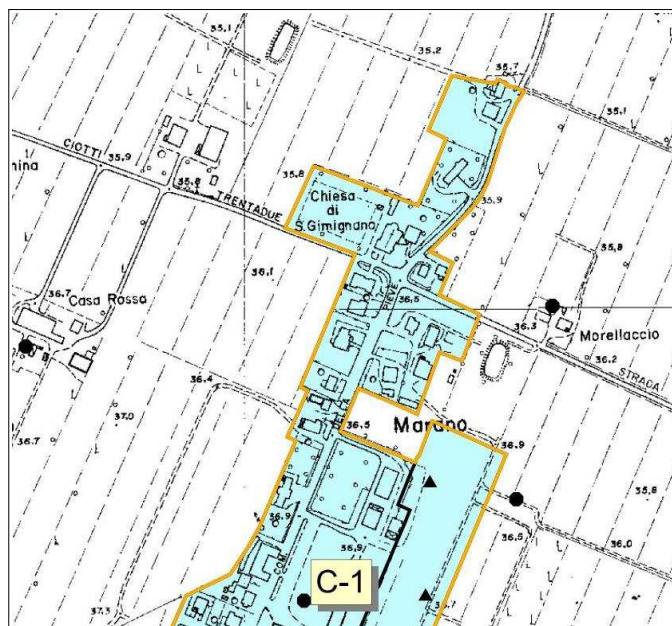
3.3.4 Caratterizzazione geotecnica preliminare

La penetrometria CPTU1 (POC 2009) evidenzia uno spessore superficiale di sedimenti argillosi continuo fino a circa -10 metri, caratterizzato nei primi 2 metri da sovraconsolidazione per essiccamento (condizione reversibile). Le resistenze penetrometriche mediocri (<1.000 kPa) fino a -10 metri impongono approfondimenti geotecnici finalizzati a valutare con cura l'entità dei cedimenti in relazione alle caratteristiche progettuali dei manufatti da costruire e ai fini del corretto dimensionamento delle fondazioni.

3.3.5 Approfondimenti della pericolosità sismica (DGR 2193/2015)

Aree suscettibili di effetti locali (cfr. tavola Ca.B.1.6b <<Microzonazione sismica>> del PSC di Castenaso) → l'area in oggetto ricade nelle zone suscettibili di amplificazione “C-1” (figura 3.7).

Figura 3.7 – Stralcio della cartografia di microzonazione sismica comunale (tavola Ca.B.1.6b, scala 1:5.000)



Aggiornamento della microzonazione sismica “livello 2” (DGR 2193/2015) → il modello sismostratigrafico profondo, già descritto nella Relazione del POC 2009, consente di includere il

comparto nel macrocontesto di "Pianura 2" ($V_{s30} = 200$ m/s). I fattori di amplificazione semplificati risultano $FA(Pga) = 1,7$; $FA SI(0,1s \div 0,5s) = 2,0$; $FA SI(0,5s \div 1,0s) = 3,1$ e $FA SI(0,5s \div 1,5s) = 3,6$. La $Agref$ risulta pari a $0,171g$. Per finalità di interesse ingegneristico, la modellazione numerica e le registrazioni HVSR evidenziano una frequenza fondamentale di vibrazione a circa $0,8 \div 0,9$ Hz (possibile risonanza con edifici molto elevati, cioè >10 piani).

Approfondimenti di "livello 3" (DGR 2193/2015) → Sono state rielaborate le verifiche quantitative della liquefacibilità (dati prova CPTU1 POC 2009) secondo l'approccio di P.K. Robertson 2009 e in coerenza con le indicazioni dell'Allegato 3 della DGR 2193/2015 (cfr. capitolo 2). Le simulazioni evidenziano intervalli potenzialmente liquefacibili ($FSL < 1$) a quote comprese tra -10 m e -15 metri. Si tratta di intervalli granulari relativamente profondi che portano a stimare una pericolosità di liquefazione ancora contenuta nella classe "moderata" ($LPI = 4,6$). Occorre anche precisare che le simulazioni hanno considerato parametri di input piuttosto cautelativi (Pga ricavata dalla MS semplificata; soggiacenza falda pari a 2,0 m). In appendice al testo si riporta la scheda sintetica delle simulazioni.

3.3.6 Conclusioni sulla fattibilità della variante

Per quanto sopra scritto non emergono particolari elementi ostativi di carattere geologico sismico e pertanto l'intervento è da ritenersi fattibile.

3.4 Modifica della destinazione d'uso dell'Ambito ANS lungofiume

3.4.1 Sintesi descrittiva della variante

È prevista la modifica dell'ambito in riferimento a quanto è già stato attuato con il POC (figura 3.8). Pertanto si provvederà a ricomprendere le aree non più interessate dalla realizzazione del parco fluviale in ambito agricolo e Impianto produttivo isolato in territorio rurale. Tali previsioni di fatto recepiscono lo stato dei luoghi.

Le modifiche al PSC di cui sopra esulano, in questo caso, da valutazioni di fattibilità meramente geologiche e/o sismiche.

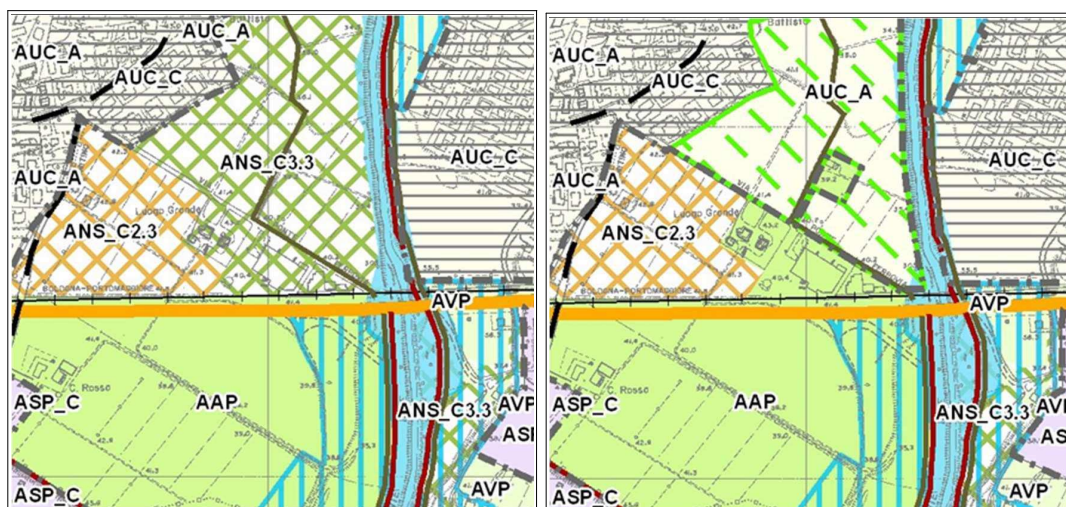


Figura 3.8 –
pre variante (a
sx) e post
variante (a dx)

3.4.2 Conclusioni sulla fattibilità della variante

Per quanto sopra scritto non vi sono elementi ostativi di carattere geologico sismico.

3.5 Modifica per recepimento aree attuate e da attuare comparto ex DE.5 (PRG)

3.5.1 Sintesi descrittiva della variante

La modifica riguarda un ex comparto di PRG (DE.5) individuato nel PSC Previgente e ricompreso entro il perimetro del territorio urbanizzato quale ambito ASP_BN1.n - Ambito produttivo sovracomunale in corso di consolidamento: in attuazione sulla base di PUA approvati. Tale ambito è costituito dai due sub comparti ex D1.2 e D6.2 (del PRG) che è stato concluso solo in parte, ed in conseguenza non è stato possibile concludere le opere di urbanizzazione primaria.

Ciò detto, si ridefiniscono le aree attuate quale ASP_B - Ambito produttivo consolidato sovracomunale con previsione di completare le parti non realizzate tramite Permesso di Costruire Convenzionato.

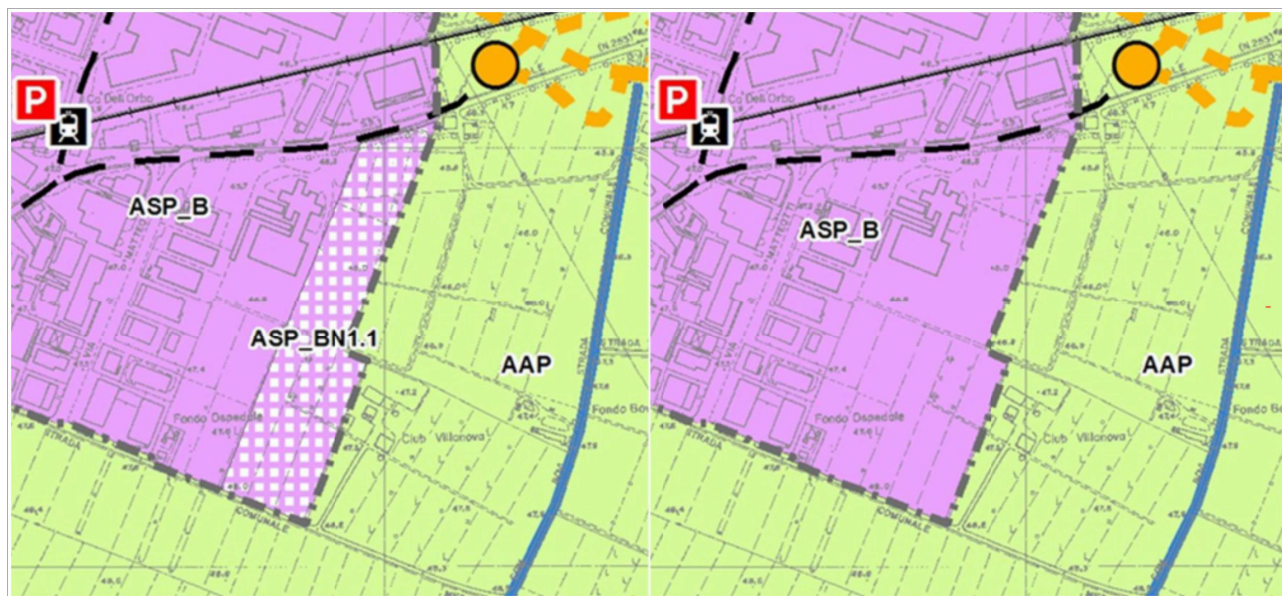


Figura 3.9 – pre variante (a sx) e post variante (a dx)

3.5.2 Indagini disponibili

Sono disponibili molte indagini e in particolare prove della Banca Dati geognostica RER: CPT (221060C080; 221060C032; 221100C005) e un sondaggio a carotaggio continuo (221060P409). È inoltre disponibile una registrazione HVSr eseguita per lo studio di MS 2008 di “livello 2” per il PSC (TR9). La figura 3.10. individua le indagini di riferimento per questo lavoro.

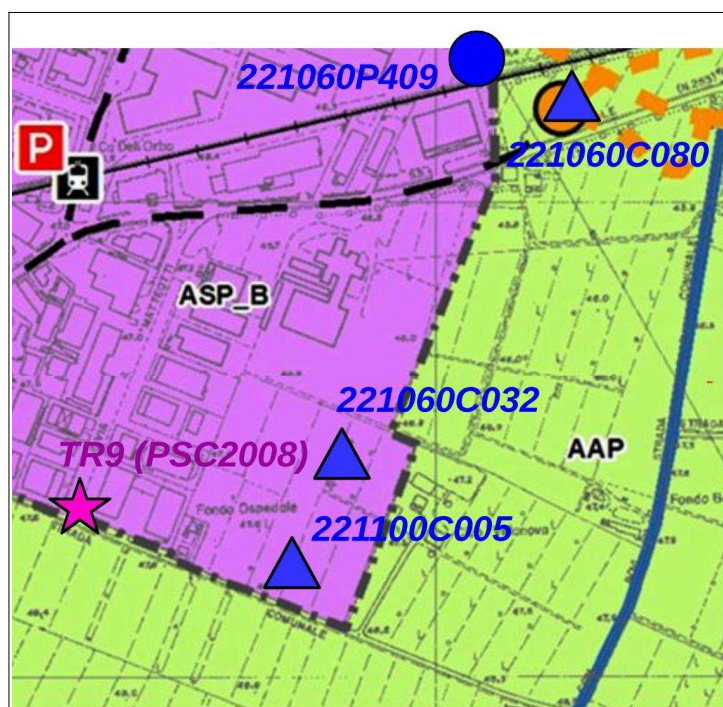


Figura 3.10 – Localizzazione delle indagini geognostiche/geofisiche disponibili

3.5.3 Caratterizzazione geologica, idrogeologica e pericolosità idraulica

L'area di studio ricade in un contesto deposizionale di "conoide" distale attribuibile ai corsi d'acqua Savena e Idice. I sedimenti sub affioranti sono attribuiti al "Subsistema di Ravenna" (sigla AES8) di età deposizionale recente (Olocene). Le penetrometrie CPT hanno attraversato sedimenti prevalentemente argilloso limosi (con rari livelli sabbiosi) e molto essiccati nei primi 3 metri di profondità. Il sondaggio P409, più a nord, evidenzia sabbie limose a profondità >6 metri sovrastanti ghiaie anche ciottolose.

Dal punto di vista idrogeologico, la tavola idrogeologica Ca.B.1.2 (cartografia QC del PSC dei Comuni "Valle Idice"), evidenzia un deflusso sotterraneo diretto verso NE e un livello statico medio di circa 38÷39 m slm: considerando una quota media del piano campagna di 45÷46 m slm (soggiacenza media di circa 3 metri). Le prove geognostiche di repertorio evidenziano tuttavia profondità dei sedimenti saturi anche superiori a 4 metri.

Dal punto di vista idraulico, non sussistono particolari criticità idrauliche (cfr. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni: l'area viene ascritta allo scenario "P2" (alluvioni poco frequenti) sia per il reticolo naturale, sia per quello artificiale.

3.5.4 Caratterizzazione geotecnica preliminare

Le penetrometrie CPT della B/D regionale (221100C005; 221060C032) approfondite fino a -10 metri, evidenziano uno spessore superficiale di sedimenti fini e caratterizzato fino a circa 3 metri da sovraconsolidazione per essiccamento (condizione reversibile). Le resistenze penetrometriche risultano complessivamente discrete, con valori che risultano sempre >1.000 kPa).

3.5.5 Approfondimenti della pericolosità sismica (DGR 2193/2015)

Aree suscettibili di effetti locali (cfr. tavola Ca.B.1.6b <<Microzonazione sismica>> del PSC di

Castenaso) → l'area in oggetto ricade nelle zone suscettibili di amplificazione "C-2" (figura 3.11).

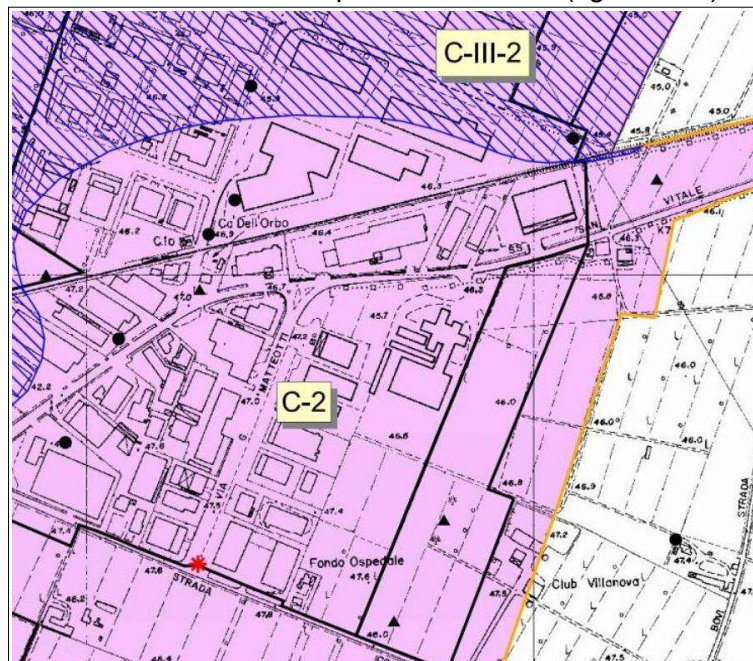


Figura 3.11 – Stralcio della cartografia di microzonazione sismica comunale (tavola Ca.B.1.6b, scala 1:5.000)

Aggiornamento della microzonazione sismica "livello 2" (DGR 2193/2015) → il modello sismostratigrafico profondo consente di includere il comparto nel macrocontesto di "Margine di tipo B" ($V_{s30} = 250$ m/s). I fattori di amplificazione semplificati risultano $FA(Pga) = 1,6$; $FA SI(0,1s \div 0,5s) = 1,9$; $FA SI(0,5s \div 1,0s) = 2,8$ e $FA SI(0,5s \div 1,5s) = 3,1$. La Agref risulta pari a 0,172g.

Per finalità di interesse ingegneristico, la modellazione numerica e le registrazioni HVSr (es. TR9 PSC 2008) evidenziano una frequenza fondamentale di vibrazione a circa $0,8 \div 0,9$ Hz (possibile risonanza con edifici molto elevati, cioè >10 piani).

3.5.6 Conclusioni sulla fattibilità della variante

Per quanto sopra scritto non emergono particolari elementi ostativi di carattere geologico sismico e pertanto l'intervento è da ritenersi fattibile.

3.6 Modifica per l'attuazione del comparto ANS_C1.1 di via del Bargello

3.6.1 Sintesi descrittiva della variante

Si prevede il recepimento dell'ambito entro il perimetro del Territorio Urbanizzato recependo l'effettivo stato dei luoghi in riferimento all'attuazione del PUA. Si modifica pertanto l'ambito da ANS_C1.1 da AUC_B - Ambito urbano in corso di consolidamento in attuazione sulla base di PUA approvato.

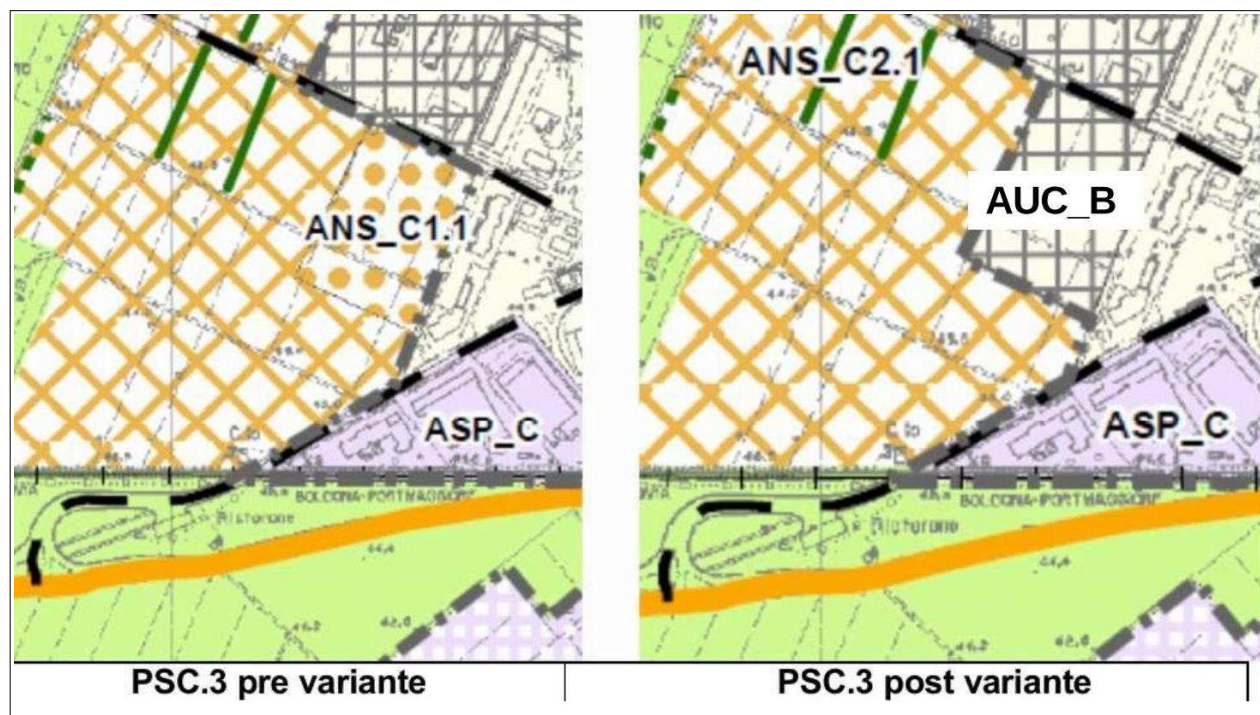


Figura 3.12 – pre variante (a sx) e post variante (a dx)

3.6.2 Indagini disponibili

Per l'ambito oggetto di variante sono disponibili prove della Banca Dati geognostica RER: pozzi per acqua, sondaggi a carotaggio continuo (221060P408) e penetrometrie CPT (221060C029; 221060C0079), eseguite esternamente all'area.

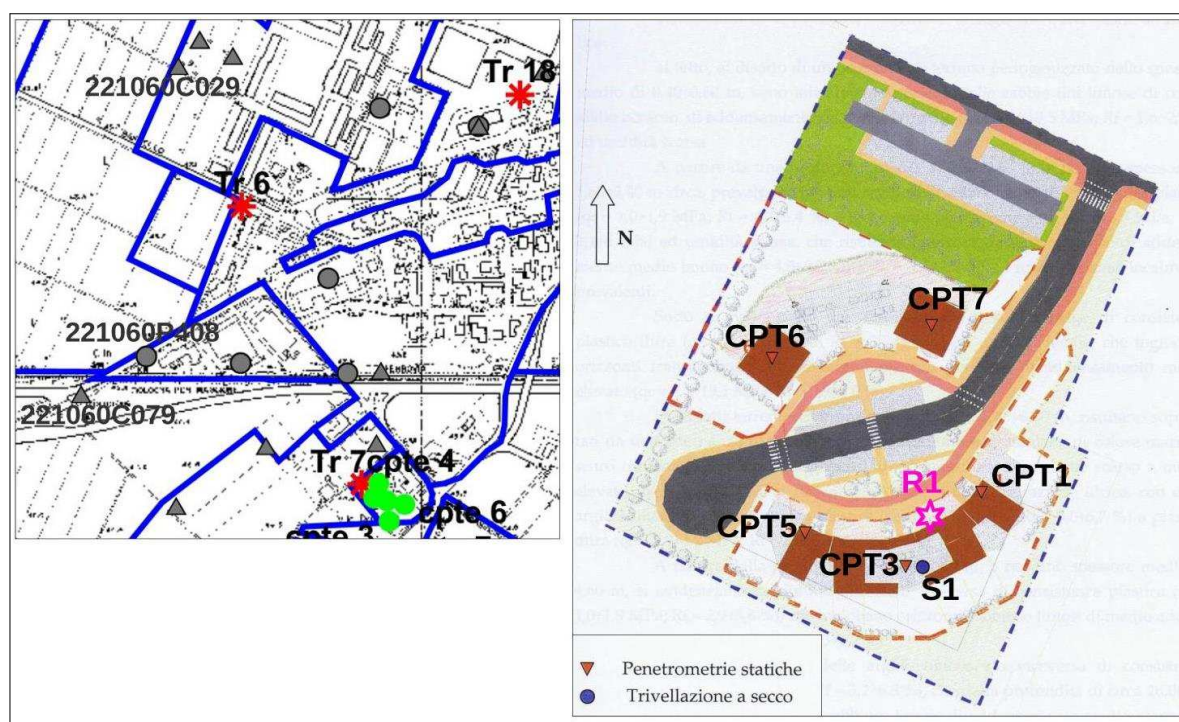


Figura 3.13 – Localizzazione delle indagini geognostiche/geofisiche disponibili (a sx: stralcio figura 1.2.2 della Relazione di microzonazione sismica comunale 2008; a dx: indagini eseguite per Piano particolareggiato del comparto C1.1 nel 2007)

Per lo studio di microzonazione sismica comunale di “livello 2” (2008) è stata eseguita una registrazione HVSr (TR6). Sono inoltre disponibili indagini eseguite per il Piano Particolareggiato del comparto (GeoProbe, 2007): penetrometrie a punta meccanica (CPT1; CPT3; CPT5; CPT6; CPT7), sondaggio a trivellata (S1) e registrazione sismica (R1). La figura 3.13 individua le indagini di riferimento per questo lavoro.

3.6.3 *Caratterizzazione geologica, idrogeologica e pericolosità idraulica*

L'area di studio ricade in un contesto deposizionale di “canale e argine indifferenziati”, attribuibili ai corsi d'acqua Savena e Idice. I sedimenti sub affioranti sono attribuiti al “Subsistema di Ravenna” (sigla AES8) di età deposizionale recente (Olocene).

Le penetrometrie eseguite evidenziano sedimenti meno profondi caratterizzati da alternanze di sabbie limose e argille limose fino a circa -5,4÷6,2 m. Più in profondità, sono attraversati intervalli sabbiosi più potenti, con livelli di ghiaie fini (es. tetto a -11 metri circa).

Dal punto di vista idrogeologico, la tavola idrogeologica Ca.B.1.2 (cartografia QC del PSC dei Comuni “Valle Idice”), evidenzia un deflusso sotterraneo diretto verso E-SE e un livello statico di circa 38,5 m s.l.m. (figura 3.14): considerando la quota media del piano campagna, se ne deduce una soggiacenza media di circa 5 metri. Questa significativa soggiacenza, confermata dalle indagini in sito (la trivellazione a secco S1 ha riscontrato acqua a -5,9 m), è dipendente dalla condizione di drenaggio del torrente Idice che scorre a Est dell'area e con alveo incassato di oltre 6 metri rispetto ai sedimenti terrazzati circostanti (AES8a). L'inforramento dell'alveo, regola ormai irreversibilmente il campo di modo della prima falda locale (deflusso e soggiacenza).

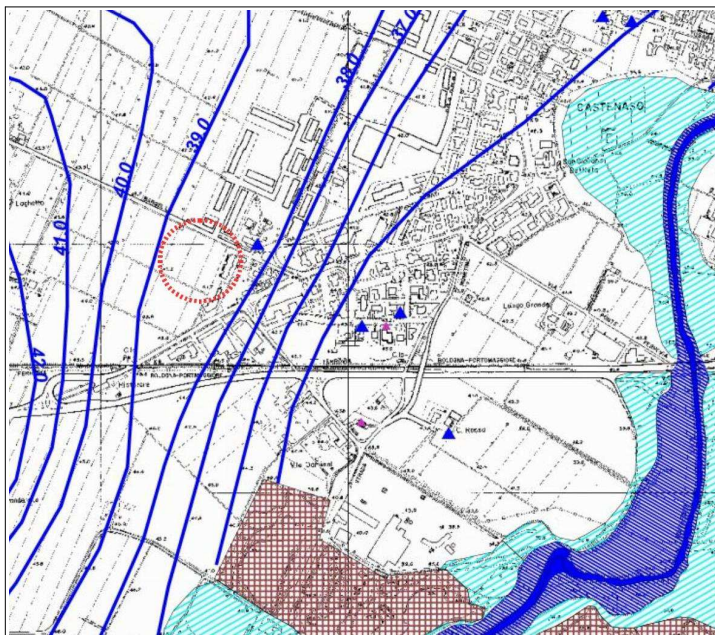


Figura 3.14 – Stralcio della tavola idrogeologica Ca.B.1.2 (Quadro Conoscitivo dei PSC dei Comuni “Valle Idice”). L'area di studio è localizzata nel cerchiato rosso

Dal punto di vista idraulico, non sussistono particolari criticità idrauliche (cfr. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni: l'area viene ascritta allo scenario “P2” (alluvioni poco frequenti) sia per il reticolo naturale, sia per quello artificiale.

3.6.4 *Caratterizzazione geotecnica preliminare*

Le indagini eseguite per il piano particolareggiato evidenziano resistenze alla punta di discreta qualità e sempre >1.000 kPa. Tuttavia lo spessore più superficiale di sedimenti fino ad almeno -3

metri è caratterizzato da significativa sovraconsolidazione per essiccamento.

3.6.5 Approfondimenti della pericolosità sismica (DGR 2193/2015)

Aree suscettibili di effetti locali (cfr. tavola Ca.B.1.6b <<Microzonazione sismica>> del PSC di Castenaso) → l'area in oggetto ricade in parte nelle zone suscettibili di amplificazione "C-2" (porzione NO) e in parte nelle zone "C-II-2" con possibilità di liquefazione (spessore e tessiture da controllare) come evidenziato in figura 3.15.

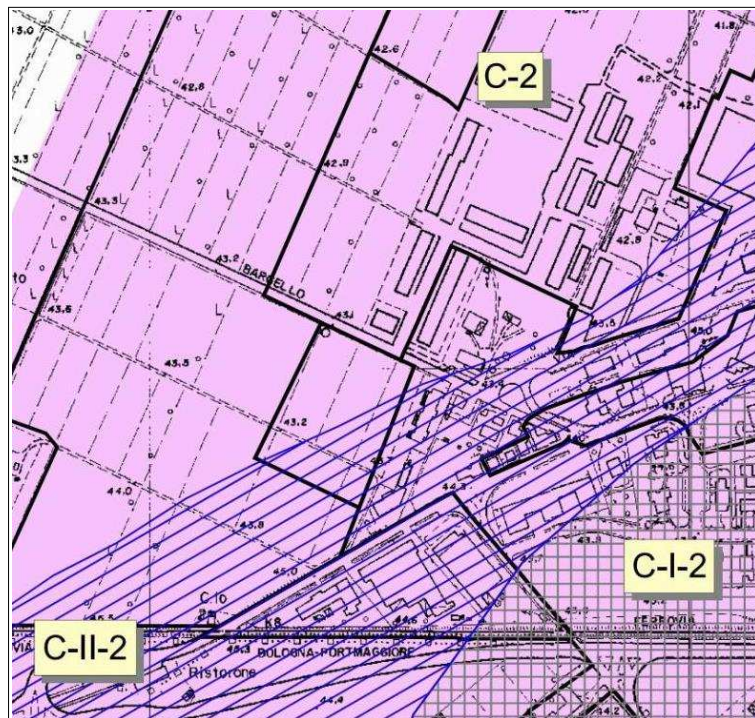


Figura 3.15 – Stralcio della cartografia di microzonazione sismica comunale (tavola Ca.B.1.6b, scala 1:5.000)

Aggiornamento della microzonazione sismica "livello 2" (DGR 2193/2015) → il modello sismostratigrafico profondo consente di includere il comparto nel macrocontesto di "Margine di tipo B" ($V_{s30} = 250$ m/s). I fattori di amplificazione semplificati risultano $FA(P_{ga}) = 1,6$; $FA SI(0,1s \div 0,5s) = 1,9$; $FA SI(0,5s \div 1,0s) = 2,8$ e $FA SI(0,5s \div 1,5s) = 3,1$. La A_{gref} risulta pari a $0,172g$. Per finalità di interesse ingegneristico, le registrazioni HVSR (TR6; R1) evidenziano una frequenza fondamentale di vibrazione a circa $0,8 \div 0,9$ Hz (possibile risonanza con edifici molto elevati, cioè >10 piani).

Approfondimenti di "livello 3" (DGR 2193/2015) → nella cartografia di MS comunale, il comparto è parzialmente incluso in zona con possibilità di liquefazione (figura 3.14). Occorre tuttavia premettere che per il citato studio di microzonazione non si disponevano di prove geognostiche interne al comparto, pertanto tale attribuzione è legata all'interpolazione cautelativa di informazioni di sottosuolo di più ampia scala. Ciò detto, le indagini geognostiche effettuate per il Piano Particolareggiato (GeoProbe, 2007) hanno evidenziato caratteristiche tessiturali dei sedimenti meno profondi (fino a circa -5 metri) e soggiacenze della falda significative (oltre 5 metri) che tendono a escludere la possibilità di effetti di liquefazioni in superficie e/o ripercussioni su fondazioni superficiali e sulle relative sovrastrutture. Per tali motivazioni, le indagini espletate per il Piano Particolareggiato sono da ritenersi già esaustive per le verifiche di propensione alla liquefazione richieste per questa fase di pianificazione.

3.6.6 Conclusioni sulla fattibilità della variante

Per quanto sopra scritto non emergono particolari elementi ostativi di carattere geologico sismico e pertanto l'intervento è da ritenersi fattibile.

3.7 Modifica per localizzazione ambito AUC5 (ambito urbano consolidato delle frange urbane) in sostituzione di ambito AVP (ambito rurale) in via XXV aprile

3.7.1 Sintesi descrittiva della variante

Si intende recepire l'ambito entro il perimetro del Territorio Urbanizzato considerando l'effettivo stato dei luoghi in riferimento alla pianificazione (PRG) pre vigente il PSC-RUE (si tratta di un lotto esistente con funzioni residenziali). Pertanto, si modifica l'ambito dell'area da AVP (Ambito ad alta vocazione produttiva agricola) ad ambito AUC_A (Ambito urbano consolidato) come in figura 3.16.

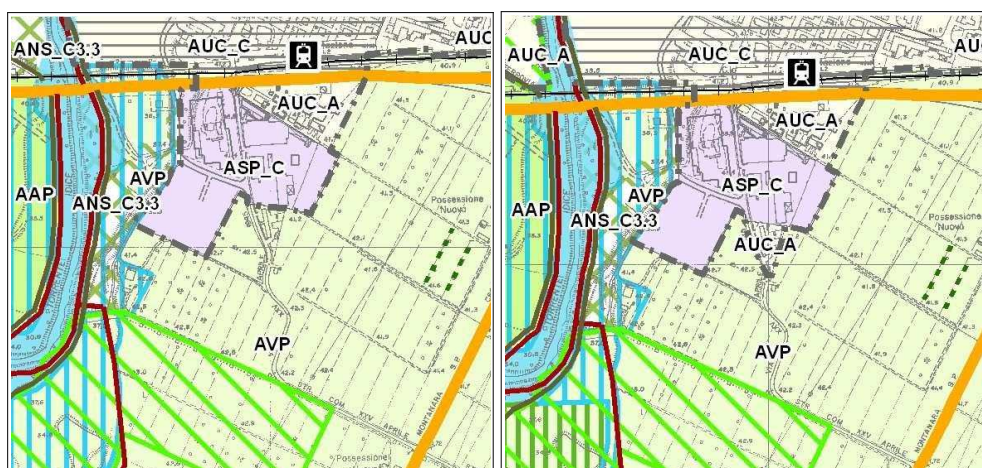


Figura 3.16 – pre variante (a sx) e post variante (a dx)

3.7.2 Indagini disponibili

Sono disponibili sondaggi a carotaggio continuo (221060P403; 221060P410) e penetrometrie statiche a punta meccanica CPT (221060C076; 221060C077) come riportato in figura 3.17. L'area in oggetto è compresa nello studio di microzonazione sismica (tavola Ca.B.1.6a, PSC 2008). In questa sede si è tuttavia ritenuto necessario rivedere gli approfondimenti di pericolosità sismica ai sensi della recente DGR 2193/2017.



Figura 3.17 – Localizzazione delle indagini geognostiche/geofisiche disponibili (B/D RER)

3.7.3 Caratterizzazione geologica, idrogeologica e pericolosità idraulica

L'area di studio ricade in un contesto deposizionale di “conoide e di terrazzo” recente e in erosione, attribuibile al corso d'acqua Savena. I sedimenti sub affioranti sono attribuiti al “Subsintema di Ravenna” (sigla AES8) di età deposizionale recente (Olocene). È possibile che siano frequenti i passaggi di facies tessiturali non solo in senso verticale, ma anche in planimetria. A conferma di ciò, le prove penetrometriche eseguite nell'area hanno attraversato sedimenti a tessiture molto variabili da argillose a sabbioso ghiaiose.

Dal punto di vista idrogeologico, la tavola idrogeologica Ca.B.1.2 (cartografia QC del PSC dei Comuni “Valle Idice”), evidenzia un deflusso sotterraneo diretto verso NO e un livello statico di circa 35÷36 m slm (soggiacenza media di circa 5÷7 metri). Occorre tuttavia rammentare che il deflusso è diretto verso l'alveo del Savena: questo corso d'acqua risulta incassato nelle sue alluvioni e funge da asse di drenaggio, controllando in modo ormai irreversibile il campo di moto della falda meno profonda.

Dal punto di vista idraulico, non sussistono particolari criticità idrauliche (cfr. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni: l'area viene ascritta allo scenario “P2” (alluvioni poco frequenti) sia per il reticolo naturale, sia per quello artificiale.

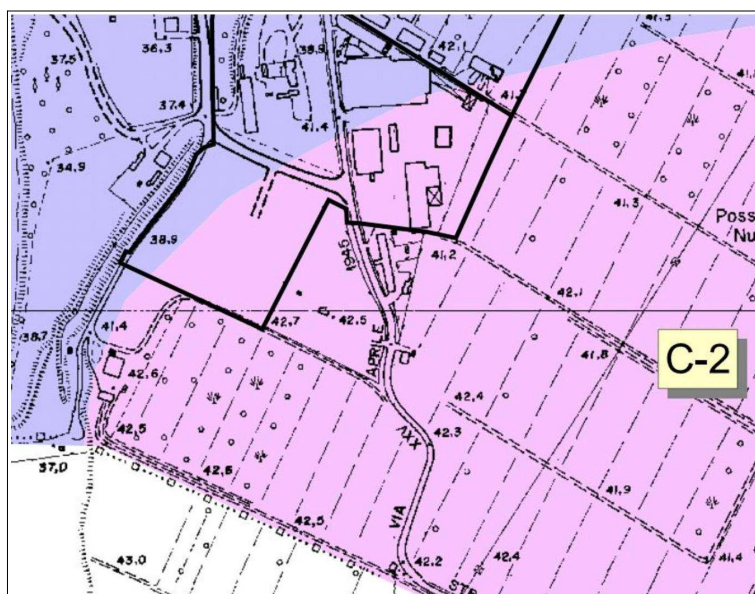
3.7.4 Caratterizzazione geotecnica preliminare

Le caratteristiche meccaniche dei sedimenti non sono estrapolabili con certezza in un contesto caratterizzato da frequenti passaggi di facies deposizionali verticali e laterali. Ciò detto, la presenza di alluvioni ghiaiose e spessori limoso argillosi costringe a pianificare un maggior numero di punti di investigazione e attente valutazioni relative a portanza e a cedimenti differenziali in funzione delle caratteristiche prestazionali degli edifici da costruire.

3.7.5 Approfondimenti della pericolosità sismica (DGR 2193/2015)

Aree suscettibili di effetti locali (cfr. tavola Ca.B.1.6a <<Microzonazione sismica>> del PSC di Castenaso) → l'area in oggetto ricade nella zona suscettibile di amplificazione “C-2” (figura 3.18).

Figura 3.18 – Stralcio della cartografia di microzonazione sismica comunale (tavola Ca.B.1.6a, scala 1:5.000)



Aggiornamento della microzonazione sismica “livello 2” (DGR 2193/2015) → il modello sismostratigrafico profondo consente di includere il comparto nel macrocontesto di “Margine di tipo

B" ($V_{s30} = 250$ m/s). I fattori di amplificazione semplificati risultano $FA(Pga) = 1,6$; $FA SI(0,1s \pm 0,5s) = 1,9$; $FA SI(0,5s \pm 1,0s) = 2,5$ e $FA SI(0,5s \pm 1,5s) = 2,7$. La Agref risulta pari a 0,176g.

Approfondimenti di "livello 3" (DGR 2193/2015) → il contesto deposizionale e in particolare quello idrogeologico (con soggiacenze <5 metri) esclude la possibilità di effetti di liquefazioni significative e la pericolosità di tale effetto cosismico è dunque da ritenersi "nulla". Non sono pertanto necessari particolari approfondimenti sismici di "livello 3".

3.7.6 Conclusioni sulla fattibilità della variante

Per quanto sopra scritto non emergono particolari elementi ostativi di carattere geologico sismico e pertanto l'intervento è da ritenersi fattibile.

3.8 Modifica dell'ambito sud della frazione di Marano

3.8.1 Sintesi descrittiva della variante

Si propone di modificare la partizione dell'ambito urbano consolidato da ambito AUC_C1 (Porzioni di ambiti urbani consolidati nelle quali la sostituzione dell'agglomerato è da attuarsi tramite POC) in ambito AUC_A (Ambito urbano consolidato), come in figura 3.19.

Le modifiche al PSC di cui sopra esulano, in questo caso, da valutazioni di fattibilità meramente geologiche e/o sismiche.

Figura 3.19 –
pre variante (a
sx) e post
variante (a dx)



3.8.2 Conclusioni sulla fattibilità della variante

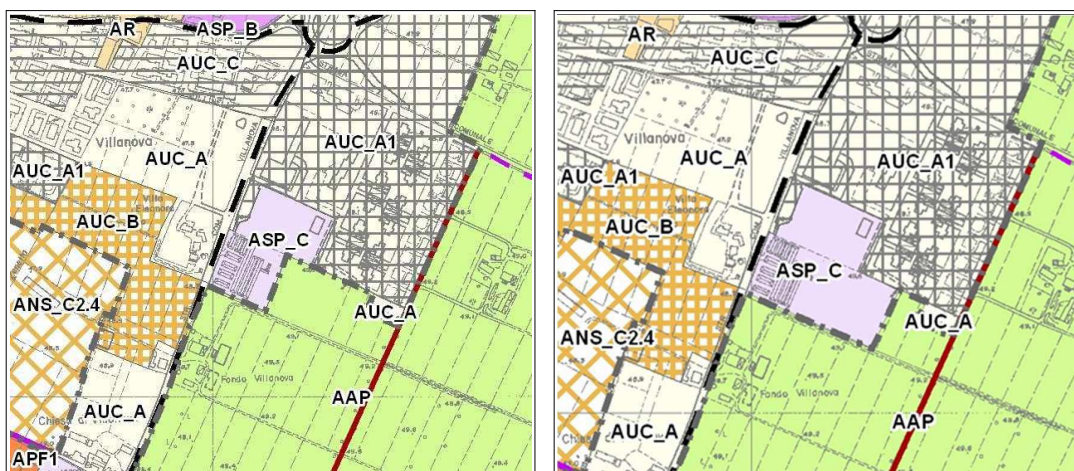
Per quanto sopra scritto non vi sono elementi ostativi di carattere geologico sismico.

3.9 Modifica e ampliamento dell'ambito 'Country Club' di Villanova di Castenaso in via Gozzadini

3.9.1 Sintesi descrittiva della variante

Si propone di ampliare il lotto destinato ad attività fruibili ricreative di cui al Country Club. La richiesta è funzionale a poter realizzare ampliamenti delle strutture destinate ad attività sportive e ludiche. Il tutto è pensato in stretta aderenza con l'attuale perimetro del territorio urbanizzato. Si modifica di conseguenza il perimetro dell'Ambito ASP_C (ambito produttivo consolidato comunale). Si provvede a modificare la cartografia del PSC con contestuale modifica del perimetro del territorio urbanizzato (figura 3.20).

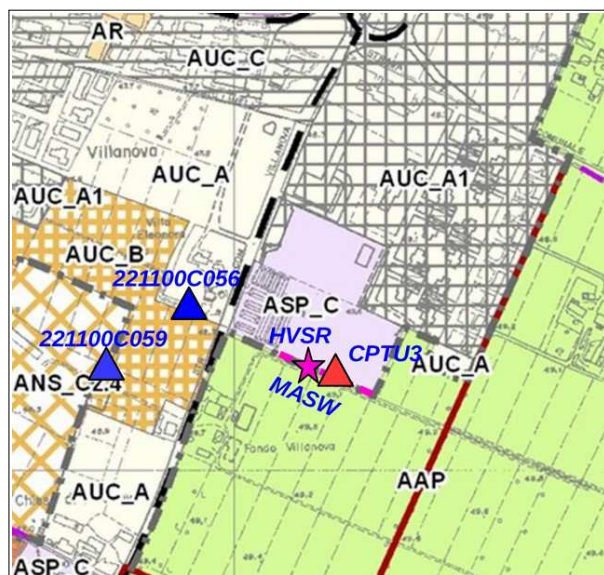
Figura 3.20 –
pre variante (a
sx) e post
variante (a dx)



3.9.2 Indagini disponibili

Per l'ambito ASP_C sono disponibili prove CPT di repertorio limitrofe (221100C056; 221100C059). L'area in oggetto è compresa nello studio di microzonazione sismica (PSC 2008). In questa sede si è tuttavia ritenuto necessario rivedere gli approfondimenti di pericolosità sismica fino al "livello 3" ai sensi della recente DGR 2193/2017, per quanto riguarda la RSL e l'analisi della propensione alla liquefazione dei sedimenti. A tal fine sono state eseguite (figura 3.21): n. 1 prova CPTU3 (20 m); n. 1 stendimento sismico MASW; n.1 registrazione sismica HVSR.

Figura 3.21 – localizzazione delle indagini
geognostiche/geofisiche disponibili



3.9.3 Caratterizzazione geologica, idrogeologica e pericolosità idraulica

L'area di studio ricade in un contesto deposizionale di “conoide” distale attribuibile ai corsi d'acqua Savena e Idice. I sedimenti sub affioranti sono attribuiti al “Subsistema di Ravenna” (sigla AES8) di età deposizionale recente (Olocene). La prova CPTU3 eseguita ha attraversato sedimenti prevalentemente limoso argillosi, (con alternanze di limi sabbiosi fino a circa -7 metri). Da -16,5 m la penetrometria ha attraversato sabbie (fino a “rifiuto” strumentale).

Dal punto di vista idrogeologico, la tavola idrogeologica Ca.B.1.2 (cartografia QC del PSC dei Comuni “Valle Idice”), evidenzia un deflusso sotterraneo diretto verso NO e un livello statico tra 46 e 47 m slm (soggiacenza media di circa 2,5 metri). La prova CPTU3 (eseguita in un periodo di prolungata scarsità di precipitazioni) ha rilevato una quota d'acqua a -3,8 m.

Dal punto di vista idraulico, non sussistono particolari criticità idrauliche (cfr. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni: l'area viene ascritta allo scenario “P2” (alluvioni poco frequenti) sia per il reticolo naturale, sia per quello artificiale.

3.9.4 Caratterizzazione geotecnica preliminare

I dati di sottosuolo ottenuti dalla prova CPTU3 evidenziano uno spessore significativo (circa 2 metri) di sedimenti superficiali sovraconsolidati per essiccamento (condizione reversibile), da considerare nelle valutazioni geotecniche progettuali. L'area in questione è da ritenersi idonea all'edificazione, tuttavia sarà da investigare con ulteriori indagini geognostiche (es. penetrometrie) in relazione alle caratteristiche prestazionali dei manufatti da costruire.

3.9.5 Approfondimenti della pericolosità sismica (DGR 2193/2015)

Aree suscettibili di effetti locali (cfr. tavola Ca.B.1.6b <<Microzonazione sismica>> del PSC di Castenaso) → l'area in oggetto ricade nelle zone suscettibili di amplificazione “C-3” e “C-II-3”. Quest'ultima comprende il settore meridionale dell'ambito e indica <<possibilità di liquefazione (spessore e tessiture da controllare)>>.

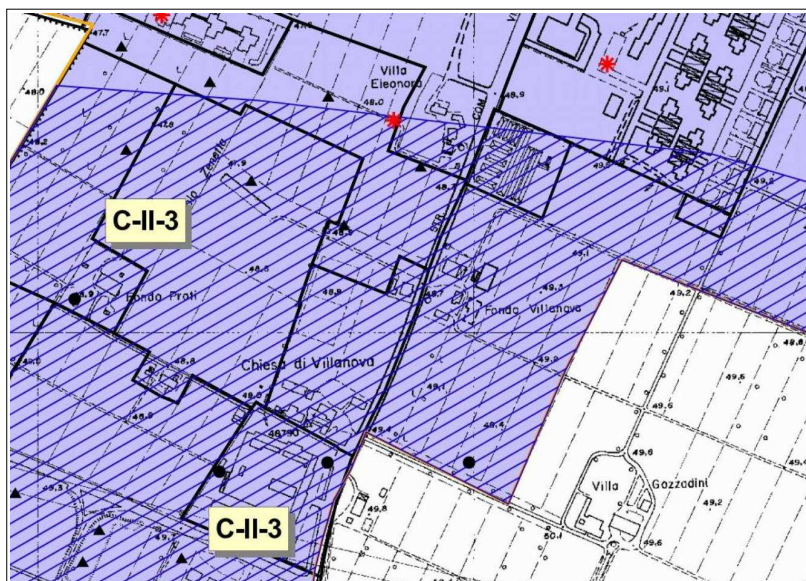


Figura 3.22 – Stralcio della
cartografia di microzonazione sismica
comunale (tavola Ca.B.1.6b, scala
1:5.000)

Aggiornamento della microzonazione sismica “livello 2” (DGR 2193/2015) → il modello sismostratigrafico profondo consente di includere il comparto nel macrocontesto di “Margine di tipo B” ($V_{s30} = 250$ m/s). I fattori di amplificazione semplificati risultano $FA(Pga) = 1,6$; $FA SI(0,1s \div 0,5s) = 1,9$; $FA SI(0,5s \div 1,0s) = 2,5$ e $FA SI(0,5s \div 1,5s) = 2,7$. La A_{gref} risulta pari a $0,172g$. Per finalità di interesse ingegneristico, la registrazione HVSR evidenzia una frequenza fondamentale di vibrazione a circa $0,8 \div 0,9$ Hz con un'ulteriore (seppur modesto) alto spettrale a circa $1,2$ Hz. È possibile avere effetti di risonanza per edifici molto elevati, cioè >10 piani).

Approfondimenti di “livello 3” (DGR 2193/2015) → per l'ambito è stato elaborato un modello numerico di RSL mediante software monodimensionale SHAKE 2000. Il modello sismostratigrafico e gli esiti sono riportati nella scheda in appendice al testo. In sintesi, i fattori di amplificazione ricavati da modellazione numerica risultano $FA(Pga) = 1,3$; $FA SI(0,1s \div 0,5s) = 1,5$; $FA SI(0,5s \div 1,0s) = 1,9$ e $FA SI(0,5s \div 1,5s) = 1,8$ Accelerazione max al suolo $= 0,224g$.

Si sono espletate verifiche quantitative della liquefacibilità (dati CPTU3) secondo l'approccio di P. K. Robertson 2009 e in coerenza con le indicazioni dell'Allegato 3 della DGR 2193/2015 (cfr. capitolo 2). La simulazione evidenzia modesti spessori potenzialmente liquefacibili (con $FSL < 1$) e valori di $LPI < 1$ (pericolosità di liquefazione “bassa”). In appendice al testo si riportano le schede sintetiche delle simulazioni.

3.9.6 Conclusioni sulla fattibilità della variante

Per quanto sopra scritto non emergono particolari elementi ostativi di carattere geologico sismico e pertanto l'intervento è da ritenersi fattibile.

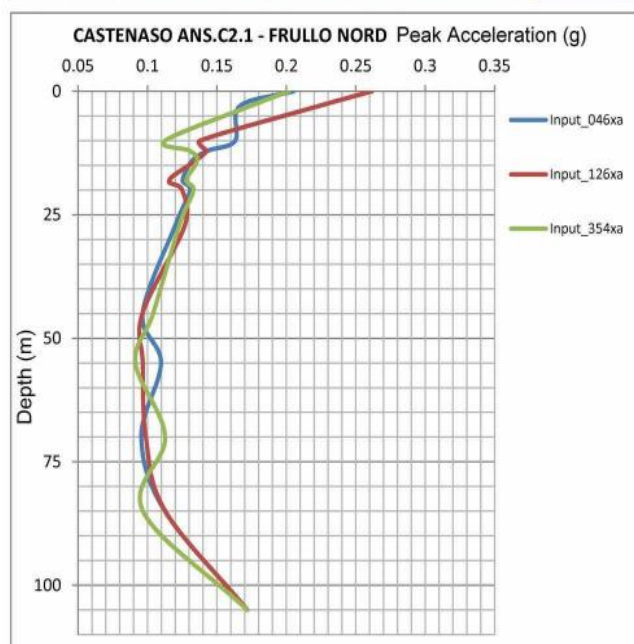
ALLEGATI

MODELLO SHAKE VIA DEL FRULLO - VARIANTE PSC CASTENASO

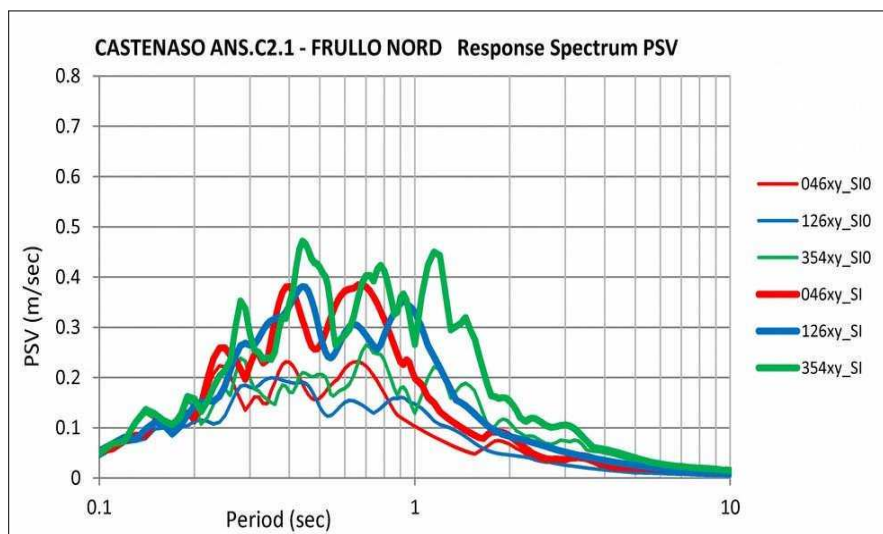
↓ DATI DI INPUT PER LA GENERAZIONE DEI MODELLI SISMOSTRATIGRAFICI

Layer	Thickness (m)	Depth (m)	Weight (kN/m ³)	Damping (decimal)	Shear Wave (m/s)	G/Gmax Curve Damping Curve
1	3,0	3,0	17,0	0,05	150	Soil PI=15
2	7,0	10,0	17,5	0,05	200	Soil PI=30
3	2,0	12,0	18,0	0,05	225	Sand Lower
4	2,0	14,0	18,5	0,05	250	Soil PI=30
5	4,0	18,0	18,5	0,05	275	Sand Lower
6	2,0	20,0	18,5	0,05	300	Soil PI=30
7	7,0	27,0	19,5	0,05	350	Sand Avg
8	18,0	45,0	19,0	0,05	325	Soil PI=30
9	10,0	55,0	20,0	0,05	400	Sand upper
10	15,0	70,0	19,0	0,05	350	Soil PI=30
11	15,0	85,0	20,0	0,05	375	Soil PI=30
12	20,0	105,0	20,0	0,05	400	Soil PI=30
Profondità media pseudobedrock: -105 m					>600	

ANS.C2.1 - FRULLO N.		Input_046xy	Input_126xy	Input_354xy	MEAN
DGR 2193/15	Max ag (g)	0.205	0.262	0.202	0.223
	FA Pga	1.2	1.5	1.2	1.3



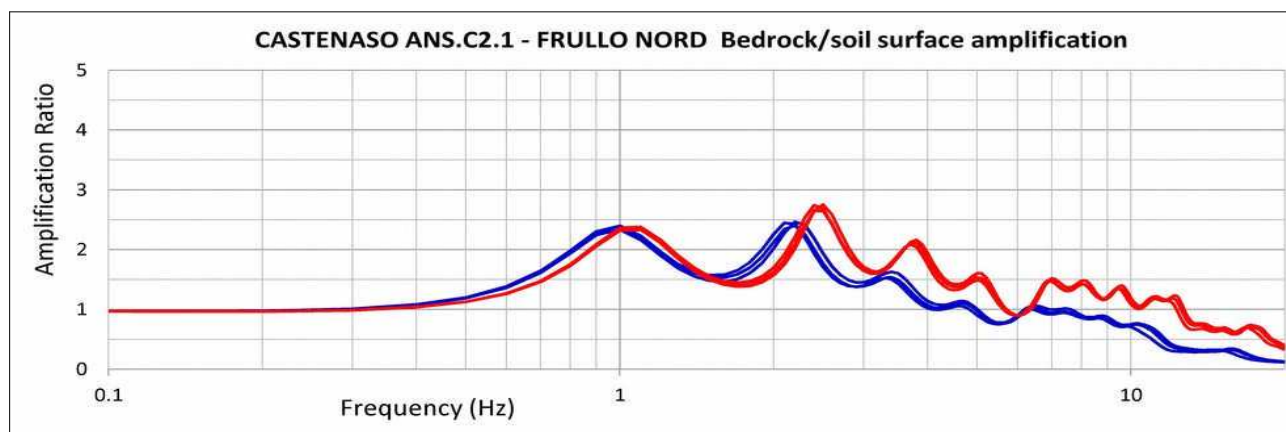
ANDAMENTO DELLE ACCELERAZIONI ORIZZONTALI DI RSL PER I TRE INPUT DI RIFERIMENTO E VALORI NUMERICI →



SPETTRI DI INTENSITA' DI HOUSNER AL SUOLO (SI) E AL PSEUDOBEDROCK (SI₀) PER I TRE INPUT DI RIFERIMENTO E FATTORI DI AMPLIFICAZIONE ↓

DGR 2193/15	T 0.1-0.5	T 0.5-1.0	T 0.5-1.5
Input_000046xy	1.4	1.8	1.8
Input_000046xy	1.6	2.1	2.0
Input_000354xy	1.6	1.8	1.8
MEAN	1.6	1.9	1.9

FUNZIONE DI TRASFERIMENTO RICAVATA DALLA MODELLAZIONE DI RSL

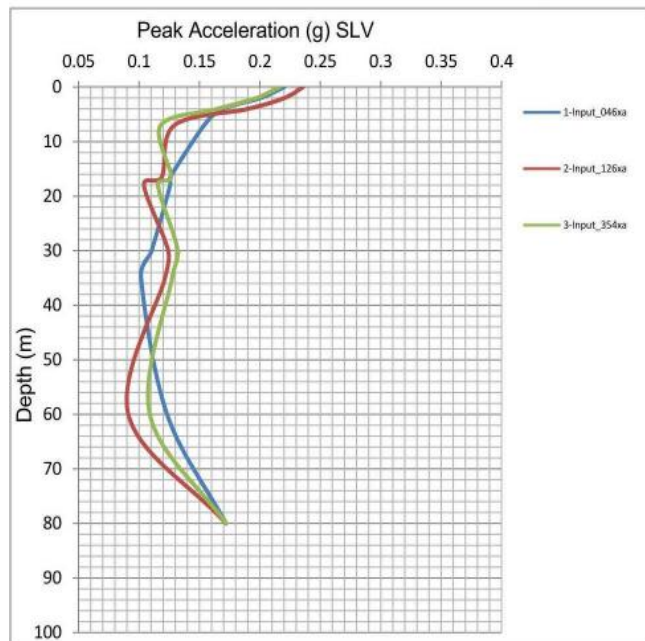


MODELLO SHAKE COUNTRY CLUB VILLANOVA - VARIANTE PSC CASTENASO

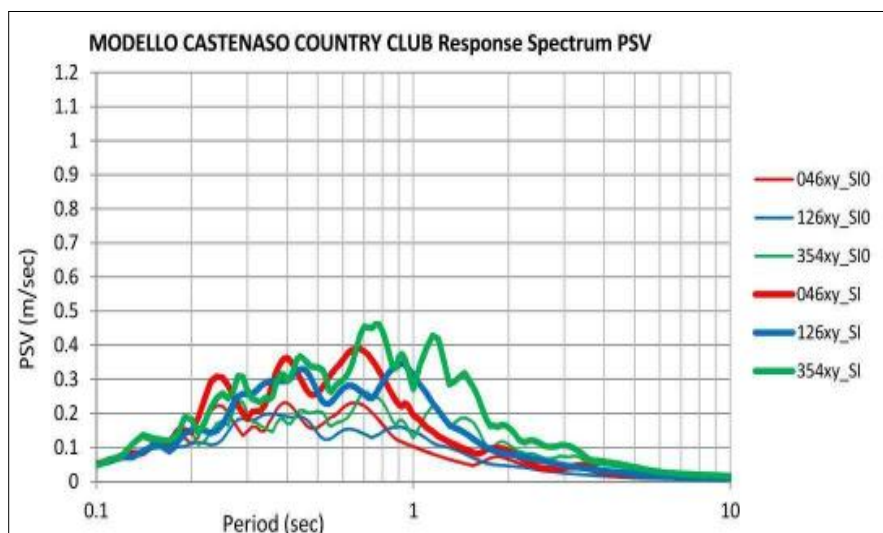
↓ DATI DI INPUT PER LA GENERAZIONE DEI MODELLI SISMOSTRATIGRAFICI

Layer	Thickness (m)	Depth (m)	Weight (kN/m ³)	Damping (decimal)	Shear Wave (m/s)	G/Gmax Curve Damping Curve
1	2,0	2,0	18,0	0,05	140	Soil PI=15
2	2,0	4,0	18,0	0,05	180	Soil PI=15
3	3,0	7,0	18,5	0,05	215	Soil PI=0
4	9,5	16,5	18,0	0,05	225	Soil PI=30
5	1,5	18,0	18,5	0,05	275	Sand Lower
6	12,0	30,0	19,0	0,05	300	Sand Avg
7	5,0	35,0	20,0	0,05	325	Sand upper
8	25,0	60,0	19,0	0,05	350	Soil PI=30
9	20,0	80,0	20,0	0,05	375	Soil PI=30
Profondità media pseudobedrock: -80 m					>600	

	Input_046xa	Input_126xa	Input_354xa	MEAN
DGR 2193/2015	Max ag (g)	0.220	0.236	0.217
	FA Pga	1.3	1.4	1.3



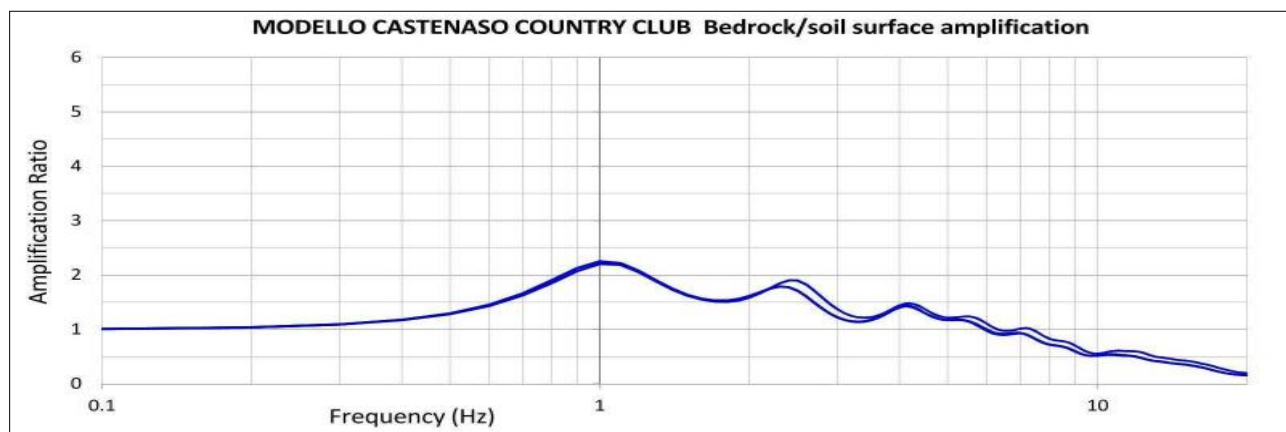
ANDAMENTO DELLE ACCELERAZIONI ORIZZONTALI DI RSL PER I TRE INPUT DI RIFERIMENTO E VALORI NUMERICI →



SPETTRI DI INTENSITA' DI HOUSNER AL SUOLO (SI) E AL PSEUDOBEDROCK (SI₀) PER I TRE INPUT DI RIFERIMENTO E FATTORI DI AMPLIFICAZIONE ↓

DGR 1227/2015	T 0.1-0.5	T 0.5-1.0	T 0.5-1.5
Input_000046xy	1,4	1,8	1,8
Input_000046xy	1,5	2,0	1,9
Input_000354xy	1,5	1,8	1,8
MEAN	1,5	1,9	1,8

FUNZIONE DI TRASFERIMENTO RICAVATA DALLA MODELLAZIONE DI RSL



MODIFICA PER RECEPIMENTO AREE ATTUATE TRAMITE POC E PUA: COMPARTO PER NUOVI INSEDIAMENTI URBANI BELL'AMBITO ANS_C2.1

- INDAGINI DI RIFERIMENTO -

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

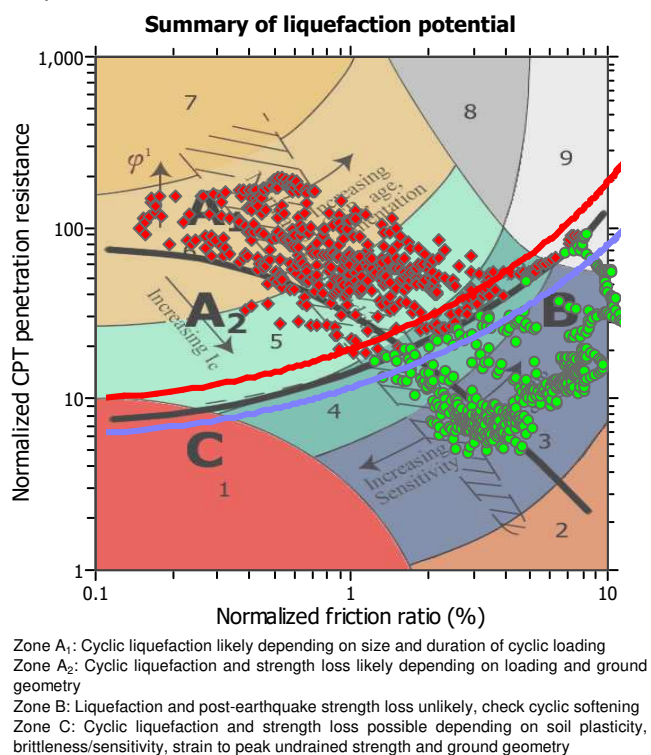
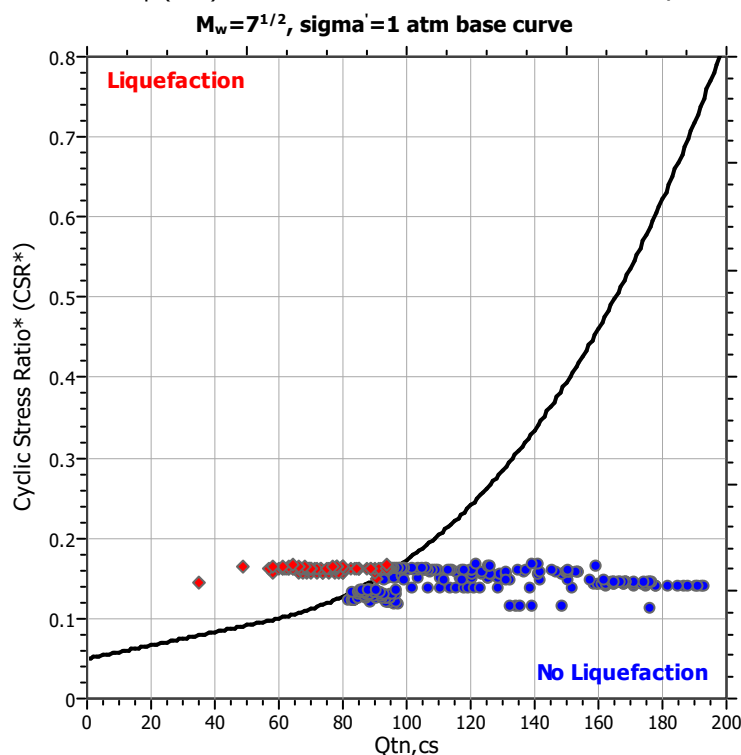
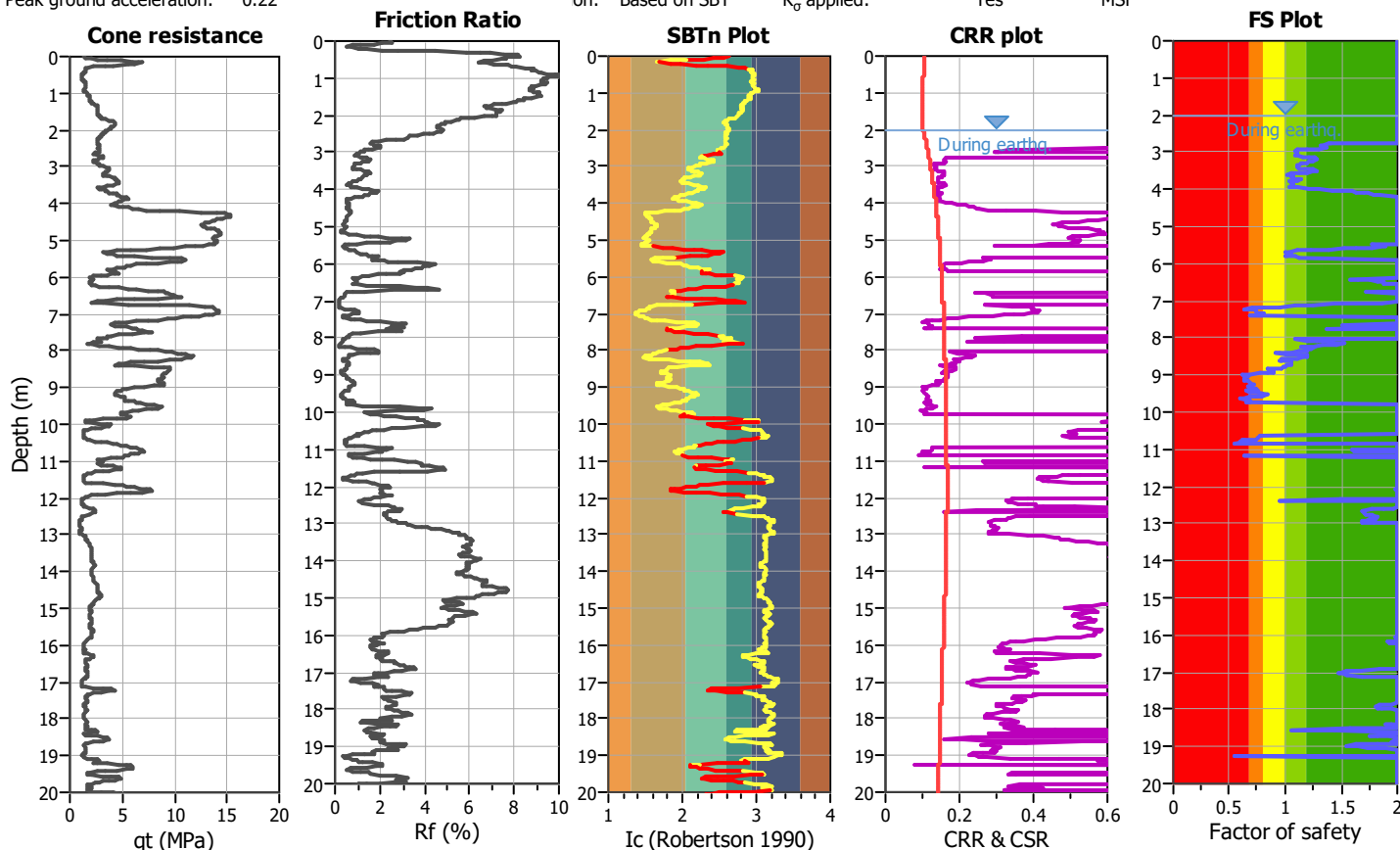
Project title : Variante PSC 2017

Location : via del Frullo - Villanova di Castenaso (BO)

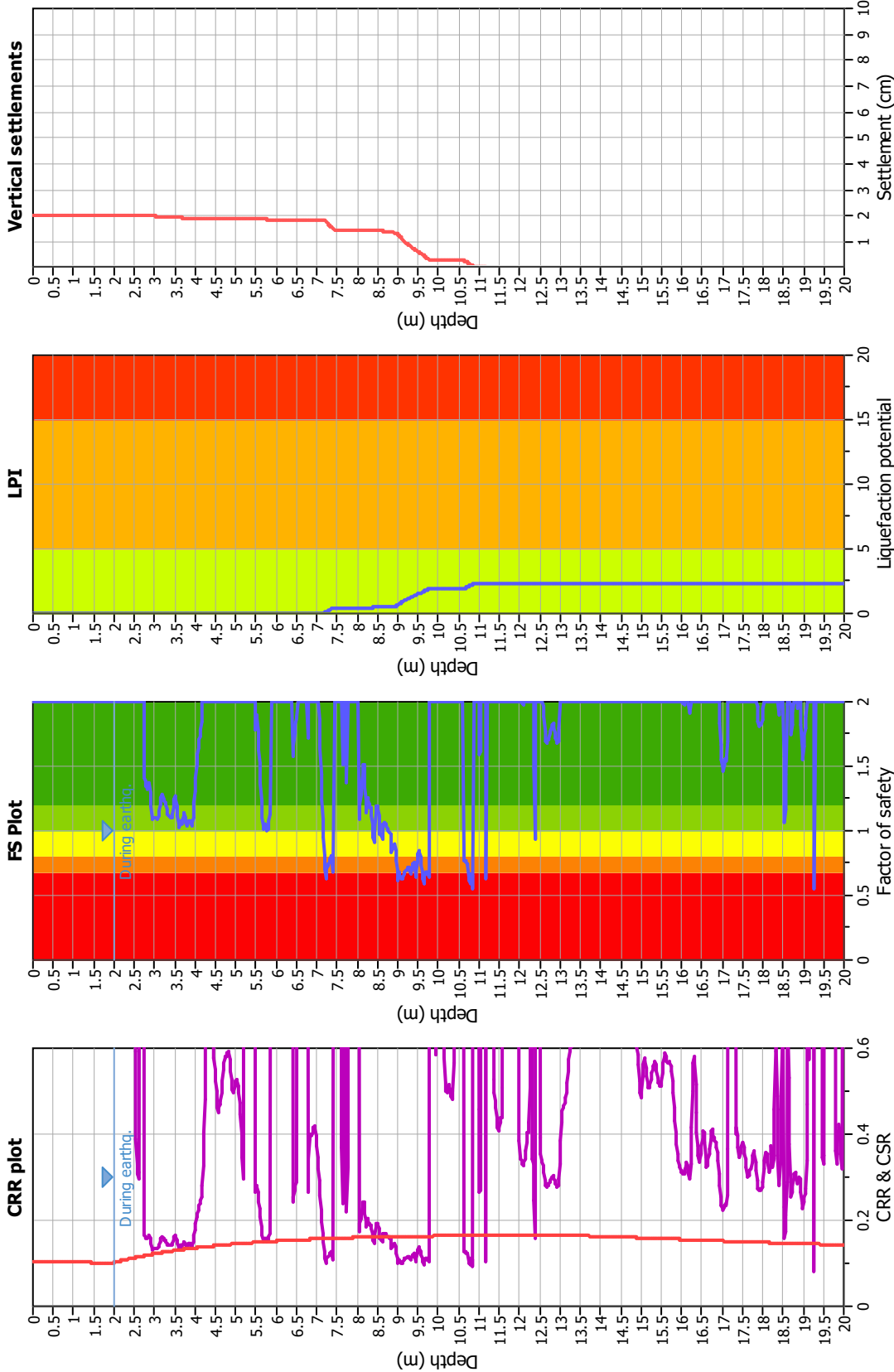
CPT file : CPTE2_POC

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.20 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.00 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)
Fines correction method:	Robertson (2009)
Points to test:	Based on Ic value
Earthquake magnitude M_w :	6.14
Peak ground acceleration:	0.22
Depth to water table (insitu):	2.20 m

Depth to water table (earthq.):	2.00 m
Average results interval:	3
Ic cut-off value:	2.60
Unit weight calculation:	Based on SBT
Use fill:	No
Fill height:	N/A

Fill weight:	N/A
Transition detect:	Yes
K_0 applied:	Yes
Clay like behavior applied:	All soils
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

Almost certain it will liquefy	Very high risk
Very likely to liquefy	High risk
Liquefaction and no liq. are equally likely	Low risk
Unlike to liquefy	
Almost certain it will not liquefy	

LPI color scheme

Very high risk
High risk
Low risk

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

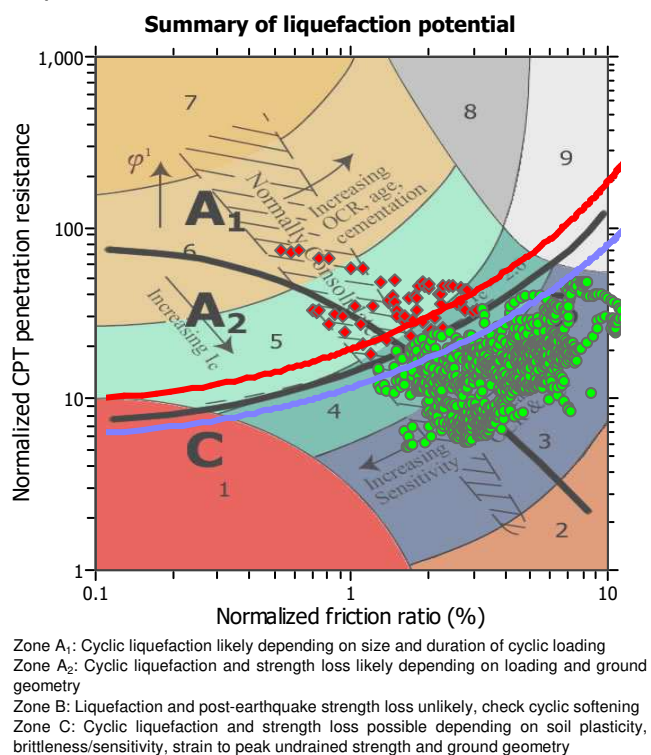
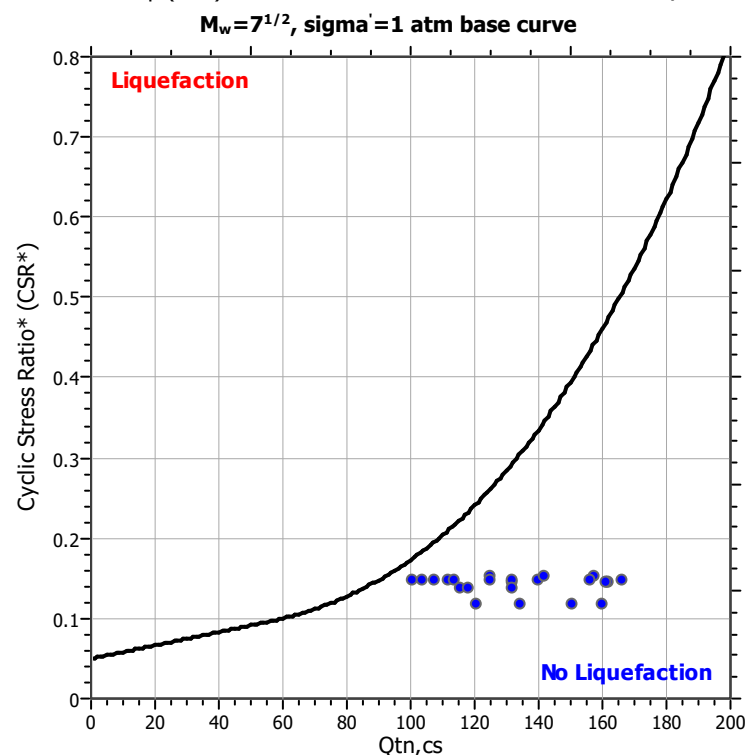
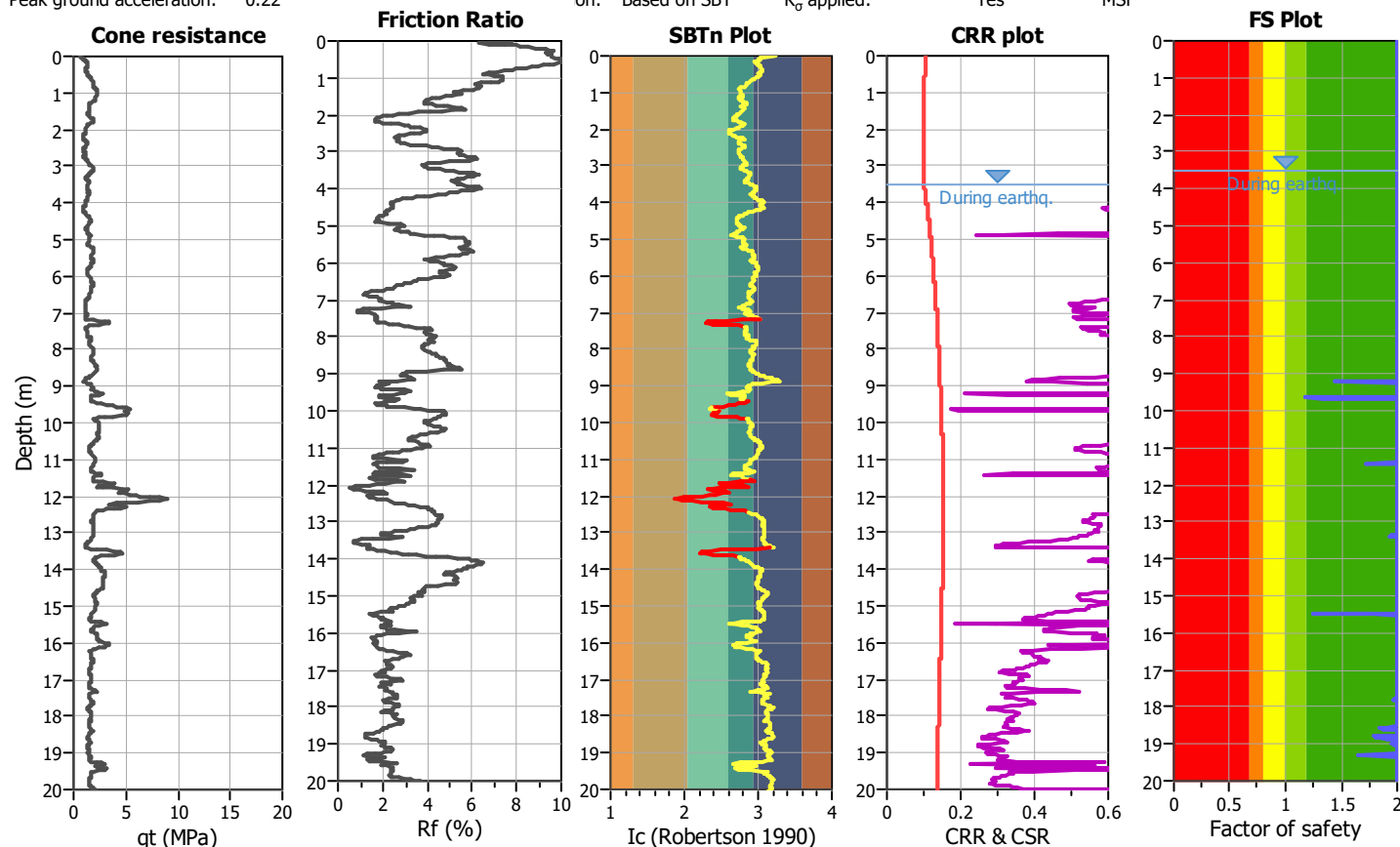
Project title : Variante PSC 2017

Location : via del Frullo - Villanova di Castenaso (BO)

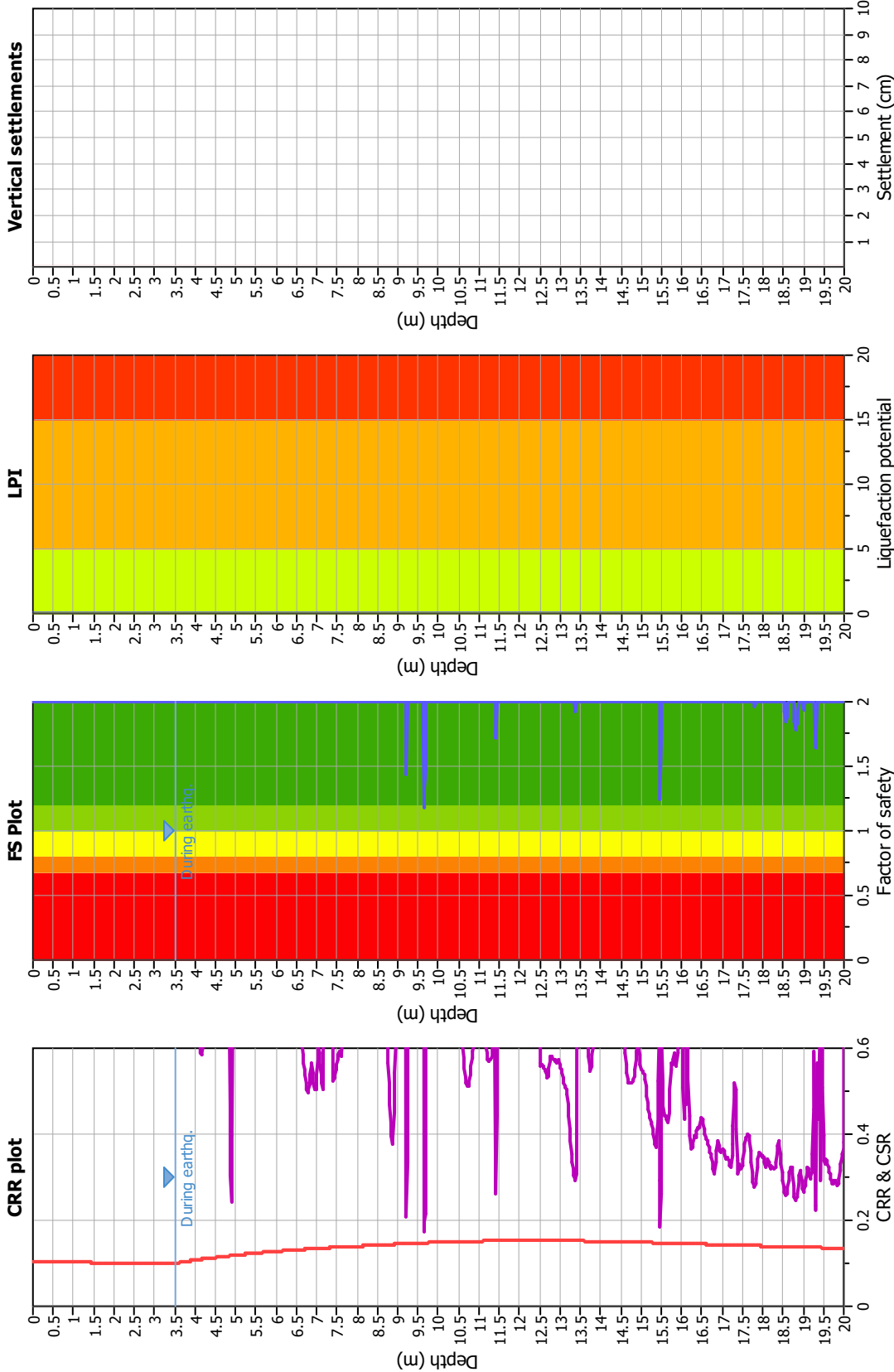
CPT file : CPTU3_POC

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	3.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	3.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)
Fines correction method:	Robertson (2009)
Points to test:	Based on Ic value
Earthquake magnitude M_w :	6.14
Peak ground acceleration:	0.22
Depth to water table (insitu):	3.60 m

Depth to water table (earthq.):	3.50 m
Average results interval:	3
Ic cut-off value:	2.60
Unit weight calculation:	Based on SBT
Use fill:	No
Fill height:	N/A

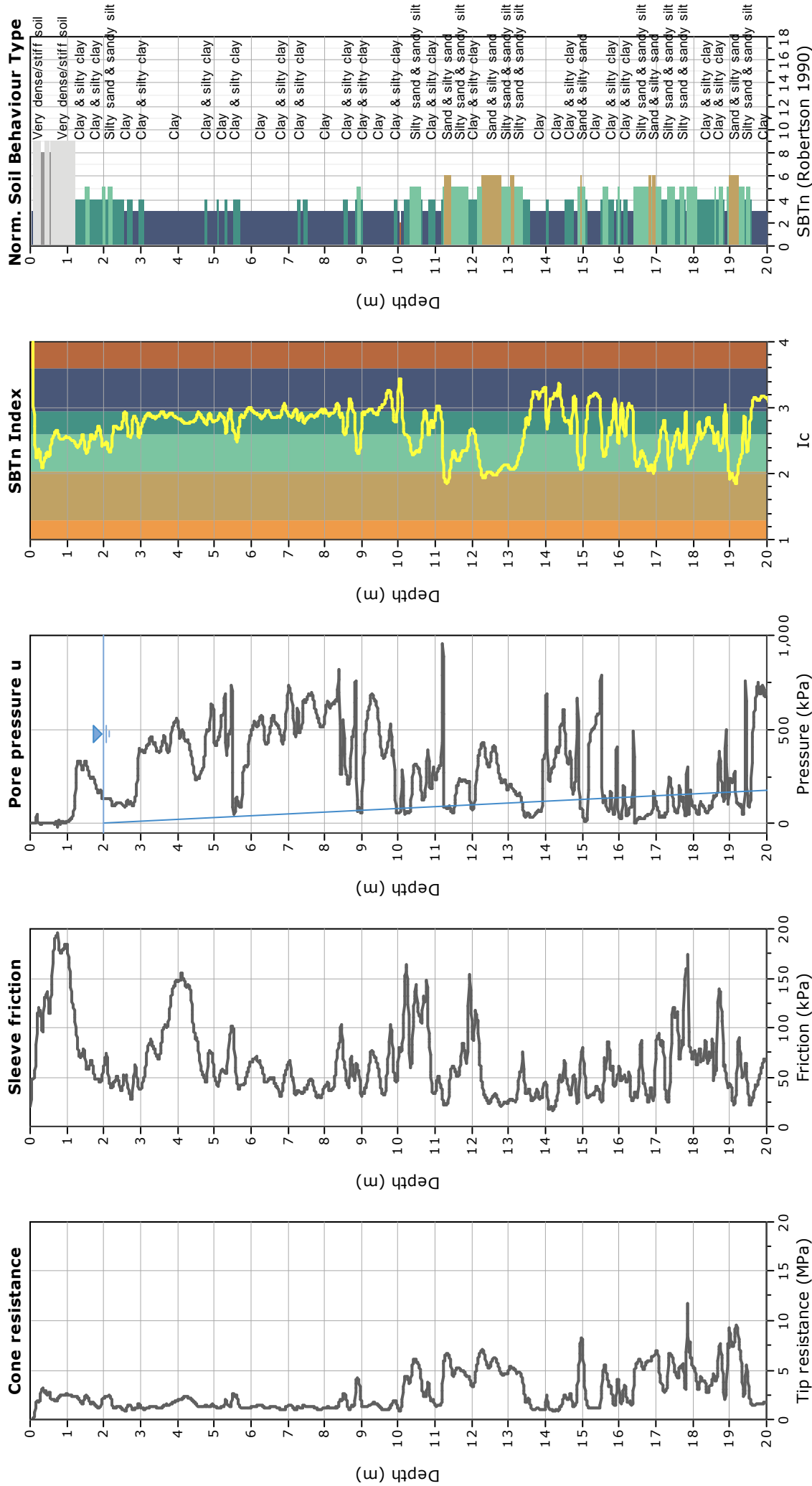
Fill weight:	N/A
Transition detect: applied:	Yes
K_0 applied:	Yes
Clay like behavior applied:	All soils
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m

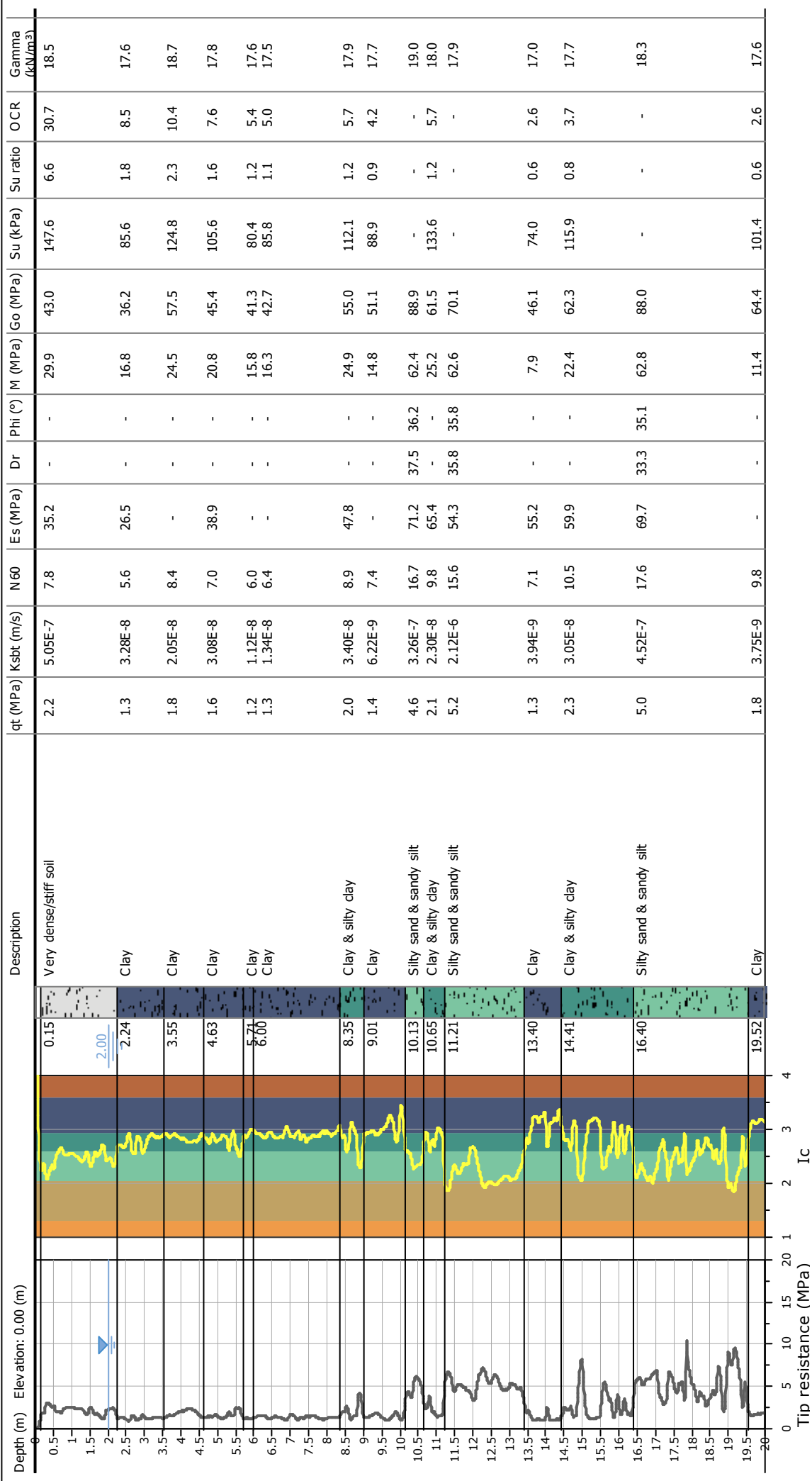
F.S. color scheme

Almost certain it will liquefy	Liquefaction and no liq. are equally likely	Unlikely to liquefy	Almost certain it will not liquefy
Very likely to liquefy			

LPI color scheme

Very high risk	High risk	Low risk





LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

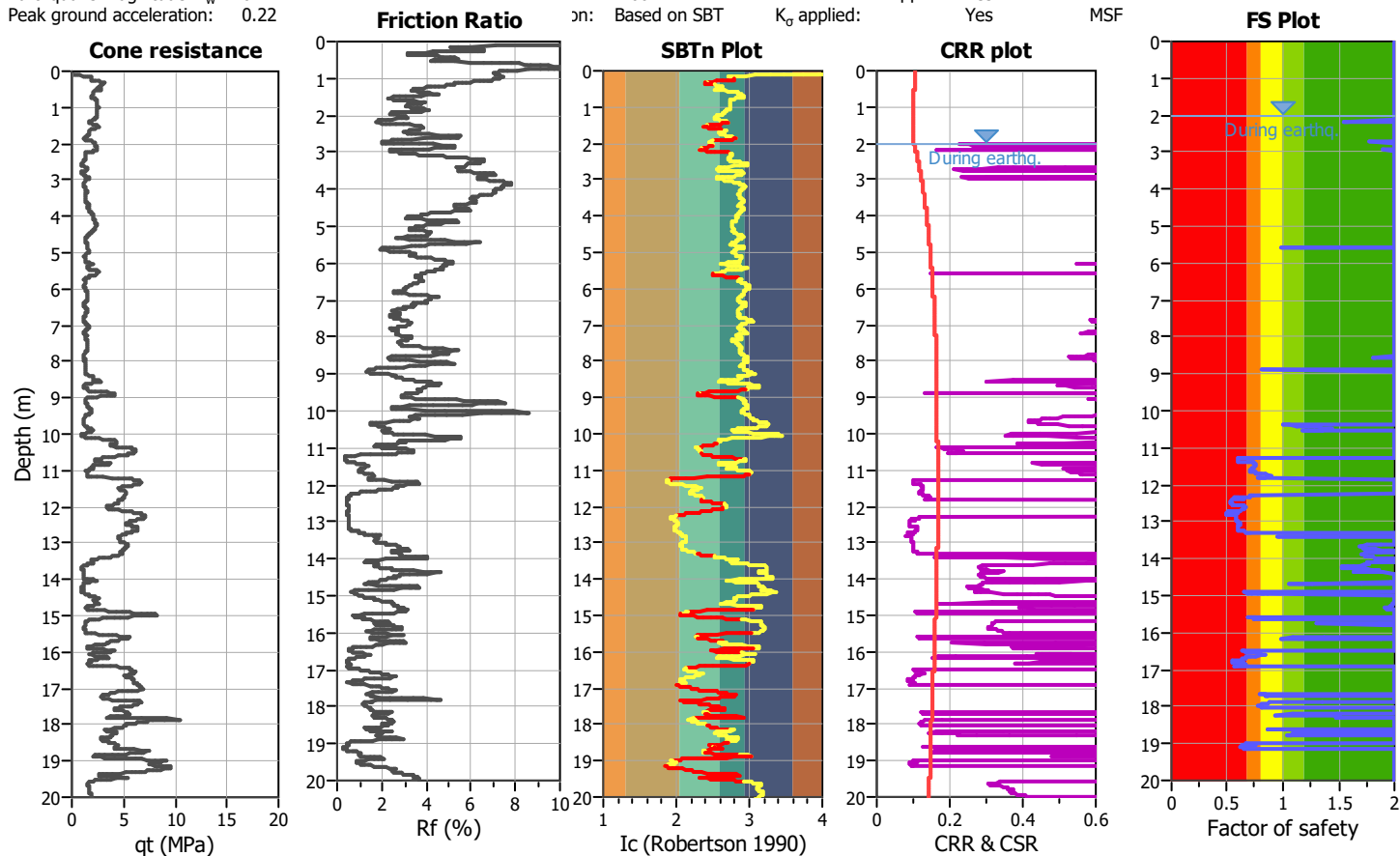
Project title : Comparto ASN.C2.1 - Frullo Nord

Location : Castenaso (BO)

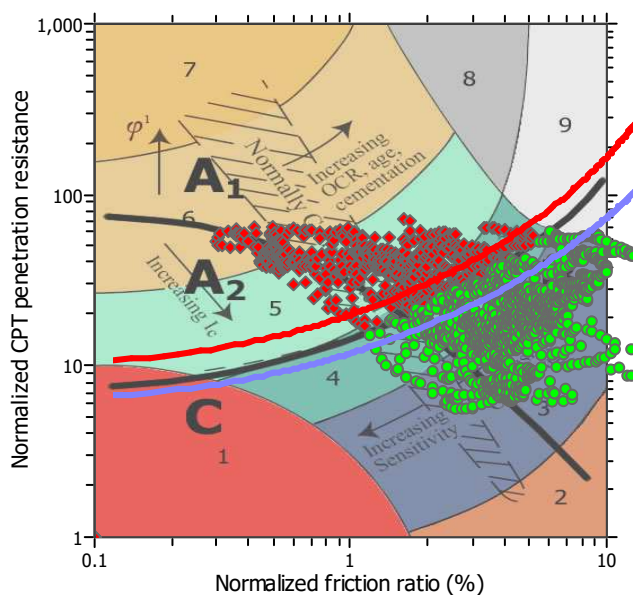
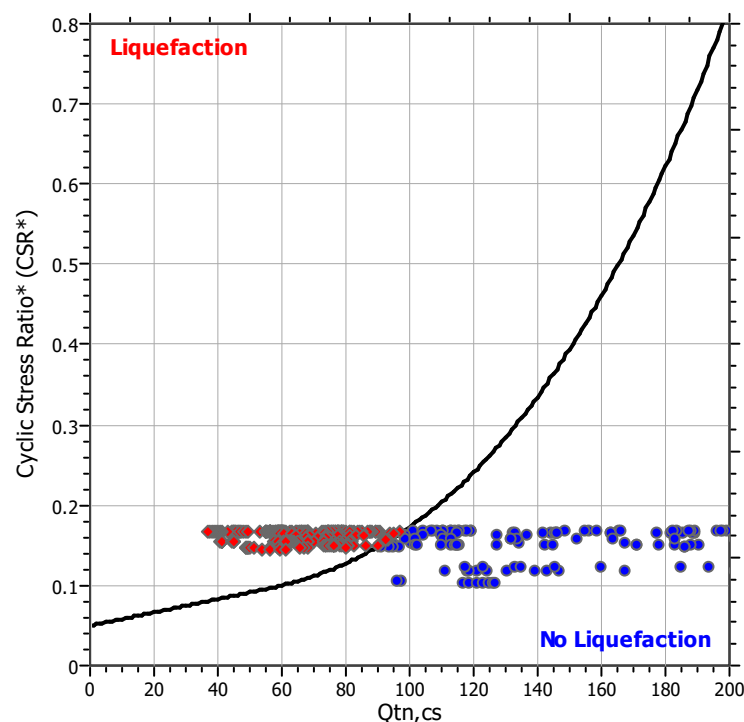
CPT file : CPTU2

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF	
Peak ground acceleration:	0.22	on:	Based on SBT	K_g applied:	Yes		

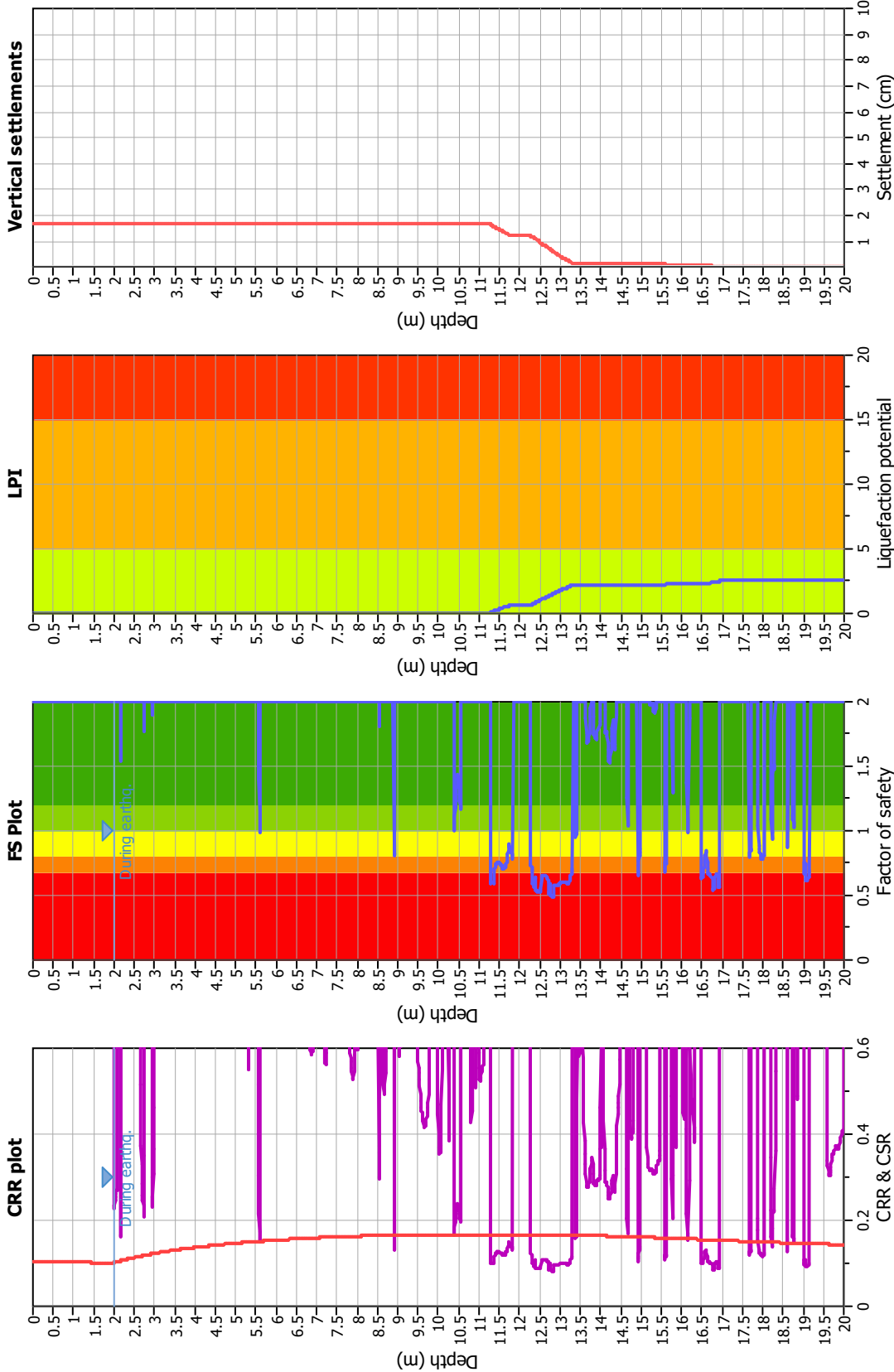


$M_w=7^{1/2}$, $\sigma'_v=1$ atm base curve



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Transition detect: applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	K_0 applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.22	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.00 m	Limit depth:	20.00 m

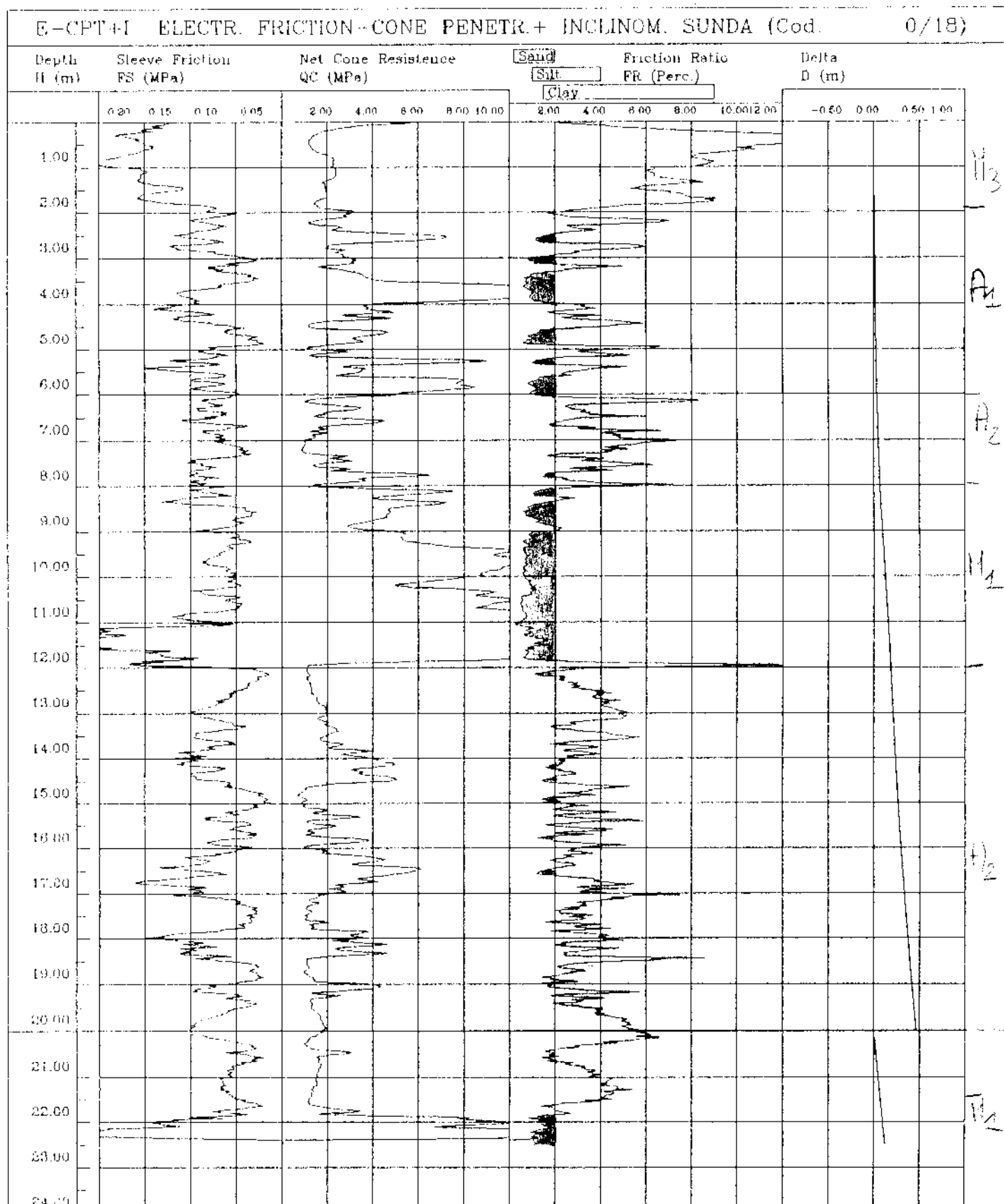
F.S. color scheme

Almost certain it will liquefy	Very likely to liquefy	Liquefaction and no liq. are equally likely	Unlike to liquefy	Almost certain it will not liquefy
Red	Orange	Yellow	Green	Dark Green

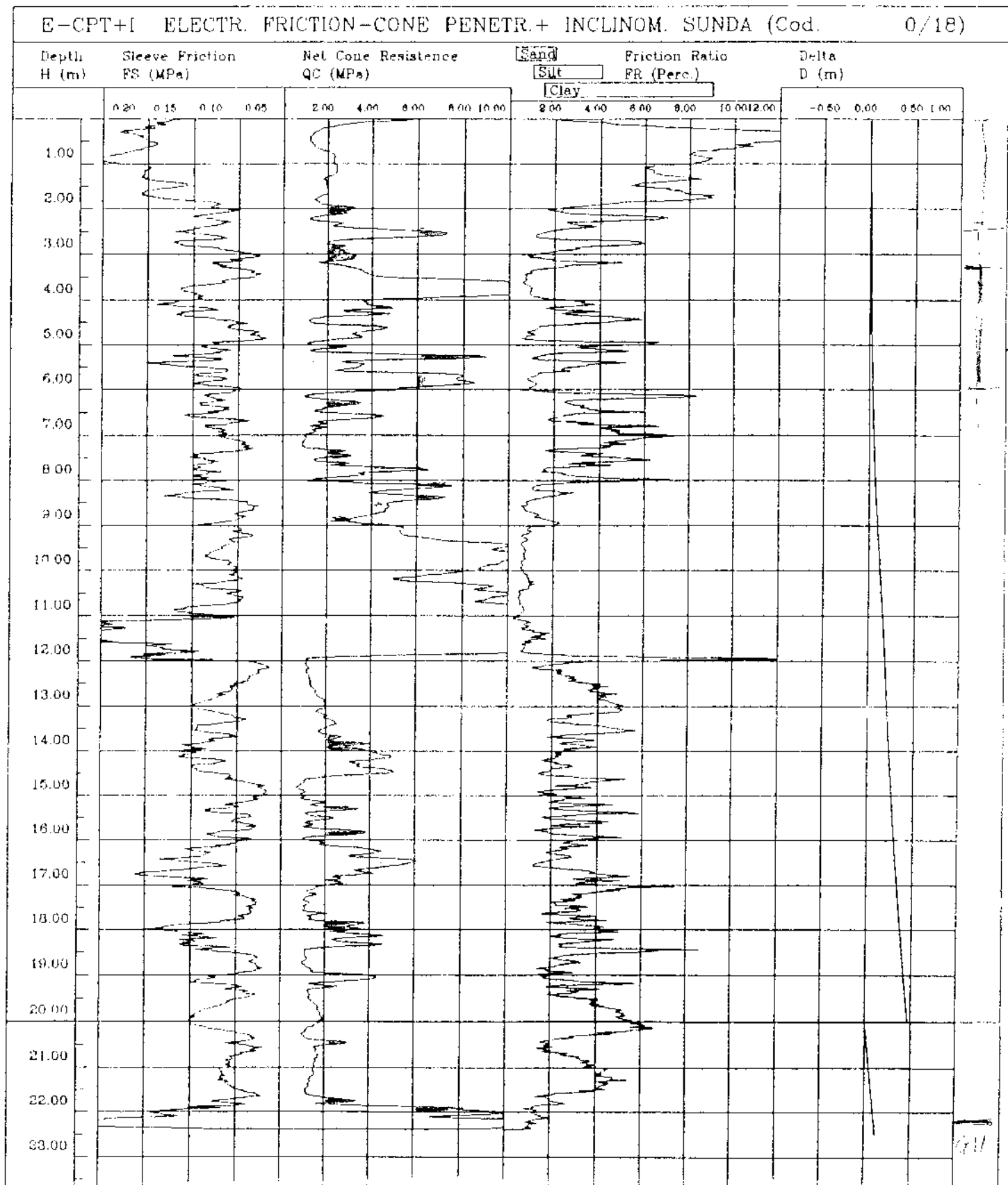
LPI color scheme

Very high risk	High risk	Low risk
Red	Orange	Yellow

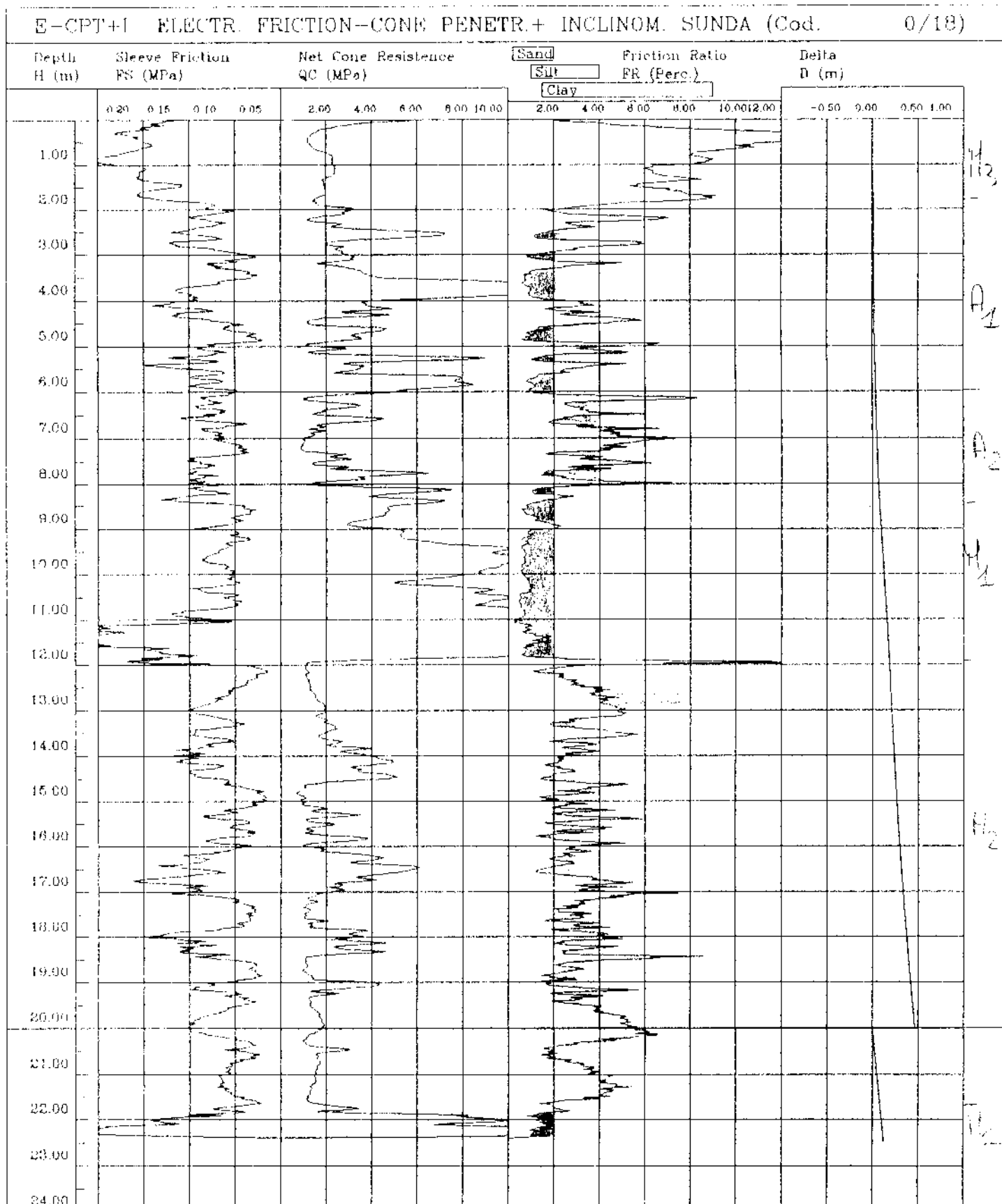
Committente :
Localita' :
Cantiere : E 516
Prova n. : 516
Data prova : 94/03/29

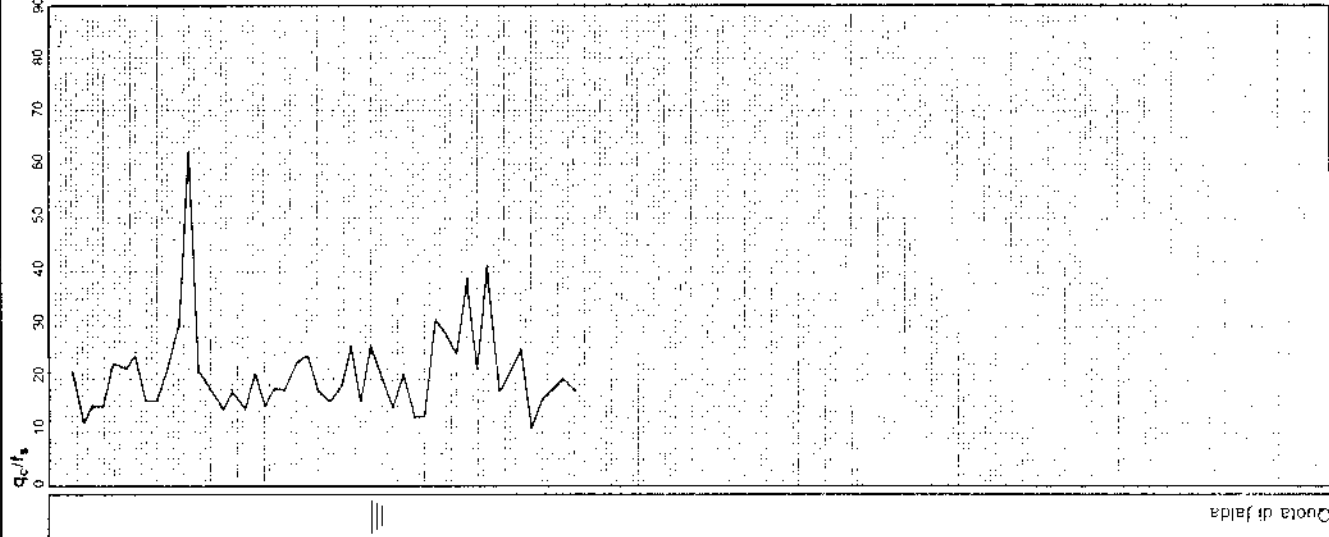
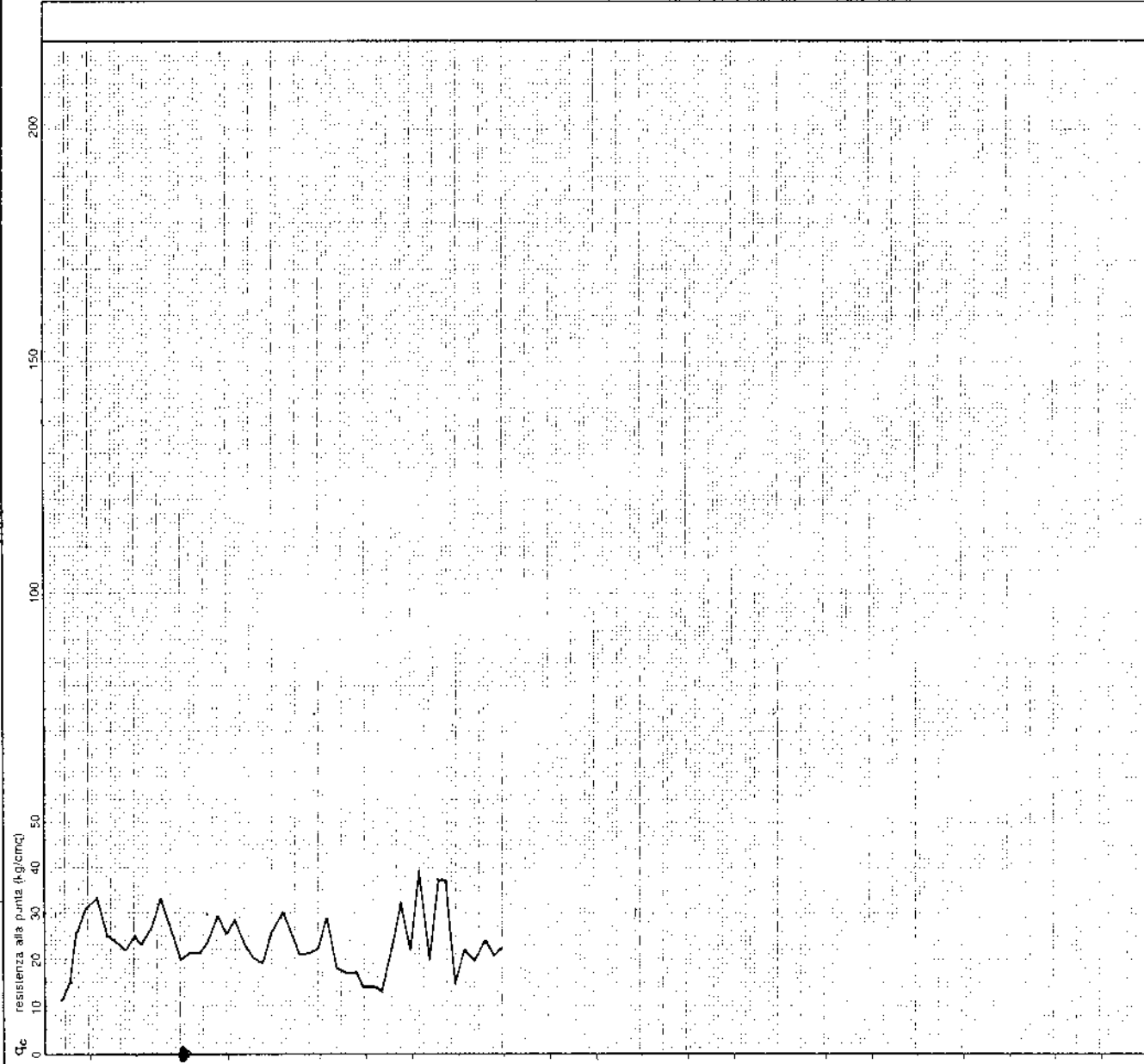
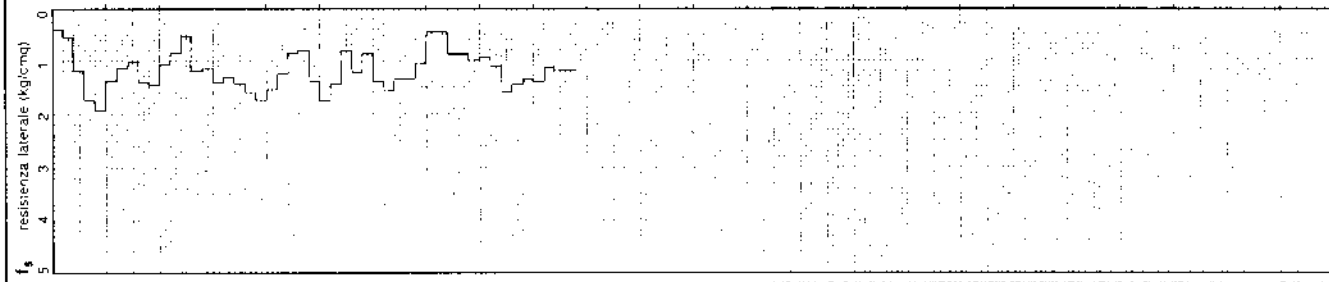


Committente :
Località :
Cantiere : E 516 - C -
Prova n. : 516
Data prova : 94/03/29



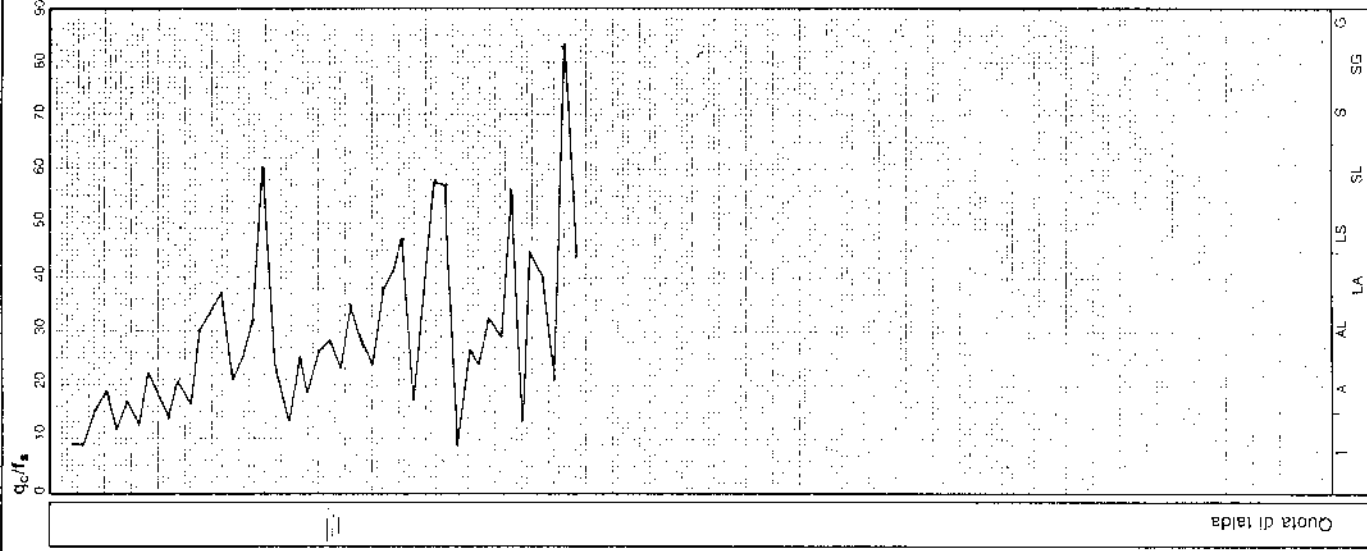
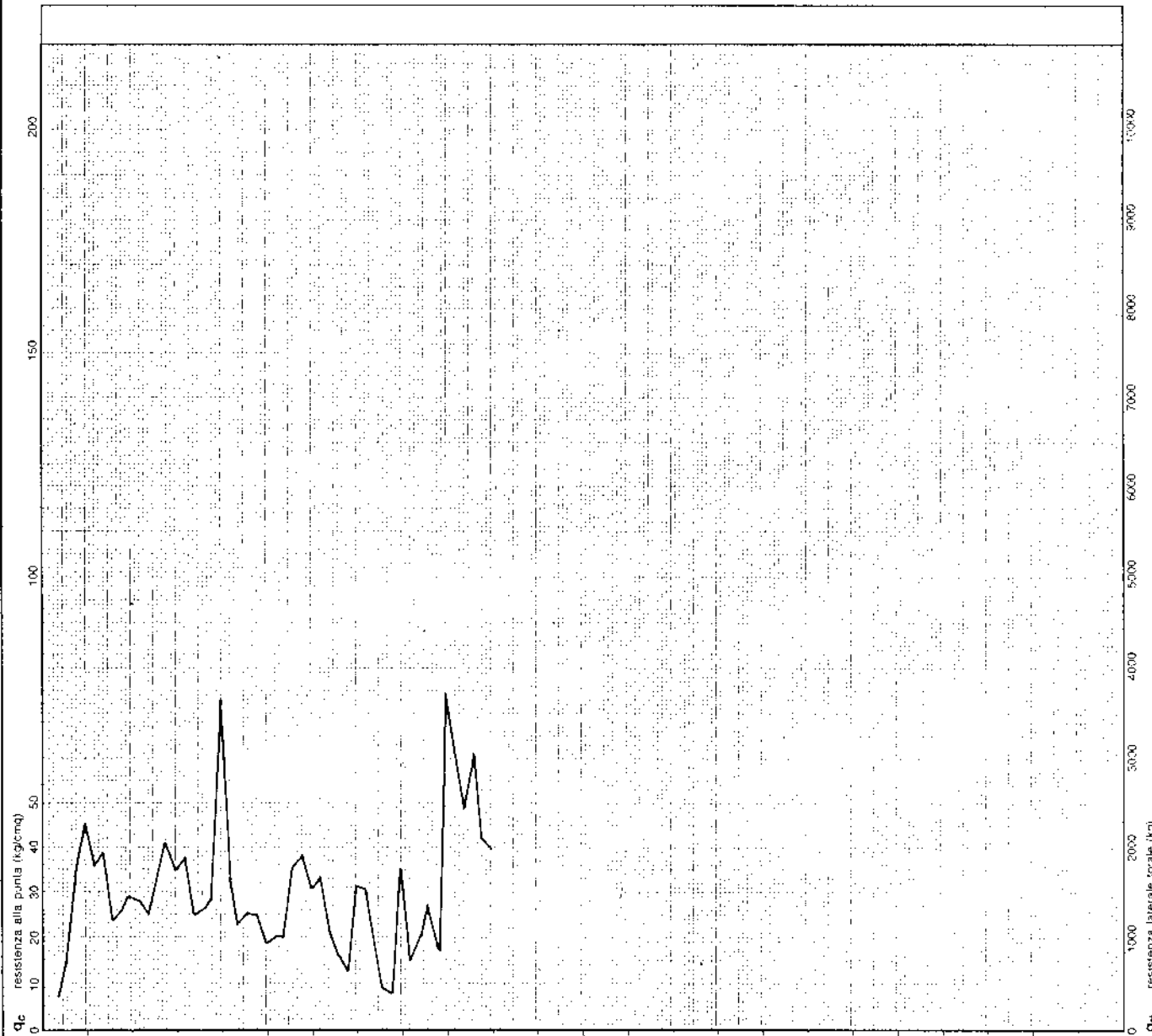
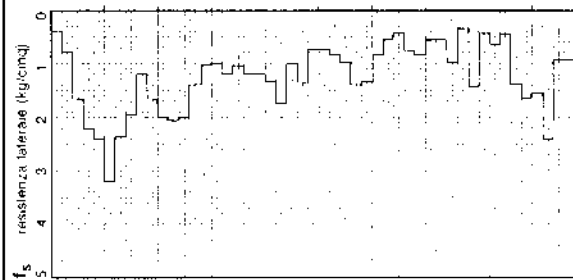
Committente :
Localita' :
Cantiere : E 516
Prova n. : 516
Data prova : 94/03/29





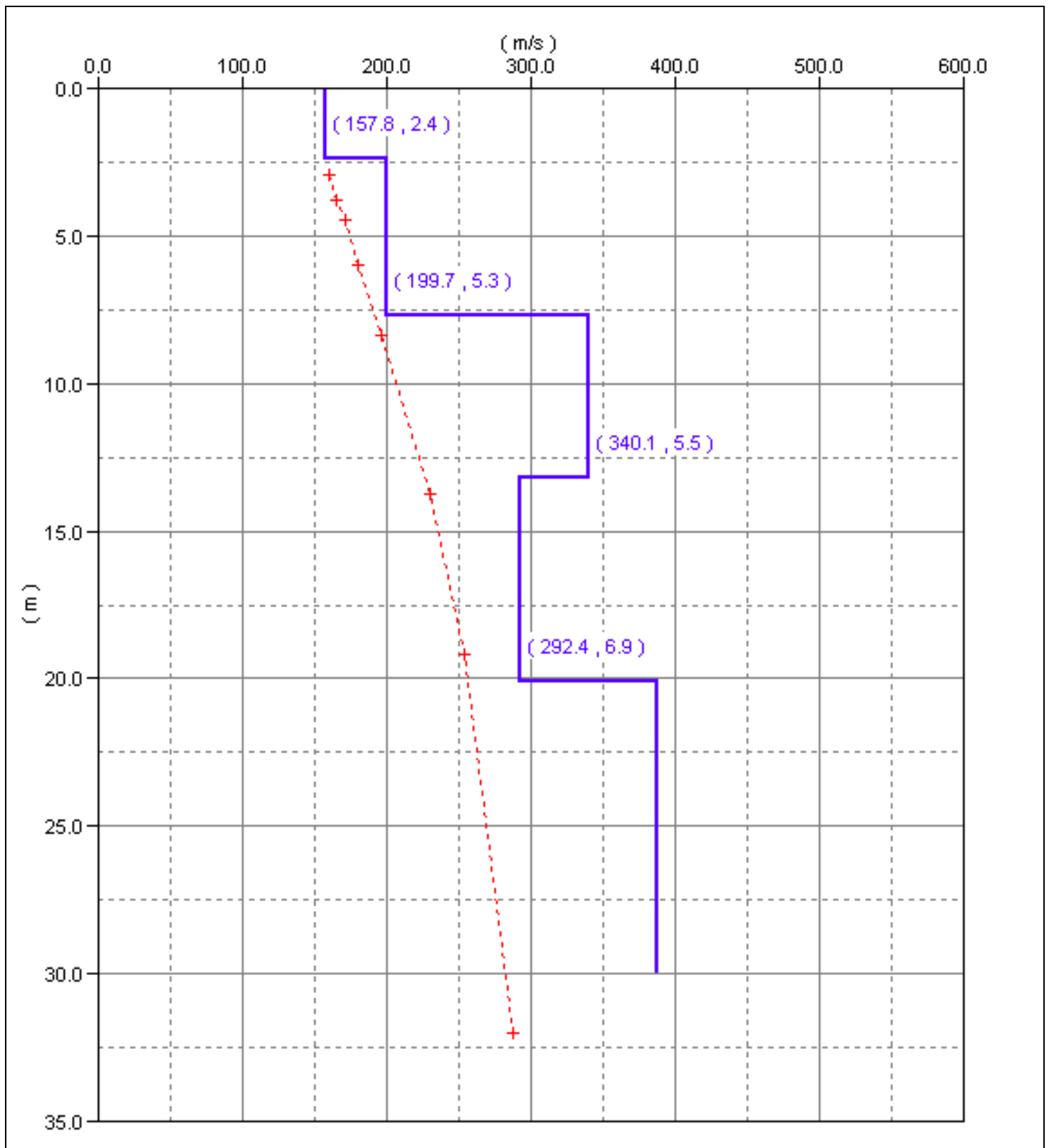
Quota di falda

G S SG LA LS SL S

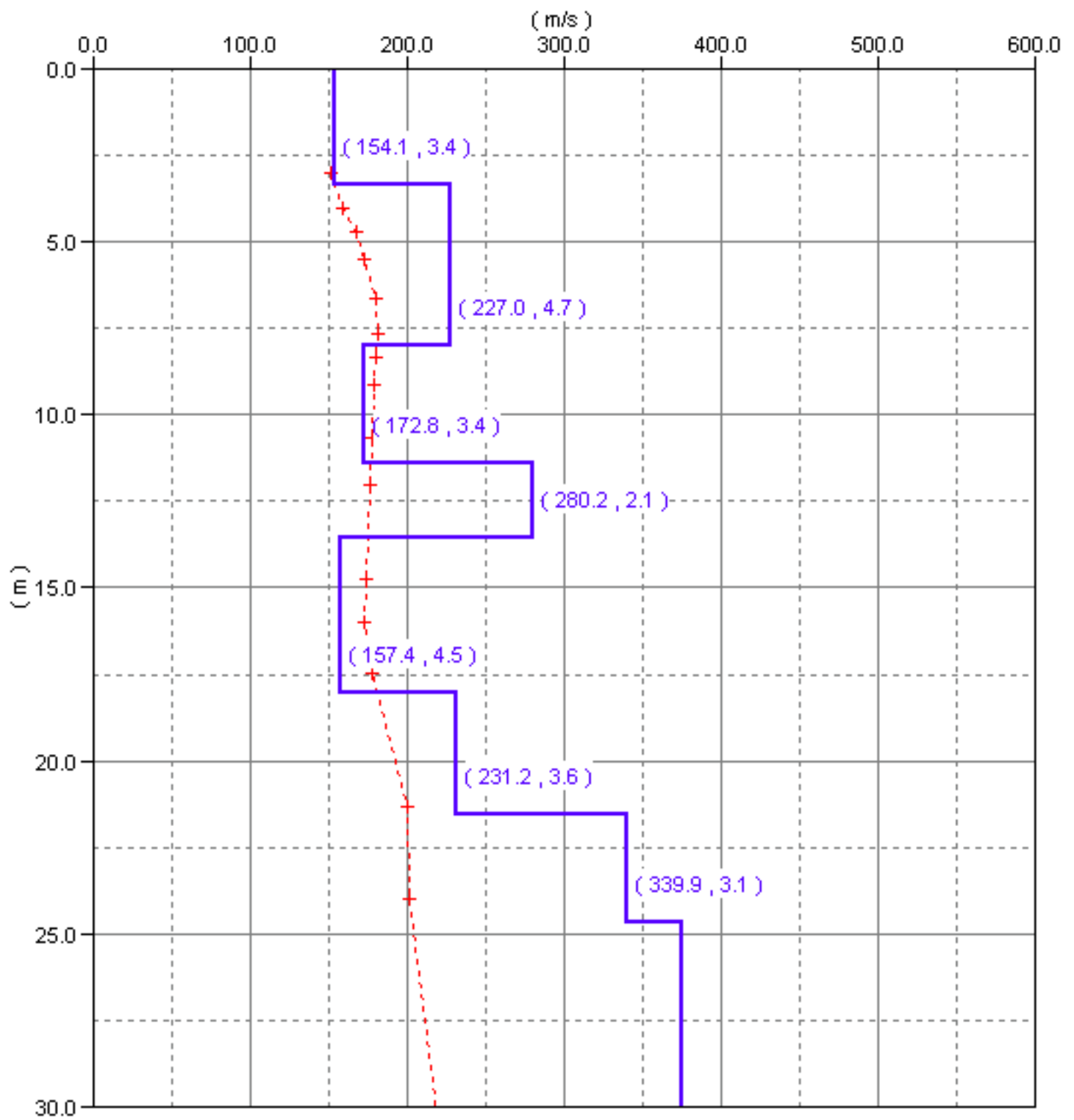


Quota di falda

CASTENASO-VIA DEL FRULLO)MASW2 PSC)



MASW 3 POC - VIA DEL FRULLO



CASTENASO - AMBITO POC 2017, TR1

Strumento: TRZ-0108/01-10

Inizio registrazione: 05/05/17 11:26:19 Fine registrazione: 05/05/17 11:46:20

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 50% tracciato (selezione manuale)

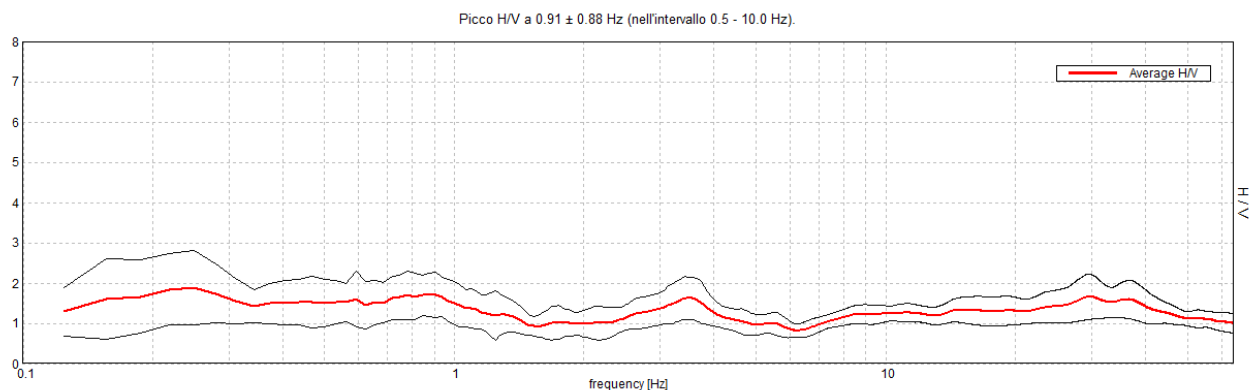
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

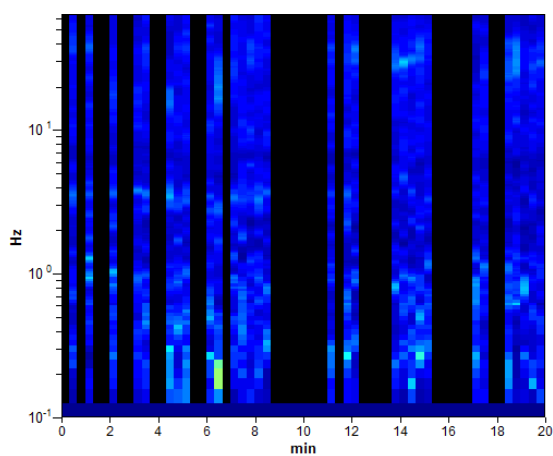
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

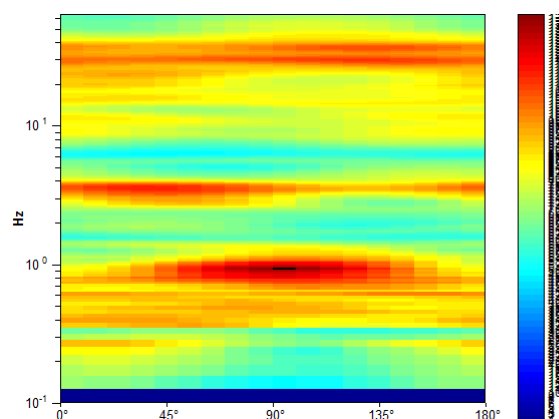
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



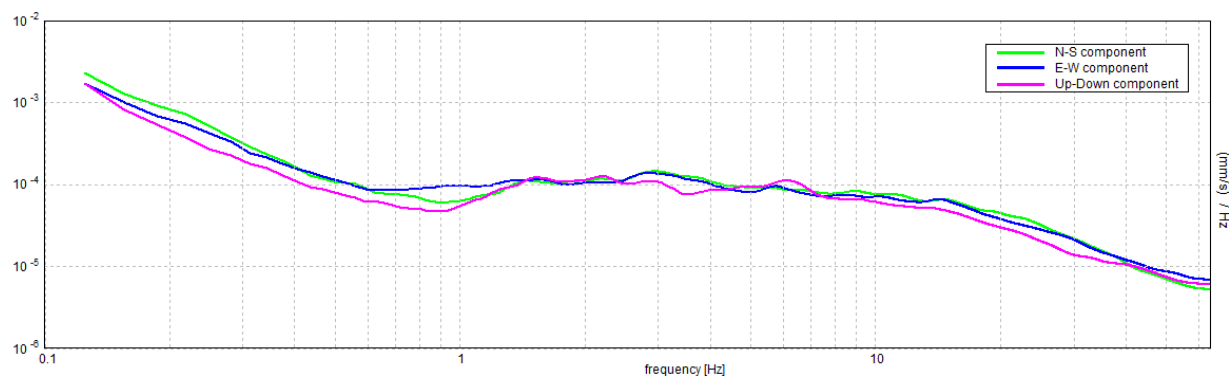
SERIE TEMPORALE H/V



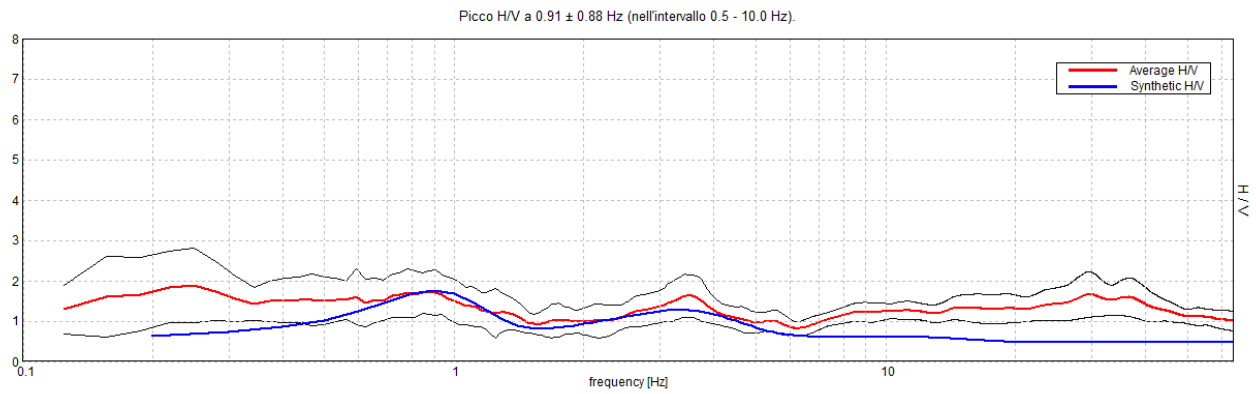
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

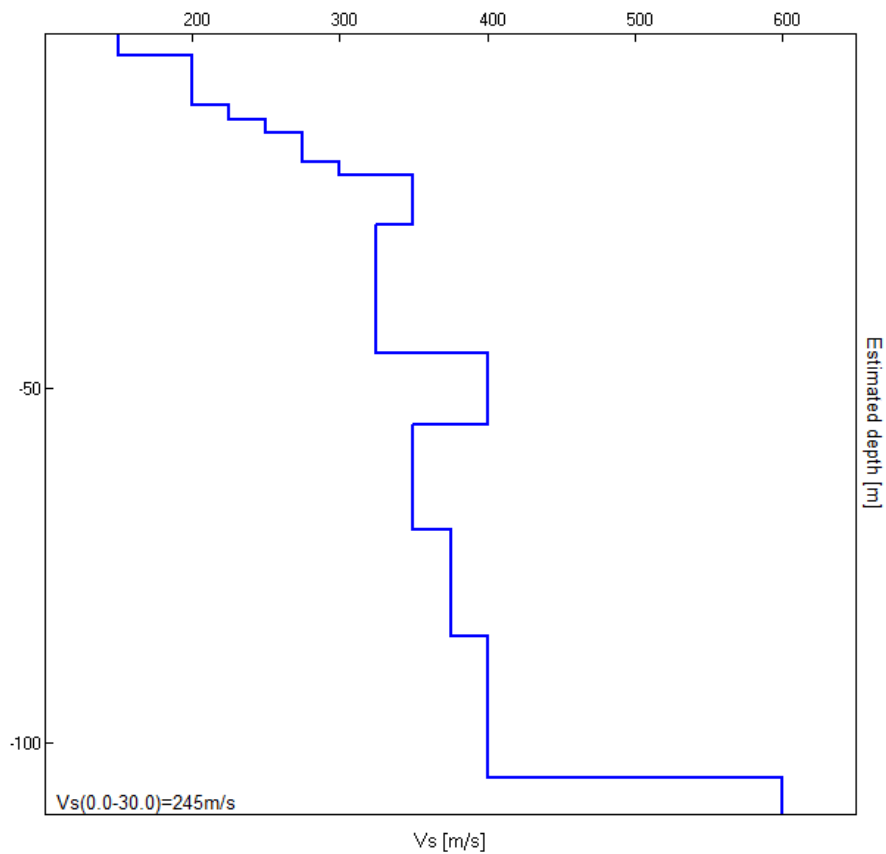


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
3.00	3.00	150
10.00	7.00	200
12.00	2.00	225
14.00	2.00	250
18.00	4.00	275
20.00	2.00	300
27.00	7.00	350
45.00	18.00	325
55.00	10.00	400
70.00	15.00	350
85.00	15.00	375
105.00	20.00	400
inf.	inf.	600

$V_s(0.0-30.0)=245\text{m/s}$



[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 0.91 ± 0.88 Hz (nell'intervallo 0.5 - 10.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.91 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$543.8 > 200$	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 44	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

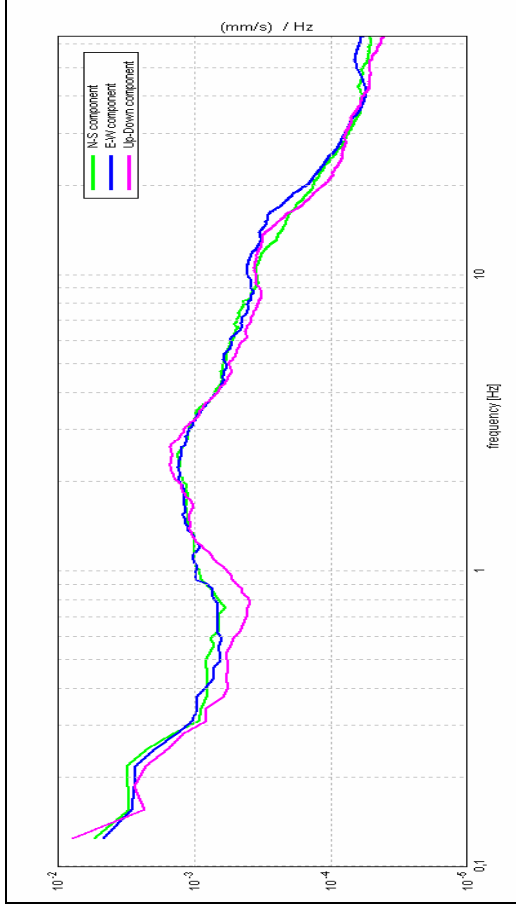
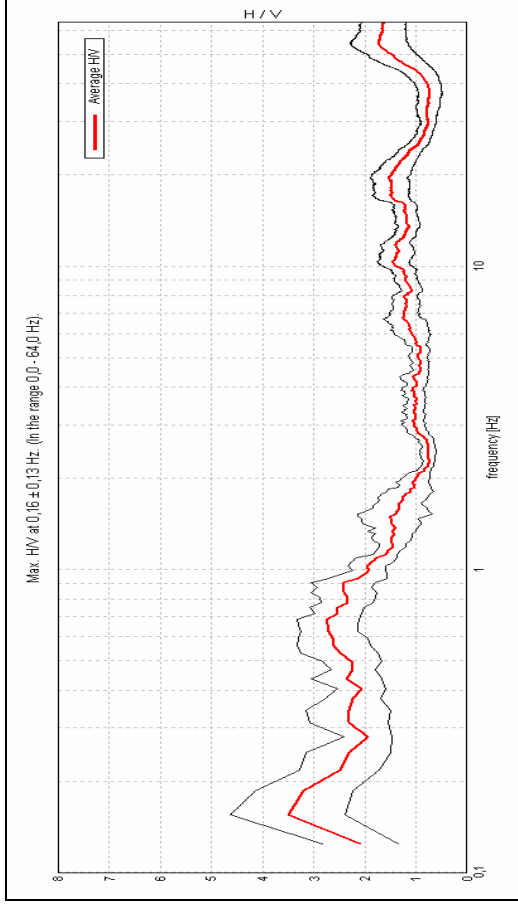
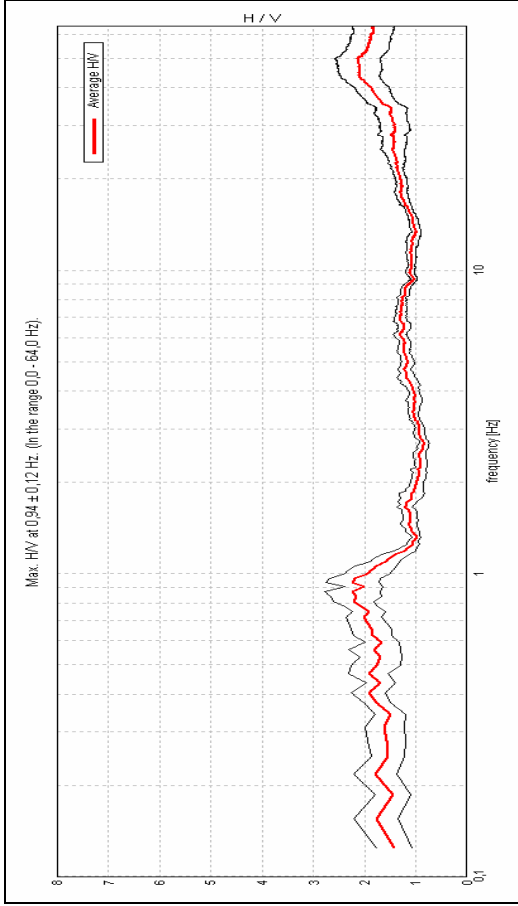
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.71 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.46471 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.42115 < 0.13594$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2708 < 2.0$	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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

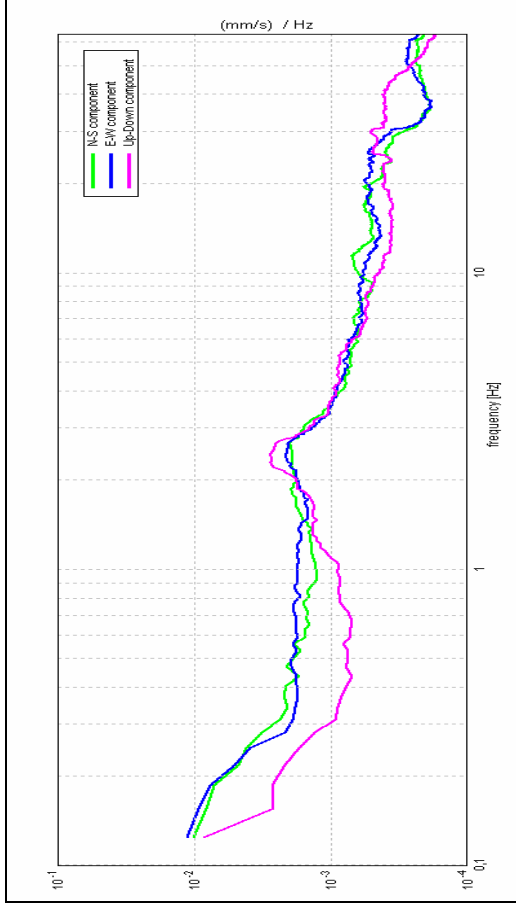
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

COMUNE DI CASTENASO



Tr 1 POC 2009



Tr 2 POC 2009

**MODIFICA PER RECEPIMENTO AREE ATTUATE TRAMITE POC E PUA:
COMPARTO PER NUOVO INSEDIMANTO RESIDENZIALE A MARANO**

- INDAGINI DI RIFERIMENTO -

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Castenaso
Ciotti trentadue
Marano
Viel & Sangiorgi
13-gen-09

Falda

2 m

Sigla della Punta
Azzeramento
Ultimo taratura guadagno
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707
Inizio prova
12-gen-2008
4-ago-2008

CPTU

1

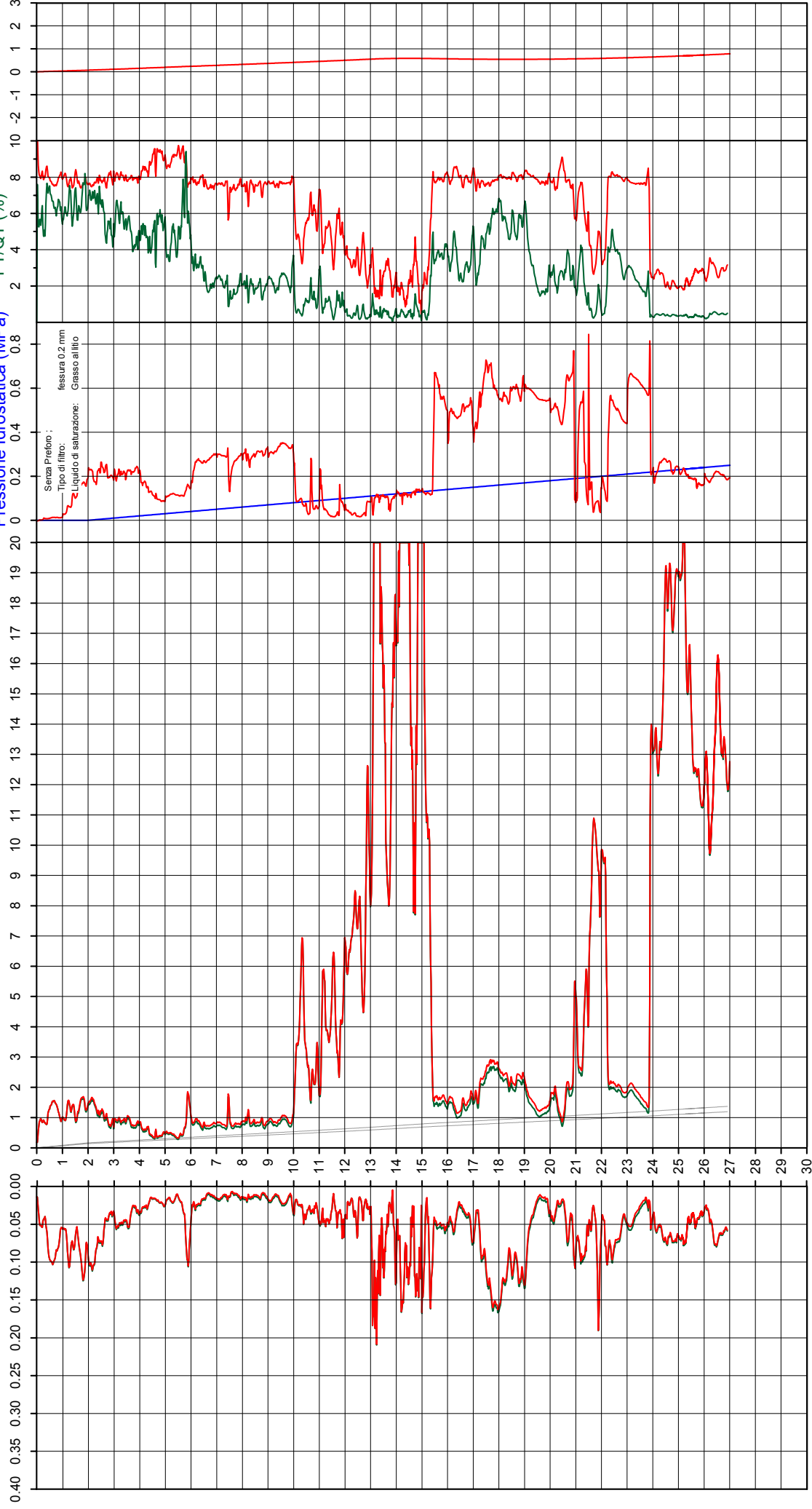
Profondità
(m)

Attrito Laterale corretto FT (MPa)
Attrito Laterale Fs (MPa)

Resistenza alla Punta corretta QT (MPa)
Resistenza alla Punta Qc (MPa)

Pressione Interstiziale
Penetrometrica (MPa)
Pressione Idrostatica (MPa)

Indice di Comportamento Ic
FT/QT (%)
Deviazione (m)



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

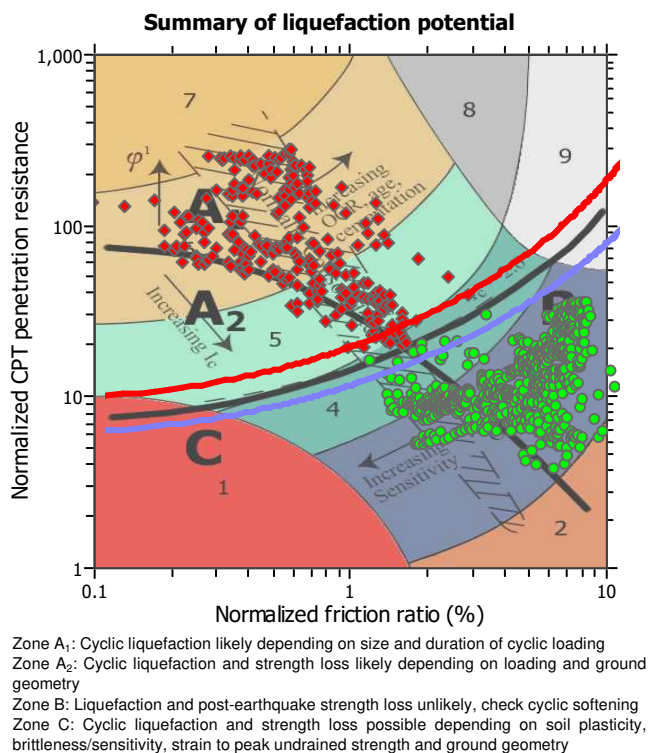
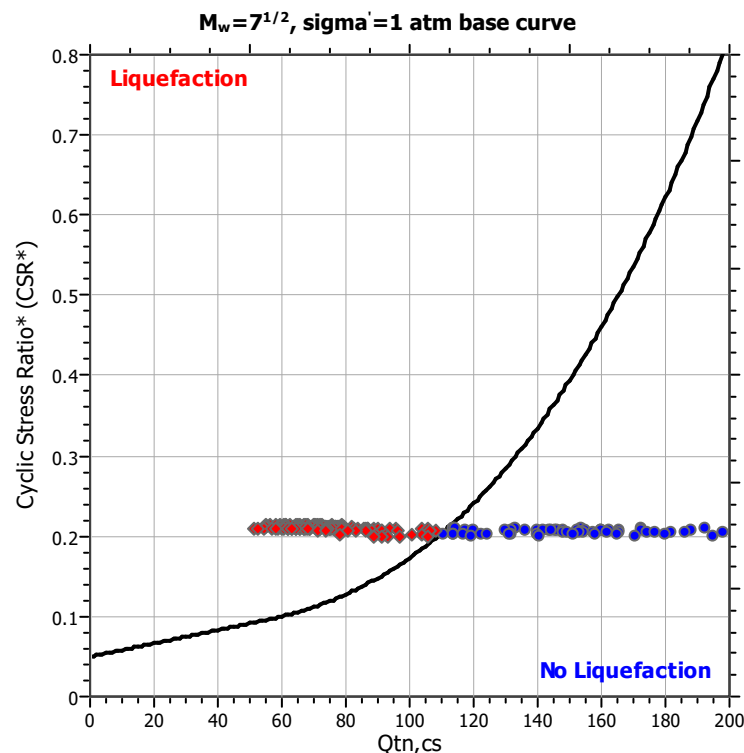
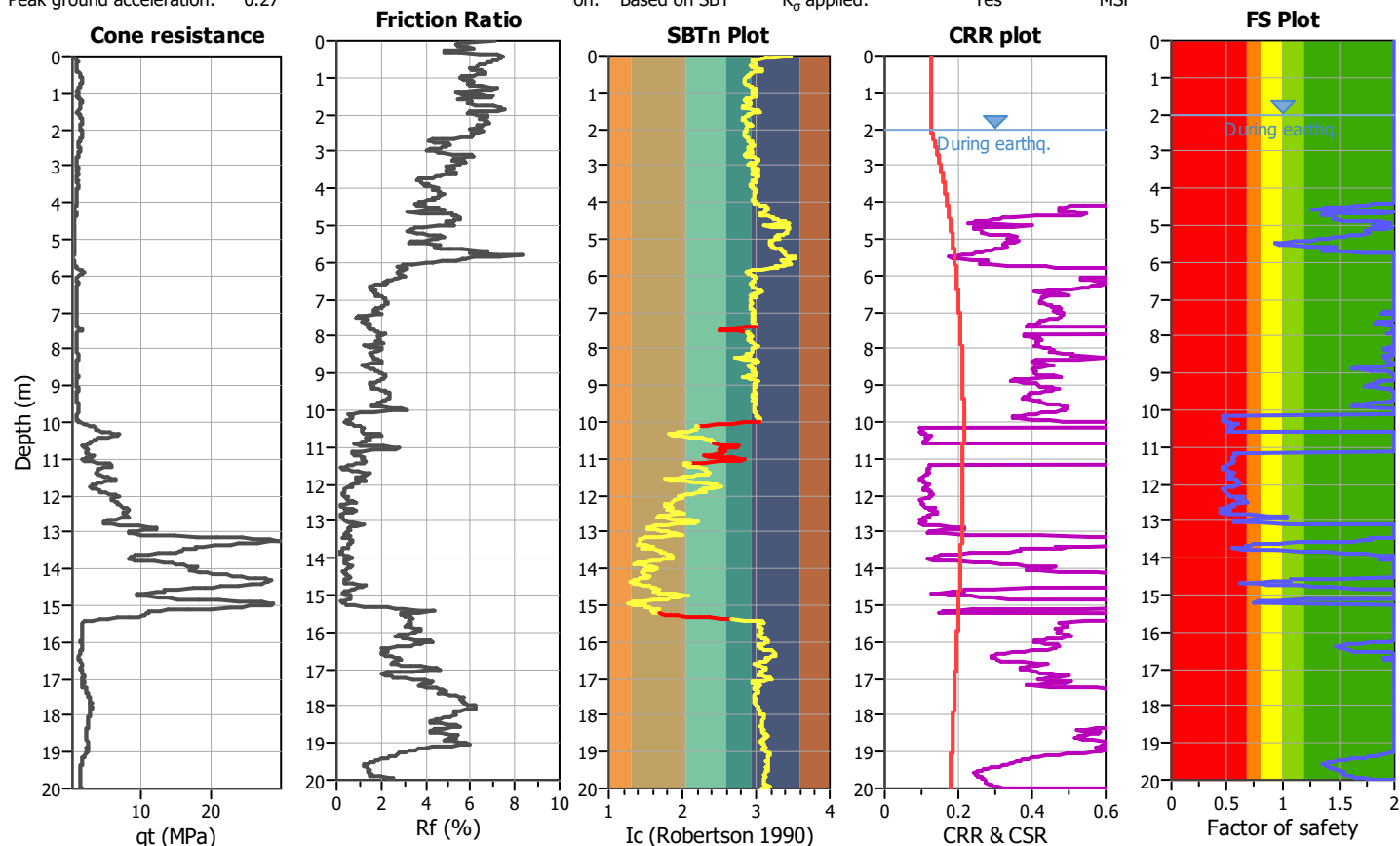
Project title : Variante PSC 2017

Location : Marano Nord- Castenaso (BO)

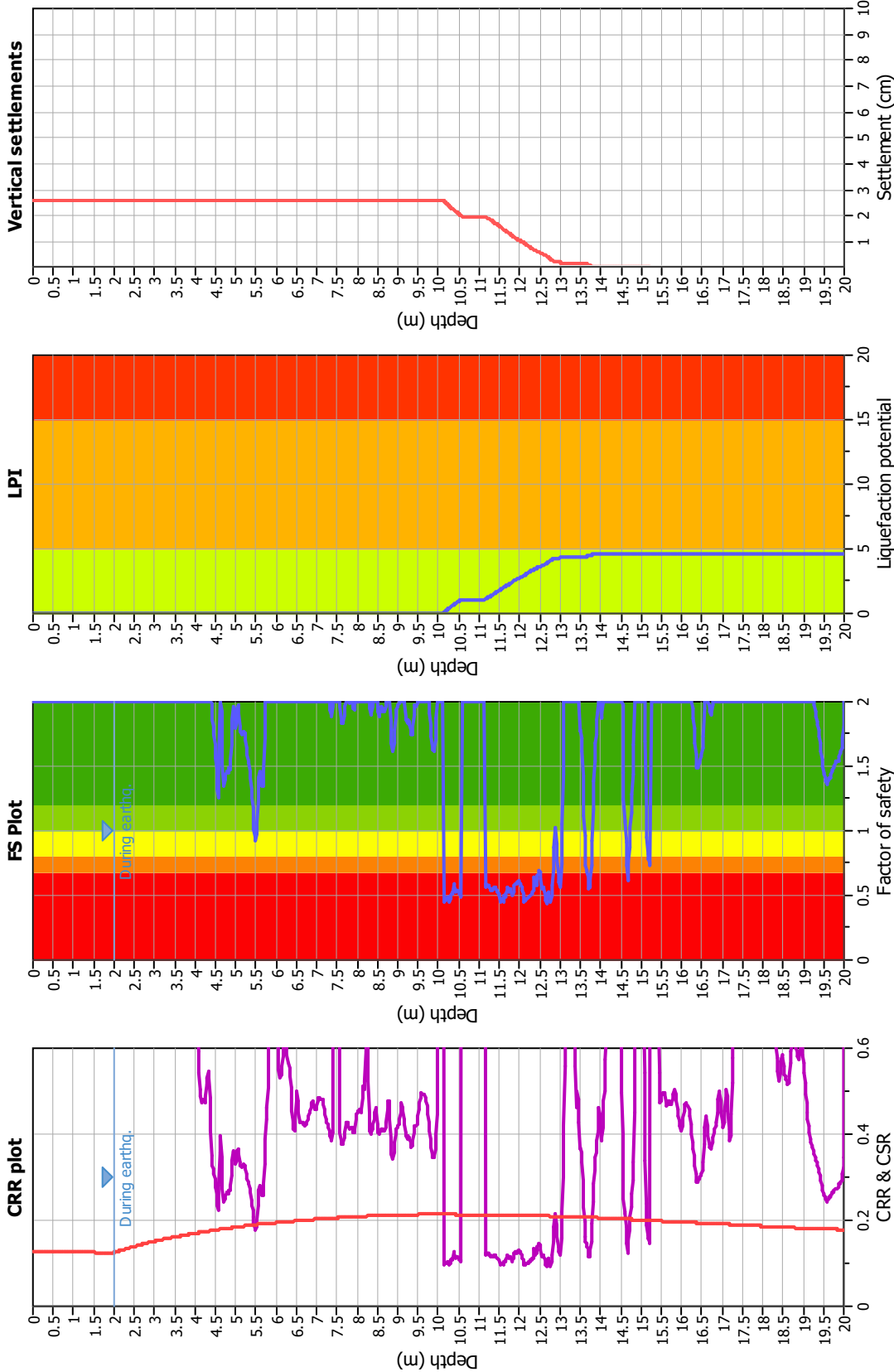
CPT file : CPTU1_POC

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.00 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.27	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

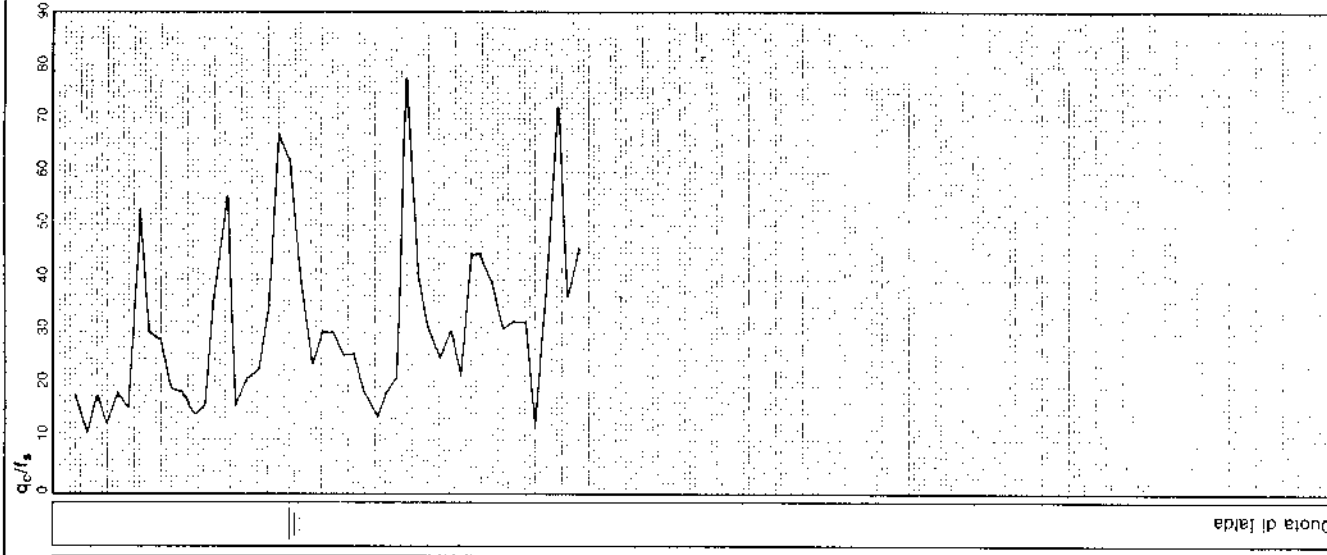
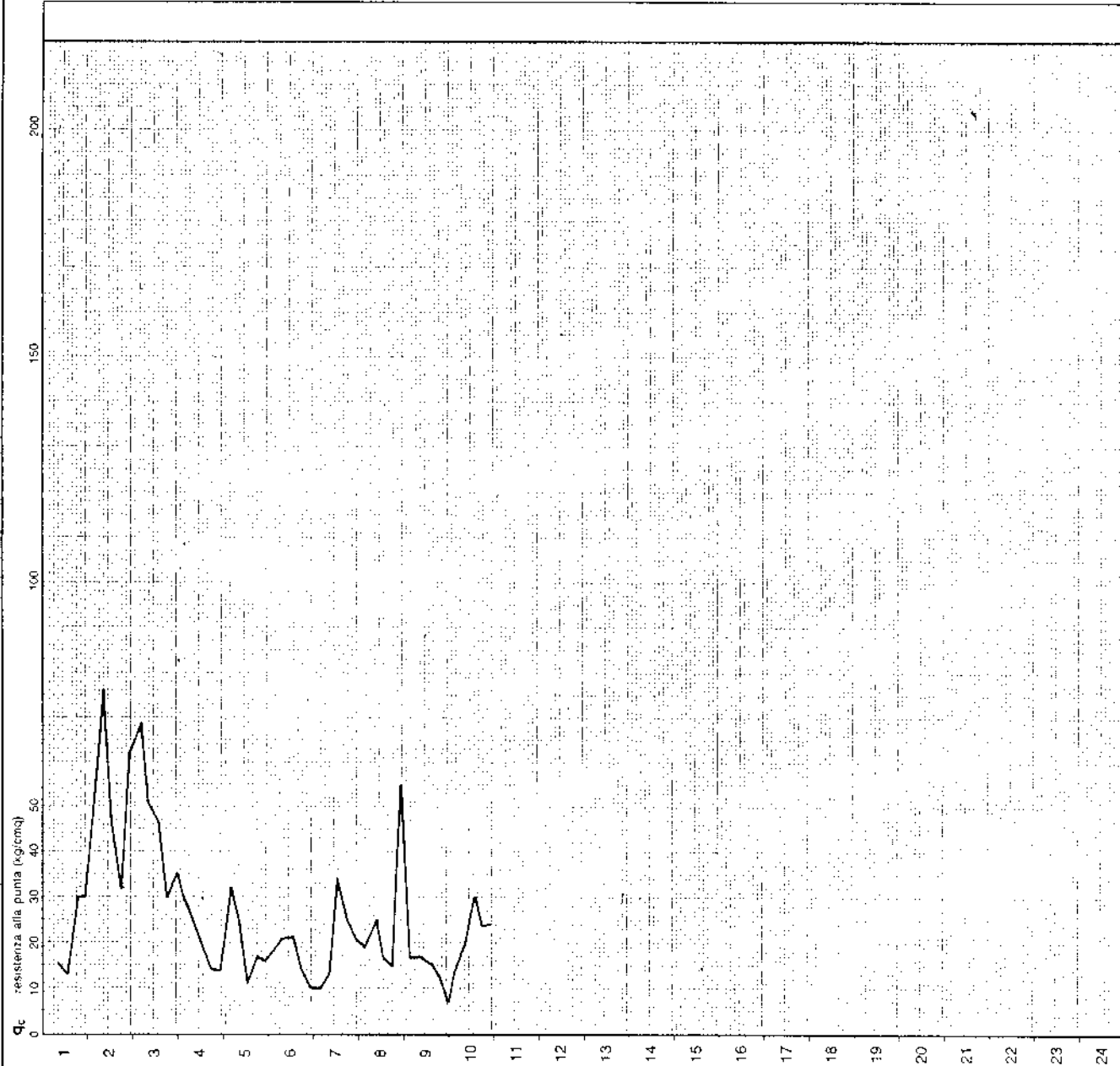
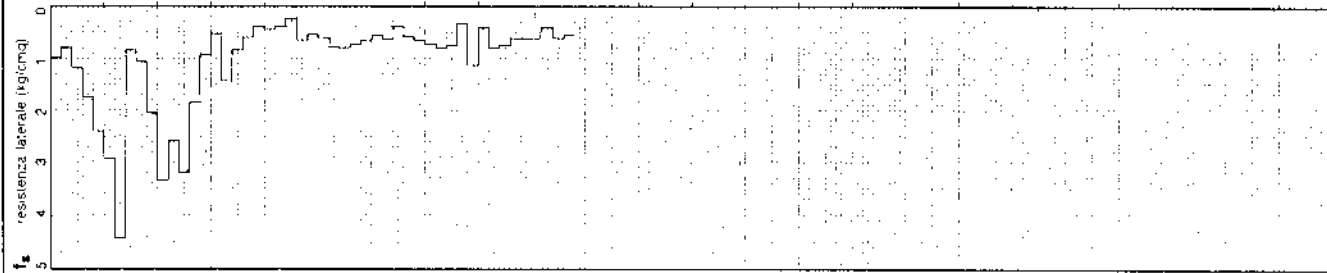
Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	2.00 m
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.27	Use fill:	No
Depth to water table (insitu):	2.00 m	Fill height:	N/A
		Fill weight:	N/A
		Transition detect: applied:	Yes
		K_0 applied:	Yes
		Clay like behavior applied:	All soils
		Limit depth applied:	Yes
		Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

Almost certain it will liquefy	Very likely to liquefy	Liquefaction and no liq. are equally likely	Unlike to liquefy	Almost certain it will not liquefy
Red	Orange	Yellow	Green	Dark Green

LPI color scheme

Very high risk	High risk	Low risk
Red	Orange	Yellow

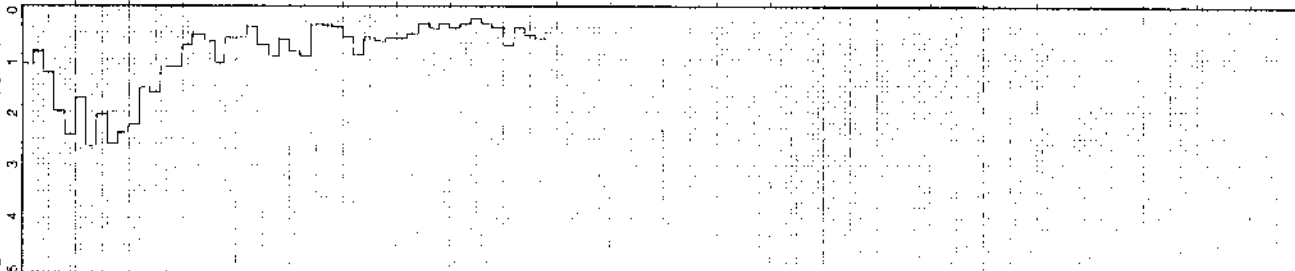


Quota di falda

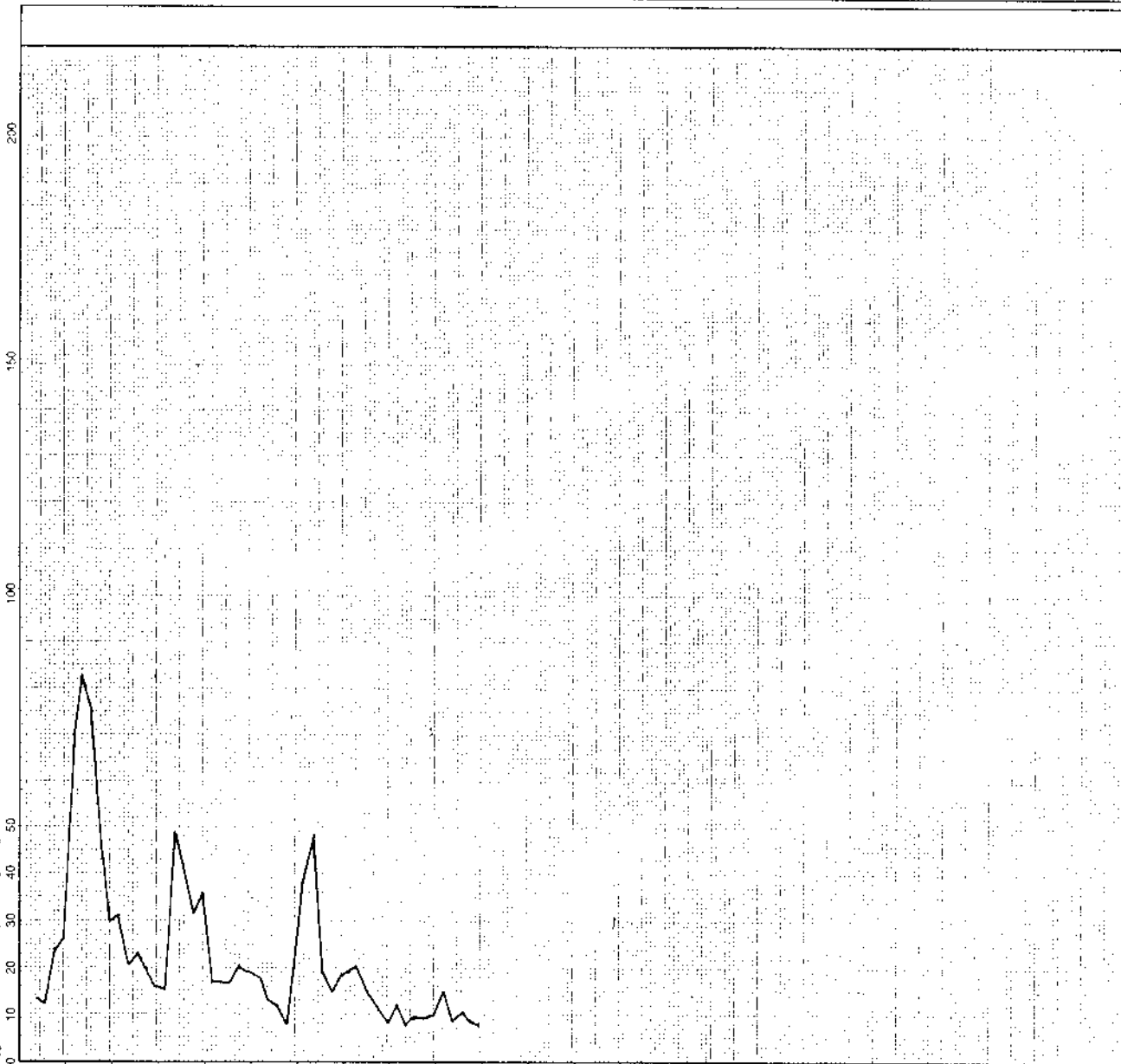
T A AL LA LS SL S SG

224 C 028

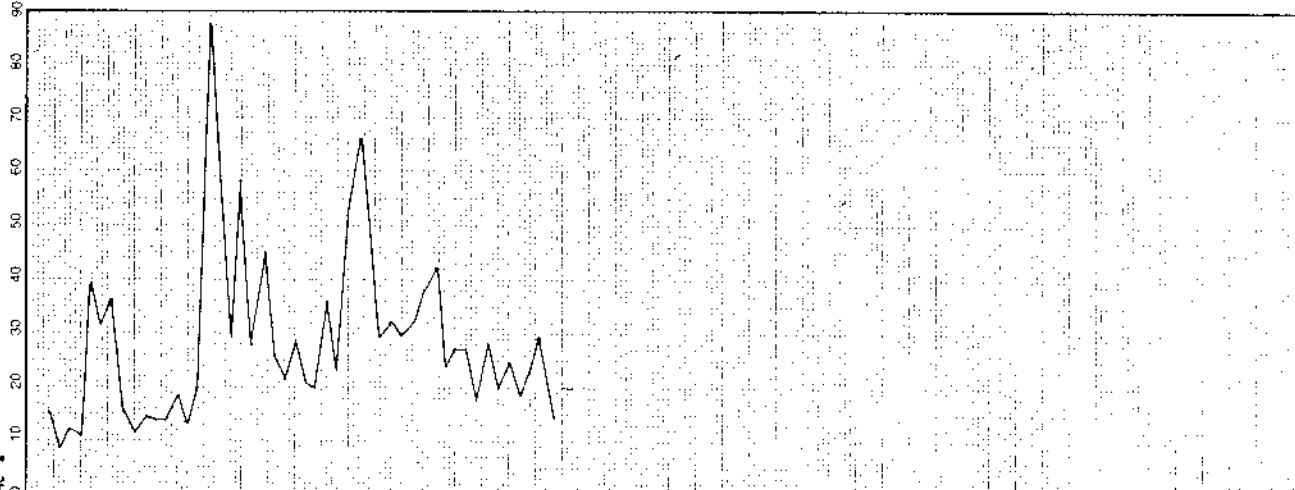
f_s resistenza laterale (kg/cmq)



Q_c resistenza alla punta (kg/cmq)



Q_c/f_s



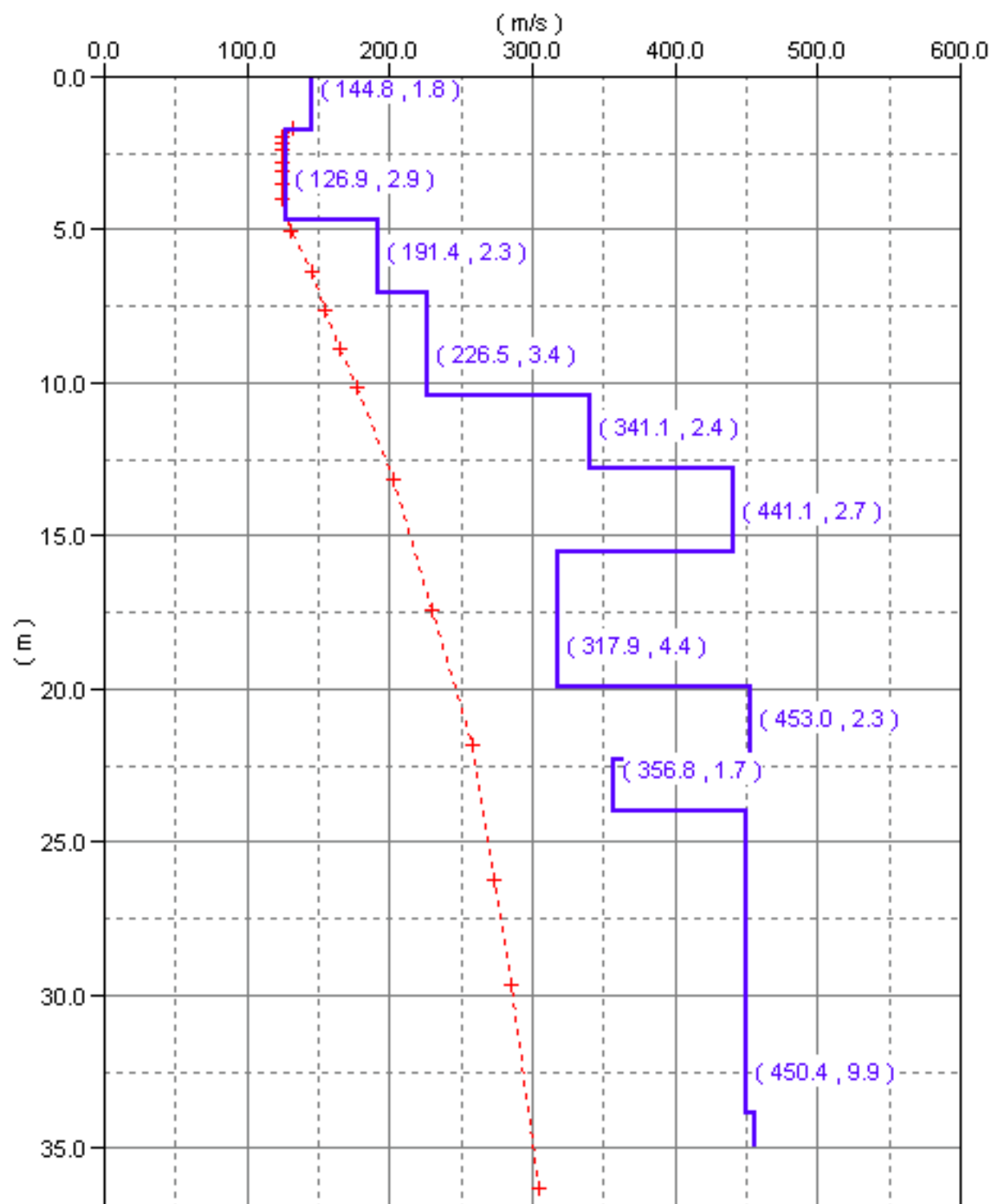
Quota di falda

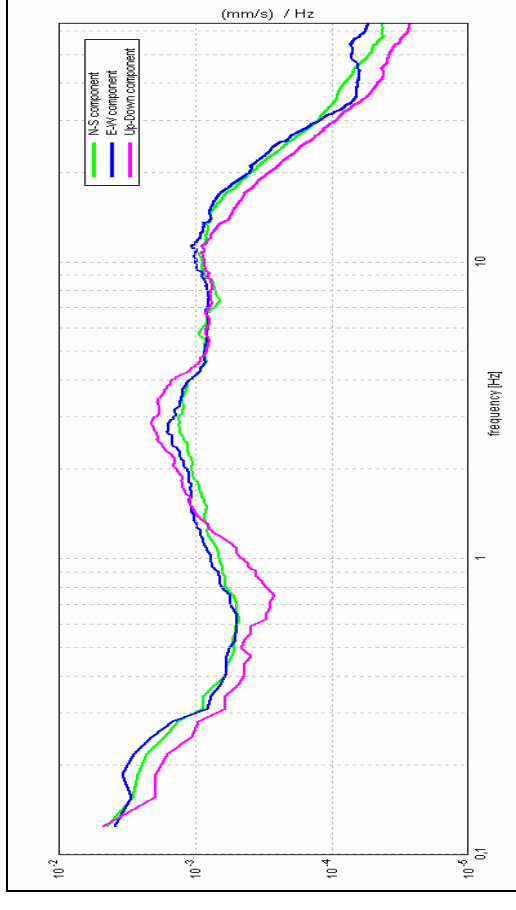
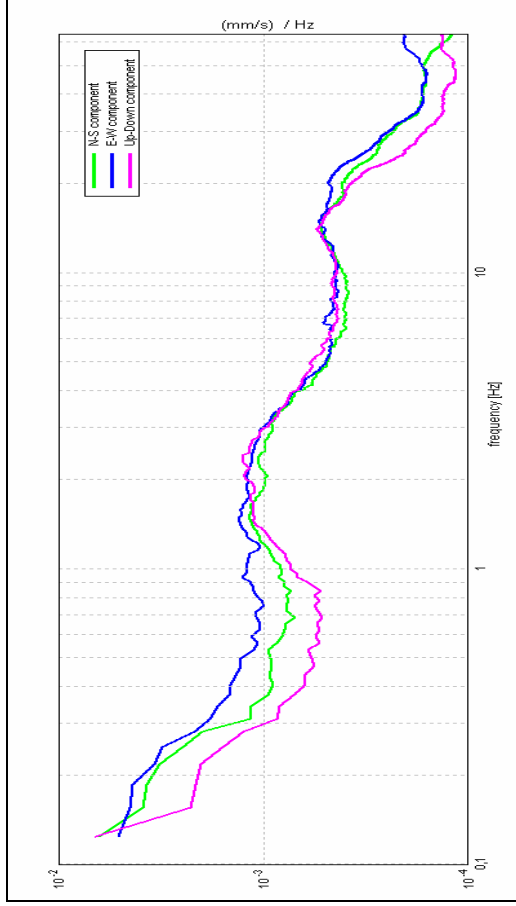
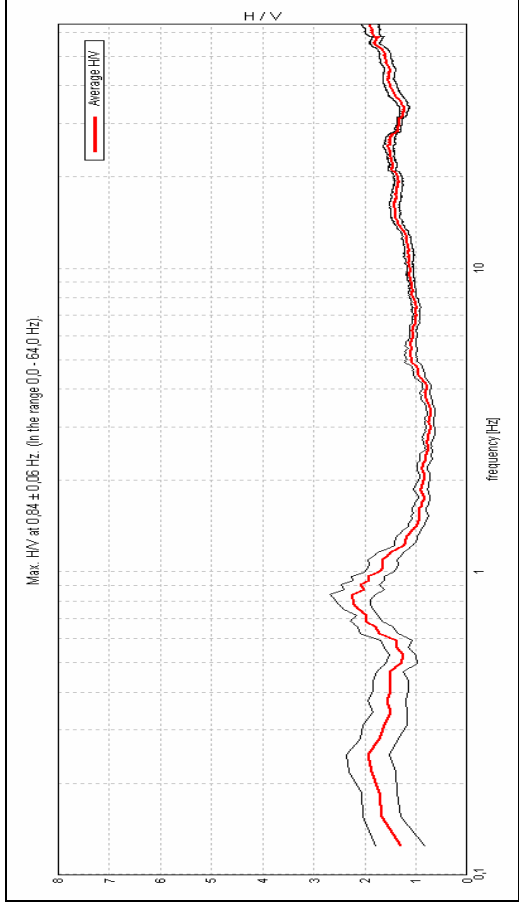
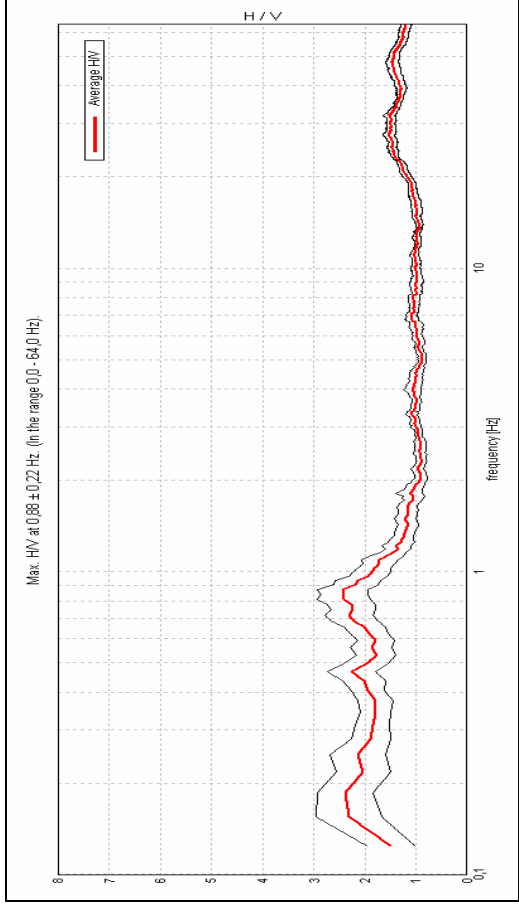
T A AL LA LS S SG

0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000

Q_d resistenza laterale totale (kg)

MASW-ReMi 1



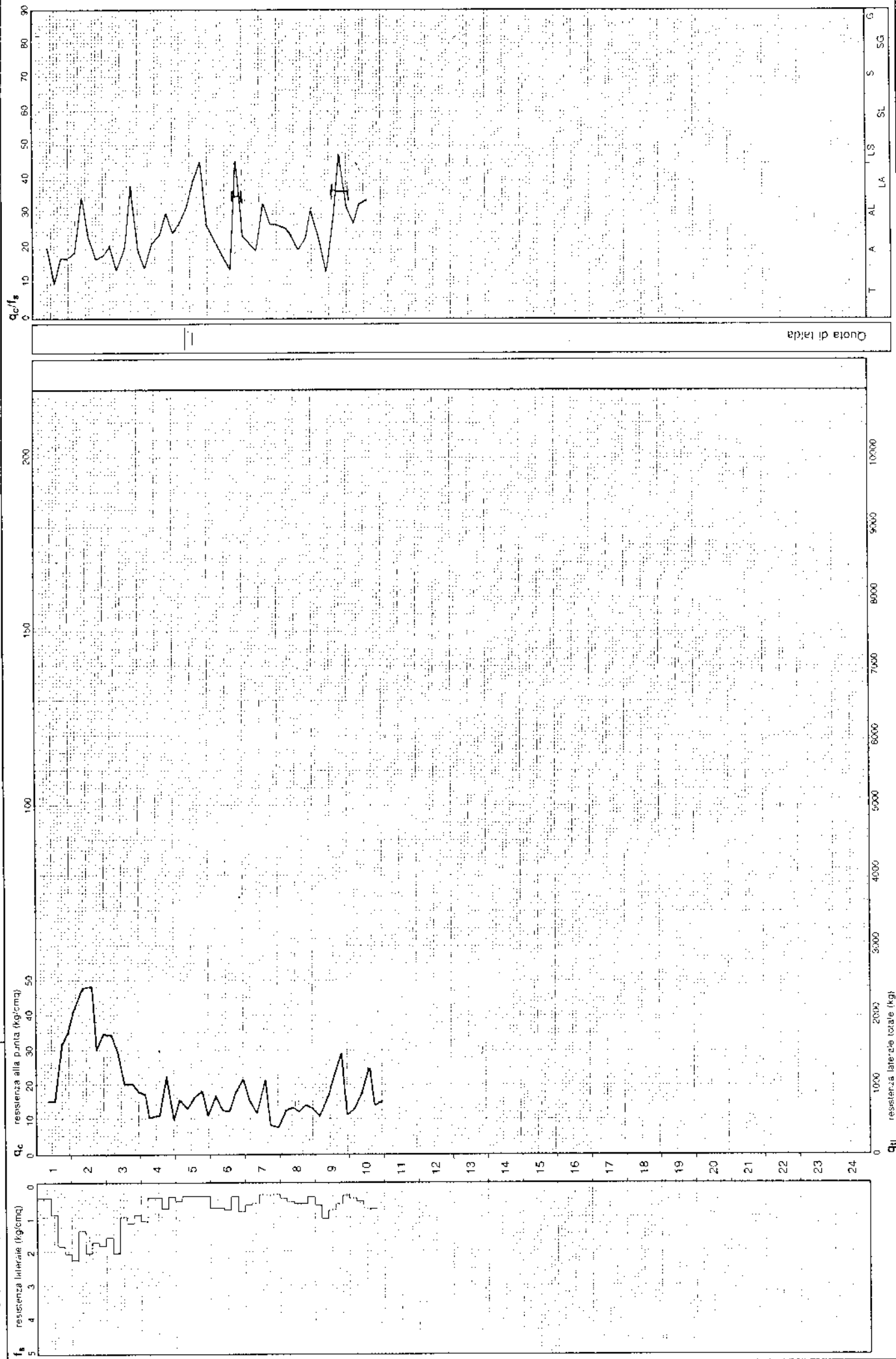


Tr 3 POC 2009

Tr 4 POC 2009

**MODIFICA PER RECEPIMENTO AREE ATTUATE E DA ATTUARE
COMPARTO EX DE.5 (PRG)**

- INDAGINI DI RIFERIMENTO -



II	NN	N	DDDD	GGGG	EEEE	OOO				
II	N	N	N	D	D	G	G	E	O	O
II	N	N	N	D	D	G		EEE	O	O
II	N	NN	D	D	G	GGG	E	O	O	
II	N	N	DDDD	GGGG	EEEE	OOO				

S. Giuseppe (FE) - Via Romea, 72/A

Tel.0533/380450

Fax.0533/380075

220080

DATA.....19/07/93

LOCALITA'.....CASTENASO (BO)

COMMITTENTE.....SUBURBANA EST

NUMERO PROVA..... 21

LIVELLO STATICO FALDA.....-4.00 dal p.c

#	PROFOND. (m)	#	RP (Kg/cm ²)	#	RAL (Kg/cm ²)	#	BEGEMANN	#
#	.2	#	45	#	.4	#	GS	#
#	.4	#	61	#	1	#	SL	#
#	.6	#	48	#	2.666	#	A	#
#	.8	#	46	#	2.533	#	A	#
#	1	#	48	#	3.066	#	A	#
#	1.2	#	30	#	1.266	#	A	#
#	1.4	#	22	#	1.6	#	AM o T	#
#	1.6	#	20	#	1.733	#	AM o T	#
#	1.8	#	17	#	1.466	#	AM o T	#
#	2	#	17	#	1.6	#	AM o T	#
#	2.2	#	15	#	.666	#	A	#
#	2.4	#	15	#	.6	#	A	#
#	2.6	#	24	#	.666	#	AL	#
#	2.8	#	16	#	.6	#	AL	#
#	3	#	21	#	.333	#	SL	#
#	3.2	#	16	#	.533	#	AL	#
#	3.4	#	14	#	.333	#	LA	#
#	3.6	#	9	#	.533	#	A	#
#	3.8	#	18	#	.2	#	GS	#
#	4	#	11	#	.333	#	AL	#

#	PROFOND. (m)	#	RP (Kg/cmq)	#	RAL (Kg/cmq)	#	BEGEMANN	#
#	4.2	#	11	#	.2	#	LS	#
#	4.4	#	16	#	.133	#	GS	#
#	4.6	#	18	#	.333	#	LS	#
#	4.8	#	12	#	.733	#	A	#
#	5	#	10	#	.6	#	A	#
#	5.2	#	9	#	.466	#	A	#
#	5.4	#	17	#	1	#	A	#
#	5.6	#	21	#	.4	#	LS	#
#	5.8	#	20	#	.466	#	LA	#
#	6	#	32	#	.6	#	LS	#
#	6.2	#	40	#	.4	#	GS	#
#	6.4	#	37	#	.6	#	SL	#
#	6.6	#	23	#	1.333	#	A	#
#	6.8	#	39	#	.666	#	SL	#
#	7	#	25	#	.066	#	GS	#
#	7.2	#	25	#	1.333	#	A	#
#	7.4	#	23	#	.2	#	GS	#
#	7.6	#	21	#	1.133	#	A	#
#	7.8	#	29	#	.066	#	GS	#
#	8	#	8	#	.8	#	AM o T	#
#	8.2	#	7	#	.4	#	A	#
#	8.4	#	11	#	.8	#	AM o T	#
#	8.6	#	34	#	.733	#	LS	#
#	8.8	#	54	#	2.8	#	A	#
#	9	#	125	#	3.4	#	LA	#
#	9.2	#	170	#	3.133	#	LS	#
#	9.4	#	109	#	5.733	#	A	#
#	9.6	#	234	#	2.533	#	GS	#
#	9.8	#	308	#	3.933	#	SG	#
#	10	#	384	#	6.266	#	SL	#

[illegible]

COMMITTENTE:

SUBURBANA EST

LOCALITA':

VILLANOVA (BO)

[illegible]

GEO-PROLE

40134 BOLOGNA

Via C. Treves, 13/f - Tel. 051/42.35.10

CPT (CONE PENETROMETER TEST)

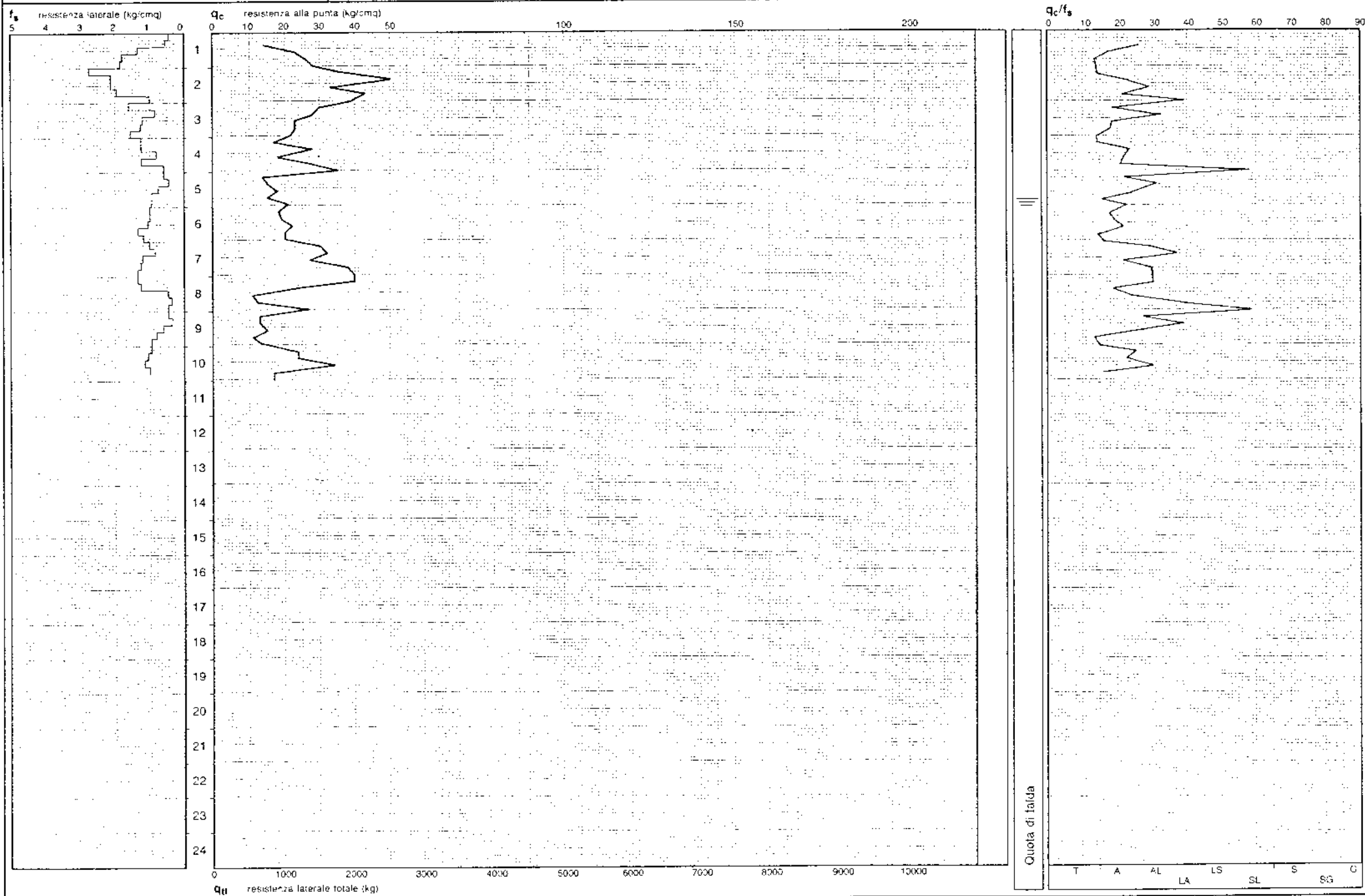
N. 9

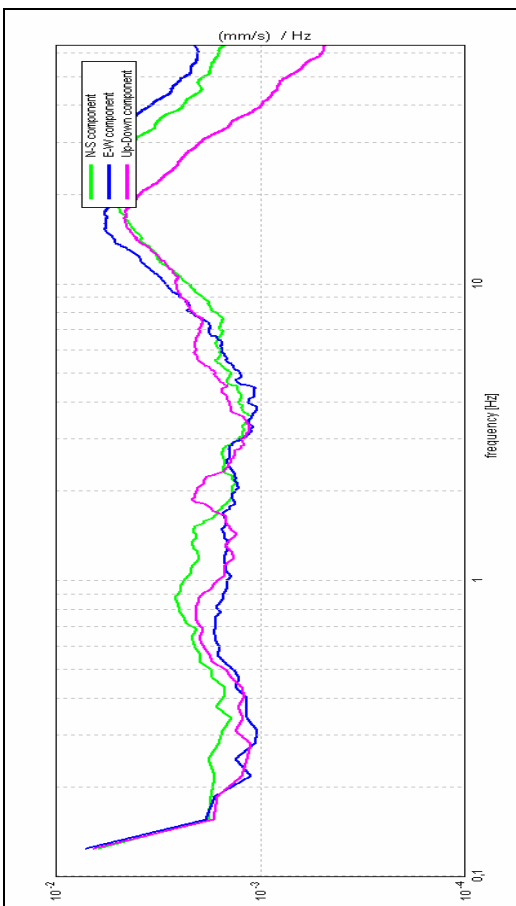
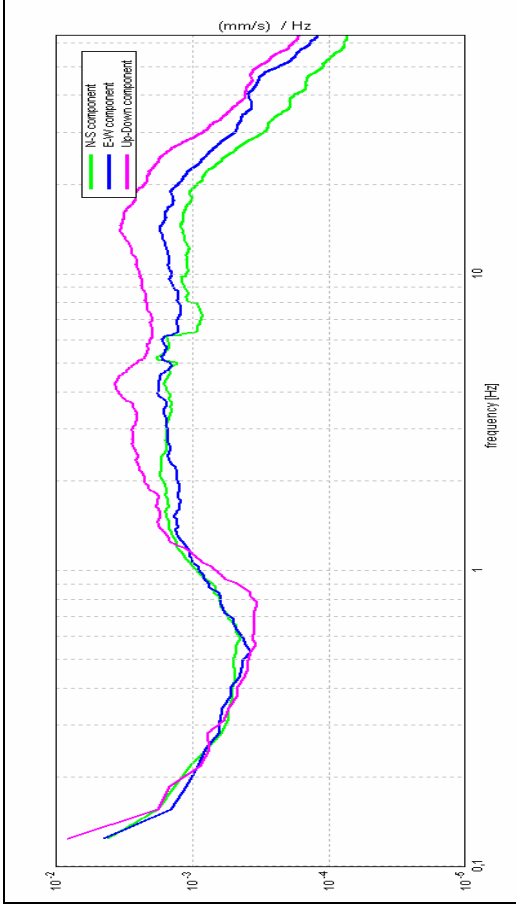
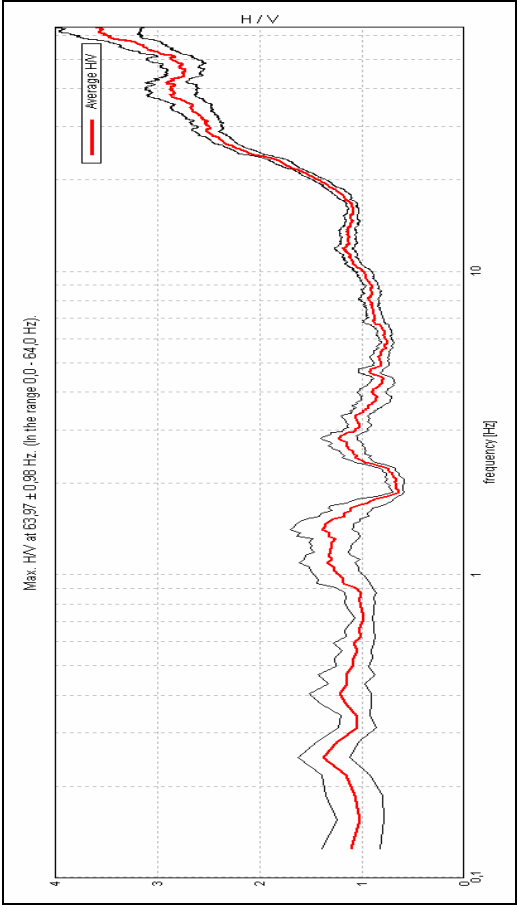
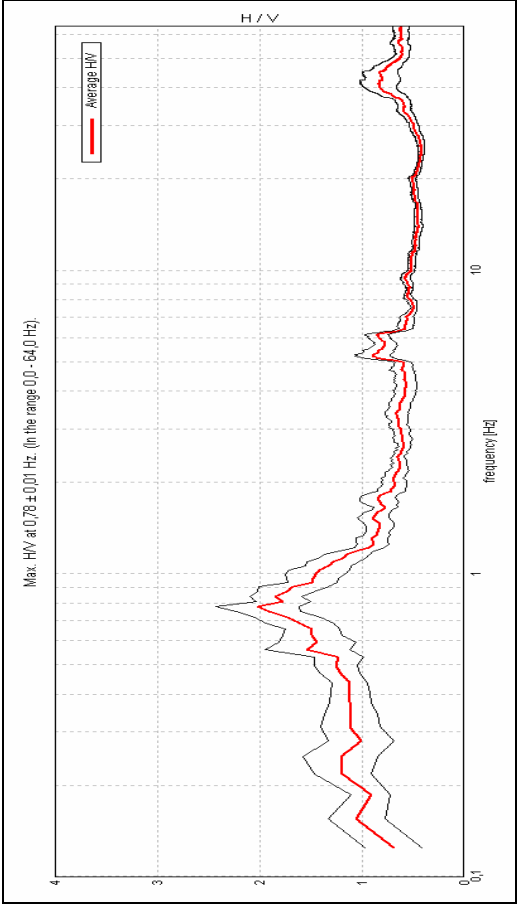
221 LC 005

Località: VILLANOVA DI CASTENASO

Committente: COMUNE DI CASTENASO

Data: 23/02/1990



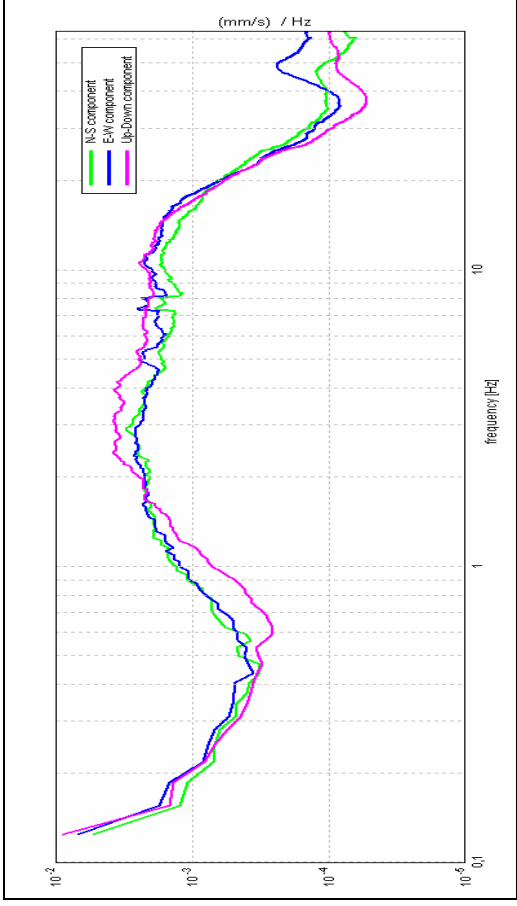
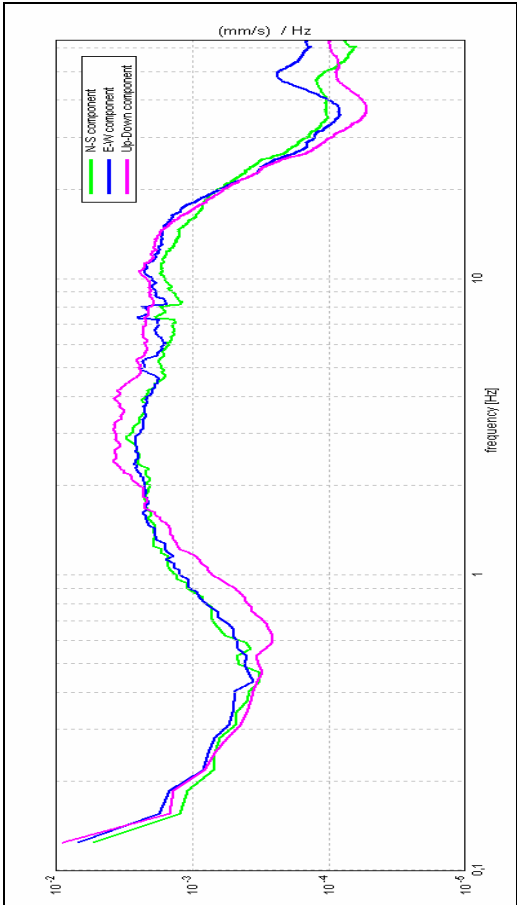
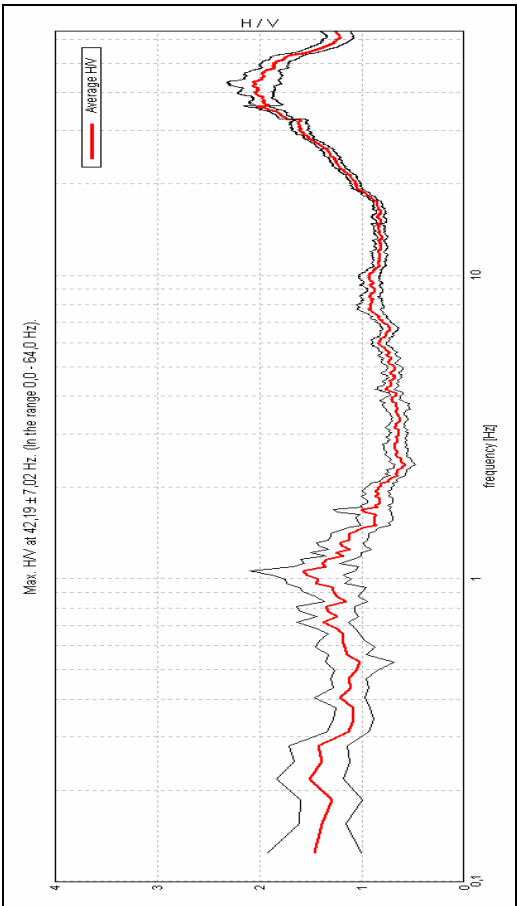
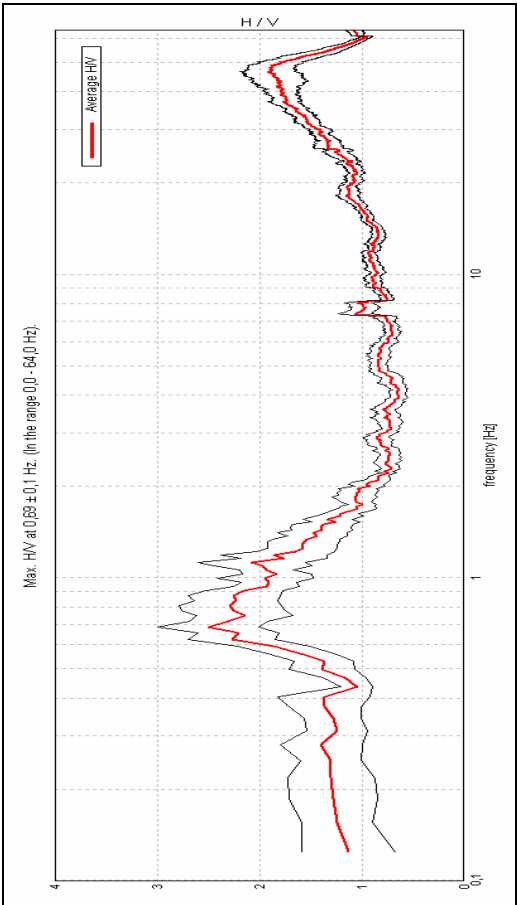


Tr 9- Castenaso-via Matteotti

Tr 10-Castenaso-via Pedersala

**MODIFICA PER L'ATTUAZIONE DEL COMPARTO ANS_C1.1 DI
VIA DEL BARGELLO**

- INDAGINI DI RIFERIMENTO -



Tr 5- Villanova di Castenaso-Via Fiumana Sinistra

Tr 6- Villanova di Castenaso-Via del Bargello

4.3 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

L'elaborazione dei dati permette di ottenere i seguenti diagrammi:

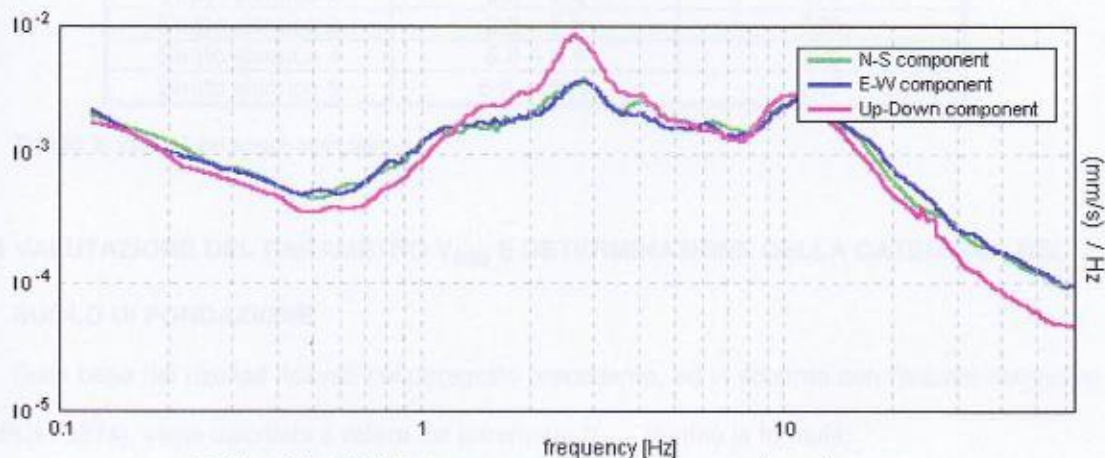


Grafico 1: Spettri delle tre componenti ortogonali rilevate nell'area in oggetto.

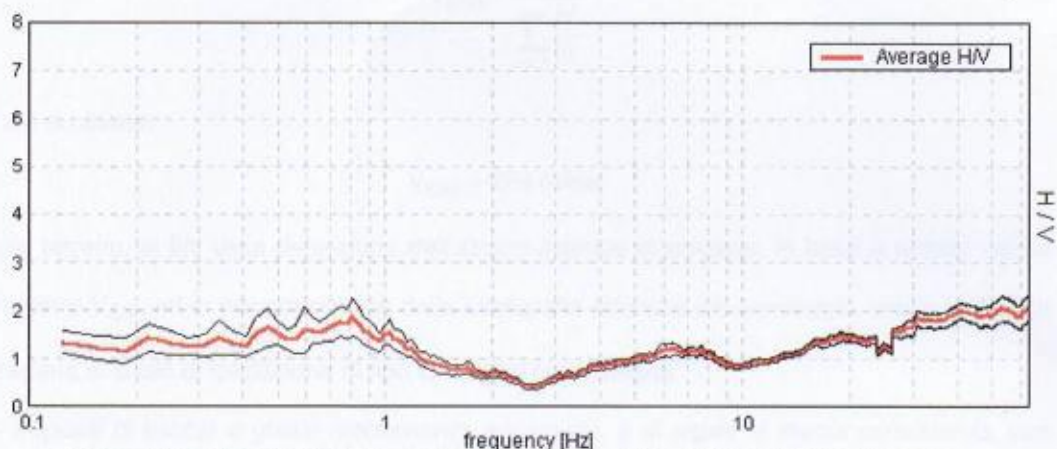


Grafico 2: Diagramma HVSR indicante lo spettro del moto del suolo rilevato nell'area in oggetto.

In considerazione del fatto che i picchi indicano contrasti di impedenza è possibile notare un andamento piuttosto dolce con due picchi principali alle frequenze di 0.8 Hz e 6 Hz. Questi mostrano una bassa ampiezza ad indicare contrasti di impedenza modesti tra i materiali presenti lungo la verticale di registrazione.

Geologo Mirko Sita

Via P. Bonafede, 29 – 40139 Bologna
 Tel. 051-547651 Cell. 349-4515174
 C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

Le velocità estratte per gli spessori dei materiali sono di seguito elencate:

	Profondità (m)	V_S (m/sec)
Strato sismico 1	0.0 – 0.3	112
Strato sismico 2	0.3 – 2.8	179
Strato sismico 3	2.8 – 5.8	190
Strato sismico 4	5.8 – 6.8	205
Strato sismico 5	6.8 – 30.0	247

Tabella 3: Velocità dei singoli strati sismici.

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

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

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Da cui si ottiene:

$$V_{S30} = 229 \text{ m/sec}$$

A tale terreno, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in base a questo valore del parametro V_{S30} ed in considerazione della stratigrafia ottenuta dal sondaggio, viene associata una categoria di suolo di fondazione di tipo *C* definita come segue:

C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).

Geologo Mirko Sita

Via P. Bonafede, 29 – 40139 Bologna
 Tel. 051-547651 Cell. 349-4515174
 C.F. STIMRK74B15A944T – P.I. 02344551201

GEO-PROBE S.r.l.
Indagini Geognostiche

40033 CASALECCHIO DI RENO (BO)
Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

Committente: Coop Costruzioni

Località: Castenaso (BO)

Cantiere: via Bargello

Perforazione: Trivellazione a secco d 120 mm

Attrezzatura: Unimog 400L

Quota: ---

Profondità: 7.00 m

Data inizio: 03/07/2007

Data fine: 03/07/2007

Il geologo: Dr. L. Conti

Rep. Pr. N°07.0880/RSP

Codice Lavoro 2007.189

SONDAGGIO FOGLIO

1

1/1

Procedura di Prova

Rapporto di Prova N°

Rev.

Data di emissione

Lo Sperimentatore

Il Direttore di Laboratorio

07.0880/RSP

0

03/07/2007

Dr. Tabarroni

Dr. L. Conti

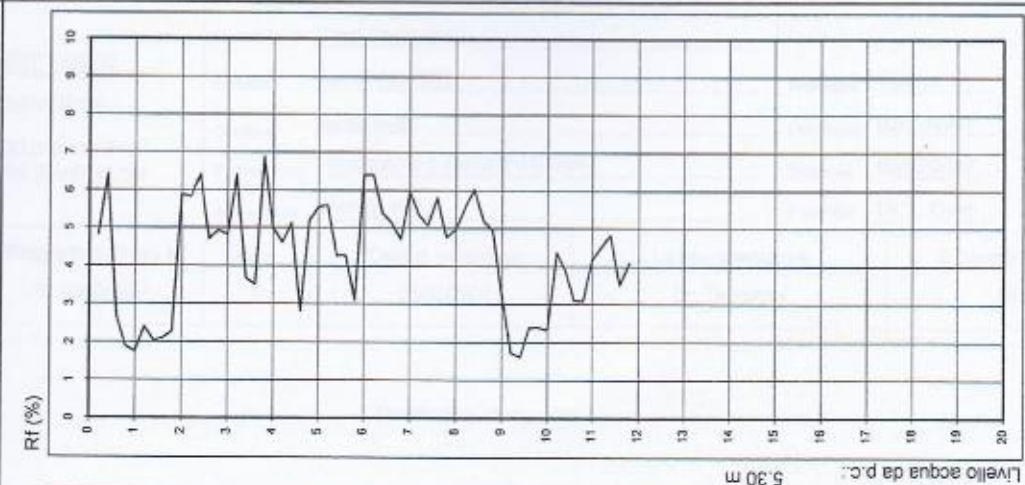
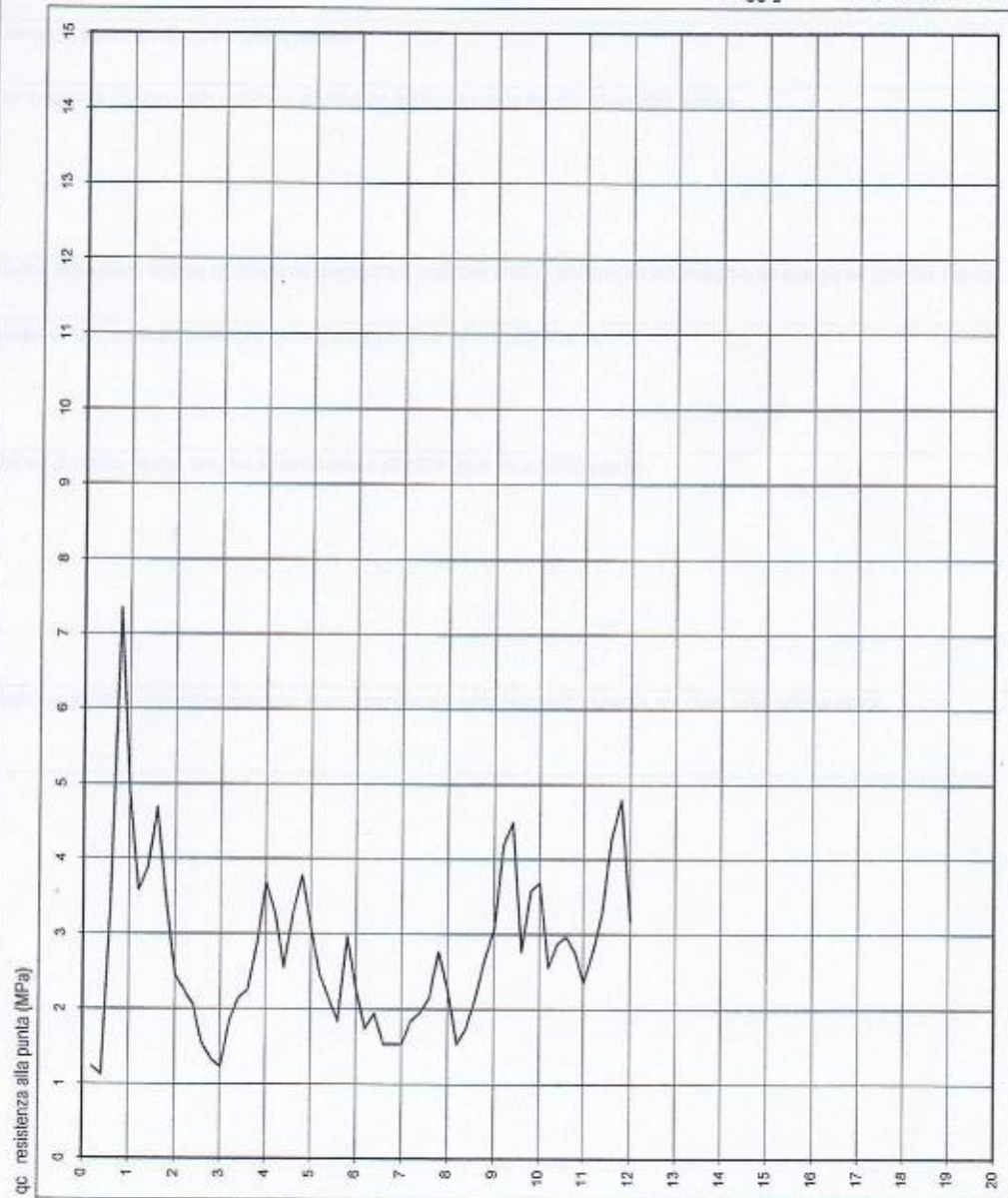
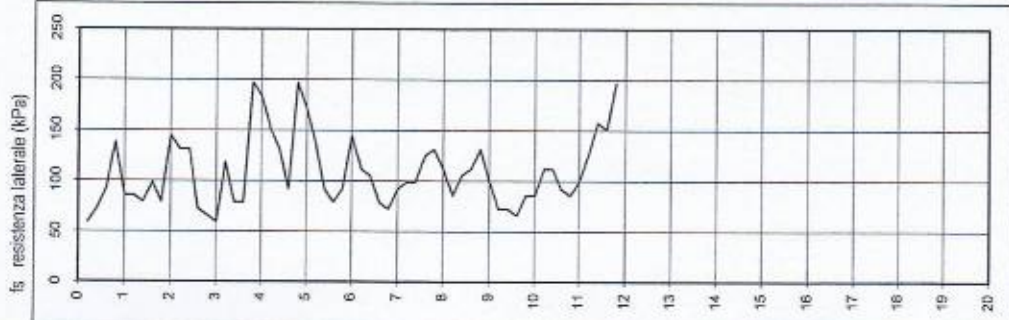
Profondità [m]	Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Campioni	Falda	Piezometro Norton
0.60	1		Limo debolmente sabbioso di colore giallo ocreo.			
2.20	2		Sabbia fine limosa di colore giallo ocreo; terreno ad addensamento medio ed umidità scarsa.			
2.80	3		Limo sabbioso e/o sabbia limosa di colore da giallastro a marrone chiaro; terreno ad addensamento scarso ed umidità media.			
4.00	4		Limo argilloso di colore beige; terreno a consistenza plastica ed umidità scarsa.			
6.20	6		Limo sabbioso di colore beige; terreno a consistenza plastico dura ed umidità media.			
7.00	7		Sabbia limosa grossolana di colore marrone scuro; terreno ad addensamento scarso, in totale saturazione idrica.			
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					

5.90

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

CPT (CONE PENETRATION TEST) N. 7
Committente : Coop Costruzioni
Località : Castenaso (BO) via Bargello
Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

Rapporto di Prova N°: 07.0879 /RSP
Quota: ---
Data prova : 03/07/2007
Codice lavoro: 2007.189



5.30 m
Livello acqua da p.c.

Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IP_2	ASTM D 3441-94	0	03/07/2007	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

GEO-PROBE S.r.l.

- Indagini Geostatiche -

40033 CASALECCHIO DI RENO

Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

CPT (CONE PENETRATION TEST)**N. 6**

Rapporto di Prova N°:

07.0878 /RSP

Committente :

Coop Costruzioni

Località :

Castenaso (BO)

Attrezzatura :

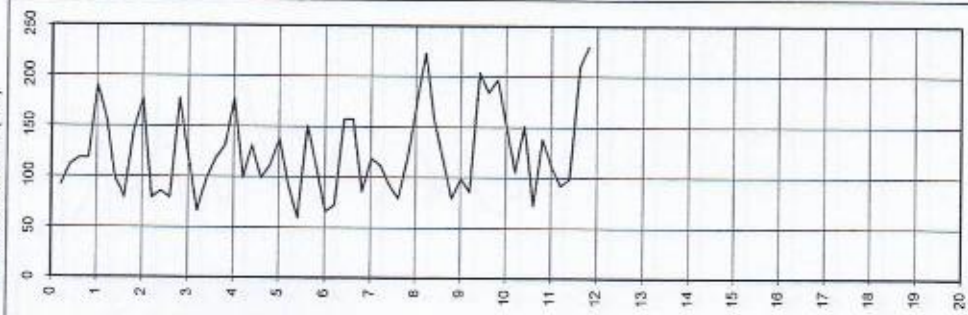
Penetrometro da 200 kN

via Bargello

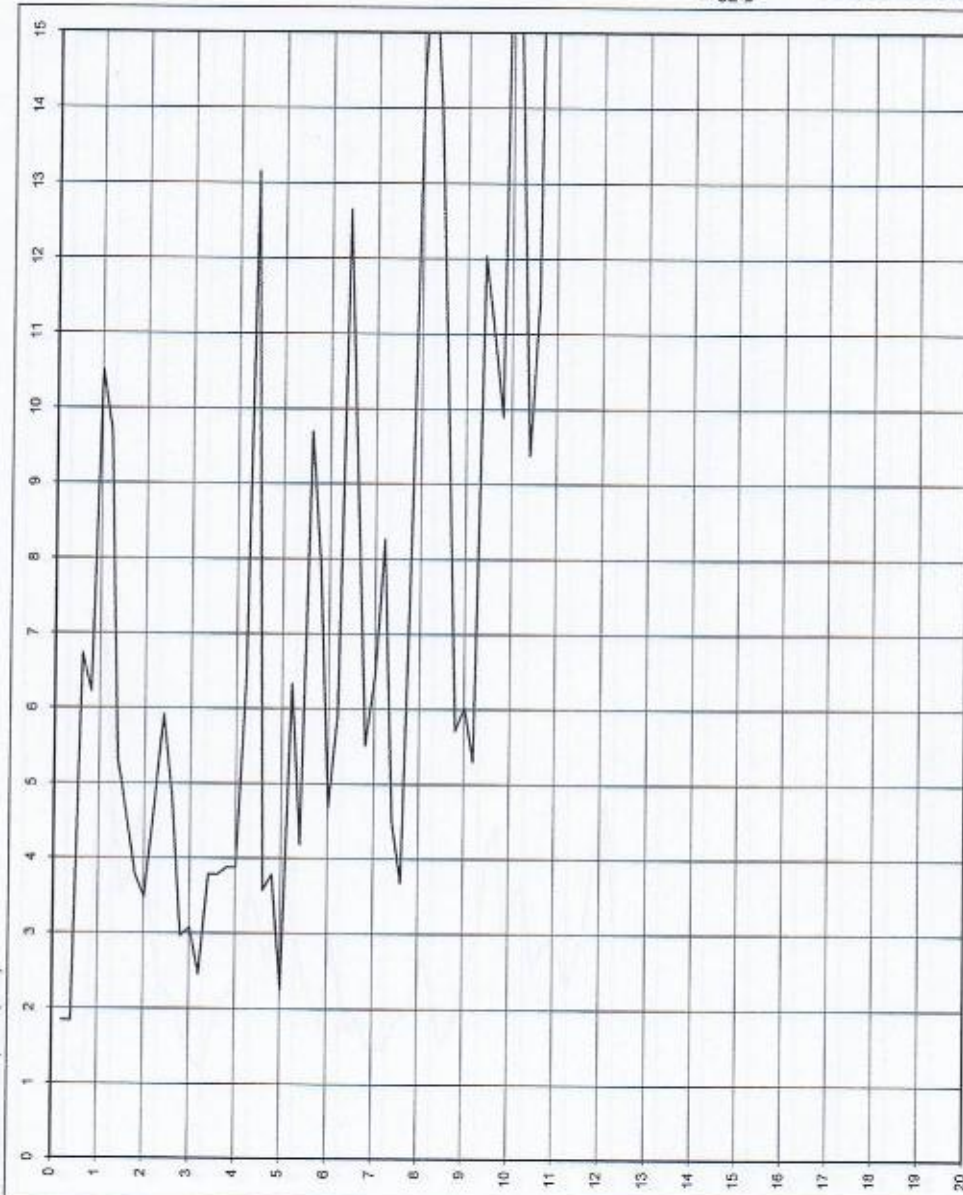
Data prova : 03/07/2007

Codice lavoro: 2007.189

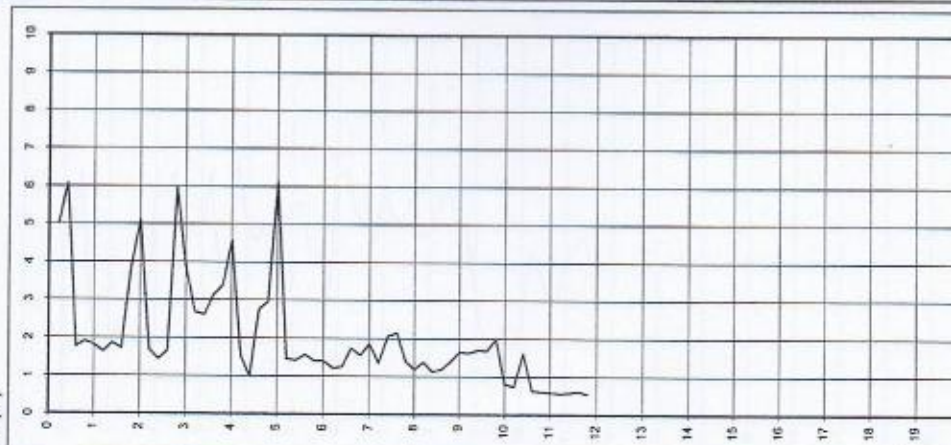
fs resistenza laterale (kPa)



qc resistenza alla punta (MPa)



Rf (%)



Livello acqua da p.c.: 5.70 m

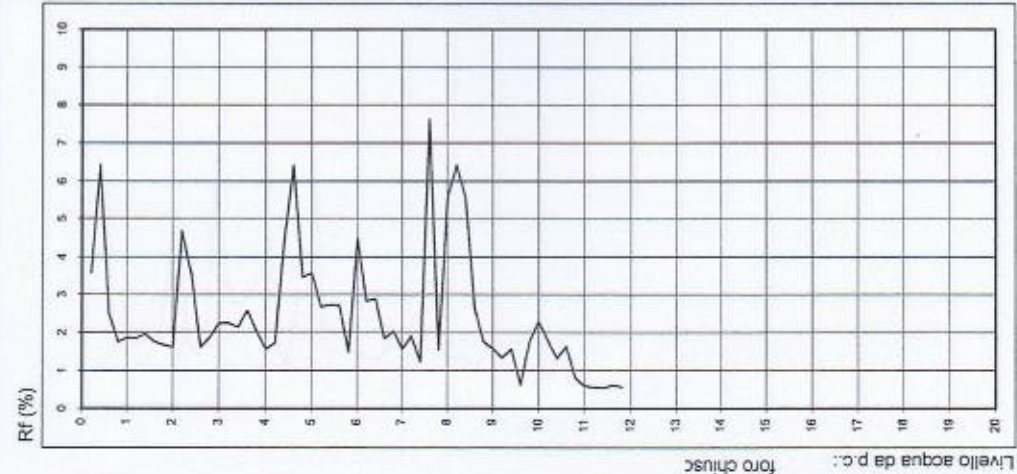
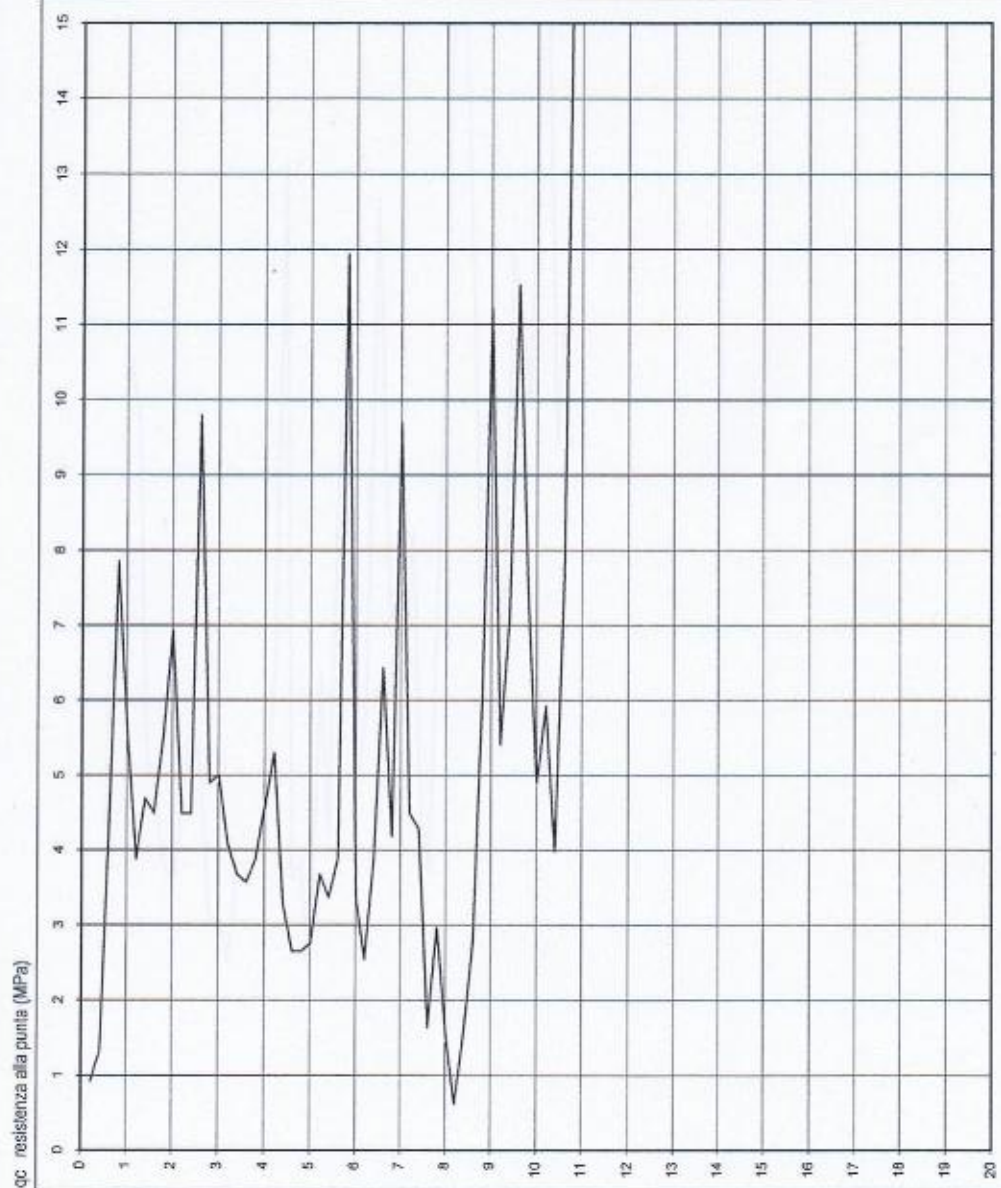
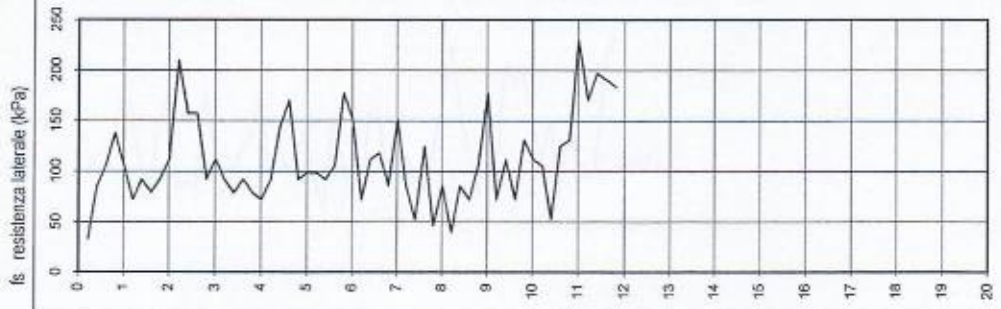
Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IP_2	ASTM D 3441-94	0	03/07/2007	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

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

CPT (CONE PENETRATION TEST)
Committente : Coop Costruzioni
Località : Castenaso (BO) via Bargello
Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

Rapporto di Prova N°: **07.0875 /RSP**
Quota: ---
Data prova : 03/07/2007
Codice lavoro: 2007.189



Livello acqua da p.c.: foro chiuso

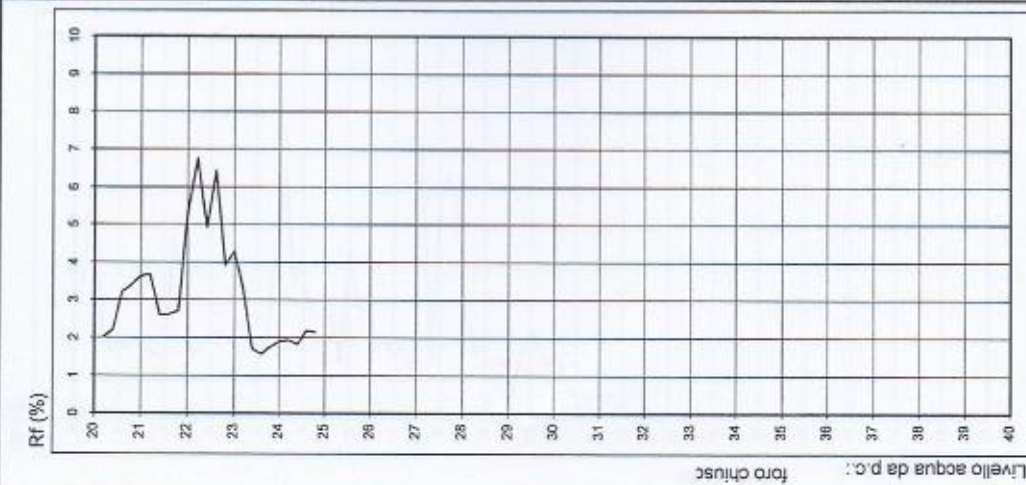
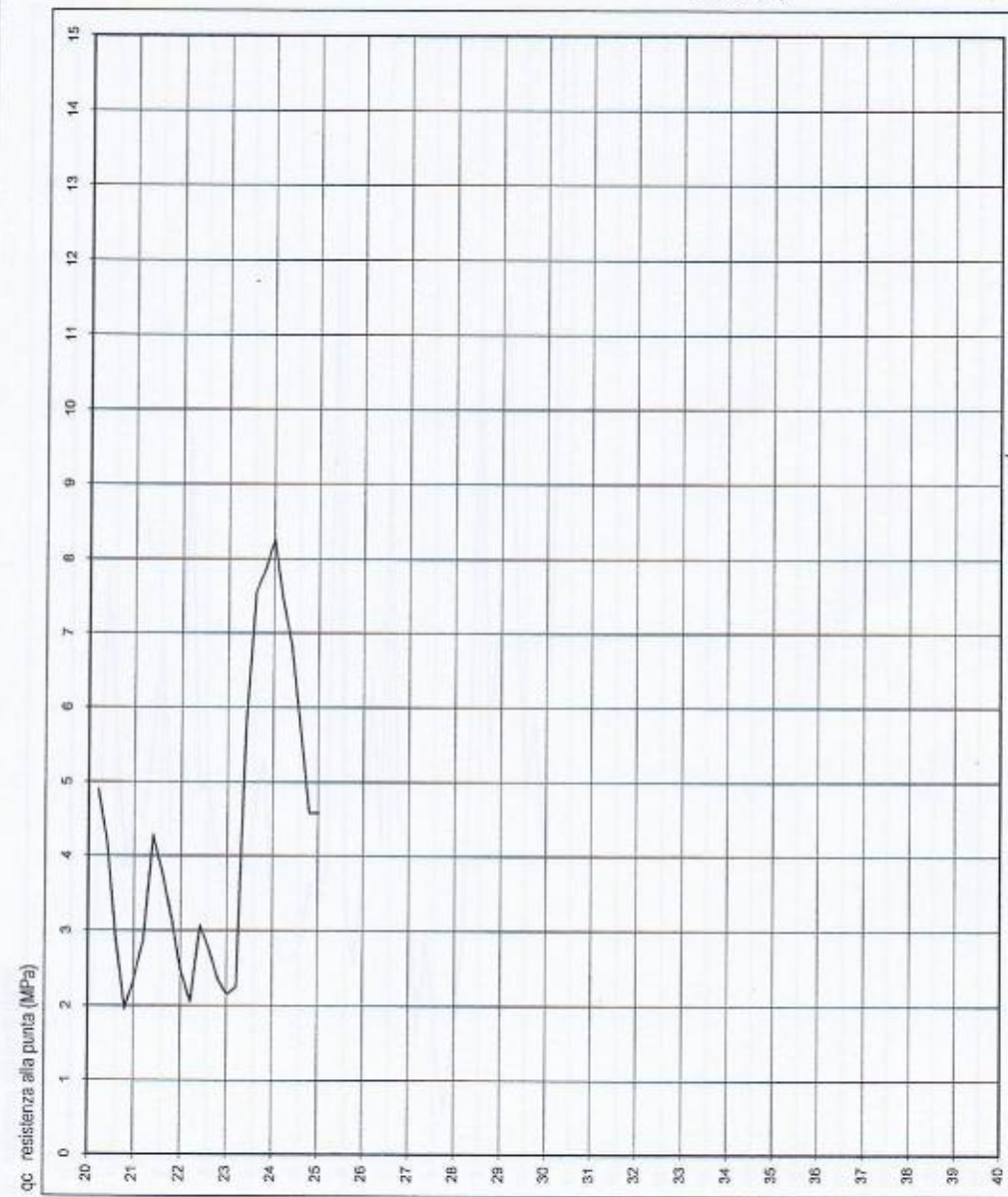
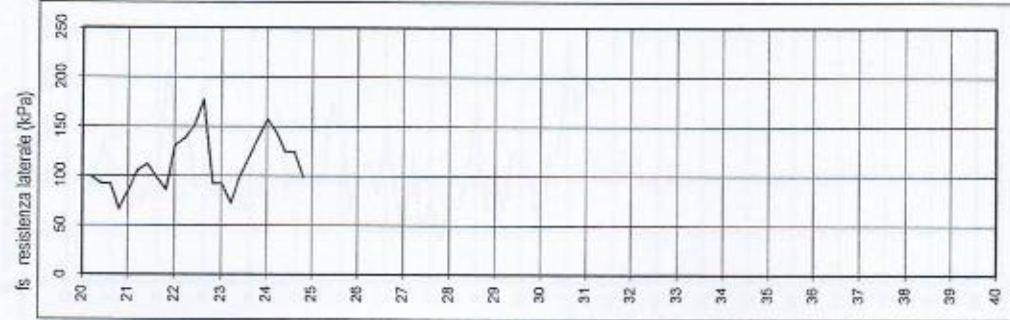
Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IP_2	ASTM D 3441-94	0	03/07/2007	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

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

CPT (CONE PENETRATION TEST)
N. 3
Committente : Coop Costruzioni
Località : Castenaso (BO) via Bargello
Attrezzatura : Penetrometro da 200 kN

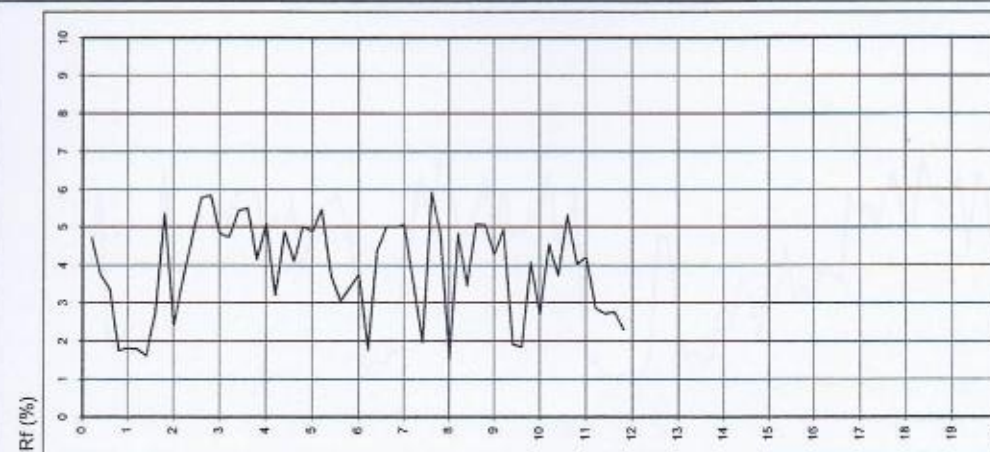
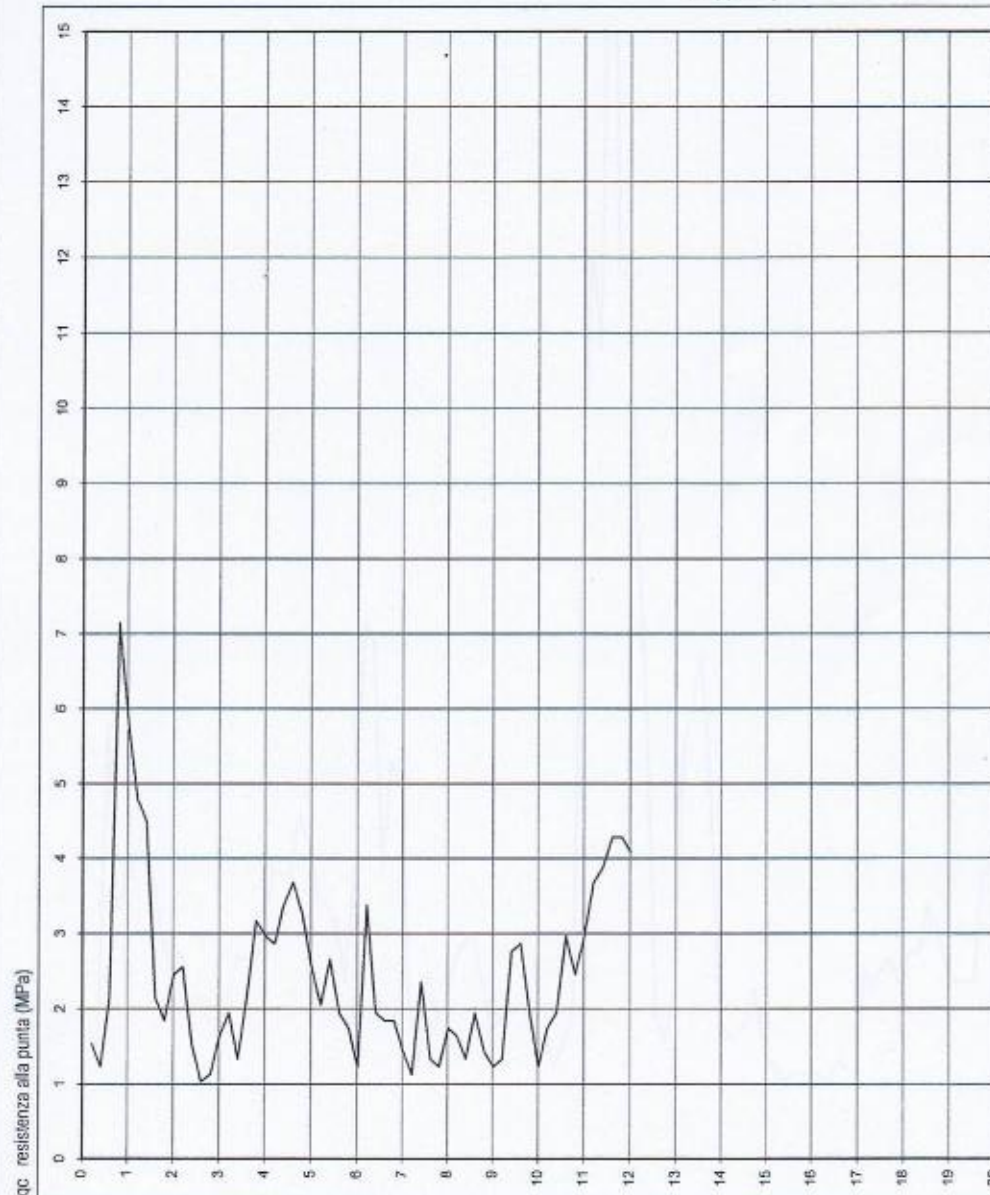
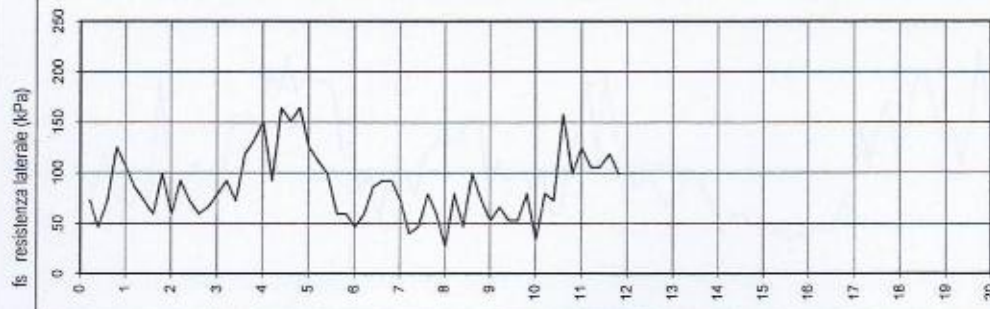
Certificato di Prova N°: **07.0875 IRSP**
Quota: ---
Data prova : 03/07/2007
Codice lavoro: 2007.189



Livello acqua da p.c.:
foro chiusc

Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IP_2	ASTM D 3441-94	0	03/07/2007	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti



Note: ---

Procedura di prova	Normativa di riferimento	Rev.	Data emissione	Sperimentatore	Il Direttore di Laboratorio
IP_2	ASTM D 3441-94	0	03/07/2007	Dr. Tabarroni	Dr. Luca Conti

**MODIFICA PER LOCALIZZAZIONE AMBITO AUC IN
SOSTITUZIONE DI AMBITO AVP IN VIA XXV APRILE**

- INDAGINI DI RIFERIMENTO -

II	NN	N	DDDD	GGGG	EEEE	000
II	N N	N	D D	G G	E	O O
II	N N	N	D D	G	EEE	O O
II	N	NN	D D	G GGG	E	O O
II	N	N	DDDD	GGGG	EEEE	000

S. Giuseppe (FE) - Via Romea, 72/A

Tel.0533/380450

Fax.0533/380075

22CC.46

*****i

DATA.....19/07/93

LOCALITA'.....CASTENASO (BO)

COMMITTENTE.....SUBURBANA EST

NUMERO PROVA..... 17

LIVELLO STATICO FALDA.....-9.00 dal p.c

#	PROFOND. (m)	#	RP (Kg/cm ²)	#	RAL (Kg/cm ²)	#	BEGEMANN	#
#	.2	#	128	#	.533	#	GS	#
#	.4	#	145	#	.266	#	GS	#
#	.6	#	44	#	1.533	#	AL	#
#	.8	#	19	#	2.133	#	AM o T	#
#	1	#	20	#	2	#	AM o T	#
#	1.2	#	27	#	1.4	#	A	#
#	1.4	#	25	#	1.933	#	AM o T	#
#	1.6	#	22	#	1.4	#	A	#
#	1.8	#	16	#	1.333	#	AM o T	#
#	2	#	15	#	1	#	AM o T	#
#	2.2	#	17	#	.8	#	A	#
#	2.4	#	19	#	.733	#	A	#
#	2.6	#	18	#	.733	#	A	#
#	2.8	#	17	#	.933	#	A	#
#	3	#	23	#	.933	#	A	#
#	3.2	#	23	#	1.133	#	A	#
#	3.4	#	21	#	1	#	A	#
#	3.6	#	20	#	1.6	#	AM o T	#
#	3.8	#	28	#	2	#	AM o T	#
#	4	#	28	#	1.4	#	A	#

#	PROFOND. (m)	#	RP (Kg/cm ²)	#	RAL (Kg/cm ²)	#	BEGEMANN	#
#	4.2	#	32	#	1.466	#	A	#
#	4.4	#	20	#	1	#	A	#
#	4.6	#	22	#	.866	#	A	#
#	4.8	#	23	#	.933	#	A	#
#	5	#	18	#	1.2	#	AM o T	#
#	5.2	#	16	#	1.066	#	AM o T	#
#	5.4	#	21	#	.733	#	AL	#
#	5.6	#	20	#	.8	#	A	#
#	5.8	#	17	#	.8	#	A	#
#	6	#	20	#	.933	#	A	#
#	6.2	#	18	#	.666	#	AL	#
#	6.4	#	19	#	.866	#	A	#
#	6.6	#	24	#	.933	#	A	#
#	6.8	#	26	#	1.2	#	A	#
#	7	#	22	#	1.866	#	AM o T	#
#	7.2	#	16	#	1	#	A	#
#	7.4	#	16	#	.933	#	A	#
#	7.6	#	19	#	.8	#	A	#
#	7.8	#	17	#	.666	#	A	#
#	8	#	20	#	1	#	A	#
#	8.2	#	14	#	.8	#	A	#
#	8.4	#	12	#	.666	#	A	#
#	8.6	#	11	#	.466	#	A	#
#	8.8	#	9	#	.666	#	AM o T	#
#	9	#	12	#	.6	#	A	#
#	9.2	#	9	#	.733	#	AM o T	#
#	9.4	#	32	#	.733	#	LA	#
#	9.6	#	14	#	.733	#	A	#
#	9.8	#	18	#	.6	#	AL	#
#	10	#	14	#	1.066	#	AM o T	#
#	10.2	#	13	#	1.266	#	AM o T	#
#	10.4	#	11	#	1.133	#	AM o T	#
#	10.6	#	17	#	1.4	#	AM o T	#
#	10.8	#	17	#	1.4	#	AM o T	#
#	11	#	15	#	1.333	#	AM o T	#
#	11.2	#	13	#	1	#	AM o T	#
#	11.4	#	5	#	.533	#	AM o T	#
#	11.6	#	5	#	.4	#	AM o T	#
#	11.8	#	6	#	.4	#	AM o T	#
#	12	#	4	#	.4	#	AM o T	#

#	PROFOND. (m)	#	RP (Kg/cm ²)	#	RAL (Kg/cm ²)	#	BEGEMANN	#
#	12.2	#	5	#	.533	#	AM ○ T	#
#	12.4	#	9	#	.466	#	A	#
#	12.6	#	20	#	.666	#	AL	#
#	12.8	#	10	#	.933	#	AM ○ T	#
#	13	#	8	#	.333	#	A	#
#	13.2	#	14	#	.6	#	A	#
#	13.4	#	19	#	.666	#	AL	#
#	13.6	#	19	#	1.266	#	AM ○ T	#
#	13.8	#	25	#	1.133	#	A	#
#	14	#	28	#	1.466	#	A	#
#	14.2	#	47	#	1.4	#	AL	#
#	14.4	#	26	#	.666	#	LA	#
#	14.6	#	46	#	.666	#	SF	#
#	14.8	#	74	#	.6	#	GS	#
#	15	#	67	#	2.4	#	AL	#
#	15.2	#	41	#	.666	#	SL	#
#	15.4	#	21	#	2.2	#	AM ○ T	#
#	15.6	#	32	#	2	#	A	#
#	15.8	#	31	#	1.666	#	A	#
#	16	#	28	#	1.2	#	A	#
#	16.2	#	25	#	.933	#	AL	#
#	16.4	#	27	#	1.266	#	A	#
#	16.6	#	28	#	1.8	#	A	#
#	16.8	#	28	#	2	#	AM ○ T	#
#	17	#	22	#	2	#	AM ○ T	#
#	17.2	#	87	#	5.666	#	A	#
#	17.4	#	372	#	4	#	GS	#
#	17.6	#	383	#	5.533	#	SF	#

II	NN	N	DDDD	GGGG	EEEE	000				
II	N	N	N	D	D	G	G	E	O	O
II	N	N	N	D	D	G		EEE	O	O
II	N	NN	D	D	G	GGG	E	O	O	
II	N	N	DDDD	GGGG	EEEE	000				

S. Giuseppe (FE) - Via Romea, 72/A

Tel.0533/380450

Fax.0533/380075

221CC77

DATA.....16/07/93

LOCALITA'.....CASTENASO (BO)

COMMITTENTE.....SUBURBANA EST

NUMERO PROVA..... 18

LIVELLO STATICO FALDA.....-5.5 dal p.c.

#	PROFOND. (m)	#	RP (Kg/cmq)	#	RAL (Kg/cmq)	#	BEGEMANN	#
#	.2	#	17	#	.066	#	GS	#
#	.4	#	39	#	.333	#	GS	#
#	.6	#	109	#	1.066	#	GS	#
#	.8	#	67	#	1.866	#	AL	#
#	1	#	36	#	3.333	#	AM O T	#
#	1.2	#	38	#	1.733	#	A	#
#	1.4	#	55	#	1.133	#	LS	#
#	1.6	#	35	#	1.2	#	AL	#
#	1.8	#	26	#	1.066	#	A	#
#	2	#	39	#	1.133	#	AL	#
#	2.2	#	41	#	1.733	#	A	#
#	2.4	#	38	#	3.466	#	AM O T	#
#	2.6	#	27	#	2.8	#	AM O T	#
#	2.8	#	91	#	5	#	A	#
#	3	#	189	#	1.866	#	GS	#
#	3.2	#	157	#	4.333	#	LA	#
#	3.4	#	257	#	4	#	SF	#
#	3.6	#	378	#	8.866	#	LA	#
#	3.8	#	399	#	6.4	#	SL	#
#	4	#	196	#	2.666	#	SF	#

#	PROFOND. (m)	#	RP (Kg/cmq)	#	RAL (Kg/cmq)	#	BEGEMANN	#
#	4.2	#	177	#	3.466	#	LS	#
#	4.4	#	99	#	1.133	#	GS	#
#	4.6	#	20	#	1.466	#	AM o T	#
#	4.8	#	22	#	1.333	#	A	#
#	5	#	52	#	1.466	#	AL	#
#	5.2	#	118	#	1.466	#	SG	#
#	5.4	#	30	#	.4	#	SG	#
#	5.6	#	61	#	.533	#	GS	#
#	5.8	#	76	#	.866	#	GS	#
#	6	#	25	#	.8	#	AL	#
#	6.2	#	39	#	1.066	#	LA	#
#	6.4	#	38	#	1.2	#	AL	#
#	6.6	#	45	#	2	#	A	#
#	6.8	#	18	#	1.266	#	AM o T	#
#	7	#	192	#	4.333	#	LA	#
#	7.2	#	262	#	6.4	#	LA	#
#	7.4	#	297	#	5	#	SL	#
#	7.6	#	313	#	.933	#	GS	#
#	7.8	#	307	#	4.533	#	SF	#
#	8	#	376	#	2.066	#	GS	#
#	8.2	#	343	#	3.666	#	GS	#
#	8.4	#	383	#	7.133	#	LS	#
#	8.6	#	425	#	.933	#	GS	#
#	8.8	#	256	#	5	#	LS	#
#	9	#	192	#	5.8	#	AL	#
#	9.2	#	274	#	11.866	#	A	#
#	9.4	#	414	#	2.066	#	GS	#
#	9.6	#	459	#	2.533	#	GS	#

[illegible]

[illegible]

**MODIFICA E AMPLIAMENTO DELL'AMBITO "COUNTRY CLUB" DI
VILLANOVA DI CASTENASO IN VIA GOZZADINI**

- INDAGINI DI RIFERIMENTO -

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

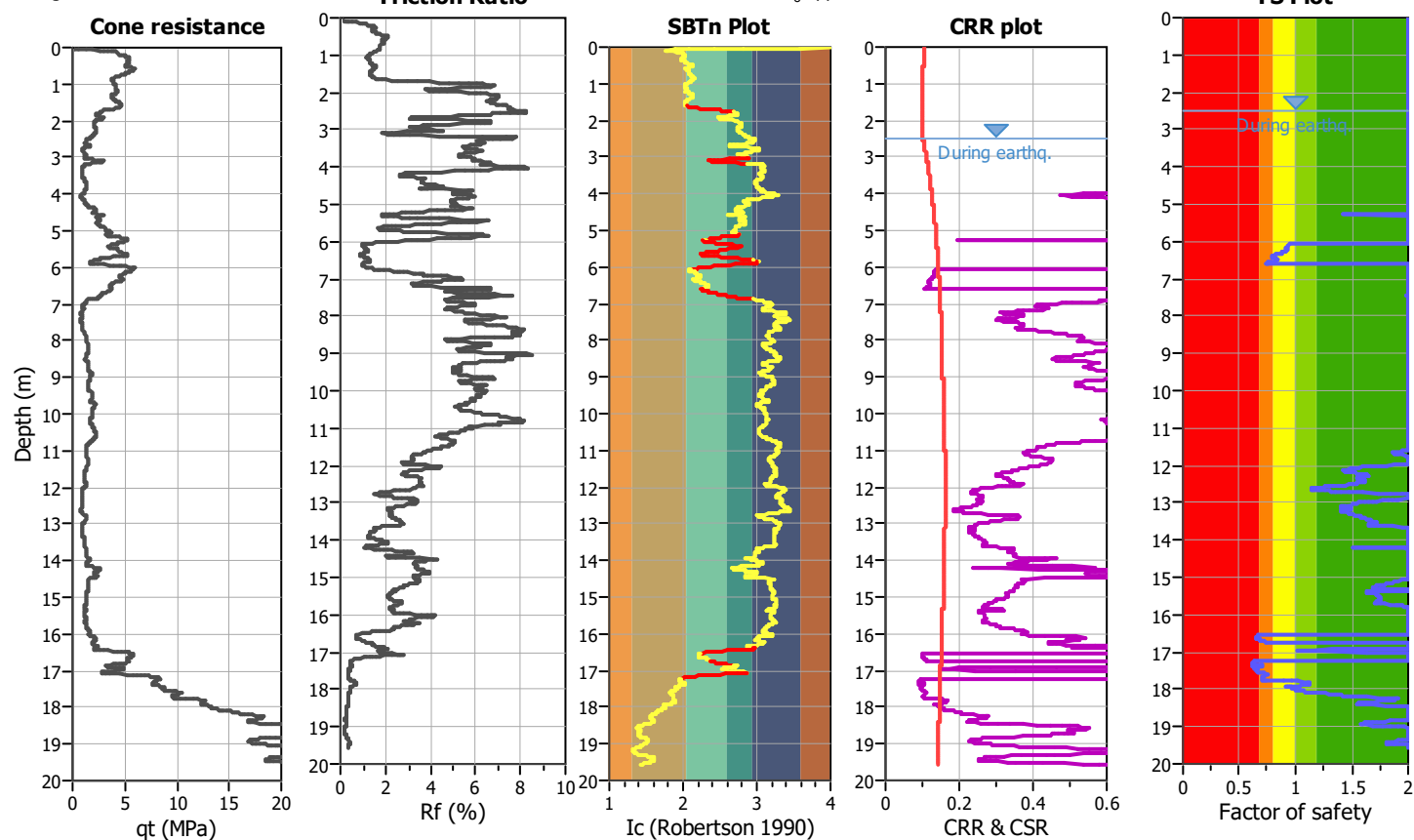
Project title : Variante PSC 2017

Location : Country Club - Villanova di Castenaso (BO)

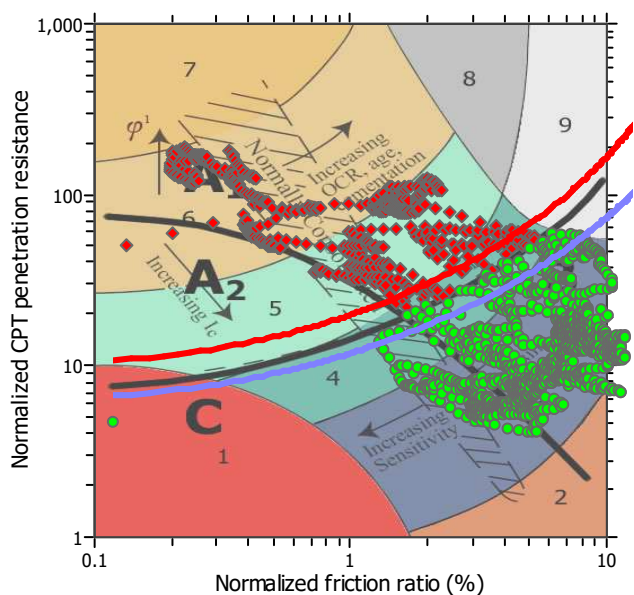
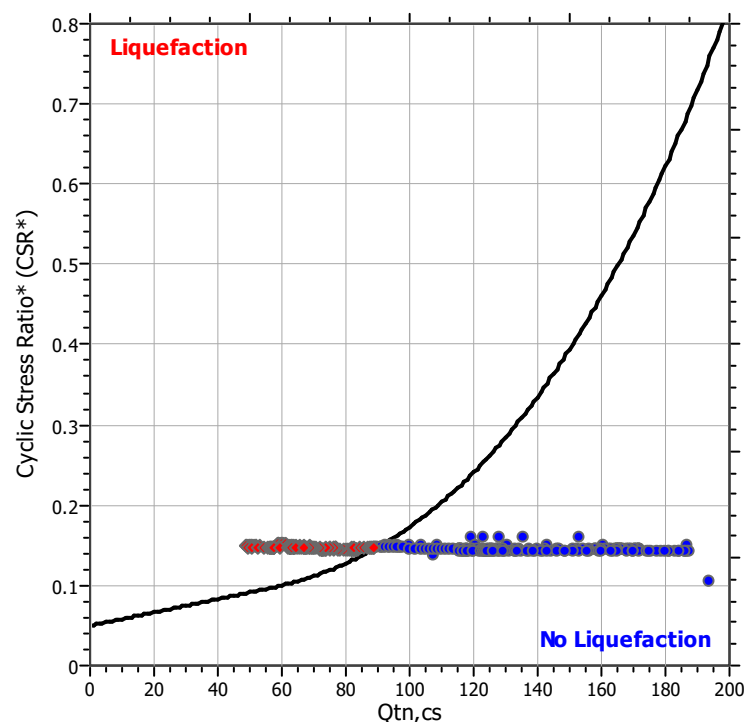
CPT file : CPTU3

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	3.90 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	All soils
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF	
Peak ground acceleration:	0.22	on:	Based on SBT	K_g applied:	Yes		

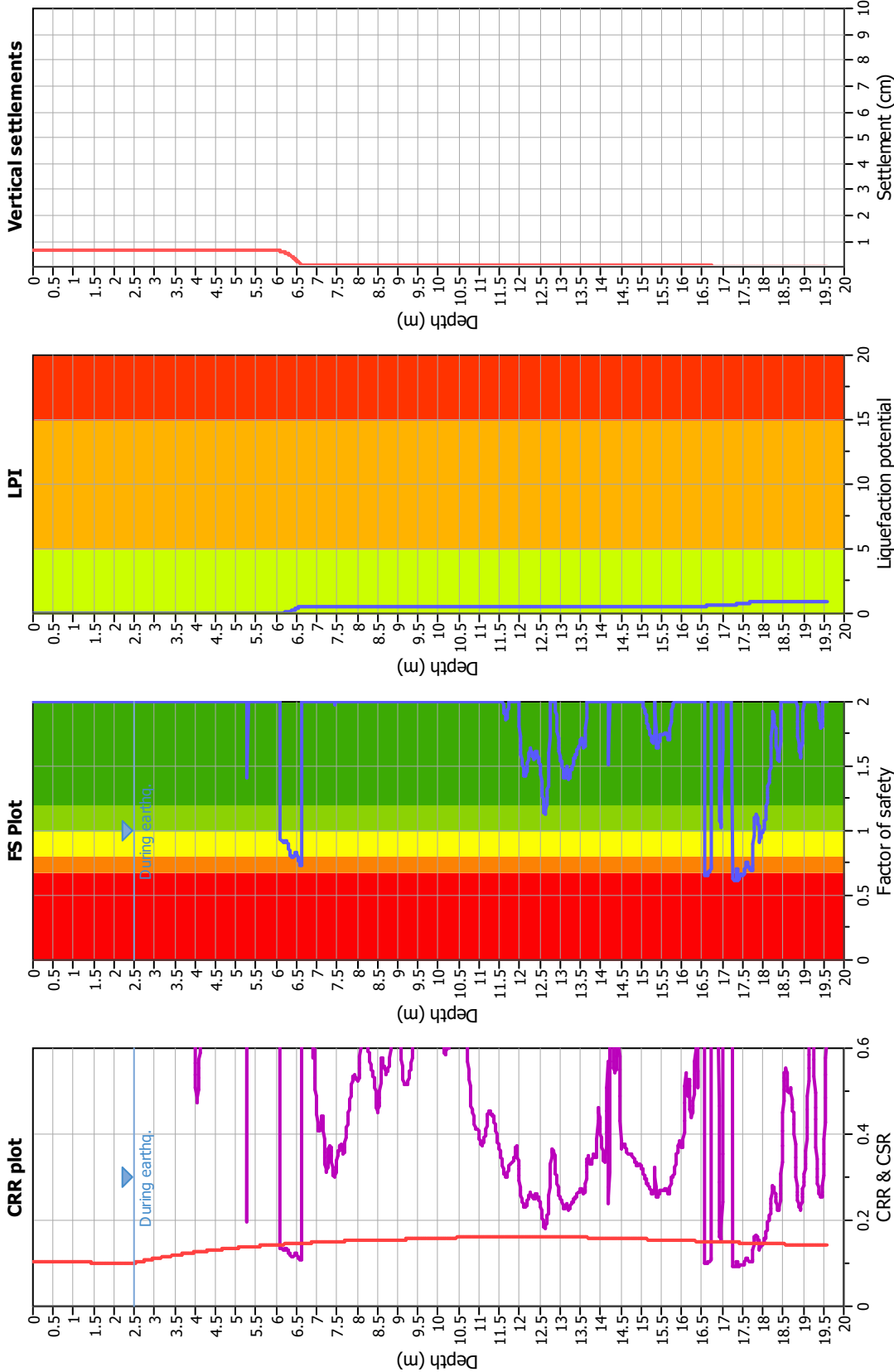


$M_w=7^{1/2}$, $\sigma'_v=1$ atm base curve



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)
Fines correction method:	Robertson (2009)
Points to test:	Based on I_c value
Earthquake magnitude M_w :	6.14
Peak ground acceleration:	0.22
Depth to water table (insitu):	3.90 m

Depth to water table (earthq.):	2.50 m
Average results interval:	3
I_c cut-off value:	2.60
Unit weight calculation:	Based on SBT
Use fill:	No
Fill height:	N/A

Fill weight:	N/A
Transition detect:	Yes
K_0 applied:	Yes
Clay like behavior applied:	All soils
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

Almost certain it will liquefy	Very high risk
Very likely to liquefy	High risk
Liquefaction and no liq. are equally likely	Low risk
Unlike to liquefy	
Almost certain it will not liquefy	

LPI color scheme

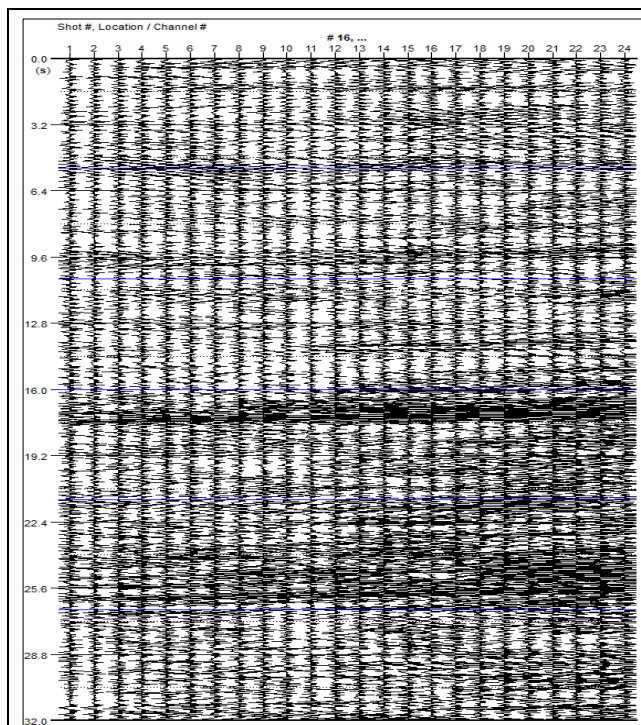
Very high risk
High risk
Low risk

PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA ATTIVA/PASSIVA MASW/Re.Mi.

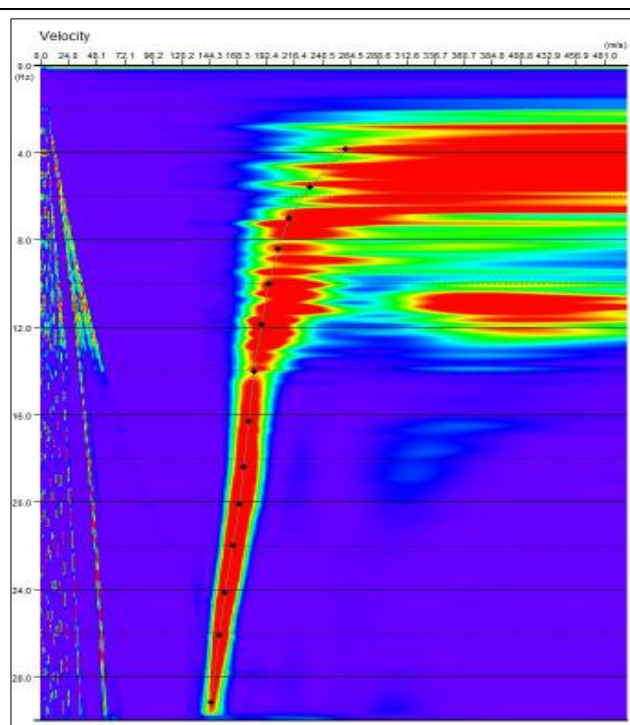
Country Club – Villanova di Castenaso (BO)

n° tracce	Δx (m)	L tot (m)	Δt (ms)	T (s)
25	3,0	69,0	0,5/2,0	2,0/32,0

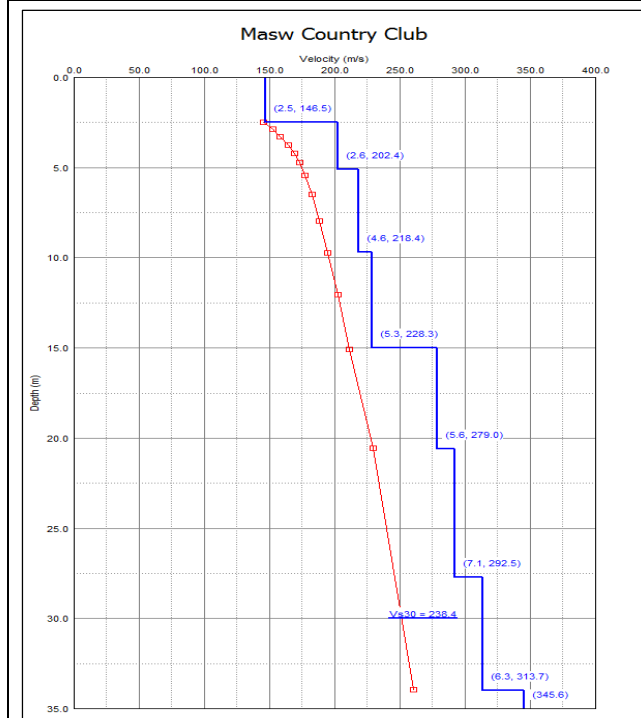
Δx : interdistanza geofonica; L tot: lunghezza profilo; Δt : passo di campionamento; T: durata registrazione.



Sismogramma registrato durante le acquisizioni di microtremore sismico. In ascissa la distanza tra i geofoni (m), in ordinata il tempo (ms).



Spettro di potenza nel dominio f-v e Picking della curva sperimentale delle onde R (croci nere).



Modello di sottosuolo (1D) descritti in termini di Vs e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

Tabella di sintesi

n. Strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore (m)	V_s (m/s)
1	2.5	2.5	146.5
2	5.1	2.6	202.4
3	9.7	4.6	218.4
4	15.0	5.3	228.3
5	20.6	5.6	279.0
6	27.7	7.1	292.5
7	34.0	6.3	313.7
8	∞	∞	345.6

$$V_{s30} = 238.4 \pm 10 \text{ [m/s]}$$

Sintesi dei parametri del modello di sottosuolo ottenuto e Valore di Vs30 calcolato.

CASTENASO - VARIANTE PSC, HVSR COUNTRY CLUB

Strumento: TRZ-0108/01-10

Inizio registrazione: 27/06/17 11:22:05 Fine registrazione: 27/06/17 11:42:06

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)

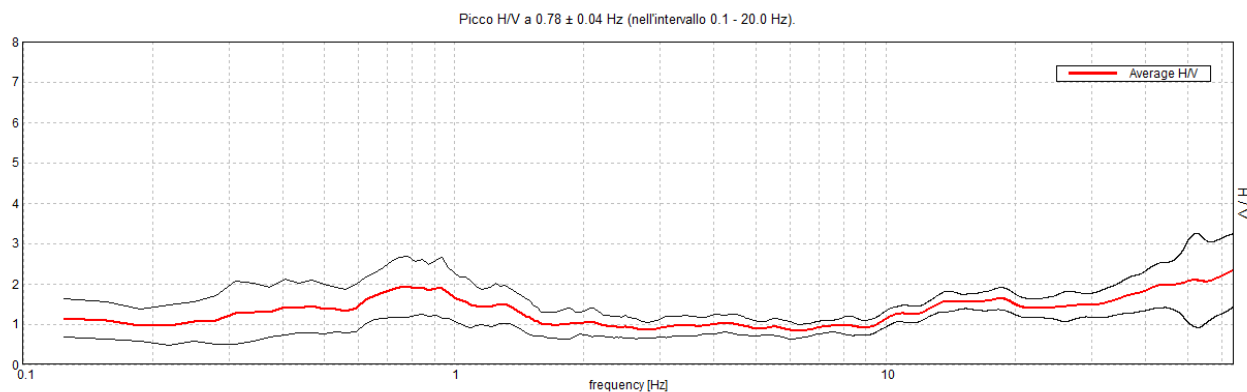
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

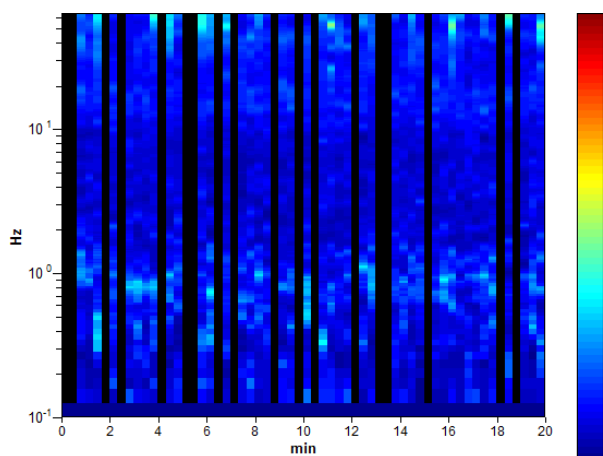
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

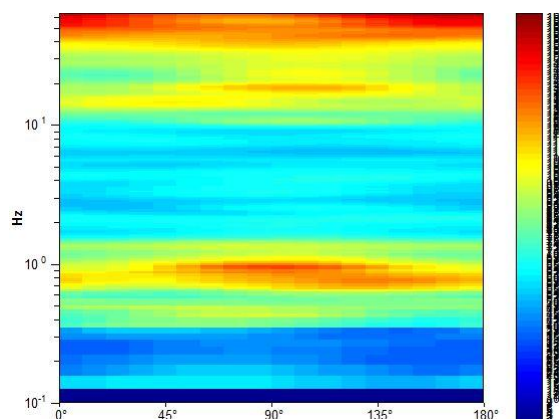
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



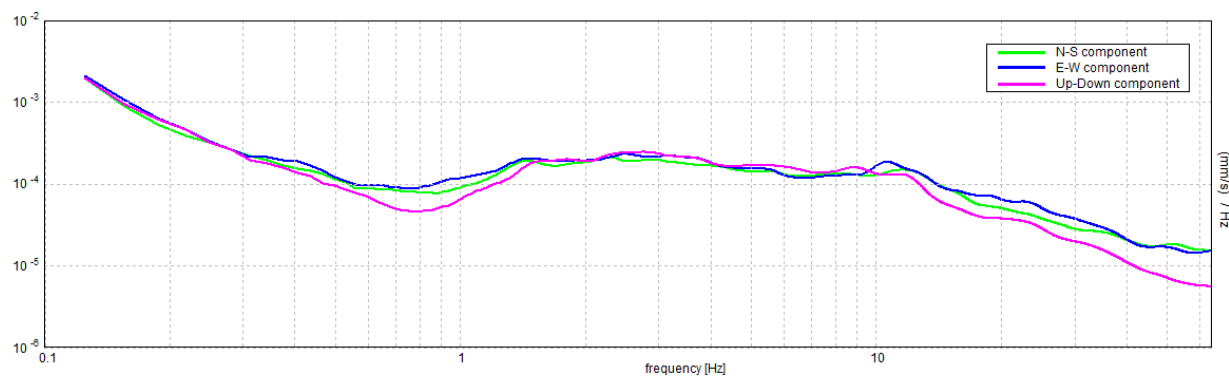
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[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 0.78 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.1 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$656.3 > 200$	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 38	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.93 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02234 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01745 < 0.11719$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3695 < 2.0$	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

COMMITTENTE: COMUNE DI CASTENASO
LOCALITA':
CANTIERE: VILLANOVA DI CASTENASO

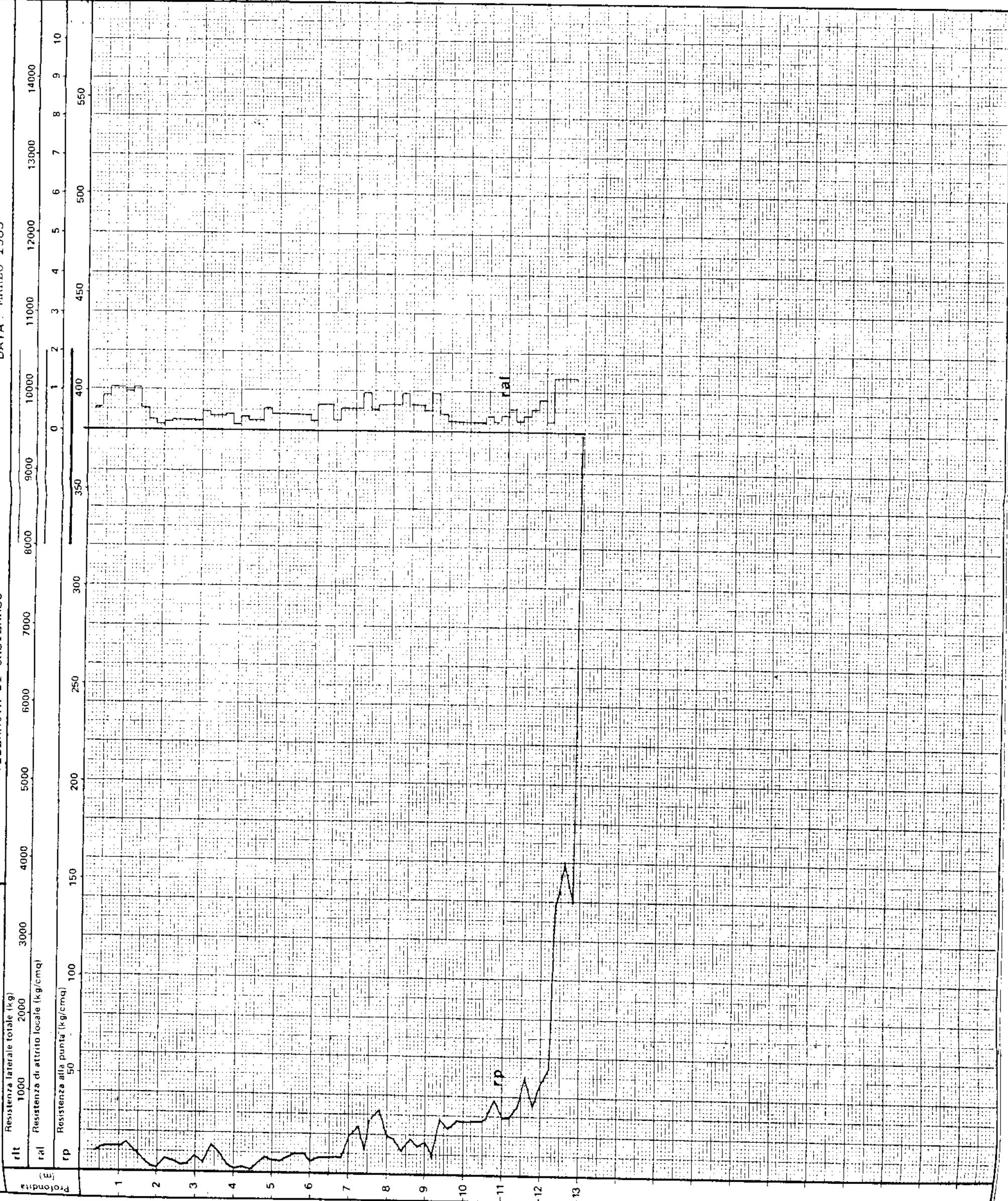
PROVA PENETROMETRICA N.° 4

221CC056
DATA: MARZO 1983

SEZIONE GEOTECNICA
Dott. Pierluigi Barattella
GEOLOGO

Classificazione dei terreni secondo la teoria di Begemann

Torbe	Argille molli	Argille	Argille limose	Limi argillosi	Limi sabbiosi	Sabbie limose	Sabbie fini	Sabbie grosse	Chiana e sabbia
-------	---------------	---------	----------------	----------------	---------------	---------------	-------------	---------------	-----------------



COMMITTENTE: COMUNE DI CASTENASO
LOCALITA':
CANTIERE: VILLANOVA DI CASTENASO

PROVA PENETROMETRICA N.º 2

221 CC 059

DATA: MARZO 1983

SEZIONE GEOTECNICA

Dott. Pierluigi Barattella
GEOLOGO

Classificazione dei terreni secondo la teoria di Begemann

Torbe	Argille molli	Argille	Argille limose	Lim. argillosi	Lim. sabbiosi	Sabbie limose	Sabbie fini	Sabbie grosse	Chitici e sabbie
-------	---------------	---------	----------------	----------------	---------------	---------------	-------------	---------------	------------------

