



REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI CASTELFRANCO EMILIA

Progetto di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica ubicato nel Comune di Castelfranco Emilia (MO) loc. Podere Bargellina Vecchia, strada Chiesa di Riolo della potenza nominale di 17640 kW (n. 2 lotti di impianto da 8820 kWp ciascuno) dotato di un sistema di accumulo dell'energia (energy storage system) comprensivo delle opere di rete per la connessione dell'impianto alla rete elettrica nazionale.



**PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE
COMPRESIVO DELLE OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE**

ELABORATO

**Studio geologico-tecnico, e caratterizzazione
geotecnica e sismica. Area cabina primaria**

DATA: Settembre 2023

Scala: -

Nome file: NPDI2_CTF_C13b_REL - GEOLOGICA CABINA PRIMARIA

PROPONENTE

NPD Italia II

NPDI ITALIA II S.r.l.
Via San Marco n. 21, 20121 Milano (MI)
Partita IVA 11987560965
PEC: npditaliaii@legalmail.it

NPD Italia II Srl
Via San Marco, 21
20121 Milano (MI)
P.IVA n. CF 11987560965

ELABORATO DA:

Dott. Geol. Beniamino Costantini



revisione	descrizione	data	Elab. n.
A			C13b
B			
C			

Indice

1 - Normativa di riferimento.....	2
2 - Premessa	3
3 – Condizioni geologiche e morfologiche	4
4 - Analisi delle cartografie tematiche (PSC-PGRA).....	5
5. Acque superficiali e sotterranee	5
5.1 Idrologia superficiale.....	5
5.2 Idrogeologia del sottosuolo.....	6
6 – Caratteri del primo sottosuolo.....	6
6. 1 – Successione stratigrafica.....	7
7 - Modellazione geotecnica.....	7
8. Risposta sismica locale	8
8.1 Sismicità storica	8
8.2 - Indagine sismica.....	9
8.3 - Caratteristiche strumentazione utilizzata.....	9
8.4 - PROVA MASW	9
8.4.1 - Teoria onde di superficie	10
8.4.2 - Stratigrafia sismica	11
8.4.3 - Acquisizione ed elaborazione dati da prova MASW.....	11
8.4.4 - Interpretazione prova MASW e categoria di suolo	12
8.3 Condizioni topografiche	13
8.4 - Pericolosità sismica	13
9 -Liquefazione dei terreni	14
9.1 - <i>RISULTATI</i>	14
10 - Indicazioni progettuali.....	16

In allegato:

Report indagine geognostica

Report misure microtremori

Report linea sismica MASW

Report verifica alla liquefazione

1 - Normativa di riferimento

Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. - Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

PGRA Fiume PO– Tavole e relazione

PSC Comune di Castelfranco Emilia– Tavole e relazione

2 - Premessa

Vengono di seguito esposte le risultanze di uno studio geologico-geotecnico e sismico condotto sui terreni del primo sottosuolo interessato dalla realizzazione di una cabina ed opere accessorie a servizio di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica ubicato nel territorio comunale di Castelfranco Emilia (MO) loc. Podere Bargellina Vecchia, strada Chiesa di Riolo della potenza nominale di 17640 kW. (Figg. 1-2).



Alla caratterizzazione del primo sottosuolo, sotto i profili stratigrafico, idrologico e geomeccanico si è risaliti effettuando n° 2 prove penetrometriche statiche e consultando i riscontri penetrometrici e le stratigrafie di sondaggi della banca dati RER.

Per la caratterizzazione sismica del sito viene utilizzata un'indagine sismica attiva con metodo MASW (Multichannel analysis of surface waves) e con misura dei microtremori (HVSr) effettuata nello stesso contesto geologico in corrispondenza dell'impianto agrivoltaico in progetto: la consultazione del sito della Ditta Geostru Software ha permesso l'individuazione dei vari coefficienti e parametri sismici adottando il metodo semplificato.

Le condizioni morfologiche e la litologia di superficie sono state definite a seguito sopralluoghi.

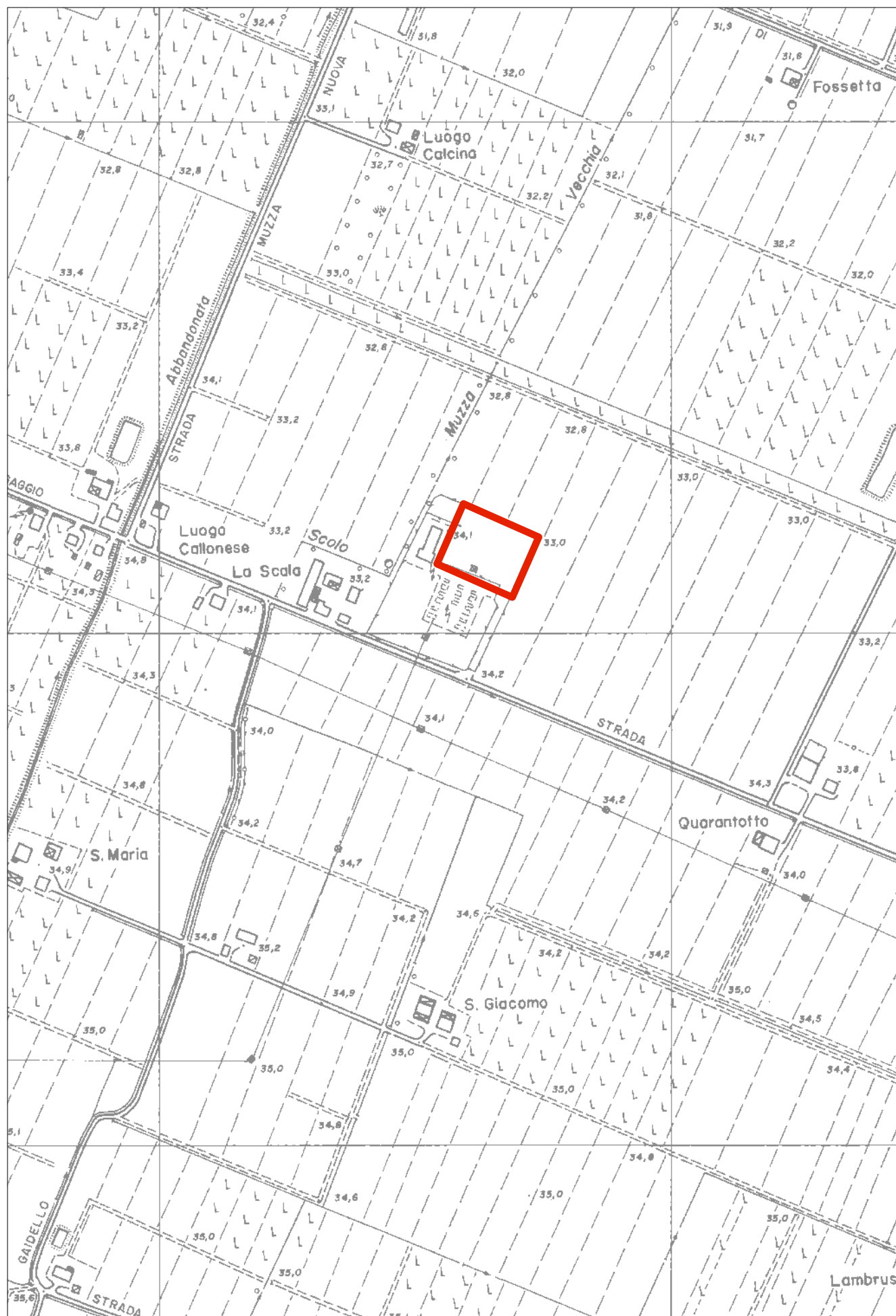


Fig. 2 - Ubicazione dell'area sulla Carta Tecnica Regionale. Elemento 202132/Pioppa

Il comparto in esame si colloca nel dominio nella media pianura modenese, ove sono presenti materiali alluvionali, di deposizione fluviale, riconducibili a depositi di piana alluvionale della conoide intermedia-distale del Fiume Panaro.

Più precisamente trova spazio nel deposito alluvionale del Subsistema di Ravenna (AES8, **Fig. 3**)), costituito in questo caso da limi sabbiosi di piana alluvionale.

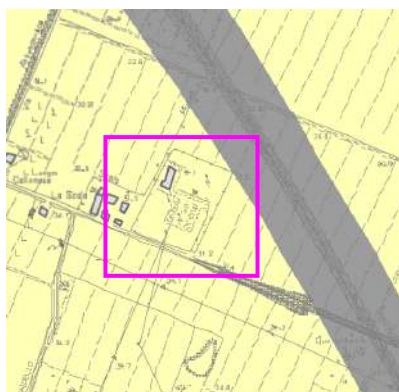


L'esame morfologico effettuato in un contesto di area utilizzata ad usi agronomici, essenzialmente campi coltivati a seminativi, riferisce di un piano campagna ad andamento pianeggiante (quota ≈ 31 m slm).

4 - Analisi delle cartografie tematiche (PSC-PGRA)

Piano Strutturale Comunale

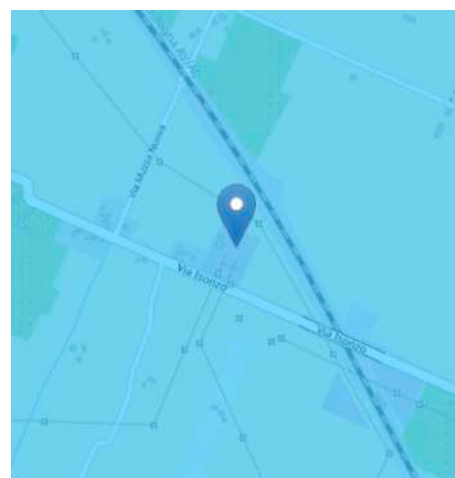
La **Tavola 1.3 – “Sistema ambientale”** (vedi stralcio a lato) riporta la zona al di fuori di aree ed elementi caratterizzati da particolari rischi, vulnerabilità e di valore naturalistico-paesaggistico.



La tavola 6 “**Valutazione della pericolosità sismica locale**” (vedi stralcio a lato) mostra che l’area oggetto dell’intervento si trova all’interno di una zona di – *Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti*- che necessita di uno studio per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico.

Piano di Gestione del Rischio alluvioni

La “**Tavola delle Aree allagabili predisposte nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (ottobre 2022) per l'Unità di Gestione del bacino del Po (UoM-ITN008) e relative a scenari di media probabilità (M) per il Reticolo secondario di Pianura (RSP)**” riporta l’area in uno scenario di pericolosità P2M derivante dal reticolo naturale principale-secondario (RSP) caratterizzato da alluvioni poco frequenti con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni a media probabilità.



5. Acque superficiali e sotterranee

5.1 Idrologia superficiale

Il comparto in esame è idraulicamente connesso con il bacino imbrifero del sistema idraulico del Fiume Panaro con aree di pianura facenti parti di reti scolanti a gestione consortile.

Le acque superficiali raccolte dalle superfici impermeabilizzate convergono nella fitta rete di canali di scolo presenti nell’area ed in parte vengono assorbite dal terreno naturale.

5.2 Idrogeologia del sottosuolo

I dati idrogeologici noti per questo territorio indicano la presenza di più falde acquifere superficiali, separate da terreni a bassa permeabilità, lateralmente interconnesse a formare un unico acquifero multifalda.

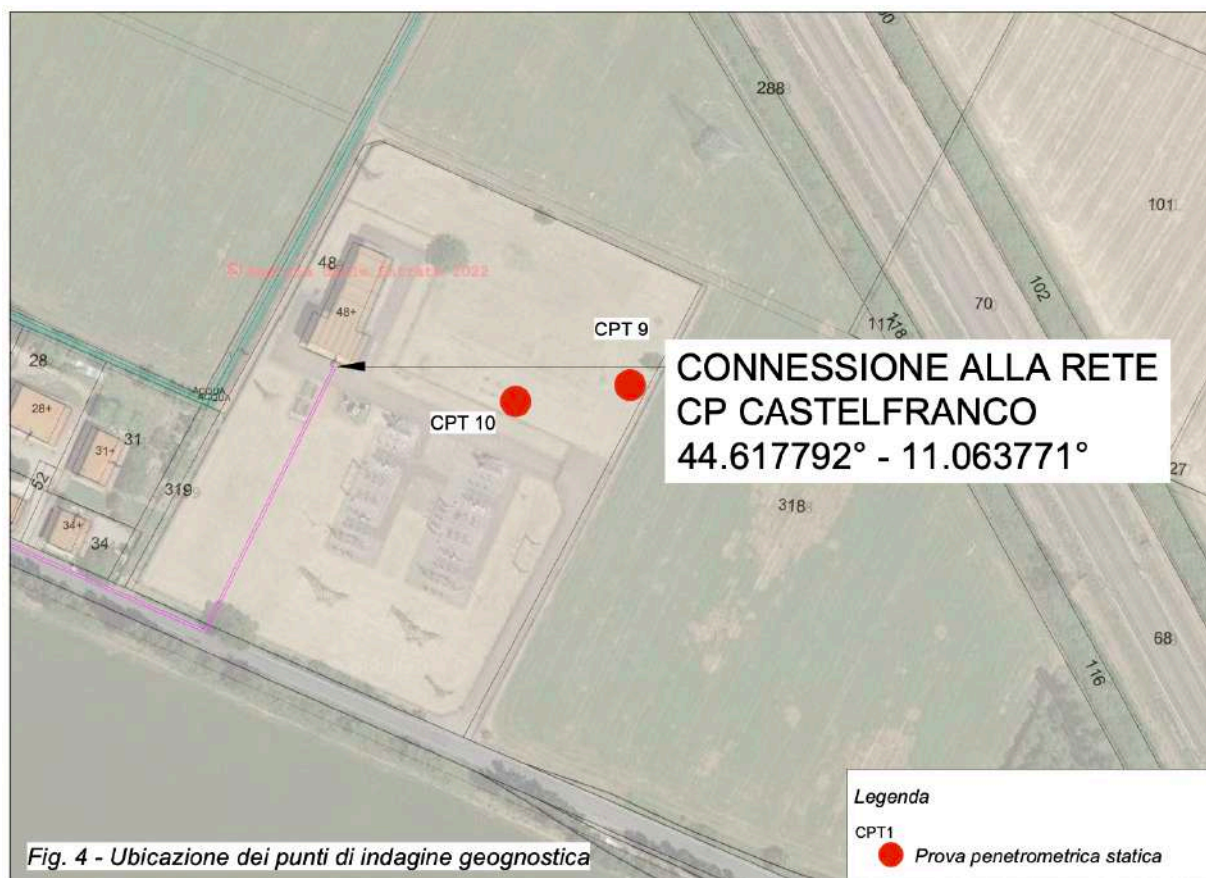
Le misure effettuate all'interno dei fori delle penetrometrie mostrano la presenza di una falda ad una profondità di – 2,2 m dal pdc.

6 – Caratteri del primo sottosuolo

Come da premessa, tali caratteri sono stati desunti tramite 2 penetrometrie statiche effettuate dalla Ditta Saverio Tabanelli di Faenza (RA) all'interno del perimetro della cabina primaria esistente in Via Isonzo. (Fig. 4).

I grafici penetrometrici allegati in calce riportano in forma diagrammatica le variazioni con la profondità della resistenza di punta Q_c e dell'attrito laterale R_l , espresse in kg/cm^2 , unitamente ad una classificazione su basi litologiche dei terreni attraversati ricavata sulla scorta delle indicazioni enunciate da Begemann e da Schmertmann.

Le prove sono state spinte fino ad una profondità massima di –20 m dal pdc (CPT9).



6. 1 – Successione stratigrafica

Il primo sottosuolo investigato (20 m) sono impegnati da limi ed argille, con associate scarse frazioni sabbiose, con queste ultime presenti sia in forma diffusa che organizzate in sottili apparati lenticolari a blanda continuità laterale. In base ai riscontri penetrometrici viene schematizzata la seguente stratigrafia, in cui le varie unità limoso argillose sono state suddivise in base al loro grado di consistenza:

Unità Litostratigrafica	Profondità	Litologia	Qc medio (kg/cm ²)
A	Da 0 a 1 m	Riporti e/o stabilizzati	50
B	Da 1 a 2 m	Limi argillosi sovraconsolidati	20
C	Da 2 a 4 m	Limi argillosi e/o argille limose a discreta consistenza, a scarso tenore in sabbia.	12
D	Da 4 a 10 m	Limi argillosi e/o argille limose a bassa consistenza, a scarso tenore in sabbia	9
E	Da 10 a 16 m	Limi argillosi e/o argille limose a buona consistenza	15
F	Da 16 a 20 m	Limi argillosi e/o argille limose a consistenza mediocre, a scarso tenore in sabbia	10

7 - Modellazione geotecnica

Sulla scorta delle indagini svolte e delle informazioni acquisite nonché delle correlazioni disponibili in letteratura si riportano i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici attribuiti ai litotipi individuati.

Unità litostratigrafica	γ (t/m ³)	C_{uk} (kg/cm ²)	C'_k (kg/cm ²)	ϕ'_k (°)	Mo (kg/cm ²)	$Eu \div E'$ (kg/cm ²)
A	1,8	-	-	26	120	92
B	1,8	0,60	0,06	21	45	150
C	1,85	0,65	0,07	21	50	230
D	1,85	0,40	0,04	21	35	325
E	1,85	0,65	0,07	21	50	380
F	1,85	0,55	0,05	21	38	420

8. Risposta sismica locale

8.1 Sismicità storica

Gli studi nazionali e quelli regionali attribuiscono al territorio comunale di Castelfranco Emilia una pericolosità “media”, con terremoti locali moderatamente forti. La storia sismica di Castelfranco Emilia, secondo il data base macrosismico dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) riporta dati a partire dal 1885 (Figura 5): i risentimenti più significativi sono riconducibili ai terremoti più vicini e raggiungono il 5 grado per il sisma del 1996 (Mw =5,41).

Nel maggio 2012 la Pianura Padana è stata interessata da una sequenza sismica che ha coinvolto una vasta porzione di territorio tra le Province di Reggio Emilia, Modena, Mantova, Bologna e Ferrara riattivando sorgenti sismogeniche comprese nelle zone complesse

ITCS051 e ITCS050. La prima forte scossa, di magnitudo locale ML =5.9, è avvenuta il 20 maggio ed ha avuto epicentro tra Mirandola e Finale Emilia, seguita da altre forti scosse, di cui ben sette risultate di ML >5.0; in particolare il forte sisma del 29 maggio (ML =5.8) con epicentro tra Mirandola e Medolla e prossima alla sorgente ITIS107 “Mirandola”. Il territorio di Castelfranco dell’Emilia ha subito lievi effetti sismici significativi a seguito di tali eventi sismici.

L’area studiata ricade nell’ampia zona 912 che rappresenta la fascia più esterna dell’arco appenninico settentrionale: in quest’ultima la sismicità è correlabile alla tettonica attiva del fronte compressivo del margine appenninnico sepolto più avanzato che giunge fino all’attuale Po.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14

I [MCS]	Data	Ax	Np	I oMw
F	1885 02 26	20S08NDIANO	78	65.19 ± 0.
3 - 4	1895 04 14	22S11venia	296	86.23 ± 0.
3	1898 03 04	21V05le del Pa	137	75.41 ± 0.
4	1904 02 25	18R08ggiano	62	65.05 ± 0.
NF	1904 11 17	05P02toiese	204	75.15 ± 0.
NF	1913 11 25	20V05 di Tar o	73	45.84 ± 0.
2	1922 05 24	21F07rrese	7	44.34 ± 0.
3	1923 06 28	15F08RMIGINE	22	64.88 ± 0.
4 - 5	1929 04 19	04B08Bognese	82	
5 - 6	1929 04 20	01B08Bognese	109	75.34 ± 0.
6	1929 04 22	08B08Bognese	41	
6	1929 04 29	18B08Bognese	45	
2	1931 06 10	17M08denese	14	44.42 ± 0.
3	1934 09 18	09V08GNOLA	6	44.57 ± 0.
2	1967 04 03	16R08ggiano	47	56.69 ± 0.
4	1971 07 15	01P08mense	229	85.64 ± 0.
NF	1971 09 11	23C08Reggio	15	54.23 ± 0.
4	1983 11 09	16P08mense	850	65.06 ± 0.
3 - 4	1986 12 06	17B08MDENO	604	64.61 ± 0.
4	1987 05 02	20R08ggiano	802	64.74 ± 0.
NF	1988 03 15	12R08ggiano	160	64.66 ± 0.
NF	1992 04 17	11M08teveglio	56	45.32 ± 0.
5	1996 10 15	09C08Reggio	135	75.41 ± 0.
NF	1998 02 21	02R08ggiano	104	54.34 ± 0.
3 - 4	1999 07 07	17F08gnano	32	54.70 ± 0.
4	2000 06 18	07P08mense	300	56.43 ± 0.

Figura 5 – Storia sismica di Castelfranco Emilia

In base alla riclassificazione sismica della Regione Emilia Romagna, ai sensi dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 Aprile 2006, n° 3519, il Comune di Castelfranco dell’Emilia rientra

in Zona 3: a tale zona risulta assegnato un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), pari a 0,163.

8.2 - Indagine sismica

Viene utilizzata un'indagine sismica attiva con metodo MASW (Multichannel analysis of surface waves) e con misura dei microtremori (HVSr) effettuata nello stesso contesto geologico in corrispondenza dell'impianto agrivoltaiico in progetto.

La tecnica MASW serve per la valutazione delle velocità di propagazione delle onde Vs di taglio finalizzata alla definizione del tipo di suolo presente nell'area ai sensi di quanto previsto dalla vigente normativa. La tecnica HVSr prevede la misura dei microtremori per la stima del rapporto H/V, per valutare la presenza di fenomeni di risonanza.

Nei seguenti paragrafi verranno illustrate gli aspetti teorici in cui sono radicate, le metodologie di realizzazione e l'interpretazione dei risultati ottenuti.

8.3 - Caratteristiche strumentazione utilizzata

Per le indagini è stato utilizzato un tromografo digitale portatile TROMINO, prodotto da Micromed S.p.A., nella versione Engineering, al quale è stato collegato un cavo trigger della lunghezza di 50 m, unito ad un geofono con puntale, con frequenza propria di 4,5 Hz.

8.4 - PROVA MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è un'affidabile ed accreditata metodologia sismica che consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio S nel sottosuolo. Tale metodo consiste nell'analisi delle onde di superficiali di Rayleigh, registrate da una serie di geofoni posizionati a formare uno stendimento. Le usuali e consolidate tecniche di elaborazione delle onde sismiche utilizzano unicamente i tempi di primo arrivo delle onde sismiche di volume indagate (P e S), considerando come "disturbo" la restante parte del segnale caratterizzato dalla presenza delle onde di superficie (Rayleigh e Love). Nuovi studi hanno dimostrato la possibilità di elaborare un modello matematico dall'analisi ed interpretazione di tale "disturbo".

Inoltre, a differenza di tutte le altre tecniche di indagine sismica, i metodi basati sull'analisi delle onde di superficie di Rayleigh non risultano limitati dalle inversioni di velocità e, essendo la loro propagazione funzione innanzitutto delle onde S e solo in parte legata alla Vp e alla densità del mezzo, risultano un ottimo strumento per la caratterizzazione sismica del sito tramite la ricostruzione del profilo di Vs, come previsto dalla normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008 e successivi aggiornamenti).

8.4.1 - Teoria onde di superficie

Le onde di Rayleigh sono onde polarizzate su di un piano verticale (Fig.6) generate in corrispondenza della superficie libera del mezzo dall'interazione delle onde di volume P e S. Il movimento delle particelle mobilitate da tali onde è di tipo ellittico con ampiezza dello spostamento che decresce con la distanza dalla superficie libera.

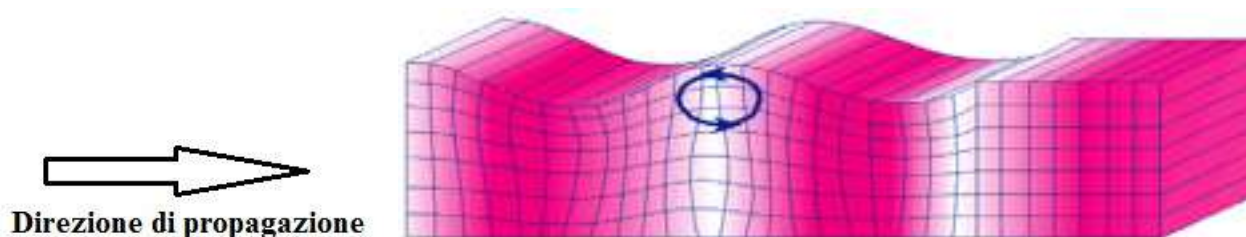
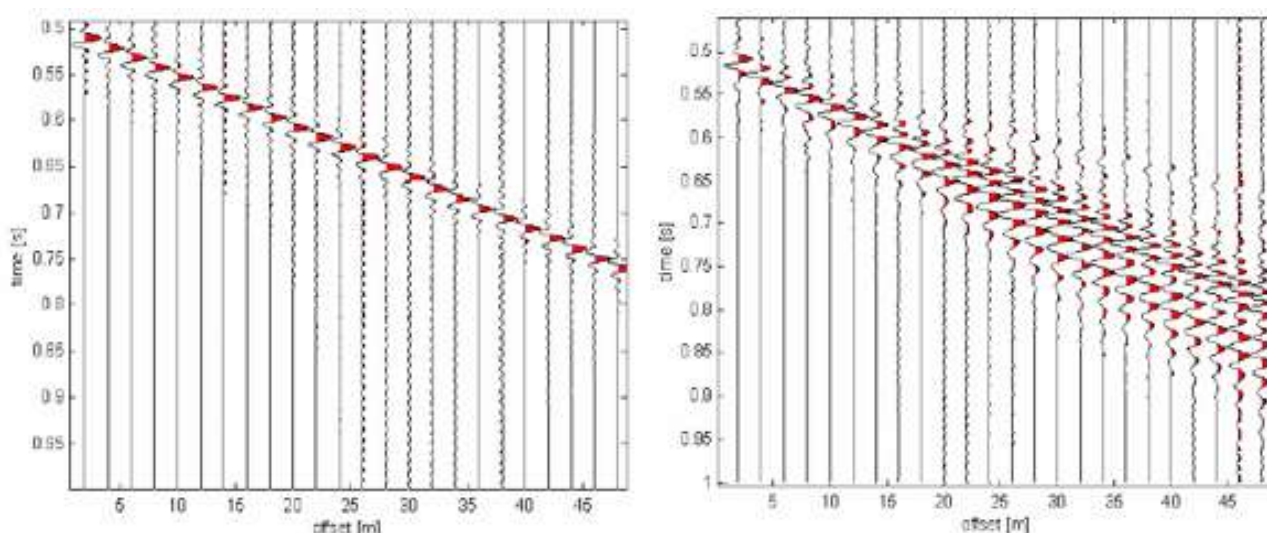


Figura 6: Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh, caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento retrogrado delle particelle rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

Quando si applica una sollecitazione sismica in aria libera più del 65% dell'energia sismica prodotta è distribuita alle onde di Rayleigh, mentre per le onde P e S corrisponde rispettivamente al 7% e al 26%.

In un mezzo stratificato le onde di superficie sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diversa lunghezza d'onda di propagano con diverse velocità di fase



(Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92 V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$ (Fig. 7).

Figura 7: Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione di tali onde sismiche.

La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

Tramite l'analisi e l'elaborazione numerica del segnale è possibile costruire la curva di dispersione, ovvero la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza, dalla quale è possibile determinare il profilo di velocità delle onde S tramite il processo di inversione.

8.4.2 - Stratigrafia sismica

La tecnica MASW può essere applicata in campo geologico per fornire una prospezione del sottosuolo.

La definizione di un modello che consenta di descrivere il profilo sismico del sito, prevede la costruzione di una curva sintetica di dispersione che riesca a riprodurre la curva sperimentale.

Sono però presenti alcune limitazioni dovute a:

- dimensioni dello stendimento;
- tipo di energizzazione;
- limiti di conoscenze del mezzo geologico;
- limitazioni intrinseche della misura.

È fondamentale, ai fini di una corretta interpretazione, la determinazione della profondità di indagine massima raggiunta dalla misura. Per fare ciò si individua la frequenza minima che la curva di dispersione ha raggiunto e si applica la formula elaborata da Stokoe et al. (1994):

$$h_{max} \cong 0,5\lambda_{max}$$

ove: - h_{max} indica la massima profondità di indagine

- λ_{max} indica la massima lunghezza d'onda registrata (ricordando che $\lambda=v/f$ con v che corrisponde alla velocità e f è la frequenza dell'onda).

Secondo questa formula l'indagine ha investigato i terreni fino ad una profondità di circa 10 m.

8.4.3 - Acquisizione ed elaborazione dati da prova MASW

L'abbinamento tra Tromino Engineering ed un geofono consente di effettuare stendimenti sismici di dimensioni massime pari a 50 m. La presenza di un unico geofono, detto starter in quanto registra i primi arrivi delle onde sismiche, impone il suo spostamento continuo secondo le posizioni dello schema prestabilito (Fig. 8). L'interdistanza tra le varie posizioni del geofono è di 3 metri e l'energizzazione, ottenuta tramite il salto e la caduta dell'operatore, è stata effettuata a 1 m di distanza dallo starter lungo l'asse geofono-Tromino.



Figura 8: Schema dello stendimento per la registrazione della prova MASW. G1, G2, G3, ... corrispondono alle posizioni nelle quali il geofono starter viene spostato ad ogni energizzazione del terreno. L'interdistanza tra le posizioni del geofono è di 3,0 metri.

Da tale stendimento viene elaborato un sismogramma definito "virtuale" in quanto non deriva dalla registrazione simultanea di più geofoni, ma i segnali di ogni energizzazione vengono composti in un unico sismogramma tramite il *software* dedicato.

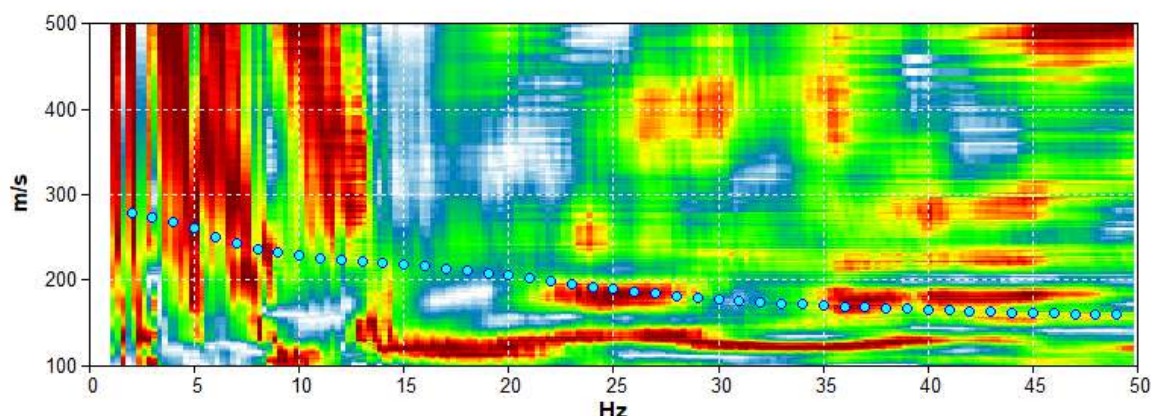
L'elaborazione del segnale registrato si compone dei seguenti passaggi:

1. *picking* dei primi arrivi sulla traccia di registrazione del geofono;
2. ricostruzione del sismogramma delle tracce registrate dal sismografo (Tromino) tramite software Grilla;
3. selezione per ogni traccia delle finestre temporali contenenti onde superficiali di Rayleigh;
4. calcolo della curva di dispersione sperimentale tramite *software* dedicato.

La curva di dispersione fornisce con una scala cromatica l'intensità della risonanza delle onde di Rayleigh alle varie frequenze (asse delle ascisse) e la relativa velocità delle onde (asse delle ordinate). A questo punto è possibile procedere con l'interpretazione della misura.

8.4.4 - Interpretazione prova MASW e categoria di suolo

Il grafico risultante dalla misura consente lo studio e l'elaborazione dei dati relativi al primo modo di vibrare del terreno, individuato come la curva definita dai colori caldi con velocità e frequenza minore (Fig. 9).



Nel grafico sono visibili tratti di curva rossa relativi al modo fondamentale di vibrare e a modi superiori. La curva risulta visibile e il modello ha permesso di ricostruire una successione sismo-stratigrafica composta da due unità: la prima presente fino a 2,5 m dal p.c. caratterizzata da Vs medie

di 150 m/s, picco versosilmitemente legato ad una diversa consistenza e/o addensamento nei materiali di origine alluvionale, mentre la seconda caratterizzata da Vs di circa 250÷300 m/s.

Alla luce della situazione litostratigrafica dell'area e dei dati sismici acquisiti è possibile ottenere una stima delle velocità delle onde di taglio e quindi il parametro Vs30 richiesto dalle norme che è risultato di 242 m/s. Per cui la categoria di suolo di fondazione è la C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s come definita nella Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle NTC 2018.*

8.3 Condizioni topografiche

Per quanto riguarda gli effetti topografici, consultando la tabella 3.2.III delle NTC, all'area di progetto va attribuita la categoria T1

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

8.4 - Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica di seguito riportati sono stati ricavati, adottando il metodo semplificato, sul sito : *Geostru software - www.geostru.com*

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame: latitudine: 44,6185875907254 longitudine: 11,0656404126825

Classe: 2 **Vita nominale:** 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16282	Lat: 44,6095	Lon: 11,0333	Distanza: 2753,260
Sito 2	ID: 16283	Lat: 44,6109	Lon: 11,1034	Distanza: 3108,036
Sito 3	ID: 16061	Lat: 44,6609	Lon: 11,1014	Distanza: 5490,503
Sito 4	ID: 16060	Lat: 44,6595	Lon: 11,0312	Distanza: 5298,436

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

	Probabilità di superamento	Tr:	ag:	Fo:	Tc*:
Operatività SLO:	81%	30 [anni]	0,048 g	2,480	0,255 [s]

Danno SLD:	63%	50 [anni]	0,060 g	2,514	0,270 [s]
Salvaguardia della vita SLV	10%	475 [anni]	0,163 g	2,481	0,282[s]
Prevenzione al collasso SLC	5%	975 [anni]	0,215 g	2,470	0,285[s]

Periodo di riferimento: 50 anni **Coefficiente cu:** 1

Dove

Tr: tempi di ritorno ag: accelerazione orizzontale massima di sito

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

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

Coefficienti Sismici

	Ss:	Cc:	St:	Kh:	Kv:	Amax (m/s²)	Beta:
SLO:	1,500	1,650	1,000	0,015	0,007	0,712	0,200
SLD:	1,500	1,620	1,000	0,018	0,009	0,879	0,200
SLV	1,460	1,590	1,000	0,057	0,029	2,333	0,240
SLC	1,380	1,590	1,000	0,083	0,041	2,905	0,280

Dove:

Ss: Amplificazione stratigrafica

Cc: Coeff. funz. Categoria St: Amplificazione topografica

Kh: Coefficiente sismico orizzontale

Kv: Coefficiente sismico verticale

9 -Liquefazione dei terreni

La verifica a liquefazione viene effettuata utilizzando metodi semplificati così come indicato dalla specifica norma regionale nonché negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica prodotti dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza stato-regioni. Per la verifica è stato utilizzato il software Cliq della GeoLogismiki.

Il rischio di liquefazione è funzione di I_L secondo lo schema esposto nella tabella seguente:

I_L	Rischio di liquefazione
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 2$	Basso
$2 < I_L \leq 5$	Moderato
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$I_L > 15$	Molto alto

Tabella 2

9.1 - RISULTATI

Per le verifiche alla liquefazione si è scelto di inserire come accelerazione orizzontale il valore di **0,24g**.

Le verifiche sono state condotte sui risultati della prova penetrometrica CPT9, in quanto spinta a maggior

profondità ed il pelo libero della falda acquifera è stato posto ad una profondità di -2 metri.

La sintesi dei calcoli sono sintetizzati nel report allegato , dove sono riportati, diagrammi e risultati delle varie elaborazioni nonché tutte le spiegazioni sui metodi utilizzati per la verifica alla liquefazione, il calcolo dei cedimenti post sismici e delle deformazioni laterali.

Non si riscontrano fattori inferiori all'unità in tutta la colonna litostratigrafica: ad essi è associato un potenziale di liquefazione, secondo Iwasaki et alii, molto basso ($I_L 0$).

Inoltre il software stesso ha fornito valori di cedimenti post sismici dovuti a liquefazione e un indice di spostamento laterale (LDI) alquanto irrisori.

10 - Indicazioni progettuali

Il progetto prevede la realizzazione, all'interno dell'area con impianto di trasformazione di E-Distribuzione, di una cabina ed opere accessorie a servizio di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica: si esprime parere favorevole alla sua fattibilità in quanto nulla di realmente significativo è emerso che possa sconsigliare la realizzazione della cabina e delle opere accessorie all'intervento di produzione e trasformazione di energia sostenibile.

Per la progettazione sarà cura del tecnico incaricato valutare:

- nel dimensionamento delle nuove strutture fondali superficiali (preferibilmente di tipo a platea) occorre attenersi ad un comportamento del tutto cautelativo escludendo nel calcolo dei carichi trasmessi un qualsiasi contributo di eventuali terreni di riporto presenti. Nel caso, fossero presenti e non investigati durante la campagna geognostica, occorre procedere ad una loro asportazione e successiva posa di materiale inerte ben compattato tale da riportarsi alla prevista quota di sedime dell'apparato fondale.

- Una corretta regimazione delle acque superficiali

Per il suo dimensionamento devono essere utilizzati i parametri geotecnici riportati nella tabella del capitolo 7.

Per quanto riguarda la valutazione del fenomeno della liquefazione, le verifiche effettuate hanno evidenziato un potenziale, secondo Iwasaki et alii, molto basso ($I_L < 0$), con valori di cedimenti post sismici ed indice di spostamento laterale (LDI) alquanto irrisori.

Bologna, Settembre 2023

dott. geol. Beniamino Costantini

Ordine Geologi Abruzzo

n° 132



Allegato

Report indagine geognostica

PROVA PENETROMETRICA STATICA **LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 9

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Beniamino Costantini
 - lavoro : Campo Solare cabina
 - località : Castel Franco Emilia
 - note :

- data : 22/09/2023
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,20 m da quota inizio
 - pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	0,67	----	10,20	18,0	41,0	18,0	1,73	10,0
0,40	34,0	44,0	34,0	5,80	6,0	10,40	22,0	48,0	22,0	1,67	13,0
0,60	55,0	142,0	55,0	1,53	36,0	10,60	23,0	48,0	23,0	1,47	16,0
0,80	49,0	72,0	49,0	1,60	31,0	10,80	28,0	50,0	28,0	1,73	16,0
1,00	51,0	75,0	51,0	2,40	21,0	11,00	26,0	52,0	26,0	1,93	13,0
1,20	40,0	76,0	40,0	2,40	17,0	11,20	19,0	48,0	19,0	1,40	14,0
1,40	30,0	66,0	30,0	2,13	14,0	11,40	15,0	36,0	15,0	1,60	9,0
1,60	24,0	56,0	24,0	1,33	18,0	11,60	18,0	42,0	18,0	1,27	14,0
1,80	20,0	40,0	20,0	1,33	15,0	11,80	17,0	36,0	17,0	1,07	16,0
2,00	16,0	36,0	16,0	1,20	13,0	12,00	13,0	29,0	13,0	0,93	14,0
2,20	13,0	31,0	13,0	1,07	12,0	12,20	11,0	25,0	11,0	0,67	16,0
2,40	16,0	32,0	16,0	0,73	22,0	12,40	14,0	24,0	14,0	0,53	26,0
2,60	11,0	22,0	11,0	0,60	18,0	12,60	13,0	21,0	13,0	0,53	24,0
2,80	10,0	19,0	10,0	0,47	21,0	12,80	15,0	23,0	15,0	0,60	25,0
3,00	11,0	18,0	11,0	0,40	27,0	13,00	15,0	24,0	15,0	0,53	28,0
3,20	14,0	20,0	14,0	0,67	21,0	13,20	17,0	25,0	17,0	0,80	21,0
3,40	13,0	23,0	13,0	0,53	24,0	13,40	24,0	36,0	24,0	1,40	17,0
3,60	12,0	20,0	12,0	0,53	22,0	13,60	18,0	39,0	18,0	1,07	17,0
3,80	15,0	23,0	15,0	0,67	22,0	13,80	19,0	35,0	19,0	1,00	19,0
4,00	10,0	20,0	10,0	0,20	50,0	14,00	16,0	31,0	16,0	1,13	14,0
4,20	13,0	16,0	13,0	0,73	18,0	14,20	17,0	34,0	17,0	1,00	17,0
4,40	10,0	21,0	10,0	0,60	17,0	14,40	17,0	32,0	17,0	0,93	18,0
4,60	10,0	19,0	10,0	0,53	19,0	14,60	16,0	30,0	16,0	0,87	18,0
4,80	9,0	17,0	9,0	0,40	22,0	14,80	15,0	28,0	15,0	0,67	22,0
5,00	10,0	16,0	10,0	0,40	25,0	15,00	13,0	23,0	13,0	0,60	22,0
5,20	9,0	15,0	9,0	0,47	19,0	15,20	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0
5,40	6,0	13,0	6,0	0,47	13,0	15,40	14,0	22,0	14,0	0,67	21,0
5,60	11,0	18,0	11,0	0,53	21,0	15,60	14,0	24,0	14,0	0,80	17,0
5,80	8,0	16,0	8,0	0,60	13,0	15,80	14,0	26,0	14,0	0,87	16,0
6,00	11,0	20,0	11,0	0,67	16,0	16,00	14,0	27,0	14,0	0,80	17,0
6,20	12,0	22,0	12,0	0,80	15,0	16,20	14,0	26,0	14,0	0,73	19,0
6,40	12,0	24,0	12,0	0,93	13,0	16,40	14,0	25,0	14,0	0,87	16,0
6,60	10,0	24,0	10,0	0,80	12,0	16,60	8,0	21,0	8,0	0,53	15,0
6,80	10,0	22,0	10,0	1,00	10,0	16,80	8,0	16,0	8,0	0,40	20,0
7,00	11,0	26,0	11,0	0,73	15,0	17,00	10,0	16,0	10,0	0,47	21,0
7,20	7,0	18,0	7,0	0,67	10,0	17,20	9,0	16,0	9,0	0,40	22,0
7,40	7,0	17,0	7,0	0,47	15,0	17,40	8,0	14,0	8,0	0,47	17,0
7,60	7,0	14,0	7,0	0,33	21,0	17,60	8,0	15,0	8,0	0,47	17,0
7,80	8,0	13,0	8,0	0,40	20,0	17,80	10,0	17,0	10,0	0,40	25,0
8,00	8,0	14,0	8,0	0,33	24,0	18,00	16,0	22,0	16,0	0,60	27,0
8,20	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0	18,20	8,0	17,0	8,0	0,33	24,0
8,40	9,0	14,0	9,0	0,47	19,0	18,40	11,0	16,0	11,0	0,40	27,0
8,60	8,0	15,0	8,0	0,47	17,0	18,60	14,0	20,0	14,0	0,60	23,0
8,80	8,0	15,0	8,0	0,47	17,0	18,80	13,0	22,0	13,0	0,73	18,0
9,00	10,0	17,0	10,0	0,53	19,0	19,00	13,0	24,0	13,0	0,87	15,0
9,20	11,0	19,0	11,0	0,73	15,0	19,20	12,0	25,0	12,0	0,40	30,0
9,40	12,0	23,0	12,0	1,07	11,0	19,40	14,0	20,0	14,0	0,80	17,0
9,60	12,0	28,0	12,0	0,87	14,0	19,60	11,0	23,0	11,0	0,80	14,0
9,80	9,0	22,0	9,0	1,00	9,0	19,80	13,0	25,0	13,0	0,93	14,0
10,00	15,0	30,0	15,0	1,53	10,0	20,00	14,0	28,0	14,0	-----	-----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 20 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 10**

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Beniamino Costantini
- lavoro : Campo Solare Cabina
- località : Castel Franco Emilia
- note :

- data : 22/09/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	1,73	----	5,20	5,0	8,0	5,0	0,27	19,0
0,40	65,0	91,0	65,0	0,73	89,0	5,40	6,0	10,0	6,0	0,27	22,0
0,60	70,0	81,0	70,0	1,33	52,0	5,60	6,0	10,0	6,0	0,53	11,0
0,80	59,0	79,0	59,0	1,73	34,0	5,80	8,0	16,0	8,0	0,27	30,0
1,00	51,0	77,0	51,0	2,13	24,0	6,00	8,0	12,0	8,0	0,40	20,0
1,20	25,0	57,0	25,0	2,00	12,0	6,20	10,0	16,0	10,0	0,60	17,0
1,40	19,0	49,0	19,0	1,27	15,0	6,40	10,0	19,0	10,0	0,60	17,0
1,60	13,0	32,0	13,0	0,67	19,0	6,60	9,0	18,0	9,0	0,40	22,0
1,80	13,0	23,0	13,0	0,53	24,0	6,80	15,0	21,0	15,0	0,60	25,0
2,00	10,0	18,0	10,0	0,53	19,0	7,00	10,0	19,0	10,0	0,67	15,0
2,20	11,0	19,0	11,0	0,33	33,0	7,20	5,0	15,0	5,0	0,47	11,0
2,40	14,0	19,0	14,0	0,40	35,0	7,40	6,0	13,0	6,0	0,40	15,0
2,60	12,0	18,0	12,0	0,47	26,0	7,60	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0
2,80	11,0	18,0	11,0	0,53	21,0	7,80	7,0	13,0	7,0	0,27	26,0
3,00	8,0	16,0	8,0	0,27	30,0	8,00	9,0	13,0	9,0	0,27	34,0
3,20	10,0	14,0	10,0	0,40	25,0	8,20	7,0	11,0	7,0	0,33	21,0
3,40	9,0	15,0	9,0	0,33	27,0	8,40	7,0	12,0	7,0	0,47	15,0
3,60	5,0	10,0	5,0	0,20	25,0	8,60	6,0	13,0	6,0	0,40	15,0
3,80	9,0	12,0	9,0	0,20	45,0	8,80	8,0	14,0	8,0	0,20	40,0
4,00	17,0	20,0	17,0	0,33	51,0	9,00	15,0	18,0	15,0	0,60	25,0
4,20	7,0	12,0	7,0	0,27	26,0	9,20	12,0	21,0	12,0	0,53	22,0
4,40	8,0	12,0	8,0	0,40	20,0	9,40	13,0	21,0	13,0	0,73	18,0
4,60	5,0	11,0	5,0	0,20	25,0	9,60	10,0	21,0	10,0	0,67	15,0
4,80	4,0	7,0	4,0	0,13	30,0	9,80	11,0	21,0	11,0	0,80	14,0
5,00	5,0	7,0	5,0	0,20	25,0	10,00	13,0	25,0	13,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

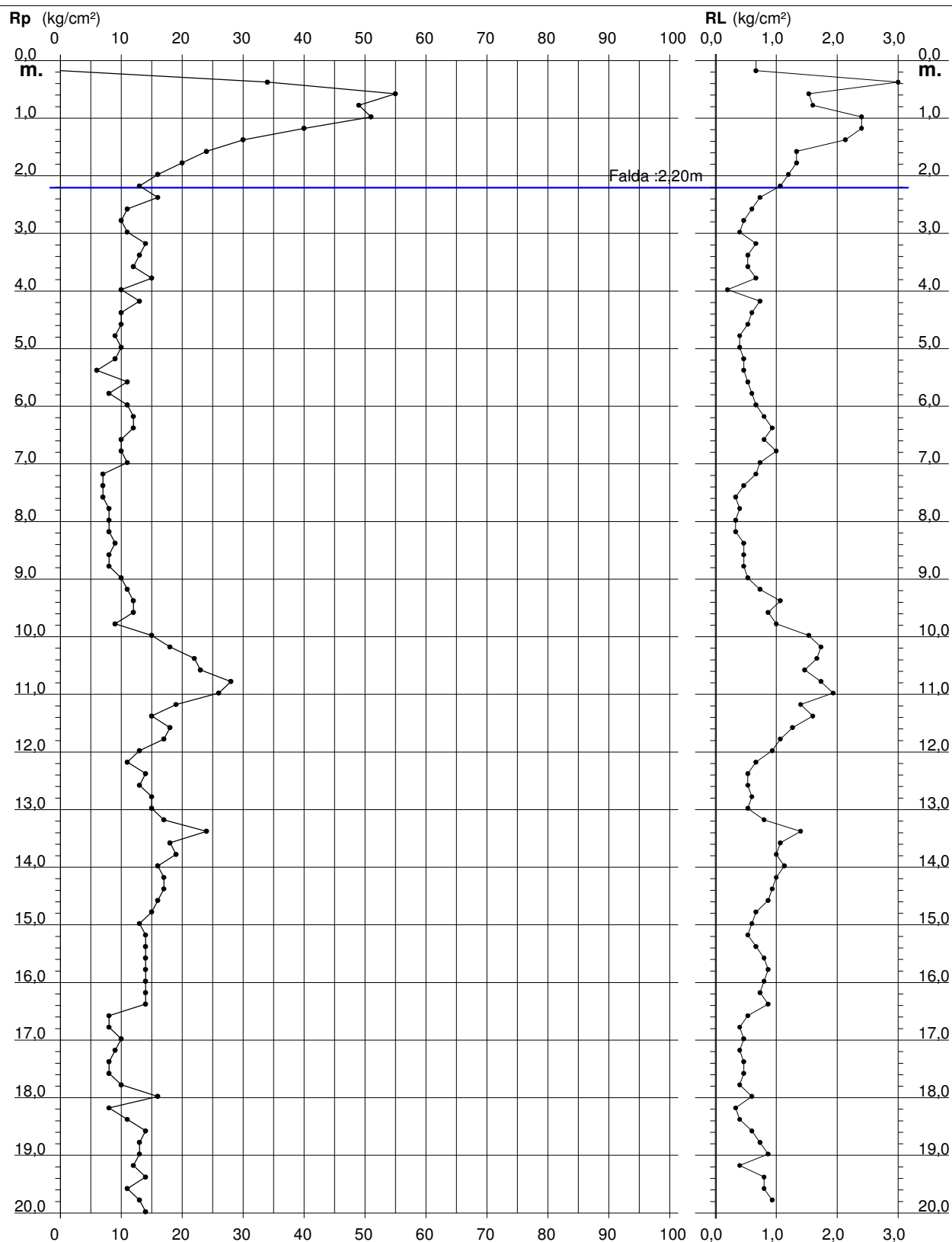
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 9

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Beniamino Costantini
- lavoro : Campo Solare cabina
- località : Castel Franco Emilia

- data : 22/09/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



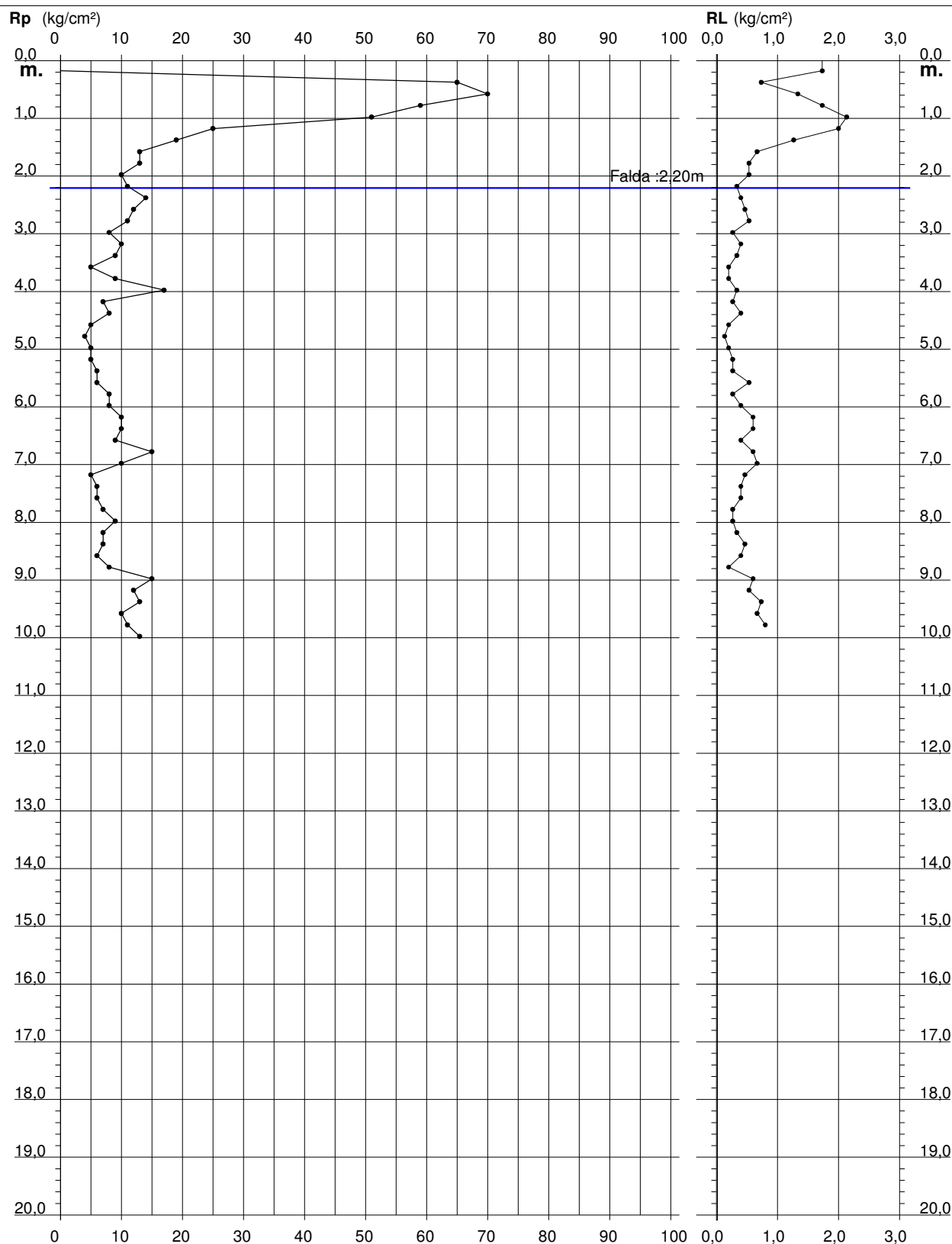
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 10

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Beniamino Costantini
- lavoro : Campo Solare Cabina
- località : Castel Franco Emilia

- data : 22/09/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



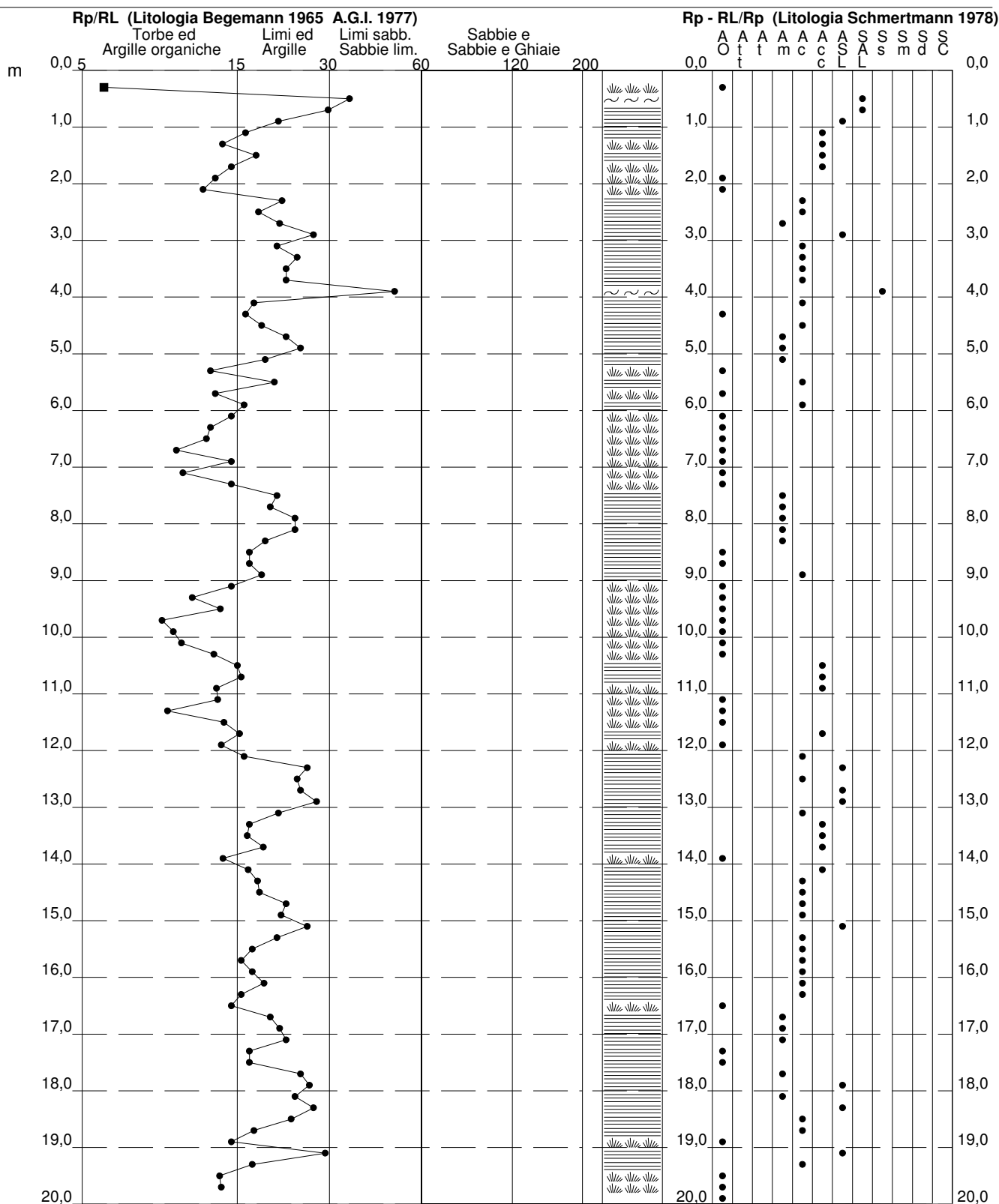
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 9

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Beniamino Costantini
- lavoro : Campo Solare cabina
- località : Castel Franco Emilia
- note :

- data : 22/09/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



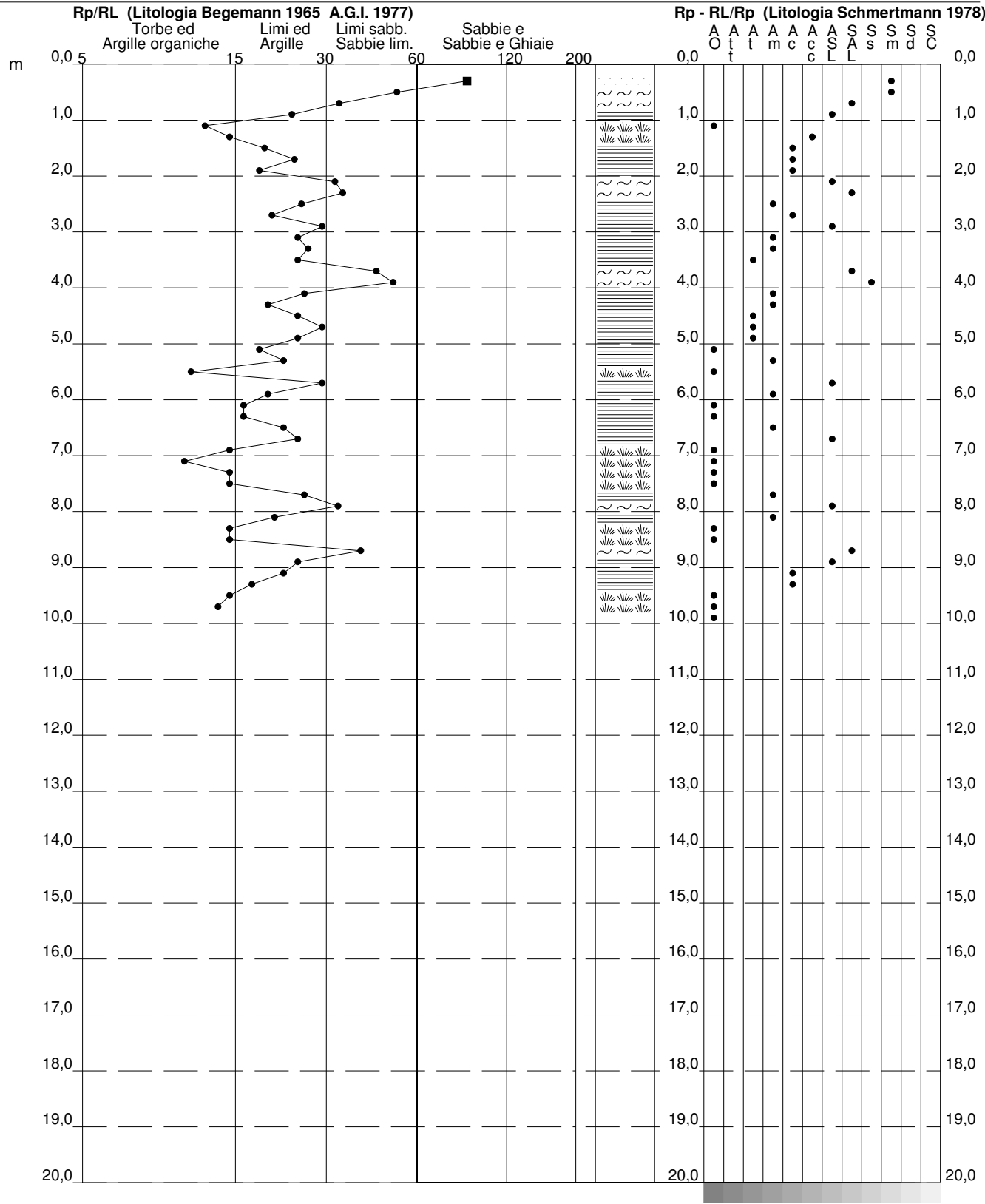
PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 10

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Beniamino Costantini
- lavoro : Campo Solare Cabina
- località : Castel Franco Emilia
- note :

- data : 22/09/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 9

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Beniamino Costantini
- lavoro : Campo Solare cabina
- località : Castel Franco Emilia
- note :

- data : 22/09/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	34	6	4/:	1,85	0,07	1,13	99,9	193	289	102	98	42	43	44	46	44	29	0,253	57	85	102
0,60	55	36	3:::	1,85	0,11	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	31	0,258	92	138	165
0,80	49	31	3:::	1,85	0,15	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	42	31	0,237	82	123	147
1,00	51	21	4/:	1,85	0,19	1,70	99,9	289	434	153	90	41	42	44	45	41	31	0,223	85	128	153
1,20	40	17	4/:	1,85	0,22	1,33	59,0	227	340	120	77	39	41	42	44	40	30	0,181	67	100	120
1,40	30	14	4/:	1,85	0,26	1,00	34,0	170	255	90	64	37	39	41	43	38	29	0,140	50	75	90
1,60	24	18	4/:	1,85	0,30	0,89	24,8	151	227	72	53	35	38	40	42	36	28	0,111	40	60	72
1,80	20	15	4/:	1,85	0,33	0,80	18,8	136	204	60	44	34	36	39	41	34	27	0,088	33	50	60
2,00	16	13	2///	1,85	0,37	0,70	13,8	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	13	12	2///	0,93	0,39	0,60	10,9	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	16	22	2///	0,96	0,41	0,70	12,2	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	11	18	2///	0,91	0,43	0,54	8,4	101	152	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	10	21	2///	0,90	0,44	0,50	7,3	110	165	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	11	27	2///	0,91	0,46	0,54	7,6	113	169	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	14	21	2///	0,94	0,48	0,64	8,9	114	171	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	13	24	2///	0,93	0,50	0,60	8,0	120	180	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	12	22	2///	0,92	0,52	0,57	7,1	129	194	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	15	22	2///	0,95	0,54	0,67	8,2	128	192	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	10	50	4/:	0,86	0,55	0,50	5,5	150	225	40	7	29	32	35	39	27	26	0,016	17	25	30
4,20	13	18	2///	0,93	0,57	0,60	6,7	146	219	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	10	17	2///	0,90	0,59	0,50	5,1	163	244	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	10	19	2///	0,90	0,61	0,50	4,9	168	253	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	9	22	2///	0,88	0,63	0,45	4,2	175	262	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	10	25	2///	0,90	0,64	0,50	4,6	180	269	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	9	19	2///	0,88	0,66	0,45	3,9	186	279	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	6	13	1***	0,46	0,67	0,30	2,3	35	52	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	11	21	2///	0,91	0,69	0,54	4,6	192	288	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	8	13	2///	0,86	0,71	0,40	3,1	195	292	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	11	16	2///	0,91	0,72	0,54	4,3	202	304	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	12	15	2///	0,92	0,74	0,57	4,5	207	311	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	12	13	2///	0,92	0,76	0,57	4,4	213	319	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	10	12	2///	0,90	0,78	0,50	3,6	220	330	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	10	10	2///	0,90	0,80	0,50	3,5	225	337	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	11	15	2///	0,91	0,82	0,54	3,7	230	345	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	7	10	1***	0,46	0,83	0,35	2,1	41	62	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	7	15	1***	0,46	0,83	0,35	2,1	41	62	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	7	21	2///	0,84	0,85	0,35	2,1	195	292	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	8	20	2///	0,86	0,87	0,40	2,4	215	323	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	8	24	2///	0,86	0,89	0,40	2,3	216	325	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	8	24	2///	0,86	0,90	0,40	2,3	218	327	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	9	19	2///	0,88	0,92	0,45	2,6	236	355	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	8	17	2///	0,86	0,94	0,40	2,2	220	330	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	8	17	2///	0,86	0,95	0,40	2,1	221	332	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	10	19	2///	0,90	0,97	0,50	2,7	257	385	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	11	15	2///	0,91	0,99	0,54	2,9	268	402	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	12	11	2///	0,92	1,01	0,57	3,1	278	417	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	12	14	2///	0,92	1,03	0,57	3,0	281	422	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	9	9	2///	0,88	1,05	0,45	2,2	247	371	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	15	10	2///	0,95	1,06	0,67	3,5	300	450	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	18	10	2///	0,98	1,08	0,75	4,0	303	454	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	22	13	4/:	0,93	1,10	0,85	4,5	307	461	66	18	30	33	36	39	28	28	0,034	37	55	66
10,60	23	16	4/:	0,94	1,12	0,87	4,6	312	469	69	19	31	33	36	39	28	28	0,036	38	58	69
10,80	28	16	4/:	0,96	1,14	0,97	5,1	314	471	84	25	32	34	37	40	29	28	0,048	47	70	84
11,00	26	13	4/:	0,95	1,16	0,93	4,8	322	483	78	22	31	34	37	40	29	28	0,042	43	65	78
11,20	19	14	2///	0,99	1,18	0,78	3,7	333	499	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	15	9	2///	0,95	1,20	0,67	3,0	328	492	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	18	14	2///	0,98	1,22	0,75	3,4	343	514	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	17	16	2///	0,97	1,24	0,72	3,2	344	516	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	13	14	2///	0,93	1,26	0,60	2,5	320	480	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	11	16	2///	0,91	1,27	0,54	2,1	297	445	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	14	26	2///	0,94	1,29	0,64	2,6	333	500	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,60	13	24	2///	0,93	1,31	0,60	2,4	325	487	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	15	25	2///	0,95	1,33	0,67	2,6	347	520	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	15	28	2///	0,95	1,35	0,67	2,6	349	523	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,20	17	21	2///	0,97	1,37	0,72	2,8	366	550	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,40	24	17	4/:	0,94	1,39	0,89	3,6	392	588	72	15	30	33	36	39	27	28	0,029	40	60	72
13,60	18	17	2///	0,98	1,41	0,75	2,9	378	567	56	--	--	--	--	--	--	--</				

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 10

2.010496-071

- committente : Dott. Geol. Beniamino Costantini
- lavoro : Campo Solare Cabina
- località : Castel Franco Emilia
- note :

- data : 22/09/2023
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	65	89	3:~:~:	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	32	0,258	108	163	195
0,60	70	52	3:~:~:	1,85	0,11	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	32	0,258	117	175	210
0,80	59	34	3:~:~:	1,85	0,15	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	32	0,258	98	148	177
1,00	51	24	4/:/:	1,85	0,19	1,70	99,9	289	434	153	90	41	42	44	45	41	31	0,223	85	128	153
1,20	25	12	4/:/:	1,85	0,22	0,91	36,6	155	232	75	61	37	39	41	43	38	28	0,133	42	63	75
1,40	19	15	2:~:~:	1,85	0,26	0,78	24,7	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	13	19	2:~:~:	1,85	0,30	0,60	15,3	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	13	24	2:~:~:	1,85	0,33	0,60	13,2	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	10	19	2:~:~:	1,85	0,37	0,50	9,1	88	132	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	11	33	4/:/:	0,87	0,39	0,54	9,4	93	139	42	19	31	34	36	40	30	26	0,037	18	28	33
2,40	14	35	4/:/:	0,89	0,41	0,64	11,0	108	162	48	26	32	34	37	40	31	26	0,051	23	35	42
2,60	12	26	2:~:~:	0,92	0,42	0,57	9,1	101	151	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	11	21	2:~:~:	0,91	0,44	0,54	8,0	106	159	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	8	30	4/:/:	0,84	0,46	0,40	5,3	125	188	35	4	29	32	35	38	27	26	0,011	13	20	24
3,20	10	25	2:~:~:	0,90	0,48	0,50	6,7	122	183	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	9	27	2:~:~:	0,88	0,49	0,45	5,6	133	200	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	5	25	2:~:~:	0,80	0,51	0,25	2,6	131	197	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	9	45	4/:/:	0,85	0,53	0,45	5,2	145	217	38	5	29	32	35	38	27	26	0,012	15	23	27
4,00	17	51	4/:/:	0,91	0,55	0,72	8,9	129	194	54	26	32	34	37	40	30	27	0,049	28	43	51
4,20	7	26	2:~:~:	0,84	0,56	0,35	3,5	158	238	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	8	20	2:~:~:	0,86	0,58	0,40	4,0	162	243	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	5	25	2:~:~:	0,80	0,60	0,25	2,1	138	207	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	4	30	4/:/:	0,80	0,61	0,20	1,6	116	174	20	--	28	31	35	38	25	25	--	7	10	12
5,00	5	25	2:~:~:	0,80	0,63	0,25	2,0	140	210	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	5	19	2:~:~:	0,80	0,64	0,25	1,9	141	211	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	6	22	2:~:~:	0,82	0,66	0,30	2,3	162	243	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	6	11	1***	0,46	0,67	0,30	2,3	34	52	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	8	30	4/:/:	0,84	0,69	0,40	3,2	191	286	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24
6,00	8	20	2:~:~:	0,86	0,70	0,40	3,1	194	291	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	10	17	2:~:~:	0,90	0,72	0,50	4,0	201	302	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	10	17	2:~:~:	0,90	0,74	0,50	3,9	208	311	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	9	22	2:~:~:	0,88	0,76	0,45	3,3	211	317	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	15	25	2:~:~:	0,95	0,78	0,67	5,2	213	319	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	10	15	2:~:~:	0,90	0,79	0,50	3,5	224	336	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	5	11	1***	0,46	0,80	0,25	1,5	32	47	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	6	15	1***	0,46	0,81	0,30	1,8	37	55	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	6	15	1***	0,46	0,82	0,30	1,8	37	55	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	7	26	2:~:~:	0,84	0,84	0,35	2,1	194	291	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	9	34	4/:/:	0,85	0,85	0,45	2,8	228	343	38	--	28	31	35	38	25	26	--	15	23	27
8,20	7	21	2:~:~:	0,84	0,87	0,35	2,0	196	294	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	7	15	1***	0,46	0,88	0,35	2,0	42	63	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	6	15	1***	0,46	0,89	0,30	1,6	38	56	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	8	40	4/:/:	0,84	0,91	0,40	2,3	218	327	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24
9,00	15	25	2:~:~:	0,95	0,93	0,67	4,2	259	388	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	12	22	2:~:~:	0,92	0,94	0,57	3,4	265	397	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	13	18	2:~:~:	0,93	0,96	0,60	3,5	272	407	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	10	15	2:~:~:	0,90	0,98	0,50	2,7	258	387	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	11	14	2:~:~:	0,91	1,00	0,54	2,9	269	404	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	13	--	2:~:~:	0,93	1,02	0,60	3,3	284	427	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Allegato

**Report misura rumore
ambientale**

CASTELFRANCO Emilia, Impianto agrivoltaico

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 08/09/2003 09:12:25 End recording: 08/09/2003 09:30:26

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h18'00". Analyzed 56% trace (manual window selection)

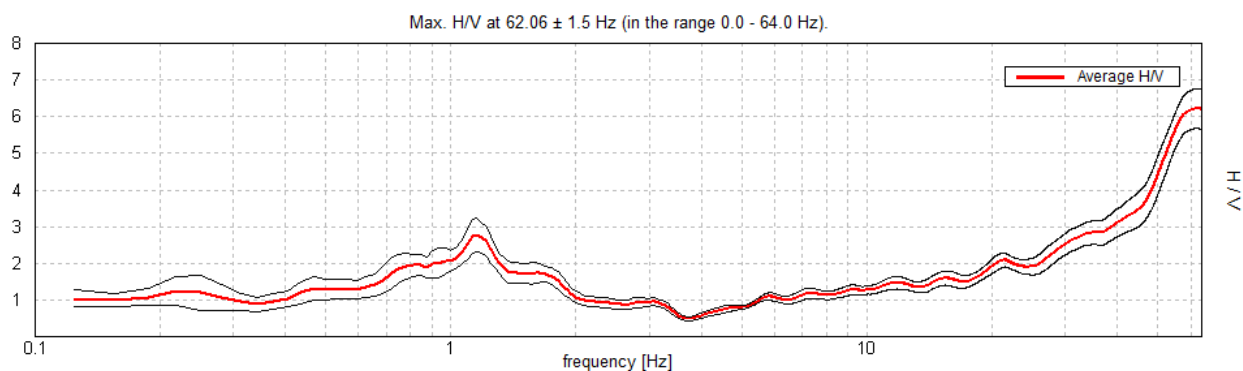
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

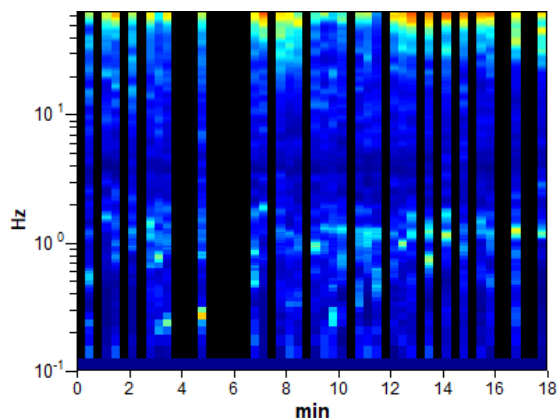
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

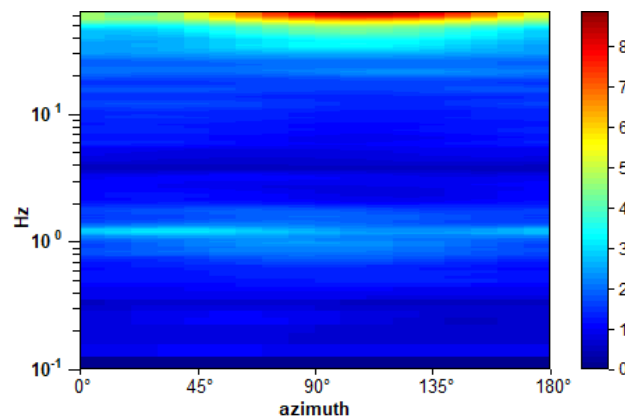
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



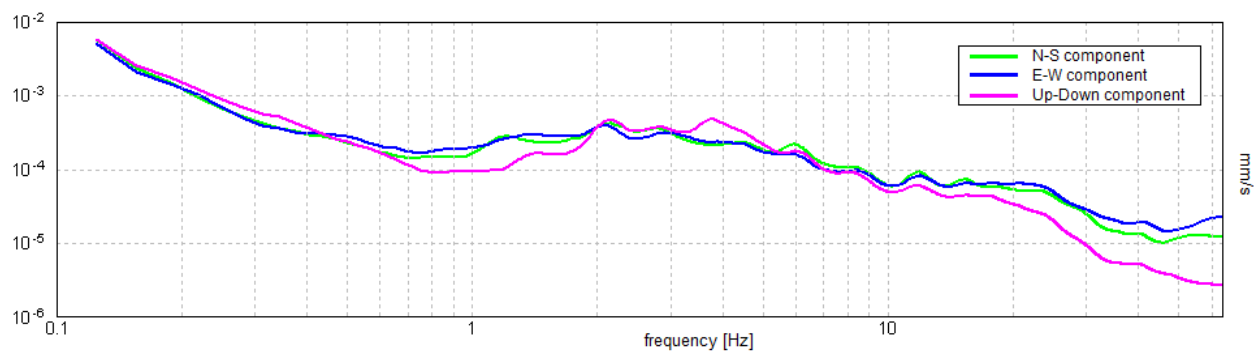
H/V TIME HISTORY



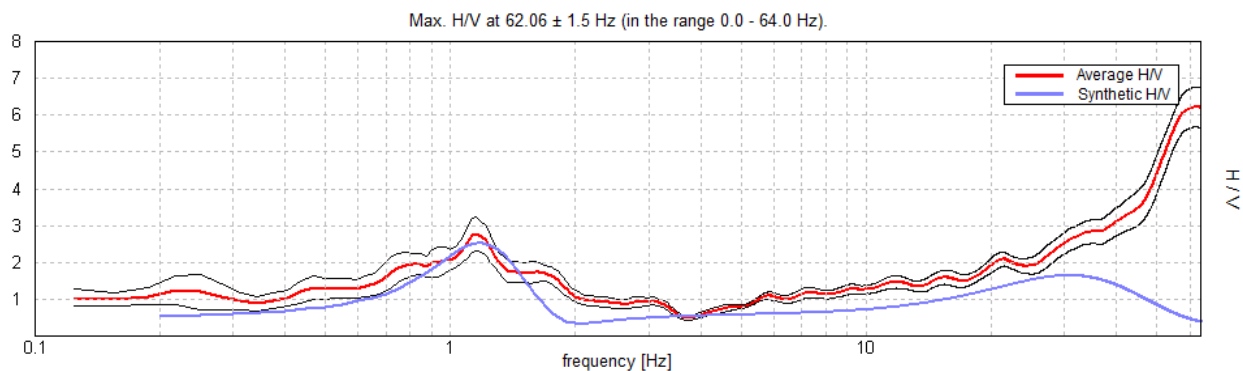
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

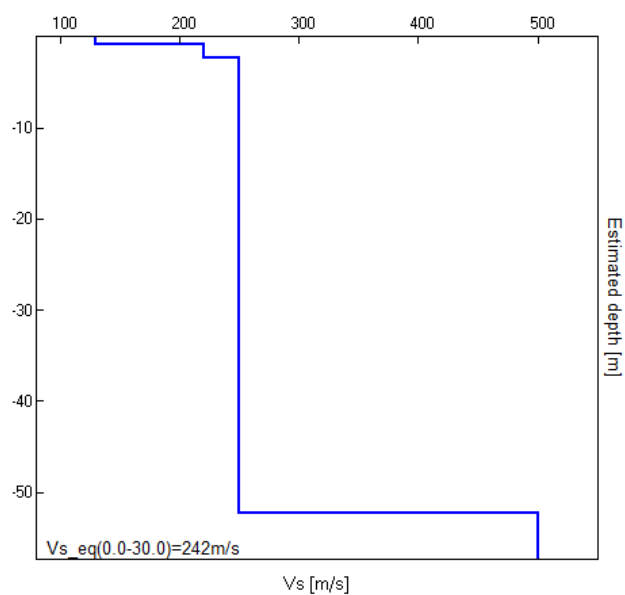


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.80	0.80	130	0.49
2.30	1.50	220	0.45
52.30	50.00	250	0.40
inf.	inf.	500	0.40

$V_{s_eq}(0.0-30.0)=242\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 62.06 ± 1.5 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$62.06 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$37237.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1056 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	39.875 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$6.21 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02423 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.50396 < 3.10313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5377 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

Allegato

Report linea MASW

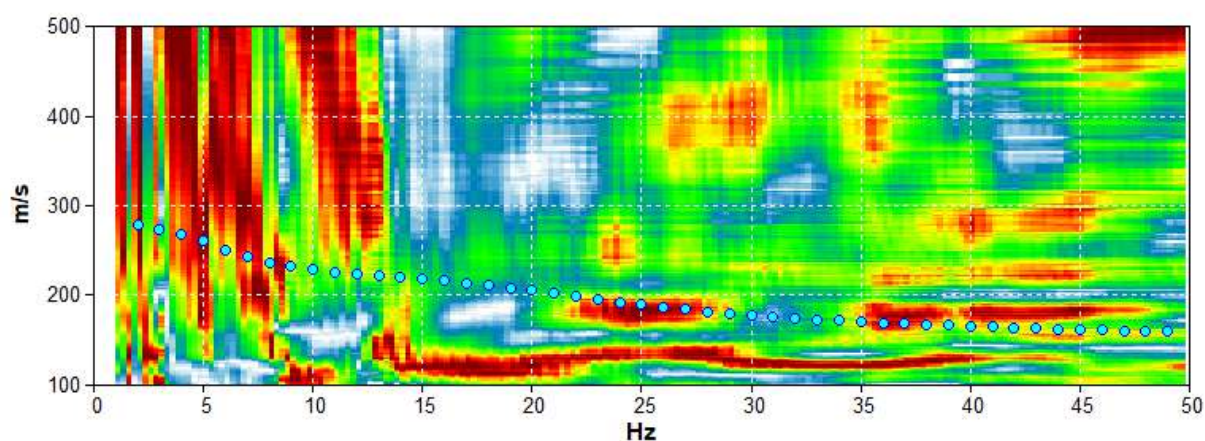
CASTELFRANCO Emilia, Impianto agrivoltaico - MASW TR22

Start recording: 08/09/2003 09:34:01 End recording: 08/09/2003 09:38:54
Trace length: 0h00'02". Analyzed 56% trace (manual window selection)
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ;
B9 ; B10 ; B11

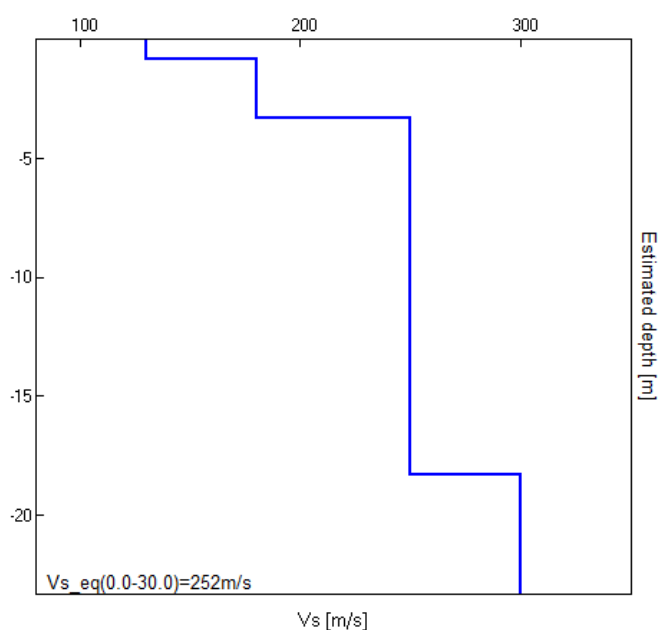
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.80	0.80	130	0.49
3.30	2.50	180	0.45
18.30	15.00	250	0.45
inf.	inf.	300	0.45

$V_{s_eq}(0.0-30.0)=252\text{m/s}$



Allegato

Report verifica liquefazione

TABLE OF CONTENTS

CPT 3 results	
Summary data report	1
Input field data	7
Cyclic stress resistance results	10
Cyclic resistance ratio results	13
Liquefaction potential index data	16
Vertical settlements summary report	18
Vertical settlements data report	19
Lateral displacements summary report	21
Lateral displacements data report	22
Strength loss data report	25

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

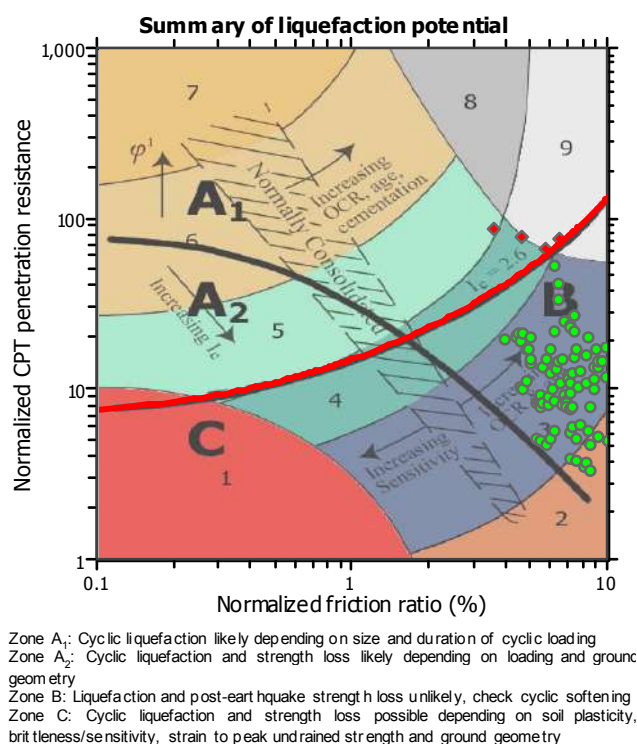
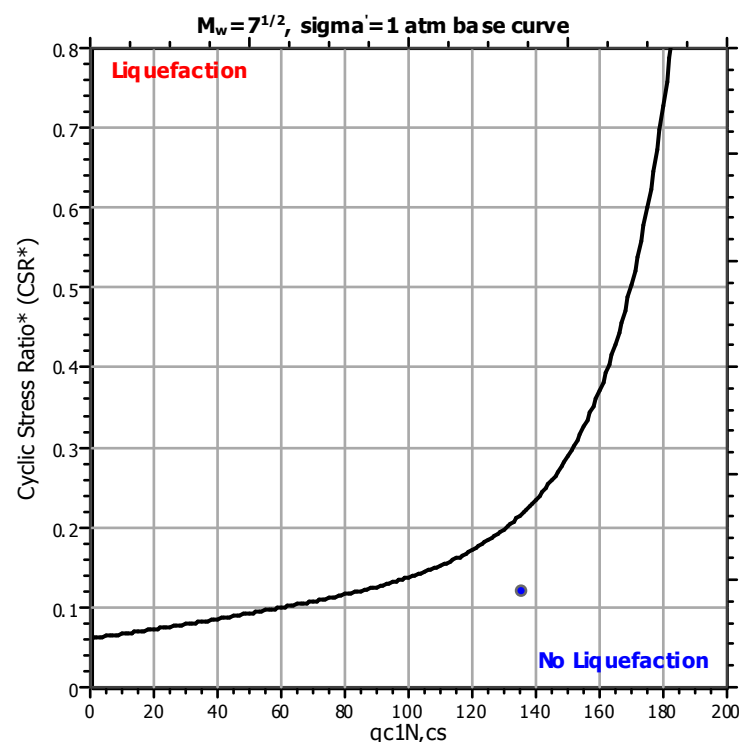
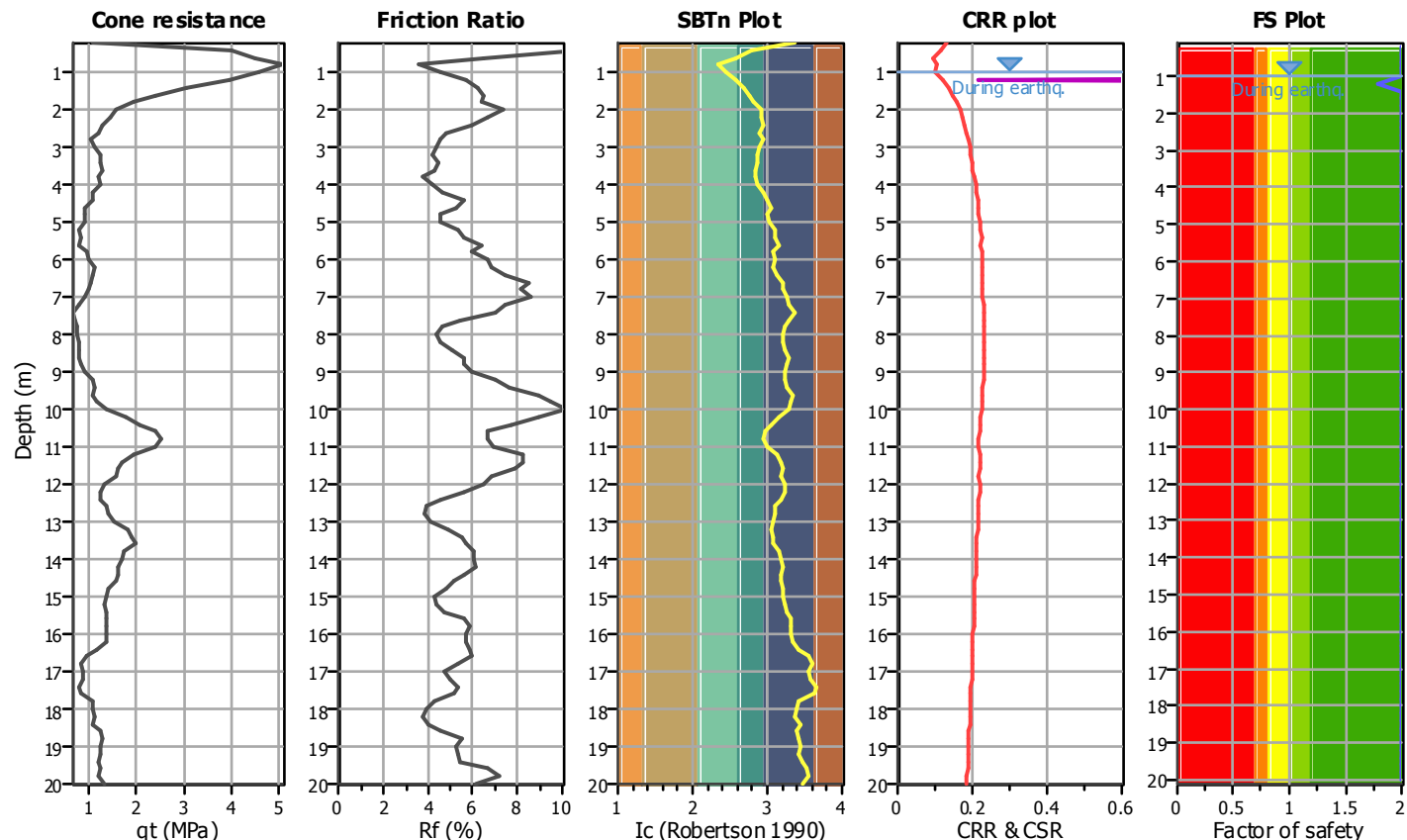
Project title : Realizzazione cabina

Location : Via Iso nzo - Castelfranco Emilia

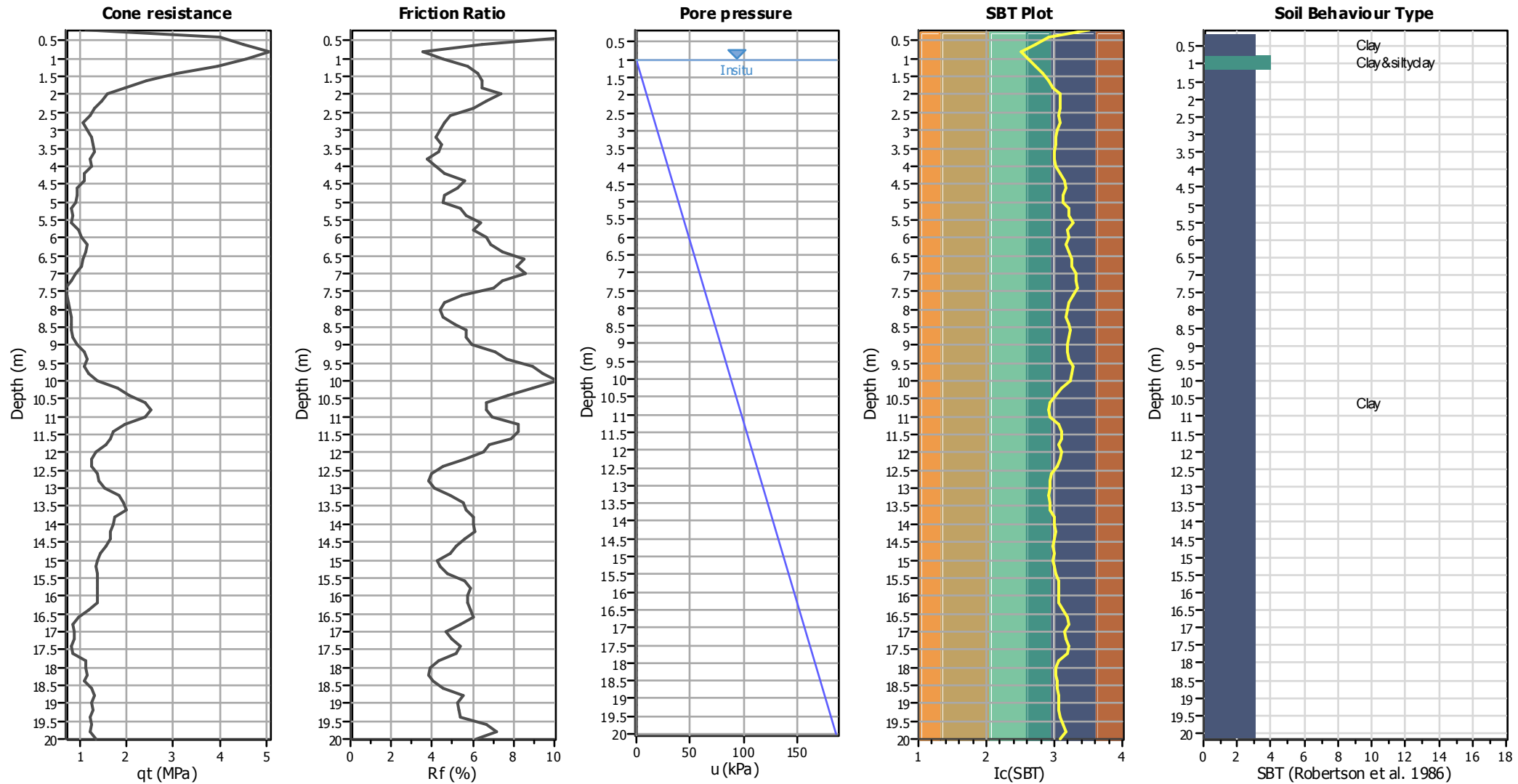
CPT file : CPT.g

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Claylike behavior applied:	Sandsonly
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	N/A
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_{σ} applied:	Yes		



CPT basic interpretation plots



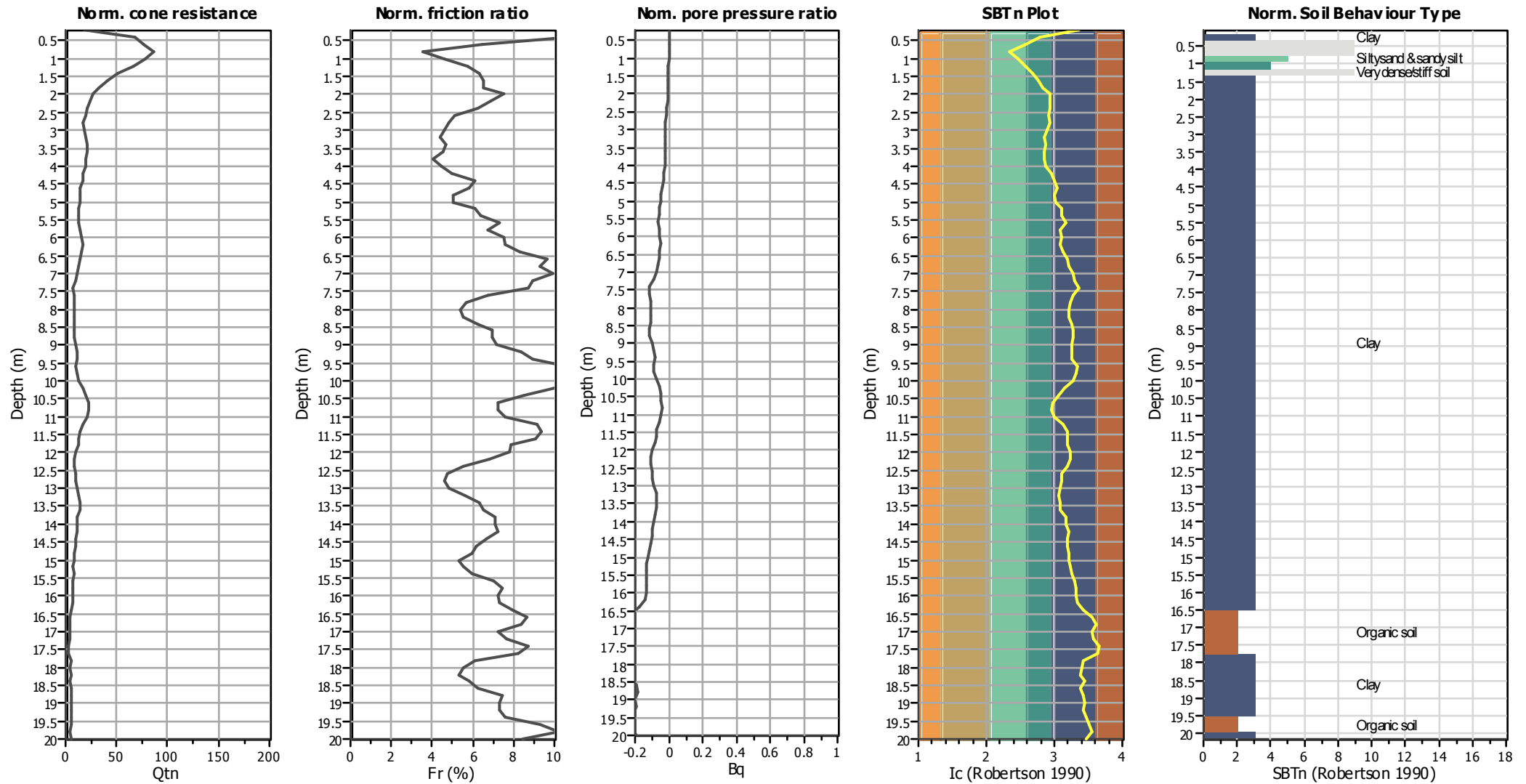
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _r applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sandonly
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

SBT legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

CPT basic interpretation plots (normalized)

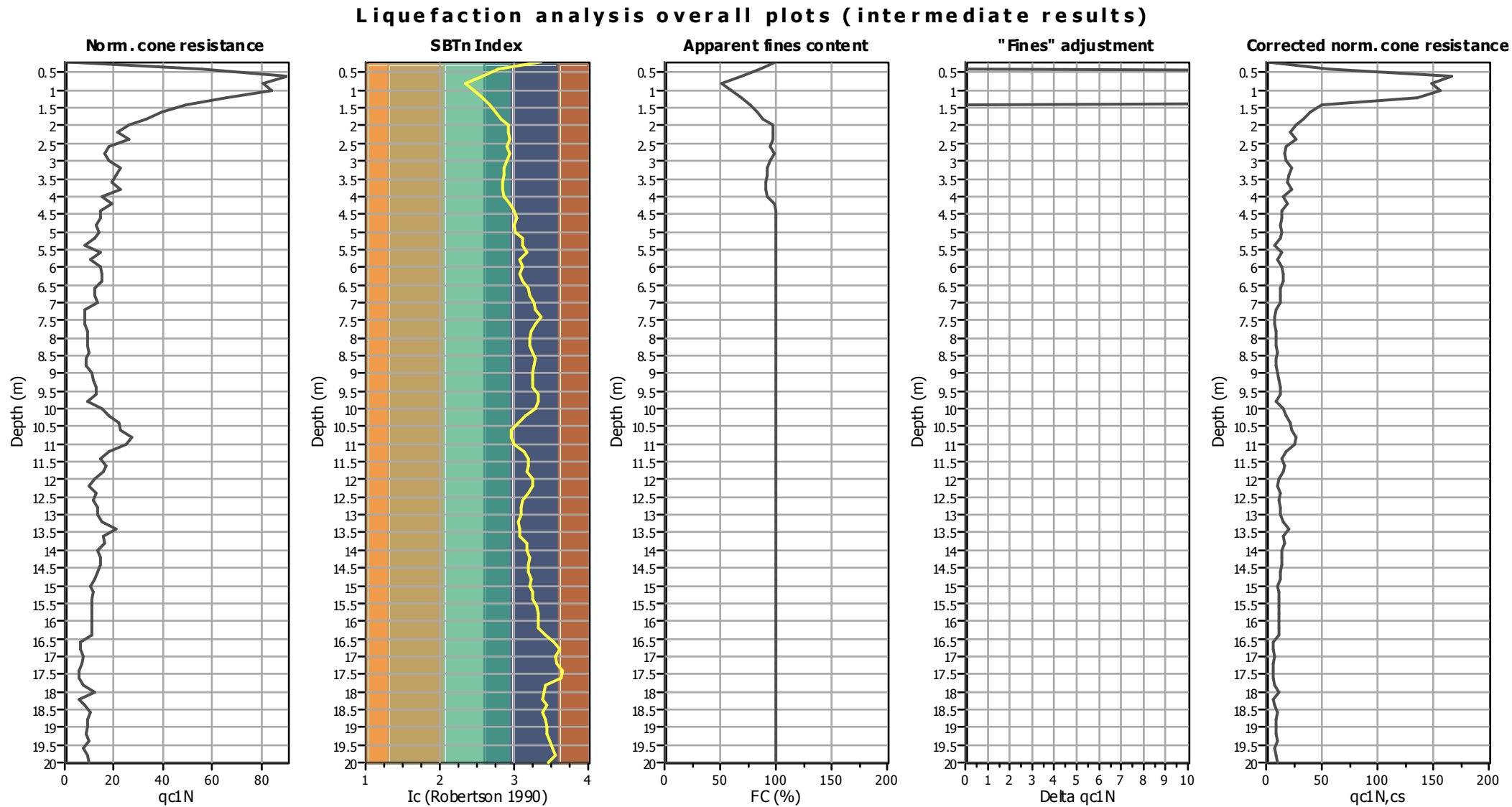


Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detct. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _{applied} :	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sandonly
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

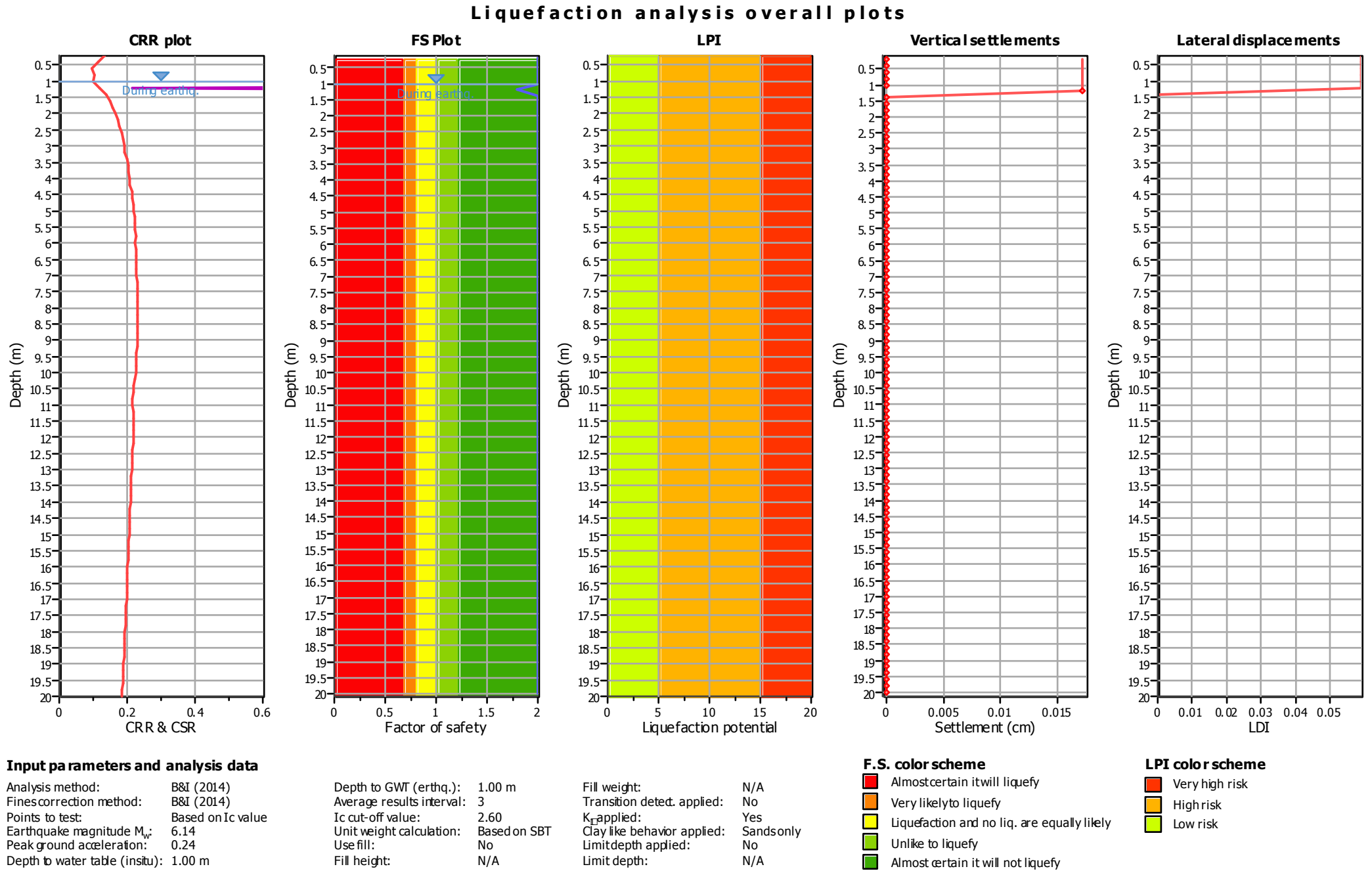
SBTn legend

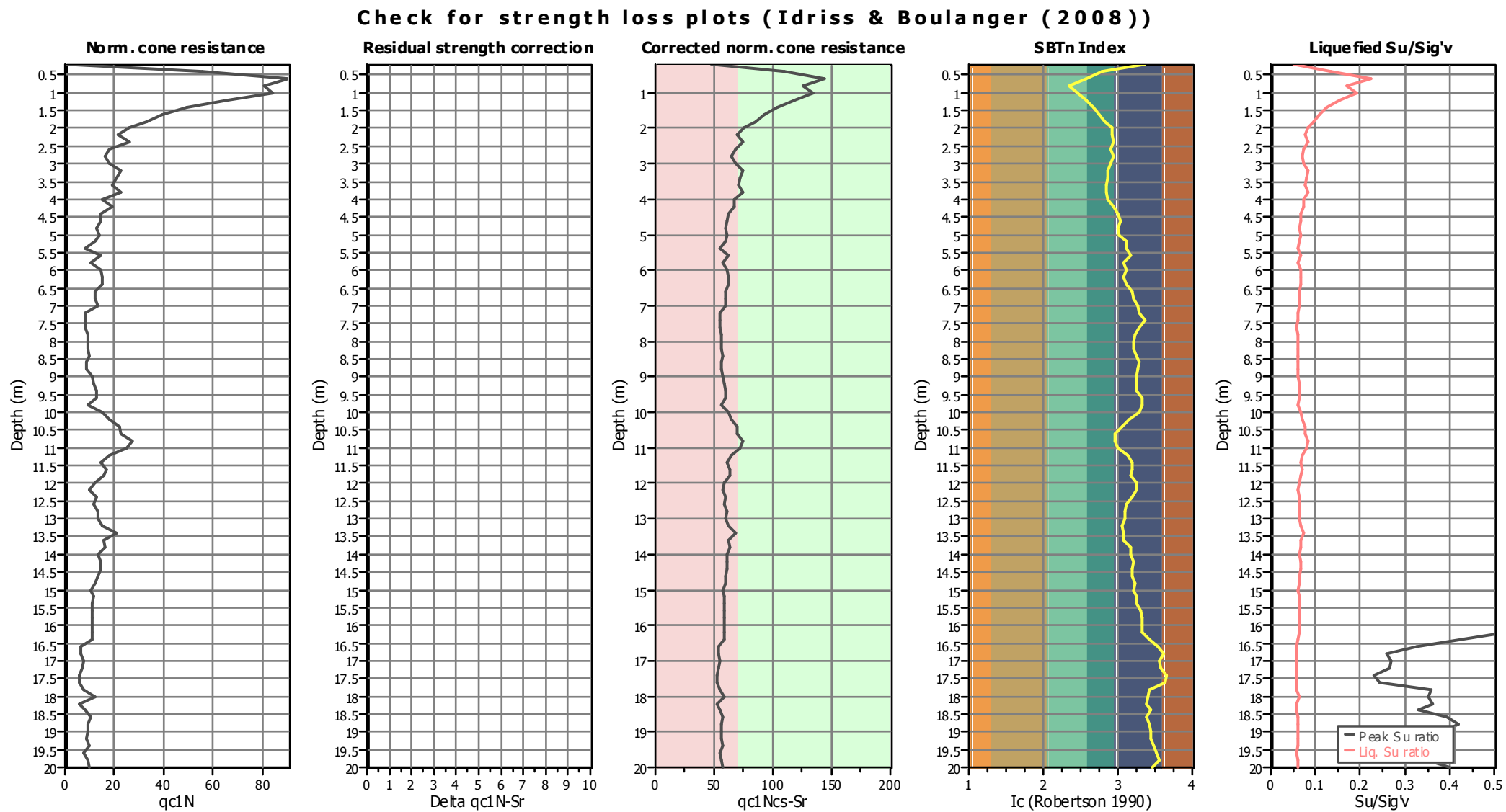
1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _r applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sandsonly
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A





Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _{applied} :	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sand only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

:: Field input data ::						
Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
1	0.20	0.00	65.70	0.00	86.17	19.30
2	0.40	3.33	568.79	0.00	44.93	20.49
3	0.60	5.39	150.04	0.00	34.30	20.10
4	0.80	4.81	156.91	0.00	24.28	19.59
5	1.00	5.00	235.36	0.00	28.83	19.72
6	1.20	3.92	235.36	0.00	34.13	19.75
7	1.40	2.94	208.88	0.00	39.17	19.46
8	1.60	2.35	130.43	0.00	43.69	19.14
9	1.80	1.96	130.43	0.00	47.32	18.81
10	2.00	1.57	117.68	0.00	53.85	18.65
11	2.20	1.27	104.93	0.00	53.80	18.41
12	2.40	1.57	71.59	0.00	54.38	18.11
13	2.60	1.08	58.84	0.00	52.31	17.75
14	2.80	0.98	46.09	0.00	54.70	17.46
15	3.00	1.08	39.23	0.00	51.99	17.55
16	3.20	1.37	65.70	0.00	49.52	17.62
17	3.40	1.27	51.98	0.00	49.96	17.72
18	3.60	1.18	51.98	0.00	49.08	17.73
19	3.80	1.47	65.70	0.00	48.64	17.46
20	4.00	0.98	19.61	0.00	49.97	17.62
21	4.20	1.27	71.59	0.00	55.11	17.52
22	4.40	0.98	58.84	0.00	58.95	17.74
23	4.60	0.98	51.98	0.00	61.19	17.47
24	4.80	0.88	39.23	0.00	58.67	17.31
25	5.00	0.98	39.23	0.00	59.58	17.24
26	5.20	0.88	46.09	0.00	66.32	17.26
27	5.40	0.59	46.09	0.00	66.45	17.38
28	5.60	1.08	51.98	0.00	70.51	17.46
29	5.80	0.78	58.84	0.00	63.88	17.67
30	6.00	1.08	65.70	0.00	65.98	17.84
31	6.20	1.18	78.45	0.00	63.92	18.06
32	6.40	1.18	91.20	0.00	67.26	18.11
33	6.60	0.98	78.45	0.00	72.95	18.17
34	6.80	0.98	98.07	0.00	73.72	18.07
35	7.00	1.08	71.59	0.00	79.06	17.97
36	7.20	0.69	65.70	0.00	80.68	17.64
37	7.40	0.69	46.09	0.00	86.85	17.30
38	7.60	0.69	32.36	0.00	79.99	17.08
39	7.80	0.78	39.23	0.00	75.40	16.96
40	8.00	0.78	32.36	0.00	73.66	16.97
41	8.20	0.78	32.36	0.00	73.36	17.06
42	8.40	0.88	46.09	0.00	76.60	17.20
43	8.60	0.78	46.09	0.00	79.69	17.32
44	8.80	0.78	46.09	0.00	78.98	17.38
45	9.00	0.98	51.98	0.00	76.77	17.61
46	9.20	1.08	71.59	0.00	76.66	18.00
47	9.40	1.18	104.93	0.00	77.10	18.18
48	9.60	1.18	85.32	0.00	83.69	18.27

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
49	9.80	0.88	98.07	0.00	82.68	18.47
50	10.00	1.47	150.04	0.00	79.81	18.79
51	10.20	1.77	169.66	0.00	69.16	19.06
52	10.40	2.16	163.77	0.00	62.70	19.10
53	10.60	2.26	144.16	0.00	56.44	19.15
54	10.80	2.75	169.66	0.00	55.60	19.23
55	11.00	2.55	189.27	0.00	58.14	19.20
56	11.20	1.86	137.29	0.00	67.42	19.09
57	11.40	1.47	156.91	0.00	72.16	18.87
58	11.60	1.77	124.54	0.00	72.98	18.76
59	11.80	1.67	104.93	0.00	71.53	18.53
60	12.00	1.27	91.20	0.00	76.44	18.24
61	12.20	1.08	65.70	0.00	76.44	17.95
62	12.40	1.37	51.98	0.00	72.53	17.71
63	12.60	1.27	51.98	0.00	66.64	17.70
64	12.80	1.47	58.84	0.00	65.87	17.71
65	13.00	1.47	51.98	0.00	64.57	17.92
66	13.20	1.67	78.45	0.00	62.90	18.39
67	13.40	2.35	137.29	0.00	64.36	18.61
68	13.60	1.77	104.93	0.00	64.33	18.69
69	13.80	1.86	98.07	0.00	70.42	18.55
70	14.00	1.57	110.82	0.00	71.45	18.52
71	14.20	1.67	98.07	0.00	73.63	18.47
72	14.40	1.67	91.20	0.00	72.16	18.37
73	14.60	1.57	85.32	0.00	72.26	18.21
74	14.80	1.47	65.70	0.00	74.73	18.01
75	15.00	1.27	58.84	0.00	74.34	17.80
76	15.20	1.37	51.98	0.00	76.29	17.79
77	15.40	1.37	65.70	0.00	77.54	17.92
78	15.60	1.37	78.45	0.00	81.52	18.10
79	15.80	1.37	85.32	0.00	83.27	18.16
80	16.00	1.37	78.45	0.00	83.11	18.13
81	16.20	1.37	71.59	0.00	83.62	18.13
82	16.40	1.37	85.32	0.00	92.11	17.93
83	16.60	0.78	51.98	0.00	100.00	17.67
84	16.80	0.78	39.23	0.00	100.00	17.32
85	17.00	0.98	46.09	0.00	100.00	17.23
86	17.20	0.88	39.23	0.00	100.00	17.29
87	17.40	0.78	46.09	0.00	100.00	17.26
88	17.60	0.78	46.09	0.00	100.00	17.27
89	17.80	0.98	39.23	0.00	91.44	17.48
90	18.00	1.57	58.84	0.00	89.71	17.37
91	18.20	0.78	32.36	0.00	88.04	17.38
92	18.40	1.08	39.23	0.00	93.14	17.36
93	18.60	1.37	58.84	0.00	88.87	17.71
94	18.80	1.27	71.59	0.00	91.22	18.01
95	19.00	1.27	85.32	0.00	93.33	17.88
96	19.20	1.18	39.23	0.00	92.69	17.93

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
97	19.40	1.37	78.45	0.00	96.50	17.87
98	19.60	1.08	78.45	0.00	100.00	18.15
99	19.80	1.27	91.20	0.00	100.00	18.20
100	20.00	1.37	78.45	0.00	95.84	18.18

Abbreviations

Depth: Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
 q_c : Measured cone resistance (MPa)
 f_s : Sleeve friction resistance (kPa)
 u : Pore pressure (kPa)
 Fines content: Percentage of fines in soil (%)
 Unit weight: Bulk soil unit weight (kN/m³)

:: Cyclic Stress Ratio fully adjusted (CSR*) calculation data ::												
Point ID	Depth (m)	σ_v' (kPa)	u_0 (kPa)	σ_v' (kPa)	r_d	CSR	MSF	CSR _{eq}	K_σ	User FS	CSR*	Belongs to transition
1	0.20	3.86	0.00	3.86	1.00	0.156	1.43	0.109	1.10	1.00	2.000	No
2	0.40	7.96	0.00	7.96	1.00	0.156	1.43	0.109	1.10	1.00	2.000	No
3	0.60	11.98	0.00	11.98	1.00	0.156	1.43	0.109	1.10	1.00	2.000	No
4	0.80	15.90	0.00	15.90	1.00	0.156	1.43	0.109	1.10	1.00	2.000	No
5	1.00	19.84	0.00	19.84	0.99	0.155	1.43	0.109	1.10	1.00	2.000	No
6	1.20	23.79	1.96	21.83	0.99	0.169	1.43	0.118	1.10	1.00	0.120	No
7	1.40	27.68	3.92	23.76	0.99	0.180	1.43	0.126	1.10	1.00	0.137	No
8	1.60	31.51	5.89	25.62	0.99	0.189	1.43	0.132	1.10	1.00	0.149	No
9	1.80	35.27	7.85	27.42	0.98	0.197	1.43	0.138	1.10	1.00	0.159	No
10	2.00	39.00	9.81	29.19	0.98	0.204	1.43	0.143	1.10	1.00	0.167	No
11	2.20	42.69	11.77	30.91	0.98	0.210	1.43	0.147	1.10	1.00	0.174	No
12	2.40	46.31	13.73	32.57	0.97	0.216	1.43	0.151	1.10	1.00	0.176	No
13	2.60	49.86	15.70	34.16	0.97	0.221	1.43	0.154	1.10	1.00	0.184	No
14	2.80	53.35	17.66	35.69	0.97	0.225	1.43	0.158	1.09	1.00	0.190	No
15	3.00	56.86	19.62	37.24	0.96	0.229	1.43	0.160	1.09	1.00	0.193	No
16	3.20	60.38	21.58	38.80	0.96	0.233	1.43	0.163	1.09	1.00	0.194	No
17	3.40	63.93	23.54	40.38	0.95	0.236	1.43	0.165	1.08	1.00	0.198	No
18	3.60	67.47	25.51	41.97	0.95	0.238	1.43	0.167	1.08	1.00	0.202	No
19	3.80	70.97	27.47	43.50	0.95	0.241	1.43	0.169	1.08	1.00	0.203	No
20	4.00	74.49	29.43	45.06	0.94	0.243	1.43	0.170	1.07	1.00	0.210	No
21	4.20	77.99	31.39	46.60	0.94	0.245	1.43	0.172	1.07	1.00	0.209	No
22	4.40	81.54	33.35	48.19	0.93	0.247	1.43	0.173	1.06	1.00	0.214	No
23	4.60	85.04	35.32	49.72	0.93	0.248	1.43	0.174	1.06	1.00	0.216	No
24	4.80	88.50	37.28	51.22	0.93	0.250	1.43	0.175	1.06	1.00	0.218	No
25	5.00	91.95	39.24	52.71	0.92	0.251	1.43	0.176	1.06	1.00	0.219	No
26	5.20	95.40	41.20	54.19	0.92	0.252	1.43	0.176	1.05	1.00	0.222	No
27	5.40	98.87	43.16	55.71	0.91	0.253	1.43	0.177	1.05	1.00	0.225	No
28	5.60	102.37	45.13	57.24	0.91	0.254	1.43	0.178	1.05	1.00	0.223	No
29	5.80	105.90	47.09	58.81	0.91	0.254	1.43	0.178	1.04	1.00	0.226	No
30	6.00	109.47	49.05	60.42	0.90	0.255	1.43	0.178	1.04	1.00	0.225	No
31	6.20	113.08	51.01	62.07	0.90	0.255	1.43	0.178	1.04	1.00	0.225	No
32	6.40	116.70	52.97	63.73	0.89	0.255	1.43	0.178	1.04	1.00	0.226	No
33	6.60	120.33	54.94	65.40	0.89	0.255	1.43	0.178	1.04	1.00	0.227	No
34	6.80	123.95	56.90	67.05	0.88	0.255	1.43	0.178	1.03	1.00	0.228	No
35	7.00	127.54	58.86	68.68	0.88	0.254	1.43	0.178	1.03	1.00	0.228	No
36	7.20	131.07	60.82	70.25	0.87	0.254	1.43	0.178	1.03	1.00	0.230	No
37	7.40	134.53	62.78	71.75	0.87	0.254	1.43	0.178	1.03	1.00	0.230	No
38	7.60	137.95	64.75	73.20	0.86	0.254	1.43	0.178	1.03	1.00	0.231	No
39	7.80	141.34	66.71	74.63	0.86	0.254	1.43	0.178	1.02	1.00	0.231	No
40	8.00	144.73	68.67	76.06	0.86	0.254	1.43	0.178	1.02	1.00	0.231	No
41	8.20	148.15	70.63	77.51	0.85	0.254	1.43	0.178	1.02	1.00	0.231	No
42	8.40	151.59	72.59	78.99	0.85	0.253	1.43	0.177	1.02	1.00	0.231	No
43	8.60	155.05	74.56	80.49	0.84	0.253	1.43	0.177	1.02	1.00	0.231	No
44	8.80	158.52	76.52	82.01	0.84	0.252	1.43	0.177	1.02	1.00	0.231	No
45	9.00	162.05	78.48	83.57	0.83	0.252	1.43	0.176	1.02	1.00	0.230	No
46	9.20	165.65	80.44	85.20	0.83	0.251	1.43	0.176	1.01	1.00	0.229	No
47	9.40	169.28	82.40	86.88	0.82	0.250	1.43	0.175	1.01	1.00	0.228	No
48	9.60	172.94	84.37	88.57	0.82	0.249	1.43	0.174	1.01	1.00	0.228	No

:: Cyclic Stress Ratio fully adjusted (CSR *) calculation data :: (continued)												
Point ID	Depth (m)	σ_v' (kPa)	u_0 (kPa)	σ_v' (kPa)	r_d	CSR	MSF	CSR _{eq}	K_σ	User FS	CSR*	Belongs to transition
49	9.80	176.63	86.33	90.30	0.81	0.248	1.43	0.174	1.01	1.00	0.229	No
50	10.00	180.39	88.29	92.10	0.81	0.247	1.43	0.173	1.01	1.00	0.226	No
51	10.20	184.20	90.25	93.95	0.80	0.246	1.43	0.172	1.01	1.00	0.224	No
52	10.40	188.02	92.21	95.81	0.80	0.244	1.43	0.171	1.01	1.00	0.221	No
53	10.60	191.85	94.18	97.67	0.79	0.243	1.43	0.170	1.00	1.00	0.220	No
54	10.80	195.70	96.14	99.56	0.79	0.242	1.43	0.169	1.00	1.00	0.217	No
55	11.00	199.54	98.10	101.44	0.78	0.241	1.43	0.168	1.00	1.00	0.217	No
56	11.20	203.35	100.06	103.29	0.78	0.239	1.43	0.167	1.00	1.00	0.220	No
57	11.40	207.13	102.02	105.11	0.77	0.238	1.43	0.167	1.00	1.00	0.220	No
58	11.60	210.88	103.99	106.90	0.77	0.237	1.43	0.166	1.00	1.00	0.219	No
59	11.80	214.59	105.95	108.64	0.76	0.236	1.43	0.165	0.99	1.00	0.218	No
60	12.00	218.24	107.91	110.33	0.76	0.235	1.43	0.164	0.99	1.00	0.219	No
61	12.20	221.83	109.87	111.96	0.76	0.233	1.43	0.163	0.99	1.00	0.219	No
62	12.40	225.37	111.83	113.54	0.75	0.232	1.43	0.163	0.99	1.00	0.217	No
63	12.60	228.91	113.80	115.11	0.75	0.231	1.43	0.162	0.99	1.00	0.217	No
64	12.80	232.45	115.76	116.70	0.74	0.230	1.43	0.161	0.99	1.00	0.215	No
65	13.00	236.04	117.72	118.32	0.74	0.229	1.43	0.160	0.99	1.00	0.215	No
66	13.20	239.71	119.68	120.03	0.73	0.228	1.43	0.160	0.99	1.00	0.213	No
67	13.40	243.44	121.64	121.79	0.73	0.227	1.43	0.159	0.98	1.00	0.210	No
68	13.60	247.18	123.61	123.57	0.72	0.225	1.43	0.158	0.98	1.00	0.211	No
69	13.80	250.89	125.57	125.32	0.72	0.224	1.43	0.157	0.98	1.00	0.210	No
70	14.00	254.59	127.53	127.06	0.71	0.223	1.43	0.156	0.98	1.00	0.210	No
71	14.20	258.28	129.49	128.79	0.71	0.222	1.43	0.155	0.98	1.00	0.209	No
72	14.40	261.96	131.45	130.50	0.70	0.221	1.43	0.154	0.98	1.00	0.208	No
73	14.60	265.60	133.42	132.18	0.70	0.219	1.43	0.154	0.98	1.00	0.207	No
74	14.80	269.20	135.38	133.83	0.70	0.218	1.43	0.153	0.98	1.00	0.207	No
75	15.00	272.76	137.34	135.42	0.69	0.217	1.43	0.152	0.98	1.00	0.207	No
76	15.20	276.32	139.30	137.02	0.69	0.216	1.43	0.151	0.97	1.00	0.205	No
77	15.40	279.90	141.26	138.64	0.68	0.215	1.43	0.150	0.97	1.00	0.205	No
78	15.60	283.52	143.23	140.30	0.68	0.214	1.43	0.150	0.97	1.00	0.204	No
79	15.80	287.16	145.19	141.97	0.67	0.212	1.43	0.149	0.97	1.00	0.203	No
80	16.00	290.78	147.15	143.63	0.67	0.211	1.43	0.148	0.97	1.00	0.202	No
81	16.20	294.41	149.11	145.29	0.66	0.210	1.43	0.147	0.97	1.00	0.201	No
82	16.40	297.99	151.07	146.92	0.66	0.209	1.43	0.146	0.97	1.00	0.200	No
83	16.60	301.53	153.04	148.49	0.66	0.208	1.43	0.146	0.97	1.00	0.200	No
84	16.80	304.99	155.00	149.99	0.65	0.207	1.43	0.145	0.97	1.00	0.199	No
85	17.00	308.44	156.96	151.48	0.65	0.206	1.43	0.144	0.97	1.00	0.198	No
86	17.20	311.89	158.92	152.97	0.64	0.205	1.43	0.143	0.97	1.00	0.198	No
87	17.40	315.35	160.88	154.46	0.64	0.204	1.43	0.143	0.97	1.00	0.197	No
88	17.60	318.80	162.85	155.95	0.64	0.203	1.43	0.142	0.97	1.00	0.196	No
89	17.80	322.30	164.81	157.49	0.63	0.202	1.43	0.141	0.96	1.00	0.195	No
90	18.00	325.77	166.77	159.00	0.63	0.201	1.43	0.140	0.96	1.00	0.193	No
91	18.20	329.25	168.73	160.51	0.62	0.200	1.43	0.140	0.96	1.00	0.194	No
92	18.40	332.72	170.69	162.02	0.62	0.199	1.43	0.139	0.96	1.00	0.192	No
93	18.60	336.26	172.66	163.60	0.62	0.198	1.43	0.138	0.96	1.00	0.191	No
94	18.80	339.86	174.62	165.24	0.61	0.197	1.43	0.138	0.96	1.00	0.190	No
95	19.00	343.44	176.58	166.86	0.61	0.195	1.43	0.137	0.96	1.00	0.190	No
96	19.20	347.02	178.54	168.48	0.61	0.194	1.43	0.136	0.96	1.00	0.189	No

:: Cyclic Stress Ratio fully adjusted (CSR*) calculation data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	σ_v (kPa)	u_0 (kPa)	σ'_v (kPa)	r_d	CSR	MSF	CSR_{eq}	K_{σ}	User FS	CSR*	Belongs to transition
97	19.40	350.60	180.50	170.09	0.60	0.193	1.43	0.135	0.96	1.00	0.188	No
98	19.60	354.23	182.47	171.76	0.60	0.192	1.43	0.135	0.96	1.00	0.187	No
99	19.80	357.87	184.43	173.44	0.59	0.191	1.43	0.134	0.96	1.00	0.186	No
100	20.00	361.50	186.39	175.11	0.59	0.190	1.43	0.133	0.96	1.00	0.185	No

Abbreviations

Depth: Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
 σ_v : Total overburden pressure at test point (kPa)
 u_0 : Water pressure at test point (kPa)
 σ'_v : Effective overburden pressure based on GWT during earthquake (kPa)
 r_d : Nonlinear shear mass factor
 CSR: Cyclic Stress Ratio
 MSF: Magnitude Scaling Factor
 CSR_{eq} : CSR adjusted for M=7.5
 K_{σ} : Effective overburden stress factor
 CSR*: CSR fully adjusted

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) calculation data ::													
Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	FC (%)	I_c	m	C_N	q_{c1N}	\bar{q}_{c1N}	q_{c1Ncs}	$CRR_{7.5}$	Belongs to trans. layer	Clay-like behaviour	FS
1	0.20	1.11	100.00	3.36	0.62	1.70	0.00	0.00	0.00	4.000	No	Yes	2.00
2	0.40	4.02	85.51	2.78	0.45	1.70	55.94	0.00	55.94	4.000	No	Yes	2.00
3	0.60	4.51	69.24	2.58	0.38	1.70	90.49	76.79	167.28	4.000	No	No	2.00
4	0.80	5.07	50.72	2.35	0.41	1.70	80.62	67.70	148.32	4.000	No	No	2.00
5	1.00	4.58	59.63	2.46	0.39	1.70	83.91	72.12	156.03	4.000	No	No	2.00
6	1.20	3.96	68.97	2.57	0.43	1.70	65.81	69.56	135.37	0.216	No	No	1.80
7	1.40	3.07	77.04	2.68	0.47	1.70	49.36	0.00	49.36	4.000	No	Yes	2.00
8	1.60	2.42	83.75	2.76	0.49	1.70	39.49	0.00	39.49	4.000	No	Yes	2.00
9	1.80	1.96	88.82	2.82	0.51	1.70	32.91	0.00	32.91	4.000	No	Yes	2.00
10	2.00	1.60	97.35	2.93	0.53	1.70	26.33	0.00	26.33	4.000	No	Yes	2.00
11	2.20	1.47	97.28	2.93	0.54	1.70	21.39	0.00	21.39	4.000	No	Yes	2.00
12	2.40	1.31	98.01	2.94	0.53	1.70	26.33	0.00	26.33	4.000	No	Yes	2.00
13	2.60	1.21	95.39	2.90	0.55	1.70	18.10	0.00	18.10	4.000	No	Yes	2.00
14	2.80	1.05	98.40	2.94	0.56	1.70	16.45	0.00	16.45	4.000	No	Yes	2.00
15	3.00	1.14	94.99	2.90	0.55	1.70	18.10	0.00	18.10	4.000	No	Yes	2.00
16	3.20	1.24	91.77	2.86	0.54	1.68	22.72	0.00	22.72	4.000	No	Yes	2.00
17	3.40	1.27	92.36	2.87	0.54	1.65	20.77	0.00	20.77	4.000	No	Yes	2.00
18	3.60	1.31	91.19	2.85	0.55	1.63	18.89	0.00	18.89	4.000	No	Yes	2.00
19	3.80	1.21	90.60	2.85	0.54	1.58	22.89	0.00	22.89	4.000	No	Yes	2.00
20	4.00	1.24	92.36	2.87	0.56	1.58	15.29	0.00	15.29	4.000	No	Yes	2.00
21	4.20	1.08	98.91	2.95	0.55	1.53	19.26	0.00	19.26	4.000	No	Yes	2.00
22	4.40	1.08	100.00	3.01	0.56	1.52	14.72	0.00	14.72	4.000	No	Yes	2.00
23	4.60	0.95	100.00	3.04	0.57	1.50	14.47	0.00	14.47	4.000	No	Yes	2.00
24	4.80	0.95	100.00	3.00	0.57	1.48	12.86	0.00	12.86	4.000	No	Yes	2.00
25	5.00	0.92	100.00	3.02	0.57	1.45	14.02	0.00	14.02	4.000	No	Yes	2.00
26	5.20	0.82	100.00	3.11	0.57	1.43	12.47	0.00	12.47	4.000	No	Yes	2.00
27	5.40	0.85	100.00	3.11	0.59	1.42	8.26	0.00	8.26	4.000	No	Yes	2.00
28	5.60	0.82	100.00	3.17	0.56	1.38	14.70	0.00	14.70	4.000	No	Yes	2.00
29	5.80	0.98	100.00	3.08	0.58	1.37	10.61	0.00	10.61	4.000	No	Yes	2.00
30	6.00	1.01	100.00	3.11	0.57	1.34	14.27	0.00	14.27	4.000	No	Yes	2.00
31	6.20	1.14	100.00	3.08	0.56	1.32	15.30	0.00	15.30	4.000	No	Yes	2.00
32	6.40	1.11	100.00	3.12	0.56	1.30	15.08	0.00	15.08	4.000	No	Yes	2.00
33	6.60	1.05	100.00	3.20	0.57	1.29	12.44	0.00	12.44	4.000	No	Yes	2.00
34	6.80	1.01	100.00	3.21	0.57	1.27	12.26	0.00	12.26	4.000	No	Yes	2.00
35	7.00	0.92	100.00	3.28	0.57	1.25	13.29	0.00	13.29	4.000	No	Yes	2.00
36	7.20	0.82	100.00	3.30	0.59	1.24	8.40	0.00	8.40	4.000	No	Yes	2.00
37	7.40	0.69	100.00	3.37	0.59	1.23	8.30	0.00	8.30	4.000	No	Yes	2.00
38	7.60	0.72	100.00	3.29	0.59	1.21	8.21	0.00	8.21	4.000	No	Yes	2.00
39	7.80	0.75	100.00	3.23	0.59	1.20	9.26	0.00	9.26	4.000	No	Yes	2.00
40	8.00	0.78	100.00	3.21	0.59	1.18	9.16	0.00	9.16	4.000	No	Yes	2.00
41	8.20	0.82	100.00	3.20	0.59	1.17	9.06	0.00	9.06	4.000	No	Yes	2.00
42	8.40	0.82	100.00	3.25	0.58	1.16	10.07	0.00	10.07	4.000	No	Yes	2.00
43	8.60	0.82	100.00	3.28	0.59	1.14	8.86	0.00	8.86	4.000	No	Yes	2.00
44	8.80	0.85	100.00	3.27	0.59	1.13	8.77	0.00	8.77	4.000	No	Yes	2.00
45	9.00	0.95	100.00	3.25	0.58	1.12	10.82	0.00	10.82	4.000	No	Yes	2.00
46	9.20	1.08	100.00	3.25	0.58	1.10	11.76	0.00	11.76	4.000	No	Yes	2.00
47	9.40	1.14	100.00	3.25	0.57	1.09	12.68	0.00	12.68	4.000	No	Yes	2.00
48	9.60	1.08	100.00	3.33	0.57	1.08	12.54	0.00	12.54	4.000	No	Yes	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) calculation data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_t (MPa)	FC (%)	I_c	m	C_N	q_{c1N}	σ'_{c1N}	q_{c1Ncs}	$CRR_{7.5}$	Belongs to trans. layer	Clay-like behaviour	FS
49	9.80	1.18	100.00	3.32	0.58	1.07	9.32	0.00	9.32	4.000	No	Yes	2.00
50	10.00	1.37	100.00	3.28	0.56	1.06	15.32	0.00	15.32	4.000	No	Yes	2.00
51	10.20	1.80	100.00	3.15	0.55	1.04	18.16	0.00	18.16	4.000	No	Yes	2.00
52	10.40	2.06	100.00	3.06	0.54	1.03	21.95	0.00	21.95	4.000	No	Yes	2.00
53	10.60	2.39	100.00	2.97	0.54	1.02	22.70	0.00	22.70	4.000	No	Yes	2.00
54	10.80	2.52	99.52	2.96	0.52	1.01	27.35	0.00	27.35	4.000	No	Yes	2.00
55	11.00	2.39	100.00	2.99	0.53	1.00	25.15	0.00	25.15	4.000	No	Yes	2.00
56	11.20	1.96	100.00	3.13	0.55	0.99	18.19	0.00	18.19	4.000	No	Yes	2.00
57	11.40	1.70	100.00	3.19	0.57	0.98	14.22	0.00	14.22	4.000	No	Yes	2.00
58	11.60	1.63	100.00	3.20	0.56	0.97	16.91	0.00	16.91	4.000	No	Yes	2.00
59	11.80	1.57	100.00	3.18	0.56	0.96	15.82	0.00	15.82	4.000	No	Yes	2.00
60	12.00	1.34	100.00	3.24	0.57	0.95	11.98	0.00	11.98	4.000	No	Yes	2.00
61	12.20	1.24	100.00	3.24	0.58	0.94	10.05	0.00	10.05	4.000	No	Yes	2.00
62	12.40	1.24	100.00	3.19	0.57	0.94	12.70	0.00	12.70	4.000	No	Yes	2.00
63	12.60	1.37	100.00	3.12	0.58	0.93	11.69	0.00	11.69	4.000	No	Yes	2.00
64	12.80	1.41	100.00	3.11	0.57	0.92	13.40	0.00	13.40	4.000	No	Yes	2.00
65	13.00	1.54	100.00	3.09	0.57	0.92	13.29	0.00	13.29	4.000	No	Yes	2.00
66	13.20	1.83	100.00	3.06	0.56	0.91	14.95	0.00	14.95	4.000	No	Yes	2.00
67	13.40	1.93	100.00	3.08	0.54	0.91	21.02	0.00	21.02	4.000	No	Yes	2.00
68	13.60	1.99	100.00	3.08	0.56	0.89	15.58	0.00	15.58	4.000	No	Yes	2.00
69	13.80	1.73	100.00	3.17	0.56	0.89	16.33	0.00	16.33	4.000	No	Yes	2.00
70	14.00	1.70	100.00	3.18	0.57	0.88	13.62	0.00	13.62	4.000	No	Yes	2.00
71	14.20	1.63	100.00	3.21	0.57	0.87	14.37	0.00	14.37	4.000	No	Yes	2.00
72	14.40	1.63	100.00	3.19	0.57	0.87	14.26	0.00	14.26	4.000	No	Yes	2.00
73	14.60	1.57	100.00	3.19	0.57	0.86	13.31	0.00	13.31	4.000	No	Yes	2.00
74	14.80	1.44	100.00	3.22	0.57	0.85	12.38	0.00	12.38	4.000	No	Yes	2.00
75	15.00	1.37	100.00	3.22	0.58	0.85	10.63	0.00	10.63	4.000	No	Yes	2.00
76	15.20	1.34	100.00	3.24	0.58	0.84	11.38	0.00	11.38	4.000	No	Yes	2.00
77	15.40	1.37	100.00	3.26	0.58	0.83	11.31	0.00	11.31	4.000	No	Yes	2.00
78	15.60	1.37	100.00	3.31	0.58	0.83	11.23	0.00	11.23	4.000	No	Yes	2.00
79	15.80	1.37	100.00	3.33	0.58	0.82	11.15	0.00	11.15	4.000	No	Yes	2.00
80	16.00	1.37	100.00	3.32	0.58	0.82	11.07	0.00	11.07	4.000	No	Yes	2.00
81	16.20	1.37	100.00	3.33	0.58	0.81	11.00	0.00	11.00	4.000	No	Yes	2.00
82	16.40	1.18	100.00	3.43	0.58	0.81	10.93	0.00	10.93	4.000	No	Yes	2.00
83	16.60	0.98	100.00	3.54	0.60	0.80	6.16	0.00	6.16	4.000	No	Yes	2.00
84	16.80	0.85	100.00	3.61	0.60	0.79	6.12	0.00	6.12	4.000	No	Yes	2.00
85	17.00	0.88	100.00	3.56	0.59	0.79	7.63	0.00	7.63	4.000	No	Yes	2.00
86	17.20	0.88	100.00	3.58	0.59	0.78	6.82	0.00	6.82	4.000	No	Yes	2.00
87	17.40	0.82	100.00	3.66	0.60	0.78	6.02	0.00	6.02	4.000	No	Yes	2.00
88	17.60	0.85	100.00	3.63	0.60	0.77	5.98	0.00	5.98	4.000	No	Yes	2.00
89	17.80	1.11	100.00	3.42	0.59	0.77	7.45	0.00	7.45	4.000	No	Yes	2.00
90	18.00	1.11	100.00	3.40	0.57	0.77	11.95	0.00	11.95	4.000	No	Yes	2.00
91	18.20	1.14	100.00	3.38	0.60	0.76	5.88	0.00	5.88	4.000	No	Yes	2.00
92	18.40	1.08	100.00	3.44	0.59	0.76	8.07	0.00	8.07	4.000	No	Yes	2.00
93	18.60	1.24	100.00	3.39	0.58	0.76	10.26	0.00	10.26	4.000	No	Yes	2.00
94	18.80	1.31	100.00	3.42	0.58	0.75	9.45	0.00	9.45	4.000	No	Yes	2.00
95	19.00	1.24	100.00	3.44	0.58	0.75	9.40	0.00	9.40	4.000	No	Yes	2.00
96	19.20	1.27	100.00	3.43	0.59	0.74	8.61	0.00	8.61	4.000	No	Yes	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) calculation data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_t (MPa)	FC (%)	I_c	m	C_N	q_{c1N}	α_{c1N}	q_{c1Ncs}	$CRR_{7.5}$	Belongs to trans. layer	Clay-like behaviour	FS
97	19.40	1.21	100.00	3.47	0.58	0.74	10.02	0.00	10.02	4.000	No	Yes	2.00
98	19.60	1.24	100.00	3.52	0.59	0.73	7.79	0.00	7.79	4.000	No	Yes	2.00
99	19.80	1.21	100.00	3.56	0.59	0.73	9.19	0.00	9.19	4.000	No	Yes	2.00
100	20.00	1.34	100.00	3.47	0.58	0.73	9.85	0.00	9.85	4.000	No	Yes	2.00

Abbreviations

Depth:	Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q_t :	Total cone resistance
FC:	Fines content (%)
I_c :	Soil behavior type index
m:	Stress exponent
C_N :	Overburden correction factor
q_{c1N} :	Normalized and adjusted cone resistance
α_{c1N} :	Cone resistance correction factor due to fines
q_{c1Ncs} :	Normalized and adjusted cone resistance
$CRR_{7.5}$:	Cyclic resistance ratio for $M_w=7.5$
FS:	Factor of safety against soil liquefaction

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	1.80	0.00	9.40	0.20	0.00
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	2.00	0.00	7.20	0.20	0.00
5.80	2.00	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00
6.20	2.00	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	2.00	0.00	6.80	0.20	0.00
6.60	2.00	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	2.00	0.00	6.60	0.20	0.00
7.00	2.00	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.20	0.00
7.40	2.00	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.20	0.00
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00	14.80	2.00	0.00	2.60	0.20	0.00
15.00	2.00	0.00	2.50	0.20	0.00	15.20	2.00	0.00	2.40	0.20	0.00
15.40	2.00	0.00	2.30	0.20	0.00	15.60	2.00	0.00	2.20	0.20	0.00
15.80	2.00	0.00	2.10	0.20	0.00	16.00	2.00	0.00	2.00	0.20	0.00
16.20	2.00	0.00	1.90	0.20	0.00	16.40	2.00	0.00	1.80	0.20	0.00
16.60	2.00	0.00	1.70	0.20	0.00	16.80	2.00	0.00	1.60	0.20	0.00
17.00	2.00	0.00	1.50	0.20	0.00	17.20	2.00	0.00	1.40	0.20	0.00
17.40	2.00	0.00	1.30	0.20	0.00	17.60	2.00	0.00	1.20	0.20	0.00
17.80	2.00	0.00	1.10	0.20	0.00	18.00	2.00	0.00	1.00	0.20	0.00
18.20	2.00	0.00	0.90	0.20	0.00	18.40	2.00	0.00	0.80	0.20	0.00
18.60	2.00	0.00	0.70	0.20	0.00	18.80	2.00	0.00	0.60	0.20	0.00
19.00	2.00	0.00	0.50	0.20	0.00	19.20	2.00	0.00	0.40	0.20	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
19.40	2.00	0.00	0.30	0.20	0.00	19.60	2.00	0.00	0.20	0.20	0.00
19.80	2.00	0.00	0.10	0.20	0.00	20.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00

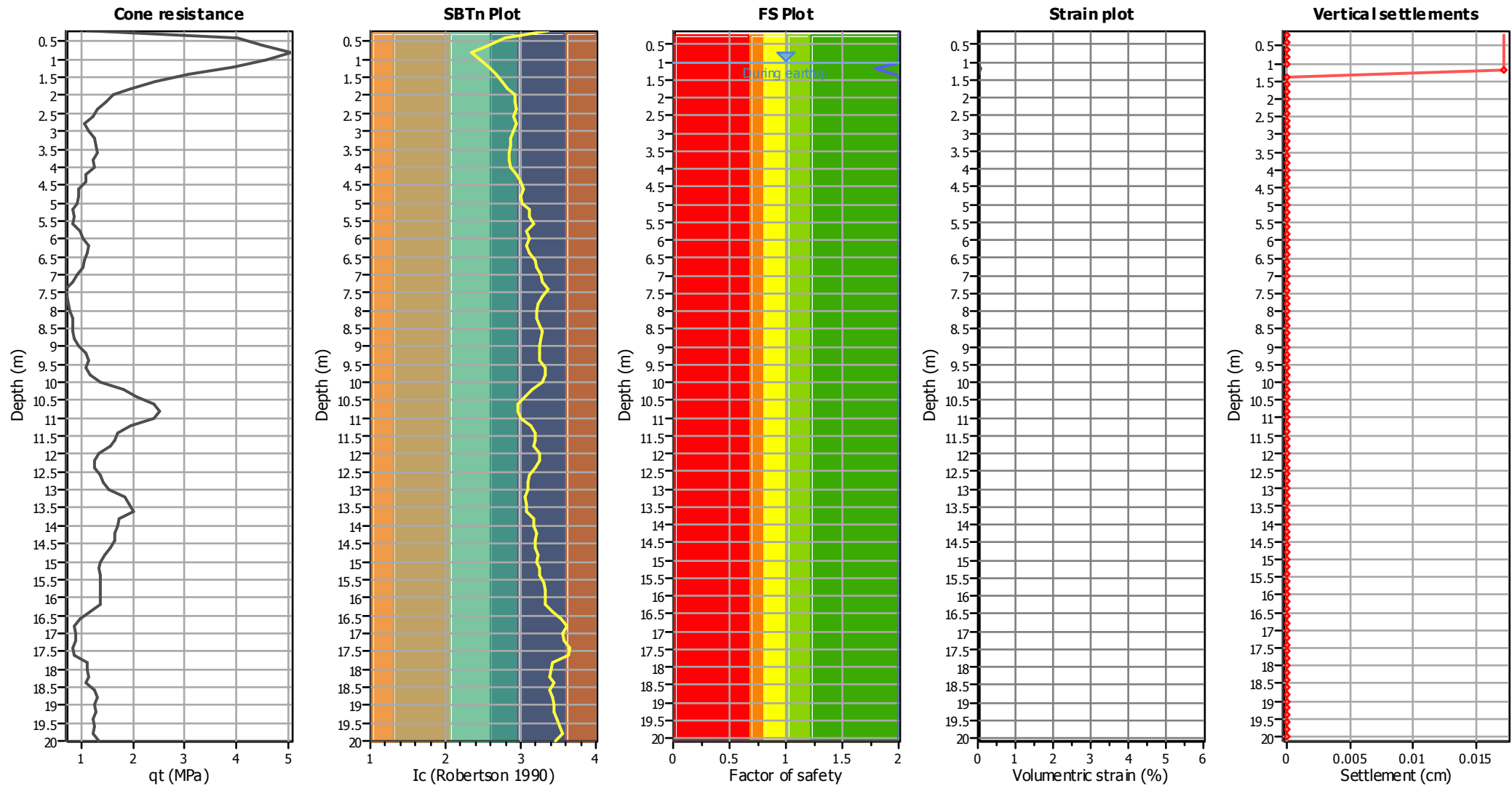
Overall liquefaction potential: 0.00

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
 LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
 LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
 LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
 F_L: 1 - FS
 w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
 d_z: Layer thickness (m)
 LPI: Liquefaction potential index value for test point

Estimation of post-earthquake settlements



Abbreviations

- qt:
- Total core resistance (cone resistance q_c corrected for pore water effects)
- I_c:
- Soil Behaviour Type Index
- FS:
- Calculated Factor of Safety against liquefaction
- Volumetric strain:
- Post-liquefaction volumetric strain

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction ::

Depth (m)	q_{c1Ncs}	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	q_{c1Ncs}	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)
1.00	156.03	2.00	0.00	1.00	0.00	1.20	135.37	1.80	0.09	1.00	0.02
1.40	49.36	2.00	0.00	1.00	0.00	1.60	39.49	2.00	0.00	1.00	0.00
1.80	32.91	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	26.33	2.00	0.00	1.00	0.00
2.20	21.39	2.00	0.00	1.00	0.00	2.40	26.33	2.00	0.00	1.00	0.00
2.60	18.10	2.00	0.00	1.00	0.00	2.80	16.45	2.00	0.00	1.00	0.00
3.00	18.10	2.00	0.00	1.00	0.00	3.20	22.72	2.00	0.00	1.00	0.00
3.40	20.77	2.00	0.00	1.00	0.00	3.60	18.89	2.00	0.00	1.00	0.00
3.80	22.89	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	15.29	2.00	0.00	1.00	0.00
4.20	19.26	2.00	0.00	1.00	0.00	4.40	14.72	2.00	0.00	1.00	0.00
4.60	14.47	2.00	0.00	1.00	0.00	4.80	12.86	2.00	0.00	1.00	0.00
5.00	14.02	2.00	0.00	1.00	0.00	5.20	12.47	2.00	0.00	1.00	0.00
5.40	8.26	2.00	0.00	1.00	0.00	5.60	14.70	2.00	0.00	1.00	0.00
5.80	10.61	2.00	0.00	1.00	0.00	6.00	14.27	2.00	0.00	1.00	0.00
6.20	15.30	2.00	0.00	1.00	0.00	6.40	15.08	2.00	0.00	1.00	0.00
6.60	12.44	2.00	0.00	1.00	0.00	6.80	12.26	2.00	0.00	1.00	0.00
7.00	13.29	2.00	0.00	1.00	0.00	7.20	8.40	2.00	0.00	1.00	0.00
7.40	8.30	2.00	0.00	1.00	0.00	7.60	8.21	2.00	0.00	1.00	0.00
7.80	9.26	2.00	0.00	1.00	0.00	8.00	9.16	2.00	0.00	1.00	0.00
8.20	9.06	2.00	0.00	1.00	0.00	8.40	10.07	2.00	0.00	1.00	0.00
8.60	8.86	2.00	0.00	1.00	0.00	8.80	8.77	2.00	0.00	1.00	0.00
9.00	10.82	2.00	0.00	1.00	0.00	9.20	11.76	2.00	0.00	1.00	0.00
9.40	12.68	2.00	0.00	1.00	0.00	9.60	12.54	2.00	0.00	1.00	0.00
9.80	9.32	2.00	0.00	1.00	0.00	10.00	15.32	2.00	0.00	1.00	0.00
10.20	18.16	2.00	0.00	1.00	0.00	10.40	21.95	2.00	0.00	1.00	0.00
10.60	22.70	2.00	0.00	1.00	0.00	10.80	27.35	2.00	0.00	1.00	0.00
11.00	25.15	2.00	0.00	1.00	0.00	11.20	18.19	2.00	0.00	1.00	0.00
11.40	14.22	2.00	0.00	1.00	0.00	11.60	16.91	2.00	0.00	1.00	0.00
11.80	15.82	2.00	0.00	1.00	0.00	12.00	11.98	2.00	0.00	1.00	0.00
12.20	10.05	2.00	0.00	1.00	0.00	12.40	12.70	2.00	0.00	1.00	0.00
12.60	11.69	2.00	0.00	1.00	0.00	12.80	13.40	2.00	0.00	1.00	0.00
13.00	13.29	2.00	0.00	1.00	0.00	13.20	14.95	2.00	0.00	1.00	0.00
13.40	21.02	2.00	0.00	1.00	0.00	13.60	15.58	2.00	0.00	1.00	0.00
13.80	16.33	2.00	0.00	1.00	0.00	14.00	13.62	2.00	0.00	1.00	0.00
14.20	14.37	2.00	0.00	1.00	0.00	14.40	14.26	2.00	0.00	1.00	0.00
14.60	13.31	2.00	0.00	1.00	0.00	14.80	12.38	2.00	0.00	1.00	0.00
15.00	10.63	2.00	0.00	1.00	0.00	15.20	11.38	2.00	0.00	1.00	0.00
15.40	11.31	2.00	0.00	1.00	0.00	15.60	11.23	2.00	0.00	1.00	0.00
15.80	11.15	2.00	0.00	1.00	0.00	16.00	11.07	2.00	0.00	1.00	0.00
16.20	11.00	2.00	0.00	1.00	0.00	16.40	10.93	2.00	0.00	1.00	0.00
16.60	6.16	2.00	0.00	1.00	0.00	16.80	6.12	2.00	0.00	1.00	0.00
17.00	7.63	2.00	0.00	1.00	0.00	17.20	6.82	2.00	0.00	1.00	0.00
17.40	6.02	2.00	0.00	1.00	0.00	17.60	5.98	2.00	0.00	1.00	0.00
17.80	7.45	2.00	0.00	1.00	0.00	18.00	11.95	2.00	0.00	1.00	0.00
18.20	5.88	2.00	0.00	1.00	0.00	18.40	8.07	2.00	0.00	1.00	0.00
18.60	10.26	2.00	0.00	1.00	0.00	18.80	9.45	2.00	0.00	1.00	0.00
19.00	9.40	2.00	0.00	1.00	0.00	19.20	8.61	2.00	0.00	1.00	0.00
19.40	10.02	2.00	0.00	1.00	0.00	19.60	7.79	2.00	0.00	1.00	0.00
19.80	9.19	2.00	0.00	1.00	0.00	20.00	9.85	2.00	0.00	1.00	0.00

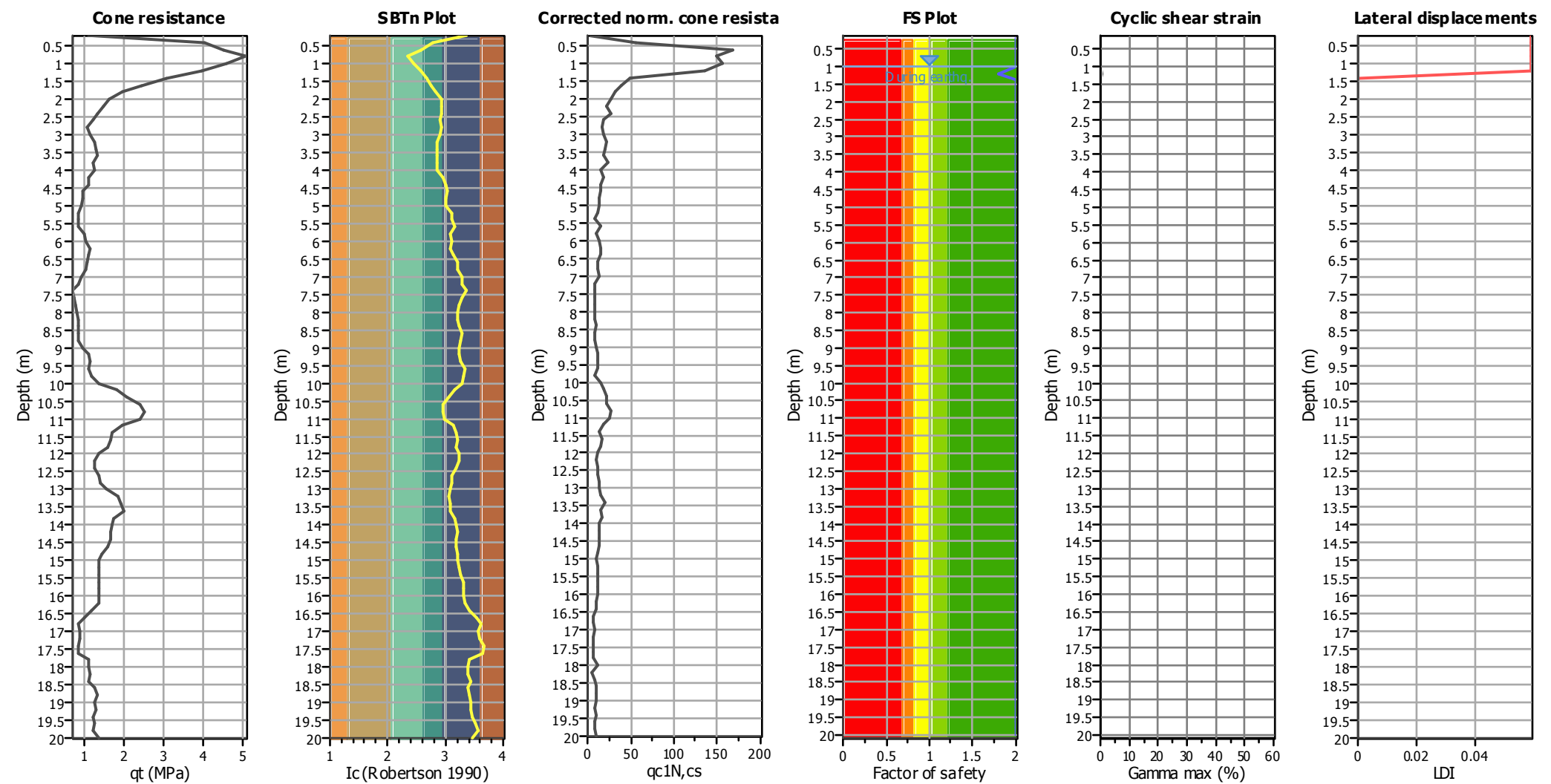
:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)

Depth (m)	$q_{c1N_{cs}}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$q_{c1N_{cs}}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)
--------------	----------------	----	-----------	----	--------------------	--------------	----------------	----	-----------	----	--------------------

Total estimated settlement: 0.02**Abbreviations**

$q_{c1N_{cs}}$: Equivalent clean sand normalized cone resistance
FS: Factor of safety against liquefaction
 e_v (%): Post-liquefaction volumetric strain
DF: e_v depth weighting factor
Settlement: Calculated settlement

Estimation of post-earthquake lateral Displacements



Abbreviations

- q_t : Total cone resistance (cone resistance q_c corrected for pore water effects)

I_c : Soil Behaviour Type Index

$qc_{1N,cs}$: Equivalent clean sand normalized CPT total cone resistance
- F.S.: Factor of safety

γ_{max} : Maximum cyclic shear strain

LDI: Lateral displacement index

:: Lateral displacement index calculation ::

Depth (m)	q_{c1Ncs}	Gamma_{lim} (%)	FS	Fa	Gamma_{max} (%)	LDI
1.00	156.03	0.08	2.00	0.17	0.00	0.00
1.20	135.37	0.13	1.80	0.43	0.00	0.06
1.40	49.36	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
1.60	39.49	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
1.80	32.91	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
2.00	26.33	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
2.20	21.39	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
2.40	26.33	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
2.60	18.10	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
2.80	16.45	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
3.00	18.10	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
3.20	22.72	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
3.40	20.77	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
3.60	18.89	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
3.80	22.89	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
4.00	15.29	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
4.20	19.26	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
4.40	14.72	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
4.60	14.47	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
4.80	12.86	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
5.00	14.02	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
5.20	12.47	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
5.40	8.26	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
5.60	14.70	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
5.80	10.61	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
6.00	14.27	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
6.20	15.30	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
6.40	15.08	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
6.60	12.44	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
6.80	12.26	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
7.00	13.29	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
7.20	8.40	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
7.40	8.30	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
7.60	8.21	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
7.80	9.26	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
8.00	9.16	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
8.20	9.06	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
8.40	10.07	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
8.60	8.86	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
8.80	8.77	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
9.00	10.82	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
9.20	11.76	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
9.40	12.68	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
9.60	12.54	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
9.80	9.32	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
10.00	15.32	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
10.20	18.16	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
10.40	21.95	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00

:: Estimation of post-earthquake lateral Displacements :: (continued)

Depth (m)	q_{c1Ncs}	Gamma_{lim} (%)	FS	Fa	Gamma_{max} (%)	LDI
10.60	22.70	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
10.80	27.35	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
11.00	25.15	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
11.20	18.19	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
11.40	14.22	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
11.60	16.91	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
11.80	15.82	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
12.00	11.98	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
12.20	10.05	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
12.40	12.70	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
12.60	11.69	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
12.80	13.40	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
13.00	13.29	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
13.20	14.95	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
13.40	21.02	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
13.60	15.58	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
13.80	16.33	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
14.00	13.62	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
14.20	14.37	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
14.40	14.26	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
14.60	13.31	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
14.80	12.38	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
15.00	10.63	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
15.20	11.38	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
15.40	11.31	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
15.60	11.23	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
15.80	11.15	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
16.00	11.07	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
16.20	11.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
16.40	10.93	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
16.60	6.16	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
16.80	6.12	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
17.00	7.63	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
17.20	6.82	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
17.40	6.02	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
17.60	5.98	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
17.80	7.45	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
18.00	11.95	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
18.20	5.88	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
18.40	8.07	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
18.60	10.26	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
18.80	9.45	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
19.00	9.40	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
19.20	8.61	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
19.40	10.02	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
19.60	7.79	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
19.80	9.19	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
20.00	9.85	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00

:: Estimation of post-earthquake lateral Displacements :: (continued)

Depth (m)	$q_{c1N_{cs}}$	Gamma_{lim} (%)	FS	Fa	Gamma_{max} (%)	LDI
--------------	----------------	-----------------------------	----	----	-----------------------------	-----

Total estimated displacement: 0.06**Abbreviations**

Depth: Depth of test point
 $q_{c1N_{cs}}$: Adjusted and corrected cone resistance due to fines
 Gamma_{lim} : Limiting shear strain
FS: Calculated factor of safety against liquefaction
Fa:
 Gamma_{max} : Maximum cyclic shear strain
Lat. disp.: Lateral displacement

:: Strength loss calculation Idriss & Boulanger (2008) ::

Depth (m)	q_t (MPa)	Q_{tn}	K_c	$Q_{tn\%s}$	I_c	$S_{u(liq)}/\sigma_v$	$S_{u(peak)}/\sigma_v$
0.20	1.11	18.83	11.67	219.64	3.36	0.05	20.49
0.40	4.02	68.22	4.63	315.70	2.78	0.14	36.01
0.60	4.51	76.48	3.19	244.36	2.58	0.23	0.79
0.80	5.07	85.86	2.11	180.92	2.35	0.17	0.81
1.00	4.58	77.46	2.56	198.63	2.46	0.19	0.79
1.20	3.96	66.84	3.17	212.19	2.57	0.15	0.77
1.40	3.07	51.77	3.82	197.83	2.68	0.13	9.15
1.60	2.42	40.59	4.45	180.58	2.76	0.11	6.66
1.80	1.96	32.74	4.98	163.10	2.82	0.10	5.02
2.00	1.60	26.57	5.99	159.18	2.93	0.08	3.82
2.20	1.47	24.28	5.98	145.27	2.93	0.08	3.30
2.40	1.31	21.44	6.08	130.28	2.94	0.08	2.77
2.60	1.21	19.71	5.75	113.29	2.90	0.07	2.42
2.80	1.05	16.88	6.13	103.39	2.94	0.07	1.99
3.00	1.14	18.48	5.70	105.31	2.90	0.07	2.09
3.20	1.24	20.09	5.31	106.77	2.86	0.08	2.18
3.40	1.27	20.59	5.38	110.80	2.87	0.08	2.14
3.60	1.31	21.08	5.25	110.62	2.85	0.08	2.11
3.80	1.21	19.35	5.18	100.25	2.85	0.08	1.87
4.00	1.24	19.85	5.38	106.85	2.87	0.07	1.85
4.20	1.08	17.01	6.19	105.35	2.95	0.07	1.53
4.40	1.08	16.95	6.82	115.64	3.01	0.07	1.48
4.60	0.95	14.67	7.20	105.56	3.04	0.07	1.24
4.80	0.95	14.61	6.77	98.98	3.00	0.06	1.20
5.00	0.92	14.00	6.93	96.94	3.02	0.07	1.12
5.20	0.82	12.27	8.07	99.06	3.11	0.06	0.95
5.40	0.85	12.77	8.09	103.35	3.11	0.06	0.96
5.60	0.82	12.15	8.81	107.02	3.17	0.07	0.89
5.80	0.98	14.87	7.65	113.78	3.08	0.06	1.06
6.00	1.01	14.96	8.01	119.89	3.11	0.07	1.07
6.20	1.14	16.61	7.66	127.22	3.08	0.07	1.19
6.40	1.11	15.61	8.24	128.56	3.12	0.07	1.11
6.60	1.05	14.15	9.24	130.81	3.20	0.06	1.01
6.80	1.01	13.26	9.38	124.40	3.21	0.06	0.95
7.00	0.92	11.47	10.35	118.68	3.28	0.07	0.82
7.20	0.82	9.77	10.65	103.98	3.30	0.06	0.70
7.40	0.69	7.69	11.79	90.71	3.37	0.06	0.55
7.60	0.72	7.94	10.52	83.52	3.29	0.06	0.57
7.80	0.75	8.18	9.68	79.20	3.23	0.06	0.58
8.00	0.78	8.41	9.37	78.80	3.21	0.06	0.60
8.20	0.82	8.63	9.32	80.41	3.20	0.06	0.62
8.40	0.82	8.43	9.90	83.42	3.25	0.06	0.60
8.60	0.82	8.23	10.46	86.08	3.28	0.06	0.59
8.80	0.85	8.43	10.33	87.12	3.27	0.06	0.60
9.00	0.95	9.40	9.93	93.40	3.25	0.06	0.67
9.20	1.08	10.72	9.91	106.20	3.25	0.06	0.77
9.40	1.14	11.22	9.99	112.10	3.25	0.06	0.80
9.60	1.08	10.23	11.20	114.56	3.33	0.06	0.73

:: Strength loss calculation (Idriss & Boulanger (2008)) :: (continued)

Depth (m)	q_t (MPa)	Q_{tn}	K_c	$Q_{tn\%s}$	I_c	$S_{u(liq)}/\sigma_v$	$S_{u(peak)}/\sigma_v$
9.80	1.18	11.08	11.02	122.00	3.32	0.06	0.79
10.00	1.37	12.95	10.49	135.78	3.28	0.07	0.92
10.20	1.80	17.18	8.57	147.16	3.15	0.07	1.23
10.40	2.06	19.53	7.45	145.53	3.06	0.08	1.40
10.60	2.39	22.47	6.41	143.98	2.97	0.08	1.60
10.80	2.52	23.32	6.27	146.26	2.96	0.08	1.67
11.00	2.39	21.56	6.69	144.15	2.99	0.08	1.54
11.20	1.96	17.02	8.26	140.65	3.13	0.07	1.22
11.40	1.70	14.20	9.10	129.24	3.19	0.07	1.01
11.60	1.63	13.32	9.25	123.15	3.20	0.07	0.95
11.80	1.57	12.47	8.99	112.06	3.18	0.07	0.89
12.00	1.34	10.17	9.87	100.38	3.24	0.06	0.73
12.20	1.24	9.11	9.87	89.96	3.24	0.06	0.65
12.40	1.24	8.96	9.17	82.09	3.19	0.06	0.64
12.60	1.37	9.94	8.13	80.78	3.12	0.06	0.71
12.80	1.41	10.05	7.99	80.36	3.11	0.07	0.72
13.00	1.54	10.99	7.77	85.40	3.09	0.07	0.79
13.20	1.83	13.25	7.48	99.20	3.06	0.07	0.95
13.40	1.93	13.84	7.73	107.00	3.08	0.07	0.99
13.60	1.99	14.14	7.73	109.26	3.08	0.07	1.01
13.80	1.73	11.82	8.79	103.93	3.17	0.07	0.84
14.00	1.70	11.37	8.97	102.07	3.18	0.07	0.81
14.20	1.63	10.69	9.36	100.05	3.21	0.07	0.76
14.40	1.63	10.52	9.10	95.71	3.19	0.07	0.75
14.60	1.57	9.86	9.12	89.90	3.19	0.07	0.70
14.80	1.44	8.74	9.56	83.53	3.22	0.06	0.62
15.00	1.37	8.12	9.49	77.11	3.22	0.06	0.58
15.20	1.34	7.76	9.84	76.42	3.24	0.06	0.55
15.40	1.37	7.88	10.07	79.39	3.26	0.06	0.56
15.60	1.37	7.76	10.80	83.86	3.31	0.06	0.55
15.80	1.37	7.65	11.12	85.08	3.33	0.06	0.55
16.00	1.37	7.53	11.09	83.59	3.32	0.06	0.54
16.20	1.37	7.42	11.19	83.06	3.33	0.06	0.53
16.40	1.18	5.98	12.79	76.48	3.43	0.06	0.43
16.60	0.98	4.57	14.88	68.07	3.54	0.06	0.33
16.80	0.85	3.63	16.28	59.15	3.61	0.06	0.26
17.00	0.88	3.79	15.24	57.76	3.56	0.06	0.27
17.20	0.88	3.73	15.64	58.35	3.58	0.06	0.27
17.40	0.82	3.25	17.28	56.14	3.66	0.06	0.23
17.60	0.85	3.41	16.64	56.68	3.63	0.06	0.24
17.80	1.11	5.01	12.66	63.42	3.42	0.06	0.36
18.00	1.11	4.94	12.33	60.92	3.40	0.06	0.35
18.20	1.14	5.08	12.02	61.00	3.38	0.06	0.36
18.40	1.08	4.60	12.98	59.77	3.44	0.06	0.33
18.60	1.24	5.54	12.17	67.40	3.39	0.06	0.40
18.80	1.31	5.86	12.62	73.88	3.42	0.06	0.42
19.00	1.24	5.39	13.02	70.11	3.44	0.06	0.38
19.20	1.27	5.51	12.89	71.01	3.43	0.06	0.39

:: Strength loss calculation (Idriss & Boulanger (2008) :: (continued)

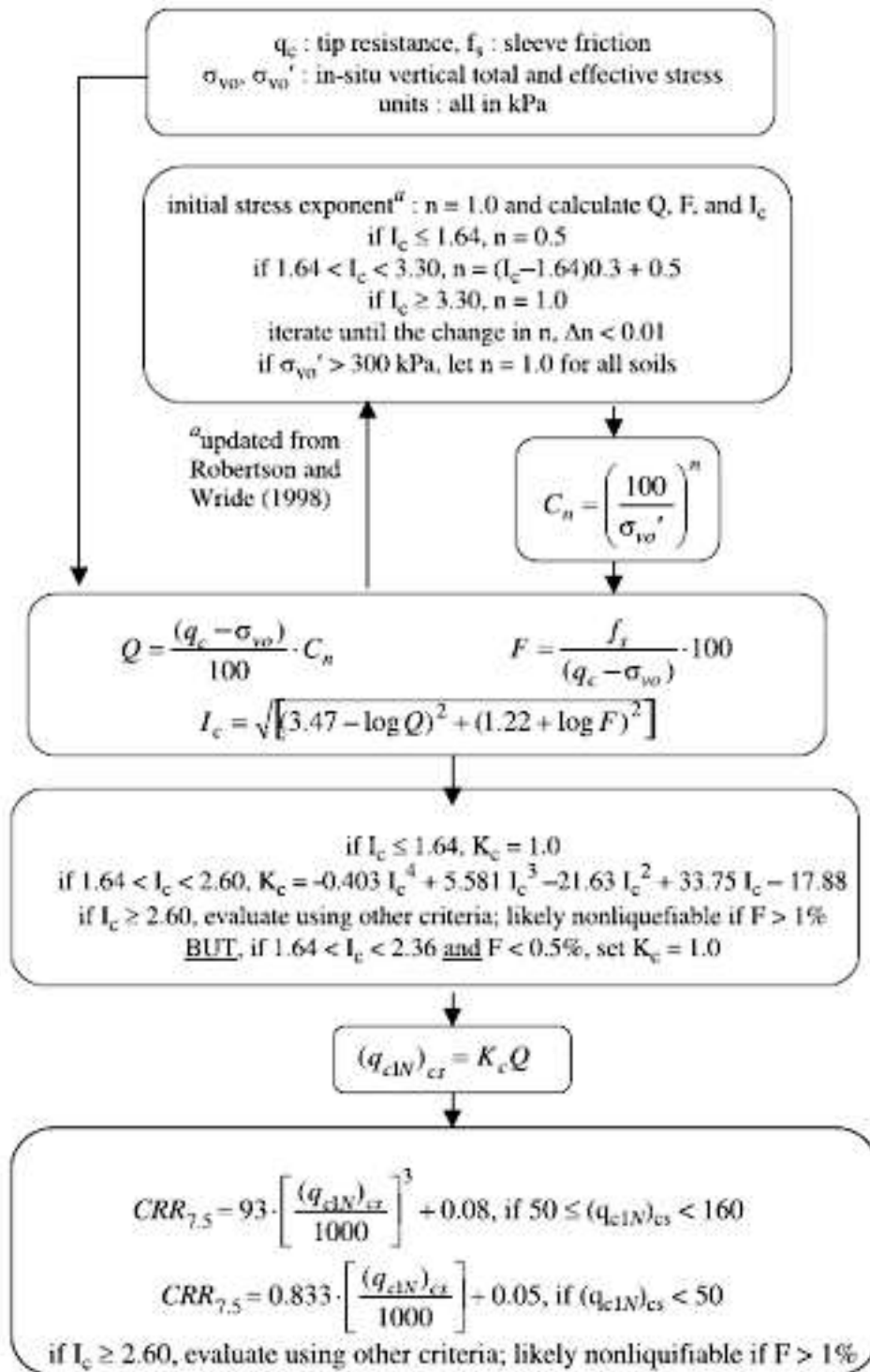
Depth (m)	q_t (MPa)	Q_{tn}	K_c	Q_{tncs}	I_c	$S_{u(liq)}/\sigma_v$	$S_{u(peak)}/\sigma_v$
19.40	1.21	5.05	13.62	68.79	3.47	0.06	0.36
19.60	1.24	5.17	14.46	74.74	3.52	0.06	0.37
19.80	1.21	4.91	15.26	74.93	3.56	0.06	0.35
20.00	1.34	5.59	13.50	75.43	3.47	0.06	0.40

Abbreviations

q_t :	Total cone resistance
K_c :	Cone resistance correction factor due to fines
Q_{tncs} :	Adjusted and corrected cone resistance due to fines
I_c :	Soil behavior type index
$S_{u(liq)}/\sigma_v$:	Calculated liquefied undrained strength ratio
$S_{u(peak)}/\sigma_v$:	Calculated peak undrained strength ratio

Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance, NCEER (1998)

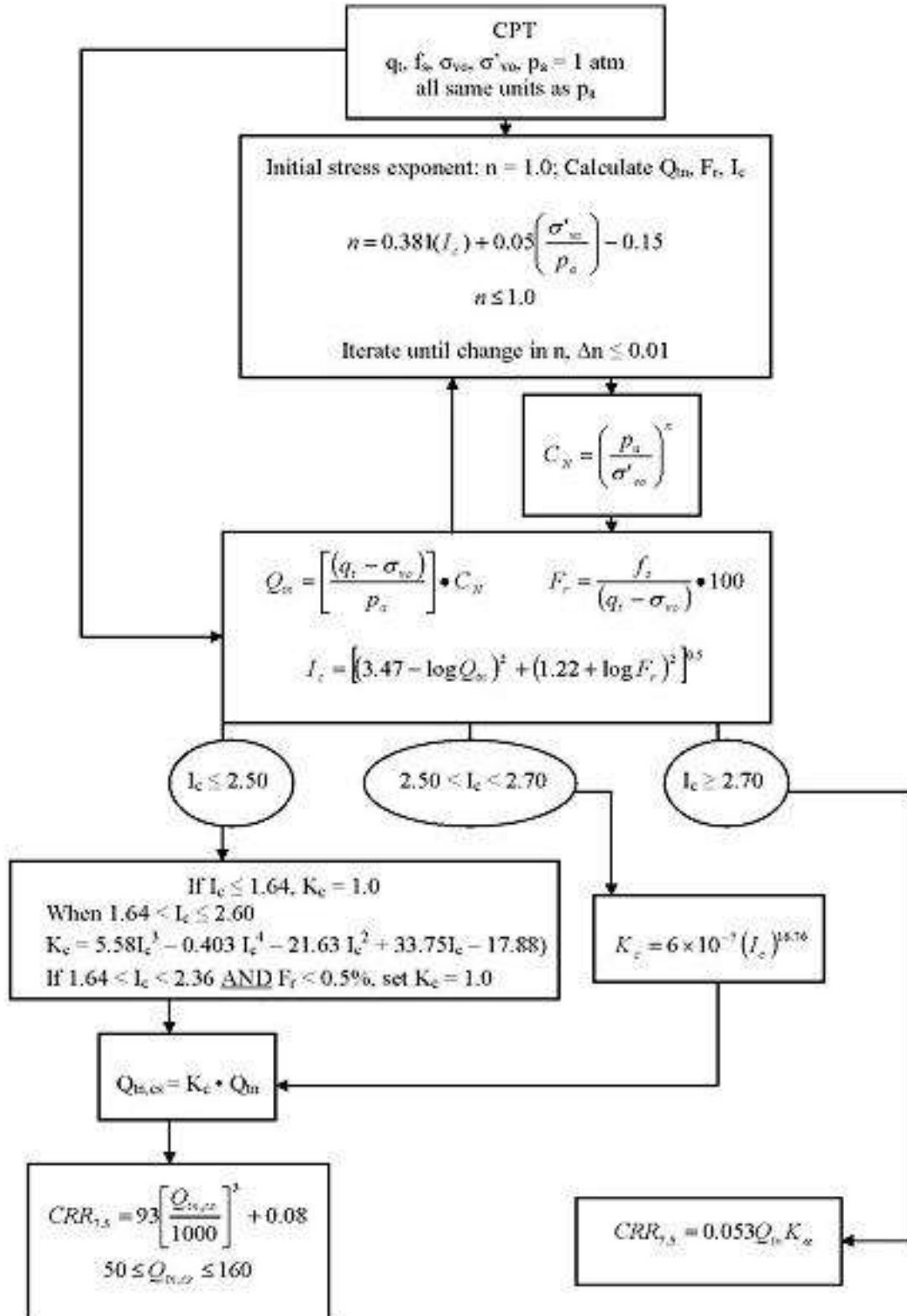
Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. The procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flow chart¹:



¹ "Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground", G. Zhang, P.K. Robertson, and R.W.I. Brachman

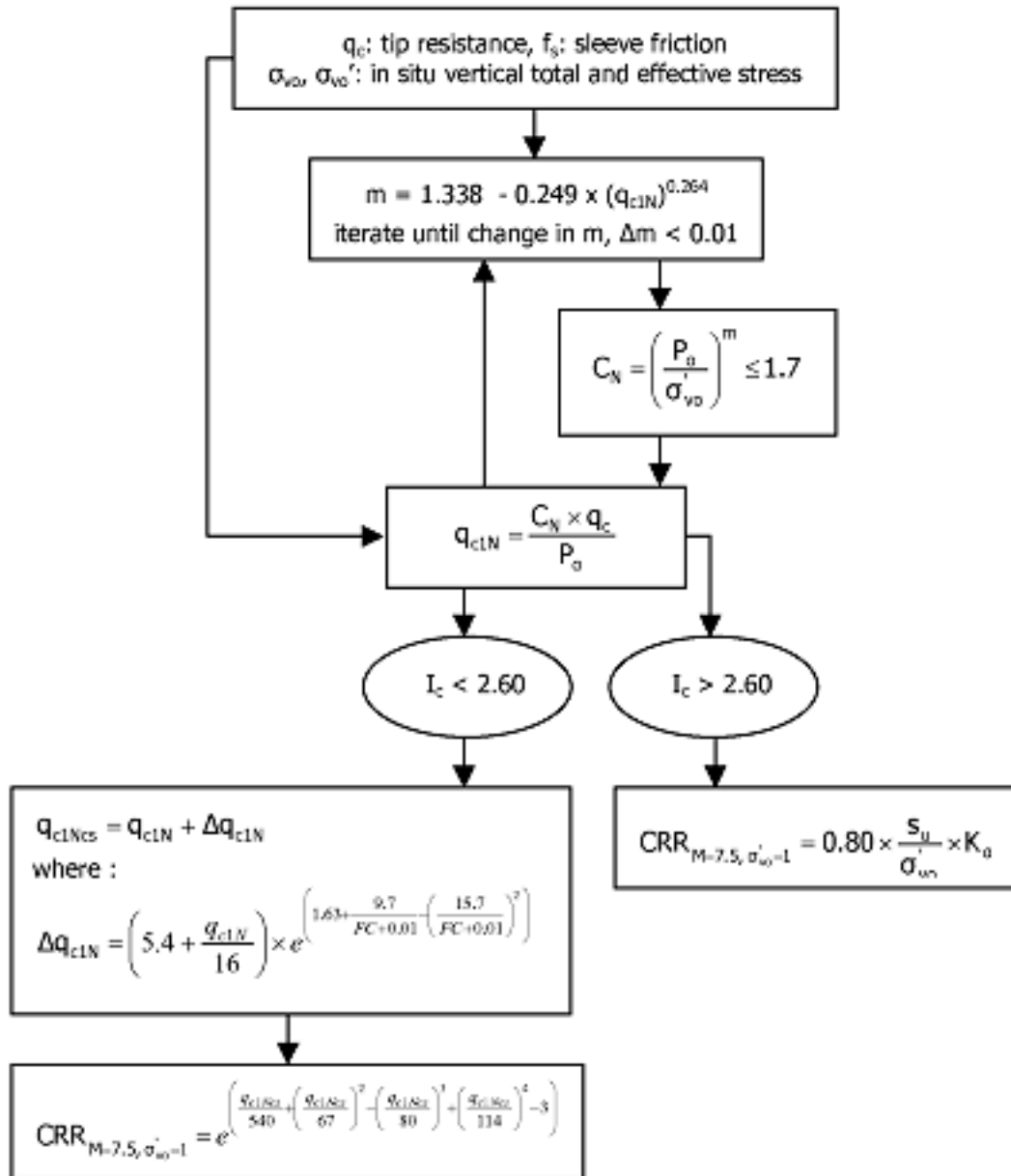
Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (all soils), Robertson (2010)

Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. This procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flow chart¹:

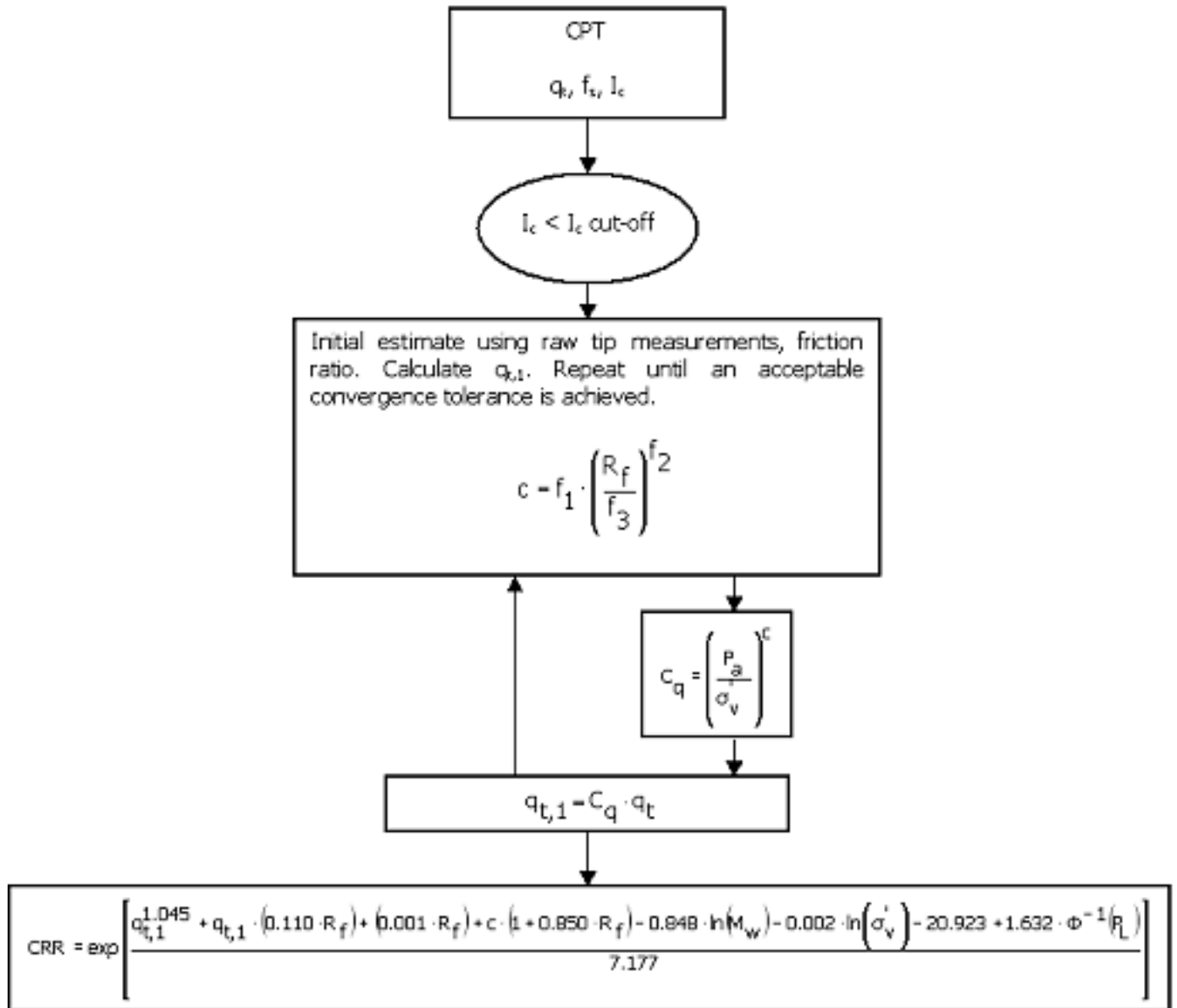


¹ P.K. Robertson, 2009. □Performance based earthquake design using the CPT□Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering □from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009

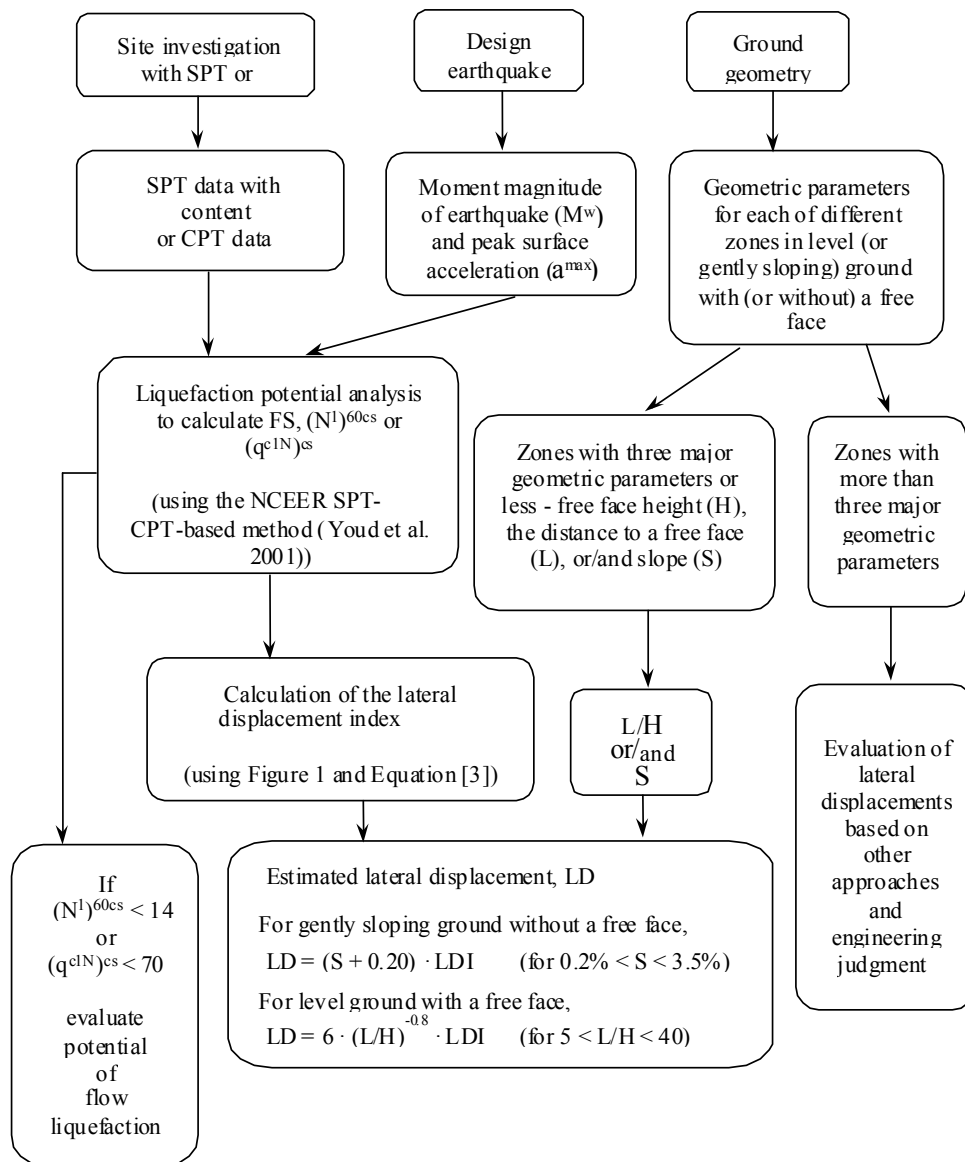
Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance, Idriss & Boulanger (2008)



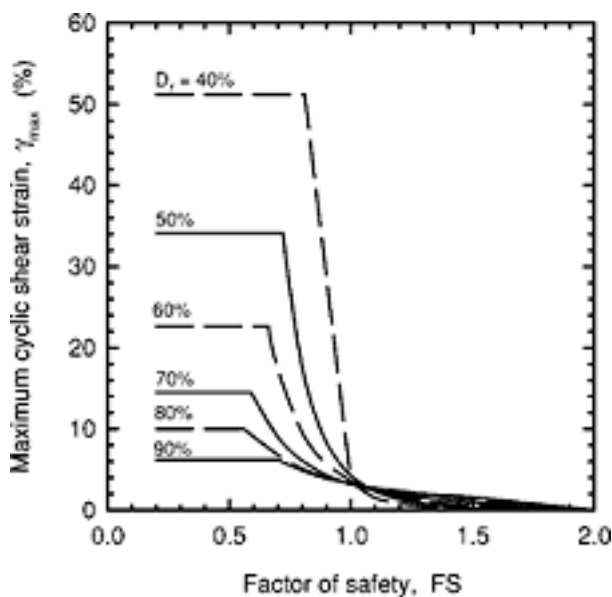
Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (sandy soils), Moss et al. (2006)



Procedure for the evaluation of liquefaction-induced lateral spreading displacements



¹ Flow chart illustrating major steps in estimating liquefaction-induced lateral spreading displacements using the proposed approach



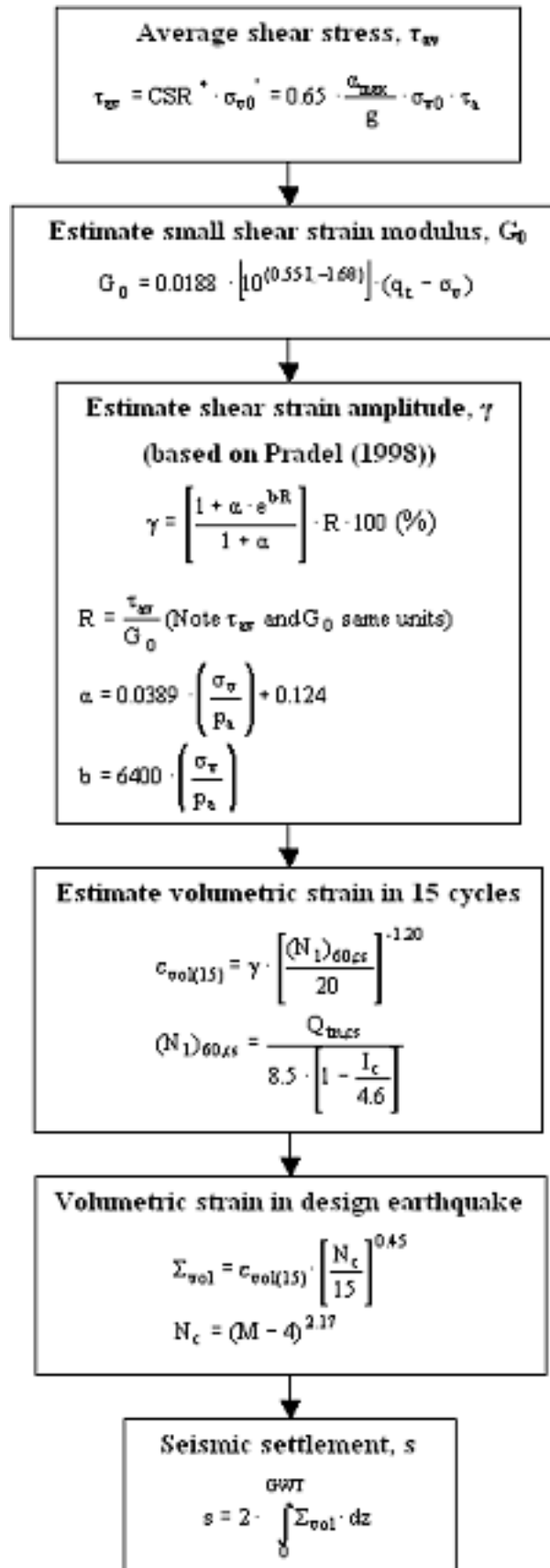
¹ Figure 1

$$LDI = \int_0^{Z_{max}} \gamma_{max} dz$$

¹ Equation [3]

¹ "Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground", G. Zhang, P.K. Robertson, and R.W.I. Bradman

Procedure for the estimation of seismic induced settlements in dry sands



Robertson, P.K. and Lisheng, S., 2010, Estimation of seismic compression in dry soils using the CPT FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS, Symposium in honor of professor I. M. Idriss, San Diego, CA

Liquefaction Potential Index (LPI) calculation procedure

Calculation of the Liquefaction Potential Index (LPI) is used to interpret the liquefaction assessment calculations in terms of severity over depth. The calculation procedure is based on the methodology developed by Iwasaki (1982) and is adopted by AFPS.

To estimate the severity of liquefaction extent at a given site, LPI is calculated based on the following equation:

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0.5z) \times F_L \times dz$$

where:

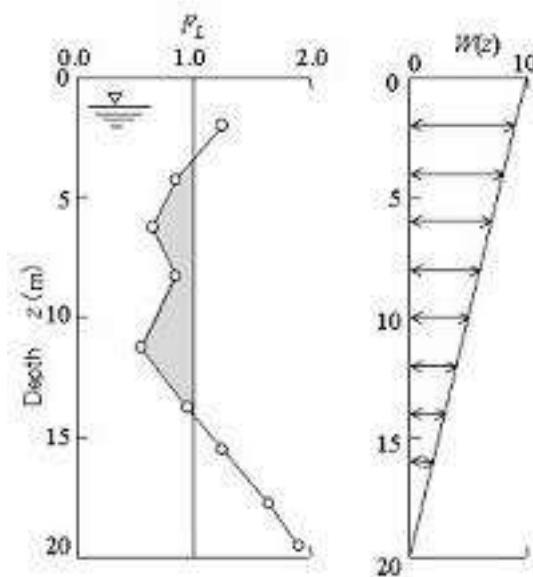
$F_L = 1 - F.S.$ when F.S. less than 1

$F_L = 0$ when F.S. greater than 1

z depth of measurement in meters

Values of LPI range between zero (0) when no test point is characterized as liquefiable and 100 when all points are characterized as susceptible to liquefaction. Iwasaki proposed four (4) discrete categories based on the numeric value of LPI:

- $LPI = 0$: Liquefaction risk is very low
- $0 < LPI \leq 5$: Liquefaction risk is low
- $5 < LPI \leq 15$: Liquefaction risk is high
- $LPI > 15$: Liquefaction risk is very high



Graphical presentation of the LPI calculation procedure

References

- Lunne, T., Robertson, P.K., and Powell, J.J.M 1997. Cone penetration testing in geotechnical practice, E & FN Spon Routledge, 352 p, ISBN 0-7514-0393-8.
- Boulanger, R.W. and Idriss, I. M., 2007. Evaluation of Cyclic Softening in Silts and Clays. ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering June, Vol. 133, No. 6 pp 641-652
- Robertson, P.K. and Cabal, K.L., 2007, Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Available at no cost at <http://www.geologismiki.gr/>
- Robertson, P.K. 1990. Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, 27 (1), 151-8.
- Robertson, P.K. and Wride, C.E., 1998. Cyclic Liquefaction and its Evaluation based on the CPT Canadian Geotechnical Journal, 1998, Vol. 35, August.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J., Liao, S., Marcuson III, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R., and Stokoe, K.H., Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, October, pp 817-833
- Zhang, G., Robertson, P.K., Brachman, R., 2002, Estimating Liquefaction Induced Ground Settlements from the CPT, Canadian Geotechnical Journal, 39: pp 1168-1180
- Zhang, G., Robertson, P.K., Brachman, R., 2004, Estimating Liquefaction Induced Lateral Displacements using the SPT and CPT, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 130, No. 8, 861-871
- Pradel, D., 1998, Procedure to Evaluate Earthquake-Induced Settlements in Dry Sandy Soils, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 124, No. 4, 364-368
- Iwasaki, T., 1986, Soil liquefaction studies in Japan: state-of-the-art, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 5, No. 1, 2-70
- Papathanassiou G., 2008, LPI-based approach for calibrating the severity of liquefaction-induced failures and for assessing the probability of liquefaction surface evidence, Eng. Geol. 96:94-104
- P.K. Robertson, 2009, Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Canadian Geotechnical Journal, Vol. 46, No. 11, pp 1337-1355
- P.K. Robertson, 2009. Performance based earthquake design using the CPT Key note Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering - from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009
- Robertson, P.K. and Lisheng, S., 2010, Estimation of seismic compression in dry soils using the CPT FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS, *Symposium in honor of professor I. M. Idriss*, SAN diego, CA
- R. E. S. Moss, R. B. Seed, R. E. Kayen, J. P. Stewart, A. Der Kiureghian, K. O. Cetin, CPT-Based Probabilistic and Deterministic Assessment of In Situ Seismic Soil Liquefaction Potential, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 132, No. 8, August 1, 2006

Foto indagine geognostica



Punto d'indagine CPT9