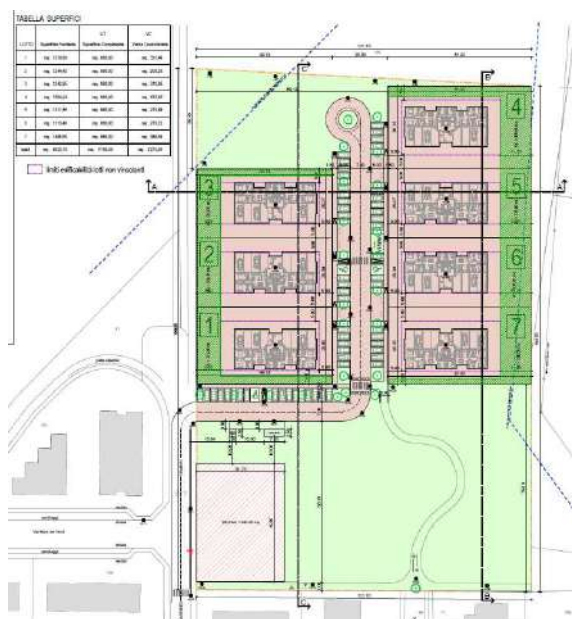


- COMUNE DI CARPI -

PROVINCIA DI MODENA

PROGETTO DI UN PIANO PARTICOLAREGGIATO DI
INIATIVA PRIVATA DENOMINATO COMPARTO B36
"IL BOSCO URBANO" IN VIA MAR NERO A FOSSOLI

- RELAZIONE GEOLOGICA - - E SISMICA -



PROGETTISTI : Ing. Samuele Carini-Geom. Elisa Lanzi Sviluppo Prog.
Via Barchetta n° 6 - 41011 Campogalliano (MO)

COMMITTENTE : Ecodomus s.r.l.
Via Abetone n° 20 - 41012 Carpi (MO)

**STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH**

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via Martinelli, 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)

Tel. 059/654076 - Fax +391782215311 - Cell. 335/6088392

P.I. 02275070361 - C.F. MLV LNZ 67D10 B819M

lorenzomalvezzi@studiogeotech.com - lorenzomalvezzi@pec.studiogeotech.com

www.studiogeotech.com

**GEOTECNICA - GEOCHIMICA - IDROGEOLOGIA - RICERCHE MINERARIE
GEOLOGIA AMBIENTALE - PROSPEZIONI GEOFISICHE - SONDAGGI PENETROMETRICI
GEOLOGIA APPLICATA**

Gennaio 2022

Studio Tecnico Ambientale

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via Martinelli n.51A

41012 - Fossoli di Carpi (MO)

Tel. 059/654076 - Fax +391782215311

Tel cell. 335/6088392

P. I.V.A. 02275070361

C.F. MLV LNZ 67D10 B819M

lorenzomalvezzi@studiogeotech.com

lorenzomalvezzi@pec.studiogeotech.com

www.studiogeotech.com



Relazione geologica geotecnica e sismica relativa al progetto del P.P.I.P. denominato Comparto B36 “Il bosco urbano” ubicato in Via Mar Nero a Fossoli nel Comune di Carpi (MO).

1. PREMESSA.

Su incarico della Società **Ecodomus s.r.l.** di Carpi (MO) e d'intesa con l'**Ing. Samuele Carini** e il **Geom. Elisa Lanzi** di Campogalliano (MO), si è provveduto alla stesura della presente relazione geologica geotecnica e sismica relativa al progetto del P.P.I.P. denominato Comparto B36 “Il bosco urbano” ubicato in Via Mar Nero a Fossoli nel Comune di Carpi (MO).

A tale scopo il giorno 17 Dicembre 2021 si è eseguito un sopralluogo sull'area in oggetto, durante il quale oltre all'analisi dello stato di fatto dei luoghi, è stata effettuata un'indagine geognostica al fine di determinare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, mediante l'esecuzione di n.2 prove penetrometriche statiche più n.1 prova penetrometrica con punta elettrica e piezocono spinte sino ad una profondità massima di -20.00 m da p.d.c. attuale, per formulare il giudizio di fattibilità geologica ai fini edificatori.

Successivamente in data 21 Dicembre 2021 si è provveduto ad effettuare una prospezione sismica di superficie MASW (Multichannel Spectral Analysis of Waves) attraverso onde Reyleight per la determinazione in modo diretto delle onde Vs30 con lo scopo di determinare la categoria di suolo del sito in esame più un'indagine a sismica passiva tipo ESAC per la determinazione in modo diretto delle onde Vs ad elevata profondità.

Contestualmente sono state rilevate le frequenze fondamentali di vibrazione dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame è stata eseguita una registrazione di microtremori mediante tromografo digitale (TROMINO®) denominata HVSR per la determinazione del primo modo di vibrare del terreno.

Le indagini geofisiche eseguite sono ubicate come da Allegato n.4 ed hanno le seguenti coordinate geografiche:

vi è un progetto di P.P.I.P. (Fig.2) all'interno del quale è prevista la costruzione di n.7 palazzine (Fig.3) (Fig.3) aventi n.4 piani fuori terra.

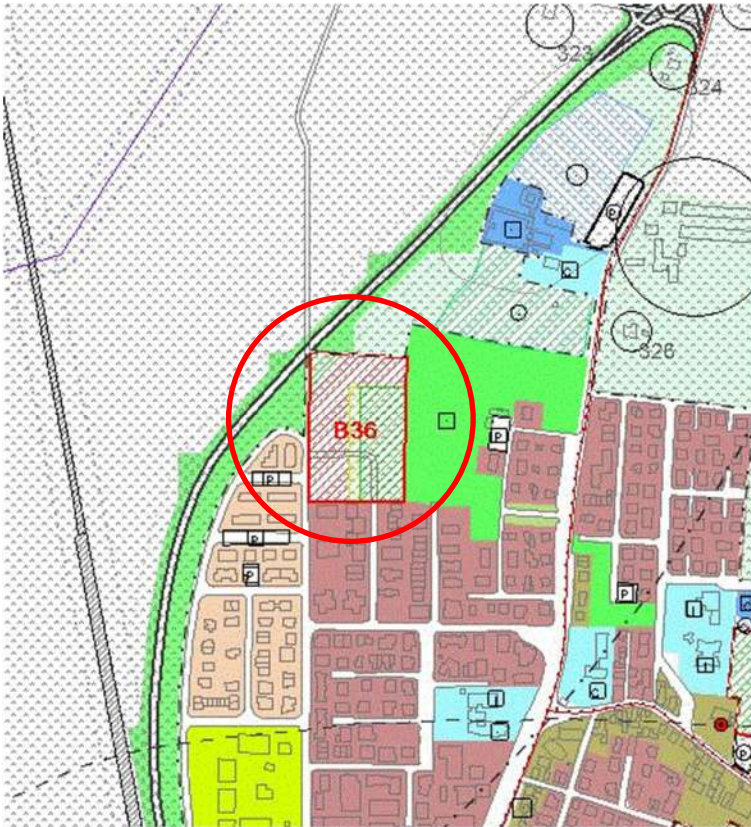


Fig.2 - Estratto di PRG Comune di Carpi.



Fig. n.3 - Progetto Comparto B36.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.

La zona in esame ricade nella Frazione di Fossoli nel Comune di Carpi (MO) quindi si colloca nella parte centro-meridionale del bacino subsidente Plio-Quaternario della Pianura Padana costituito da un'ampia depressione a stile compressivo formata, negli orizzonti più recenti da depositi Pliocenico Quaternari.

Da una sedimentazione di tipo marino che caratterizza il Pliocene e parte del Pleistocene, si passa ad una di tipo continentale, con il colmamento del golfo padano che si trasforma progressivamente in pianura alluvionale, attraverso l'accumulo di sedimenti fluviali e fluvio-glaciali derivanti dal rapido smantellamento e modellamento delle catene montuose circostanti (Fig.4).

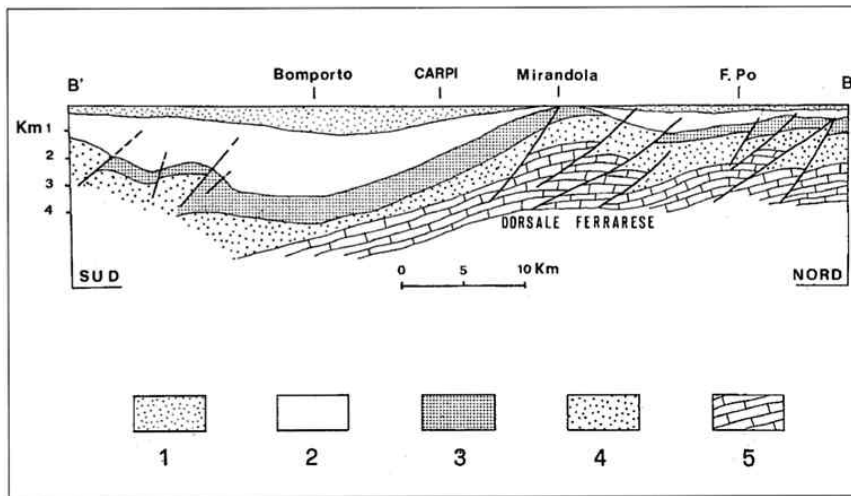


Fig. 4 Sezione geologica schematica, indicativa della situazione strutturale profonda della bassa Pianura modenese ridisegnata adattandola alla situazione di Mirandola (rif. Fig. 3) (Fonte: PIERI, 1980).
Legenda: 1) depositi alluvionali; 2) sedimenti marini del Pliocene superiore e Quaternario; 3) sedimenti marini del Pliocene inferiore; 4) idem del Paleogene-Miocene; 5) formazioni Calcaree marine del Mesozoico

In particolare, in base ai dati AGIP MINERARIA (1959), sono suddivisi, a loro volta, in formazioni del Quaternario Continentale nei primi 350/400 m del sottosuolo e del Quaternario Marino da 400 a 1050/1200 m.

I terreni Olocenici, d'origine alluvionale, poggiano sul sottostante Pleistocene continentale e/o marino, strutturalmente caratterizzato da elementi sufficientemente definiti.

In modo schematico possiamo definire tre zone:

a) zona delle pieghe pedeappenniniche, dal margine collinare alla Via Emilia, costituita da una successione di sinclinali ed anticlinali, con asse e vergenza appenninica spesso fagliate e sovrascorse sul fianco Nord;

b) zona della sinclinale Bologna-Bomporto-Reggio Emilia, dove i depositi Quaternari raggiungono il loro massimo spessore per tutta la pianura padana;

c) zona della Dorsale Ferrarese, alto strutturale costituito da una serie di pieghe associate a faglie, dove, in talune culminazioni, lo spessore del Quaternario si riduce a poche decine di metri.

L'andamento della "Dorsale Ferrarese" è complessivamente E-SE/O-NO ma in corrispondenza di Novi di Modena e Correggio subisce una decisa inflessione verso Sud assumendo un orientamento NE-SO.

Tale anomalia sarebbe imputabile alla presenza di una serie di faglie con direttrice NE-SO a rigetto orizzontale.

Detta struttura è quindi contraddistinta, nel suo complesso, da un'intensa tettonizzazione subita anche in tempi recenti (Cremaschi e Papani, 1975; Ist. Geol. Mo., 1978).

Si configura quindi un bacino sedimentario che ha subito una notevole azione di subsidenza, controllata dai movimenti tettonici della struttura esaminata; tali movimenti sono stati accertati nel pre-Wurm, pre-Riss ed ipotizzati anche nel pre-Mindel.

Movimenti analoghi sarebbero stati segnalati anche in epoca storica, e traducibili con un progressivo "sfuggire", da parte della rete idrografica superficiale, alla Dorsale Ferrarese: il Po verso Nord, il Crostolo verso Ovest ed il Secchia verso Est (Veggiani, 1974).

A tale riguardo occorre ricordare che il Po all'inizio del Neolitico passava di poco a Nord dell'allineamento S. Martino in Rio, Soliera, Bomporto, Ravarino e Cento, mentre nella prima metà del secondo millennio a.C. attraversava le aree attualmente occupate da Carpi, S. Marino, S. Prospero e Finale Emilia.

Negli ultimi secoli a.C., infine, sarebbe passato per Novellara, Cavezzo, Medolla, Massa Finalese e Bondeno.

Il substrato marino pre-Olocenico, oltre a controllare quindi gli spessori dei depositi alluvionali, sembra essere dominante sull'idrografia stessa e quindi sulla morfologia, dando origine ad una piana morfologica, tipica della pianura alluvionale medio-bassa, con pendenze estremamente modeste e litologia di superficie generalmente fine.

La base dei terreni Pliocenici si trova in zona a circa 4.000-5.000 m mentre quelle del Quaternario a circa 2.000-2.500 m (?); per quanto riguarda il passaggio fra i terreni continentali (Olocenici) e marini (Pleistocenici), pur rimarcando la sua variabilissima gradualità, lo si può individuare a circa 400-500 m dal piano di campagna circostante.

L'andamento della superficie di separazione fra le acque "dolci" e quelle "salate" è paragonabile all'andamento della base del Pliocene con profondità pari a circa 500 m in corrispondenza di Carpi, 600 m di Soliera ed in netta risalita verso Nord fino a 50 m in corrispondenza di Novi di Modena.

I depositi alluvionali che formano i primi 400/500 m del sottosuolo sono costituiti da ripetitive sequenze di livelli sostanzialmente argilloso - limosi ai quali s'intercalano lenti sabbiose di modesto spessore contraddistinte da una spiccata lenticolarità ed una sensibile discontinuità laterale.

Come riportato in fig.5, che riporta un estratto della Tavola A4.2 "Carta litologica" del PRG 2000 del Comune di Carpi, nell'area in esame affiorano litotipi prevalentemente limosi.

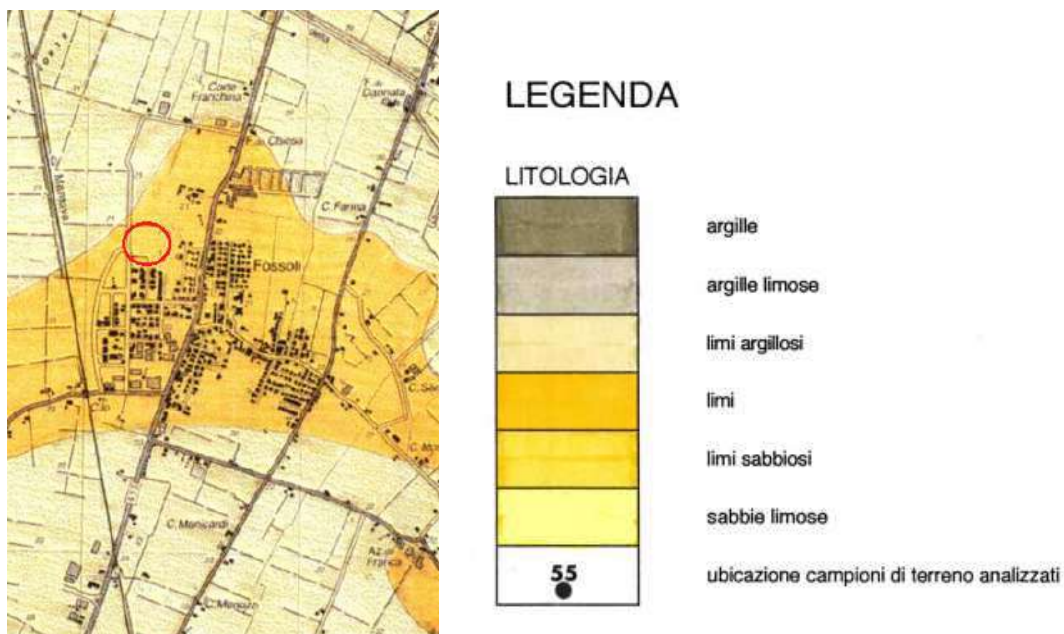


Fig.5 – Carta litologica Estratto di PRG 2000 Comune di Carpi.

La variabilità litologica del territorio comunale di Carpi è dovuta alle divagazioni dei corsi d'acqua della zona est ed in particolare modo dal fiume Secchia che attualmente scorre pochi chilometri ad Est di Carpi.

Dette caratteristiche attribuiscono la successione descritta all'Unità Idrogeologica della Media Pianura Padana Appenninica formata dagli apporti distali dei fiumi.

L'area d'indagine rientra quindi all'interno del dominio deposizionale del fiume Secchia, corresponsabile del colmamento dell'ampio bacino subsidente di età Pliocenico-Quaternaria della Pianura Padana; nella parte di medio-alta pianura, che a partire dai rilievi collinari si estende sino all'altezza di Campogalliano, il corso d'acqua si trova a scorrere al di sopra di un ampio ventaglio di depositi grossolani (ghiaie e sabbie), alimentando, attraverso l'infiltrazione in sub-alveo, le falde freatiche.

La zona in esame invece, immediatamente antistante le conoidi, è quella della piana alluvionale propriamente detta, che si estende sino al Po e nella quale il fiume Secchia, si trova a scorrere, per buona parte del proprio percorso, pensile rispetto alla pianura circostante.

I depositi della pianura alluvionale sono prevalentemente fini e finissimi (limi ed argille), deposti per accrescimento verticale e subordinatamente sabbiosi, legati a barre di accrescimento laterale, ad argini naturali e ventagli di rotta; generalmente i depositi sabbiosi sono disposti in fasce parallele al corso d'acqua, mentre i depositi fini hanno una distribuzione del tutto irregolare.

Le sabbie, e comunque i depositi in genere più grossolani, sono disposti in fasce parallele ai corsi d'acqua attuali o corrispondenti ad antichi tracciati (paleoalvei), mentre i depositi più fini hanno una distribuzione del tutto irregolare.

Si evidenziano quindi numerosi paleoalvei di tale fiume sia ad Est sia ad Ovest di Carpi.

La diminuzione di pendenza che avviene al passaggio tra alta e media pianura ha reso necessario, fin da tempi antichi, la realizzazione di opere di difesa di sponda come gli argini, che accompagnano il corso dei fiumi principali fino allo sbocco in Po, allo scopo di impedire le frequenti esondazioni dei fiumi stessi.

In corrispondenza dell'inizio dei tratti arginati si chiude di conseguenza il vero e proprio bacino di alimentazione dei corsi d'acqua principali.

La realizzazione delle arginature nel medio e basso corso dei fiumi ha avuto l'effetto di arrestare la naturale evoluzione degli stessi.

Non bisogna infatti dimenticare che lo stesso colmamento della pianura è avvenuto a seguito delle divagazioni dei corsi d'acqua; questi ultimi dopo avere stazionato per un certo periodo in una porzione, divengono pensili a seguito dei continui apporti sedimentari che costituiscono veri e propri argini naturali.

Successivamente tali argini, in corrispondenza di eventi di piena eccezionali, vengono rotti ed il fiume si trasferisce in un'area più depressa.

La realizzazione delle opere di difesa, che va visto come un ampliamento e potenziamento degli argini naturali del fiume, ha di fatto determinato il blocco dell'evoluzione morfologica nella pianura esterna alle aree golenali del fiume, impedendo allo stesso, oltre che di invadere le aree circostanti (salvo eventi

particolarmente calamitosi), di modificare il proprio tracciato a seconda dell'assetto plano-altimetrico del territorio circostante.

In questo modo la "pensilità" dei corsi d'acqua è aumentata tanto che attualmente il livello di piena ordinaria supera costantemente la quota delle campagne circostanti per gran parte del loro corso di media e bassa pianura.

La distribuzione in superficie dei terreni appartenenti alle varie classi granulometriche identificate, è testimonianza delle principali fasi deposizionali recenti succedutesi sul territorio in esame; si evidenzia chiaramente la stretta connessione tra litologia di superficie ed evoluzioni idrografiche del fiume Secchia, responsabile, oltre che delle caratteristiche litostratigrafiche di quest'area del territorio, anche delle forme morfologiche presenti.

Si osserva quindi che i materiali sabbiosi si localizzano sostanzialmente in corrispondenza dei corsi d'acqua odierni ed in prossimità dei dossi topografici, generati da tracimazioni e/o divagazioni del fiume Secchia o costituenti generalmente antichi paleoalvei dello stesso fiume, i depositi limosi, ampiamente diffusi in zona, sono da ricollegarsi ad acque con bassa energia deposizionale e risultano prevalentemente collocati nelle zone circostanti i corsi d'acqua minori e nelle fasce più esterne di quelli principali, mentre quelli argillosi contraddistinguono le aree vallive, rappresentando i depositi delle zone topograficamente più basse, in seguito all'esaurimento dell'energia di trasporto delle acque di esondazione.

Attualmente la zona in esame è caratterizzata da una morfologia di tipo pianeggiante blandamente ondulata in senso Ovest-Est con pendenze dell'ordine dell'1-2 ‰; comunque le modifiche che subirà il territorio in seguito all'inserimento delle strutture in progetto, non influiranno sulla morfologia generale della zona.

4. IDROGEOLOGIA.

Il territorio comunale di Carpi dal punto di vista idrogeologico appartiene al sistema acquifero della media pianura modenese; quest'ultimo è caratterizzato da una situazione stratigrafica prevalentemente limo-argillosa nella quale i livelli acquiferi sono costituiti da lenti sabbiose che come spessore non superano mai il 10% del totale.

Per quanto riguarda l'idrogeologia il sottosuolo dell'area in esame è caratterizzato dalla presenza di due falde: una falda superficiale impostata nei livelli granulometricamente più grossolani ed alimentata direttamente per infiltrazione superficiale ed un'altra differenziabile a sua volta in falda intermedia e profonda.

Quest'ultima è impostata nei livelli limo-sabbiosi profondi, ed alimentata dai corsi d'acqua principali ed è collegata alle circolazioni idriche sotterranee a scala regionale.

Poiché le falde profonde sono protette dall'infiltrazione da potenti strati permeabilità bassissima, prenderemo in esame soltanto la "falda" più superficiale la quale è talmente influenzata dai locali prelievi che diviene difficile stabilire il suo andamento naturale.

I livelli statici della falda superficiale si stabilizzano nell'area in esame su quote di circa -1.50/2.10 m dal p.d.c. con escursione stagionale che determina un aumento del livello statico del primo acquifero a Maggio rispetto Dicembre.

Tale falda, cosiddetta "libera", è caratterizzata da bassi valori di trasmissività e da una variabilità del proprio livello in stretta relazione con gli apporti meteorici e con la rete di canalizzazione e viene intercettata con pozzi tradizionali.

La sua acqua viene prevalentemente utilizzata, in relazione alla scarsa qualità, per l'irrigazione di orti e giardini, mai per uso idropotabile.

Comunque si evidenzia una situazione conservativa nel tempo dei caratteri idrogeologici freatici per la porzione di area considerata.

5. IDROLOGIA SUPERFICIALE.

Il sistema drenante superficiale della parte Nord dell'abitato di Carpi ha un orientamento di scorrimento preferenziale verso SSO/NNE, dovuto ad una complessa riorganizzazione dei canali di bonifica succedutasi in varie epoche sul reticolo naturale.

Tale operazione ha portato ad una netta divisione del territorio in rete scolante delle acque alte e delle acque basse.

Questi corsi d'acqua ricadono nel comprensorio del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale che ne stabilisce, a seconda delle esigenze stagionali, la regimazione idraulica.

L'idrografia superficiale risulta composta da fossi e canali di scolo con andamento prevalente da NNE a SSO, che complessivamente creano buone condizioni di deflusso delle acque superficiali; tendendo singolarmente a confluire in aste fluviali di ordine superiore.

Uno dei principali cavi presenti nell'intorno è il Cavo Quistella il quale scorre ad 1 Km ad Est dell'area, in considerazione del quale si ritiene non sussistano pericoli di esondabilità, in virtù anche della sua buona tenuta durante i periodi di massima portata.

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE.

6.1 - Prove penetrometriche statiche CPT1 e CPT2 (Cone Penetration Test).

In data 17 Dicembre 2021 si è provveduto ad eseguire un'indagine geognostica sull'area in oggetto, al fine di valutare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni su cui è in progetto il Comparto B36.

L'indagine è stata sviluppata mediante esecuzione di n.2 prove penetrometriche che in relazione alle presumibili caratteristiche granulometriche dei terreni del primo sottosuolo, sono state effettuate con infissione statica utilizzando un penetrometro statico di tipo PAGANI TG 63-100 KN, autoancorante, dotato di

cella di pressione idraulica a lettura digitale con caratteristiche conformi allo standard europeo (cfr. Indicazioni AGI-ISSMFE).

Il penetrometro risulta attrezzato sulla prima asta di punta *Begemann* (Friction Sleeve Cone) (Fig. 7), la quale possiede un cono con un'area di 10 cm^2 ed un angolo di conicità pari a 60° e di un manicotto al di sopra del cono di 150 cm^2 .

Le operazioni d'infissione si sono svolte nel seguente modo: durante l'affondamento della punta venivano riportate le pressioni lette a lettura digitale ogni 20 cm d'avanzamento ottenendo una resistenza penetrometrica alla punta (R_p), espressa in Kg/cm^2 , così anche per i valori di resistenza laterale locale (R_l), espressa sempre in Kg/cm^2 , secondo le norme internazionali standard (Fig. 6).

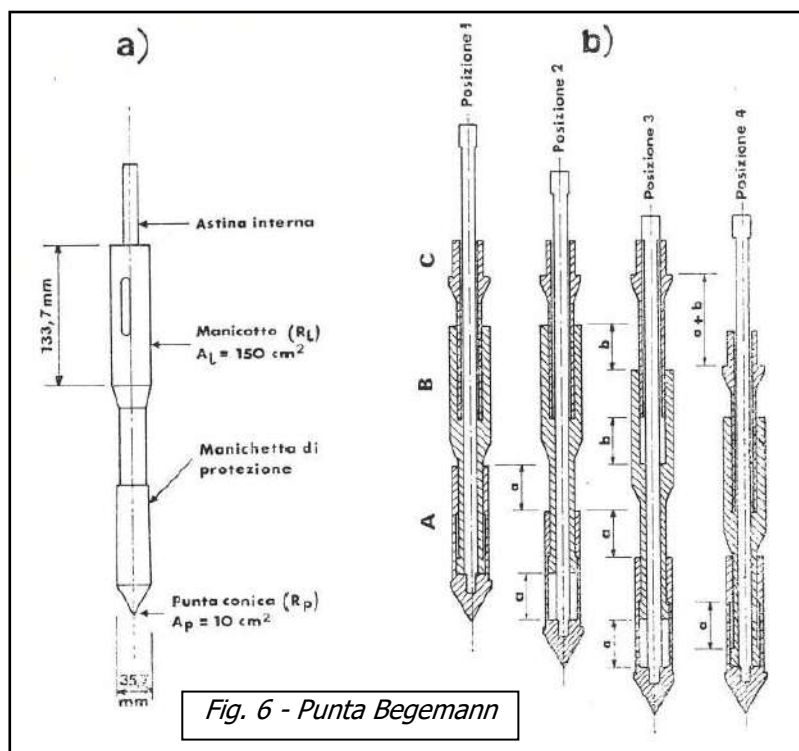


Fig. 7

Il numero e l'ubicazione delle prove sono state valutate dallo scrivente in relazione alla forma e alle dimensioni della vasca in progetto ed in funzione dell'accessibilità dell'area, rispettando il principio del massimo ricoprimiento dell'area, il risultato viene riportato nella planimetria in Allegato n. 4.

I sondaggi penetrometrici (Allegato n.7), sono stati spinti sino alla profondità di -20.00 m dal piano campagna attuale, profondità sufficiente in relazione alla tipologia di edifici presenti all'interno del Comparto B36, rilevando inoltre un livello statico medio all'interno dei fori di sondaggio pari a:

Prova CPT1 I.s. = -1.60 m da p.d.c.

Prova CPT2 I.s. = -1.60 m da p.d.c.

Tale valore si ritiene comunque soggetto ad escursioni di notevoli entità in funzione alle condizioni climatiche cioè legate alla piovosità ed alla temperatura.

Da un punto di vista litologico i terreni presenti sono costituiti da un'alternanza tra litotipi argillosi in prevalenza e in minor percentuale di tipo limoso e sabbioso.

Complessivamente si rilevano medie caratteristiche geomeccaniche dei terreni indagati, si può quindi affermare che non vi sono particolari impedimenti all'edificazione in tale sito.

Dalle prove eseguite, in base al rapporto di Begemann che indica la componente litologica dei terreni, si è riconosciuta la seguente successione litostratigrafica, descritta dall'alto verso il basso rispetto al piano di campagna.

DESCRIZIONE LITOMECCANICA PROVA CPT1

Coordinate Geografiche

N 44° 49' 29.1" - E 010° 53' 10.9"

Nella prova CPT1 (Fig. 8) è stato individuato un primo strato da -0.40 m a -2.40 m caratterizzato litologicamente da argille seguite da limi e limi argillosi con medie caratteristiche geotecniche, con valori medi di R_p , resistenza alla punta in termini statici, pari a 1.08 MPa.

Subito sotto, da -2.40 m a -6.20 m di profondità si assiste ad un forte aumento dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico abbiamo delle sabbie e sabbie limose a buona compattezza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 4.44 MPa.

Proseguendo in profondità, da -6.20 m a -13.60 m si denota una diminuzione dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico abbiamo delle argille e argille limose alternate a dei livelli decimetrici di limi e limi argillosi a buona consistenza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 1.82 MPa.

Ancora in profondità, da -13.60 m a -14.20 m si assiste ad una locale aumento dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico abbiamo dei limi e limi sabbiosi a buona compattezza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 3.13 MPa.

Proseguendo in profondità, da -14.20 m a -19.00 m si denota una certa regolarità dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico



Fig. 8 - Prova CPT1 Penetrometro Pagani TG 63-100

abbiamo delle argille intercalate da livelli decimetrici di limi e limi argillosi a buona consistenza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 1.76 MPa.

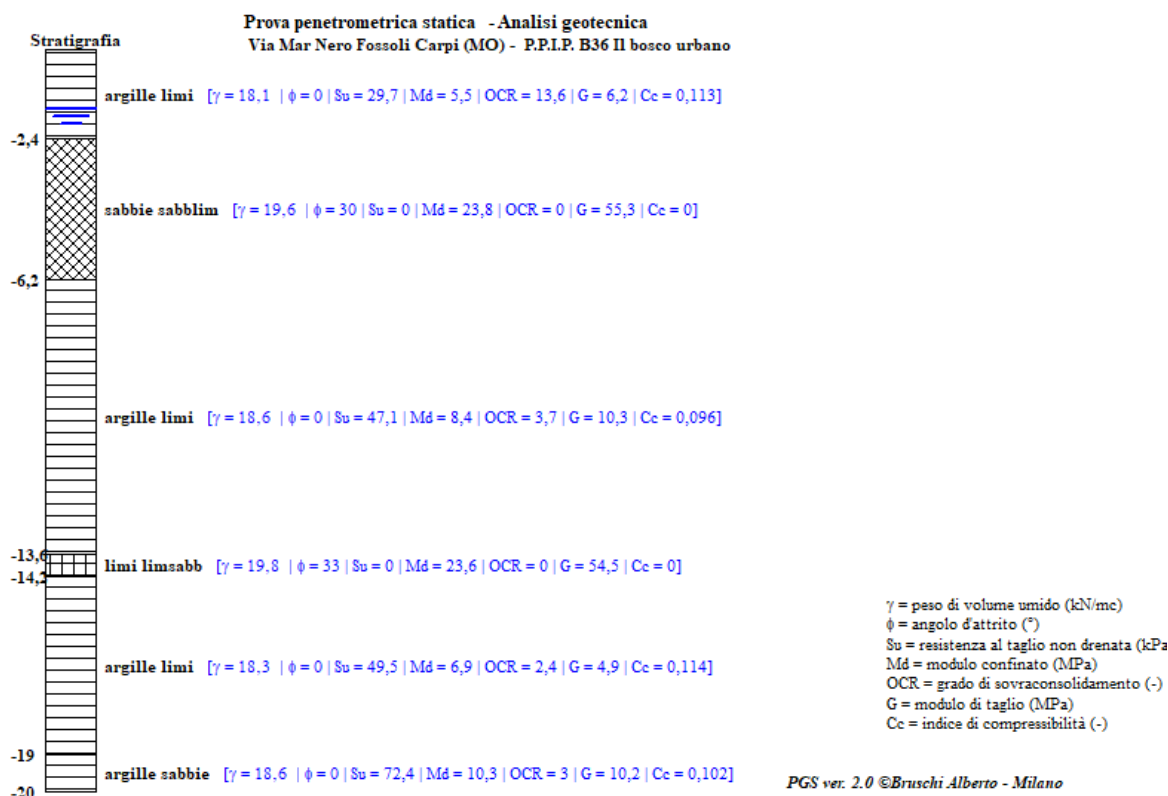
Come ultimo intervallo, da -19.00 m a -20.00 m abbiamo un locale aumento dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico si rileva la presenza di argille al tetto che passano a delle sabbie a buona consistenza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 2.66 MPa.

- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA CPT1 -

da m.	a m.	Qc	g	ld	f	Su	M	OCR	Go	Vs	Cc	Litotipo
0,4	2,4	1,08	18,1			29,7	5,5	13,6	6,2	137,9	0,113	argille limi
2,4	6,2	4,44	19,6	34	30		23,8		55,3	326,5	0	sabbie sabblim
6,2	13,6	1,82	18,6			47,1	8,4	3,7	10,3	192,9	0,096	argille limi
13,6	14,2	3,13	19,8	27	33		23,6		54,5	268,6	0	limi limsabb
14,2	19,0	1,76	18,3			49,5	6,9	2,4	4,9	188,7	0,114	argille limi
19,0	20,0	2,66	18,6			72,4	10,3	3	10,2	244	0,102	argille sabbie

Qc = resistenza alla punta (MPa)
g = peso di volume (kN/mc)
ld = indice di densità (%)
f = angolo d'attrito (°)
Su = resistenza al taglio non drenata (kPa)
M = modulo confinato (MPa)
OCR = grado di sovraconsolidamento (-)
Go = modulo di taglio (MPa)
Vs = velocità onde di taglio (m/s)
Cc = indice di compressibilità (-)

- Litologia CPT1 -



DESCRIZIONE LITOMECCANICA PROVA CPT2

Coordinate Geografiche

N 44° 49' 30.8" - E 010° 53' 11.2"

Nella prova CPT2 (Fig. 9) è stato individuato un primo strato da -0.40 m a -2.80 m caratterizzato litologicamente da argille e argille limose al tetto seguite da dei limi sabbiosi con buone caratteristiche geotecniche con valori medi di R_p , resistenza alla punta in termini statici, pari a 1.28 MPa.

Subito sotto, da -2.80 m a -4.20 m di profondità si assiste ad un aumento dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico abbiamo dei limi e limi argillosi a buona consistenza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 2.47 MPa.

Proseguendo in profondità, da -4.20 m a -5.40 m si denota un repentino aumento dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico abbiamo delle sabbie a buona compattezza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 5.13 MPa.

Ancora in profondità, da -5.40 m a -12.40 m si assiste ad una diminuzione dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico abbiamo delle argille e argille limose con intercalati livelli decimetrici di limi e sabbie a buona consistenza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 2.06 MPa.

Subito sotto, da -12.40 m a -14.00 m di profondità si denota un locale aumento dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico abbiamo delle sabbie limose con intercalati dei limi argillosi a buona compattezza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 2.98 MPa.

Proseguendo in profondità, da -14.00 m a -18.60 m si assiste ad una certa variabilità dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico abbiamo delle argille e un livello decimetrico di limi a buona consistenza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 1.85 MPa.



Fig. 9 - Prova CPT2 Penetrometro Pagani TG 63-100

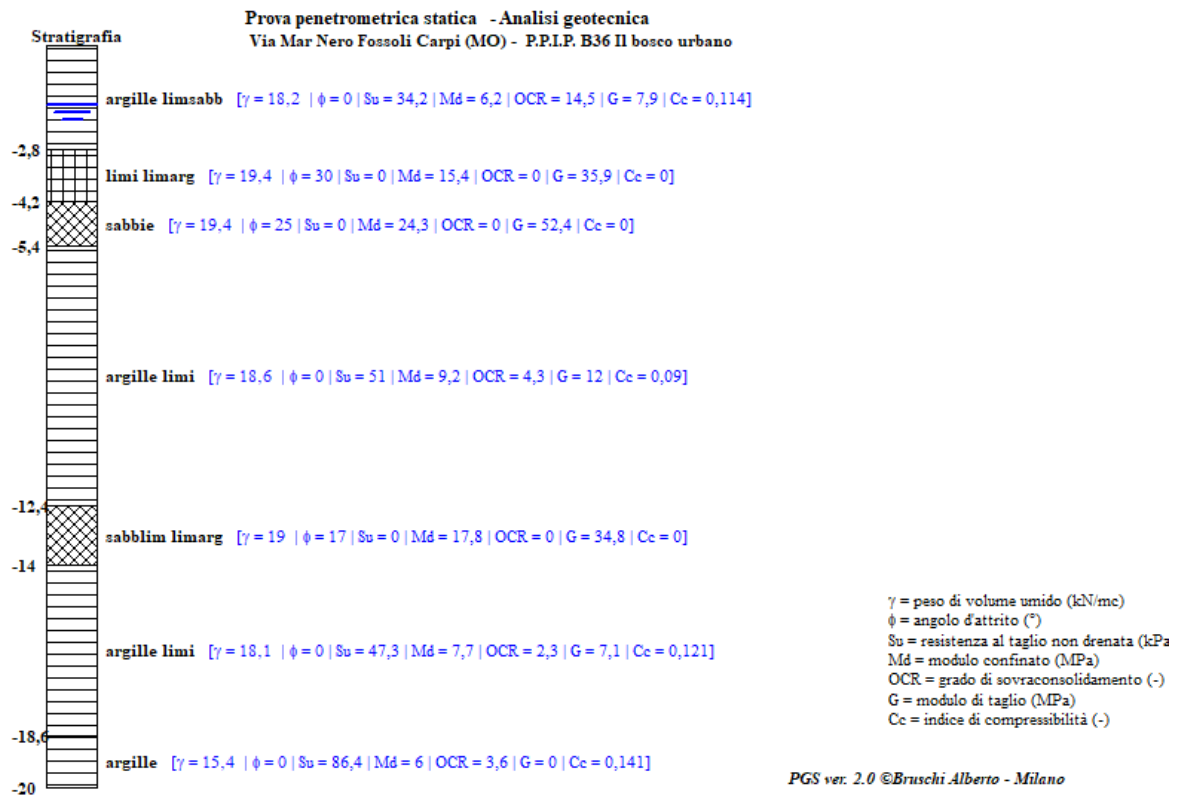
Come ultimo intervallo, da -18.60 m a -20.00 m si denota un progressivo aumento dei valori di resistenza alla punta mentre dal punto di vista litologico abbiamo delle argille a buona compattezza che danno valori medi di resistenza alla punta pari a 2.15 MPa.

- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA CPT2 -

da m.	a m.	Qc	g	ld	f	Su	M	OCR	Go	Vs	Cc	Litotipo
0,4	2,8	1,28	18,2			34,2	6,2	14,5	7,9	153,7	0,114	argille limsabb
2,8	4,2	2,47	19,4	26,5	30		15,4		35,9	232,5	0	limi limarg
4,2	5,4	5,13	19,4	31	25		24,3		52,4	360,1	0	sabbie
5,4	12,4	2,06	18,6			51	9,2	4,3	12	206,8	0,09	argille limi
12,4	14,0	2,98	19	15,6	17		17,8		34,8	257,7	0	sabblim limarg
14,0	18,6	1,85	18,1			47,3	7,7	2,3	7,1	193,6	0,121	argille limi
18,6	20,0	2,15	15,4			86,4	6	3,6	0	202	0,141	argille

Qc = resistenza alla punta (MPa)
g = peso di volume (kN/mc)
ld = indice di densità (%)
f = angolo d'attrito (°)
Su = resistenza al taglio non drenata (kPa)
M = modulo confinato (MPa)
OCR = grado di sovraconsolidamento (-)
Go = modulo di taglio (MPa)
Vs = velocità onde di taglio (m/s)
Cc = indice di compressibilità (-)

- Litologia CPT2 -



Si è proceduto inoltre ad eseguire un'elaborazione delle prove CPT1 e CPT2 per ogni 20 cm di sondaggio ottenendo i principali parametri geotecnici (Allegato n.6), inoltre è stata anche eseguita una valutazione dei parametri geotecnici medi all'interno degli strati geotecnicamente omogenei di entrambe le prove utilizzando il software "Static Probing" di GeoStru s.r.l..

6.2 - Prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU3.

In data 21 Dicembre 2021 è stata eseguita una prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU3), tale prova prevede la misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta che agisce su di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è connesso il piezocono (Fig. 10).



Fig.10 - Piezocono.

Il piezocono è quindi costituito da una punta conica del diametro di 35 mm e angolo di apertura del cono di 60° che viene infissa nel terreno con un velocità costante di 2 cm/sec (± 0.5 cm/sec) permettendo di valutare la resistenza meccanica dei terreni (Q_c) durante la penetrazione.

La punta è seguita da un settore che è dotato di un trasduttore di pressione alloggiato nella parte anteriore della sonda, all'interno di un anello in acciaio sinterizzato, necessario per misurare la variazione della pressione interstiziale (U) al passaggio della punta, tale anello è posizionato immediatamente sopra al cono (U_2).

Dietro al cono, generalmente subito a monte rispetto al settore poroso U_2 , si trova il manicotto, un tratto di 150 mm utilizzato per la misura dell'attrito laterale locale (F_s) esercitata dal terreno dopo il passaggio della punta.

Questa misura, definita come F_s , viene utilizzata in combinazione con la pressione di rottura del terreno (Q_c) al fine di definire per via indiretta il tipo litologico attraversato.

Tutte le misure avvengono mediante celle di carico e sensori posizionati sulla punta e vengono trasmesse e registrate in tempo reale (tramite un cavo coassiale contenuto entro le aste di prolunga) da un elaboratore elettronico in superficie.

Il piezocono della ditta Tecnopenta s.r.l. aggiunge alla misura dei parametri standard, la misura della temperatura e dell'inclinazione durante la prova (su due assi).

Per l'esecuzione della prova CPTU3 è stato utilizzato un piezocono modello G1-CPLS D della ditta Tecnopenta s.r.l. Via G. Galilei 7a/2 - 35037 Teolo (PD) avente le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche del piezocono:

PUNTA CONICA

Diametro :	35.70 mm
Altezza nominale :	30.90 mm
Angolo di apertura :	60°
Area nominale :	1000.00 mm ²
Altezza filtro :	5.00 mm
Diametro interno filtro :	27.00 mm
Distanza tra filtro e base cono :	4.00 mm
Altezza quadring :	3.50 mm

PIEZOCONO

Area di base :	10.00 cm ²
Diametro :	35.70 mm
Area netta (AN) :	6.60 cm ²
Superficie manicotto :	150.00 cm ²
Lunghezza manicotto :	133.70 mm
Area superiore manicotto (F sup.) :	2.22 cm ²
Area inferiore manicotto (F inf.) :	3.31 cm ²
Lunghezza totale piezocono :	450.00 mm
Peso complessivo :	2.010 Kg
Lunghezza raccordo punta - aste :	250.00 mm

I trasduttori di forza per la misura di Qc e Fs sono stati realizzati con 4 coppie di estensimetri a rosetta al fine di ridurre gli effetti di eccentricità del carico.

Nei diagrammi e tabelle presenti in Allegato n.7 sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- Qc (MPa) = resistenza alla punta (conica);
- Fs (KPa) = resistenza laterale (manicotto);
- U (KPa) = pressione dei pori (setto poroso);
- Inclinazione X-Y (°) = inclinazione degli assi X e Y rispetto la verticale;
- V (cm/sec) = velocità della punta;
- Qc/Fs (%) = resistenza alla punta / rapporto attrito laterale;

Per eseguire la prova penetrometrica con piezocono è stato utilizzato quale dispositivo di spinta un penetrometro statico semovente di tipo PAGANI TG 63-100 KN (Fig.11), autoancorante il quale esercita una spinta massima pari a 10 ton su

una batteria di aste da 36 mm di diametro (aste cave con il cavo di trasmissione dati all'interno).

Eventuali anelli allargatori sono stati posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

La corsa del meccanismo di spinta è pari ad un metro cioè si mette in sequenza un'asta per volta, la penetrazione ha inizio solo dopo un'accurata stabilizzazione in modo verticale della colonna di spinta facendo uso di una bolla sferica posizionata alla base della colonna.

La velocità di infissione della batteria di aste è di 2 cm/sec (± 0.5 cm/sec), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

I dati acquisiti con la prova

penetrometrica con piezocono (CPTU3) sono stati elaborati con il software CPeT-IT v.2 della Geologismiki Geotechnical Software.

Tale programma permette una facile interpretazione dei dati acquisiti con la prova ed esegue interpretazioni sulla base delle condizioni di comportamento del suolo (SBT: Soil Behaviour Type) e vari altri parametri geotecnici basati sulle correlazioni pubblicate da Lunne, Robertson and Powell (1977) e i più recenti aggiornamenti del Prof. Robertson (Fig.12).

I dati della resistenza alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta presenti in Allegato n.7 sono stati elaborati per la ricostruzione del modello litostratigrafico attraverso il STB Index (Fig.13).

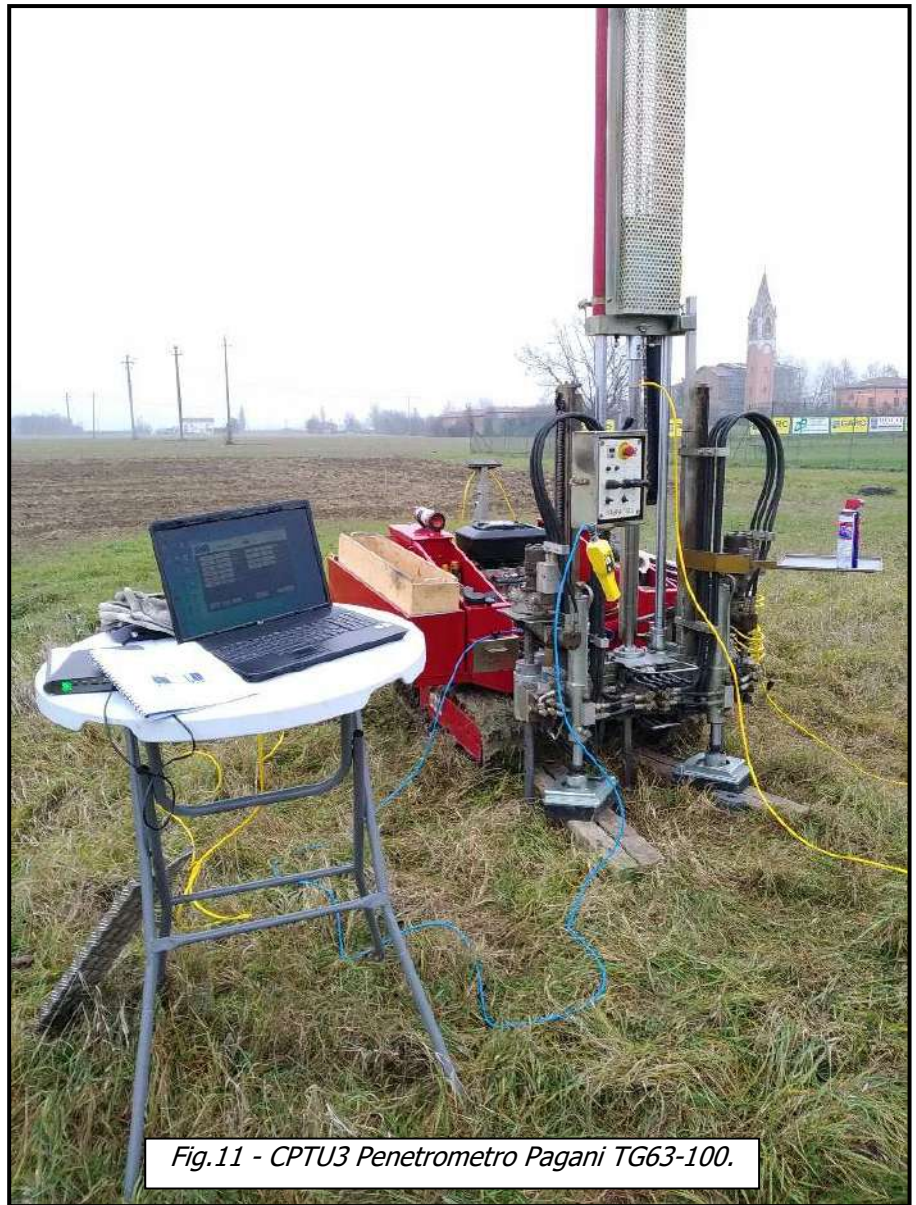


Fig.11 - CPTU3 Penetrometro Pagani TG63-100.

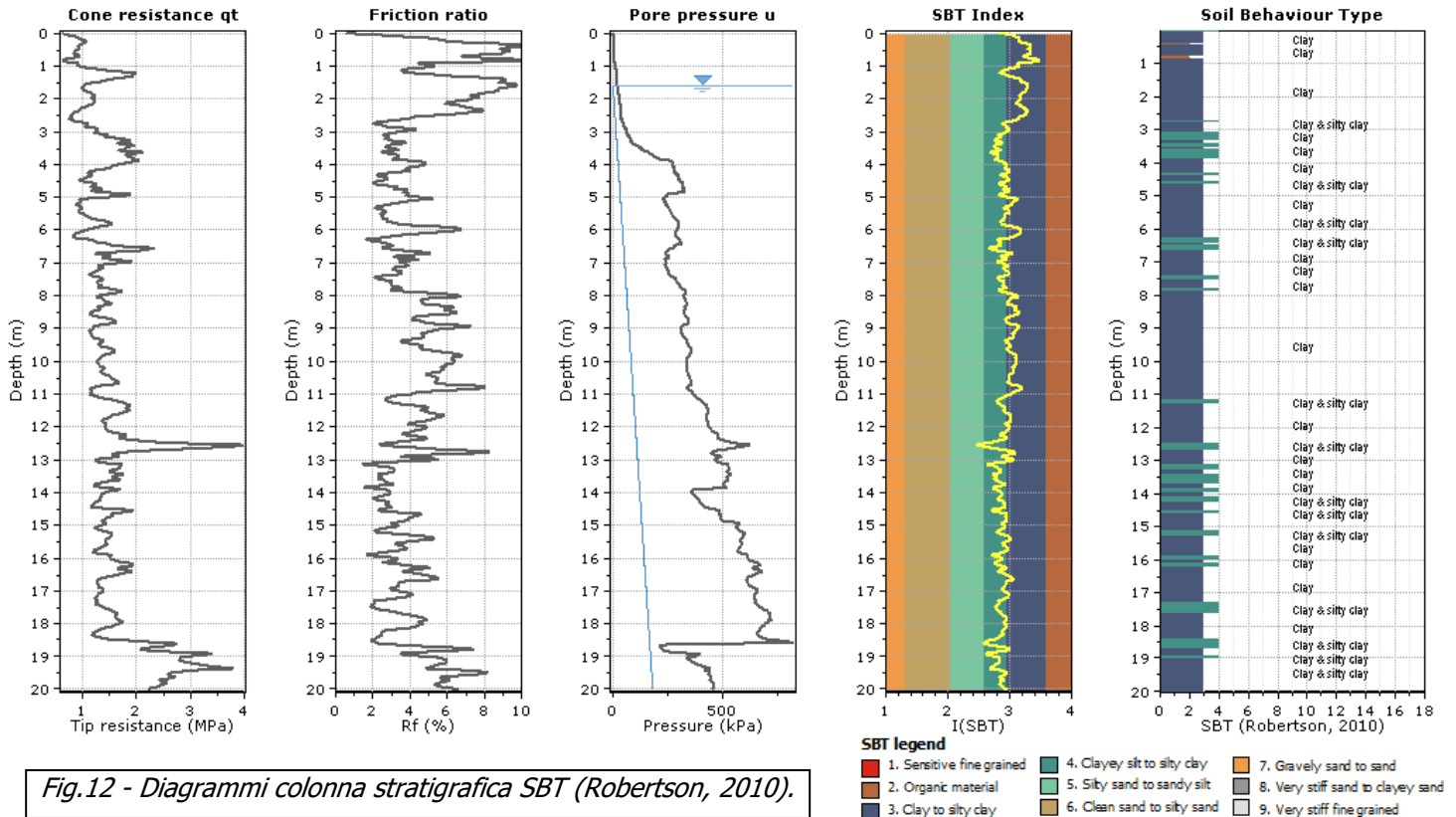


Fig.12 - Diagrammi colonna stratigrafica SBT (Robertson, 2010).

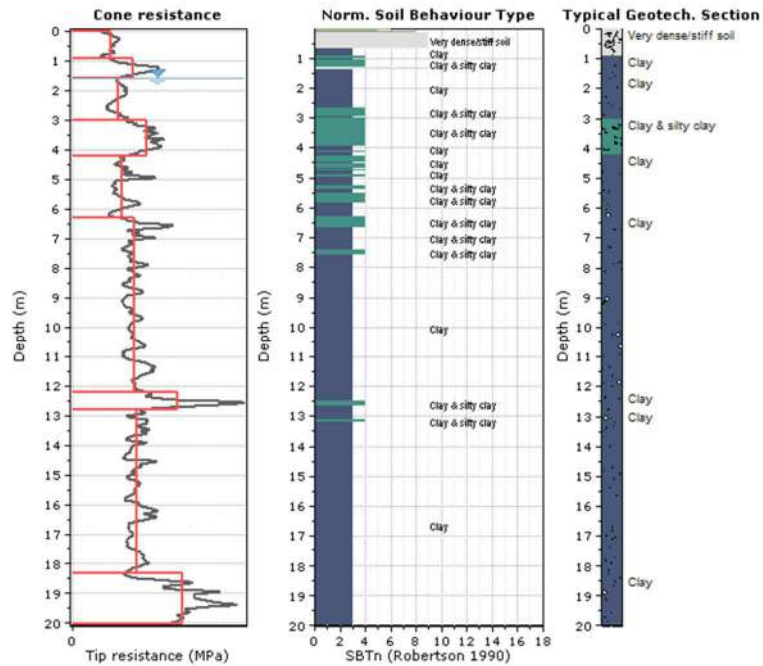
Dall'analisi litologica e geotecnica ottenuta attraverso il SBT Index (Fig. 13) si è proceduto ad eseguire una suddivisione della colonna stratigrafica (da 0 a -20 m) in strati geotecnicamente omogenei ottenendo quindi i principali parametri geotecnici che li definiscono (Fig. 13).

La suddivisione in strati è stata eseguita attraverso una discretizzazione soggettiva del progettista tenendo conto esclusivamente dei valori di q_c misurati in profondità senza considerare minimamente le variazioni litologiche cioè ricercando esclusivamente un'uniformità geomeccanica in profondità.

Tale tipo di analisi è finalizzata ad una discretizzazione dei litotipi ai fini meccanici per ottenere un quadro generale per le future verifiche agli stati limite che si andranno ad eseguire in fase esecutiva sui singoli edifici.

Da un'analisi completa sulla prova si evidenzia la presenza di terreni superficiali a media consistenza che tendono a migliorare leggermente con la profondità fino a -18,50 m per poi un aumento ulteriore fino a fine prova.

In questo caso specifico la verifica del potenziale di liquefazione IL è stata omessa in quanto siamo in presenza di litotipi prevalentemente argillosi e/o limo argillosi.



CPT: Prova CPTU3 Via Mar Nero Fossoli modificata

Total depth: 20.00 m, Date: 21/12/2021

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

Cone Operator:

Project: Progetto di un P.P.I.P. denominato Comparto B36
Location: Via Mar Nero Fossoli di Carpi (MO)

Depth (m)	Elevation: 0.00 (m)	Description	qt (MPa)	Ksbt (m/s)	N60	Es (MPa)	Dr	Phi (°)	M (MPa)	Go (MPa)	Su (kPa)	Su ratio	OCR	Gamma (kN/m ³)
0.5	0.00	Very dense/stiff soil	0.9	1.81E-6	3.6	-	-	-	12.1	22.3	64.3	5.5	25.6	19.0
1	0.90	Clay	1.4	9.29E-8	5.8	-	-	-	19.2	37.5	97.9	3.5	15.9	19.0
1.5	1.60	Clay	1.1	2.37E-8	5.1	-	-	-	14.3	34.9	72.8	1.9	8.9	19.0
2.5	3.00	Clay & silty clay	1.7	8.87E-8	7.0	-	-	-	23.0	43.1	117.5	2.2	10.2	19.0
4	4.20	Clay	1.2	2.09E-8	5.5	-	-	-	14.4	36.7	75.4	1.2	5.4	19.0
6.5	6.30	Clay	1.4	8.41E-9	7.7	-	-	-	15.5	55.4	90.3	0.9	4.3	19.0
12.5	12.20	Clay	2.4	2.40E-8	11.7	-	-	-	29.3	81.0	157.1	1.2	5.6	19.0
13	12.80	Clay	1.5	2.76E-9	8.5	-	-	-	9.2	60.5	84.7	0.5	2.5	19.0
18.5	18.30	Clay	2.5	3.75E-9	14.3	-	-	-	25.8	104.2	155.9	0.8	3.7	19.0

Fig.13 - Principali parametri geotecnici derivati nei diversi strati.

Tabular results

.: Layer No: 1 .:		
Code: 1	Start depth: 0.00 (m), End depth: 0.90 (m)	
Description: Very dense/stiff soil		
Basic results	Estimation results	
Total cone resistance: 0.89 ±0.12 MPa	Permeability: 1.81E-06 ±7.54E-06 m/s	Constrained Mod.: 12.14 ±2.15 MPa
Sleeve friction: 65.81 ±24.06 kPa	N ₆₀ : 3.56 ±0.72 blows	Go: 22.26 ±5.82 MPa
Ic: 2.59 ±0.27	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 64.34 ±8.31 kPa
SBT _n : 9	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 5.54 ±2.12
SBTn description: Very dense/stiff soil	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 25.60 ±9.79
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m ³	
.: Layer No: 2 .:		
Code: 2	Start depth: 0.90 (m), End depth: 1.60 (m)	
Description: Clay		
Basic results	Estimation results	
Total cone resistance: 1.39 ±0.39 MPa	Permeability: 9.29E-08 ±8.25E-08 m/s	Constrained Mod.: 19.19 ±5.39 MPa
Sleeve friction: 86.77 ±35.69 kPa	N ₆₀ : 5.83 ±1.44 blows	Go: 37.52 ±9.16 MPa
Ic: 2.69 ±0.15	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 97.89 ±27.50 kPa
SBT _n : 3	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 3.45 ±0.70
SBTn description: Clay	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 15.94 ±3.24
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m ³	
.: Layer No: 3 .:		
Code: 3	Start depth: 1.60 (m), End depth: 3.00 (m)	
Description: Clay		
Basic results	Estimation results	
Total cone resistance: 1.06 ±0.16 MPa	Permeability: 2.37E-08 ±1.99E-08 m/s	Constrained Mod.: 14.28 ±2.21 MPa
Sleeve friction: 65.06 ±26.20 kPa	N ₆₀ : 5.08 ±0.77 blows	Go: 34.88 ±5.42 MPa
Ic: 2.86 ±0.10	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 72.84 ±11.26 kPa
SBT _n : 3	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 1.92 ±0.40
SBTn description: Clay	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 8.89 ±1.83
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m ³	
.: Layer No: 4 .:		
Code: 4	Start depth: 3.00 (m), End depth: 4.20 (m)	
Description: Clay & silty clay		
Basic results	Estimation results	
Total cone resistance: 1.71 ±0.24 MPa	Permeability: 8.87E-08 ±4.41E-08 m/s	Constrained Mod.: 23.03 ±3.38 MPa
Sleeve friction: 57.96 ±13.16 kPa	N ₆₀ : 6.97 ±0.86 blows	Go: 43.13 ±4.98 MPa
Ic: 2.65 ±0.08	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 117.51 ±17.23 kPa
SBT _n : 4	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 2.21 ±0.28
SBTn description: Clay & silty clay	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 10.21 ±1.31
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m ³	
.: Layer No: 5 .:		
Code: 5	Start depth: 4.20 (m), End depth: 6.30 (m)	
Description: Clay		
Basic results	Estimation results	
Total cone resistance: 1.15 ±0.23 MPa	Permeability: 2.09E-08 ±1.34E-08 m/s	Constrained Mod.: 14.36 ±3.79 MPa
Sleeve friction: 39.66 ±17.39 kPa	N ₆₀ : 5.54 ±0.95 blows	Go: 36.73 ±6.72 MPa
Ic: 2.88 ±0.12	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 75.36 ±16.75 kPa
SBT _n : 3	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 1.17 ±0.28
SBTn description: Clay	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 5.40 ±1.30
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m ³	

::: Layer No: 6 :::		
Code: 6 Start depth: 6.30 (m), End depth: 12.20 (m)		
Description: Clay		
Basic results		
Total cone resistance: 1.44 ±0.22 MPa	Estimation results	
Sleeve friction: 66.06 ±18.66 kPa	Permeability: 8.41E-09 ±1.30E-08 m/s	Constrained Mod.: 15.47 ±4.40 MPa
Ic: 3.06 ±0.15	N ₆₀ : 7.68 ±1.01 blows	Go: 55.40 ±8.43 MPa
SBT _n : 3	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 90.29 ±15.66 kPa
SBTn description: Clay	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 0.92 ±0.24
	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 4.25 ±1.13
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m ³	
::: Layer No: 7 :::		
Code: 7 Start depth: 12.20 (m), End depth: 12.80 (m)		
Description: Clay		
Basic results		
Total cone resistance: 2.44 ±0.80 MPa	Estimation results	
Sleeve friction: 102.72 ±35.01 kPa	Permeability: 2.40E-08 ±3.50E-08 m/s	Constrained Mod.: 29.26 ±12.54 MPa
Ic: 2.95 ±0.20	N ₆₀ : 11.74 ±2.52 blows	Go: 81.00 ±13.14 MPa
SBT _n : 3	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 157.07 ±56.85 kPa
SBTn description: Clay	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 1.21 ±0.44
	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 5.59 ±2.04
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m ³	
::: Layer No: 8 :::		
Code: 8 Start depth: 12.80 (m), End depth: 18.30 (m)		
Description: Clay		
Basic results		
Total cone resistance: 1.48 ±0.19 MPa	Estimation results	
Sleeve friction: 49.82 ±17.85 kPa	Permeability: 2.76E-09 ±2.83E-09 m/s	Constrained Mod.: 9.23 ±3.30 MPa
Ic: 3.18 ±0.11	N ₆₀ : 8.52 ±1.00 blows	Go: 60.50 ±8.61 MPa
SBT _n : 3	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 84.70 ±13.62 kPa
SBTn description: Clay	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 0.54 ±0.11
	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 2.50 ±0.51
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m ³	
::: Layer No: 9 :::		
Code: 9 Start depth: 18.30 (m), End depth: 20.00 (m)		
Description: Clay		
Basic results		
Total cone resistance: 2.55 ±0.62 MPa	Estimation results	
Sleeve friction: 133.72 ±56.00 kPa	Permeability: 3.75E-09 ±3.48E-09 m/s	Constrained Mod.: 25.75 ±11.46 MPa
Ic: 3.13 ±0.12	N ₆₀ : 14.27 ±2.95 blows	Go: 104.19 ±24.23 MPa
SBT _n : 3	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 155.90 ±43.80 kPa
SBTn description: Clay	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 0.81 ±0.22
	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 3.75 ±1.03
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m ³	

Tutti i dati della prova CPTU3 ottenuti in campagna quali la resistenza alla punta, l'attrito sul manicotto laterale, la pressione dei pori e l'inclinazione della punta vengono riportati in Allegato n.7.

6.3 - Indagine geofisica MASW.

L'indagine sismica di tipo MASW, eseguita in data 21/12/2021 nel sito d'intervento, ha consentito la determinazione diretta della velocità delle onde trasversali (Onde di taglio - onde Sh/Sv) dei terreni del sottosuolo in esame e dalle quali è stata ottenuta una corretta caratterizzazione della categoria sismica, del sottosuolo dell'area in oggetto.

L'indagine sismica adottata, Masw (in sismica attiva) è stata scelta in funzione delle limitazioni che affliggono in genere misure di onde Sh in metodi a rifrazione tradizionali (come ad es. difficoltà di generazione di onde polarizzate Sh o inversioni di velocità identificabili con difficoltà o valutabili con costosi lunghi ed impegnativi - costosi metodi sismici in foro Cross-Hole e/o Down-Hole).

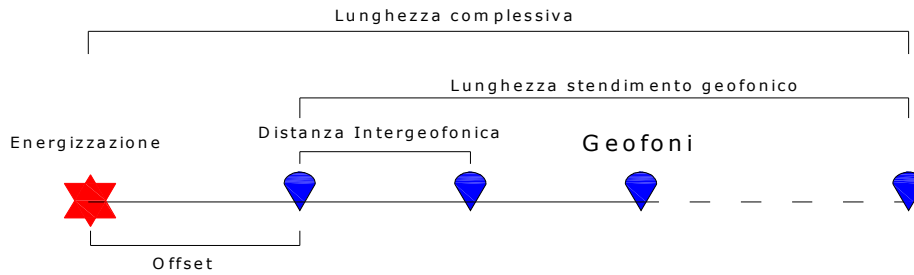
La tecnica sismica (Masw) non invasiva di superficie, è stata ampiamente testata (perfezionata già dal 1999) ed è contemplata fra le indagini per la definizione rigorosa del profilo di vs per caratterizzazione sismica del sito (*NTC-08 e ad es. Lai, Foti e Rota "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione - IUSS Press Eucentre 2009*) e risulta migliore per la caratterizzazione del primo sottosuolo; tecniche basate su utilizzo di registrazioni di microtremiti di origine naturale e/o antropica (tecniche passive) possono caratterizzare infatti il sottosuolo più in profondità, diverse decine sino alle volte anche a centinaia di metri (*Lai et alii - IUSS Press Eucentre 2009*) ma con minor risoluzione per la zona prossima alla superficie che invece più ci interessa.

Inoltre diversi autori (*Lachet e Bard 94, Bard 99, De Ferrari et alii - Università studi di Genova 2008*) per terreni alluvionali quali quelli in oggetto, segnalano che sistemi d'acquisizione in sismica passiva, sono poco idonei, in quanto l'utilizzo di tecniche passive, è possibile o consigliabile nel caso di:

- intenso "rumore antropico" (che impedisce o maschera l'acquisizione dei dati in sismica attiva)
- discreto contrasto di impedenza sismica ($>2,5-3$) fra il substrato (sismico) ed il materasso alluvionale sovrastante
- è importante l'interramento del sensore sismico passivo (per migliorare l'accoppiamento sensore-terreno), quindi altri autori (*Konno e Ohmachi 98, Bard 99, Bindi et alii 2000, Parolai et alii 2002*) consigliano di evitare terreni caratterizzati da: erba, fango, terreno saturo, neve, ghiaccio, materiali incoerenti in superficie (ghiaia, ciottoli, quindi piazzali rilevati ecc.), coperture artificiali con piastrelle, superfici sintetiche, parquet ecc.

La Base Masw eseguita in data 20/12/2021 (Fig.14), per le possibilità operative presenti in corrispondenza del sito di intervento, presenta (Compreso il punto di shot) la con geometria come sotto indicato:

➤ Numero geofoni	24
➤ Spaziatura geofoni	2,0 m
➤ Lunghezza stendimento geofonico	46,0 m
➤ Distanza punto di shot da ultimo geofono (offset)	2 m
➤ Lunghezza complessiva	48,0 m



Con la tecnica Masw (indagine sismica non invasiva di superficie) si ottiene una modellazione del sottosuolo, basandosi sulla propagazione delle onde di Rayleigh, oggi realizzata mediante approcci multi stazioni, che risultano robusti ed efficienti (Foti, 2000; Lai e Wilmanski, 2005) rispetto ai primi approcci del metodo, che si basavano essenzialmente su 2 ricevitori (Prova Sasw - Stoke et al., 1994).

Queste prove (masw-sasw) sfruttano la proprietà della dispersione geometrica, che rende la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh (V_R) dipendente dalla frequenza di eccitazione in mezzi verticalmente eterogenei.

L'onda di Rayleigh costituisce un particolare tipo d'onda sismica ed è facilmente individuabile in quanto ha una velocità differente dai treni d'onda delle onde P ed S risultando più lenta anche di queste ultime (Fig.15), con una velocità di propagazione $V_R \approx 0,9 \div 0,96 V_s$ (da V. Socco Lab. Geofisica Appl. Dip. Ing Territorio Politecnico di TORINO).



Fig.14 - Piazzamento MASW.

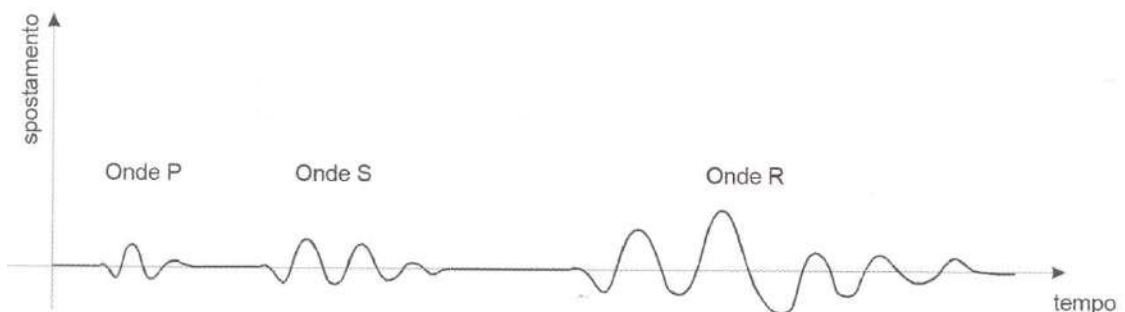


Fig. 15 - sismogramma che evidenzia l'arrivo distinto di onde P, S e di Rayleigh (da Crespellani e Facciorusso "Dinamica dei terreni").

L'onda di Rayleigh si trasmette infatti sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo ed è il risultato dell'interferenza e della combinazione d'onde sismiche di pressione (P-waves) e onde di taglio polarizzate verticalmente (Sv-waves).

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione (piccolo sisma) e nel registrare le vibrazioni prodotte sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

Il profilo di Vs viene determinato attraverso la soluzione di un problema matematico di inversione della curva di dispersione (V_R in funzione della frequenza).

In un mezzo reale stratificato avviene una dispersione delle onde prodotte; in altre parole, una deformazione del treno d'onda, dovuto alla variazione della velocità di propagazione, con la frequenza, che varia in relazione alle caratteristiche di "rigidezza" di ogni singolo strato.

Gli elementi a bassa frequenza penetrano quindi più in profondità, con velocità di fase in genere più alta, rispetto alle componenti ad alta frequenza. Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, visualizzato dai grafici **V(fase)/f(frequenza)**, tramite programmi di elaborazione, è convertito in profili **Vs / profondità**.

6.3.1 - Caratteristiche attrezzatura

La prospezione geofisica per le stese sismiche multicanale di superficie, è stata eseguita utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, della P.A.S.I. mod. 16SG24, utilizzando un sistema di energizzazione come sotto descritto:

sismica di superficie: energizzatore sismico di superficie con utilizzo di mazza da 5 Kg su piastra in acciaio ad innesco manuale.

Le specifiche tecniche dello strumento sono:

-processore:	Pentium 200 MMx Intel,
-Trattamento dati:	Floating Point 32-Bit,
-Ambiente operativo:	Windows 3.11,
-Canali:	24
-Display:	VGA colori LCD_TFT 10,4"
-Supporto memorizz.:	Hard Disk 2,1 Gb
-Risoluzione acquisizione:	6/24 bit
-Sonde ambiente interne:	temperatura, umidità relativa
-Formato dati:	Pasi (.osv) e SEG-2 (.dat),
-Durata acquisizioni:	Rifrazione, 32÷2048 ms Riflessione, 32÷16384 ms,
-Tempi campionamento:	da 16 µs a 2 ms
-Filtri digitali:	Passa alto (25÷400 Hz) Passa Basso (100÷250 Hz) Notch (50÷180 Hz)
-Attivazione filtri:	in acquisizione o manualmente
-Trigger:	inibizione impulsi dovuti a rimbalzi

- Ricevitori – 24 geofoni da 4,5 Hz collegati in serie da due cavi con lunghezza 33 m l'uno.
- Sorgente impulsiva: mazza battente da 10 Kg con piastra metallica 15x15 cm su cui battere, da disporre sul terreno.
- Bindella metrica per posizionare i ricevitori

Importanti funzioni dello strumento sono:

- *possibilità di sommatoria, con/senza previsualizzazione totale/parziale*
- *marker fisso o dinamico*
- *Auto Gain Control*
- *Delay Time*
- *Pre e post trigger*
- *Noise monitor*
- *Trace size automatica o manuale per ogni canale*

Successivamente, dopo aver computerizzato i dati con un programma specifico, è stato possibile rivedere i segnali e quindi eventualmente filtrarli od amplificarli per una più corretta acquisizione dei tempi d'arrivo.

La velocità di propagazione delle perturbazioni, indotte energizzando il suolo con i sistemi suddetti, dipende dalle caratteristiche meccaniche di un determinato litotipo ed in particolare dai moduli elastici di: Young, Poisson, d'incompressibilità, di rigidità e dalla densità.

6.3.2 - Prospezione MASW onde di Rayleigh.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate (Fig.16).

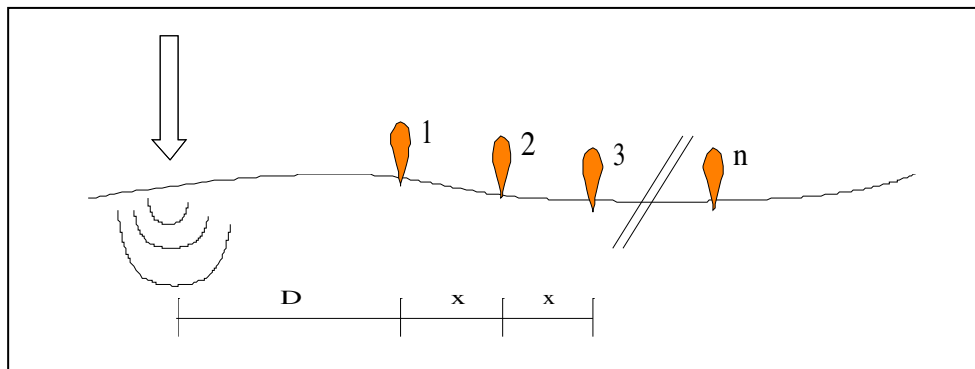


Fig. 16 - Schema acquisizione multicanale.

Con tale tecnica si ottiene una modellazione del sottosuolo, tramite l'analisi delle onde di Rayleigh che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie, che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza e della combinazione di onde sismiche di pressione (P-waves) e onde di taglio polarizzate verticalmente (Sv-waves).

In un mezzo stratificato si verifica una dispersione delle onde prodotte cioè una deformazione del treno d'onda, dovuto alla variazione di propagazione di velocità, con la frequenza.

Le componenti a frequenza minore penetrano quindi più in profondità con velocità di fase in genere più alta, rispetto alle componenti a frequenza maggiore.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh è visualizzato tramite grafici V (fase) / frequenza, e convertito tramite calcoli e programmi appropriati in profili V_s / profondità.

Si ottiene quindi una dettagliata ricostruzione della distribuzione nel sottosuolo, della velocità delle onde S , anche se sono possibili leggere incertezze nella determinazione ($<10\div 20\%$), in particolare quando la stratigrafia è completamente sconosciuta.

L'interpretazione delle tecniche di rilievo sismico MASW traggono spunto dalle prime tecniche studiate da Nazarian e Stokoe (1984) che per primi hanno presentato il metodo SASW che utilizzava una sorgente di impulso e 2 soli sismometri di rilevazione (1 Hz) con spaziatura da 1 sino a 500 m.

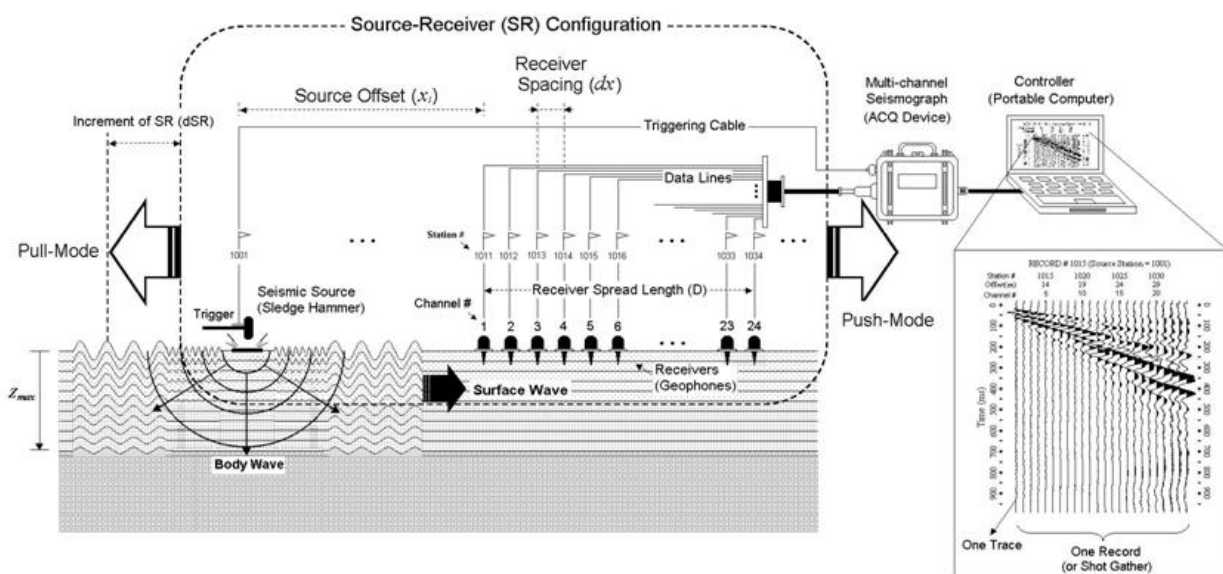
Tale tecnica risultava però poco significativa in ambienti rumorosi o nel caso di treni d'onda di pressione molto energetici che quindi coprano gli arrivi delle onde di Rayleigh.

A tale scopo Park et Alii (1999) hanno sviluppato il metodo MASW, per sopperire in parte alle difficoltà di applicazione della tecnica Sasw in alcune situazioni.

La differenza principale è l'utilizzo simultaneo di 24 geofoni (sismometri polarizzati verticalmente con frequenza di 4 Hz) per consentire di ricavare numerosi profili di velocità V_s , ottenuti dallo studio delle velocità di fase, dei numerosi treni d'onda di Rayleigh, che sono registrati ai sismometri.

I geofoni sono spazati in genere da 0,5 a 4/5 m (in funzione come sopra ricordato del sistema di energizzazione) e forniscono una ridondanza statistica delle misure delle velocità di fase, avvalorandone quindi la veridicità (rispetto al metodo Sasw che si basava solo su 2 geofoni).

Le tracce dei sismogrammi, possono essere salvate nel dominio temporale, permettendo quindi di distinguere ed evidenziare (nel record di registrazione) le onde di Rayleigh, caratterizzate da elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta si ripartisce nelle onde di Rayleigh).



Dal sismogramma tramite una trasformata (Fourier) si ottiene lo spettro nel dominio, frequenza (f) – numero d’onda (k), e da quest’ultimo, dall’analisi cui corrispondono i massimi spettrali (senza trascurare i modi superiori se presenti) si può risalire alla curva di dispersione (cioè un grafico ampiezza/frequenza) mediante la relazione:

$$V_R(f)=f/k.$$

che consente di individuare il segnale proprio, relativo alle onde superficiali di Rayleigh, che interessano tale metodologia.

Il processo iniziale di individuazione della curva di dispersione caratteristica del sito in esame è ottenuto tramite il software (Masw-Esac ver. 4.0.0.2 (c) Vitantonio Roma. All rights reserved), e verifica con **SWAN** (vers. 2008) seguito poi da una fase di elaborazione-interpretazione, tramite “analisi spettrale”.

Si procede sostanzialmente nella risoluzione del cosiddetto problema inverso: a partire dalla curva di dispersione misurata in situ, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici, secondo il seguente schema:

- Concatenazione dei file contenenti i record di registrazione in situ.
- fase di pre-processing per “ottimizzare” i record stessi in modo da migliorare la qualità dell’interpretazione cioè eventuale filtraggio o “pulizia” dei dati grezzi.
- Passaggio dal sismogramma al dominio spettrale mediante trasformata FK.
- Analisi spettrale mediante Picking dei punti dello spettro, per ottenere la curva di dispersione sperimentale; la procedura consiste nel trovare per ogni frequenza dei massimi assoluti/relativi dello spettro FK, finalizzata alla individuazione del modo fondamentale di propagazione dell’onda (ovvero quello a velocità minore), senza trascurare (analisi multimodale) di ricercare anche eventuali modi superiori (se presenti).
- Estrazione curva di dispersione sperimentale mediante la procedura sopra indicata dallo spettro FK.
- Inversione: tale procedura è avviata allo scopo di ottimizzare un modello stratigrafico che sia relativo e sovrapponibile alla curva di dispersione sperimentale propria del sito; in tale procedura il programma SWAN utilizza una tecnica di inversione lineare tipo OCCAM che presenta il vantaggio di minimizzare l’errore quadratico medio tra dati sperimentali e dati teorici. In linea generale come in gran parte dei processi di inversione (definiti “try and error”) l’inversione viene fermata quando un determinato parametro, definito ϵ (cioè la differenza fra dato osservato e dato calcolato) è in genere $< 2-3\%$. L’inversione OCCAM, utilizzando differenze quadratiche medie, da risultati ancora migliori, di un’inversione lineare classica, dato che quando si raggiunge lo stop dell’inversione (ϵ_{MIN}) cioè un valore percentualmente molto piccolo, la sovrapposizione delle curve è davvero molto buona.
- Fase di ottimizzazione e di taratura della curva teorica, realizzata contestualmente alla procedura d’inversione, con inserimento (eventuale) di strati sino ad un max di 30, assegnazione di moduli di Poisson e taratura dello spessore degli strati mediante confronto con prove dirette (prove penetrometriche, stratigrafie di sondaggio, colonne di perforazioni di pozzi ecc.) ed eseguendo ulteriori processi di inversione allo scopo di raffinare il risultato ottenuto, cioè una curva di dispersione teorica finale molto ben sovrapposta a quella sperimentale.

L'obiettivo finale è l'ottenimento di un profilo verticale delle Vs, minimizzando le imprecisioni (risultati random), ottenendo quindi un modello finale ad elevata attendibilità e mediante le tarature apportate, fortemente rappresentativo, del reale profilo Vs/profondità del sito in analisi, come d'altronde suggerito anche da ricercatori in ambito geofisico (es. Dal Moro et alii Gruppo Esplor. Geofisica - Dip. Geol e Scienze Marine Univ. Trieste *"cosa migliore è confrontare lo spettro di velocità osservato, con le curve teoriche di dispersione di un modello che riteniamo plausibile per l'area sotto esame."*).

6.4 - Indagine geofisica ESAC.

Le vibrazioni ambientali (o rumore sismico ambientale o microtremiti) oltre che per le misure HVSR possono essere utilizzate anche i rilevamenti con antenna sismica conosciute come prove ESAC (fig.17).



Fig.17 - Piazzamento ESAC linea Y (da W a E).

I movimenti del terreno che interessano queste tecniche passive, sono caratterizzati da ampiezze dell'ordine di 10^{-4} – 10^{-2} mm.

Queste vibrazioni sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti agenti a diverse frequenze: onde marine e perturbazioni atmosferiche, ad esempio, contribuiscono al campo d'onda prevalentemente a frequenze inferiori a 0,5 Hz; vento, traffico veicolare e attività industriali contribuiscono prevalentemente a frequenze superiori a 0,5 Hz.

Se da un lato il carattere stocastico del fenomeno presenta difficoltà di tipo teorico, dall'altro consente, mediante operazioni di tipo statistico, di ridurre la complessità dell'analisi.

Dato che il rumore è caratterizzato da lunghezze d'onda anche molto grandi (decine o centinaia di metri), confrontabili con quelle tipiche dei fenomeni sismici, le tecniche di sismica passiva possono trovare applicazione negli studi della risposta sismica locale, e possono arrivare a determinare profili di velocità delle onde S fino a profondità dell'ordine anche di diverse decine di metri.

La configurazione di tale rilievo è quello definito appunto ad antenna sismica (array), con cui vengono analizzati i rapporti di fase tra i treni d'onda che attraversano un'antenna sismica (array) ovvero una distribuzione di sensori disposti con geometrie variabili sulla superficie del terreno (a L a X a Triangolo, quadrato, cerchio ecc. secondo le possibilità operative).

Tra le configurazioni ad antenna sismica (array), è stata utilizzato il metodo d'indagine Esac (Aki 1959) che si basa sul principio secondo il quale la funzione di correlazione media fra le registrazioni di un rumore isotropo, effettuate su sensori verticali distribuiti in diverse direzioni a parità di distanza r da un sensore centrale, ha una forma nota (funzione di Bessel di ordine 0).

La forma di questa funzione di Bessel ad una data frequenza ed una data distanza r è controllata dal valore della velocità di fase.

Nella indagine eseguita sono state utilizzate delle configurazioni geometriche 2D e spaziature variabili tra i sensori, inoltre per migliorare la definizione della curva di dispersione, sull'asse X dell'array Esac, è stata eseguita in sovrapposizione una stesa Masw per consentire di ottenere dettaglio nei valori di propagazione delle V_s negli strati più prossimi alla superficie.

Il risultato finale del metodo Esac (accoppiato a Masw oppure a Remi) è una curva di dispersione effettiva più accurata che rappresenta una combinazione delle diverse curve modali "pesate" in base al loro specifico contenuto energetico del sito, il reale vantaggio deriva dalla possibilità, utilizzando più tecniche accoppiate (es. Masw-Esac come per il caso in esame) di "prolungare" la curva di dispersione e quindi di ottenere dati anche in profondità.

Geofono	X [m]	Y [m]
1	0	110
2	0	90
3	0	70
4	0	50
5	0	30
6	0	10
7	5	0
8	20	0
9	40	0
10	60	0
11	80	0
12	100	0

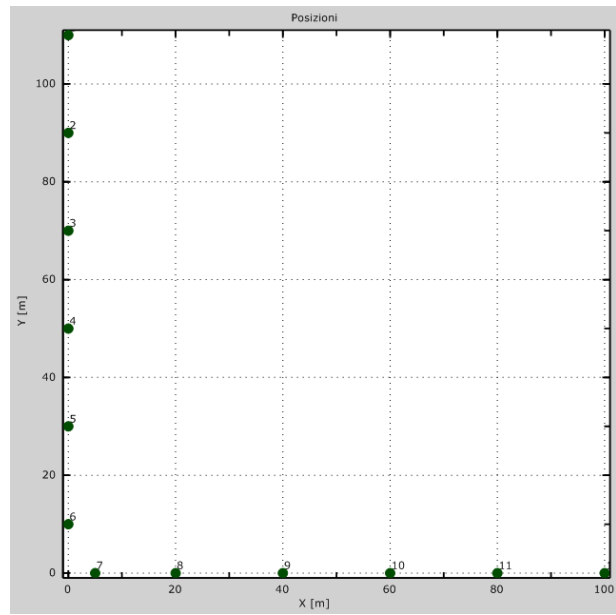
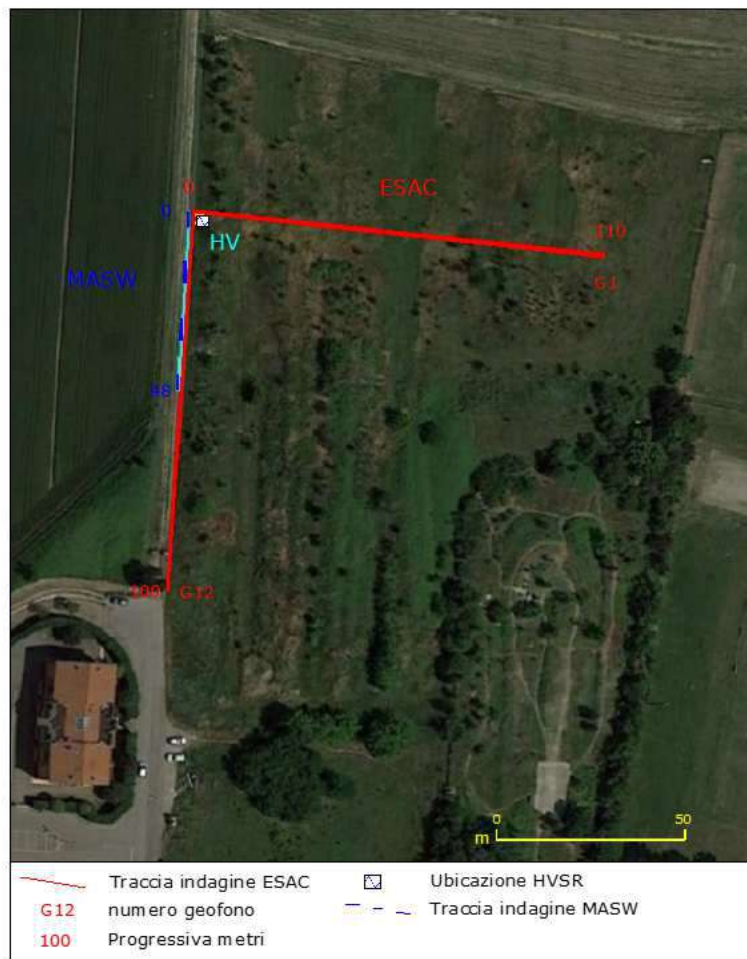


Tabella posizioni dei geofoni ESAC

Schema Geofoni ESAC

Ubicazione indagini



6.5 - Indagine geofisica di tipo passivo a stazione singola HVSR (Tromino®).

Per l'acquisizione dei dati di microtremore sismico (misura HVSR), cioè la misura della frequenza caratteristica del sito e quindi la determinazione dello spessore della coltre superficiale, è stato utilizzato uno degli strumenti più diffusi per l'acquisizione di dati in sismica passiva a stazione singola, denominato "TROMINO®", certificato e coperto da brevetto internazionale.

Al fine di determinare le eventuali frequenze fondamentali di vibrazione dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame è stata eseguita, in data 20/12/2021, una registrazione di microtremori mediante tromografo digitale nella posizione come in Allegato n.4.

Tale strumentazione appositamente progettata e costruita da Micromed S.p.A., rappresenta la nuova generazione di strumenti digitali per la misura al alta risoluzione del rumore sismico ambientale ed anche per la misura di vibrazioni antropiche, indotte su strutture (norma DIN 4150 e UNI 9916).

Tecnicamente è un sismografo appositamente studiato per il rilievo del microtremore sismico, nell'intervallo di frequenze fra 0,1 e 512 Hz, mediante l'impiego di masse strumentali molto ridotte, con una struttura rigida non risonante e costruita con materiali non diffrangenti.

I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore e dinamica ≥ 23 bit.

Queste caratteristiche strumentali consentono un'elevata accuratezza nella misura dei dati, maggiore di 10^{-4} , sulle componenti spettrali maggiori/uguali a 0,1 Hz.

Il rumore, convenzionalmente suddiviso in microsisma (frequenze < 1 Hz, sorgenti naturali lontane) e microtremore (frequenze > 1 Hz, sorgenti antropiche locali) è costituito sia da onde di volume (onde P e onde S) sia da onde superficiali in proporzione variabile.

Il microsisma è prevalentemente costituito da onde di Rayleigh mentre il microtremore oltre alle onde di volume contiene sia onde di Love sia onde di Rayleigh.

I metodi che si basano sull'acquisizione del rumore sismico si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio nella sismica attiva.



Fig.18 - Piazzamento HVSR.

Nel tragitto dalla sorgente “s” al sito “x” le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamento per fenomeni di guida d’onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l’informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di “ray tracing”, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

Questa informazione è però “sepolta” all’interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

La tecnica maggiormente sfruttata per lo studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale e conosciuta come HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Praticamente si tratta di installare solidalmente al suolo il Tromino® (Fig.18) e di misurare il tremore sismico, con durata di registrazione adeguata alla frequenza minima di interesse per il sito in analisi.

Per l’area in esame s’ipotizza di misurare la frequenza della coltre sedimentaria, di copertura del bedrock sismico (quindi con spessore massimo ipotizzabile non superiore a 300 m), quindi nel nostro caso delle strutture geologiche sepolte dalla coltre alluvionale della Pianura Padana, (quindi con spessore max ipotizzato non superiore a 300 m), da ciò ne deriva una stima (in prima approssimazione) della frequenza dell’ordine di circa 0.5 Hz, che equivale ad un periodo $T = 2$ sec.

Pertanto per poter “osservare” e registrare con Tromino® queste frequenze, si tratta di mantenere in acquisizione lo strumento per una durata minima teorica di almeno 2 sec.

Poiché poi il metodo si basa su tecniche di risoluzione spettrale elevata, il segnale viene acquisito su finestre temporali di almeno 10 volte più lunghe.

E’ opportuna, ed indispensabile, anche una ridondanza statistica (30-40 ripetizioni), che consente di mediare opportunamente le registrazioni, per evitare di interpretare rumori “locali” random.

In sintesi, per ottenere un’acquisizione di rumore sismico (microtremore) a scopi stratigrafici anche profondi, si devono quindi analizzare dati con durata di acquisizione minime di 15 minuti per il terreno.

Tale strumento è in grado di acquisire il rumore sismico, presente ovunque sulla superficie terrestre, e che risulta generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall’attività antropica oltre che, ovviamente, dall’attività dinamica terrestre.

In breve la metodologia dei rapporti spettrali H/V permette di valutare la variazione di ellitticità dell’onda di Rayleigh in funzione della frequenza, permettendo così di ricavare la frequenza fondamentale di un sito.

Tale parametro risulta essere legato alla presenza di una superficie di discontinuità con un sufficiente contrasto di impedenza sismica.

Il valore del picco rilevabile dalla curva H/V risulta essere inversamente proporzionale alla profondità dell’interfaccia e direttamente proporzionale alla velocità di propagazione delle onde S dei materiali sovrastanti l’interfaccia mediante la relazione:

$$f_0 = \frac{V_s}{4H}$$

Questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo, insieme ad una stima delle velocità che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Il risultato della acquisizione eseguita nel sito in esame è quindi analizzato mediante il codice di calcolo "Grilla" (appositamente sviluppato da Micromed), che consente di archiviare, analizzare e permettere la revisione del segnale misurato in sito.

Tale software consente di realizzare approfondite analisi spettrali di base e procedure per analisi HVSR secondo procedure codificate dal progetto di ricerca SESAME (2005).

I passi principali sono:

- uso di strumentazione certificata e/o verificata da opportune commissioni (tecnico - scientifiche).
- analisi dettagliata dello spettro di Fourier delle componenti verticali del segnale per individuare ed eliminare componenti "monocromatiche" (possibile rumore antropico).
- eliminare (in genere la sequenza completa è di suddividere l'acquisizione in sottofinestre di 20 sec) le sottofinestre con contenuti TRANSIENTI, cioè le porzioni di segnale contenenti transienti legati a sorgenti vicine al sensore (cioè passi o passaggi di autoveicoli).
- calcolo H/V per ogni sottofinestra selezionata mediante:
 - eliminazione segnale di eventuali offset
 - calcolo spettri di Fourier
 - Smoothing degli spettri Fourier per minimizzare effetti d'instabilità numerica del computo dei rapporti, ottimizzando caso x caso la % di smoothing, per evitare di alterare le caratteristiche dello spettro intrinseco e quindi della curva H/V che ne deriva.
 - Calcolo delle curve H/V in componente N-S - E-O – verticale
 - Stima del valore medio dei rapporti spettrali per ciascuna sottofinestra e definizione deviazione standard
 - Identificazione curve H/V dei picchi statisticamente più significativi e stima indice di affidabilità da opportuni test statistici che permettono di definire l'affidabilità della curva H/V ed identificare il picco più significativo su criteri quantitativi.
 - Se l'acquisizione viene eseguita in diverse condizioni l'acquisizione: es. esecuzione in diverse ore del giorno, diverso processing dei dati, diverse condizioni atmosferiche ecc., i risultati della curva H/V devono risultare paragonabili.

Importante è comunque sottolineare che quando si considerano eccitazioni intense (come in caso di sisma) e si voglia tenere conto in maniera realistica del comportamento non lineare del terreno, i valori max della funzione di amplificazione e le frequenze di risonanza, possono risultare frequentemente anche notevolmente inferiori a quelle determinate in base alle supposizioni semplicistiche che tengono

conto di ipotesi di comportamento lineare, poiché l'energia di eccitazione del suolo viene in parte spesa in attrito interno e in deformazioni permanenti.

- Strumentazione impiegata.

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state effettuate mediante tromografo digitale della Micromed S.p.A. "Tromino", il quale permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo e non intrusivo sia il pre-processing dei dati.

È costituito da tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali (N-S, E-W e in senso verticale) con autobloccaggio in fase di non acquisizione.

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

Le principali note tecniche di questo tromografo digitale sono di seguito esposte:

NOTE TECNICHE

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

I risultati dell'analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti col software Grilla in dotazione a TROMINO.

In sintesi, il segnale dei velocimetri è acquisito in ciascun sito per un tempo t (20 min), e digitalizzato a 24 bit.

Il software Grilla, per ciascuna delle 3 componenti del moto:

1. divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 30 s),
2. elimina il trend da ciascuna finestra,
3. ne fa il "taper" con una finestra Bartlett,
4. fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero,
5. calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra,
6. calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra,
7. liscia lo spettro di ogni finestra secondo la funzione di lisciamento f, e calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.

Per produrre l'HVSR finale le componenti orizzontali sono mediate tra loro con la media quadratica e vengono poi divise per la componente verticale.

Tutti i grafici presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con lisciamento secondo finestre triangolari con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale.

- Interpretazione dei risultati e conclusioni.

Il risultato dell'elaborazione è il grafico del "Rapporto spettrale orizzontale su verticale" che mette in evidenza (se presenti) picchi di amplificazione del segnale ($HVSR \gg 1$) dovuti alla presenza nel sottosuolo di contrasti di impedenza sismica fra gli strati che inneschino amplificazioni del segnale sismico.

Il valore finale del HVSR in funzione della frequenza espresso nel grafico è indicato da una linea rossa che indica la media RMS delle componenti orizzontali rispetto alle verticali, mentre l'intervallo di confidenza (95%) relativo all'ampiezza HVSR è dato dalle linee nere sottili.

In figura 19 è riportato l'andamento del rapporto H/V ottenuto su tutto l'intervallo di frequenze analizzate (0-64 Hz).

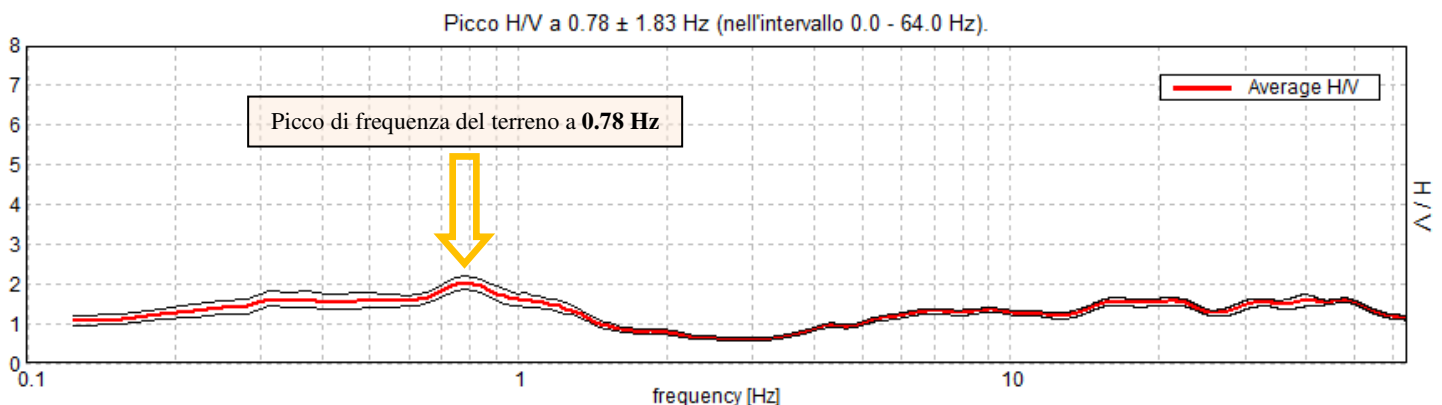


Fig. 19 - Registrazione suolo

L'elaborazione ha permesso l'individuazione di **un picco principale di risonanza collocato alla frequenza di 0.78 Hz** che risulta essere associabile a un contrasto di impedenza sismica presente ad una profondità di 140 m in corrispondenza di una discontinuità stratigrafica.

Procedendo verso le frequenze più alte il rapporto H/V si mantiene quasi costantemente pari a 1, ad eccezione del tratto tra 2 e 5 Hz in cui è presente una inversione delle velocità, mostrando pertanto un aumento graduale delle velocità sismiche con la profondità e non evidenziando comunque picchi secondari di natura stratigrafica.

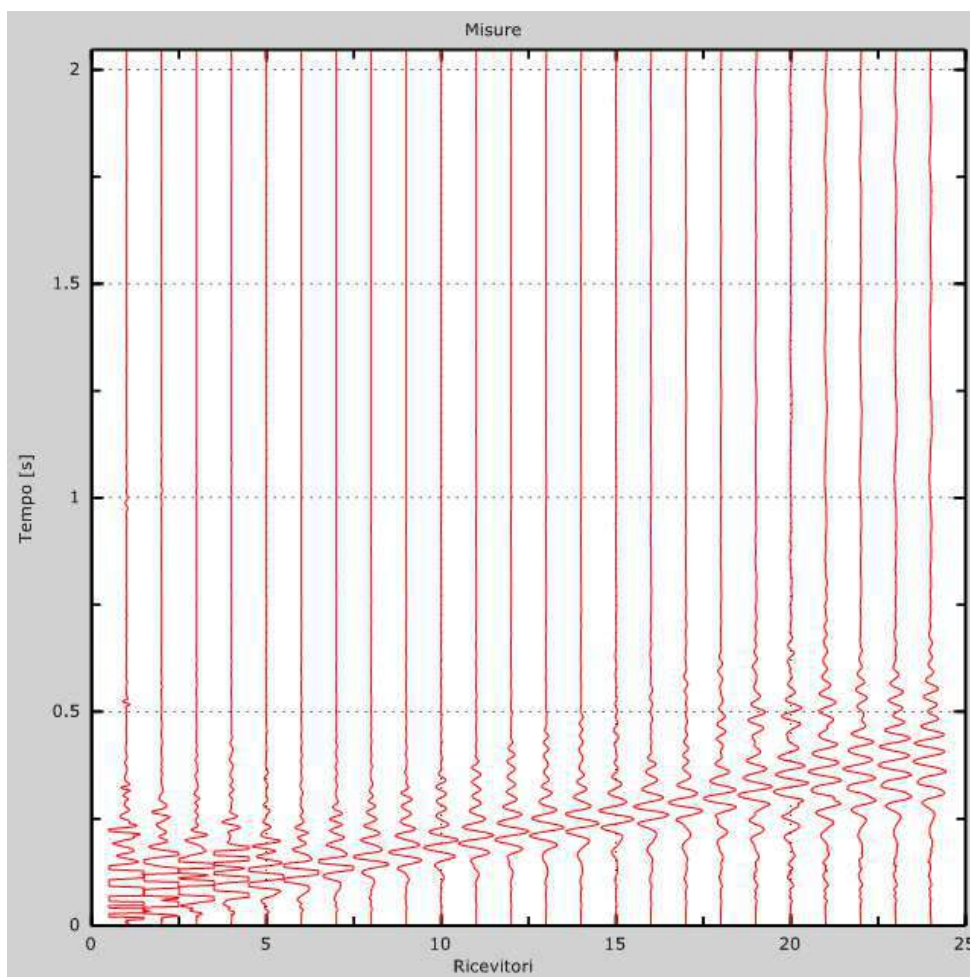
In allegato n.9 viene riportata le scheda della registrazione.

7. Interpretazione dati acquisiti attraverso tutte le indagini geofisiche.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (come previsto da art. 3.2 del DM 17-01-18) sono stati esaminati i dati ottenuti dalle prospezioni sismiche di superficie.

L'elaborazione dei dati accoppiati Masw-Esac è stato effettuato mediante specifico programma (Masw-Esac ver. 4.0.0.2 (c) Vitantonio Roma. All rights reserved), i dati sono di seguito riassunti:

MASW

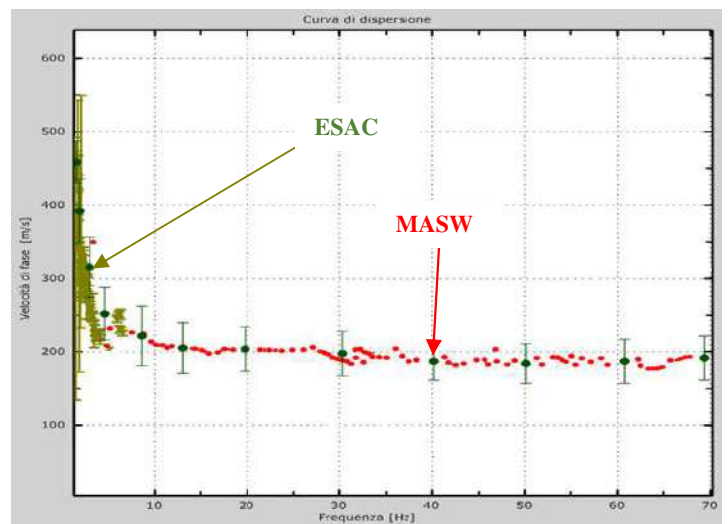
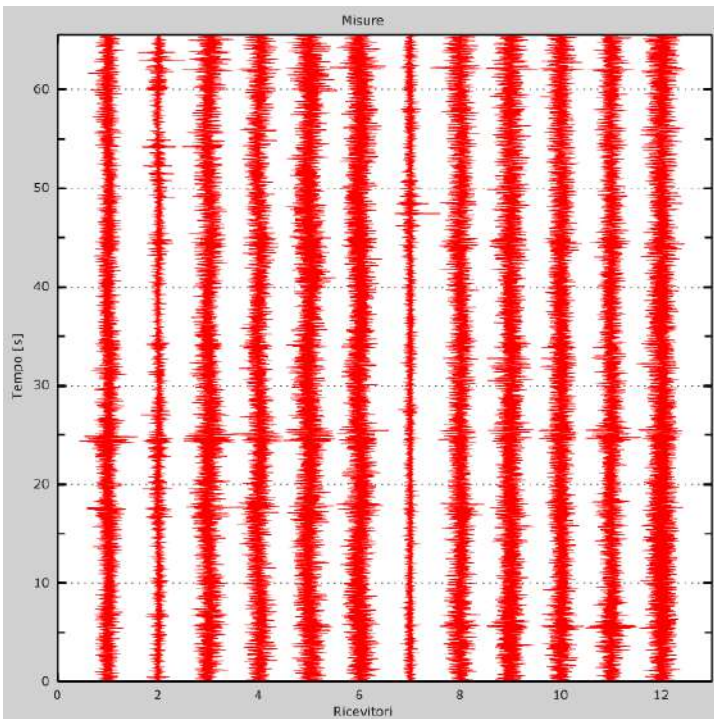


- Tracce sperimentali -

Analisi Masw

Numero di ricevitori	24
Distanza tra i sensori:	2m
Numero di campioni temporali	1048
Passo temporale di acquisizione	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	2047ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

ESAC

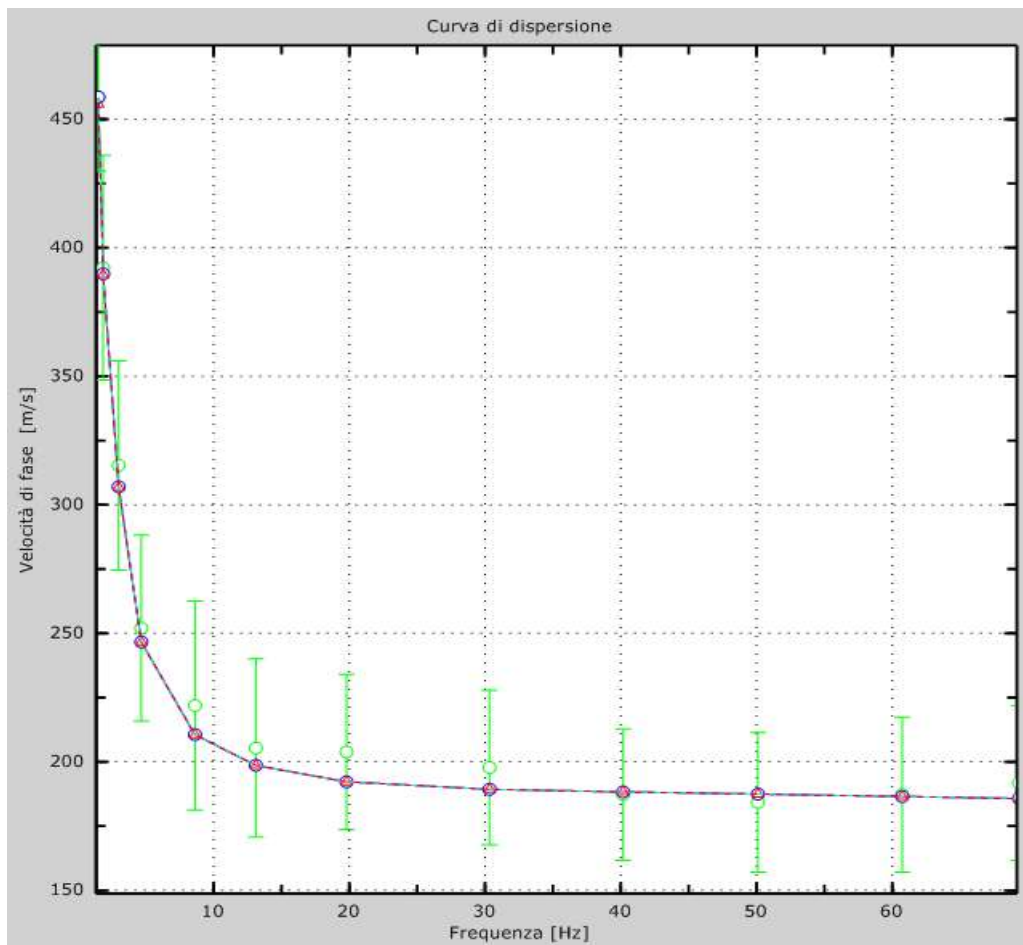


Curva dispersione combinata Masw-Esac.

- Tracce sperimentali -

Analisi ESAC

Numero di ricevitori	12
Numero di campioni temporali	32768
Passo temporale di acquisizione	2ms
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	65534ms
Durata finestra	16s
Sovrapposizione	0s
Lisciamento	0.1
Soglia pulitura	0sqm
Numero di iterazioni	4



Velocità numeriche: punti sperimentali (verdi), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu) e curva numerica (rosso) sovrapposte (ottimo fitting).

Errore tra curva apparente e curva sperimentale 3% Errore tra curva effettiva e sperimentale 3%.

- Interpretazione modello sismico del sottosuolo da analisi combinata Masw-Esac -

Strato n°	Descrizione sommaria stratigrafia	Poisson ν	Densità T/m ³	Prof. m		Spessore strato (m)	Vs m/sec
				da	a		
1	Terreno	0.45	1.80	0	1	1	190
2	Limo Argilloso	0.47	1.85	1	7	6	200
3	A – AL/LA	0.48	1.85	7	19	12	225
4	Sabbia	0.40	1.95	19	24	5	350
5	AL – AL/LA	0.45	1.85	24	40	16	255
6	Sabbia Media	0.38	2.05	40	65	25	445
7	AL – AL/LA	0.40	1.90	65	90	25	360
8	Sabbia	0.33	2.00	90	120	30	520
9	AL – LA e LS	0.38	1.95	120	140	20	390
10	Sabbia medio grossa	0.28	2.10	>140	-	-	800

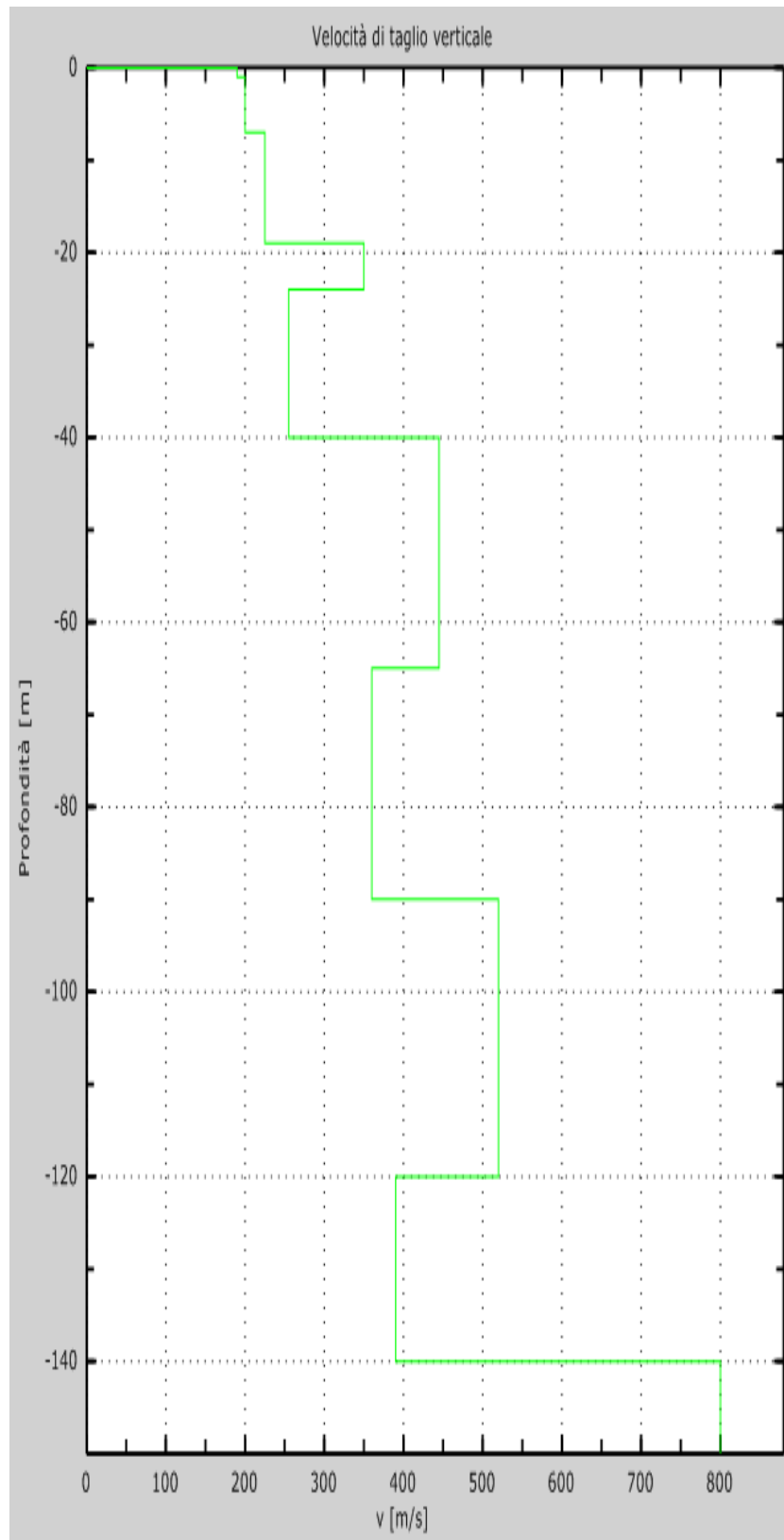


Grafico Vs/profondità.

L'indagine congiunta Masw Esac ha inoltre consentito di valutare la profondità, cui con buona probabilità sono presenti, strati del sottosuolo attribuibili ad un bed rock sismico ($V_s \geq 750/800$ m/s), che è quindi possibile ipotizzarlo a profondità di circa -140 m da p.d.c..

8. Categorie di suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{sh} o per il caso in esame V_{s30}).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (come previsto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018 capitolo 3.2.2) sono stati esaminati i dati ottenuti dalle prospezione sismiche di superficie, in particolare quelli della prospezione MASW, che permette di individuare la categoria di sottosuolo di riferimento, basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio $V_{s,eq}$.

In base a quanto sopra, la classificazione delle categorie dei suoli di fondazione, come da capitolo 3.2.2 (cfr. Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018), ai vari strati sismostratigrafici individuati, è stato associato il valore della velocità V_s direttamente misurate, consentendo di ottenere la V_{s30} , cioè la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo in quanto siamo in presenza di depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La classificazione delle categorie dei suoli di fondazione, come da All. 2 (cfr. Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018), ai vari strati sismostratigrafici individuati, è stato associato il valore della velocità V_s direttamente misurate, consentendo di ottenere la V_{s30} , cioè la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo, dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

Dove: h_i = spessore dello strato i-esimo
 V_{Si} = velocità onde S nello strato i-esimo
N = numero strati considerati

Ottenendo in base ai dati sopra esposti, ed in base a quanto previsto da art. 3.2.2 NTC18, "Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse...", quindi in considerazione che al momento di redazione del presente report, non sono note le quote di incastro delle fondazioni, la valutazione del parametro V_{s30} è "calcolato" a partire da pc e ad una quota di -1,00 m da p.d.c. e quindi senza interrati ottenendo i seguenti risultati:

$V_{s,30} = 237$ m/sec
se calcolata tra p.d.c. e -30,00

$V_{s,30} = 239$ m/sec
se calcolata tra -1,00 e -31,00

In accordo con le norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento degli edifici contenute nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) a cui si farà sempre riferimento di seguito, paragrafo 3.2.2, al terreno di fondazione è possibile associare una:

Categoria del suolo di fondazione di tipo "C"

"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti"

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $V_{s,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
---	--

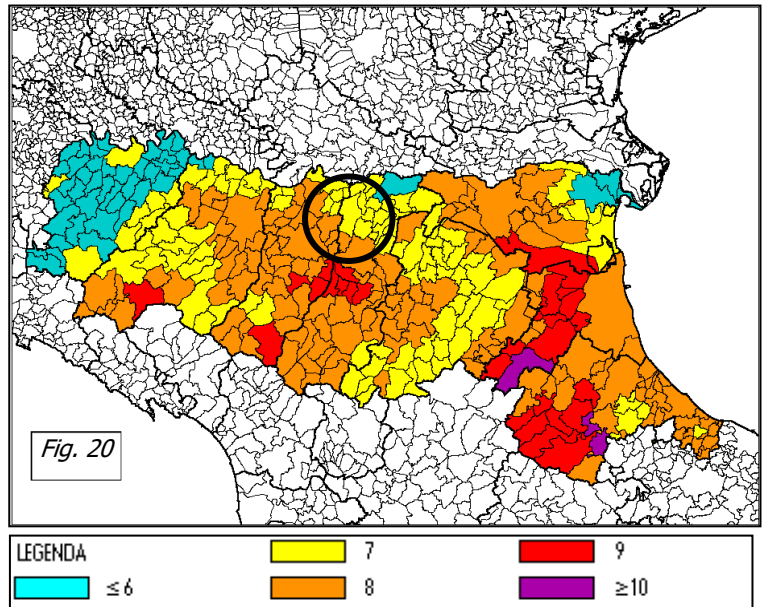
9. SISMICITA' DEL TERRITORIO.

Per quanto concerne gli aspetti sismici in termini macrosismici, il catalogo DOM4.1, database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno, è stato utilizzato, su incarico della Protezione Civile, da Molin et al. (1996) in combinazione con i dati di CFTI (Catalogo dei forti terremoti italiani di ING/SGA - Boschi et al., 1995) per la compilazione della "Mappa delle

massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", di cui in Fig.20 viene riportato un estratto con la situazione della regione Emilia-Romagna.

Da tale figura si desume che il territorio Comunale di Carpi di Modena è caratterizzato da un'intensità macrosismica pari a 7.

Basandosi sul CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI Edizione 2004 denominato CPTI04 e sulla ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 (2004), sono stati individuati e riportati nella tabella seguente i risentimenti storici che hanno direttamente interessato la zona



sismogenetica n° 912 all'interno della quale ricade il Comune di Carpi di Modena.

N	Tr	Anno	M	Gi	AE	Np	Im	Io	T	Lat	Lon	T	Ma	Daw	Mas	Das	Msp	Dsp	T	Ncf	Nnt	Ncp
18	DI	725			Classe-Ravenna	2	85	80		44,400	12,220	A	5,57	0,19	5,40	0,28	5,55	0,28	G	77		18
51	DI	1234	3	20	FERRARA	5	70	70		44,836	11,618	A	5,17	0,30	4,80	0,45	4,99	0,42	G		860	51
53	DI	1249	9	0	Modena	4	75	65	M	44,650	10,930	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G	115	595	53
66	DI	1285	12	13	FERRARA	2	70	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		861	66
90	DI	1345	1	31	CASTELNUOVO	1	55	55		44,810	10,564	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	A		596	90
93	DI	1346	2	22	Ferrara	14	75	75		44,920	11,020	A	5,81	0,24	5,75	0,35	5,75	0,35	G	149	862	93
131	DI	1410	5	9	FERRARA	3	65	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		863	131
139	CP	1425	8	10	FERRARA SUD			60		44,833	11,667		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		864	139
171	DI	1474	3	11	MODENA	12	60	60		44,647	10,925	A	4,89	0,17	4,39	0,26	4,61	0,24	G		601	171
178	DI	1483	3	3	FERRARA	1	55	55		44,836	11,618	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		865	178
179	DI	1483	8	11	Romagna meridionale	14	85	80		44,170	12,230	A	5,67	0,13	5,54	0,20	5,54	0,20	G	197	888	179
207	CP	1508	10	18	FERRARA SUD			60		44,833	11,667		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		866	207
257	DI	1561	11	24	Ferrara	5	65	55	M	44,780	11,450	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	229	867	257
262	DI	1570	11	17	Ferrara	60	80	75		44,820	11,630	A	5,48	0,11	5,27	0,17	5,43	0,16	G	231	868	262
266	DI	1574	3	17	FINALE EMILIA	4	70	70		44,833	11,294	A	5,12	0,22	4,73	0,33	4,92	0,31	G		869	266
282	DI	1591	7	10	FORLI'	6	65	65		44,400	12,038	A	5,24	0,22	4,91	0,32	5,09	0,30	G		832	282
323	DI	1624	3	18	Argenta	17	85	75		44,650	11,850	A	5,43	0,22	5,19	0,32	5,35	0,30	G	243	870	323
362	DI	1660			MODENA	1	55	55		44,647	10,925	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		609	362
374	DI	1671	6	20	RUBIERA	13	70	70		44,709	10,814	A	5,34	0,15	5,06	0,22	5,23	0,20	G		610	374
393	DI	1688	4	11	ROMAGNA	36	90	90		44,390	11,942	A	5,88	0,12	5,85	0,18	5,85	0,18	G	266	834	393
395	CP	1688	8	18	FUSIGNANO			70		44,417	12,000		5,17	0,30	4,80	0,45	4,99	0,42	G		835	395
397	CP	1689	3	15	FUSIGNANO			60		44,417	12,000		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		836	397
416	DI	1695	2	28	FERRARA	1	55	55		44,836	11,618	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G		871	416
521	DI	1743	5	29	FERRARA	1	65	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		872	521
609	DI	1780	2	6	Bolognese	7	65	55	M	44,620	11,320	A	4,85	0,11	4,32	0,16	4,54	0,15	G	323	766	609
612	DI	1780	5	25	RAVENNA	5	65	65		44,417	12,198	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G		890	612
654	DI	1787	7	16	Ferrara	3	65	55	M	44,830	11,620	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	339	873	654
683	DI	1796	10	22	Emilia orientale	26	70	70		44,620	11,670	A	5,63	0,15	5,48	0,23	5,62	0,23	G	352	874	683
703	DI	1806	2	12	NOVELLARA	28	70	70		44,862	10,671	A	5,26	0,16	4,93	0,24	5,11	0,22	A		875	703
717	DI	1810	12	25	NOVELLARA	33	70	70		44,898	10,712	A	5,28	0,10	4,97	0,15	5,15	0,14	A		876	717
791	DI	1831	9	11	Reggiano	24	75	75		44,750	10,550	A	5,48	0,13	5,27	0,19	5,43	0,18	G	378	616	791
803	DI	1834	10	4	Bologna	10	60	55	M	44,600	11,370	A	4,63	0,13	4,00	0,20	4,25	0,19	G	384	768	803
871	DI	1850	9	18	MODENA	7	60	60		44,614	10,965	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		618	871
1174	CP	1891	8	1	LUGO			60		44,417	11,933		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		853	1174
1225	DI	1895	3	23	COMACCHIO	37	65	60		44,684	11,987	A	4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		877	1225
1233	CP	1895	7	3	COMACCHIO			60		44,700	12,183		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	A		878	1233
1287	DI	1898	1	16	Romagna settentrional	73	70	65		44,650	11,770	A	5,03	0,33	4,60	0,49	4,80	0,45	G	452	879	1287
1482	CP	1908	6	28	FINALE EMILIA			60		44,800	11,300		4,83	0,26	4,30	0,39	4,53	0,36	G		881	1482
1499	DI	1909	1	13	BASSA PADANA	799	65	65		44,579	11,688	A	5,53	0,05	5,33	0,08	5,48	0,07	G		882	1499
1729	DI	1922	5	24	CENTO	6	45	35		44,862	11,517	A	4,50	0,14	3,81	0,21	4,07	0,19	G		883	1729
1808	DI	1928	6	13	CARPI	35	70	65		44,797	10,872	A	4,85	0,09	4,32	0,13	4,54	0,12	G		884	1808
2047	DI	1950	5	6	REGGIANO	4	40	40		44,731	10,670	A	4,46	0,14	3,74	0,21	4,01	0,19	G		635	2047

2220	CP	1965	12	18	RUSSI			55		44,400	12,000		4,95	0,09	4,47	0,13	4,68	0,12	G		857	222
2230	CP	1967	4	3	CORREGGIO			55		44,800	10,750		4,71	0,08	4,12	0,12	4,36	0,11	G		886	223
2243	DI	1967	12	30	BASSA PADANA	40	60	60		44,604	11,997	A	5,36	0,08	5,09	0,12	5,26	0,11	G		887	224
2245	CP	1968	1	11	RUSSI			50		44,400	12,000		4,58	0,20	3,92	0,29	4,17	0,27	G		858	224
2263	CP	1969	1	10	RUSSI			55		44,383	12,000		4,63	0,09	4,00	0,13	4,25	0,12	G		859	226
2389	CP	1978	12	5	RAVENNA S.O.					44,383	12,117		4,76	0,13	4,20	0,19	4,43	0,18	G		901	238
2455	DI	1986	12	6	BONDENO	604	60	60		44,879	11,334	A	4,56	0,09	4,30	0,13	4,53	0,12	G		901	245
2456	DI	1987	5	2	REGGIANO	803	60	60		44,797	10,697	A	5,05	0,07	4,79	0,08	4,98	0,08	G		902	246
2509	DI	1996	10	15	CORREGGIO	135	70	70		44,782	10,683	A	5,44	0,18	5,09	0,04	5,26	0,04	G			
2534	CP	2000	6	18	REGGIANO					44,786	10,746		4,46	0,18	4,17	0,18	4,41	0,16	G			

Legenda: N = Numero d'ordine del record

AE = Denominazione dell'area dei massimi effetti

Imx = Intensità massima x 10 (scala MCS)

TI = Codice di determinazione di Io

Lat/Lon = Coordinate epicentrali in gradi sessagesimali-decimali

TL = Codice di localizzazione

Daw = Errore associato alla stima di Maw

Das = Errore associato alla stima di Mas

Msp = Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di Sabetta e Pugliese (1996)

Dsp = Errore associato alla stima di Msp

Ncft = Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2

Ncpt = Numero d'ordine dei record nel catalogo CPTI99

Tr = Tipo di record

Np = Numero dei dati puntuali di intensità disponibili

Io = Intensità epicentrale x 10 (scala MCS)

Anno;Me;Gi = Tempo di origine

Maw = Magnitudo momento

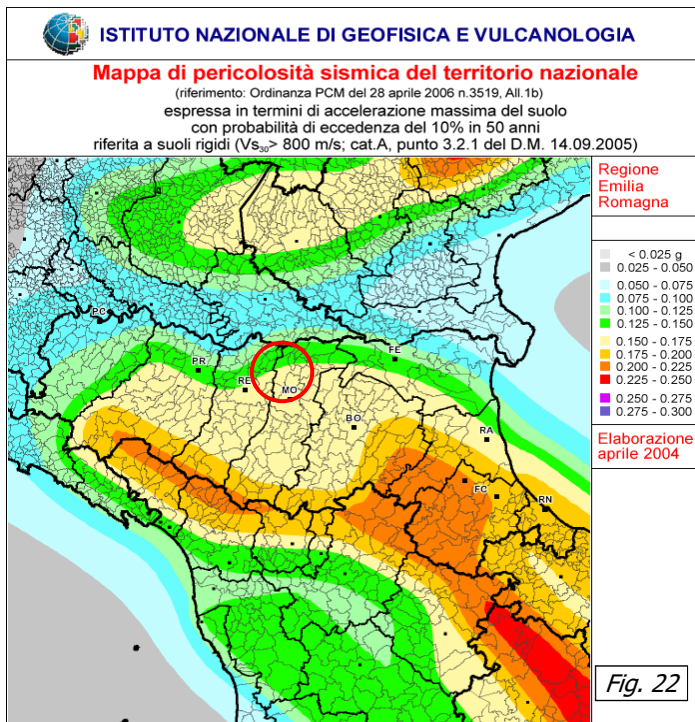
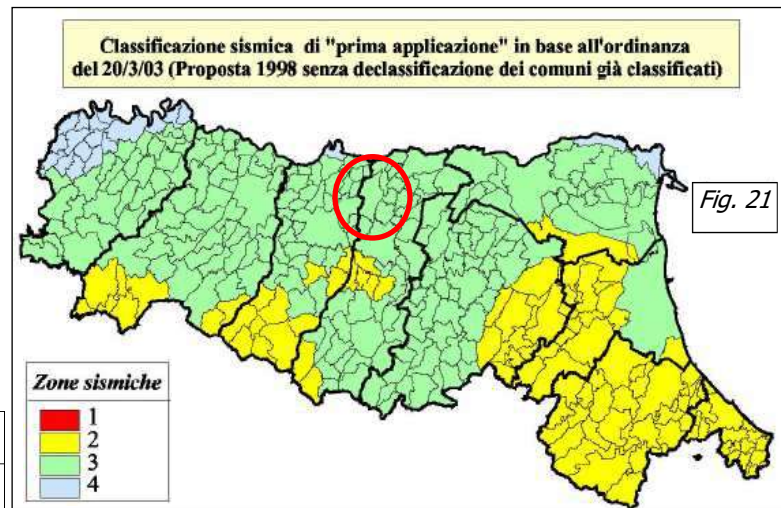
Mas = Magnitudo calcolata sulle onde di superficie

TZ = Codice di assegnazione alla zona sorgente

Nnt = Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1

Nell'alta pianura modenese, come si può vedere nel tabulato, si sono verificati sismi anche di considerevole intensità (IX° della scala Mercalli-Cancani-Sieberg) collegati alla attività tettonica delle strutture del margine appenninico e delle faglie dell'alta pianura.

In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri



del 20 marzo 2003, n. 3274 pubblicata sul Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n° 105 del 08/05/2003 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica), il Comune di Carpi di Modena viene classificato appartenente alla zona sismica 3 (vedi figura 21).

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006, n. 3519 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n°108 del 11/05/2006 (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli

elenchi delle medesime zone), individua i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale.

In figura 22 si riporta un estratto di tale mappa relativo alla Regione Emilia Romagna che mette in evidenza come per il comune di Carpi di Modena sia prevista una accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi, compresa tra 0.150-0.175 g nella parte centro-meridionale del territorio e valori compresi tra 0.125-0.150 in quella settentrionale.

10. ANALISI MONODIMENSIONALE DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL).

Nella contesto della presente relazione, si è quindi predisposto lo sviluppo di un'analisi numerica di Risposta Sismica Locale RSL, descritta nei paragrafi seguenti, che in relazione al suo utilizzo per i futuri interventi esecutivi (previsti per l'area Comparto B36), è stata sviluppata con riferimento normativo alle NTC18 (art. 7.11.3).

Un'analisi di risposta sismica locale (RSL) in campo monodimensionale permette di ottenere l'azione sismica di riferimento, attraverso una funzione di trasferimento, rappresentativa della situazione geologico/strutturale al di sotto del sito in esame dedotta da una campagna di esplorazione sismica del sottosuolo eseguita ad hoc per gli scopi dell'analisi.

La forma della funzione di trasferimento, quindi è funzione delle modalità di trasmissione delle onde all'interno dello strato superficiale (o degli strati che ricoprono il bedrock) ed in particolare alle interferenze che si generano fra queste onde.

Se si considera un basamento rigido ad una determinata profondità, l'onda sismica emergente dal basso rimarrà intrappolata nel livello superficiale di copertura e le onde sismiche intrappolate tendono ad interferire fra loro, se l'interferenza che si genera è positiva, si verifica un'amplificazione delle onde sismiche.

Le analisi di RSL richiedono quindi l'adozione di:

1) un modello geometrico: profilo geologico, tenendo conto di eterogeneità della stratificazione (livelli distinguibili secondo le proprietà fisico-meccaniche), morfologia superficiale (effetto topografico) e/o sepolta (andamento-profondità del substrato rigido);

2) un modello meccanico: comportamento dei terreni di copertura, ottenuto mediante apposite indagini od applicazione (da banche dati) di densità, parametri di deformabilità (G/G_0 e D);

3) un modello numerico: per simulare la risposta del sottosuolo al terremoto di riferimento applicato al bedrock e di restituirne la risposta in superficie in termini di accelerogrammi e spettri di risposta.

Per lo studio di RSL è stato adottato il codice di calcolo Shake/Shake91 il quale agisce secondo un approccio semplificato di tipo visco elastico-lineare equivalente.

Il modello utilizzato dal codice di calcolo schematizza il terreno in N strati piani e paralleli, di estensione orizzontale presupposta infinita, su un semispazio rigido o semirigido (bedrock).

Ogni strato, considerato omogeneo ed isotropo, e caratterizzato dallo spessore h , dalla densità ρ , dal modulo di taglio G e dal fattore di smorzamento D .

10.1 - Definizione dell'azione sismica di riferimento.

Il primo step iniziale per la definizione dell'input sismico è quello di definire n° 7 accelerogrammi naturali così come previsto nella Circolare delle NTC18 del 21/1/19 art. C.7.11.3.1.2.2.

Tali accelerogrammi andranno opportunamente scalati al valore di a_g del sito e deconvoluti (cioè riportati in profondità al tetto del substrato, poiché di norma la loro registrazione avviene in stazioni poste in superficie).

Quindi indispensabile in partenza è il valore dell'accelerazione di base del sito di progetto (a_g), valore al quale bisognerà scalare i 7 accelerogrammi, utilizzati per l'input sismico.

Per la stima dell'azione sismica di progetto è stato utilizzato il foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici facendo riferimento allo stato limite SLV.

Sulla base delle indicazioni contenute nelle NTC di cui al D.M. 17/01/18, per l'area in esame, considerando, strutture di classe II (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 1,0$; $V_r = 50$ anni), risultano i seguenti valori di accelerazione di riferimento al suolo e parametri per il calcolo degli spettri di risposta di riferimento:

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.041	2.543	0.247
SLD	50	0.051	2.519	0.264
SLV	475	0.148	2.573	0.270
SLC	975	0.199	2.526	0.276

dove:

SLO = Stato limite di operatività; $P_{vr} = 81\%$

SLD = Stato limite di danno; $P_{vr} = 63\%$

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; $P_{vr} = 10\%$

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; $P_{vr} = 5\%$

a_g = accelerazione massima di riferimento al suolo

F_0 = fattore di amplificazione

T_C = inizio del tratto orizzontale dello spettro di risposta

10.2 - Valutazione delle velocità delle onde di taglio.

Al fine di determinare le caratteristiche geofisiche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, è stata condotta un'indagine diretta in sito di tipo sismico ottenuta da due prospezioni sismiche di superficie (Masw-Esac) i cui dati sono stati elaborati in modo accoppiato al fine di ottenere un valore di Vs₃₀.

Attraverso tale elaborazione, e abbinando anche i dati ottenuti dall'acquisizione dei dati di microtremore sismico (misura HVSR) che hanno evidenziato un possibile bed rock sismico (Vs ≥ 750-800 m/s) ad una profondità di -140 m da p.d.c., si è ricostruito l'andamento della velocità delle onde S nei diversi livelli litologici (Fig. 23).

- Interpretazione modello sismico del sottosuolo da analisi combinata Masw-Esac -

Strato n°	Descrizione sommaria stratigrafia	Poisson ν	Densità T/m ³	Prof. m		Spessore strato (m)	Vs m/sec
				da	a		
1	Argille limose	0.45	1.80	0	1	1	190
2	Limo Argilloso	0.47	1.85	1	7	6	200
3	A – AL/LA	0.48	1.85	7	19	12	225
4	Sabbia	0.40	1.95	19	24	5	350
5	AL – AL/LA	0.45	1.85	24	40	16	255
6	Sabbia Media	0.38	2.05	40	65	25	445
7	AL – AL/LA	0.40	1.90	65	90	25	360
8	Sabbia	0.33	2.00	90	120	30	520
9	AL – LA e LS	0.38	1.95	120	140	20	390
10	Sabbia medio grossa	0.28	2.10	>140	-	-	800

Dati da indagine combinata ESAC-MASW-HVSR

Fig. 23 - Modello Litostratigrafia sismico dell'area in esame.

10.3 - Dati di Input sismico (software RSLIII 1D - GeoStru s.r.l.).

Tra i diversi programmi di calcolo per eseguire modellazioni numeriche ai fini della valutazione della risposta sismica locale RSL, si è utilizzato il programma RSLIII della GeoStru s.r.l., basato sul codice SHAKE e SHAKE 91 per quanto concerne le soluzioni relative alle propagazioni delle onde di taglio.

Si tratta di un modello monodimensionale applicabile al sito in esame, in cui le cause principali di amplificazione del moto sismico sono il fenomeno di intrappolamento di onde S all'interno del deposito, favorito dal contrasto di impedenza fra terreno e basamento roccioso e la risonanza, determinata dalla prossimità tra le frequenze del moto al substrato e quelle naturali di vibrazione del deposito.

L'analisi è di tipo **lineare equivalente (EQL)** che consiste nell'esecuzione di una sequenza di analisi lineari complete con aggiornamento successivo dei parametri di rigidità e smorzamento fino al soddisfacimento di un prefissato criterio di convergenza.

Sulla base dei parametri di pericolosità sismica descritti precedentemente occorre definire quali accelerogrammi di input utilizzare per le simulazioni di RSL.

Il calcolo è stato eseguito selezionando opportuni accelerogrammi di input sismico estratti dal software REXEL (Iervolino I., Galasso C., Cosenza E. (2009). REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362. DOI 10.1007/s10518-009-9146-1) utilizzando anche la recente banca dati Simbad (Smerzini e Paolucci, 2011) qualora risultino compatibili, unitamente a European Strong-Motion Database e Italian Accelerometric Archive.

All'interno del software, per lo stato SLV, è stata impostata una ricerca in un database di registrazioni (in questo caso ESMD) di sismogrammi inserendo un range di magnitudo $M=$ da 5.7 a 6.2 e la distanza dall'epicentro $R=0-25$ Km in base alla disaggregazione del sito in esame (Latitudine 44.8265 - Longitudine 10.8873).

Questo set di accelerogrammi è scaturito da un'analisi critica delle varie combinazioni possibili che il programma (REXEL ver. 3.5) restituisce, ed in particolare la combinazione n. 1 (Fig. 24) per lo SLV è quella caratterizzata da minor scarto medio considerando i singoli accelerogrammi sempre rispetto allo spettro di riferimento.

ncomb	Recdev med	Recdev 1	Recdev 2	Recdev 3	Recdev 4	Recdev 5	Recdev 6	Recdev 7
1	0.075	0.205	0.240	0.249	0.294	0.322	0.357	0.447
2	0.068	0.205	0.240	0.270	0.294	0.322	0.357	0.447
3	0.075	0.205	0.240	0.270	0.294	0.322	0.363	0.447
4	0.092	0.205	0.240	0.274	0.278	0.294	0.309	0.447
5	0.079	0.205	0.240	0.274	0.278	0.294	0.357	0.447
6	0.095	0.205	0.240	0.274	0.294	0.309	0.322	0.447
7	0.073	0.205	0.240	0.274	0.294	0.322	0.357	0.447
8	0.074	0.205	0.240	0.278	0.281	0.294	0.322	0.357
9	0.074	0.205	0.240	0.278	0.294	0.322	0.357	0.447
10	0.073	0.205	0.240	0.294	0.309	0.322	0.357	0.447
11	0.078	0.205	0.240	0.294	0.321	0.322	0.363	0.447
12	0.077	0.205	0.240	0.294	0.322	0.357	0.363	0.447
13	0.077	0.205	0.240	0.294	0.322	0.363	0.382	0.447
14	0.099	0.205	0.249	0.281	0.294	0.309	0.355	0.447
15	0.069	0.205	0.249	0.294	0.321	0.322	0.357	0.447
16	0.071	0.205	0.249	0.294	0.322	0.355	0.357	0.447
17	0.064	0.205	0.249	0.294	0.322	0.357	0.363	0.447
18	0.066	0.205	0.249	0.294	0.322	0.357	0.382	0.447
19	0.081	0.205	0.263	0.294	0.321	0.322	0.357	0.447
20	0.082	0.205	0.263	0.294	0.322	0.355	0.363	0.447
21	0.069	0.205	0.270	0.274	0.294	0.322	0.357	0.447
22	0.076	0.205	0.270	0.274	0.309	0.322	0.357	0.447
23	0.073	0.205	0.270	0.294	0.321	0.322	0.357	0.447
24	0.072	0.205	0.270	0.294	0.322	0.357	0.382	0.447
25	0.083	0.205	0.270	0.294	0.322	0.357	0.447	0.502
26	0.086	0.205	0.274	0.278	0.281	0.294	0.322	0.357
27	0.064	0.205	0.274	0.278	0.294	0.321	0.357	0.447
28	0.083	0.205	0.274	0.278	0.309	0.322	0.357	0.447
29	0.090	0.205	0.274	0.278	0.309	0.322	0.363	0.447
30	0.083	0.205	0.274	0.281	0.294	0.321	0.357	0.447
31	0.072	0.205	0.274	0.294	0.309	0.322	0.357	0.447
32	0.080	0.205	0.274	0.294	0.318	0.322	0.357	0.447
33	0.059	0.205	0.274	0.294	0.321	0.322	0.357	0.447
34	0.067	0.205	0.274	0.294	0.322	0.357	0.363	0.447
35	0.072	0.205	0.274	0.294	0.322	0.363	0.382	0.447
36	0.089	0.205	0.278	0.281	0.294	0.309	0.355	0.447
37	0.072	0.205	0.278	0.281	0.294	0.321	0.322	0.357
38	0.099	0.205	0.278	0.294	0.309	0.322	0.355	0.447
39	0.071	0.205	0.278	0.294	0.322	0.328	0.357	0.447
40	0.071	0.205	0.278	0.294	0.322	0.355	0.357	0.447
41	0.065	0.205	0.278	0.294	0.322	0.357	0.363	0.447
42	0.061	0.205	0.278	0.294	0.322	0.357	0.382	0.447
43	0.077	0.205	0.278	0.294	0.322	0.357	0.447	0.502
44	0.087	0.205	0.281	0.294	0.309	0.322	0.355	0.447
45	0.070	0.205	0.281	0.294	0.321	0.322	0.357	0.447
46	0.075	0.205	0.281	0.294	0.322	0.355	0.363	0.447
47	0.072	0.205	0.281	0.294	0.322	0.357	0.363	0.447
48	0.069	0.205	0.294	0.308	0.321	0.322	0.357	0.447
49	0.070	0.205	0.294	0.309	0.321	0.322	0.357	0.447
50	0.070	0.205	0.294	0.321	0.322	0.355	0.357	0.447

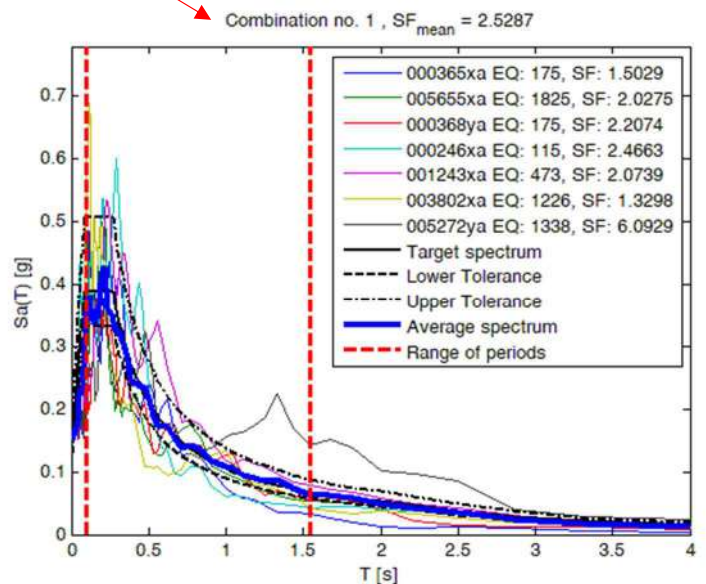


Fig. 24 - Combinazione n°1 dei 7 accelerogrammi di input selezionati con il software REXEL v.3.5

Tali accelerogrammi sono stati scalati sulla base di un valore di accelerazione massima orizzontale di picco (PGA) su un suolo di riferimento di tipo A, per $T=0$,

espressa in frazione dell'accelerazione di gravità (arefg - 10% di probabilità di superamento in 50 anni) pari a 0.148 g.

In particolare si è deciso di utilizzare un set di n° 7 accelerogrammi naturali (Fig. 25) spettro-compatibili con lo spettro di categoria A per l'area in esame.

Weveform ID	Earthquake ID	Station S	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance (KM)
365	175	ST140	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9	normal	5
5655	1825	ST2950	NE of Banja Luka	13/08/1981	5.7	oblique	10
368	175	ST143	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9	normal	22
246	115	ST61	Valnerina	19/09/1979	5.8	normal	22
1243	473	ST575	Izmit (aftershock)	13/09/1999	5.8	oblique	15
3802	1226	ST2368	SE of Tirana	09/01/1988	5.9	thrust	7
5272	1338	ST2487	Mt. Vatnafjoll	25/05/1987	6	oblique	24

Fig. 25 – Sintesi delle caratteristiche dei 7 accelerogrammi spettro-compatibili estratti dal software REXEL

Di seguito i diagrammi dei n° 7 accelerogrammi estratti dal software REXEL.

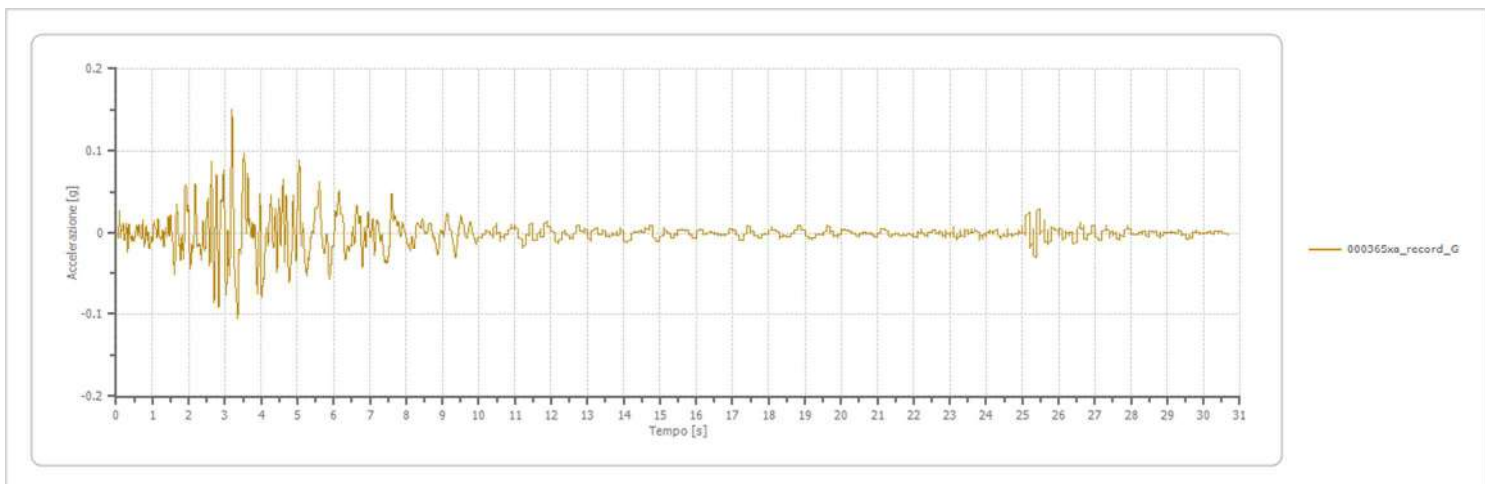


Fig. 26 - Accelerogramma 000365xa.

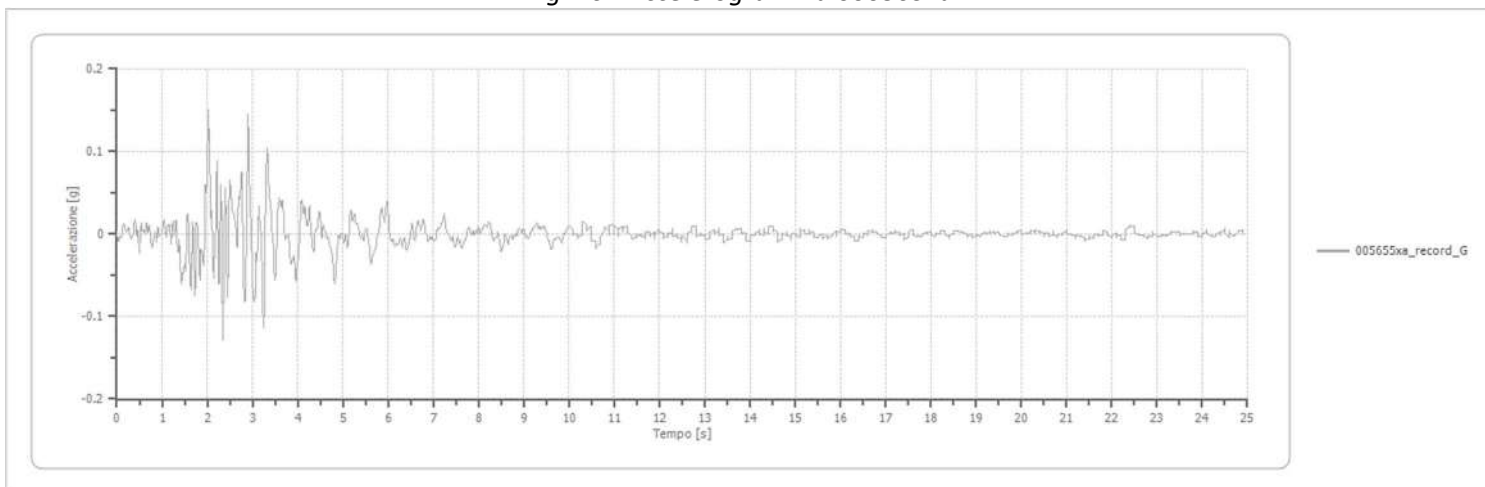


Fig. 27 - Accelerogramma 005665xa.

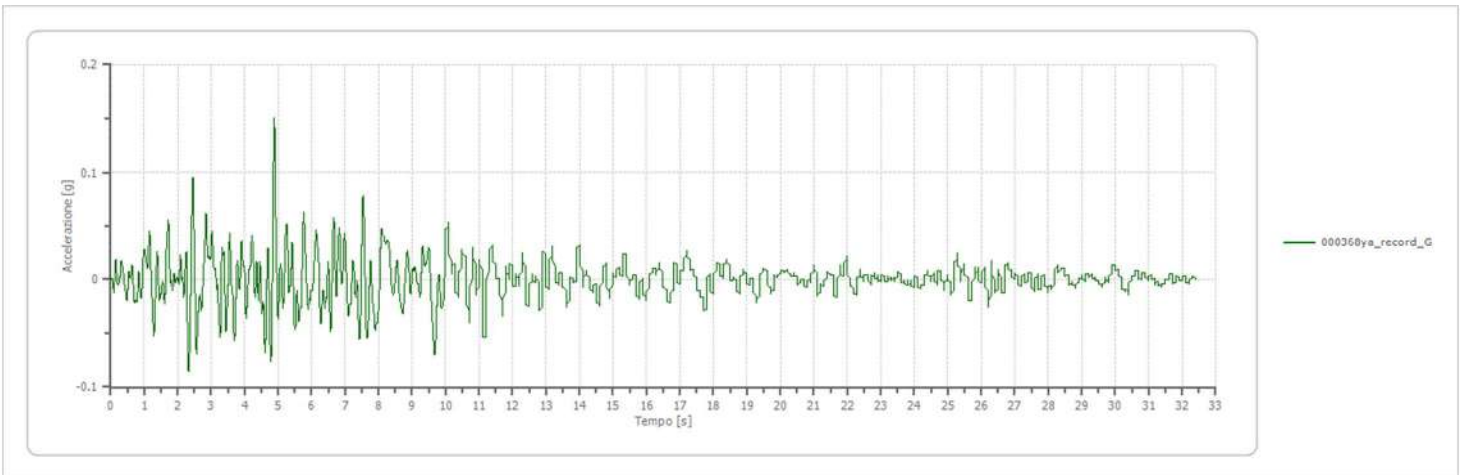


Fig. 27 - Accelerogramma 000368ya.

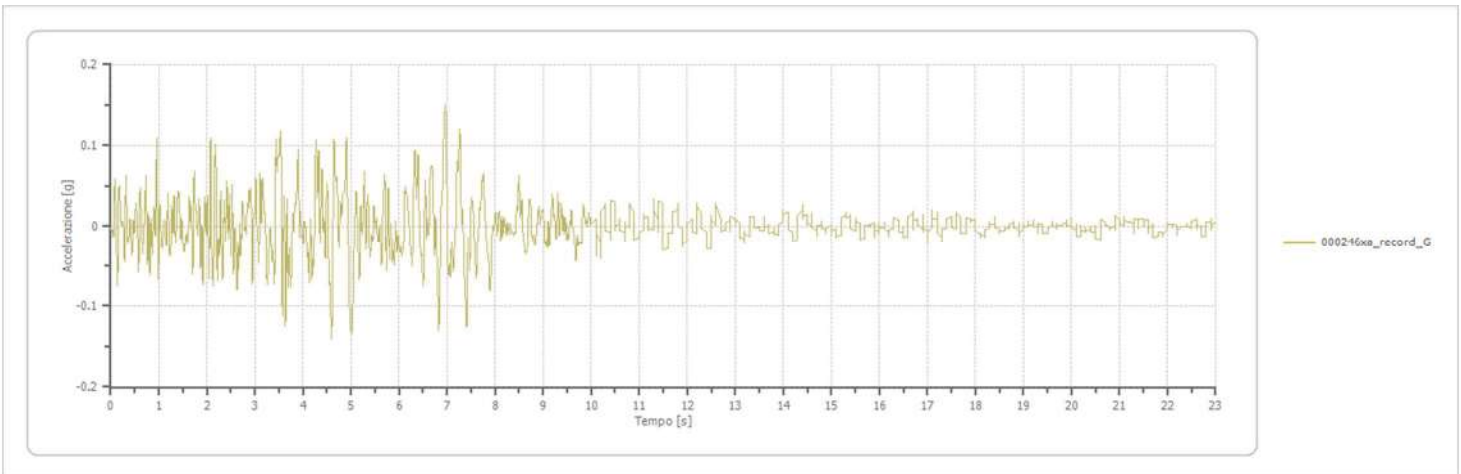


Fig. 28 - Accelerogramma 000246xa.

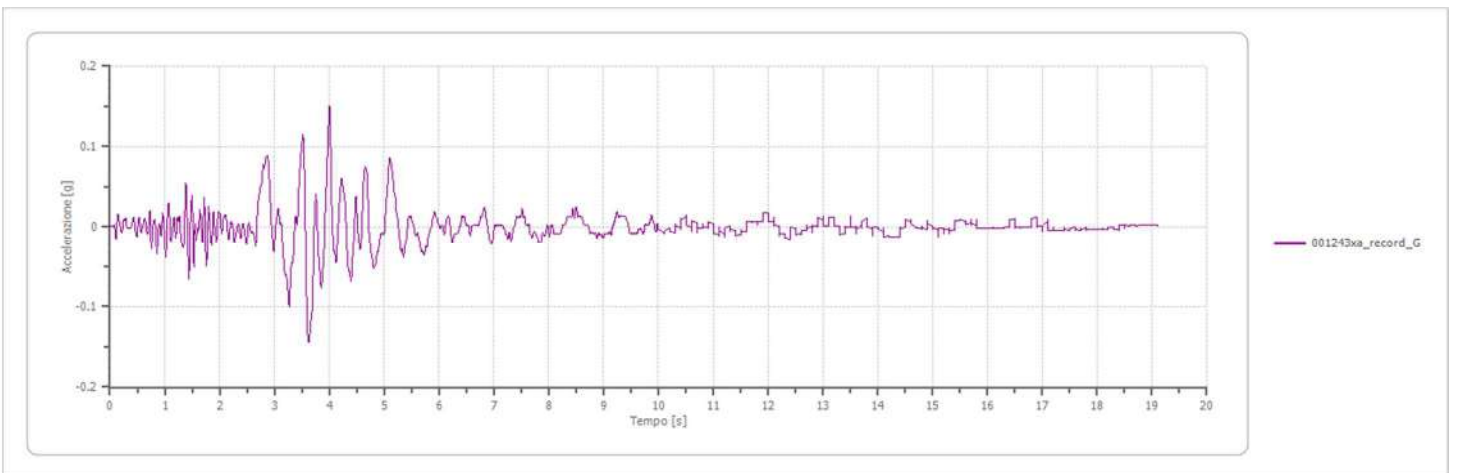


Fig. 29 - Accelerogramma 001243xa.

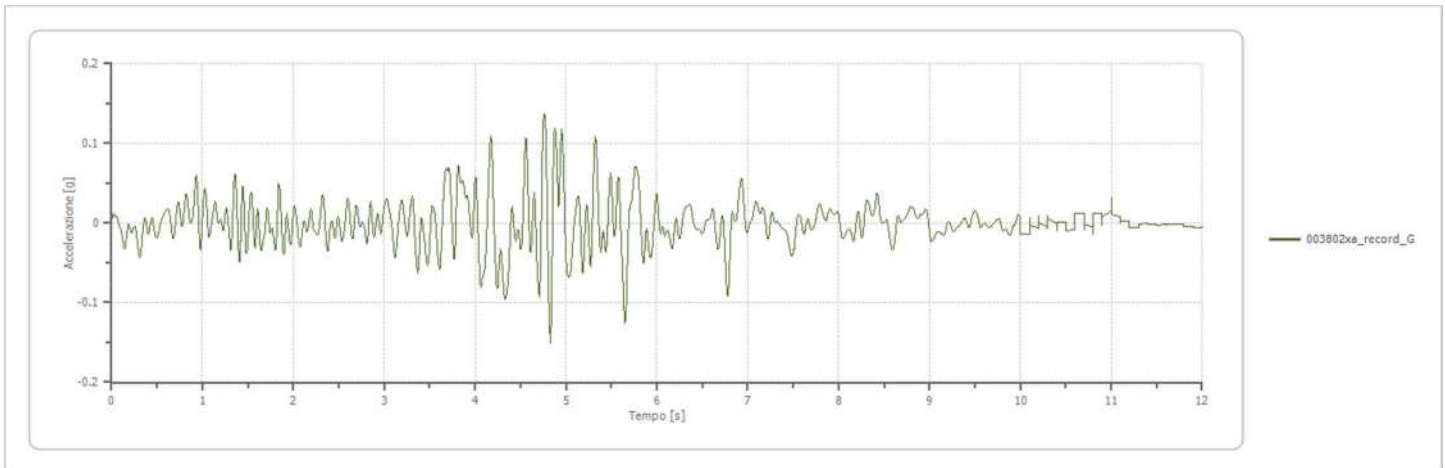


Fig. 30 - Accelerogramma 003802xa.

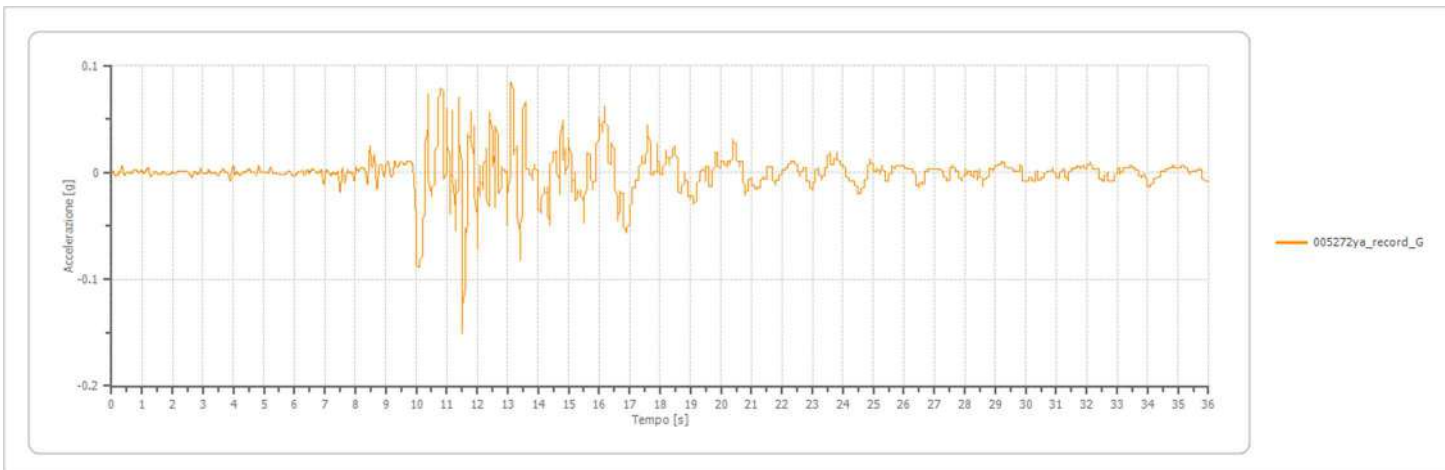


Fig. 31 - Accelerogramma 005272ya.

10.4 - Analisi numerica (software RSLIII 1D - GeoStru).

A questo punto sono noti i dati per operare la conversione e normalizzazione degli input sismici ed impostare la risposta sismica locale (RSL), mediante software basato su approccio lineare equivalente (prog. RSLIII [1D] – rel.'21), che basa la elaborazione sul codice Shake lineare equivalente, in situazioni di strati infinitamente estesi (modello 1D) operando sugli accelerogrammi estratti (secondo le metodiche sopra indicate) solo le conversioni indispensabili per l'utilizzo ottimale col programma di RSL utilizzato.

In particolare, i dati accelerometrici sono stati normalizzati alla a_g (di progetto) per la zona studiata e convertendo l'accelerazione da m/s^2 a g per agevolare la procedura di scalatura dell' a_g , in modo da non dover imporre al programma un fattore di conversione da m/s^2 ad accelerazione di gravità (g).

Per proseguire con l'elaborazione e inoltre indispensabile stabilire una sismo stratigrafia di input (fig. 32), che tenga conto delle caratteristiche del volume di terreno che potrebbe innescare probabile amplificazione del segnale.

Sempre nell'ipotesi di analisi 1D, la stratificazione è considerata come ipotesi di progetto, piano parallela e propagazione del sisma verticale.

Per il calcolo di Risposta sismica locale al p.d.c. attuale si è inserito il profilo del terreno sino alla profondità di -140 m, che corrisponde al Bedrock sismico considerato come individuato dalle indagini sismiche e descritto nei paragrafi precedenti, secondo lo schema riportato in seguito, considerando come quota iniziale quella del p.d.c. attuale.

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	Argille limose	--	1.0	Lombardia - Argille limose	0	66.24	--	18.0	190.0	4.1
2	Limo Argilloso	1.0	6.0	Lombardia - Limi argillosi	0	75.43	--	18.5	200.0	63.7
3	A - AL/LA	7.0	12.0	Lombardia - Argille limose	0	95.47	--	18.5	225.0	171.3
4	Sabbia	19.0	5.0	Lombardia - Sabbie	0	243.50	--	19.5	350.0	247.7
5	AL - AL/LA	24.0	16.0	Lombardia - Argille limose	0	122.63	--	18.5	255.0	341.4
6	Sabbia Media	40.0	25.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	413.81	--	20.5	445.0	544.6
7	AL - AL/LA	65.0	25.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	0	251.01	--	19.0	360.0	793.1
8	Sabbia	90.0	30.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	551.27	--	20.0	520.0	1060.8
9	AL - LA e LS	120.0	20.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	302.34	--	19.5	390.0	1310.6
10	Sabbia medio grossa	oo	--	Smorzamento costante	0	1370.03	1	21.0	800.0	1407.5

Fig. 32 - Profilo litostratigrafico e sismico di input.

L'analisi di RSLIII è stata effettuata a partire da curve di variazione del modulo di rigidezza a taglio G e del fattore di smorzamento D (damping ratio) in funzione della deformazione per le diverse tipologie di materiali (litotipi presenti nella stratigrafia) tratte dalla banca dati per analisi sismiche di Piano Governo del Territorio-Regione Lombardia DGR7374/08 08), mentre per gli strati più profondi (>40 m) poiché non sono note curve (G/Gmax e D%), realmente calcolate in laboratorio, sono stati utilizzate le indicazioni di bibliografia da diversi autori (Idriss - EPRI).

Le rispettive curve del rapporto G/Gmax e relativo Damping utilizzate nell'elaborazione con prog 'RSLIII 1D' a seconda delle litologie di riferimento di ogni strato vengono indicate di seguito (da Fig. 33 a Fig. 37).

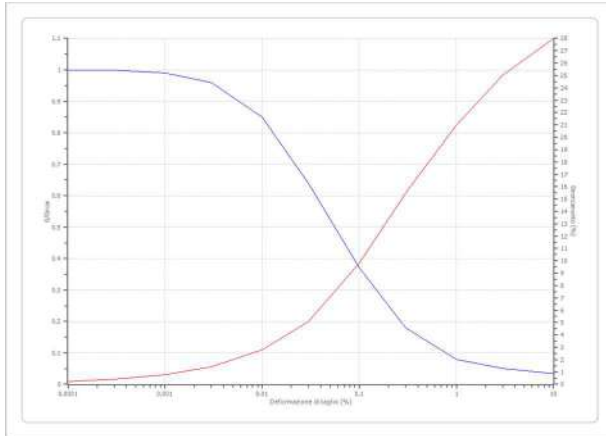


Fig. 33 - Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

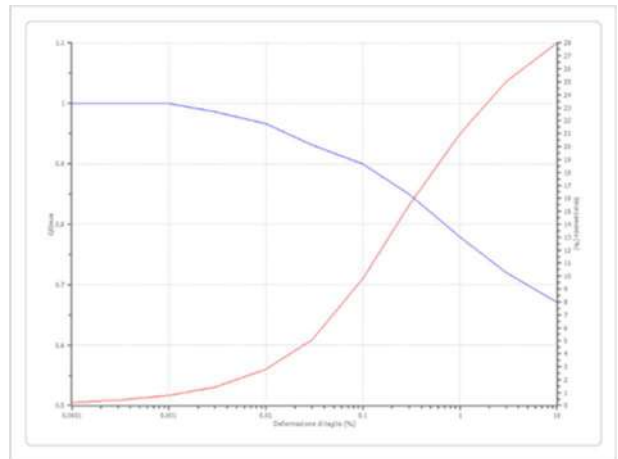


Fig. 34 - Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

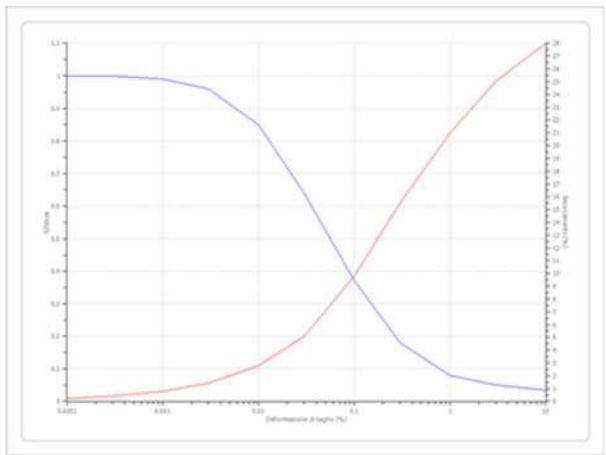


Fig. 35 - Lombardia - Limi argillosi

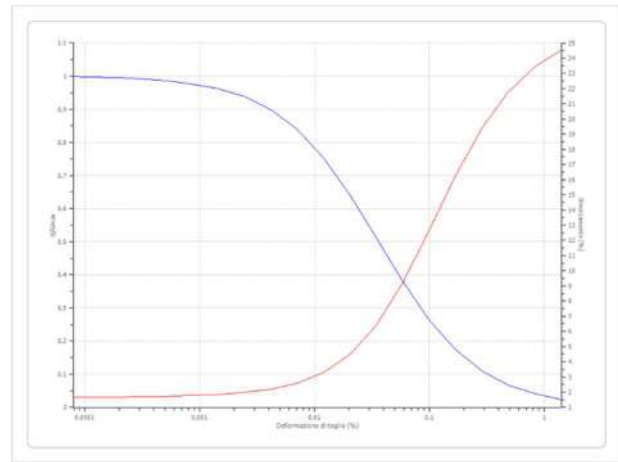


Fig. 36 - Lombardia - Argille limose

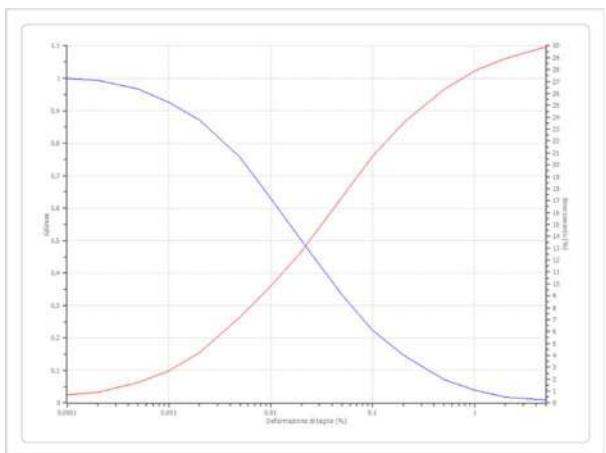


Fig. 37 - Lombardia - Sabbie

10.5 - Dati di Output sismico (software RSLIII 1D - GeoStru s.r.l.).

Di seguito si riportano i dati ottenuti dall'elaborazione attraverso l'utilizzo del software "RSLIII [1D] – rel.'21", basato su approccio lineare equivalente, come output ai fini progettuali.

Elaborazione

Numero di iterazioni	8
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima	0.5
Tipo di modulo elastico	Shake
Massimo errore percentuale di convergenza	1.67 E00

Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.210 [s]
Tvi	1.350 [s]
Tao	0.210 [s]
Tvo	1.350 [s]
Sami	3.545 [m/s ²]
Svmi	0.187 [m/s]
Samo	4.089 [m/s ²]
Svmo	0.351 [m/s]
Fa	1.153 [-]
Fv	1.875 [-]
TB	0.180 [s]
TC	0.540 [s]
TD	2.192 [s]
SA(0)	0.212 [g]
SA(TB)	0.417 [g]

- Fattori di amplificazione su intensità spettrale - (Intensità di Housner)

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.052	0.065	0.200	1.251
0.500	1.000	0.088	0.156	0.500	1.777

Il fattore di amplificazione FA in termini di rapporto (Si/SI₀) di Intensità di Housner negli intervalli di frequenza **0.1-0.5 sec** e **0.5-1.0 sec.**, risultano pari rispettivamente a **1.251** e **1.777**.

L'elaborazione, svolta su sette terremoti di riferimento, ha fornito i seguenti risultati in termini di spettro di risposta elastico (Fig. 38) in accelerazione orizzontale in superficie per un valore di smorzamento critico pari al 5% di seguito i valori ottenuti.

- Spettro medio di risposta elastico -

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1837	0.26	0.4474	0.52	0.3312	0.98	0.1939	2.25	0.0720
0.01	0.1837	0.27	0.4171	0.53	0.3272	1.00	0.1948	2.30	0.0703
0.02	0.1837	0.28	0.3957	0.54	0.3221	1.05	0.1868	2.35	0.0683
0.03	0.1848	0.29	0.3831	0.55	0.3217	1.10	0.1741	2.40	0.0653
0.04	0.1882	0.30	0.3796	0.56	0.3280	1.15	0.1724	2.50	0.0573
0.05	0.1984	0.31	0.3815	0.57	0.3328	1.20	0.1721	2.60	0.0516
0.06	0.2178	0.32	0.3773	0.58	0.3384	1.25	0.1715	2.70	0.0463
0.07	0.2207	0.33	0.3804	0.60	0.3530	1.30	0.1798	2.80	0.0409
0.08	0.2344	0.34	0.3878	0.62	0.3597	1.35	0.1772	2.90	0.0359
0.09	0.2609	0.35	0.3918	0.64	0.3621	1.40	0.1626	3.00	0.0322
0.10	0.3394	0.36	0.3933	0.66	0.3428	1.45	0.1449	3.10	0.0296
0.11	0.3765	0.37	0.3895	0.68	0.3087	1.50	0.1347	3.20	0.0274
0.12	0.3981	0.38	0.3736	0.70	0.2812	1.55	0.1276	3.30	0.0262
0.13	0.3877	0.39	0.3683	0.72	0.2652	1.60	0.1236	3.40	0.0249
0.14	0.3979	0.40	0.3630	0.74	0.2559	1.65	0.1251	3.50	0.0234
0.15	0.4287	0.41	0.3626	0.76	0.2532	1.70	0.1252	3.60	0.0221
0.16	0.3861	0.42	0.3635	0.78	0.2550	1.75	0.1212	3.70	0.0211
0.17	0.3816	0.43	0.3591	0.80	0.2506	1.80	0.1143	3.80	0.0198
0.18	0.4137	0.44	0.3534	0.82	0.2419	1.85	0.1061	3.90	0.0187
0.19	0.4428	0.45	0.3529	0.84	0.2360	1.90	0.0982	4.00	0.0175
0.20	0.4646	0.46	0.3560	0.86	0.2261	1.95	0.0908		
0.21	0.4726	0.47	0.3581	0.88	0.2164	2.00	0.0875		
0.22	0.4590	0.48	0.3595	0.90	0.2088	2.05	0.0837		
0.23	0.4451	0.49	0.3543	0.92	0.2022	2.10	0.0792		
0.24	0.4428	0.50	0.3430	0.94	0.1992	2.15	0.0748		
0.25	0.4563	0.51	0.3358	0.96	0.1950	2.20	0.0728		

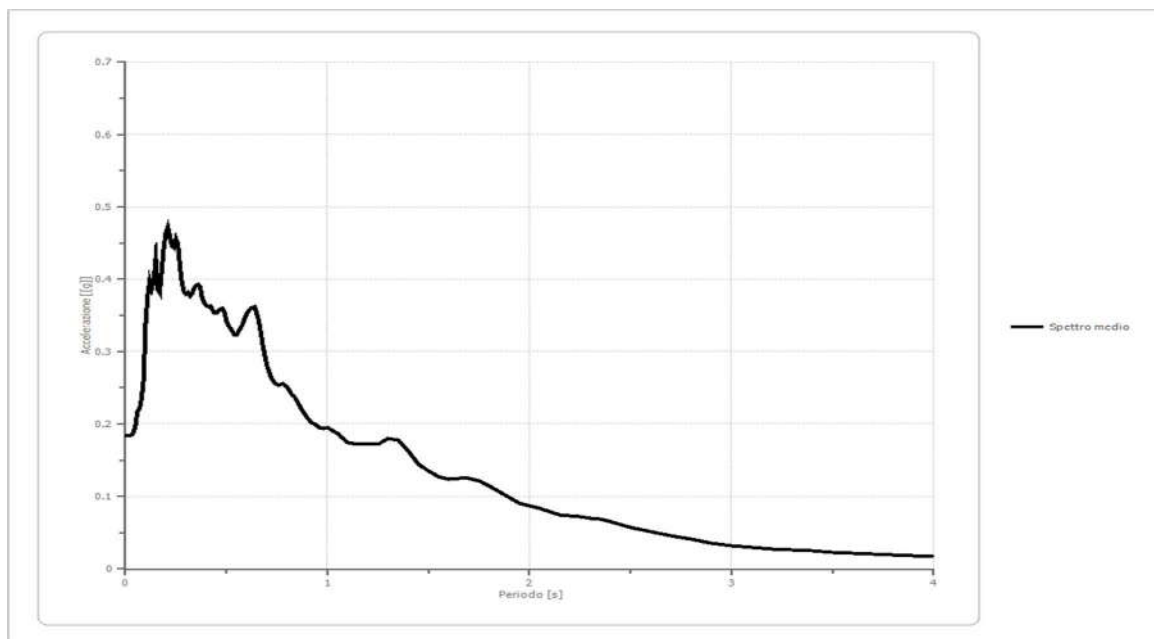
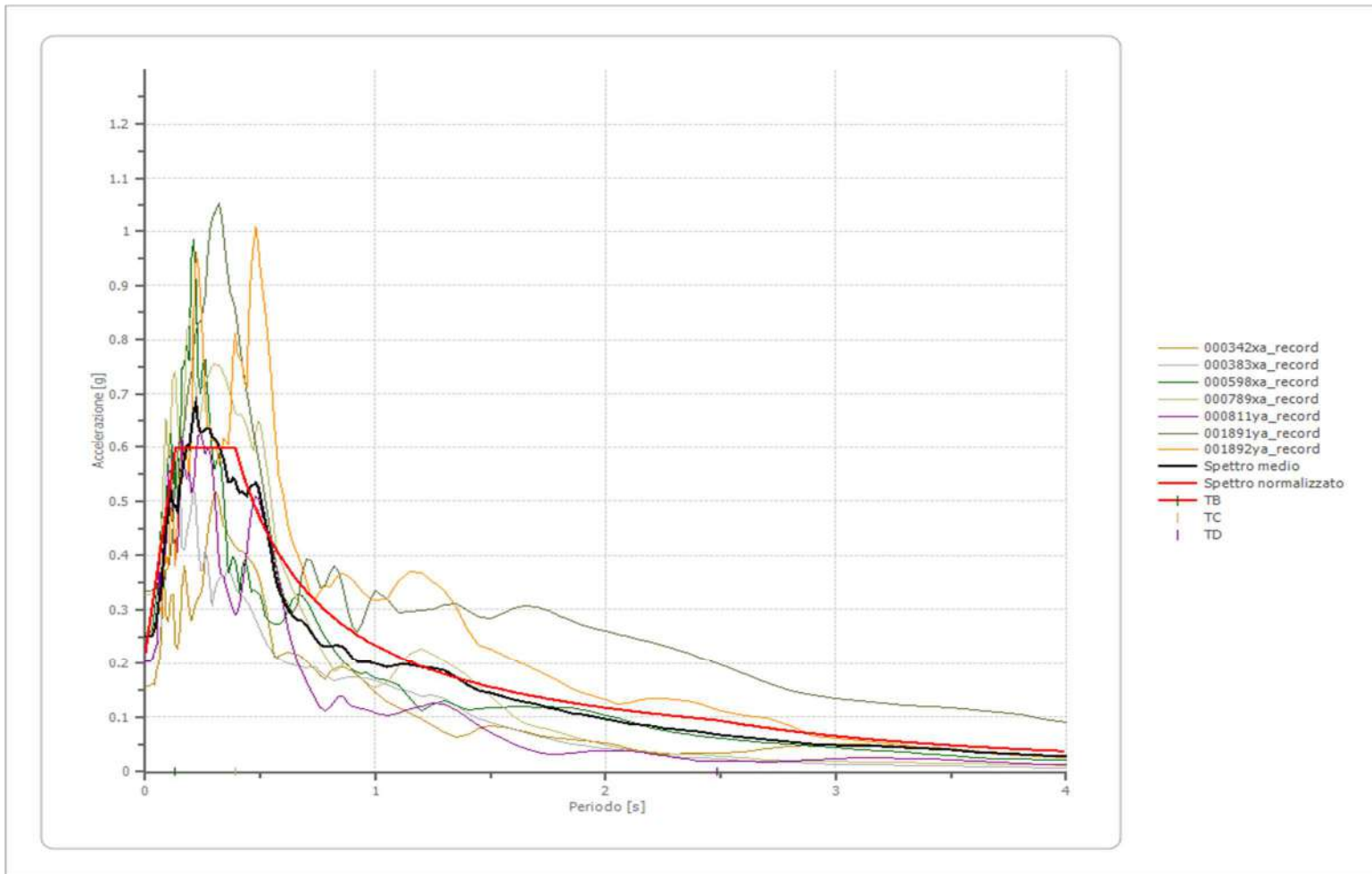


Fig. 38 - Diagramma spettro medio di risposta elastico.

- Confronto tra gli spettri -



Confronto spettro normativa NTC 2018

Tipo di spettro: *Spettro di risposta elastico*

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.041	0.051	0.148	0.199
Fo	2.543	2.519	2.573	2.526
Tc* [s]	0.247	0.264	0.27	0.276
Ss	1.50	1.50	1.47	1.40
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.67	1.63	1.62	1.61
TB [s]	0.137	0.143	0.146	0.148
TC [s]	0.411	0.430	0.437	0.443
TD [s]	1.764	1.804	2.192	2.396
Se(0) [g]	0.062	0.077	0.218	0.278
Se(TB) [g]	0.156	0.193	0.560	0.703

A seguire (Fig. 39) il grafico che mette invece, a confronto lo spettro medio derivato dall'analisi di RSL ed il suo omologo normalizzato e gli spettri ottenibili da approccio semplificato da NTC (sia per suolo di tipo C che A).

Per l'elaborazione dello "spettro normalizzato" dallo spettro medio ottenuto da Risposta Sismica Locale (RSL), il modello di calcolo matematico utilizzato, è stato riferito alle disposizioni ed indicazioni contenute in "Linee Guida della protezione civile 2018".

Lo spettro in accelerazione risultante da Risposta Sismica Locale (stato limite SLV) $h =$ fattore correzione del coefficiente smorzamento viscoso x (per $x=5\%$ $h=1$) volendo utilizzare valori di smorzamento diversi da 5% si dovranno reimpostare i calcoli utilizzando per $h = 10/(5 + x)$.

- Confronto tra spettro normalizzato e spettro da NTC2018 -

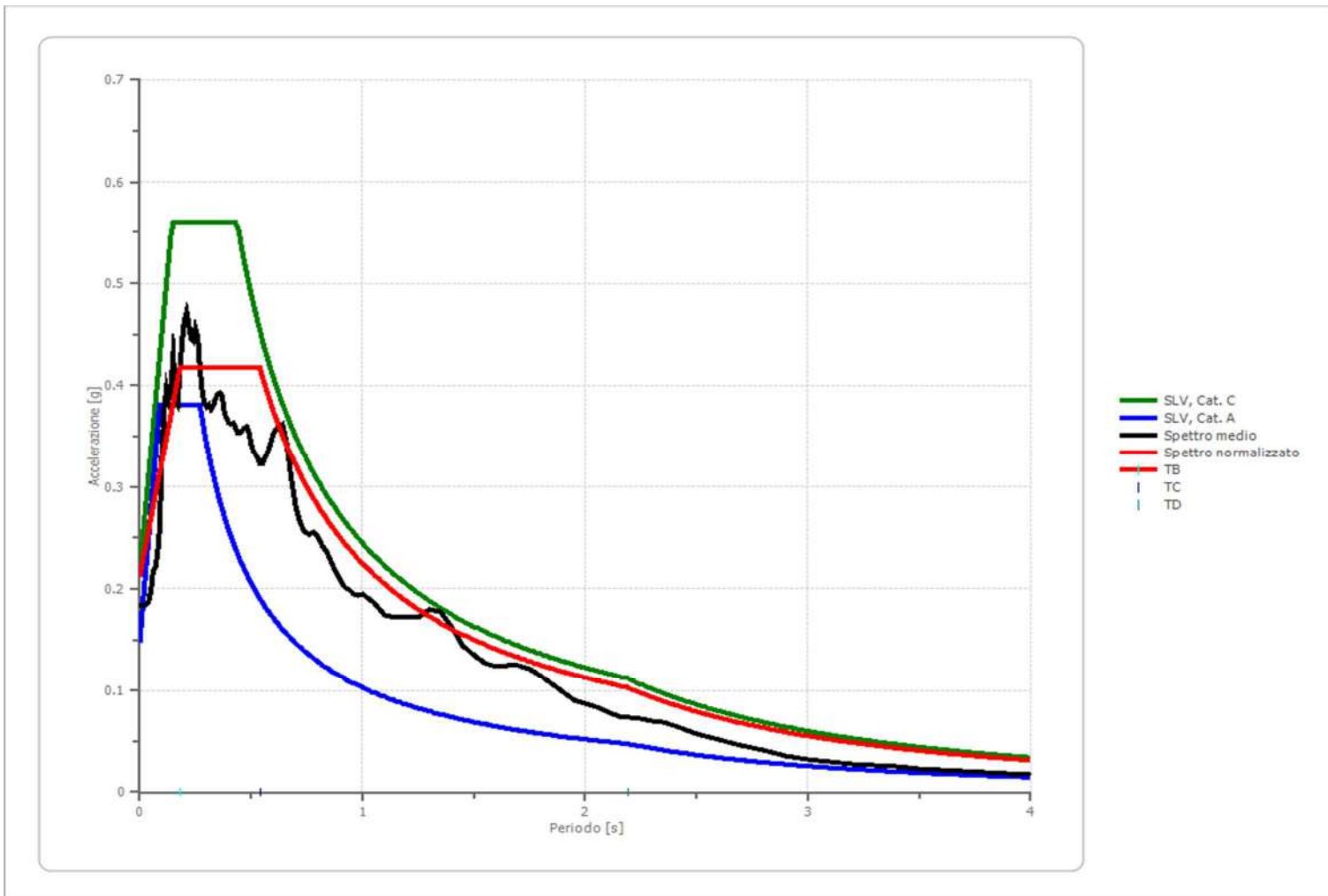


Fig. 39 - Diagramma spettro normalizzato e spettro da NTC2018.

Si ricorda e si rimarca quanto sopra esposto, cioè che **in analisi di Risposta Sismica Locale 1D per bed-rock a profondità > 100 m** (quale è il caso in esame),

in zone di piana alluvionale, ***l'approccio di calcolo utilizzabile (simulazione 1D), tende in genere ad una sottostima dell'azione sismica***, poiché prevarrebbero fenomeni dissipativi rispetto a quelli di amplificazione (D'Intinosante 2012).

10.6 - Riepilogo risultati studio "RSL".

Per il caso in esame è stata eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale a partire dal p.d.c. attuale i cui risultati hanno portato ad un valore di **PGA** pari a **0,212g** con un **fattore di amplificazione (PGA/PGA₀)** pari a **1.43**.

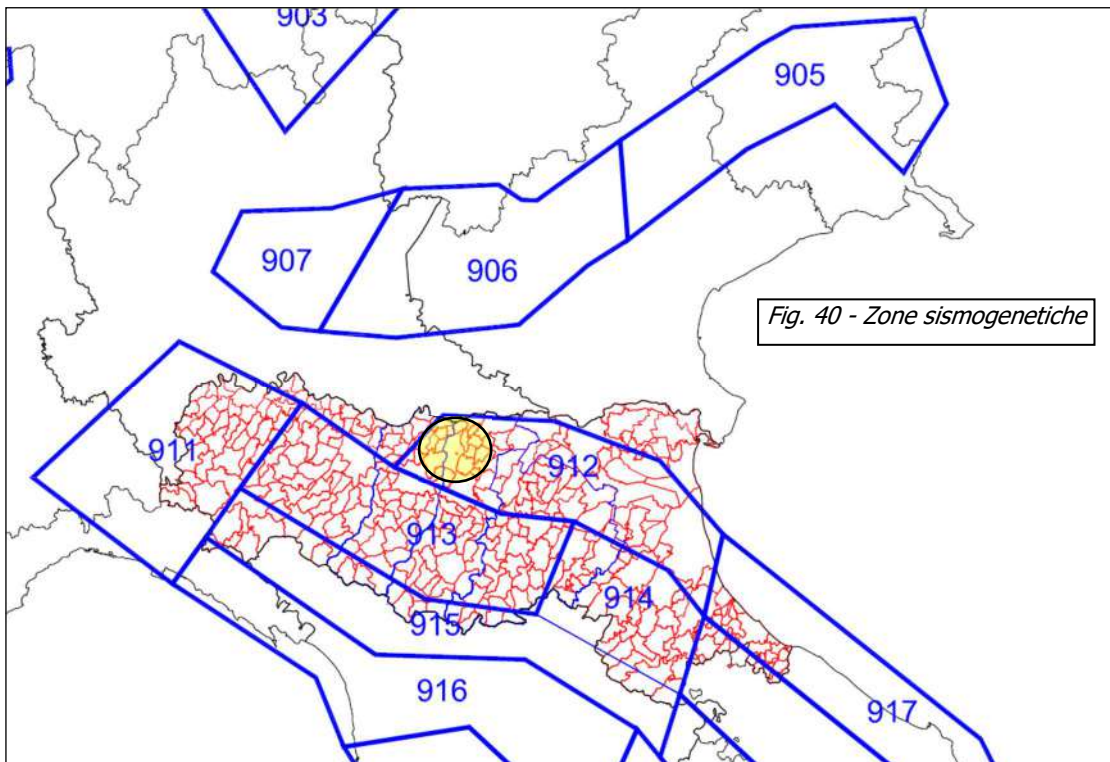
Per quel che concerne il rapporto **(S_i/S_{l0}) di Intensità di Housner** negli intervalli di frequenza **0.1 - 0.5 sec.** e **0.5 - 1.0 sec.**, i fattori di amplificazione risultano essere rispettivamente pari a **1.251** e **1.777**.

11. VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE E CEDIMENTI SISMICI.

11.1 - Generalità.

L'area in esame appartiene alla Zona Sismogenetica n° 912 denominata "Dorsale Ferrarese" che rappresenta la zona più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale (fig. 40).

Il Catalogo parametrico dei terremoti italiani Edizione 2004 denominato CPTI04 registra valori massimi di magnitudo momento Mw per la zona sismogenetica n°912 pari a 6.14.



In considerazione degli eventi sismici del maggio/giugno 2012 e delle prime indicazioni fornite dall'INGV (Comunicato 31 maggio 2012), per le verifiche alla liquefazione si è fatto cautelativamente riferimento ad un valore di magnitudo massima attesa pari a **6.14**.

11.2 - Liquefazione.

Litologicamente i terreni del primo sottosuolo in tutta l'area di interesse risultano caratterizzati da una certa discontinuità e tipica di un ambiente di pianura alluvionale nel quale si alternano sia spazialmente che temporalmente ambienti deposizionali tra loro collegati.

La verifica della suscettibilità alla liquefazione è stata eseguita considerando i risultati delle prove penetrometriche sino alla profondità massima di -20 m dal p.d.c. attuale.

I livelli granulometricamente più grossolani individuati risultano essere in falda e pertanto esistono potenzialmente le condizioni per l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione.

La falda è stata considerata alla profondità pari a -1.60 m dal p.d.c. sia per la prova CPT1 che per la prova CPT2 come direttamente verificato nel foro dei sondaggi penetrometrici.

Di conseguenza è stata effettuata un'analisi per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione attraverso un'analisi semplificata in condizioni di free-field valutando, ad ogni quota z del deposito compresa nei primi 20 m, la suscettibilità alla liquefazione attraverso un coefficiente di sicurezza FL dato dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione (CRR) e sollecitazione indotta dall'azione sismica (rapporto di tensione ciclica CSR).

Per quanto concerne la magnitudo, come riportato nel capitolo precedente, si è fatto riferimento ad un valore massimo pari a 6.14.

Per quel che concerne invece l'**accelerazione massima attesa in superficie** nell'area in esame, secondo quanto stabilito dalle NTC 2018 e dalla Circolare n°617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, ha portato ad un valore pari a **0.22 g**, ottenuto dall'analisi semplificata prevista dalle NTC2018.

Il metodo applicato per entrambe le prove per la verifica al potenziale di liquefazione fa riferimento alla metodologia di Boulanger & Idriss (2004).

Tale metodo ha fornito le migliori corrispondenze con i fenomeni di liquefazione effettivamente osservati sul territorio del cratere interessato dagli eventi sismici del maggio-giugno 2012 (*Confronto tra metodi semplificati di stima del rischio di liquefazione da prove CPT e CPTU* - Università di Firenze - Facciorusso J., Madiati C., Vannucchi G., 31 marzo 2013).

In particolare il valore dell'indice del potenziale di liquefazione "IL" valutato porta alla definizione del rischio di liquefazione secondo **Sonmez (2003)** che risulta:

<i>Indice del potenziale di liquefazione, I_L</i> SONMEZ, 2003	Pericolosità di liquefazione
$I_L = 0$	Nulla
$0 < I_L < 2$	Bassa
$2 < I_L < 5$	Moderata
$5 < I_L < 15$	Alta
$I_L > 15$	Molto alta

Come riportato in Allegato n. 8, e riassunto nella tabella seguente si è ottenuti un valore contenuto dell'indice di potenziale di liquefazione I_L con la pericolosità di liquefazione che può essere considerata **Bassa** e i relativi valori dei cedimenti sismici calcolati per tutte e due le prove.

Prova CPT	Indice di potenziale liquefazione I_L	Rischio di liquefazione	Cedimento terreni granulari saturi (cm)
CPT1	1.19	Bassa	8.44
CPT2	1.29	Bassa	10.88

12. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE.

La scelta del tipo di fondazione adottabile è strettamente legata non solo alle caratteristiche geotecniche del terreno evidenziate dai sondaggi penetrometrici, ma anche dalla tipologia dei fabbricati in progetto e quindi in rapporto alla stabilità globale dell'insieme opera-terreno.

L'analisi dei dati elaborati ha evidenziato la presenza generalizzata sull'intero comparto di terreni superficiali con medie caratteristiche di portanza, che tendono ad aumentare con la profondità.

Sulla base delle caratteristiche geomeccaniche del primo sottosuolo, evidenziate dalle prove geognostiche eseguite nell'area d'intervento e considerando la tipologia dei fabbricati previsti, si è effettuata una valutazione geotecnica preliminare del complesso fondazione-terreno; sulla base di questa si ritiene possibile l'adozione di fondazioni a platea senza escludere l'opportunità di utilizzare quelle di tipo continuo a "T" rovescia.

Qualora si procedesse ad un approfondimento geognostico, come previsto tra l'altro dalle normative vigenti in materia, in fase esecutiva e si rivelassero particolari condizioni di debolezza del terreno di sottofondazione, si potrà valutare l'opportunità di utilizzare delle fondazioni di tipo profondo.

Se si utilizzano fondazioni continue si consiglia una profondità di posa non inferiore a -1.00 m dal p.d.c. originario, in modo tale da oltrepassare completamente l'eventuale materiale di riporto se presente e del terreno agrario e del terreno interessato dal gelo, e dalle variazioni d'umidità, che si possono ripercuotere sulla consistenza dei terreni.

Sulla base dell'elaborazione dei dati delle prove eseguite, si consiglia di eseguire le verifiche agli stati limite su ogni singolo lotto in ragione delle azioni esercitate dagli edifici in progetto.

Nonostante l'omogeneità dei risultati delle prove, non si escludono possibili situazioni locali di debolezza, che possono presentare i terreni con caratteristiche portanti minori.

Sarà quindi necessario procedere in fase esecutiva, come peraltro prescrivono le normative geotecniche vigenti in materia (D.M. 17/01/2018 e successive integrazioni), ad un approfondimento e raffittimento delle indagini geognostiche sui singoli lotti d'intervento e, contestualmente alla geometria delle fondazioni, procedere alle opportune verifiche agli stati limite (SLU), nonché al calcolo dei cedimenti, assoluti e differenziali, con relative distorsioni (SLE).

Anche per quel che riguarda la morfologia, la zona in oggetto risulta caratterizzata da una regolarità planimetrica con andamento morfologico semplice presentando ottimali condizioni di stabilità, in cui risulta possibile uno sviluppo edilizio senza particolari problemi di bonifica o di tecniche costruttive.

Nell'area in esame è presente come detto una falda il cui livello statico rilevato durante le indagini nei fori di sondaggio, è risultato posto ad una profondità media di circa -1.60 m dal piano di campagna.

In relazione alle oscillazioni stagionali tale falda potrebbe risultare interferente con le strutture fondali degli edifici in progetto o con le eventuali parti interrato e/o seminterrate.

Dall'analisi completa del progetto non si evidenzia la presenza di edifici con interrati o seminterrati nonostante ciò se qualora vi fossero edifici con interrati, i quali comporteranno scavi di tipo profondo; si dovranno quindi valutare preventivamente le condizioni di stabilità delle pareti di scavo (sia in condizioni statiche che dinamiche), nonché provvedere ad eventuali sistemi di drenaggio della falda per mantenere all'asciutto i medesimi durante la fase esecutiva.

Si pone quindi il problema di mantenere all'asciutto gli scavi di sbancamento durante i lavori di costruzione, e le aree adibite a garage dell'interrato a lavori ultimati, ciò si potrà ottenere deprimendo il naturale livello acquifero durante le fasi costruttive e impermeabilizzando la struttura.

In caso di utilizzo di sistemi di depressione della falda, si genereranno dei coni di depressione nella falda che andranno valutati in fase preliminare al fine di evitare cedimenti in fabbricati limitrofi legati proprio all'abbattimento di un livello statico.

In particolare si dovranno quantificare le eventuali interferenze che i coni generano in riferimento ai fabbricati esistenti circostanti.

Una volta terminata la struttura si consiglia comunque di interrompere il pompaggio dell'acqua all'interno dello scavo in modo tale da ripristinare il livello originario della falda.

L'interrato risulterà complessivamente immerso in acqua, si consiglia quindi di utilizzare opportuni sistemi di impermeabilizzazione quali "guaine bituminose" o miscele a base di bentonite in modo tale da evitare infiltrazioni nel tempo.

In considerazione di tutto ciò possiamo dedurre che per quanto riguarda l'edificabilità dell'area in studio, non sussistono particolari problemi sia dal

punto di vista geotecnico, morfologico, idrogeologico e sismico, stabilendo pertanto la fattibilità degli interventi in progetto.

13. CONCLUSIONI.

La presente relazione tratta dei caratteri geologici, idrogeologici, idrologici, geomorfologici, geotecnici e sismici di un'area ubicata in Via Mar Nero a Fossoli nel Comune di Carpi (MO) sulla quale è previsto il progetto del P.P.I.P. denominato Comparto B36 "Il bosco urbano".

La caratterizzazione geometrica e geotecnica del terreno di sottofondazione per la ricostruzione del "modello geotecnico" è stata ottenuta attraverso l'esecuzione di n.2 prove penetrometriche statiche (CPT1 e CPT2) spinte ad una profondità di -20.00 m da p.d.c. attuale più n.1 prova penetrometrica con punta elettrica e piezocono (CPTU3) spinta sino ad una profondità massima di -20.00 m da p.d.c. attuale, profondità sufficiente in relazione all'ipotesi di volume significativo (A.G.I., 1977).

Diversamente per quanto riguarda la definizione delle caratteristiche sismiche del sito è stata effettuata una prospezione sismica di superficie MASW combinata con un'ESAC le quali hanno permesso di determinare in modo diretto la velocità delle onde S in profondità che, per una fondazione posta a -1,00 m da p.d.c. attuale, permettendo di ottenere una **$V_{s30} = 239$ m/sec** e la relativa categoria di suolo "**Categoria di suolo C**".

Contestualmente si è proceduto ad eseguire un'indagine geofisica di tipo passivo a stazione singola HVSR (Tromino®) per la determinazione della frequenza fondamentale del sottosuolo e l'attribuzione del bed rock sismico ($V_s \geq 750/800$ m/s), ipotizzato ad una profondità di -140 m da p.d.c..

Dopo aver eseguito la modellazione litostratigrafica e sismica è stato eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale RSL al fine di determinare il moto sismico atteso in superficie, per un tempo di ritorno di 475 anni (SLV), i cui risultati hanno portato ad un valore di **PGA** pari a **0,212 g**, in considerazione di una accelerazione su suolo rigido di tipo A considerata e pari a 0.148 g, ottenendo con un fattore di amplificazione (**PGA/PGA₀**) pari a **1.43**.

Per quel che concerne il rapporto (**Si/SI₀**) di **Intensità di Housner** negli intervalli di frequenza **0.1 - 0.5 sec.** e **0.5 - 1.0 sec.**, i fattori di amplificazione risultano essere rispettivamente pari a **1.251** e **1.777**.

Successivamente si è poi proceduto ad eseguire, sui dati delle prove penetrometriche statiche CPT1 e CPT2, una verifica del **potenziale di liquefazione L** al quale è associato una pericolosità di liquefazione che è risultata **Bassa** e con il rispettivo calcolo dei **cedimenti sismici**.

Sulla base delle indagini eseguite, considerazioni ed ipotesi svolte si dichiara la fattibilità geologica dell'intervento in progetto per gli aspetti esaminati, così come richiesto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" del D.M. 17/01/2018 e successive integrazioni e/o modificazioni.

In ogni caso occorrerà, in fase esecutiva, l'assistenza di un tecnico per la verifica in corso d'opera delle condizioni geotecniche assunte in questa sede.

La presente relazione geologica e sismica è stata redatta nello spirito e ai sensi del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e successive integrazioni.

Carpi lì, 13 Gennaio 2022

IL TECNICO
Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Indice

1. Premessa.	Pag. 1
2. Inquadramento geografico.	Pag. 2
3. Inquadramento geologico e geomorfologico generale.	Pag. 3
4. Idrogeologia.	Pag. 7
5. Idrologia superficiale.	Pag. 8
6. Indagini geognostiche eseguite.	Pag. 8
6.1 - Prove penetrometriche statiche CPT1 e CPT2 (Cone Penetration Test).	Pag. 8
6.2 - Prove penetrometriche statica con punta elettrica e piezocono CPTU3.	Pag. 14
6.3 - Indagine geofisica MASW.	Pag. 21
6.3.1 - Caratteristiche attrezzatura.	Pag. 23
6.3.2 - Prospezione MASW onde di Rayleigh.	Pag. 24
6.4 - Indagine geofisica ESAC.	Pag. 27
6.5 - Indagine geofisica di tipo passivo a stazione singola HVSR (Tromino®).	Pag. 30
7. Interpretazione dati acquisiti attraverso tutte le indagini geofisiche.	Pag. 35
8. Categorie di suolo di fondazione (Azione sismica di progetto V_{sh} o per il caso in esame V_{s30}).	Pag. 39
9. Sismicità del territorio.	Pag. 40
10. Analisi monodimensionale di Risposta Sismica Locale (RSL).	Pag. 43
10.1 - Definizione dell'azione sismica di riferimento.	Pag. 44
10.2 - Valutazione delle velocità delle onde di taglio.	Pag. 45
10.3 - Dati di Input sismico (software RSLIII 1D - GeoStru s.r.l.).	Pag. 45
10.4 - Analisi numerica (software RSLIII 1D - GeoStru).	Pag. 49
10.5 - Dati di Output sismico (software RSLIII 1D - GeoStru s.r.l.).	Pag. 52
10.6 - Riepilogo risultati studio "RSL".	Pag. 56
11. Verifica della suscettibilità alla liquefazione e cedimenti sismici.	Pag. 56
11.1 - Generalità.	Pag. 56
11.2 - Liquefazione.	Pag. 57
12. Considerazioni geotecniche.	Pag. 58
13. Conclusioni.	Pag. 60

Allegati

- 1) “Inquadramento Corografico” - *scala 1:25.000* -
- 2) “Inquadramento geografico” - *scala 1:10.000* -
- 3) “Inquadramento area di interesse” - *scala 1:5.000* -
- 4) “Ubicazione indagini geognostiche eseguite” - *disegno fuori scala* -
- 5) “Prove penetrometriche statiche CPT1-CPT2” - *dati e diagrammi* -
- 6) “Elaborazione prove penetrometriche statiche CPT1-CPT2”
- *Parametri Geotecnici (ogni 20 cm) da programma "CPTWIN ver. 3.2" Geosoft s.a.s.* -
- *Parametri Geotecnici (singolo strato) da programma "Static Probing" GeoStru s.r.l.* -
- 7) “Prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU3” - *dati e diagrammi* -
- 8) “Rischio di liquefazione e calcolo cedimenti post-sismici prove CPT1-CPT2”
- *dati e diagrammi Software LiqIT v.4.7.7.5 Geologismiki*-
- 9) “Tromografia digitale HVSR (Tromino ®)” - *dati e diagrammi* -

"INQUADRAMENTO COROGRAFICO"
- C.T.R. scala 1:25.000 -
Foglio n. 183 S-E "Novi di Modena"

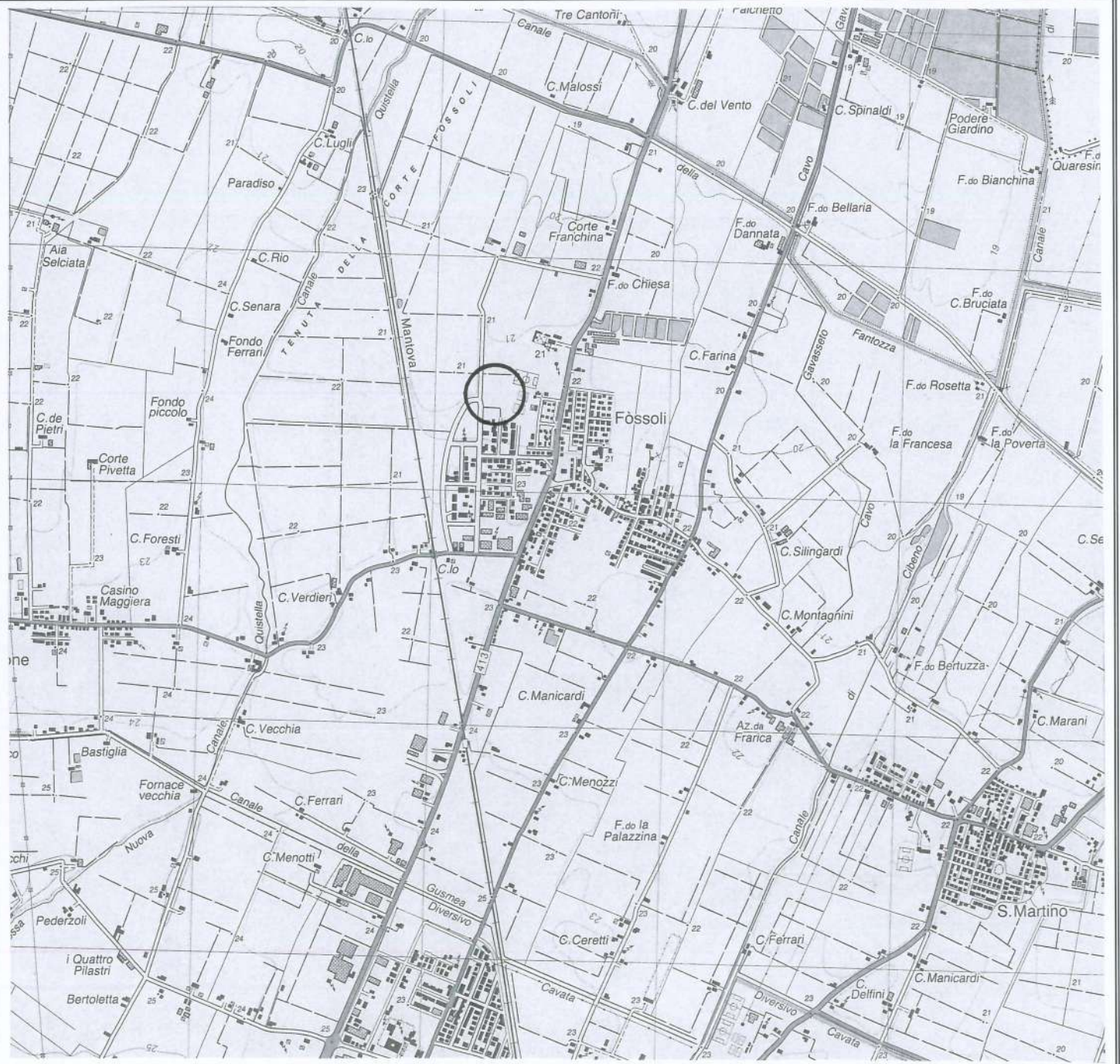
Allegato N. 1

Studio Tecnico Ambientale
GEOTECH
di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi
Via Martinelli, 51A Carpi (MO)
Tel. 059/654076 - Fax +391782215311

LEGENDA



Area di interesse

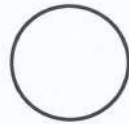


"INQUADRAMENTO GEOGRAFICO"
- C.T.R. scala 1:10.000 -
Sezione n. 183150 "Carpi"

Allegato N. 2

Studio Tecnico Ambientale
GEOTECH
di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi
Via Martinelli, 51A Carpi (MO)
Tel. 059/654076 - Fax +391782215311

LEGENDA



Area di interesse



“INQUADRAMENTO AREA DI INTERESSE”
- C.T.R. scala 1:5.000 -
Elemento n. 183151 “Casa del vento”

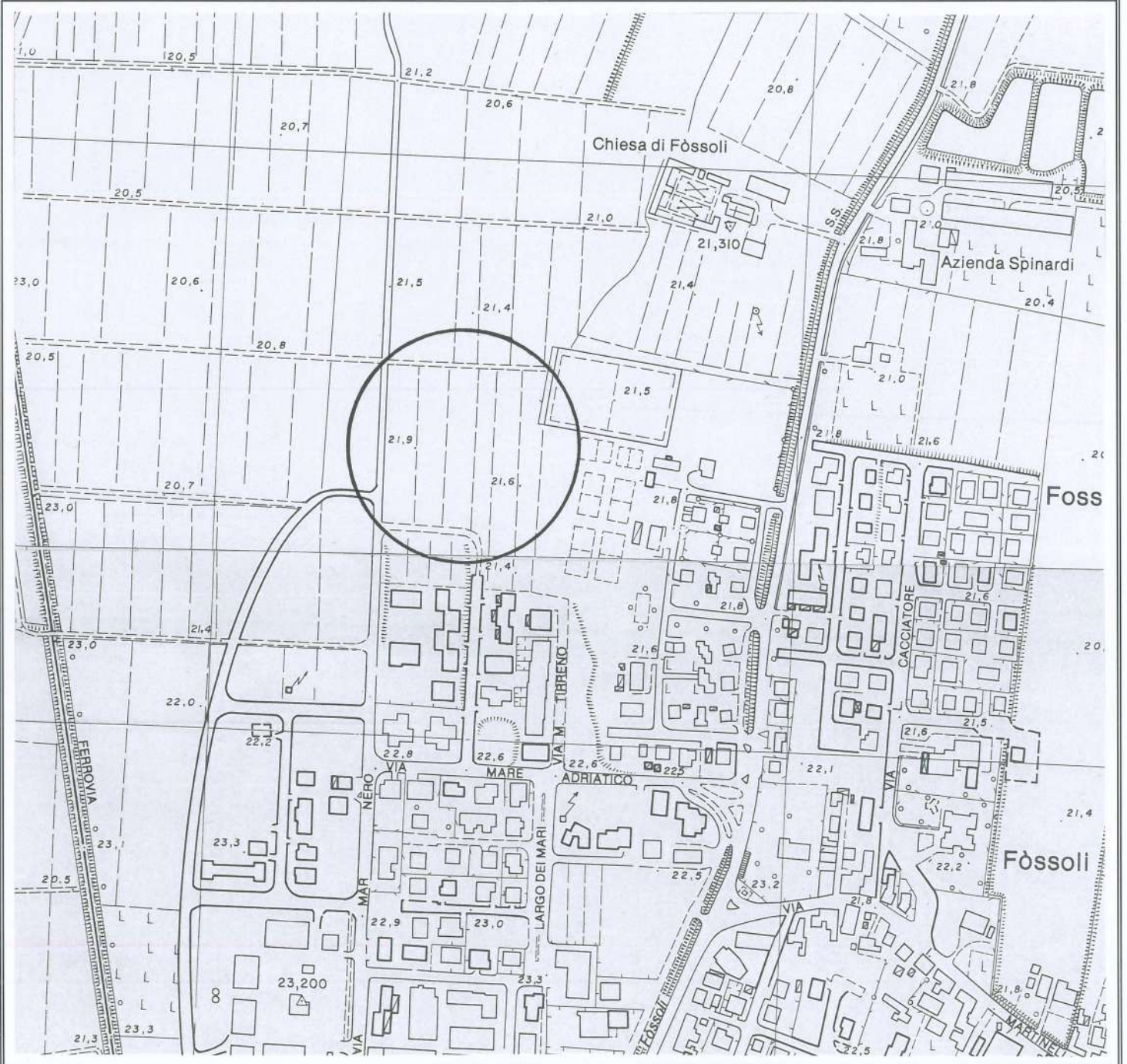
Allegato N. 3

Studio Tecnico Ambientale
GEOTECH
di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi
Via Martinelli, 51A Carpi (MO)
Tel. 059/654076 - Fax +391782215311

LEGENDA



Area di interesse



“UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE”
 planimetria generale P.P.I.P. B36 “Il bosco urbano”

- disegno fuori scala -

Allegato N. 4

Studio Tecnico Ambientale

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

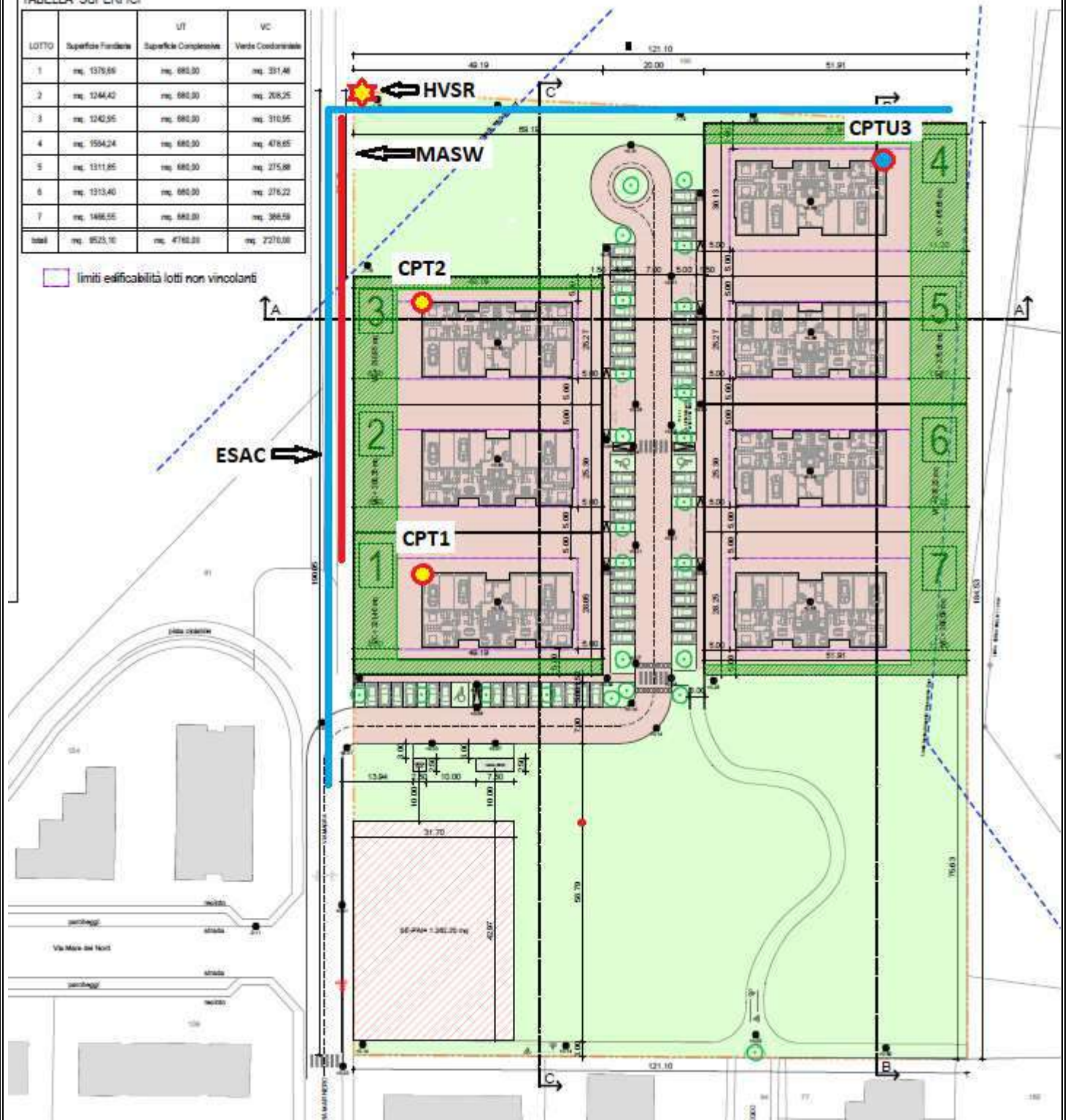
Via Martinelli, 51A Carpi (MO)

Tel. 059/654076 - Fax +391782215311

TABELLA SUPERFICI

LOTTO	Superficie Fondiaria	Superficie Complessiva	Verde Coordinabile
1	mq. 1379,66	mq. 680,00	mq. 331,46
2	mq. 1244,42	mq. 680,00	mq. 268,25
3	mq. 1242,95	mq. 680,00	mq. 310,95
4	mq. 1554,24	mq. 680,00	mq. 476,65
5	mq. 1311,85	mq. 680,00	mq. 275,68
6	mq. 1313,40	mq. 680,00	mq. 276,22
7	mq. 1489,55	mq. 680,00	mq. 308,59
totali	mq. 8525,10	mq. 4760,00	mq. 2270,00

□ limiti edificabilità lotti non vincolanti



Allegato N. 5

“PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT1-CPT2”

- dati e diagrammi -

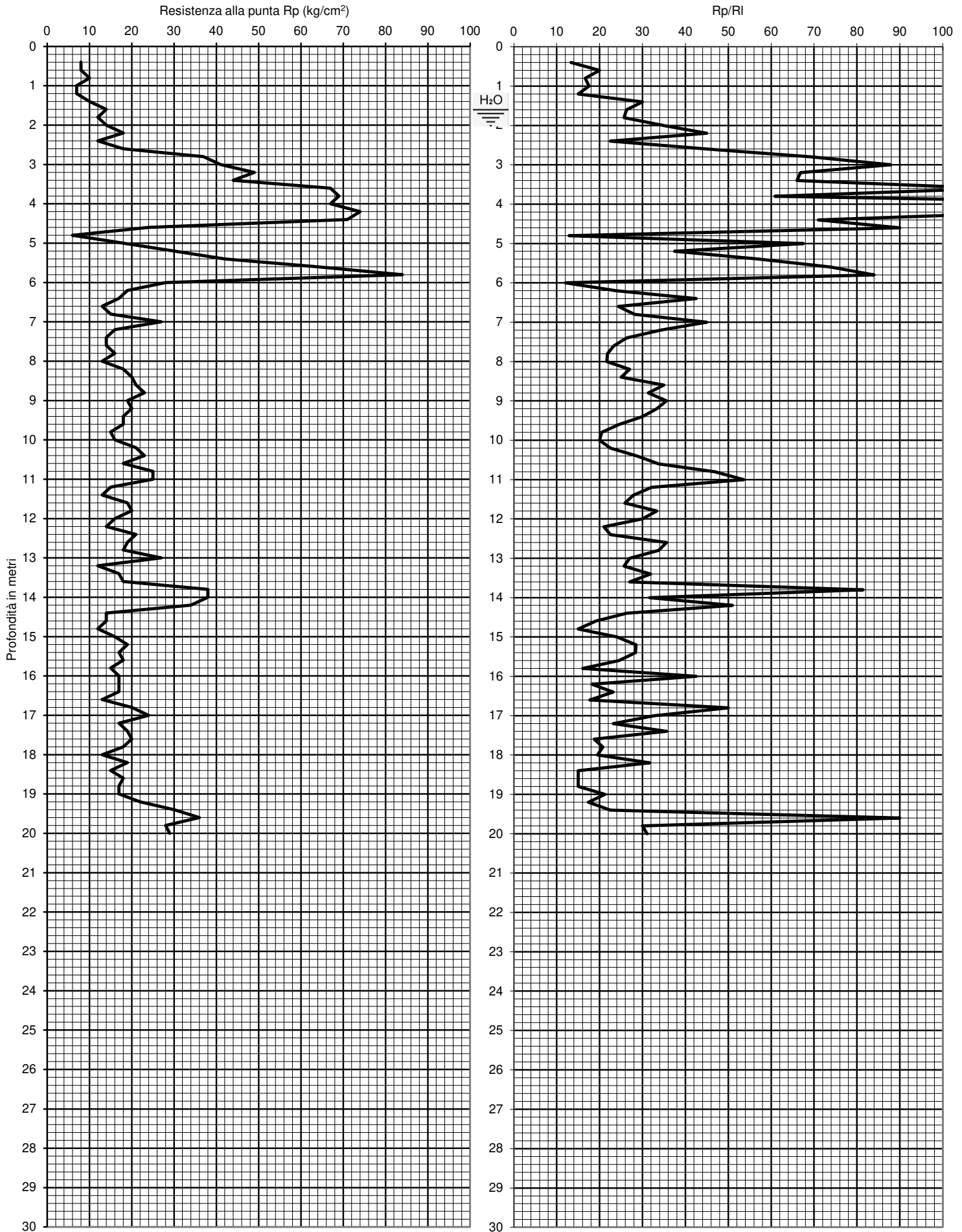
Studio Tecnico Ambientale

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

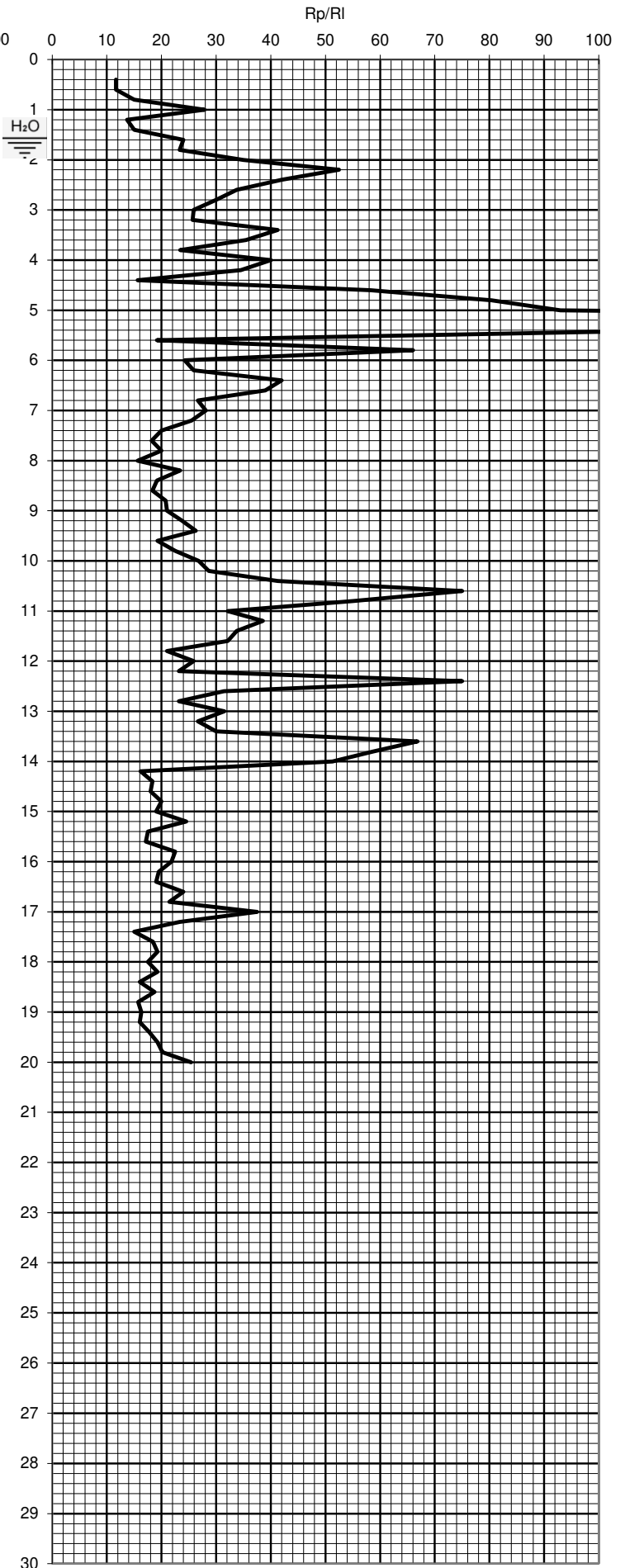
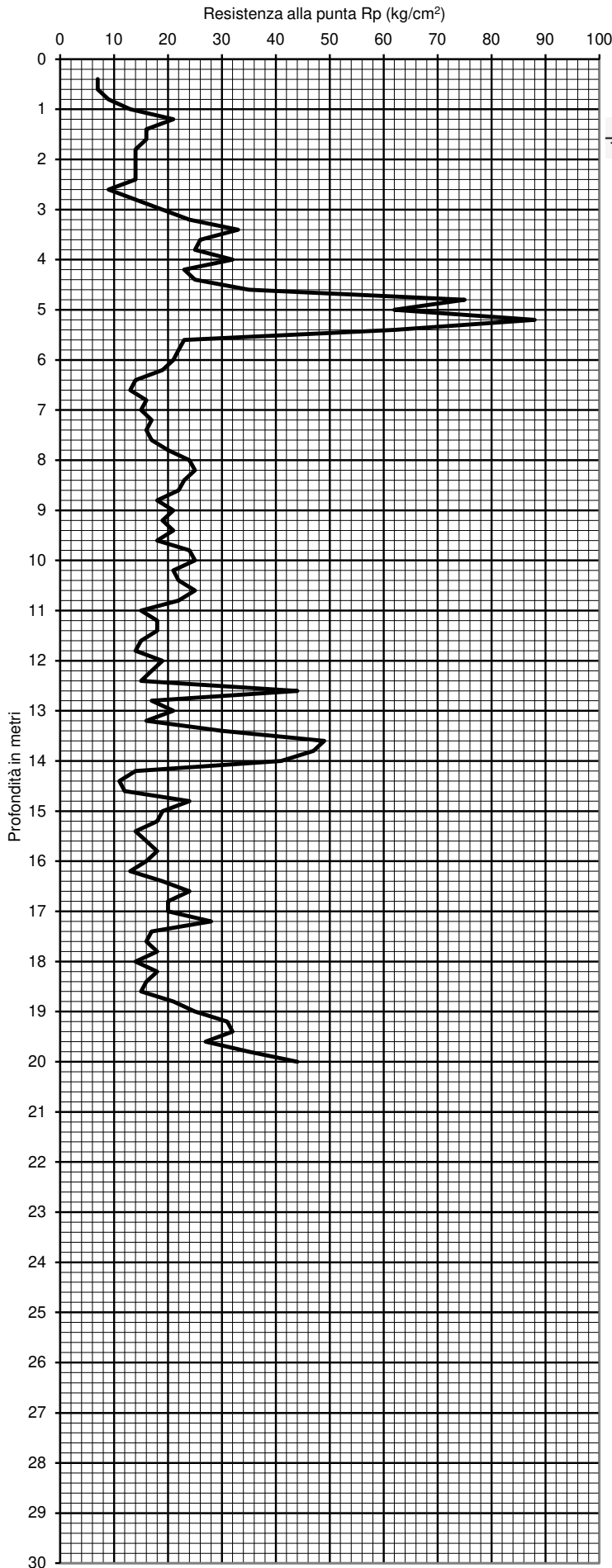
Via Martinelli, 51A - Fossoli di Carpi (MO)

Tel. 059/654076 Fax +391782215311



PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0,20					
0,40	8	16	8	0,60	13,33
0,60	8	17	8	0,40	20,00
0,80	10	16	10	0,60	16,67
1,00	7	16	7	0,40	17,50
1,20	7	13	7	0,47	15,00
1,40	10	17	10	0,33	30,00
1,60	14	19	14	0,53	26,25
1,80	12	20	12	0,47	25,71
2,00	14	21	14	0,40	35,00
2,20	18	24	18	0,40	45,00
2,40	12	18	12	0,53	22,50
2,60	18	26	18	0,40	45,00
2,80	37	43	37	0,53	69,38
3,00	41	49	41	0,47	87,86
3,20	49	56	49	0,73	66,82
3,40	44	55	44	0,67	66,00
3,60	67	77	67	0,60	111,67
3,80	69	78	69	1,13	60,88
4,00	67	84	67	0,40	167,50
4,20	74	80	74	0,60	123,33
4,40	71	80	71	1,00	71,00
4,60	24	39	24	0,27	90,00
4,80	6	10	6	0,47	12,86
5,00	18	25	18	0,27	67,50
5,20	30	34	30	0,80	37,50
5,40	42	54	42	0,73	57,27
5,60	64	75	64	0,87	73,85
5,80	84	97	84	1,00	84,00
6,00	28	43	28	2,33	12,00
6,20	19	54	19	0,80	23,75
6,40	17	29	17	0,40	42,50
6,60	13	19	13	0,53	24,38
6,80	15	23	15	0,53	28,13
7,00	27	35	27	0,60	45,00
7,20	16	25	16	0,47	34,29
7,40	14	21	14	0,53	26,25
7,60	14	22	14	0,60	23,33
7,80	16	25	16	0,73	21,82
8,00	13	24	13	0,60	21,67
8,20	18	27	18	0,67	27,00
8,40	20	30	20	0,80	25,00
8,60	21	33	21	0,60	35,00
8,80	23	32	23	0,73	31,36
9,00	19	30	19	0,53	35,63
9,20	20	28	20	0,60	33,33
9,40	18	27	18	0,60	30,00
9,60	18	27	18	0,73	24,55
9,80	15	26	15	0,73	20,45
10,00	16	27	16	0,80	20,00
10,20	21	33	21	0,93	22,50
10,40	23	37	23	0,80	28,75
10,60	18	30	18	0,53	33,75
10,80	25	33	25	0,53	46,88
11,00	25	33	25	0,47	53,57
11,20	15	22	15	0,47	32,14
11,40	13	20	13	0,47	27,86
11,60	19	26	19	0,73	25,91
11,80	20	31	20	0,60	33,33
12,00	16	25	16	0,53	30,00
12,20	14	22	14	0,67	21,00
12,40	21	31	21	0,93	22,50
12,60	19	33	19	0,53	35,63
12,80	18	26	18	0,53	33,75
13,00	27	35	27	1,00	27,00
13,20	12	27	12	0,47	25,71
13,40	17	24	17	0,53	31,88
13,60	18	26	18	0,67	27,00
13,80	38	48	38	0,47	81,43
14,00	38	45	38	1,20	31,67
14,20	34	52	34	0,67	51,00
14,40	14	24	14	0,53	26,25
14,60	14	22	14	0,73	19,09
14,80	12	23	12	0,80	15,00
15,00	16	28	16	0,67	24,00

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15,20	19	29	19	0,67	28,50
15,40	17	27	17	0,67	25,50
15,60	18	27	18	0,60	30,00
15,80	15	26	15	0,73	20,45
16,00	17	31	17	0,93	18,21
16,20	17	23	17	0,40	42,50
16,40	17	31	17	0,93	18,21
16,60	13	24	13	0,73	17,73
16,80	20	31	20	0,73	27,27
17,00	24	30	24	0,40	60,00
17,20	17	28	17	0,73	23,18
17,40	19	30	19	0,73	25,91
17,60	20	28	20	0,53	37,50
17,80	18	34	18	1,07	16,88
18,00	13	26	13	0,87	15,00
18,20	19	29	19	0,67	28,50
18,40	15	24	15	0,60	25,00
18,60	18	33	18	1,00	18,00
18,80	17	35	17	1,20	14,17
19,00	17	34	17	1,13	15,00
19,20	22	34	22	0,80	27,50
19,40	30	49	30	1,27	23,68
19,60	36	56	36	1,33	27,00
19,80	28	34	28	0,40	70,00
20,00	29	43	29	0,93	31,07
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0,20					
0,40	7	17	7	0,60	11,67
0,60	7	16	7	0,60	11,67
0,80	9	18	9	0,60	15,00
1,00	13	22	13	0,47	27,86
1,20	21	28	21	1,53	13,70
1,40	16	39	16	1,07	15,00
1,60	16	32	16	0,67	24,00
1,80	14	24	14	0,60	23,33
2,00	14	23	14	0,40	35,00
2,20	14	20	14	0,27	52,50
2,40	14	18	14	0,33	42,00
2,60	9	14	9	0,27	33,75
2,80	14	18	14	0,47	30,00
3,00	19	26	19	0,73	25,91
3,20	24	35	24	0,93	25,71
3,40	33	47	33	0,80	41,25
3,60	26	38	26	0,73	35,45
3,80	25	36	25	1,07	23,44
4,00	32	48	32	0,80	40,00
4,20	23	35	23	0,67	34,50
4,40	25	35	25	1,60	15,63
4,60	35	59	35	0,60	58,33
4,80	75	84	75	0,93	80,36
5,00	62	76	62	0,67	93,00
5,20	88	98	88	0,33	264,00
5,40	62	67	62	0,53	116,25
5,60	23	31	23	1,20	19,17
5,80	22	40	22	0,33	66,00
6,00	21	26	21	0,87	24,23
6,20	19	32	19	0,73	25,91
6,40	14	25	14	0,33	42,00
6,60	13	18	13	0,33	39,00
6,80	16	21	16	0,60	26,67
7,00	15	24	15	0,53	28,13
7,20	17	25	17	0,67	25,50
7,40	16	26	16	0,80	20,00
7,60	17	29	17	0,93	18,21
7,80	20	34	20	1,00	20,00
8,00	24	39	24	1,53	15,65
8,20	25	48	25	1,07	23,44
8,40	23	39	23	1,20	19,17
8,60	22	40	22	1,20	18,33
8,80	18	36	18	0,87	20,77
9,00	21	34	21	1,00	21,00
9,20	19	34	19	0,80	23,75
9,40	21	33	21	0,80	26,25
9,60	18	30	18	0,93	19,29
9,80	24	38	24	1,07	22,50
10,00	25	41	25	0,93	26,79
10,20	21	35	21	0,73	28,64
10,40	22	33	22	0,53	41,25
10,60	25	33	25	0,33	75,00
10,80	22	27	22	0,40	55,00
11,00	15	21	15	0,47	32,14
11,20	18	25	18	0,47	38,57
11,40	18	25	18	0,53	33,75
11,60	15	23	15	0,47	32,14
11,80	14	21	14	0,67	21,00
12,00	19	29	19	0,73	25,91
12,20	17	28	17	0,73	23,18
12,40	15	26	15	0,20	75,00
12,60	44	47	44	1,40	31,43
12,80	17	38	17	0,73	23,18
13,00	21	32	21	0,67	31,50
13,20	16	26	16	0,60	26,67
13,40	30	39	30	1,00	30,00
13,60	49	64	49	0,73	66,82
13,80	47	58	47	0,80	58,75
14,00	41	53	41	0,80	51,25
14,20	14	26	14	0,87	16,15
14,40	11	24	11	0,60	18,33
14,60	12	21	12	0,67	18,00
14,80	24	34	24	1,20	20,00
15,00	19	37	19	1,00	19,00

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15,20	18	33	18	1,00	18,00
15,40	14	25	14	0,73	19,09
15,60	16	28	16	0,80	20,00
15,80	18	32	18	0,93	19,29
16,00	16	28	16	0,80	20,00
16,20	13	24	13	0,73	17,73
16,40	19	29	19	0,67	28,50
16,60	24	39	24	1,00	24,00
16,80	20	35	20	1,00	20,00
17,00	20	34	20	0,93	21,43
17,20	28	36	28	0,53	52,50
17,40	17	35	17	1,20	14,17
17,60	16	33	16	1,13	14,12
17,80	18	31	18	0,87	20,77
18,00	14	28	14	0,93	15,00
18,20	18	30	18	0,80	22,50
18,40	16	30	16	0,93	17,14
18,60	15	30	15	1,00	15,00
18,80	21	33	21	0,80	26,25
19,00	25	45	25	1,33	18,75
19,20	31	54	31	1,53	20,22
19,40	32	61	32	1,93	16,55
19,60	27	54	27	1,80	15,00
19,80	35	56	35	1,40	25,00
20,00	44	70	44	1,73	25,38
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					

Allegato N. 6

“ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT1-CPT2”

- *parametri geotecnici (ogni 20 cm) da programma “CPTWIN ver. 3.2” Geosoft s.a.s. -*
- *parametri geotecnici (singolo strato) da programma “Static Probing” GeoStru s.r.l. -*

Studio Tecnico Ambientale

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via Martinelli, 51A - Fossoli di Carpi (MO)

Tel. 059/654076 Fax +391782215311

ANALISI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

- Programma CPTWIN ver. 3.2 -

Committente: Ecodomus s.r.l.
Localita': Via Mar Nero Fossoli Carpi (MO)
Lavoro: Progetto del P.P.I.P. B36 "Il bosco urbano"
Data: 17/12/2021

Legenda dei parametri geotecnici :

z = Profondità (m)
g = peso di volume (kN/mc)
sv = tensione litostatica totale (kPa)
sv' = tensione litostatica effettiva (kPa)
Uo = pressione nei pori (kPa)
Id = indice di densità (%)
f = angolo d'attrito (°)
Su = resistenza al taglio non drenata (kPa)
OCR = grado di sovraconsolidamento
M = modulo confinato (MPa)
Cc = Indice di Compressibilità (-)
Go = Modulo di Taglio (MPa)
Vs = Velocità onde di Taglio (m/s)

Prova penetrometrica statica CPT n. 1

Dati del Penetrometro :

Penetrometro Statico tipo Pagani da 100 KN.
Apertura cono = 60°
Area Punta = 10 cmq
Area Laterale = 150 cmq
Costante di trasformazione 'Ct': 1
Profondità della falda da p.d.c.: -1.60 da p.d.c..

*
*
*

- Parametri Geotecnici CPT1 -

z	g	sv	sv'	Uo	Id	f	Su	OCR	M	Cc	Go	Vs
0,2												
0,4	17,5	7,1	7,1	0,0			31,7	30	3,6	0,156	0,0	116
0,6	17,5	10,6	10,6	0,0			31,6	23,8	3,6	0,167	0,0	116
0,8	18,0	14,2	14,2	0,0			39,4	22,2	4	0,120	0,0	133
1,0	17,5	17,7	17,7	0,0			27,3	12,3	3,4	0,181	0,0	106
1,2	17,5	21,2	21,2	0,0			27,2	10,2	3,4	0,143	0,0	106
1,4	18,0	24,8	24,8	0,0			39	12,5	4	0,129	0,0	133
1,6	19,5	28,7	28,7	0,0	27	33,2		0	10,8		28,3	164
1,8	18,0	32,3	30,3	2,0			46,7	12,3	4,4	0,126	0,0	149
2,0	18,5	36,0	32,1	3,9			54,6	13,6	4,8	0,111	0,0	164
2,2	19,5	39,9	34,0	5,9	29	34,0		0	13,4		34,6	192
2,4	18,5	43,6	35,8	7,8			46,3	10,3	4,4	0,111	0,0	149
2,6	19,5	47,5	37,7	9,8	29	33,8		0	13,4		34,3	192
2,8	20,0	51,5	39,7	11,8	40	37,1		0	22,8		57,3	302
3,0	20,0	55,5	41,8	13,7	42	37,5		0	24,4		61,0	322
3,2	20,0	59,5	43,8	15,7	45	38,2		0	27,7		68,7	360
3,4	20,0	63,5	45,8	17,7	42	37,6		0	26,2		65,0	337
3,6	20,0	67,5	47,9	19,6	52	39,5		0	33,5		82,0	439
3,8	20,0	71,5	49,9	21,6	52	39,5		0	34,5		84,2	447
4,0	20,0	75,5	52,0	23,5	51	39,3		0	34,1		83,0	439
4,2	20,5	79,6	54,1	25,5	50	39,7		0	38,3		93,1	467
4,4	20,0	83,6	56,1	27,5	51	39,4		0	36,2		87,4	455
4,6	18,5	87,3	57,9	29,4			92,5	12,7	6,8	0,122	0,0	230
4,8	18,0	90,9	59,5	31,4			20,39	2,7	3,2	0,126	0,0	97
5,0	19,5	94,8	61,4	33,4	24	32,6		0	14,6		36,2	192
5,2	20,0	98,8	63,5	35,3	32	35,0		0	21,2		51,9	265
5,4	20,0	102,8	65,5	37,3	38	36,5		0	26,8		64,9	327
5,6	20,0	106,8	67,6	39,2	46	38,5		0	35,5		85,1	426
5,8	20,0	110,8	69,6	41,2	53	39,7		0	41,3		98,0	505
6,0	18,5	114,5	71,3	43,2			107,4	12	7,6	0,115	0,0	254
6,2	17,5	118,0	72,9	45,1			71,3	7,8	5,7	0,230	0,0	199
6,4	18,0	121,6	74,5	47,1			63,1	6,7	5,4	0,130	0,0	186
6,6	18,5	125,3	76,3	49,1			47	4,9	4,6	0,108	0,0	157
6,8	18,5	129,0	78,0	51,0			54,8	5,6	4,9	0,114	0,0	172
7,0	20,0	133,0	80,0	53,0	29	33,9		0	20,1		48,4	248
7,2	18,5	136,7	81,8	54,9			58,5	5,7	5,2	0,117	0,0	179
7,4	18,5	140,4	83,5	56,9			50,4	4,8	4,8	0,111	0,0	164
7,6	18,5	144,1	85,2	58,9			50,2	4,7	4,8	0,118	0,0	164
7,8	18,5	147,8	87,0	60,8			58,1	5,3	5,2	0,117	0,0	179
8,0	18,0	151,4	88,6	62,8			45,9	4,1	4,6	0,142	0,0	157
8,2	18,5	155,1	90,4	64,7			65,8	5,8	5,6	0,111	0,0	192
8,4	18,5	158,8	92,1	66,7			73,59	6,3	6	0,111	0,0	205
8,6	18,5	162,5	93,8	68,7			77,5	6,6	6,2	0,118	0,0	212
8,8	19,5	166,4	95,8	70,6	26	32,7		0	18		43,0	224
9,0	18,5	170,1	97,5	72,6			69,2	5,6	5,7	0,118	0,0	199
9,2	19,5	174,0	99,4	74,6	24	32,0		0	16,2		38,7	205
9,4	18,5	177,7	101,2	76,5			64,9	5,1	5,6	0,111	0,0	192
9,6	18,5	181,4	102,9	78,5			64,7	5	5,6	0,111	0,0	192
9,8	18,0	185,0	104,6	80,4			52,6	4	4,9	0,132	0,0	172
10,0	18,0	188,6	106,2	82,4			56,5	4,2	5,2	0,128	0,0	179

ANALISI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

- Programma CPTWIN ver. 3.2 -

Committente: Ecodomus s.r.l.
Localita': Via Mar Nero Fossoli Carpi (MO)
Lavoro: Progetto del P.P.I.P. B36 "Il bosco urbano"
Data: 17/12/2021

Legenda dei parametri geotecnici :

z = Profondità (m)
g = peso di volume (kN/mc)
sv = tensione litostatica totale (kPa)
sv' = tensione litostatica effettiva (kPa)
Uo = pressione nei pori (kPa)
Id = indice di densità (%)
f = angolo d'attrito (°)
Su = resistenza al taglio non drenata (kPa)
OCR = grado di sovraconsolidamento
M = modulo confinato (MPa)
Cc = Indice di Compressibilità (-)
Go = Modulo di Taglio (MPa)
Vs = Velocità onde di Taglio (m/s)

Prova penetrometrica statica CPT n. 1

Dati del Penetrometro :

Penetrometro Statico tipo Pagani da 100 KN.
Apertura cono = 60°
Area Punta = 10 cmq
Area Laterale = 150 cmq
Costante di trasformazione 'Ct': 1
Profondità della falda da p.d.c.: -1.60 da p.d.c..

*
*
*

- Parametri Geotecnici CPT1 -

z	g	sv	sv'	Uo	Id	f	Su	OCR	M	Cc	Go	Vs
10,2	18,5	192,3	107,9	84,4			76,3	5,6	6,2	0,118	0,0	212
10,4	18,5	196,0	109,7	86,3			84,2	6,1	6,6	0,121	0,0	224
10,6	18,0	199,6	111,3	88,3			64	4,6	5,6	0,126	0,0	192
10,8	19,5	203,5	113,2	90,3	26	32,7		0	19,6		46,1	236
11,0	19,5	207,4	115,2	92,2	24	32,7		0	20,3		47,8	236
11,2	18,5	211,1	116,9	94,2			51,6	3,5	4,9	0,108	0,0	172
11,4	18,5	214,8	118,7	96,1			43,4	2,9	4,6	0,115	0,0	157
11,6	19,5	218,7	120,6	98,1	22	31,3		0	15,9		37,5	199
11,8	18,5	222,4	122,3	100,1			71,09	4,6	6	0,116	0,0	205
12,0	18,5	226,1	124,1	102,0			55	3,5	5,2	0,117	0,0	179
12,2	18,5	229,8	125,8	104,0			46,8	2,9	4,8	0,118	0,0	164
12,4	18,5	233,5	127,6	105,9			74,7	4,6	6,2	0,109	0,0	212
12,6	18,0	237,1	129,2	107,9			66,5	4,1	5,7	0,132	0,0	199
12,8	19,5	241,0	131,1	109,9	21	30,8		0	15,4		36,0	192
13,0	20,0	245,0	133,2	111,8	24	32,7		0	21,9		51,0	248
13,2	17,5	248,5	134,7	113,8			38,1	2,2	4,4	0,178	0,0	149
13,4	19,5	252,4	136,6	115,8	20	30,4		0	14,8		34,5	186
13,6	19,5	256,3	138,6	117,7	21	30,7		0	15,4		35,8	192
13,8	20,0	260,3	140,6	119,7	30	34,2		0	27,8		64,0	307
14,0	20,0	264,3	142,7	121,6	30	34,2		0	27,8		63,9	307
14,2	18,5	268,0	144,4	123,6			125,3	6,9	8,8	0,114	0,0	287
14,4	18,0	271,6	146,0	125,6			45,1	2,4	4,8	0,130	0,0	164
14,6	18,5	275,3	147,8	127,5			45	2,4	4,8	0,118	0,0	164
14,8	17,5	278,8	149,3	129,5			36,79	1,9	4,4	0,148	0,0	149
15,0	18,0	282,4	150,9	131,5			52,7	2,7	5,2	0,134	0,0	179
15,2	18,5	286,1	152,7	133,4			64,59	3,3	5,7	0,114	0,0	199
15,4	18,5	289,8	154,4	135,4			56,4	2,9	5,4	0,119	0,0	186
15,6	18,5	293,5	156,2	137,3			60,3	3	5,6	0,111	0,0	192
15,8	18,0	297,1	157,8	139,3			48,1	2,4	4,9	0,132	0,0	172
16,0	18,0	300,7	159,4	141,3			56	2,8	5,4	0,140	0,0	186
16,2	19,5	304,6	161,4	143,2	19	30,0		0	15		34,7	186
16,4	18,0	308,2	163,0	145,2			55,7	2,7	5,4	0,140	0,0	186
16,6	18,0	311,8	164,7	147,2			39,5	1,9	4,6	0,142	0,0	157
16,8	18,5	315,5	166,4	149,1			67,4	3,2	6	0,116	0,0	205
17,0	20,0	319,5	168,4	151,1	23	31,6		0	19,8		45,3	230
17,2	18,0	323,1	170,1	153,0			55,1	2,5	5,4	0,124	0,0	186
17,4	18,5	326,8	171,8	155,0			62,9	2,9	5,7	0,118	0,0	199
17,6	19,5	330,7	173,7	157,0	21	30,6		0	17,1		39,1	205
17,8	18,0	334,3	175,4	158,9			58,6	2,6	5,6	0,146	0,0	192
18,0	17,5	337,8	176,9	160,9			38,5	1,7	4,6	0,156	0,0	157
18,2	18,5	341,5	178,7	162,8			62,3	2,7	5,7	0,114	0,0	199
18,4	18,5	345,2	180,4	164,8			46,2	2	4,9	0,120	0,0	172
18,6	18,0	348,8	182,0	166,8			58	2,5	5,6	0,141	0,0	192
18,8	17,5	352,3	183,6	168,7			53,9	2,3	5,4	0,161	0,0	186
19,0	17,5	355,8	185,1	170,7			53,8	2,3	5,4	0,156	0,0	186
19,2	18,5	359,5	186,8	172,7			73,59	3,1	6,4	0,115	0,0	218
19,4	18,5	363,2	188,6	174,6			105,5	4,4	8	0,123	0,0	265
19,6	18,5	366,9	190,3	176,6			129,3	5,4	9,2	0,116	0,0	297
19,8	20,0	370,9	192,4	178,5	24	32,0		0	22,7		51,4	254
20,0	18,5	374,6	194,1	180,5			101	4,1	7,8	0,110	0,0	259

ANALISI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

- Programma CPTWIN ver. 3.2 -

Committente: Ecodomus s.r.l.
Localita': Via Mar Nero Fossoli Carpi (MO)
Lavoro: Progetto del P.P.I.P. B36 "Il bosco urbano"
Data: 17/12/2021

Legenda dei parametri geotecnici :

z = Profondità (m)
g = peso di volume (kN/mc)
sv = tensione litostatica totale (kPa)
sv' = tensione litostatica effettiva (kPa)
Uo = pressione nei pori (kPa)
Id = indice di densità (%)
f = angolo d'attrito (°)
Su = resistenza al taglio non drenata (kPa)
OCR = grado di sovraconsolidamento
M = modulo confinato (MPa)
Cc = Indice di Compressibilità (-)
Go = Modulo di Taglio (MPa)
Vs = Velocità onde di Taglio (m/s)

Prova penetrometrica statica CPT n. 2

Dati del Penetrometro :

Penetrometro Statico tipo Pagani da 100 KN.
Apertura cono = 60°
Area Punta = 10 cmq
Area Laterale = 150 cmq
Costante di trasformazione 'Ct': 1
Profondità della falda da p.d.c.: -1.60 da p.d.c..

*
*
*

- Parametri Geotecnici CPT2 -

z	g	sv	sv'	Uo	Id	f	Su	OCR	M	Cc	Go	Vs
0,2												
0,4	17,5	7,1	7,1	0,0			27,7	30	3,4	0,194	0,0	106
0,6	17,5	10,6	10,6	0,0			27,6	20,8	3,4	0,181	0,0	106
0,8	17,5	14,1	14,1	0,0			35,4	20,1	3,8	0,156	0,0	125
1,0	18,0	17,7	17,7	0,0			51,3	23,1	4,6	0,128	0,0	157
1,2	19,5	21,6	21,6	0,0	35	35,9	0	0	14,1		37,5	212
1,4	17,5	25,1	25,1	0,0			63	20	5,2	0,194	0,0	179
1,6	17,5	28,6	28,6	0,0			62,9	17,5	5,2	0,156	0,0	179
1,8	18,0	32,2	30,2	2,0			54,7	14,4	4,8	0,130	0,0	164
2,0	18,0	35,8	31,9	3,9			54,6	13,6	4,8	0,124	0,0	164
2,2	19,5	39,7	33,8	5,9	25	32,8	0	0	11,1		29,0	164
2,4	20,0	43,7	35,9	7,8	24	32,7	0	0	11,3		29,4	164
2,6	18,0	47,3	37,5	9,8			34,1	7,2	3,8	0,116	0,0	125
2,8	20,0	51,3	39,5	11,8	25	32,5	0	0	11,1		28,6	164
3,0	19,5	55,2	41,5	13,7	29	33,8	0	0	14,1		35,9	199
3,2	19,5	59,1	43,4	15,7	32	34,8	0	0	16,9		42,8	230
3,4	19,5	63,0	45,3	17,7	37	36,2	0	0	21,4		53,5	281
3,6	19,5	66,9	47,3	19,6	32	35,0	0	0	18,4		46,0	242
3,8	19,5	70,8	49,2	21,6	31	34,7	0	0	18		45,0	236
4,0	18,5	74,5	51,0	23,5			125	19,6	8,4	0,111	0,0	276
4,2	18,5	78,2	52,7	25,5			88,9	13,4	6,6	0,113	0,0	224
4,4	19,5	82,1	54,6	27,5	31	34,5	0	0	18		44,6	236
4,6	18,5	85,8	56,4	29,4			136,6	19,3	8,9	0,128	0,0	292
4,8	20,0	89,8	58,4	31,4	52	39,6	0	0	37,5		90,4	471
5,0	20,0	93,8	60,4	33,4	47	38,6	0	0	33,8		81,7	418
5,2	20,0	97,8	62,5	35,3	56	40,2	0	0	41,1		98,0	520
5,4	20,5	101,9	64,6	37,3	44	38,4	0	0	35,6		85,9	418
5,6	19,5	105,8	66,6	39,2	28	33,6	0	0	17,4		42,7	224
5,8	18,0	109,4	68,2	41,2			83,6	9,8	6,4	0,140	0,0	218
6,0	20,0	113,4	70,2	43,2	26	33,0	0	0	16,4		40,2	212
6,2	18,0	117,0	71,9	45,1			71,3	7,9	5,7	0,128	0,0	199
6,4	18,0	120,6	73,5	47,1			51,2	5,5	4,8	0,137	0,0	164
6,6	19,5	124,5	75,5	49,1	20	30,6	0	0	11,3		27,7	157
6,8	20,0	128,5	77,5	51,0	22	31,5	0	0	13,4		32,7	179
7,0	18,5	132,2	79,2	53,0			54,7	5,5	4,9	0,120	0,0	172
7,2	18,5	135,9	81,0	54,9			62,6	6,1	5,4	0,109	0,0	186
7,4	18,0	139,5	82,6	56,9			58,4	5,6	5,2	0,122	0,0	179
7,6	18,0	143,1	84,2	58,9			62,3	5,9	5,4	0,130	0,0	186
7,8	18,0	146,7	85,9	60,8			74,09	6,9	6	0,129	0,0	205
8,0	18,5	150,4	87,6	62,8			90	8,2	6,8	0,122	0,0	230
8,2	18,0	154,0	89,3	64,7			93,8	8,4	7	0,149	0,0	236
8,4	18,0	157,6	90,9	66,7			85,7	7,5	6,6	0,129	0,0	224
8,6	18,0	161,2	92,5	68,7			81,59	7	6,4	0,140	0,0	218
8,8	18,0	164,8	94,2	70,6			65,4	5,5	5,6	0,156	0,0	192
9,0	18,5	168,5	95,9	72,6			77,3	6,4	6,2	0,122	0,0	212
9,2	18,0	172,1	97,5	74,6			69,09	5,6	5,7	0,137	0,0	199
9,4	18,5	175,8	99,3	76,5			77	6,2	6,2	0,118	0,0	212
9,6	18,0	179,4	100,9	78,5			64,8	5,1	5,6	0,126	0,0	192
9,8	18,5	183,1	102,7	80,4			88,7	6,9	6,8	0,119	0,0	230
10,0	18,5	186,8	104,4	82,4			92,5	7	7	0,124	0,0	236

ANALISI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

- Programma CPTWIN ver. 3.2 -

Committente: Ecodomus s.r.l.
Località: Via Mar Nero Fossoli Carpi (MO)
Lavoro: Progetto del P.P.I.P. B36 "Il bosco urbano"
Data: 17/12/2021

Legenda dei parametri geotecnici :

z = Profondità (m)
g = peso di volume (kN/mc)
sv = tensione litostatica totale (kPa)
sv' = tensione litostatica effettiva (kPa)
Uo = pressione nei pori (kPa)
Id = indice di densità (%)
f = angolo d'attrito (°)
Su = resistenza al taglio non drenata (kPa)
OCR = grado di sovraconsolidamento
M = modulo confinato (MPa)
Cc = Indice di Compressibilità (-)
Go = Modulo di Taglio (MPa)
Vs = Velocità onde di Taglio (m/s)

Prova penetrometrica statica CPT n. 2

Dati del Penetrometro :

Penetrometro Statico tipo Pagani da 100 KN.
Apertura cono = 60°
Area Punta = 10 cmq
Area Laterale = 150 cmq
Costante di trasformazione 'Ct': 1
Profondità della falda da p.d.c.: -1.60 da p.d.c..

*
*
*

- Parametri Geotecnici CPT2 -

z	g	sv	sv'	Uo	Id	f	Su	OCR	M	Cc	Go	Vs
10,2	18,0	190,4	106,0	84,4			76,4	5,7	6,2	0,126	0,0	212
10,4	18,5	194,1	107,8	86,3			80,2	5,9	6,4	0,111	0,0	218
10,6	19,5	198,0	109,7	88,3	25	32,8		0	19,9		47,1	236
10,8	20,0	202,0	111,7	90,3	24	32,1		0	17,8		42,1	218
11,0	19,5	205,9	113,7	92,2	20	30,3		0	13		30,9	172
11,2	19,5	209,8	115,6	94,2	22	31,1		0	15,1		35,7	192
11,4	19,5	213,7	117,6	96,1	21	31,1		0	15,4		36,3	192
11,6	18,5	217,4	119,3	98,1			51,3	3,4	4,9	0,114	0,0	172
11,8	18,5	221,1	121,0	100,1			47,2	3,1	4,8	0,111	0,0	164
12,0	18,5	224,8	122,8	102,0			67	4,3	5,7	0,114	0,0	199
12,2	18,0	228,4	124,4	104,0			58,9	3,7	5,4	0,124	0,0	186
12,4	18,0	232,0	126,1	105,9			50,7	3,2	4,9	0,132	0,0	172
12,6	20,5	236,1	128,2	107,9	31	35,1		0	31,6		73,3	337
12,8	17,5	239,6	129,7	109,9			58,4	3,6	5,4	0,177	0,0	186
13,0	18,5	243,3	131,5	111,8			74,3	4,5	6,2	0,113	0,0	212
13,2	18,0	246,9	133,1	113,8			54,1	3,2	5,2	0,122	0,0	179
13,4	20,0	250,9	135,1	115,8	27	33,2		0	23,1		53,6	265
13,6	20,0	254,9	137,2	117,7	34	35,5		0	33,5		76,8	360
13,8	20,0	258,9	139,2	119,7	33	35,2		0	32,7		75,0	351
14,0	20,0	262,9	141,3	121,6	31	34,6		0	29,5		67,8	322
14,2	18,0	266,5	142,9	123,6			45,3	2,5	4,8	0,143	0,0	164
14,4	17,5	270,0	144,4	125,6			33,2	1,8	4,2	0,172	0,0	141
14,6	18,0	273,6	146,1	127,5			37,1	2	4,4	0,134	0,0	149
14,8	19,5	277,5	148,0	129,5	23	31,9		0	19,8		45,8	230
15,0	18,0	281,1	149,6	131,5			64,8	3,4	5,7	0,151	0,0	199
15,2	18,0	284,7	151,3	133,4			60,6	3,2	5,6	0,141	0,0	192
15,4	18,0	288,3	152,9	135,4			44,5	2,3	4,8	0,137	0,0	164
15,6	18,0	291,9	154,6	137,3			52,3	2,7	5,2	0,134	0,0	179
15,8	18,0	295,5	156,2	139,3			60,2	3	5,6	0,136	0,0	192
16,0	18,0	299,1	157,8	141,3			52	2,6	5,2	0,134	0,0	179
16,2	18,0	302,7	159,5	143,2			39,9	2	4,6	0,142	0,0	157
16,4	18,5	306,4	161,2	145,2			63,7	3,1	5,7	0,114	0,0	199
16,6	18,5	310,1	163,0	147,2			83,6	4,1	6,8	0,122	0,0	230
16,8	18,0	313,7	164,6	149,1			67,5	3,2	6	0,134	0,0	205
17,0	18,0	317,3	166,2	151,1			67,3	3,2	6	0,129	0,0	205
17,2	20,0	321,3	168,3	153,0	24	32,3		0	22,7		51,9	254
17,4	17,5	324,8	169,8	155,0			55	2,5	5,4	0,161	0,0	186
17,6	17,5	328,3	171,3	157,0			50,9	2,3	5,2	0,161	0,0	179
17,8	18,0	331,9	173,0	158,9			58,7	2,7	5,6	0,131	0,0	192
18,0	17,5	335,4	174,5	160,9			42,6	1,9	4,8	0,156	0,0	164
18,2	18,0	339,0	176,2	162,8			58,4	2,6	5,6	0,126	0,0	192
18,4	18,0	342,6	177,8	164,8			50,3	2,2	5,2	0,145	0,0	179
18,6	17,5	346,1	179,3	166,8			46,2	2	4,9	0,156	0,0	172
18,8	18,5	349,8	181,1	168,7			70	3	6,2	0,118	0,0	212
19,0	18,0	353,4	182,7	170,7			85,9	3,7	7	0,138	0,0	236
19,2	18,0	357,0	184,3	172,7			109,7	4,7	8,2	0,133	0,0	270
19,4	18,0	360,6	186,0	174,6			113,6	4,8	8,4	0,147	0,0	276
19,6	18,0	364,2	187,6	176,6			93,4	3,9	7,4	0,156	0,0	248
19,8	18,5	367,9	189,4	178,5			125,3	5,2	8,9	0,120	0,0	292
20,0	18,5	371,6	191,1	180,5			161,1	6,7	10,8	0,119	0,0	337

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA CPT1
Via Mar Nero Fossoli di Carpi (MO)

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Terzaghi	0,5
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Terzaghi	0,9
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Terzaghi	0,9
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Terzaghi	1,5

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	43,5
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Metodo generale del modulo Edometrico	45,6
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Metodo generale del modulo Edometrico	47,3
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Metodo generale del modulo Edometrico	58,0

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Cancelli 1980	366,5
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Cancelli 1980	640,8
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Cancelli 1980	569,1
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Cancelli 1980	1012,2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Imai & Tomauchi	114,3
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Imai & Tomauchi	164,9
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Imai & Tomauchi	157,6
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Imai & Tomauchi	219,1

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Piacentini Righi 1978	3,92
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Piacentini Righi 1978	3,02
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Piacentini Righi 1978	2,71

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Meyerhof	1,9
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Meyerhof	2,0

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	0,2	0,026
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	0,14001	0,0182
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	0,14562	0,01893
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	0,11286	0,01467

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Meyerhof	2,0
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Meyerhof	2,0
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	171,84
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	247,15
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	261,40
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	294,79

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Harman	57,3
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Harman	27,9
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Harman	12,7

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Schmertmann	35,8
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Schmertmann	31,3
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Schmertmann	28,9

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Buisman - Sanglerat	134,5
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Buisman - Sanglerat	110,0
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Buisman - Sanglerat	145,0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Imai & Tomauchi	286,0
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Imai & Tomauchi	252,9
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Imai & Tomauchi	219,1

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Larsson 1991 S.G.I.	1,6
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,51
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Kulhawy & Mayne (1990)	0,24
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	0,10853	0,01411
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	0,11459	0,0149
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	0,11286	0,01467

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Meyerhof	1,9
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Meyerhof	1,8
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Meyerhof	2,2
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Meyerhof	2,1
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	297,39
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	317,72
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	310,81

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	6,95E-09
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Piacentini-Righi 1988	1,72E-03
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Piacentini-Righi 1988	1,26E-06
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Piacentini-Righi 1988	2,62E-04
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Piacentini-Righi 1988	1,22E-08
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Piacentini-Righi 1988	2,35E-05

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	2,40	10,0	0,472222	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	2,086083E-04
Strato 2	6,20	44,84211	0,740351	0,9	0,6	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 3	13,60	18,21622	0,627027	2,0	1,1	Piacentini-Righi 1988	6,878944E-02
Strato 4	14,20	36,66667	0,777778	2,7	1,5	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 5	19,00	16,91667	0,758333	3,2	1,7	Piacentini-Righi 1988	6,20382E-04
Strato 6	20,00	29,0	0,786667	3,8	2,0	Piacentini-Righi 1988	2,046972

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA CPT2
Via Mar Nero Fossoli di Carpi (MO)

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Terzaghi	0,6
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Terzaghi	1,0
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Terzaghi	0,9
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Terzaghi	1,7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	46,9
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Metodo generale del modulo Edometrico	41,4
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Metodo generale del modulo Edometrico	45,9
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Metodo generale del modulo Edometrico	67,6

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Cancelli 1980	444,1
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Cancelli 1980	733,2
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Cancelli 1980	607,7
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Cancelli 1980	1190,2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Imai & Tomauchi	128,3
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Imai & Tomauchi	178,3
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Imai & Tomauchi	163,7
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Imai & Tomauchi	240,6

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Piacentini Righi 1978	4,64
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Piacentini Righi 1978	3,57
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Piacentini Righi 1978	4,6

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Meyerhof	2,0
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Meyerhof	1,9
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Meyerhof	2,1

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	0,17707	0,02302
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	0,13124	0,01706
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	0,14089	0,01832
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	0,11736	0,01526

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Meyerhof	2,0
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Meyerhof	2,0
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Meyerhof	2,0
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	179,29
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	253,76
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	265,64
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	304,37

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Harman	47,1
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Harman	14,5
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Harman	24,4
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Harman	17,3

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Schmertmann	34,3
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Schmertmann	29,3
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Schmertmann	30,7
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Schmertmann	29,6

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Buisman - Sanglerat	100,6
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Buisman - Sanglerat	103,5
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Buisman - Sanglerat	102,0
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Buisman - Sanglerat	101,4

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Imai & Tomauchi	239,4
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Imai & Tomauchi	178,3
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Imai & Tomauchi	241,5
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Imai & Tomauchi	240,6

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Larsson 1991 S.G.I.	2,3
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Larsson 1991 S.G.I.	<0,5
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Larsson 1991 S.G.I.	<0,5
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Larsson 1991 S.G.I.	<0,5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,42
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,23
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	0,11764	0,01529
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	0,13124	0,01706
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	0,11715	0,01523
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	0,11736	0,01526

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Meyerhof	1,8
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Meyerhof	1,8
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Meyerhof	1,8
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Meyerhof	2,1
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Meyerhof	2,1
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	276,75
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	266,45
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	313,21
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	324,06

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	2,67E-10
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Piacentini-Righi 1988	1,64E-04
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Piacentini-Righi 1988	4,56E-07
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Piacentini-Righi 1988	7,77E-05
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Piacentini-Righi 1988	4,67E-10
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Piacentini-Righi 1988	3,67E-08

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	2,40	12,08333	0,65	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	9,670572E-06
Strato 2	6,20	33,52632	0,750877	0,9	0,6	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 3	13,60	20,7027	0,756757	2,0	1,2	Piacentini-Righi 1988	0,0283465
Strato 4	14,20	34,0	0,822222	2,8	1,6	Piacentini-Righi 1988	7,920692
Strato 5	19,00	18,0	0,922222	3,3	1,8	Piacentini-Righi 1988	2,523292E-05
Strato 6	20,00	33,8	1,373333	3,9	2,1	Piacentini-Righi 1988	3,721215E-03

Allegato N. 7

“PROVA PENETROMETRICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO CPTU3”

- dati e diagrammi -

Studio Tecnico Ambientale

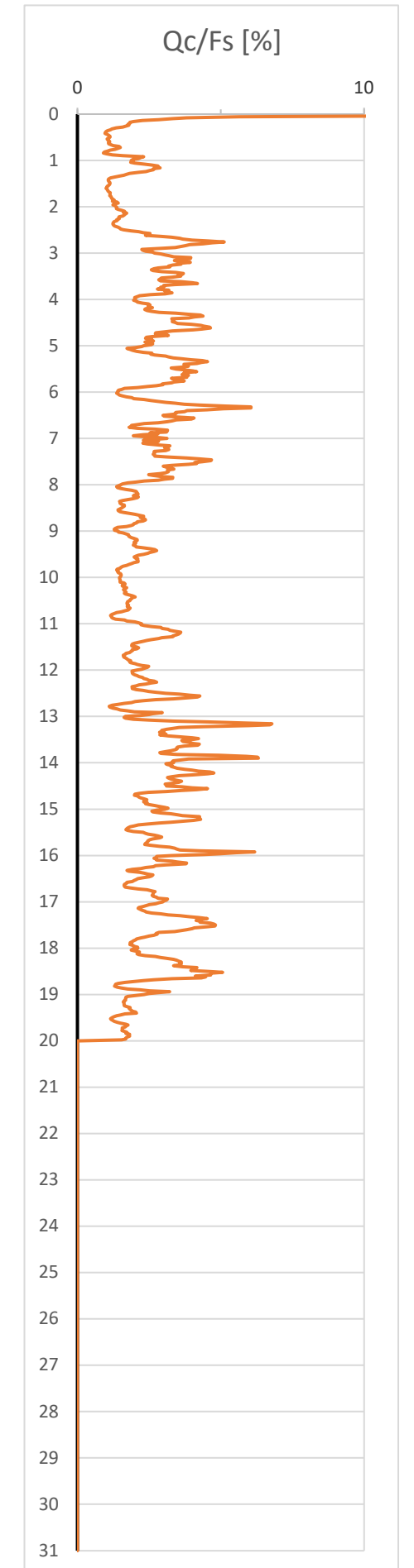
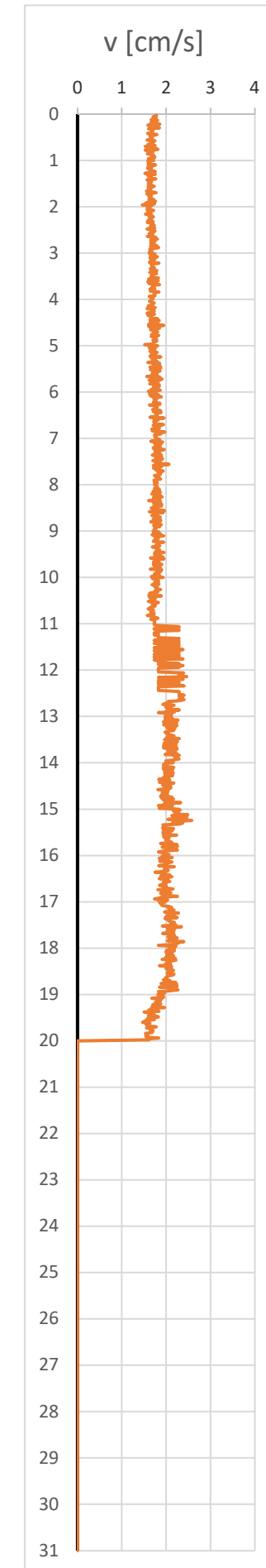
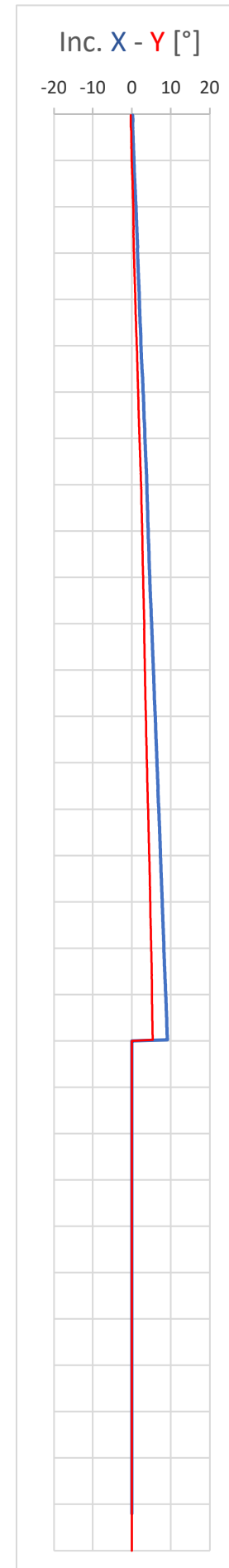
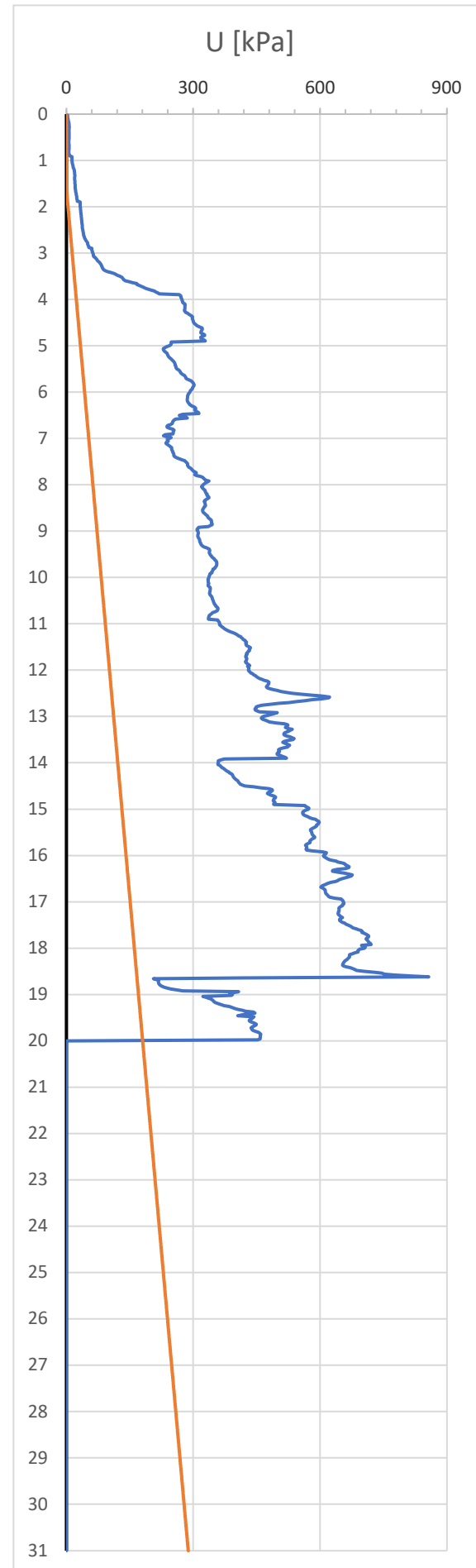
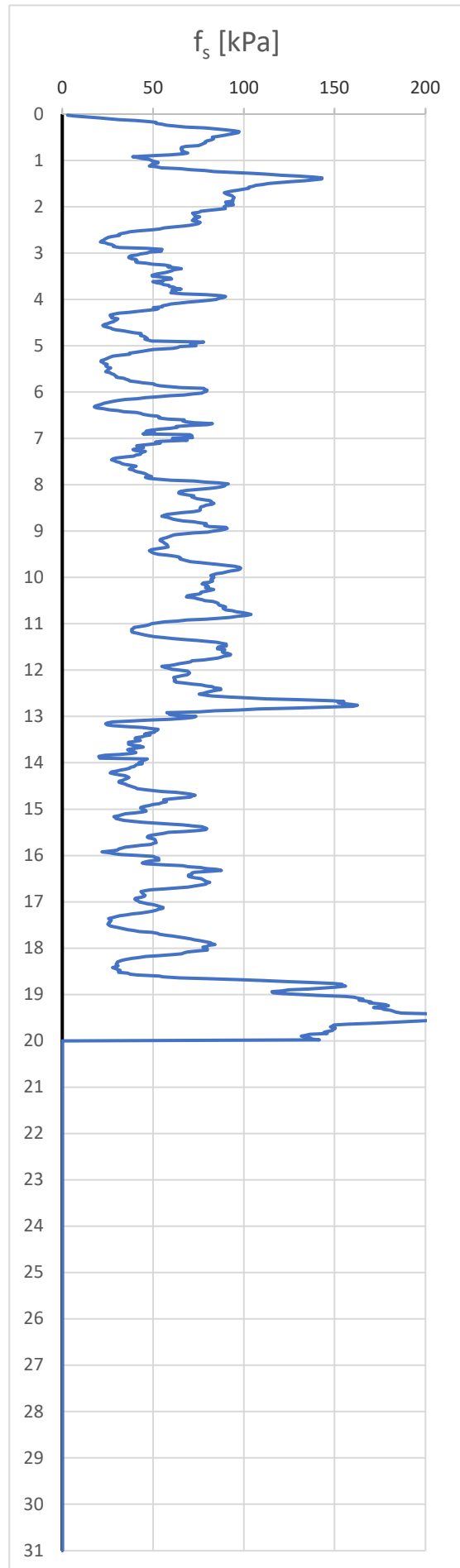
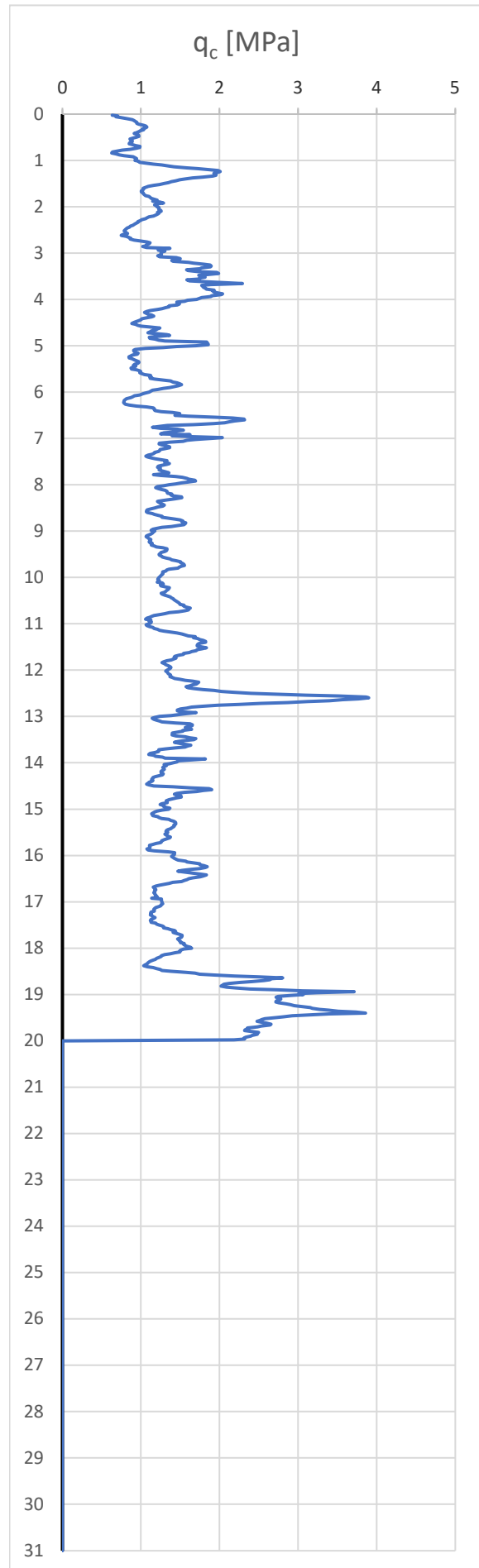
GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via Martinelli, 51A - Fossoli di Carpi (MO)

Tel. 059/654076 Fax +391782215311

Prova n° :	CPTU3 (009U-009)	Committente :	Ecodomus s.r.l.			Commessa :	1333-2021
Data :	21/12/2021	Cantiere :	Via Mar Nero	Comune:	Fossoli di Carpi (MO)	Ubicazione (WGS84) :	44° 49' 31,4" - 10° 53' 16,1"
Quota :	p.c.	Falda :	-1,60	m. da p.c.	Note:	Tipo punta :	Tecnopenta G1-CPLS D (matr. 210317)



Prova n° :	CPTU3 (009U-009)	Committente :	Ecodomus s.r.l.	Cantiere:	Via Mar Nero	Fossoli di Carpi (MO)
Data :	21/12/2021	Commessa :	1333-2021	Ubicazione (WGS84):	44° 49' 31,4" - 10° 53' 16,1"	
Quota :	p.c.	Falda :	-1,60 m da p.c.	Tipo punta :	Tecnopenta G1-CPLS D (matr. 210317)	

Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]
0,00							
0,02	0,63333	3,00596	2,8621	0,201	-0,231	1,78	7,47
0,04	0,70444	6,25421	3,0572	0,219	-0,259	1,78	7,47
0,06	0,68327	12,10723	2,8621	0,240	-0,268	1,71	7,46
0,08	0,76378	20,04350	3,3174	0,244	-0,277	1,77	7,46
0,10	0,82076	24,67084	3,7728	0,258	-0,283	1,74	7,46
0,12	0,88950	31,35099	4,0980	0,271	-0,285	1,67	7,45
0,14	0,91088	40,08415	4,7485	0,257	-0,239	1,81	7,45
0,16	0,92997	47,49990	5,2689	0,257	-0,263	1,69	7,44
0,18	0,94914	51,66782	5,7242	0,236	-0,265	1,66	7,43
0,20	0,94914	51,66782	5,7242	0,236	-0,265	1,66	7,43
0,22	0,97082	54,85560	6,1145	0,245	-0,259	1,85	7,42
0,24	1,03276	57,55311	6,3747	0,248	-0,254	1,59	7,40
0,26	1,06162	62,21191	6,6349	0,251	-0,235	1,75	7,38
0,28	1,07643	68,12743	6,7650	0,235	-0,234	1,67	7,35
0,30	1,05853	78,45661	6,4397	0,259	-0,213	1,85	7,30
0,32	1,01902	84,89346	6,2446	0,244	-0,169	1,61	7,27
0,34	1,03619	89,43009	6,1145	0,248	-0,160	1,69	7,24
0,36	0,99173	94,85514	6,0494	0,260	-0,143	1,70	7,22
0,38	0,97560	97,46093	6,1145	0,270	-0,141	1,69	7,20
0,40	0,94297	96,94144	6,1145	0,283	-0,136	1,69	7,18
0,42	0,91501	94,79773	6,1795	0,293	-0,131	1,58	7,15
0,44	0,96037	91,39749	6,3747	0,284	-0,125	1,79	7,14
0,46	0,97250	89,28401	6,4397	0,319	-0,131	1,72	7,12
0,48	0,97502	85,72995	6,3747	0,331	-0,105	1,64	7,12
0,50	0,94424	82,69639	6,3096	0,336	-0,113	1,67	7,12
0,52	0,89444	82,88004	6,1795	0,330	-0,091	1,69	7,12
0,54	0,86122	83,30883	6,1145	0,350	-0,119	1,66	7,12
0,56	0,87306	81,86865	5,9844	0,347	-0,091	1,57	7,12
0,58	0,88963	79,75436	6,0494	0,362	-0,104	1,75	7,12
0,60	0,88704	78,65064	6,0494	0,365	-0,095	1,65	7,13
0,62	0,85603	78,92581	5,9194	0,384	-0,088	1,70	7,14
0,64	0,84856	77,45398	5,9844	0,400	-0,075	1,66	7,16
0,66	0,88836	76,53350	6,1145	0,409	-0,091	1,59	7,18
0,68	0,93527	74,96954	6,3747	0,414	-0,080	1,75	7,20
0,70	0,98921	67,95111	6,6999	0,427	-0,094	1,53	7,23
0,72	0,98395	65,59025	6,6999	0,435	-0,088	1,67	7,25
0,74	0,94088	65,98738	6,6349	0,443	-0,086	1,64	7,27
0,76	0,86222	65,55696	6,3096	0,437	-0,068	1,81	7,29
0,78	0,76218	66,22946	5,9844	0,450	-0,078	1,53	7,32
0,80	0,69299	65,95226	5,8543	0,466	-0,074	1,71	7,34
0,82	0,63793	67,20695	5,8543	0,471	-0,045	1,69	7,38
0,84	0,62786	69,10512	5,9844	0,469	-0,057	1,63	7,40
0,86	0,67936	66,59086	6,3747	0,489	-0,056	1,58	7,43
0,88	0,72604	59,20431	6,5048	0,482	-0,036	1,71	7,46
0,90	0,78205	49,45794	6,8951	0,499	-0,041	1,68	7,50
0,92	0,90089	38,89249	13,3988	0,538	-0,031	1,74	7,90
0,94	0,91983	41,61962	13,3348	0,538	-0,023	1,74	7,90
0,96	0,94573	44,40763	13,3988	0,547	-0,024	1,60	7,91
0,98	0,93144	47,80868	13,3988	0,559	-0,027	1,61	7,91
1,00	0,92419	49,15652	13,3988	0,556	-0,007	1,72	7,92
1,02	0,97125	50,01368	13,5950	0,571	-0,023	1,59	7,93
1,04	0,98279	52,89321	13,7901	0,580	-0,013	1,63	7,95
1,06	1,05582	52,73899	14,1154	0,591	0,001	1,63	7,97
1,08	1,15948	49,52016	14,5707	0,582	0,028	1,59	7,99
1,10	1,26544	49,15083	15,0911	0,598	0,035	1,76	8,02
1,12	1,35230	48,07632	15,6765	0,608	0,033	1,60	8,05
1,14	1,42266	51,99666	16,0668	0,604	0,044	1,68	8,08
1,16	1,58056	54,75240	16,7173	0,615	0,041	1,58	8,11
1,18	1,72647	65,04566	17,4328	0,625	0,060	1,59	8,16
1,20	1,87490	70,62046	18,2134	0,630	0,070	1,67	8,19
1,22	1,98277	78,46195	18,7988	0,630	0,094	1,64	8,24
1,24	2,00792	83,63799	19,1241	0,644	0,081	1,75	8,28
1,26	1,97831	92,85797	19,2542	0,652	0,098	1,63	8,33
1,28	1,92740	105,47919	19,3842	0,663	0,113	1,52	8,39
1,30	1,95691	113,01365	19,7095	0,688	0,105	1,76	8,44
1,32	1,95549	120,79284	20,0347	0,686	0,129	1,58	8,51
1,34	1,91375	130,07328	20,0998	0,711	0,127	1,62	8,58
1,36	1,78654	138,92413	19,8396	0,716	0,147	1,67	8,65
1,38	1,65933	143,11740	19,7745	0,719	0,167	1,62	8,73
1,40	1,56031	142,92825	19,7745	0,747	0,165	1,77	8,82
1,42	1,49421	138,87762	19,7745	0,753	0,174	1,57	8,92
1,44	1,44203	133,04893	19,9697	0,762	0,206	1,60	9,03

Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]
1,46	1,38777	126,17924	20,1648	0,765	0,206	1,67	9,13
1,48	1,35002	118,94163	20,3600	0,787	0,206	1,64	9,23
1,50	1,29561	113,81812	20,4901	0,795	0,212	1,60	9,35
1,52	1,23847	110,28697	20,5551	0,803	0,233	1,66	9,46
1,54	1,16245	106,57217	20,6852	0,821	0,236	1,60	9,58
1,56	1,09140	104,88036	20,7503	0,823	0,232	1,73	9,68
1,58	1,06541	102,72911	20,8803	0,852	0,234	1,59	9,79
1,60	1,03002	102,90686	20,9454	0,854	0,244	1,67	9,89
1,62	1,03474	100,38771	21,4658	0,864	0,248	1,61	10,00
1,64	1,02310	96,94991	21,7260	0,884	0,280	1,65	10,10
1,66	1,00636	94,12393	22,0512	0,898	0,275	1,56	10,21
1,68	1,00464	90,99378	22,3114	0,901	0,293	1,69	10,29
1,70	1,02882	89,30338	22,7017	0,921	0,291	1,77	10,38
1,72	1,03140	90,30867	23,0269	0,922	0,316	1,56	10,47
1,74	1,04122	91,31436	23,4172	0,933	0,319	1,61	10,57
1,76	1,05845	93,57718	23,8075	0,938	0,321	1,67	10,64
1,78	1,10401	94,00129	24,2628	0,948	0,322	1,61	10,73
1,80	1,11902	94,64049	24,5230	0,959	0,314	1,65	10,80
1,82	1,12944	94,51406	24,8483	0,964	0,311	1,62	10,86
1,84	1,17294	94,08100	25,2386	0,966	0,339	1,72	10,93
1,86	1,20704	93,70944	25,6288	0,985	0,344	1,61	10,99
1,88	1,14887	94,10412	25,6288	0,999	0,334	1,76	11,05
1,90	1,24167	89,98479	32,8491	1,041	0,358	1,74	11,79
1,92	1,28888	90,35209	32,8491	1,058	0,359	1,54	11,79
1,94	1,21059	94,12064	32,5890	1,067	0,381	1,74	11,80
1,96	1,17241	94,21175	32,5239	1,069	0,391	1,46	11,81
1,98	1,19579	90,10492	32,6540	1,091	0,388	1,67	11,83
2,00	1,20245	89,09251	32,8491	1,097	0,402	1,62	11,85
2,02	1,23041	89,27514	33,1093	1,112	0,385	1,58	11,87
2,04	1,22745	89,88636	33,3695	1,115	0,404	1,64	11,90
2,06	1,22670	85,74766	33,6297	1,118	0,406	1,57	11,93
2,08	1,25430	80,13794	33,8899	1,126	0,417	1,72	11,97
2,10	1,25814	76,27462	34,1501	1,133	0,411	1,58	12,01
2,12	1,20988	75,32227	34,2151	1,133	0,416	1,66	12,05
2,14	1,23252	71,73432	34,6054	1,153	0,410	1,65	12,10
2,16	1,21031	72,46728	34,8006	1,156	0,429	1,54	12,14
2,18	1,19047	72,61805	34,9957	1,168	0,411	1,67	12,18
2,20	1,16102	73,50382	35,2559	1,160	0,439	1,61	12,22
2,22	1,10322	75,64611	35,3210	1,161	0,432	1,71	12,27
2,24	1,07620	74,35650	35,5161	1,183	0,422	1,68	12,31
2,26	1,05858	72,48450	35,7763	1,192	0,436	1,62	12,37
2,28	1,00767	73,58435	35,9064	1,203	0,433	1,67	12,41
2,30	0,99471	71,58957	36,1666	1,223	0,425	1,59	12,47
2,32	0,96303	74,68197	36,2967	1,227	0,425	1,71	12,51
2,34	0,95984	76,02798	36,6870	1,231	0,447	1,58	12,54
2,36	0,93534	75,32097	36,8171	1,233	0,456	1,70	12,58
2,38	0,91773	73,66346	37,1423	1,260	0,448	1,67	12,63
2,40	0,89667	70,35209	37,4025	1,260	0,455	1,73	12,67
2,42	0,86865	66,45792	37,5326	1,269	0,465	1,66	12,71
2,44	0,85340	60,05091	37,7928	1,287	0,470	1,63	12,75
2,46	0,82654	55,97329	37,9879	1,301	0,456	1,74	12,79
2,48	0,81128	53,70294	38,3782	1,299	0,467	1,57	12,84
2,50	0,80092	49,62512	38,7685	1,324	0,453	1,64	12,88
2,52	0,78582	42,11540	39,0937	1,322	0,450	1,75	12,92
2,54	0,80394	37,63943	39,6141	1,332	0,448	1,73	12,96
2,56	0,81029	35,15540	40,0044	1,332	0,450	1,69	12,99
2,58	0,82857	32,70221	40,3296	1,344	0,454	1,62	13,02
2,60	0,76870	30,89251	40,5898	1,346	0,		

Prova n° :		CPTU3 (009U-009)		Committente :			Ecodomus s.r.l.		Cantiere :		Via Mar Nero		Fossoli di Carpi (MO)		
Data :		21/12/2021		Commessa :			1333-2021		Ubicazione (WGS84):		44° 49' 31,4" - 10° 53' 16,1"				
Quota :		p.c.		Falda :			-1,60 m da p.c.		Tipo punta :		Tecnopenta G1-CPLS D (matr. 210317)				
Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]	Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]
2,92	1,23553	55,01354	59,9741	1,449	0,529	1,63	13,47	4,38	1,13743	27,80223	298,5695	2,096	1,031	1,67	15,02
2,94	1,22132	53,57337	60,3644	1,457	0,518	1,65	13,47	4,40	1,06166	27,25068	297,9190	2,098	1,042	1,67	15,02
2,96	1,30634	54,64523	61,4702	1,456	0,524	1,68	13,48	4,42	1,01186	30,68237	297,8539	2,104	1,045	1,81	15,02
2,98	1,26601	48,21022	61,6003	1,468	0,552	1,62	13,48	4,44	1,00002	30,13082	299,0248	2,121	1,056	1,64	15,02
3,00	1,25387	46,52409	62,5760	1,488	0,546	1,62	13,49	4,46	0,97634	29,02771	299,8704	2,133	1,056	1,84	15,02
3,02	1,25839	43,24480	63,1614	1,491	0,569	1,75	13,50	4,48	0,93846	28,32294	300,4558	2,135	1,075	1,64	15,02
3,04	1,26275	41,28269	63,8119	1,507	0,575	1,65	13,52	4,50	0,91019	26,63804	300,8461	2,154	1,075	1,66	15,02
3,06	1,21265	37,75785	64,2022	1,514	0,580	1,65	13,54	4,52	0,88422	25,25936	302,7976	2,153	1,097	1,82	15,01
3,08	1,24069	36,83758	65,4381	1,525	0,583	1,80	13,55	4,54	0,93158	23,48213	305,6597	2,161	1,108	1,61	15,01
3,10	1,44854	36,62166	68,4303	1,534	0,591	1,64	13,58	4,56	0,95999	22,28709	308,0664	2,175	1,111	1,95	15,01
3,12	1,50011	38,09105	70,5118	1,542	0,592	1,65	13,60	4,58	1,00276	22,74713	311,3839	2,199	1,110	1,61	15,01
3,14	1,44749	40,60226	72,0079	1,576	0,604	1,74	13,63	4,60	1,14498	24,76990	316,5226	2,206	1,106	1,65	15,00
3,16	1,39251	41,15239	73,1137	1,577	0,597	1,69	13,65	4,62	1,23984	26,70075	321,2061	2,226	1,121	1,85	14,99
3,18	1,40849	40,47664	75,0652	1,574	0,620	1,65	13,68	4,64	1,20440	27,71214	321,6614	2,229	1,136	1,65	14,99
3,20	1,60671	40,81187	78,1224	1,585	0,619	1,63	13,71	4,66	1,19515	29,58191	320,8809	2,239	1,127	1,66	14,98
3,22	1,67020	46,17299	79,8117	1,584	0,635	1,84	13,73	4,68	1,13374	34,14797	319,5148	2,246	1,149	1,72	14,97
3,24	1,79991	49,69539	81,3748	1,599	0,634	1,66	13,75	4,70	1,11968	36,32395	318,4741	2,270	1,133	1,81	14,96
3,26	1,88233	56,46604	82,5457	1,616	0,642	1,70	13,77	4,72	1,08897	39,72541	317,7586	2,277	1,160	1,74	14,96
3,28	1,89342	59,49756	83,5864	1,612	0,655	1,69	13,80	4,74	1,18628	43,55626	321,0109	2,295	1,172	1,73	14,95
3,30	1,88343	58,27046	84,5622	1,627	0,657	1,68	13,83	4,76	1,33316	43,34197	326,8652	2,292	1,174	1,67	14,95
3,32	1,77155	62,77320	85,1476	1,639	0,647	1,74	13,86	4,78	1,36646	43,09725	327,6458	2,301	1,181	1,83	14,94
3,34	1,75430	65,68235	86,7738	1,630	0,677	1,64	13,89	4,80	1,19605	45,24239	320,6857	2,321	1,189	1,67	14,94
3,36	1,58307	61,26788	88,2899	1,641	0,681	1,67	13,92	4,82	1,10600	46,00823	317,6935	2,323	1,210	1,75	14,94
3,38	1,60134	60,65321	91,3271	1,654	0,680	1,79	13,95	4,84	1,11303	46,86600	318,7993	2,346	1,213	1,74	14,95
3,40	1,73083	58,84330	97,2465	1,662	0,680	1,67	13,98	4,86	1,17917	45,48671	322,1818	2,339	1,222	1,78	14,95
3,42	1,96686	57,24788	104,8571	1,680	0,687	1,63	14,02	4,88	1,22868	47,63103	326,8652	2,352	1,220	1,70	14,96
3,44	1,98994	53,78371	112,6628	1,686	0,687	1,78	14,05	4,90	1,30666	49,22401	328,6215	2,360	1,229	1,79	14,97
3,46	1,88509	51,42245	116,6958	1,694	0,701	1,69	14,08	4,92	1,83599	77,86007	247,9623	2,321	1,221	1,74	14,69
3,48	1,73769	49,39846	120,8588	1,710	0,720	1,70	14,11	4,94	1,84310	74,76523	247,6370	2,326	1,228	1,71	14,69
3,50	1,78903	49,61092	125,9326	1,728	0,709	1,66	14,14	4,96	1,85494	70,68985	247,7021	2,324	1,240	1,72	14,69
3,52	1,81692	54,81862	130,8111	1,726	0,733	1,68	14,16	4,98	1,85738	71,85445	247,0516	2,338	1,265	1,52	14,69
3,54	1,75018	59,65883	133,0878	1,730	0,743	1,82	14,18	5,00	1,70103	73,66212	243,4089	2,352	1,276	1,81	14,69
3,56	1,74270	60,33194	134,9092	1,744	0,750	1,61	14,20	5,02	1,45448	64,77514	237,9449	2,366	1,300	1,61	14,71
3,58	1,58346	55,76466	136,2101	1,762	0,753	1,72	14,23	5,04	1,28133	63,48737	233,5867	2,387	1,310	1,76	14,72
3,60	1,61853	55,79408	140,2431	1,769	0,767	1,82	14,25	5,06	1,05609	60,91263	229,7489	2,384	1,325	1,63	14,73
3,62	1,80980	49,90940	148,5042	1,774	0,774	1,59	14,27	5,08	0,92785	50,37078	229,0333	2,393	1,321	1,75	14,75
3,64	2,08868	51,93035	157,1555	1,798	0,786	1,74	14,29	5,10	0,90617	47,39749	230,6595	2,396	1,326	1,73	14,77
3,66	2,29179	54,71734	166,3923	1,813	0,781	1,61	14,32	5,12	0,91053	44,05650	232,0906	2,416	1,344	1,64	14,78
3,68	1,88874	55,78838	166,9777	1,800	0,802	1,85	14,34	5,14	0,93132	40,34740	235,1478	2,410	1,360	1,80	14,81
3,70	1,77227	58,72879	172,3767	1,817	0,816	1,71	14,36	5,16	0,96639	37,09814	237,8148	2,430	1,360	1,67	14,83
3,72	1,79069	58,94186	177,7757	1,836	0,810	1,72	14,38	5,18	0,95418	37,15840	239,0507	2,439	1,355	1,77	14,85
3,74	1,79261	61,69841	182,1989	1,841	0,826	1,68	14,40	5,20	0,89453	33,05116	239,8963	2,452	1,369	1,70	14,87
3,76	1,82287	62,09533	187,0775	1,854	0,827	1,75	14,43	5,22	0,86567	28,08595	241,2623	2,468	1,366	1,64	14,89
3,78	1,83174	65,46432	192,8668	1,856	0,851	1,64	14,46	5,24	0,84651	26,70645	242,3031	2,473	1,396	1,88	14,90
3,80	1,93075	60,46846	201,2579	1,870	0,841	1,73	14,48	5,26	0,85102	25,41888	244,7099	2,482	1,394	1,67	14,91
3,82	1,91365	62,61197	207,8278	1,870	0,860	1,64	14,50	5,28	0,88631	24,37644	247,5720	2,488	1,399	1,76	14,92
3,84	1,92733	61,23166	211,4704	1,888	0,851	1,84	14,52	5,30	0,91458	23,02779	249,8486	2,517	1,404	1,75	14,92
3,86	1,97409	59,75922	216,2840	1,898	0,877	1,73	14,55	5,32	0,93818	21,49549	251,9302	2,513	1,408	1,69	14,93
3,88	2,03987	66,65224	219,4713	1,896	0,880	1,73	14,57	5,34	0,97125	21,37271	253,8816	2,527	1,396	1,81	14,93
3,90	2,01878	79,43054	267,3465	1,893	0,908	1,74	14,56	5,36	0,97355	22,50626	255,7029	2,541	1,421	1,59	14,93
3,92	1,90276	87,64258	270,4688	1,893	0,899	1,75	14,56	5,38	0,95942	22,99674	256,3534	2,556	1,425	1,86	14,93
3,94	1,89085	90,03245	271,3144	1,897	0,917	1,62	14,57	5,40	0,92153	24,80461	257,0689	2,569	1,436	1,71	14,93
3,96	1,77460	88,71424	270,7940	1,907	0,919	1,68	14,58	5,42	0,90503	24,16133	257,5893	2,583	1,422	1,74	14,93
3,98	1,74596	86,29291	272,0950	1,919	0,919	1,71	14,59	5,44	0,93589	24,16154	259,1505	2,592	1,434	1,87	14,92
4,00	1,71015	84,94385	273,6561	1,925	0,925	1,67	14,60	5,46	0,90755	25,05036	259,4757	2,601	1,460	1,63	14,92
4,02	1,59597	81,26539	273,5260	1,948	0,923	1,67	14,63	5,48	0,87455	26,67479	259,9311	2,616	1,469	1,88	14,91
4,04	1,55756	75,13558	274,5018	1,958	0,925	1,62	14,65	5,50	0,88173	25,60252	261,6223	2,629	1,468	1,70	14,91
4,06	1,45752	69,80225	274,8270	1,959	0,925	1,68	14,68	5,52	0,94336	25,29631	265,1349	2,650	1,471	1,65	14,91
4,08	1,46158	64,46872	276,8435	1,966	0,941	1,73	14,71	5,54	0,98858	24,50023	267,8669	2,667	1,460	1,86	14,90
4,10	1,48940	60,08530	280,4862	1,983	0,931	1,68	14,74	5,56	0,99827	23,97992	269,3630	2,671	1,483	1,80	14,89
4,12	1,46261	57,60126	281,3318	1,985	0,944	1,70	14,77	5,58	0,98658	26,46233	270,4037	2,690	1,481	1,69	14,88
4,14	1,36019	55,14828	280,4862	1,987	0,956	1,60	14,79	5,60	1,00811	26,98385	272,3552	2,699	1,500	1,79	14,87
4,16	1,36019	55,14828	280,4862	1,987	0,956	1,60	14,79	5,62	1,04615	28,63893	275,4124	2,731	1,492	1,68	14,86
4,18	1,31453	50,15181	280,6813	2,004	0,940	1,75	14,83	5,64	1,12451	29,00724	279,1852	2,731	1,490	1,80	14,85
4,20	1,26651	53,03032	280,2260	2,013	0,974	1,57	14,86	5,66	1,10816	29,95775	281,0716	2,750	1,518	1,57	14,84
4,22	1,20923	51,49701	279,8357	2,024	0,962	1,72	14,88	5,68	1,13665	29,77410	282,1124	2,771	1,508	1,86	14,84
4,24	1,11873	45,88810	279,0551	2,033	0,984										

Studio Tecnico Ambientale GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi - Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO) Tel. 059/654076 cell. 335/6088392

Prova n°:	CPTU3 (009U-009)	Committente:	Ecodomus s.r.l.	Cantiere:	Via Mar Nero	Fossoli di Carpi (MO)
Data:	21/12/2021	Commessa:	1333-2021	Ubicazione (WGS84):	44° 49' 31,4" - 10° 53' 16,1"	
Quota:	p.c.	Falda:	-1,60 m da p.c.	Tipo punta:	Tecnopenta G1-CPLS D (matr. 210317)	

Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]	Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]
5,84	1,51610	50,79611	302,5374	2,863	1,581	1,84	14,81	7,30	1,17463	43,90675	251,8651	3,533	2,117	1,82	14,73
5,86	1,47814	53,52304	302,0170	2,871	1,570	1,72	14,82	7,32	1,16982	43,47756	253,2962	3,538	2,115	1,75	14,73
5,88	1,42841	58,42575	300,2607	2,873	1,585	1,84	14,82	7,34	1,13904	42,98729	254,1418	3,542	2,128	1,88	14,73
5,90	1,36441	65,07485	298,4394	2,881	1,601	1,72	14,82	7,36	1,09160	40,56637	254,0117	3,571	2,138	1,69	14,73
5,92	1,28793	77,98609	298,5044	2,874	1,604	1,74	14,64	7,38	1,06312	39,34049	254,8573	3,565	2,134	1,90	14,74
5,94	1,21704	78,66062	296,4879	2,871	1,629	1,67	14,63	7,40	1,08435	34,86657	257,5243	3,579	2,151	1,79	14,74
5,96	1,14601	79,73309	294,0812	2,895	1,627	1,87	14,63	7,42	1,13644	29,74936	262,0126	3,591	2,180	1,76	14,74
5,98	1,12218	79,54883	293,2355	2,895	1,651	1,60	14,64	7,44	1,18380	28,03341	267,4116	3,611	2,165	1,92	14,74
6,00	1,10783	77,95505	292,4550	2,927	1,635	1,78	14,64	7,46	1,26889	27,11375	273,3959	3,627	2,185	1,89	14,75
6,02	1,05307	76,91241	290,5035	2,936	1,640	1,77	14,66	7,48	1,33053	26,55412	279,5755	3,627	2,190	1,70	14,74
6,04	1,01703	72,00827	288,6822	2,953	1,664	1,62	14,68	7,50	1,30433	29,90196	282,1774	3,642	2,199	1,87	14,75
6,06	0,98351	67,28839	288,0968	2,974	1,674	1,83	14,70	7,52	1,30433	31,80176	284,4541	3,656	2,201	1,76	14,75
6,08	0,91661	58,86023	286,9909	2,977	1,663	1,65	14,72	7,54	1,36124	32,72122	286,6657	3,653	2,207	1,78	14,75
6,10	0,89478	52,14822	286,8608	2,978	1,675	1,89	14,75	7,56	1,33053	34,31481	286,9909	3,669	2,211	2,07	14,74
6,12	0,87050	45,86499	286,7308	2,992	1,690	1,70	14,77	7,58	1,25964	38,39059	286,5366	3,690	2,218	1,71	14,74
6,14	0,81796	41,39004	286,0803	3,009	1,681	1,79	14,79	7,60	1,21954	40,71979	287,9016	3,697	2,210	1,90	14,73
6,16	0,80323	34,61675	285,7550	3,016	1,685	1,76	14,82	7,62	1,21014	38,82019	290,1132	3,707	2,238	1,87	14,73
6,18	0,78621	30,54015	285,7550	3,037	1,696	1,73	14,84	7,64	1,24818	38,29968	293,5608	3,714	2,253	1,71	14,72
6,20	0,78584	28,08778	286,4055	3,025	1,719	1,77	14,86	7,66	1,24596	36,95185	296,0326	3,729	2,249	1,84	14,71
6,22	0,78080	25,26790	287,7065	3,041	1,706	1,71	14,87	7,68	1,22953	39,03590	297,9190	3,741	2,275	1,77	14,71
6,24	0,78768	23,09172	289,7229	3,045	1,706	1,85	14,88	7,70	1,26994	39,98621	300,1306	3,746	2,284	1,94	14,70
6,26	0,80396	21,58945	291,0890	3,056	1,718	1,86	14,89	7,72	1,31026	41,24274	303,3830	3,742	2,298	1,82	14,70
6,28	0,85132	19,99606	293,4307	3,060	1,721	1,62	14,89	7,74	1,35533	44,09264	307,1558	3,764	2,295	1,83	14,69
6,30	0,94366	18,15755	297,0734	3,065	1,730	1,80	14,89	7,76	1,31286	45,53322	306,7004	3,782	2,290	1,88	14,69
6,32	1,07152	17,69792	302,5374	3,070	1,724	1,78	14,89	7,78	1,15917	46,63694	303,3179	3,790	2,315	1,87	14,68
6,34	1,16165	19,16914	305,4645	3,077	1,738	1,79	14,89	7,80	1,25152	47,24978	307,1558	3,798	2,317	1,74	14,68
6,36	1,16883	22,93830	306,1800	3,074	1,741	1,74	14,88	7,82	1,44338	49,21107	317,6935	3,807	2,319	1,76	14,67
6,38	1,16905	25,84990	303,7082	3,095	1,724	1,69	14,87	7,84	1,52641	45,77958	322,3119	3,803	2,329	1,83	14,67
6,40	1,18111	30,84515	304,8791	3,104	1,757	1,88	14,86	7,86	1,58553	47,77110	324,9138	3,830	2,333	1,86	14,67
6,42	1,25718	33,66502	308,3917	3,110	1,766	1,71	14,85	7,88	1,60684	52,73509	326,6051	3,835	2,333	1,87	14,67
6,44	1,40184	40,83584	312,0994	3,116	1,767	1,88	14,84	7,90	1,68727	59,87446	329,8574	3,837	2,336	1,73	14,67
6,46	1,49449	43,44122	313,4654	3,133	1,764	1,80	14,83	7,92	1,69643	72,85452	337,5981	3,831	2,351	1,74	14,36
6,48	1,48287	44,45302	275,6726	3,136	1,783	1,77	14,82	7,94	1,59949	78,58498	332,9147	3,834	2,375	1,73	14,36
6,50	1,43330	47,88532	267,0213	3,147	1,778	1,79	14,81	7,96	1,51655	86,15333	328,9468	3,849	2,370	1,80	14,36
6,52	1,59683	52,51267	272,8756	3,158	1,800	1,80	14,80	7,98	1,44307	91,42354	325,8895	3,857	2,384	1,75	14,36
6,54	1,94260	53,83047	282,1774	3,166	1,786	1,63	14,80	8,00	1,35760	89,12479	323,5478	3,855	2,402	1,74	14,37
6,56	2,16762	53,27912	285,7550	3,171	1,812	1,95	14,79	8,02	1,28856	89,52212	321,5313	3,855	2,408	1,79	14,39
6,58	2,31213	58,15139	258,7602	3,174	1,821	1,72	14,79	8,04	1,21235	88,23393	320,0352	3,883	2,413	1,78	14,41
6,60	2,31916	67,28249	255,1175	3,195	1,825	1,82	14,79	8,06	1,18800	84,83085	320,9459	3,880	2,429	1,82	14,44
6,62	2,19374	66,42472	253,1010	3,209	1,819	1,75	14,79	8,08	1,21337	81,02941	323,2226	3,898	2,409	1,74	14,47
6,64	2,13210	67,89533	251,9302	3,231	1,839	1,72	14,79	8,10	1,26242	74,19443	325,7594	3,899	2,435	1,85	14,51
6,66	2,06558	73,28770	250,8244	3,253	1,849	1,74	14,81	8,12	1,30896	69,10563	327,7109	3,900	2,443	1,80	14,54
6,68	1,93039	82,66353	250,3690	3,267	1,859	1,74	14,82	8,14	1,33197	65,24291	328,7516	3,911	2,444	1,71	14,57
6,70	1,66963	80,30329	246,3361	3,269	1,873	1,94	14,83	8,16	1,33374	64,41395	328,9468	3,911	2,444	1,87	14,60
6,72	1,33554	70,61982	239,7662	3,272	1,884	1,70	14,84	8,18	1,34002	64,25850	330,5079	3,911	2,446	1,74	14,64
6,74	1,22633	62,77467	238,0099	3,290	1,882	1,86	14,85	8,20	1,39388	65,85026	332,7196	3,919	2,446	1,68	14,66
6,76	1,14797	63,54010	238,2701	3,299	1,891	1,80	14,86	8,22	1,38382	69,49502	332,3943	3,922	2,438	1,87	14,69
6,78	1,25185	59,52520	243,9293	3,311	1,893	1,84	14,88	8,24	1,41171	72,43522	333,8904	3,934	2,437	1,74	14,71
6,80	1,46458	53,88606	251,8001	3,322	1,892	1,68	14,89	8,26	1,51789	71,36174	336,6224	3,955	2,438	1,91	14,73
6,82	1,53990	48,95149	254,5971	3,319	1,918	1,84	14,91	8,28	1,51958	72,58558	337,2079	3,944	2,438	1,72	14,76
6,84	1,45666	46,37654	252,6457	3,340	1,911	1,69	14,93	8,30	1,43863	74,36160	333,3700	3,964	2,444	1,87	14,78
6,86	1,43016	45,97698	252,6457	3,340	1,923	1,97	14,95	8,32	1,36478	77,30200	330,4429	3,964	2,452	1,79	14,80
6,88	1,29001	50,90911	252,8408	3,343	1,913	1,77	14,97	8,34	1,26710	81,19190	327,3856	3,978	2,463	1,61	14,83
6,90	1,25183	44,50413	252,0603	3,356	1,938	1,88	14,98	8,36	1,21234	82,07970	326,2798	3,973	2,461	1,87	14,84
6,92	1,62461	70,35747	233,5216	3,336	1,956	1,74	14,62	8,38	1,23091	81,92548	327,4507	3,990	2,474	1,71	14,86
6,94	1,39500	71,55271	229,9440	3,365	1,971	1,74	14,61	8,40	1,24941	83,57892	327,9711	3,995	2,476	1,74	14,88
6,96	1,60093	70,02041	236,1886	3,377	1,971	1,78	14,62	8,42	1,27745	82,44415	328,8817	3,991	2,491	1,90	14,90
6,98	2,03646	71,76659	248,0924	3,367	1,975	1,76	14,62	8,44	1,29831	79,40938	329,2720	4,005	2,500	1,73	14,92
7,00	1,89683	60,67441	243,7992	3,360	1,978	1,77	14,62	8,46	1,27663	77,93755	328,3613	4,005	2,513	1,89	14,93
7,02	1,69572	63,55516	238,4002	3,385	1,987	1,86	14,61	8,48	1,21699	76,31230	326,3449	4,025	2,522	1,81	14,95
7,04	1,58657	68,82497	239,6361	3,400	2,013	1,80	14,62	8,50	1,17392	76,03531	324,7187	4,020	2,535	1,67	14,97
7,06	1,53655	54,20794	240,7419	3,406	2,003	1,66	14,64	8,52	1,12856	75,78915	323,3527	4,028	2,541	1,81	14,99
7,08	1,37783	51,29675	237,1643	3,418	2,013	1,92	14,64	8,54	1,08083	76,09456	322,5721	4,053	2,536	1,78	15,01
7,10	1,23561	53,99284	235,5381	3,414	2,020	1,74	14,65	8,56	1,07328	75,44985	322,5721	4,062	2,549	1,96	15,03
7,12	1,23065	50,40712	237,4245	3,424	2,028	1,89	14,66	8,58	1,07039	72,01653	323,1575	4,061	2,559	1,62	15,05
7,14	1,27068	44,55390	240,8720	3,454	2,044	1,76	14,67	8,60	1,08422	66,68381	324,3284	4,058	2,559	1,93	

Prova n° :	CPTU3 (009U-009)	Committente :	Ecodomus s.r.l.				Cantiere:	Via Mar Nero		Fossoli di Carpi (MO)					
Data :	21/12/2021	Commessa :	1333-2021				Ubicazione (WGS84):	44° 49' 31,4" - 10° 53' 16,1"							
Quota :	p.c.	Falda :	-1,60 m da p.c.				Tipo punta :	Tecnopenta G1-CPLS D (matr. 210317)							
Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]	Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]
8,76	1.50131	63.21578	342,6719	4,099	2.585	1,87	15,16	10,24	1,35628	80,58334	340,5253	4,700	2,965	1,77	14,76
8,78	1.53438	66,83133	343,6476	4,108	2.611	1,88	15,16	10,26	1,34392	83,43161	340,2001	4,705	2,974	1,88	14,78
8,80	1.52010	72,56117	342,8670	4,112	2.614	1,66	15,17	10,28	1,32926	81,68380	340,0049	4,724	2,979	1,80	14,80
8,82	1.57219	75,80921	343,9078	4,126	2.626	1,78	15,17	10,30	1,31461	78,71031	339,7447	4,727	2,991	1,74	14,83
8,84	1.56509	79,36368	345,0786	4,130	2.633	1,76	15,17	10,32	1,30217	76,41054	339,1593	4,750	2,984	1,81	14,85
8,86	1.54615	79,33304	344,6233	4,149	2.639	1,89	15,17	10,34	1,25651	76,50063	338,3137	4,750	2,999	1,63	14,88
8,88	1.47504	78,44422	340,2001	4,157	2.639	1,72	15,17	10,36	1,26775	75,42654	339,1593	4,750	3,000	1,76	14,91
8,90	1.38728	80,92581	335,9719	4,178	2.641	1,86	15,18	10,38	1,30267	70,88990	340,7855	4,771	3,009	1,61	14,93
8,92	1.26826	90,12478	312,7499	4,176	2.640	1,74	14,56	10,40	1,33538	68,86631	342,2816	4,770	3,008	1,89	14,95
8,94	1.20204	90,95232	310,9936	4,196	2.654	1,77	14,56	10,42	1,37755	68,40546	344,1680	4,803	3,024	1,62	14,97
8,96	1.15231	89,63471	309,1722	4,208	2.656	1,74	14,56	10,44	1,38672	72,72516	344,6883	4,800	3,036	1,76	14,98
8,98	1.13093	87,06059	309,4324	4,222	2.667	1,75	14,56	10,46	1,41247	74,74672	345,4689	4,815	3,039	1,75	15,00
9,00	1.17813	83,19929	311,3188	4,222	2.662	1,71	14,57	10,48	1,41935	76,86040	346,2495	4,823	3,042	1,65	15,01
9,02	1.15416	80,22621	311,7091	4,231	2.657	1,84	14,58	10,50	1,44036	78,63682	347,0951	4,835	3,056	1,74	15,03
9,04	1.14905	72,35021	312,4897	4,229	2.681	1,72	14,60	10,52	1,45664	82,95652	347,9407	4,845	3,058	1,60	15,04
9,06	1.12981	66,34358	311,7742	4,229	2.684	1,87	14,61	10,54	1,47765	84,94743	348,9165	4,865	3,063	1,83	15,05
9,08	1.10561	61,86843	311,2538	4,242	2.692	1,68	14,64	10,56	1,48919	85,98845	349,7621	4,883	3,065	1,68	15,07
9,10	1.07208	60,09018	310,7984	4,241	2.707	1,95	14,65	10,58	1,49600	86,01827	350,6077	4,877	3,076	1,76	15,08
9,12	1.06683	58,92436	310,8635	4,246	2.703	1,74	14,68	10,60	1,54771	86,44624	352,8193	4,897	3,070	1,71	15,10
9,14	1.08547	57,39145	312,4246	4,250	2.713	1,83	14,69	10,62	1,54742	88,92743	353,3397	4,899	3,085	1,75	15,11
9,16	1.09930	55,58256	313,6605	4,258	2.718	1,76	14,71	10,64	1,57546	89,93759	355,9416	4,916	3,097	1,65	15,13
9,18	1.12505	54,04965	315,0916	4,271	2.724	1,81	14,72	10,66	1,62962	88,61918	358,6736	4,929	3,091	1,68	15,14
9,20	1.12468	53,86478	315,6770	4,288	2.724	1,73	14,74	10,68	1,61267	88,98586	358,6086	4,940	3,102	1,59	15,16
9,22	1.10536	54,75238	315,5469	4,288	2.736	1,71	14,75	10,70	1,60527	90,14944	357,9581	4,941	3,108	1,72	15,17
9,24	1.10507	55,82403	316,0673	4,319	2.741	1,95	14,77	10,72	1,56235	93,73374	356,4620	4,955	3,111	1,65	15,18
9,26	1.14495	56,25200	317,8236	4,324	2.737	1,80	14,78	10,74	1,47681	95,87786	351,6485	4,951	3,120	1,71	15,20
9,28	1.13051	57,14001	318,1488	4,340	2.752	1,81	14,79	10,76	1,36293	99,30915	346,2495	4,962	3,119	1,65	15,21
9,30	1.13258	57,90524	319,6449	4,340	2.754	1,78	14,81	10,78	1,30580	102,31125	343,3874	4,963	3,132	1,73	15,22
9,32	1.16788	57,84335	321,9216	4,350	2.755	1,86	14,82	10,80	1,25105	104,05702	341,3709	4,968	3,136	1,67	15,24
9,34	1.19844	58,30237	325,6944	4,360	2.761	1,69	14,83	10,82	1,16787	101,20651	337,7282	4,982	3,146	1,57	15,25
9,36	1.27872	56,15682	331,4186	4,369	2.757	1,77	14,84	10,84	1,14146	96,54791	337,2729	4,984	3,153	1,73	15,27
9,38	1.33059	52,05019	336,8176	4,392	2.760	1,79	14,85	10,86	1,11030	92,59409	336,8176	5,019	3,161	1,70	15,28
9,40	1.33273	49,38373	338,7690	4,381	2.756	1,85	14,86	10,88	1,07685	87,16965	336,2321	5,016	3,168	1,81	15,30
9,42	1.32540	47,97359	339,0942	4,394	2.766	1,80	14,87	10,90	1,05754	79,01787	336,3622	5,033	3,173	1,65	15,31
9,44	1.30631	48,64730	338,5739	4,397	2.768	1,76	14,88	10,92	1,12749	68,54349	357,8280	5,038	3,177	1,74	14,72
9,46	1.25407	49,62244	338,1185	4,419	2.771	1,95	14,88	10,94	1,10152	63,57970	358,9989	5,064	3,181	1,74	14,71
9,48	1.24697	50,69991	338,7040	4,422	2.764	1,74	14,88	10,96	1,13475	56,37904	360,9503	5,086	3,178	1,74	14,71
9,50	1.23261	53,18150	339,8098	4,411	2.774	1,86	14,89	10,98	1,12520	52,30346	362,1212	5,097	3,178	1,73	14,71
9,52	1.23490	57,74695	341,3059	4,423	2.773	1,74	14,89	11,00	1,10152	49,11670	362,1212	5,106	3,185	1,73	14,71
9,54	1.26339	61,94510	343,3223	4,423	2.772	1,81	14,89	11,02	1,06593	47,89082	362,1862	5,108	3,183	1,73	14,72
9,56	1.27279	64,27368	344,2330	4,429	2.782	1,93	14,89	11,04	1,07540	46,05230	364,5930	5,119	3,182	1,83	14,72
9,58	1.32244	65,22338	347,0951	4,452	2.777	1,65	14,90	11,06	1,11085	42,65084	367,5201	5,123	3,184	2,29	14,72
9,60	1.36964	64,76334	349,5669	4,446	2.783	1,95	14,90	11,08	1,15347	39,52536	370,4473	5,140	3,185	2,29	14,72
9,62	1.39325	66,75486	351,1931	4,453	2.794	1,78	14,91	11,10	1,16531	39,31087	372,7240	5,140	3,182	1,73	14,72
9,64	1.44756	68,37848	353,7300	4,451	2.801	1,81	14,91	11,12	1,21022	38,29948	376,2365	5,153	3,175	1,73	14,72
9,66	1.50431	70,92156	355,6814	4,470	2.805	1,72	14,92	11,14	1,23871	38,33033	380,3346	5,167	3,182	2,29	14,72
9,68	1.50416	75,85451	355,5513	4,459	2.806	1,84	14,92	11,16	1,29080	38,17712	384,3025	5,174	3,191	1,83	14,72
9,70	1.53494	81,21685	356,2669	4,472	2.818	1,72	14,92	11,18	1,38788	38,51418	390,3519	5,187	3,198	1,83	14,72
9,72	1.54908	85,59844	355,8115	4,475	2.820	1,90	14,93	11,20	1,45899	40,65932	395,9460	5,203	3,200	1,73	14,72
9,74	1.55596	90,68440	355,3562	4,482	2.829	1,72	14,94	11,22	1,52529	43,17196	400,8897	5,200	3,204	1,83	14,72
9,76	1.51311	94,91237	354,1203	4,493	2.838	1,86	14,95	11,24	1,55836	45,07155	404,0770	5,204	3,204	1,73	14,72
9,78	1.48440	97,63869	352,6242	4,512	2.853	1,79	14,96	11,26	1,60106	48,10531	407,1342	5,220	3,208	1,83	14,72
9,80	1.47226	98,25072	351,4533	4,513	2.864	1,88	14,97	11,28	1,69340	50,83244	412,3381	5,228	3,207	1,83	14,72
9,82	1.36060	97,82071	346,9650	4,519	2.867	1,64	14,99	11,30	1,66743	56,71590	414,1594	5,232	3,213	1,83	14,71
9,84	1.32945	96,74723	346,5097	4,538	2.871	1,91	15,01	11,32	1,72418	60,66851	416,6963	5,235	3,212	2,29	14,72
9,86	1.31716	92,57870	345,2087	4,548	2.876	1,82	15,03	11,34	1,75030	67,50187	418,3875	5,245	3,215	1,83	14,71
9,88	1.27868	90,73856	344,3631	4,559	2.878	1,87	15,06	11,36	1,79529	73,84475	422,3554	5,268	3,223	1,73	14,71
9,90	1.27342	88,43899	344,3631	4,564	2.883	1,78	15,08	11,38	1,82363	80,15679	424,2418	5,263	3,230	2,29	14,72
9,92	1.28226	85,10540	339,7447	4,580	2.887	1,74	14,46	11,40	1,82356	84,99801	426,2583	5,275	3,236	1,83	14,72
9,94	1.26806	83,08303	339,3544	4,591	2.892	1,73	14,46	11,42	1,74771	87,87815	424,3719	5,284	3,237	1,73	14,72
9,96	1.25392	81,82692	338,4438	4,601	2.914	1,86	14,46	11,44	1,72618	90,23697	424,6972	5,291	3,254	2,29	14,73
9,98	1.24430	82,37807	337,5331	4,618	2.912	1,67	14,47	11,46	1,71656	90,23657	425,6729	5,300	3,248	1,83	14,74
10,00	1.23231	83,60334	337,2729	4,605	2.917	1,93	14,47	11,48	1,71633	90,45045	428,1447	5,296	3,249	2,29	14,75
10,02	1.22247	83,05076	335,8418	4,622	2.928	1,69	14,49	11,50	1,78004	85,88419	432,8281	5,332	3,257	1,83	14,76
10,04	1.21499	81,97728	334,9312	4,633	2.935	1,78	14,51	11,52	1,83413	85,63804	435,8203	5,330	3,262	1,73	14,78
10,06	1.23112	81,97606	335,3865	4,643	2.934	1,76	14,53	11,54	1,77464	85,51465	433,8689	5,324	3,277	2,29	14,79
10,08	1.23541	82,86345	335,3865	4,653	2.940	1,83	14,55	11,56	1,71729	89,52733	432,372				

Studio Tecnico Ambientale GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi - Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO) Tel. 059/654076 cell. 335/6088392

Summary table with columns: Prova n°, Data, Quota, CPTU3 (009U-009), Committente, Codomus s.r.l., Cantiere, Via Mar Nero, Fossoli di Carpi (MO), Commessa, 1333-2021, Ubicazione (WGS84), 44° 49' 31,4'' - 10° 53' 16,1'', Falda, -1,60 m da p.c., Tipo punta, Tecnopenta G1-CPLS D (matr. 210317)

Main data table with 8 columns: Profondità [m], Qc [MPa], Fs [kPa], U [kPa], X [gradi], Y [gradi], Velocità [cm/s], Temp. [°C]. Contains two parallel columns of data for CPTU measurements at various depths from 11.74m to 14.70m.

Studio Tecnico Ambientale GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi - Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO) Tel. 059/654076 cell. 335/6088392

Prova n° :		CPTU3 (009U-009)	Committente :		Ecodomus s.r.l.			Cantiere :		Via Mar Nero			Fossoli di Carpi (MO)		
Data :		21/12/2021	Commessa :		1333-2021			Ubicazione (WGS84):		44° 49' 31,4" - 10° 53' 16,1"					
Quota :		p.c.	Falda :		-1,60 m da p.c.			Tipo punta :		Tecnopenta G1-CPLS D (matr. 210317)					
Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]	Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]
14,72	1,50955	71,64708	491,1110	6,780	4,088	1,87	14,57	16,20	1,75303	56,42983	659,9100	7,452	4,549	1,97	14,37
14,74	1,51392	70,63488	495,0789	6,768	4,089	2,13	14,59	16,22	1,80475	66,20359	664,5935	7,456	4,559	1,83	14,39
14,76	1,45190	65,57773	494,2983	6,790	4,093	1,89	14,61	16,24	1,84470	69,35890	669,1468	7,465	4,571	2,18	14,40
14,78	1,39478	59,60174	491,5013	6,783	4,093	2,17	14,62	16,26	1,82065	76,22168	668,4313	7,466	4,566	1,98	14,42
14,80	1,35645	55,86220	490,0702	6,805	4,101	1,94	14,64	16,28	1,74939	79,22398	660,8207	7,472	4,578	1,97	14,43
14,82	1,32048	56,44318	489,4197	6,821	4,105	1,98	14,66	16,30	1,63537	85,25943	640,9161	7,478	4,584	1,96	14,45
14,84	1,32477	57,33057	492,3469	6,838	4,108	2,03	14,68	16,32	1,52134	87,74041	630,4434	7,514	4,582	2,04	14,47
14,86	1,33631	54,84776	493,7779	6,839	4,119	2,33	14,70	16,34	1,46872	81,94765	629,7929	7,514	4,596	1,98	14,49
14,88	1,26949	53,43681	490,5255	6,853	4,132	1,96	14,72	16,36	1,57468	72,84537	643,7131	7,513	4,598	1,75	14,52
14,90	1,24551	49,97345	490,7857	6,877	4,138	2,15	14,74	16,38	1,65229	71,34249	656,2023	7,535	4,604	1,98	14,54
14,92	1,29485	47,87747	564,2898	6,900	4,156	1,83	14,43	16,40	1,76062	71,55535	669,1468	7,524	4,595	1,96	14,57
14,94	1,28782	45,36503	565,9160	6,905	4,175	1,88	14,43	16,42	1,83586	69,59285	676,6924	7,550	4,616	2,08	14,59
14,96	1,32341	43,28158	570,4693	6,917	4,184	2,13	14,42	16,44	1,79487	69,37632	674,0905	7,567	4,622	1,88	14,63
14,98	1,36840	43,18966	573,9819	6,920	4,191	1,84	14,42	16,46	1,75646	70,04902	668,6264	7,564	4,620	2,13	14,65
15,00	1,35182	44,23148	572,4207	6,926	4,195	2,29	14,42	16,48	1,66352	73,26479	659,3897	7,574	4,630	1,98	14,68
15,02	1,27117	45,70189	566,7616	6,931	4,197	2,32	14,43	16,50	1,61083	76,38864	652,8849	7,591	4,620	1,84	14,70
15,04	1,20243	46,19196	561,8830	6,959	4,201	2,17	14,43	16,52	1,58411	77,61249	645,3393	7,599	4,636	2,04	14,73
15,06	1,17623	44,56753	559,4112	6,954	4,206	2,28	14,44	16,54	1,55273	78,28499	642,4122	7,600	4,640	1,99	14,76
15,08	1,15485	39,69526	559,0859	6,958	4,217	2,23	14,44	16,56	1,51913	79,38688	636,1676	7,609	4,641	2,08	14,78
15,10	1,13576	34,73085	559,4762	6,978	4,225	2,20	14,45	16,58	1,40718	81,28485	625,5648	7,616	4,643	1,93	14,81
15,12	1,14981	32,76936	561,1675	6,988	4,223	2,49	14,46	16,60	1,35922	79,50598	618,4095	7,623	4,649	1,96	14,85
15,14	1,14966	31,39007	565,1354	6,987	4,228	2,13	14,46	16,62	1,30646	79,13645	614,7018	7,634	4,649	1,99	14,87
15,16	1,21818	28,53996	571,3149	6,997	4,237	2,22	14,47	16,64	1,23475	75,73336	608,3271	7,642	4,658	1,85	14,90
15,18	1,22750	29,18303	574,6974	7,018	4,239	2,47	14,48	16,66	1,19146	72,78990	604,5544	7,656	4,664	2,00	14,93
15,20	1,26302	29,58138	580,6168	7,012	4,247	2,26	14,48	16,68	1,15542	69,29530	601,9524	7,680	4,674	1,93	14,95
15,22	1,35522	31,48077	589,2031	7,036	4,259	2,04	14,48	16,70	1,16666	63,44106	605,7903	7,681	4,670	1,97	14,98
15,24	1,37882	34,02385	592,7157	7,035	4,273	2,57	14,49	16,72	1,18279	55,84063	609,5630	7,690	4,668	2,15	15,00
15,26	1,41656	38,28267	596,4234	7,045	4,273	2,32	14,49	16,74	1,18922	48,94436	612,0999	7,702	4,682	1,81	15,03
15,28	1,44016	44,07380	598,5049	7,050	4,282	2,15	14,50	16,76	1,17220	45,35804	612,3601	7,697	4,681	2,00	15,05
15,30	1,44245	50,56969	597,0739	7,070	4,285	2,38	14,50	16,78	1,17641	43,39553	612,8805	7,719	4,688	1,98	15,08
15,32	1,44467	59,57801	595,5778	7,080	4,289	2,29	14,51	16,80	1,16198	43,94647	613,2708	7,728	4,694	2,11	15,09
15,34	1,42092	66,68674	592,1302	7,087	4,306	1,93	14,51	16,82	1,17597	44,37485	614,1814	7,726	4,696	1,88	15,10
15,36	1,42795	71,92631	592,1302	7,098	4,305	1,97	14,51	16,84	1,18048	44,74194	616,3280	7,745	4,707	2,04	15,11
15,38	1,41588	77,04291	589,2681	7,113	4,309	1,95	14,52	16,86	1,18980	45,63015	617,9542	7,750	4,706	1,99	15,11
15,40	1,39435	78,66632	584,9750	7,119	4,316	1,92	14,53	16,88	1,20157	45,23160	620,4260	7,771	4,714	2,26	15,12
15,42	1,38229	79,64625	581,2022	7,126	4,317	2,17	14,54	16,90	1,21096	43,85251	623,2231	7,776	4,725	1,91	15,12
15,44	1,34174	79,03260	577,3644	7,151	4,313	1,94	14,56	16,92	1,13708	40,36612	634,8016	7,784	4,713	1,83	14,50
15,46	1,32479	75,35455	577,7547	7,152	4,323	2,14	14,57	16,94	1,26036	40,06011	650,4781	7,796	4,723	1,74	14,49
15,48	1,31716	67,47814	579,1857	7,149	4,329	2,01	14,60	16,96	1,26280	40,58123	652,8849	7,796	4,728	2,04	14,49
15,50	1,34276	58,49883	581,0070	7,166	4,334	1,93	14,62	16,98	1,26043	41,68434	654,5761	7,805	4,728	1,84	14,49
15,52	1,33262	55,95372	580,9420	7,179	4,349	2,09	14,65	17,00	1,26753	42,51167	655,0315	7,808	4,740	1,98	14,49
15,54	1,30605	52,94938	581,2022	7,193	4,353	1,93	14,67	17,02	1,26761	44,53424	656,4625	7,809	4,736	1,86	14,48
15,56	1,32691	49,17920	583,4789	7,192	4,354	2,24	14,70	17,04	1,27700	46,80154	656,2674	7,836	4,748	1,88	14,49
15,58	1,33823	47,46183	585,3002	7,200	4,357	1,95	14,72	17,06	1,25799	50,01874	653,4703	7,834	4,747	1,89	14,49
15,60	1,37567	46,78649	587,3817	7,205	4,367	1,94	14,74	17,08	1,25325	52,22496	653,2752	7,849	4,747	1,92	14,49
15,62	1,36582	47,61280	586,9914	7,197	4,372	2,06	14,75	17,10	1,23423	53,54236	649,4373	7,855	4,756	2,06	14,49
15,64	1,32527	50,49233	581,6575	7,217	4,373	2,01	14,77	17,12	1,19146	55,53368	646,0549	7,851	4,750	2,13	14,50
15,66	1,29412	51,25736	579,2508	7,221	4,382	1,99	14,78	17,14	1,17718	55,47220	644,7539	7,876	4,759	2,06	14,50
15,68	1,26311	51,34868	576,3887	7,244	4,381	2,02	14,79	17,16	1,16275	52,98959	645,2743	7,884	4,764	2,10	14,51
15,70	1,26526	51,34807	576,3236	7,256	4,387	2,09	14,81	17,18	1,16963	51,91651	645,0141	7,882	4,769	2,18	14,52
15,72	1,25083	51,86837	576,3236	7,256	4,393	2,13	14,82	17,20	1,16941	49,61775	645,4694	7,902	4,774	2,12	14,53
15,74	1,19377	50,12117	571,9654	7,270	4,402	1,88	14,83	17,22	1,12886	47,13494	643,1928	7,908	4,784	1,96	14,55
15,76	1,14864	48,95637	567,6072	7,266	4,407	2,24	14,83	17,24	1,12153	43,27345	643,3879	7,907	4,778	2,28	14,56
15,78	1,10823	43,53234	565,8509	7,269	4,414	1,96	14,84	17,26	1,13085	38,82996	642,7374	7,926	4,788	2,04	14,56
15,80	1,11053	38,72135	567,4121	7,290	4,415	2,25	14,84	17,28	1,11879	35,33616	644,2986	7,941	4,795	2,18	14,57
15,82	1,11504	34,67600	569,0382	7,309	4,433	1,91	14,85	17,30	1,13988	31,84237	646,9005	7,941	4,795	2,08	14,58
15,84	1,11030	32,68427	568,8431	7,310	4,434	2,18	14,85	17,32	1,15852	29,54341	649,5024	7,958	4,800	1,99	14,60
15,86	1,07471	31,06005	567,0868	7,322	4,434	2,18	14,86	17,34	1,17976	27,82726	653,6004	7,945	4,803	2,25	14,60
15,88	1,09365	30,56977	568,4528	7,332	4,442	2,26	14,86	17,36	1,15578	25,49766	648,6568	7,970	4,814	1,97	14,62
15,90	1,17172	27,44409	580,4867	7,336	4,443	1,99	14,86	17,38	1,12958	26,44715	646,4451	7,974	4,816	2,09	14,62
15,92	1,35628	21,92984	606,2456	7,333	4,444	1,83	14,33	17,40	1,12011	26,99871	646,3150	7,983	4,826	2,05	14,62
15,94	1,42976	25,79093	615,0921	7,344	4,455	1,92	14,32	17,42	1,12707	26,07904	648,8519	7,984	4,831	2,07	14,63
15,96	1,42746	28,70212	613,9863	7,340	4,462	1,97	14,32	17,44	1,12943	26,35482	652,6247	8,005	4,842	2,19	14,63
15,98	1,42517	32,19551	611,2543	7,348	4,476	2,06	14,32	17,46	1,18626	25,55813	658,0237	8,000	4,848	2,11	14,63
16,00	1,40630	43,10424	608,0019	7,352	4,475	2,00	14,31	17,48	1,20047	25,12914	661,2110	8,017	4,858	2,16	14,63
16,02	1,38980	50,15210	608,7825	7,380	4,491	1,91	14,31	17,50							

Prova n° :	CPTU3 (009U-009)		Committente :				Ecodomus s.r.l.			Cantiere :		Via Mar Nero			Fossoli di Carpi (MO)	
Data :	21/12/2021		Commessa :				1333-2021			Ubicazione (WGS84):		44° 49' 31,4" - 10° 53' 16,1"				
Quota :	p.c.		Falda :				-1,60 m da p.c.			Tipo punta :		Tecnopenta G1-CPLS D (matr. 210317)				

Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]	Profondità [m]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	U [kPa]	X [gradi]	Y [gradi]	Velocità [cm/s]	Temp. [°C]
17,70	1,48757	53,47457	709,1512	8,128	4,912	2,17	14,60	19,18	2,75348	169,02650	353,7300	8,793	5,197	1,80	15,09
17,72	1,52316	57,24373	713,5094	8,140	4,912	2,16	14,60	19,20	2,84753	174,29346	360,4299	8,811	5,206	1,88	15,15
17,74	1,62546	61,01249	715,0055	8,157	4,921	2,20	14,60	19,22	2,90107	178,08960	366,2842	8,826	5,214	1,70	15,21
17,76	1,51835	64,56696	714,7453	8,155	4,922	2,04	14,60	19,24	2,95193	179,73999	373,6997	8,831	5,217	1,80	15,28
17,78	1,49697	67,75351	711,1677	8,172	4,922	2,25	14,60	19,26	3,04084	177,89700	385,4083	8,822	5,223	1,69	15,35
17,80	1,46841	71,09308	708,9561	8,178	4,932	2,10	14,61	19,28	3,15619	171,55025	392,6286	8,832	5,228	1,97	15,42
17,82	1,48002	72,71649	711,0376	8,187	4,935	2,14	14,62	19,30	3,18314	175,89693	397,3771	8,854	5,235	1,67	15,49
17,84	1,48927	76,39292	713,5745	8,194	4,941	2,03	14,63	19,32	3,27198	177,20985	405,8333	8,861	5,239	1,81	15,57
17,86	1,50799	78,69045	714,8104	8,201	4,953	2,40	14,64	19,34	3,39425	180,72920	415,5254	8,853	5,236	1,61	15,65
17,88	1,50310	81,75424	716,4366	8,212	4,955	2,26	14,65	19,36	3,51184	182,47152	424,5671	8,885	5,245	1,84	15,72
17,90	1,55009	82,09028	719,3637	8,222	4,970	2,25	14,67	19,38	3,73874	183,63083	442,7804	8,882	5,247	1,50	15,80
17,92	1,54483	84,20315	721,1200	8,222	4,962	2,14	14,69	19,40	3,85863	186,99697	446,3581	8,908	5,245	1,67	15,88
17,94	1,56152	80,72320	698,4834	8,232	4,965	1,83	14,47	19,42	3,39938	205,00975	428,2748	8,898	5,249	1,69	15,95
17,96	1,58764	79,68157	703,1018	8,224	4,971	2,22	14,47	19,44	3,13114	207,30424	414,5497	8,907	5,247	1,74	16,02
17,98	1,62781	77,53643	707,1998	8,224	4,978	2,07	14,47	19,46	2,92680	213,61160	405,8333	8,913	5,252	1,60	16,10
18,00	1,64676	78,14927	705,1833	8,250	4,981	2,09	14,47	19,48	2,81606	222,61077	443,5610	8,938	5,262	1,83	16,26
18,02	1,54464	79,89505	694,7106	8,254	4,989	2,18	14,48	19,50	2,71635	223,86810	441,4144	8,957	5,266	1,73	16,24
18,04	1,50653	80,01701	690,6126	8,242	4,992	2,01	14,49	19,52	2,57877	223,43952	438,5523	8,951	5,273	1,57	16,23
18,06	1,49440	74,62321	689,7670	8,256	5,003	2,19	14,51	19,54	2,54066	216,05420	435,1699	8,961	5,272	1,74	16,24
18,08	1,49639	68,98408	690,1573	8,254	5,012	1,99	14,52	19,56	2,51157	202,35542	432,7631	8,970	5,278	1,54	16,27
18,10	1,43445	67,23647	682,6117	8,271	5,019	2,14	14,54	19,58	2,47760	192,88482	433,9339	8,983	5,281	1,51	16,31
18,12	1,37252	65,79528	676,4972	8,277	5,025	2,07	14,56	19,60	2,54508	181,48276	439,9834	8,994	5,287	1,47	16,36
18,14	1,30104	60,83006	669,9274	8,277	5,033	2,02	14,58	19,62	2,60330	172,50202	445,1222	8,998	5,283	1,64	16,41
18,16	1,26270	53,29092	669,6672	8,293	5,033	2,17	14,60	19,64	2,65669	156,84094	449,5454	8,993	5,286	1,55	16,46
18,18	1,25745	46,14992	670,1876	8,302	5,039	2,05	14,62	19,66	2,64154	149,51507	449,0250	8,980	5,282	1,56	16,50
18,20	1,22866	42,31866	669,2119	8,304	5,046	1,99	14,64	19,68	2,52699	149,26749	444,0164	9,010	5,287	1,62	16,54
18,22	1,19987	38,60997	666,3498	8,322	5,050	2,21	14,66	19,70	2,48362	147,79464	440,2436	9,008	5,300	1,78	16,58
18,24	1,18529	35,29962	664,5284	8,337	5,056	1,91	14,67	19,72	2,35502	150,36653	436,7960	9,016	5,301	1,56	16,61
18,26	1,15414	33,33752	661,1459	8,335	5,062	2,22	14,69	19,74	2,36855	150,18085	438,6824	9,018	5,307	1,65	16,64
18,28	1,11840	31,59032	658,4139	8,338	5,070	2,10	14,70	19,76	2,32533	148,98419	439,1378	9,029	5,323	1,64	16,67
18,30	1,10160	30,36403	657,3081	8,353	5,067	2,02	14,71	19,78	2,32000	148,76806	442,5203	9,043	5,320	1,71	16,70
18,32	1,08487	30,36362	655,3567	8,355	5,076	2,09	14,72	19,80	2,42351	145,51819	449,0901	9,048	5,320	1,65	16,72
18,34	1,07770	29,71994	654,5111	8,368	5,085	1,99	14,72	19,82	2,49884	144,13808	454,6842	9,060	5,326	1,69	16,74
18,36	1,05394	29,75038	653,4703	8,393	5,092	2,11	14,72	19,84	2,47693	146,06689	457,8065	9,067	5,332	1,53	16,77
18,38	1,03493	30,79200	654,2509	8,397	5,101	1,85	14,73	19,86	2,48114	136,32133	460,0832	9,070	5,346	1,59	16,80
18,40	1,08228	29,47440	661,3411	8,422	5,099	2,13	14,73	19,88	2,41669	133,99112	459,0424	9,089	5,348	1,56	16,82
18,42	1,15805	27,75845	670,8381	8,419	5,104	2,05	14,73	19,90	2,39737	131,69195	459,1074	9,084	5,352	1,54	16,84
18,44	1,20082	29,38288	677,6681	8,439	5,108	2,00	14,72	19,92	2,33788	134,69405	458,1317	9,105	5,351	1,56	16,85
18,46	1,24344	30,54727	682,2214	8,440	5,107	2,13	14,72	19,94	2,31413	136,80814	458,4570	9,110	5,363	1,83	16,85
18,48	1,26727	32,01849	687,2301	8,451	5,120	2,16	14,71	19,96	2,31886	137,32906	458,0016	9,125	5,370	1,59	16,86
18,50	1,38344	30,91579	703,1668	8,464	5,121	2,04	14,71	19,98	2,18619	141,55744	452,7328	9,116	5,370	1,61	16,86
18,52	1,57294	31,03856	730,2267	8,471	5,126	2,12	14,70	20,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,54	1,68911	36,09489	746,8139	8,478	5,129	2,02	14,70	20,02	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,56	1,74594	37,50442	752,7333	8,488	5,132	2,18	14,70	20,04	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,58	1,92375	41,33527	774,5893	8,492	5,145	2,15	14,69	20,06	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,60	2,19620	53,34732	817,9112	8,502	5,135	2,04	14,68	20,08	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,62	2,48752	55,61503	856,7447	8,510	5,137	2,01	14,68	20,10	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,64	2,80562	64,83846	419,1030	8,534	5,141	1,99	14,67	20,12	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,66	2,66296	80,58883	206,2016	8,533	5,142	2,03	14,67	20,14	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,68	2,63943	98,82120	214,9180	8,546	5,151	1,94	14,66	20,16	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,70	2,56595	110,55686	218,6907	8,566	5,149	2,09	14,66	20,18	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,72	2,41190	123,97763	218,1704	8,566	5,151	1,97	14,67	20,20	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,74	2,26731	135,98886	217,8451	8,568	5,147	2,22	14,68	20,22	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,76	2,12028	149,34814	218,4305	8,587	5,149	1,89	14,69	20,24	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,78	2,05834	154,21919	219,7315	8,606	5,151	2,24	14,70	20,26	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,80	2,03644	154,15628	222,2033	8,618	5,150	1,98	14,73	20,28	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,82	2,01927	156,05446	225,5208	8,621	5,158	2,24	14,76	20,30	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,84	2,09185	150,69988	230,7246	8,626	5,167	1,85	14,79	20,32	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,86	2,20705	144,43668	237,3595	8,637	5,176	2,23	14,83	20,34	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,88	2,39084	135,67064	247,0516	8,646	5,177	2,12	14,87	20,36	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,90	2,74053	124,78970	259,6709	8,659	5,173	2,27	14,92	20,38	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,92	3,05858	121,01728	275,1522	8,660	5,174	2,06	14,98	20,40	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,94	3,71465	115,51027	407,3944	8,687	5,172	1,83	14,84	20,42	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,96	3,23343	115,93967	392,9538	8,695	5,186	1,92	14,83	20,44	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
18,98	3,01197	120,53637	386,9044	8,709	5,182	1,96	14,83	20,46	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,00	0,00
19,00	3,06670	132,14946	39												

Allegato N. 8

**“RISCHIO LIQUEFAZIONE E CALCOLO CEDIMENTI POST-SISMICI
PROVE CPT1-CPT2”**

- dati e diagrammi Software "LiqIT v.4.7.7.5" GEOLOGISMIKI -

Studio Tecnico Ambientale

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via Martinelli, 51A - Fossoli di Carpi (MO)

Tel. 059/654076 Fax +391782215311

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

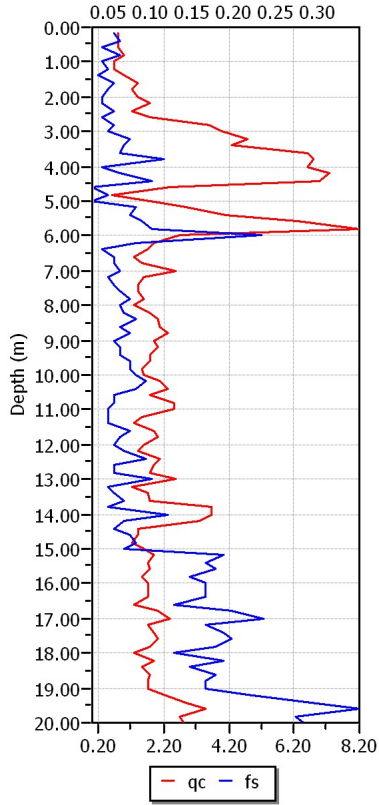
Project title : Progetto del P.P.I.P. B36 in Via Mar Nero a Fossoli di Carpi (MO).

Project subtitle : Verifica a liquefazione prova CPT1

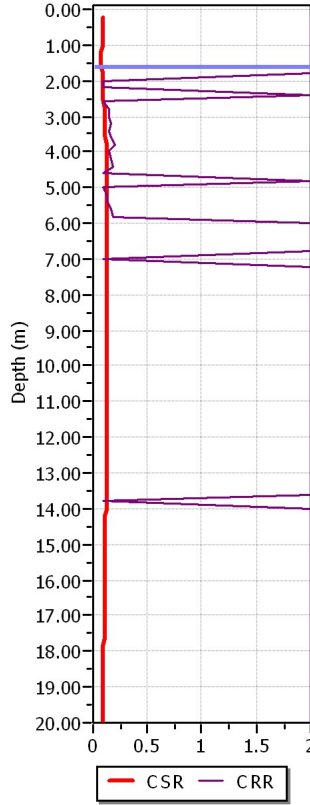
Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	1.60 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	6.14
Analysis method:	Boulanger & Idriss (2004)	Peak ground acceleration:	0.22 g
Fines correction method:	Boulanger & Idriss	User defined F.S.:	1.00

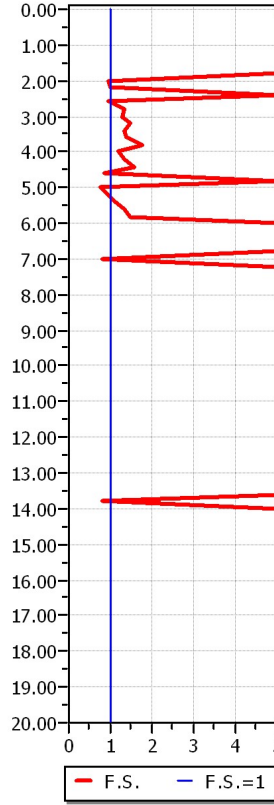
CPT data graph



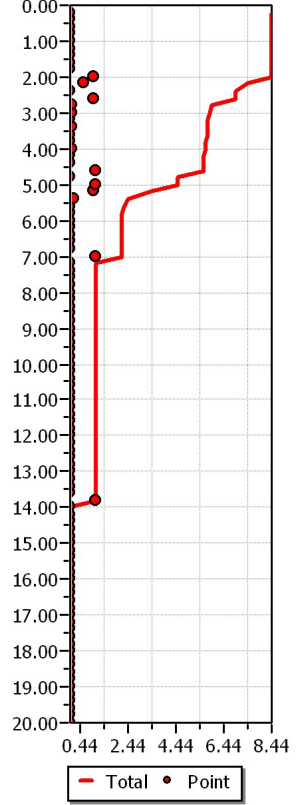
Shear stress ratio



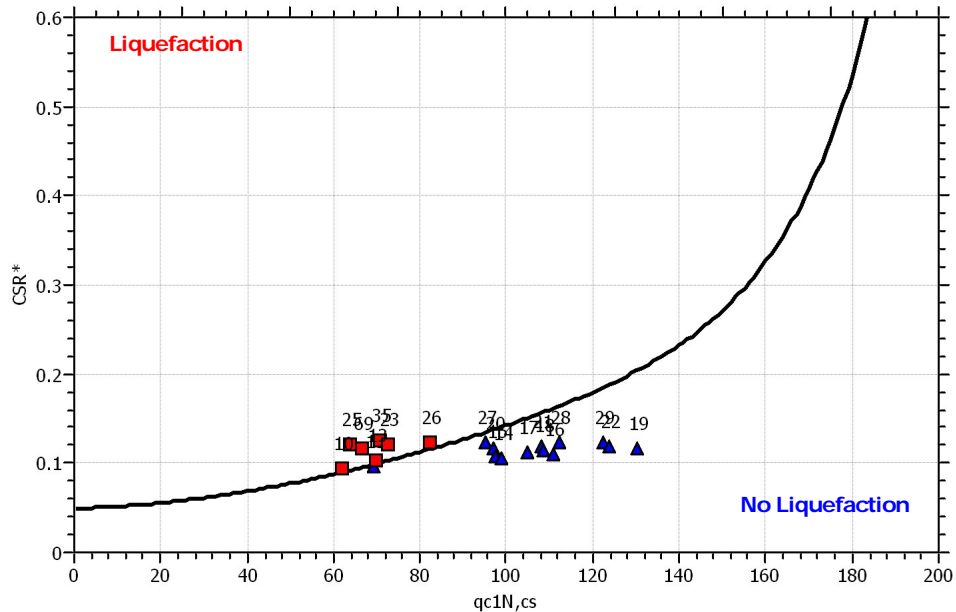
Factor of safety

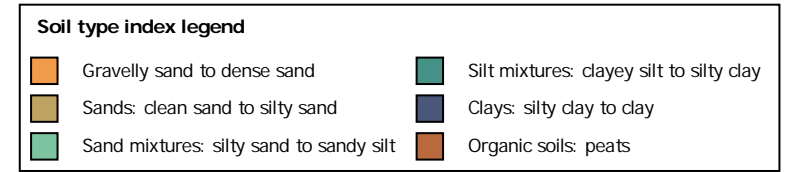
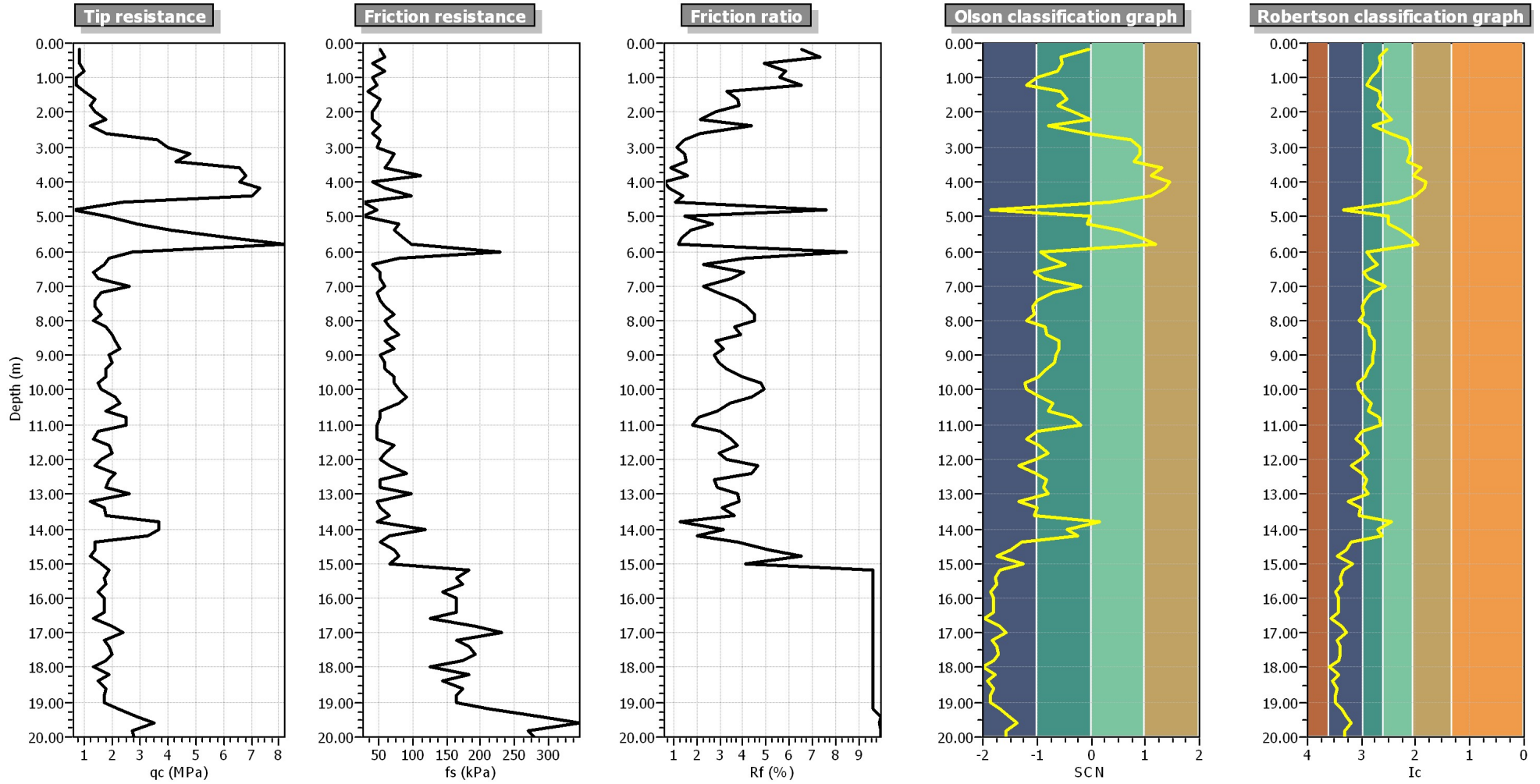


Settlements (cm)



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





:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
1	0.20	0.80	52.30	31.57	19.00
2	0.40	0.80	58.80	39.06	19.00
3	0.60	0.80	39.20	37.48	19.00
4	0.80	1.00	58.80	40.15	19.00
5	1.00	0.70	39.20	47.65	19.00
6	1.20	0.70	45.80	52.96	19.00
7	1.40	1.00	32.70	38.77	19.00
8	1.60	1.40	52.30	37.03	19.00
9	1.80	1.20	45.80	40.51	19.00
10	2.00	1.40	39.20	34.77	19.00
11	2.20	1.80	39.20	28.87	19.00
12	2.40	1.20	52.30	44.85	19.00
13	2.60	1.80	39.20	29.94	19.00
14	2.80	3.60	52.30	18.02	19.00
15	3.00	4.00	45.80	15.40	19.00
16	3.20	4.80	71.90	16.01	19.00
17	3.40	4.30	65.40	17.46	19.00
18	3.60	6.60	58.80	10.06	19.00
19	3.80	6.80	111.10	14.28	19.00
20	4.00	6.60	39.20	8.20	19.00
21	4.20	7.30	58.80	9.19	19.00
22	4.40	7.00	98.10	13.37	19.00
23	4.60	2.40	26.20	23.28	19.00
24	4.80	0.60	45.80	84.77	19.00
25	5.00	1.80	26.20	31.12	19.00
26	5.20	2.90	78.50	31.02	19.00
27	5.40	4.10	71.90	21.83	19.00
28	5.60	6.30	85.00	15.06	19.00
29	5.80	8.20	98.10	11.94	19.00
30	6.00	2.70	228.80	51.94	19.00
31	6.20	1.90	78.50	46.50	19.00
32	6.40	1.70	39.20	40.60	19.00
33	6.60	1.30	52.30	55.80	19.00
34	6.80	1.50	52.30	50.43	19.00
35	7.00	2.60	58.80	33.51	19.00
36	7.20	1.60	45.80	46.81	19.00
37	7.40	1.40	52.30	54.86	19.00
38	7.60	1.40	58.80	57.47	19.00
39	7.80	1.60	71.90	55.75	19.00
40	8.00	1.30	58.80	62.03	19.00
41	8.20	1.80	65.40	50.11	19.00
42	8.40	2.00	78.50	49.37	19.00
43	8.60	2.10	58.80	43.32	19.00
44	8.80	2.30	71.90	43.39	19.00
45	9.00	1.90	52.30	46.08	19.00
46	9.20	2.00	58.80	46.29	19.00
47	9.40	1.80	58.80	50.93	19.00
48	9.60	1.80	71.90	54.81	19.00
49	9.80	1.50	71.90	63.86	19.00
50	10.00	1.60	78.50	62.89	19.00
51	10.20	2.10	91.50	53.66	19.00
52	10.40	2.30	78.50	47.60	19.00
53	10.60	1.80	52.30	51.46	19.00
54	10.80	2.50	52.30	39.06	19.00
55	11.00	2.50	45.80	37.60	19.00

:: Field input data (continued) ::

Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
56	11.20	1.50	45.80	58.84	19.00
57	11.40	1.30	45.80	66.71	19.00
58	11.60	1.90	71.90	56.55	19.00
59	11.80	2.00	58.80	51.14	19.00
60	12.00	1.60	52.30	59.85	19.00
61	12.20	1.40	65.40	71.90	19.00
62	12.40	2.10	91.50	57.91	19.00
63	12.60	1.90	52.30	52.93	19.00
64	12.80	1.80	52.30	55.81	19.00
65	13.00	2.60	98.10	50.61	19.00
66	13.20	1.20	45.80	76.48	19.00
67	13.40	1.70	52.30	59.82	19.00
68	13.60	1.80	65.40	61.47	19.00
69	13.80	3.70	45.80	28.50	19.00
70	14.00	3.70	117.70	40.99	19.00
71	14.20	3.30	65.40	36.77	19.00
72	14.40	1.40	52.30	72.91	19.00
73	14.60	1.40	71.90	80.42	19.00
74	14.80	1.20	78.50	93.59	19.00
75	15.00	1.60	65.40	70.99	19.00
76	15.20	1.90	182.70	84.98	19.00
77	15.40	1.70	163.50	89.73	19.00
78	15.60	1.80	173.10	87.95	19.00
79	15.80	1.50	144.30	96.05	19.00
80	16.00	1.70	163.50	91.18	19.00
81	16.20	1.70	163.50	91.66	19.00
82	16.40	1.70	163.50	92.13	19.00
83	16.60	1.30	125.00	100.00	19.00
84	16.80	2.00	192.30	86.54	19.00
85	17.00	2.40	230.80	80.31	19.00
86	17.20	1.70	163.50	94.03	19.00
87	17.40	1.90	182.70	89.83	19.00
88	17.60	2.00	192.30	88.22	19.00
89	17.80	1.80	173.10	92.96	19.00
90	18.00	1.30	125.00	100.00	19.00
91	18.20	1.90	182.70	91.56	19.00
92	18.40	1.50	144.30	100.00	19.00
93	18.60	1.80	173.10	94.74	19.00
94	18.80	1.70	163.50	97.77	19.00
95	19.00	1.70	163.50	98.24	19.00
96	19.20	2.20	211.60	87.69	19.00
97	19.40	2.90	288.50	78.84	19.00
98	19.60	3.50	346.20	72.76	19.00
99	19.80	2.70	269.30	82.15	19.00
100	20.00	2.80	278.90	81.18	19.00

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

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r _d	CSR	MSF	CSR _{eq,M=7.5}	K _{sigma}	CSR*
1	0.20	3.80	0.00	3.80	1.00	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r _d	CSR	MSF	CSR _{eq,M=7.5}	K _{sigma}	CSR*
2	0.40	7.60	0.00	7.60	1.00	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09
3	0.60	11.40	0.00	11.40	1.00	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09
4	0.80	15.20	0.00	15.20	1.00	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09
5	1.00	19.00	0.00	19.00	0.99	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09
6	1.20	22.80	0.00	22.80	0.99	0.14	1.67	0.08	1.00	0.08
7	1.40	26.60	0.00	26.60	0.99	0.14	1.67	0.08	1.00	0.08
8	1.60	30.40	0.00	30.40	0.99	0.14	1.67	0.08	1.00	0.08
9	1.80	34.20	1.96	32.24	0.98	0.15	1.67	0.09	1.00	0.09
10	2.00	38.00	3.92	34.08	0.98	0.16	1.67	0.09	1.00	0.09
11	2.20	41.80	5.89	35.91	0.98	0.16	1.67	0.10	1.00	0.10
12	2.40	45.60	7.85	37.75	0.97	0.17	1.67	0.10	1.00	0.10
13	2.60	49.40	9.81	39.59	0.97	0.17	1.67	0.10	1.00	0.10
14	2.80	53.20	11.77	41.43	0.97	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
15	3.00	57.00	13.73	43.27	0.96	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
16	3.20	60.80	15.70	45.10	0.96	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
17	3.40	64.60	17.66	46.94	0.95	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
18	3.60	68.40	19.62	48.78	0.95	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
19	3.80	72.20	21.58	50.62	0.95	0.19	1.67	0.12	1.00	0.12
20	4.00	76.00	23.54	52.46	0.94	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
21	4.20	79.80	25.51	54.29	0.94	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
22	4.40	83.60	27.47	56.13	0.93	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
23	4.60	87.40	29.43	57.97	0.93	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
24	4.80	91.20	31.39	59.81	0.93	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
25	5.00	95.00	33.35	61.65	0.92	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
26	5.20	98.80	35.32	63.48	0.92	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
27	5.40	102.60	37.28	65.32	0.91	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
28	5.60	106.40	39.24	67.16	0.91	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
29	5.80	110.20	41.20	69.00	0.91	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
30	6.00	114.00	43.16	70.84	0.90	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
31	6.20	117.80	45.13	72.67	0.90	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
32	6.40	121.60	47.09	74.51	0.89	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
33	6.60	125.40	49.05	76.35	0.89	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
34	6.80	129.20	51.01	78.19	0.88	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
35	7.00	133.00	52.97	80.03	0.88	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
36	7.20	136.80	54.94	81.86	0.87	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
37	7.40	140.60	56.90	83.70	0.87	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
38	7.60	144.40	58.86	85.54	0.86	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
39	7.80	148.20	60.82	87.38	0.86	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
40	8.00	152.00	62.78	89.22	0.86	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
41	8.20	155.80	64.75	91.05	0.85	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
42	8.40	159.60	66.71	92.89	0.85	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
43	8.60	163.40	68.67	94.73	0.84	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
44	8.80	167.20	70.63	96.57	0.84	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
45	9.00	171.00	72.59	98.41	0.83	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
46	9.20	174.80	74.56	100.24	0.83	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
47	9.40	178.60	76.52	102.08	0.82	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
48	9.60	182.40	78.48	103.92	0.82	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
49	9.80	186.20	80.44	105.76	0.81	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
50	10.00	190.00	82.40	107.60	0.81	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
51	10.20	193.80	84.37	109.43	0.80	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
52	10.40	197.60	86.33	111.27	0.80	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
53	10.60	201.40	88.29	113.11	0.79	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
54	10.80	205.20	90.25	114.95	0.79	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
55	11.00	209.00	92.21	116.79	0.78	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
56	11.20	212.80	94.18	118.62	0.78	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r _d	CSR	MSF	CSR _{eq,M=7.5}	K _{sigma}	CSR*
57	11.40	216.60	96.14	120.46	0.77	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
58	11.60	220.40	98.10	122.30	0.77	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
59	11.80	224.20	100.06	124.14	0.76	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
60	12.00	228.00	102.02	125.98	0.76	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
61	12.20	231.80	103.99	127.81	0.76	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
62	12.40	235.60	105.95	129.65	0.75	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
63	12.60	239.40	107.91	131.49	0.75	0.19	1.67	0.12	0.99	0.12
64	12.80	243.20	109.87	133.33	0.74	0.19	1.67	0.12	0.99	0.12
65	13.00	247.00	111.83	135.17	0.74	0.19	1.67	0.12	0.98	0.12
66	13.20	250.80	113.80	137.00	0.73	0.19	1.67	0.11	0.99	0.12
67	13.40	254.60	115.76	138.84	0.73	0.19	1.67	0.11	0.98	0.12
68	13.60	258.40	117.72	140.68	0.72	0.19	1.67	0.11	0.98	0.12
69	13.80	262.20	119.68	142.52	0.72	0.19	1.67	0.11	0.98	0.12
70	14.00	266.00	121.64	144.36	0.71	0.19	1.67	0.11	0.98	0.12
71	14.20	269.80	123.61	146.19	0.71	0.19	1.67	0.11	0.98	0.11
72	14.40	273.60	125.57	148.03	0.70	0.19	1.67	0.11	0.98	0.11
73	14.60	277.40	127.53	149.87	0.70	0.19	1.67	0.11	0.98	0.11
74	14.80	281.20	129.49	151.71	0.70	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
75	15.00	285.00	131.45	153.55	0.69	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
76	15.20	288.80	133.42	155.38	0.69	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
77	15.40	292.60	135.38	157.22	0.68	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
78	15.60	296.40	137.34	159.06	0.68	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
79	15.80	300.20	139.30	160.90	0.67	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
80	16.00	304.00	141.26	162.74	0.67	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
81	16.20	307.80	143.23	164.57	0.66	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
82	16.40	311.60	145.19	166.41	0.66	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
83	16.60	315.40	147.15	168.25	0.66	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
84	16.80	319.20	149.11	170.09	0.65	0.18	1.67	0.10	0.97	0.11
85	17.00	323.00	151.07	171.93	0.65	0.17	1.67	0.10	0.97	0.11
86	17.20	326.80	153.04	173.76	0.64	0.17	1.67	0.10	0.97	0.11
87	17.40	330.60	155.00	175.60	0.64	0.17	1.67	0.10	0.97	0.11
88	17.60	334.40	156.96	177.44	0.64	0.17	1.67	0.10	0.97	0.11
89	17.80	338.20	158.92	179.28	0.63	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
90	18.00	342.00	160.88	181.12	0.63	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
91	18.20	345.80	162.85	182.95	0.62	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
92	18.40	349.60	164.81	184.79	0.62	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
93	18.60	353.40	166.77	186.63	0.62	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
94	18.80	357.20	168.73	188.47	0.61	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
95	19.00	361.00	170.69	190.31	0.61	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
96	19.20	364.80	172.66	192.14	0.61	0.16	1.67	0.10	0.97	0.10
97	19.40	368.60	174.62	193.98	0.60	0.16	1.67	0.10	0.97	0.10
98	19.60	372.40	176.58	195.82	0.60	0.16	1.67	0.10	0.96	0.10
99	19.80	376.20	178.54	197.66	0.59	0.16	1.67	0.10	0.97	0.10
100	20.00	380.00	180.50	199.50	0.59	0.16	1.67	0.10	0.97	0.10

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

:: Cyclic Resistance Ratio calculation CRR_{7.5} ::

Point ID	q _c (MPa)	FC (%)	C _n	q _{c1N}	D _q	q _{c1N,cs}	CRR _{7.5}
1	0.80	31.57	1.70	13.60	33.87	47.47	2.00
2	0.80	39.06	1.70	13.60	34.79	48.39	2.00
3	0.80	37.48	1.70	13.60	34.67	48.27	2.00
4	1.00	40.15	1.70	17.00	36.04	53.04	2.00
5	0.70	47.65	1.70	11.90	34.48	46.38	2.00
6	0.70	52.96	1.70	11.90	34.49	46.39	2.00
7	1.00	38.77	1.70	17.00	35.95	52.95	2.00
8	1.40	37.03	1.70	23.80	38.17	61.97	2.00
9	1.20	40.51	1.70	20.40	37.25	57.65	2.00
10	1.40	34.77	1.70	23.80	37.90	61.70	0.09
11	1.80	28.87	1.70	30.60	38.86	69.46	0.10
12	1.20	44.85	1.70	20.40	37.42	57.82	2.00
13	1.80	29.94	1.70	30.60	39.20	69.80	0.10
14	3.60	18.02	1.70	61.12	37.75	98.86	0.14
15	4.00	15.40	1.64	65.41	32.19	97.59	0.14
16	4.80	16.01	1.56	74.92	36.08	111.00	0.16
17	4.30	17.46	1.55	66.80	37.97	104.77	0.15
18	6.60	10.06	1.44	95.06	13.37	108.43	0.16
19	6.80	14.28	1.41	95.98	34.29	130.27	0.20
20	6.60	8.20	1.39	92.04	4.78	96.81	0.14
21	7.30	9.19	1.36	99.03	9.22	108.25	0.16
22	7.00	13.37	1.34	94.02	29.98	124.00	0.19
23	2.40	23.28	1.47	35.16	37.34	72.50	0.10
24	0.60	84.77	1.58	9.47	33.13	42.60	2.00
25	1.80	31.12	1.44	25.87	37.92	63.80	0.09
26	2.90	31.02	1.36	39.51	42.50	82.01	0.12
27	4.10	21.83	1.31	53.52	41.51	95.02	0.13
28	6.30	15.06	1.24	78.42	33.80	112.21	0.16
29	8.20	11.94	1.20	98.73	23.65	122.39	0.18
30	2.70	51.94	1.27	34.42	42.40	76.82	2.00
31	1.90	46.50	1.27	24.22	38.79	63.01	2.00
32	1.70	40.60	1.26	21.38	37.60	58.97	2.00
33	1.30	55.80	1.25	16.21	35.98	52.20	2.00
34	1.50	50.43	1.22	18.27	36.73	55.00	2.00
35	2.60	33.51	1.18	30.55	40.01	70.56	0.10
36	1.60	46.81	1.17	18.77	36.88	55.65	2.00
37	1.40	54.86	1.16	16.19	35.99	52.18	2.00
38	1.40	57.47	1.14	15.92	35.86	51.78	2.00
39	1.60	55.75	1.11	17.84	36.55	54.39	2.00
40	1.30	62.03	1.10	14.30	35.23	49.53	2.00
41	1.80	50.11	1.08	19.39	37.12	56.52	2.00
42	2.00	49.37	1.06	21.19	37.75	58.94	2.00
43	2.10	43.32	1.04	21.90	37.90	59.80	2.00
44	2.30	43.39	1.03	23.62	38.50	62.13	2.00
45	1.90	46.08	1.01	19.24	37.04	56.28	2.00
46	2.00	46.29	1.00	19.96	37.29	57.25	2.00
47	1.80	50.93	0.98	17.70	36.53	54.24	2.00
48	1.80	54.81	0.97	17.45	36.43	53.88	2.00
49	1.50	63.86	0.95	14.32	35.20	49.52	2.00
50	1.60	62.89	0.94	15.06	35.48	50.54	2.00
51	2.10	53.66	0.93	19.55	37.17	56.73	2.00
52	2.30	47.60	0.92	21.16	37.73	58.89	2.00
53	1.80	51.46	0.90	16.27	36.03	52.31	2.00
54	2.50	39.06	0.90	22.45	37.87	60.32	2.00
55	2.50	37.60	0.89	22.17	37.65	59.83	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio calculation CRR_{7.5} (continued) ::

Point ID	q _c (MPa)	FC (%)	C _n	q _{c1N}	D _q	q _{c1N,cs}	CRR _{7.5}
56	1.50	58.84	0.87	12.98	34.81	47.79	2.00
57	1.30	66.71	0.85	11.06	34.02	45.08	2.00
58	1.90	56.55	0.85	16.11	35.94	52.05	2.00
59	2.00	51.14	0.84	16.77	36.21	52.98	2.00
60	1.60	59.85	0.82	13.16	34.86	48.02	2.00
61	1.40	71.90	0.81	11.32	34.01	45.33	2.00
62	2.10	57.91	0.81	17.01	36.24	53.25	2.00
63	1.90	52.93	0.80	15.15	35.63	50.78	2.00
64	1.80	55.81	0.79	14.15	35.26	49.41	2.00
65	2.60	50.61	0.79	20.52	37.52	58.05	2.00
66	1.20	76.48	0.76	9.06	33.14	42.20	2.00
67	1.70	59.82	0.76	12.87	34.76	47.63	2.00
68	1.80	61.47	0.75	13.50	34.96	48.46	2.00
69	3.70	28.50	0.77	28.52	38.04	66.56	0.10
70	3.70	40.99	0.76	28.24	40.01	68.25	2.00
71	3.30	36.77	0.75	24.76	38.47	63.23	2.00
72	1.40	72.91	0.71	9.91	33.50	43.41	2.00
73	1.40	80.42	0.70	9.79	33.32	43.12	2.00
74	1.20	93.59	0.69	8.24	32.56	40.79	2.00
75	1.60	70.99	0.69	11.03	33.93	44.95	2.00
76	1.90	84.98	0.69	13.08	34.38	47.46	2.00
77	1.70	89.73	0.68	11.50	33.75	45.25	2.00
78	1.80	87.95	0.67	12.09	33.98	46.08	2.00
79	1.50	96.05	0.66	9.86	33.07	42.93	2.00
80	1.70	91.18	0.66	11.15	33.60	44.74	2.00
81	1.70	91.66	0.65	11.03	33.55	44.58	2.00
82	1.70	92.13	0.64	10.92	33.50	44.42	2.00
83	1.30	100.00	0.62	8.12	32.41	40.53	2.00
84	2.00	86.54	0.64	12.73	34.23	46.96	2.00
85	2.40	80.31	0.64	15.35	35.25	50.60	2.00
86	1.70	94.03	0.62	10.49	33.32	43.81	2.00
87	1.90	89.83	0.62	11.70	33.81	45.52	2.00
88	2.00	88.22	0.61	12.25	34.03	46.28	2.00
89	1.80	92.96	0.60	10.83	33.46	44.29	2.00
90	1.30	100.00	0.58	7.56	32.22	39.78	2.00
91	1.90	91.56	0.59	11.27	33.63	44.90	2.00
92	1.50	100.00	0.58	8.65	32.59	41.24	2.00
93	1.80	94.74	0.58	10.43	33.29	43.72	2.00
94	1.70	97.77	0.57	9.71	32.99	42.71	2.00
95	1.70	98.24	0.57	9.62	32.96	42.58	2.00
96	2.20	87.69	0.57	12.62	34.17	46.79	2.00
97	2.90	78.84	0.58	16.94	35.83	52.78	2.00
98	3.50	72.76	0.59	20.69	37.26	57.94	2.00
99	2.70	82.15	0.57	15.40	35.23	50.63	2.00
100	2.80	81.18	0.57	15.90	35.42	51.32	2.00

- q_c : Measured cone resistance
- FC : Fines content
- C_n : Stress normalization factor
- q_{c1N} : Normalized cone resistance
- D_q : Cone adjustment portion due to fines
- q_{c1N,cs} : Normalized and adjusted cone resistance
- CRR_{7.5} : Cyclic resistance ratio for M_w=7.5

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	q _c (MPa)	q _{c1}	FS _L	e _v (%)	Settle. (cm)
----------	-------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------	-----------------

:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
1	0.80	41.45	5.00	0.00	0.00
2	0.80	29.31	5.00	0.00	0.00
3	0.80	23.93	5.00	0.00	0.00
4	1.00	25.90	5.00	0.00	0.00
5	0.70	16.22	5.00	0.00	0.00
6	0.70	14.81	5.00	0.00	0.00
7	1.00	19.58	5.00	0.00	0.00
8	1.40	25.64	5.00	0.00	0.00
9	1.20	21.35	5.00	0.00	0.00
10	1.40	24.22	0.96	4.97	0.99
11	1.80	30.33	1.02	2.72	0.54
12	1.20	19.72	5.00	0.00	0.00
13	1.80	28.89	0.96	4.97	0.99
14	3.60	56.49	1.32	0.26	0.05
15	4.00	61.42	1.28	0.30	0.06
16	4.80	72.18	1.46	0.12	0.02
17	4.30	63.39	1.34	0.22	0.04
18	6.60	95.44	1.37	0.14	0.03
19	6.80	96.53	1.76	0.03	0.01
20	6.60	92.03	1.17	0.37	0.07
21	7.30	100.06	1.32	0.17	0.03
22	7.00	94.36	1.58	0.06	0.01
23	2.40	31.84	0.85	5.42	1.08
24	0.60	7.84	5.00	0.00	0.00
25	1.80	23.15	0.76	5.48	1.10
26	2.90	36.76	0.94	4.83	0.97
27	4.10	51.23	1.09	0.97	0.19
28	6.30	77.64	1.33	0.20	0.04
29	8.20	99.70	1.49	0.08	0.02
30	2.70	32.40	5.00	0.00	0.00
31	1.90	22.51	5.00	0.00	0.00
32	1.70	19.89	5.00	0.00	0.00
33	1.30	15.03	5.00	0.00	0.00
34	1.50	17.13	5.00	0.00	0.00
35	2.60	29.35	0.80	5.46	1.09
36	1.60	17.86	5.00	0.00	0.00
37	1.40	15.45	5.00	0.00	0.00
38	1.40	15.29	5.00	0.00	0.00
39	1.60	17.29	5.00	0.00	0.00
40	1.30	13.90	5.00	0.00	0.00
41	1.80	19.05	5.00	0.00	0.00
42	2.00	20.96	5.00	0.00	0.00
43	2.10	21.79	5.00	0.00	0.00
44	2.30	23.64	5.00	0.00	0.00
45	1.90	19.34	5.00	0.00	0.00
46	2.00	20.17	5.00	0.00	0.00
47	1.80	17.99	5.00	0.00	0.00
48	1.80	17.83	5.00	0.00	0.00
49	1.50	14.73	5.00	0.00	0.00
50	1.60	15.58	5.00	0.00	0.00
51	2.10	20.27	5.00	0.00	0.00
52	2.30	22.02	5.00	0.00	0.00
53	1.80	17.09	5.00	0.00	0.00
54	2.50	23.55	5.00	0.00	0.00
55	2.50	23.36	5.00	0.00	0.00

:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
56	1.50	13.91	5.00	0.00	0.00
57	1.30	11.96	5.00	0.00	0.00
58	1.90	17.35	5.00	0.00	0.00
59	2.00	18.13	5.00	0.00	0.00
60	1.60	14.40	5.00	0.00	0.00
61	1.40	12.51	5.00	0.00	0.00
62	2.10	18.63	5.00	0.00	0.00
63	1.90	16.73	5.00	0.00	0.00
64	1.80	15.74	5.00	0.00	0.00
65	2.60	22.59	5.00	0.00	0.00
66	1.20	10.35	5.00	0.00	0.00
67	1.70	14.57	5.00	0.00	0.00
68	1.80	15.33	5.00	0.00	0.00
69	3.70	31.30	0.83	5.45	1.09
70	3.70	31.10	5.00	0.00	0.00
71	3.30	27.56	5.00	0.00	0.00
72	1.40	11.62	5.00	0.00	0.00
73	1.40	11.55	5.00	0.00	0.00
74	1.20	9.84	5.00	0.00	0.00
75	1.60	13.04	5.00	0.00	0.00
76	1.90	15.39	5.00	0.00	0.00
77	1.70	13.69	5.00	0.00	0.00
78	1.80	14.41	5.00	0.00	0.00
79	1.50	11.94	5.00	0.00	0.00
80	1.70	13.46	5.00	0.00	0.00
81	1.70	13.38	5.00	0.00	0.00
82	1.70	13.31	5.00	0.00	0.00
83	1.30	10.12	5.00	0.00	0.00
84	2.00	15.49	5.00	0.00	0.00
85	2.40	18.49	5.00	0.00	0.00
86	1.70	13.02	5.00	0.00	0.00
87	1.90	14.48	5.00	0.00	0.00
88	2.00	15.16	5.00	0.00	0.00
89	1.80	13.58	5.00	0.00	0.00
90	1.30	9.76	5.00	0.00	0.00
91	1.90	14.19	5.00	0.00	0.00
92	1.50	11.14	5.00	0.00	0.00
93	1.80	13.31	5.00	0.00	0.00
94	1.70	12.51	5.00	0.00	0.00
95	1.70	12.45	5.00	0.00	0.00
96	2.20	16.03	5.00	0.00	0.00
97	2.90	21.03	5.00	0.00	0.00
98	3.50	25.26	5.00	0.00	0.00
99	2.70	19.40	5.00	0.00	0.00
100	2.80	20.02	5.00	0.00	0.00

Total settlement : 8.44

- q_c : Measured cone resistance
- q_{c1} : Normalized cone resistance (according to Ishihara)
- FS_L : Factor of safety against liquefaction
- e_v : Post-liquefaction volumetric strain
- Settle. : Calculated settlement

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	w_z	I_L	Point ID	F	w_z	I_L
----------	---	-------	-------	----------	---	-------	-------

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki (continued) ::

Point ID	F	W _z	I _L	Point ID	F	W _z	I _L
1	0.00	9.90	0.00	2	0.00	9.80	0.00
3	0.00	9.70	0.00	4	0.00	9.60	0.00
5	0.00	9.50	0.00	6	0.00	9.40	0.00
7	0.00	9.30	0.00	8	0.00	9.20	0.00
9	0.00	9.10	0.00	10	0.04	9.00	0.07
11	0.00	8.90	0.00	12	0.00	8.80	0.00
13	0.04	8.70	0.07	14	0.00	8.60	0.00
15	0.00	8.50	0.00	16	0.00	8.40	0.00
17	0.00	8.30	0.00	18	0.00	8.20	0.00
19	0.00	8.10	0.00	20	0.00	8.00	0.00
21	0.00	7.90	0.00	22	0.00	7.80	0.00
23	0.15	7.70	0.22	24	0.00	7.60	0.00
25	0.24	7.50	0.37	26	0.06	7.40	0.09
27	0.00	7.30	0.00	28	0.00	7.20	0.00
29	0.00	7.10	0.00	30	0.00	7.00	0.00
31	0.00	6.90	0.00	32	0.00	6.80	0.00
33	0.00	6.70	0.00	34	0.00	6.60	0.00
35	0.20	6.50	0.26	36	0.00	6.40	0.00
37	0.00	6.30	0.00	38	0.00	6.20	0.00
39	0.00	6.10	0.00	40	0.00	6.00	0.00
41	0.00	5.90	0.00	42	0.00	5.80	0.00
43	0.00	5.70	0.00	44	0.00	5.60	0.00
45	0.00	5.50	0.00	46	0.00	5.40	0.00
47	0.00	5.30	0.00	48	0.00	5.20	0.00
49	0.00	5.10	0.00	50	0.00	5.00	0.00
51	0.00	4.90	0.00	52	0.00	4.80	0.00
53	0.00	4.70	0.00	54	0.00	4.60	0.00
55	0.00	4.50	0.00	56	0.00	4.40	0.00
57	0.00	4.30	0.00	58	0.00	4.20	0.00
59	0.00	4.10	0.00	60	0.00	4.00	0.00
61	0.00	3.90	0.00	62	0.00	3.80	0.00
63	0.00	3.70	0.00	64	0.00	3.60	0.00
65	0.00	3.50	0.00	66	0.00	3.40	0.00
67	0.00	3.30	0.00	68	0.00	3.20	0.00
69	0.17	3.10	0.11	70	0.00	3.00	0.00
71	0.00	2.90	0.00	72	0.00	2.80	0.00
73	0.00	2.70	0.00	74	0.00	2.60	0.00
75	0.00	2.50	0.00	76	0.00	2.40	0.00
77	0.00	2.30	0.00	78	0.00	2.20	0.00
79	0.00	2.10	0.00	80	0.00	2.00	0.00
81	0.00	1.90	0.00	82	0.00	1.80	0.00
83	0.00	1.70	0.00	84	0.00	1.60	0.00
85	0.00	1.50	0.00	86	0.00	1.40	0.00
87	0.00	1.30	0.00	88	0.00	1.20	0.00
89	0.00	1.10	0.00	90	0.00	1.00	0.00
91	0.00	0.90	0.00	92	0.00	0.80	0.00
93	0.00	0.70	0.00	94	0.00	0.60	0.00
95	0.00	0.50	0.00	96	0.00	0.40	0.00
97	0.00	0.30	0.00	98	0.00	0.20	0.00
99	0.00	0.10	0.00	100	0.00	0.00	0.00

Overall potential I_L : 1.19

I_L = 0.00 - No liquefaction
 I_L between 0.00 and 5.00 - Liquefaction not probable
 I_L between 5.00 and 15.00 - Liquefaction probable
 I_L > 15.00 - Liquefaction certain

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

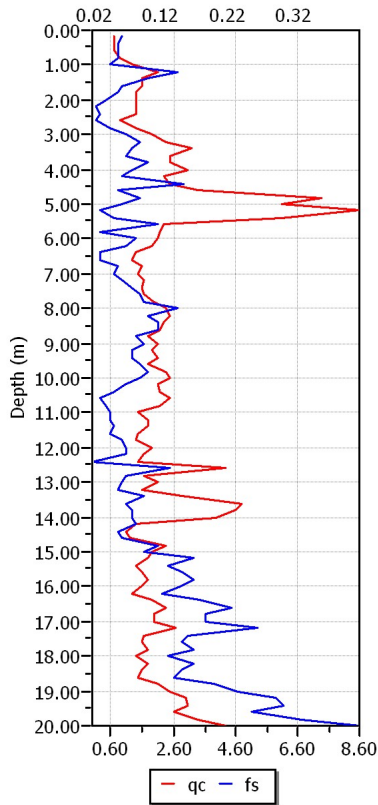
Project title : Progetto del P.P.I.P. B36 in Via Mar Nero a Fossoli di Carpi (MO).

Project subtitle : Verifica a liquefazione prova CPT2

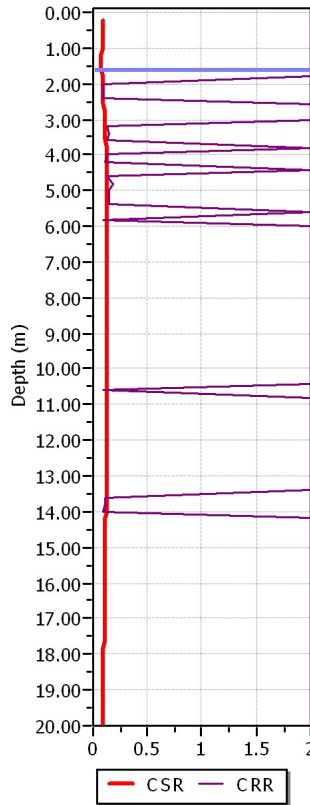
Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Cone Penetration Test	Depth to water table:	1.60 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	6.14
Analysis method:	Boulanger & Idriss (2004)	Peak ground acceleration:	0.22 g
Fines correction method:	Boulanger & Idriss	User defined F.S.:	1.00

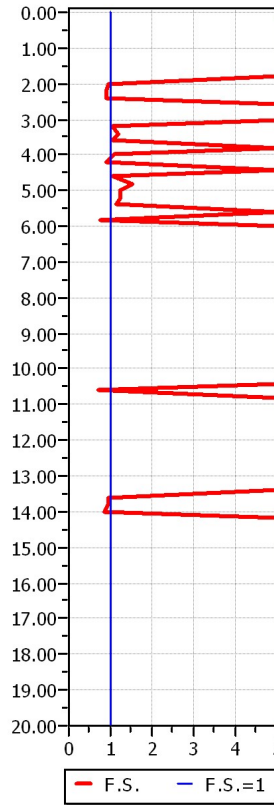
CPT data graph



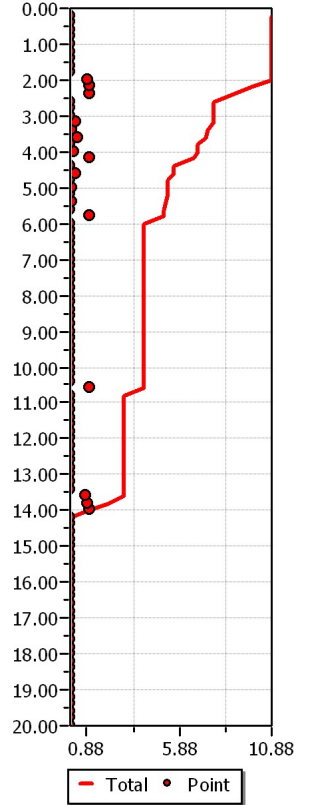
Shear stress ratio



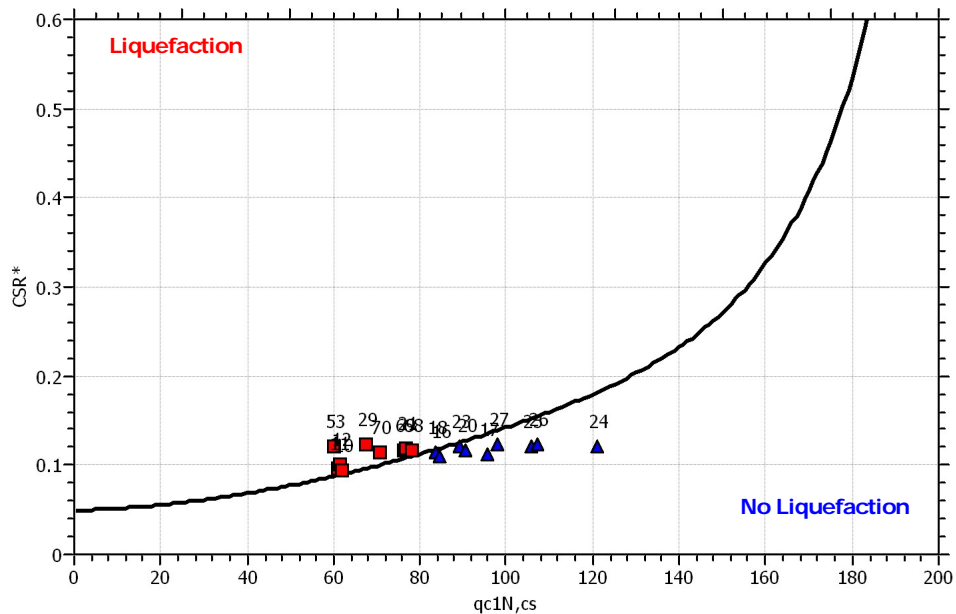
Factor of safety

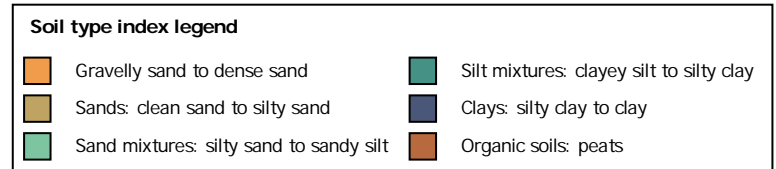
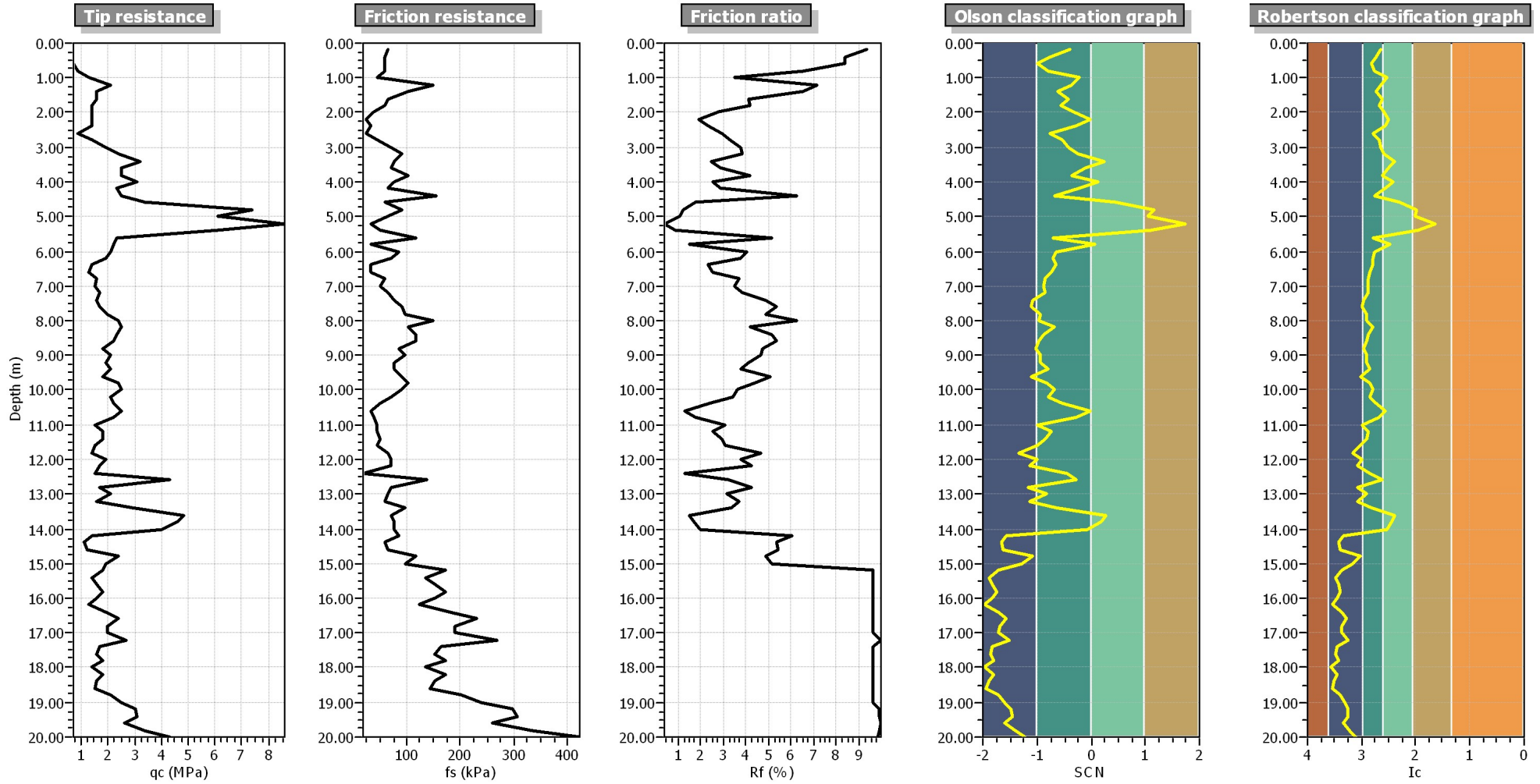


Settlements (cm)



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





:: Field input data ::

Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
1	0.20	0.70	65.40	37.80	19.00
2	0.40	0.70	58.80	42.70	19.00
3	0.60	0.70	58.80	47.30	19.00
4	0.80	0.90	58.80	43.20	19.00
5	1.00	1.30	45.80	32.20	19.00
6	1.20	2.10	150.40	37.71	19.00
7	1.40	1.60	104.60	41.63	19.00
8	1.60	1.60	65.40	36.29	19.00
9	1.80	1.40	58.80	39.41	19.00
10	2.00	1.40	39.20	34.77	19.00
11	2.20	1.40	26.20	30.81	19.00
12	2.40	1.40	32.70	33.91	19.00
13	2.60	0.90	26.20	45.20	19.00
14	2.80	1.40	45.80	39.46	19.00
15	3.00	1.90	71.90	37.10	19.00
16	3.20	2.40	91.50	34.21	19.00
17	3.40	3.20	78.50	25.38	19.00
18	3.60	2.50	71.90	30.88	19.00
19	3.80	2.50	104.60	36.31	19.00
20	4.00	3.10	78.50	27.20	19.00
21	4.20	2.30	65.40	33.24	19.00
22	4.40	2.50	156.90	44.08	19.00
23	4.60	3.40	58.80	22.93	19.00
24	4.80	7.40	91.50	12.30	19.00
25	5.00	6.10	65.40	13.11	19.00
26	5.20	8.60	32.70	5.22	19.00
27	5.40	6.10	52.30	11.94	19.00
28	5.60	2.30	117.70	44.91	19.00
29	5.80	2.20	32.70	29.51	19.00
30	6.00	2.10	85.00	43.72	19.00
31	6.20	1.90	71.90	45.09	19.00
32	6.40	1.40	32.70	44.95	19.00
33	6.60	1.30	32.70	48.26	19.00
34	6.80	1.60	58.80	49.78	19.00
35	7.00	1.50	52.30	50.94	19.00
36	7.20	1.70	65.40	50.11	19.00
37	7.40	1.60	78.50	56.33	19.00
38	7.60	1.70	91.50	57.07	19.00
39	7.80	2.00	98.10	51.95	19.00
40	8.00	2.40	150.40	52.83	19.00
41	8.20	2.50	104.60	45.19	19.00
42	8.40	2.30	117.70	50.83	19.00
43	8.60	2.20	117.70	53.06	19.00
44	8.80	1.80	85.00	56.07	19.00
45	9.00	2.10	98.10	52.50	19.00
46	9.20	1.90	78.50	53.17	19.00
47	9.40	2.10	78.50	49.41	19.00
48	9.60	1.80	91.50	59.30	19.00
49	9.80	2.40	104.60	49.69	19.00
50	10.00	2.50	91.50	46.16	19.00
51	10.20	2.10	71.90	49.46	19.00
52	10.40	2.20	52.30	43.05	19.00
53	10.60	2.50	32.70	33.01	19.00
54	10.80	2.20	39.20	39.73	19.00
55	11.00	1.50	45.80	58.37	19.00

:: Field input data (continued) ::

Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
56	11.20	1.80	45.80	50.50	19.00
57	11.40	1.80	52.30	53.05	19.00
58	11.60	1.50	45.80	59.77	19.00
59	11.80	1.40	65.40	70.83	19.00
60	12.00	1.90	71.90	57.35	19.00
61	12.20	1.70	71.90	63.25	19.00
62	12.40	1.50	19.60	48.34	19.00
63	12.60	4.30	137.30	36.54	19.00
64	12.80	1.70	71.90	64.58	19.00
65	13.00	2.10	65.40	52.93	19.00
66	13.20	1.60	58.80	64.74	19.00
67	13.40	2.90	98.10	46.67	19.00
68	13.60	4.80	71.90	25.92	19.00
69	13.80	4.60	78.50	28.25	19.00
70	14.00	4.00	78.50	32.61	19.00
71	14.20	1.40	85.00	83.22	19.00
72	14.40	1.10	58.80	91.67	19.00
73	14.60	1.20	65.40	88.57	19.00
74	14.80	2.40	117.70	60.70	19.00
75	15.00	1.90	98.10	69.69	19.00
76	15.20	1.80	173.10	87.02	19.00
77	15.40	1.40	134.60	98.08	19.00
78	15.60	1.60	153.90	92.72	19.00
79	15.80	1.80	173.10	88.41	19.00
80	16.00	1.60	153.90	93.73	19.00
81	16.20	1.30	125.00	100.00	19.00
82	16.40	1.90	182.70	87.65	19.00
83	16.60	2.40	230.80	79.53	19.00
84	16.80	2.00	192.30	86.54	19.00
85	17.00	2.00	192.30	86.96	19.00
86	17.20	2.70	269.30	77.54	19.00
87	17.40	1.70	163.50	94.50	19.00
88	17.60	1.60	153.90	97.71	19.00
89	17.80	1.80	173.10	92.96	19.00
90	18.00	1.40	134.60	100.00	19.00
91	18.20	1.80	173.10	93.85	19.00
92	18.40	1.60	153.90	100.00	19.00
93	18.60	1.50	144.30	100.00	19.00
94	18.80	2.10	202.00	88.74	19.00
95	19.00	2.50	240.40	82.57	19.00
96	19.20	3.00	298.10	77.31	19.00
97	19.40	3.10	307.70	76.49	19.00
98	19.60	2.60	259.70	83.18	19.00
99	19.80	3.40	336.60	74.00	19.00
100	20.00	4.30	423.10	67.03	19.00

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

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r _d	CSR	MSF	CSR _{eq,M=7.5}	K _{sigma}	CSR*
1	0.20	3.80	0.00	3.80	1.00	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r _d	CSR	MSF	CSR _{eq,M=7.5}	K _{sigma}	CSR*
2	0.40	7.60	0.00	7.60	1.00	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09
3	0.60	11.40	0.00	11.40	1.00	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09
4	0.80	15.20	0.00	15.20	1.00	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09
5	1.00	19.00	0.00	19.00	0.99	0.14	1.67	0.09	1.00	0.09
6	1.20	22.80	0.00	22.80	0.99	0.14	1.67	0.08	1.00	0.08
7	1.40	26.60	0.00	26.60	0.99	0.14	1.67	0.08	1.00	0.08
8	1.60	30.40	0.00	30.40	0.99	0.14	1.67	0.08	1.00	0.08
9	1.80	34.20	1.96	32.24	0.98	0.15	1.67	0.09	1.00	0.09
10	2.00	38.00	3.92	34.08	0.98	0.16	1.67	0.09	1.00	0.09
11	2.20	41.80	5.89	35.91	0.98	0.16	1.67	0.10	1.00	0.10
12	2.40	45.60	7.85	37.75	0.97	0.17	1.67	0.10	1.00	0.10
13	2.60	49.40	9.81	39.59	0.97	0.17	1.67	0.10	1.00	0.10
14	2.80	53.20	11.77	41.43	0.97	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
15	3.00	57.00	13.73	43.27	0.96	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
16	3.20	60.80	15.70	45.10	0.96	0.18	1.67	0.11	1.00	0.11
17	3.40	64.60	17.66	46.94	0.95	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
18	3.60	68.40	19.62	48.78	0.95	0.19	1.67	0.11	1.00	0.11
19	3.80	72.20	21.58	50.62	0.95	0.19	1.67	0.12	1.00	0.12
20	4.00	76.00	23.54	52.46	0.94	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
21	4.20	79.80	25.51	54.29	0.94	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
22	4.40	83.60	27.47	56.13	0.93	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
23	4.60	87.40	29.43	57.97	0.93	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
24	4.80	91.20	31.39	59.81	0.93	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
25	5.00	95.00	33.35	61.65	0.92	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
26	5.20	98.80	35.32	63.48	0.92	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
27	5.40	102.60	37.28	65.32	0.91	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
28	5.60	106.40	39.24	67.16	0.91	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
29	5.80	110.20	41.20	69.00	0.91	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
30	6.00	114.00	43.16	70.84	0.90	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
31	6.20	117.80	45.13	72.67	0.90	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
32	6.40	121.60	47.09	74.51	0.89	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
33	6.60	125.40	49.05	76.35	0.89	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
34	6.80	129.20	51.01	78.19	0.88	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
35	7.00	133.00	52.97	80.03	0.88	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
36	7.20	136.80	54.94	81.86	0.87	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
37	7.40	140.60	56.90	83.70	0.87	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
38	7.60	144.40	58.86	85.54	0.86	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
39	7.80	148.20	60.82	87.38	0.86	0.21	1.67	0.13	1.00	0.13
40	8.00	152.00	62.78	89.22	0.86	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
41	8.20	155.80	64.75	91.05	0.85	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
42	8.40	159.60	66.71	92.89	0.85	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
43	8.60	163.40	68.67	94.73	0.84	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
44	8.80	167.20	70.63	96.57	0.84	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
45	9.00	171.00	72.59	98.41	0.83	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
46	9.20	174.80	74.56	100.24	0.83	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
47	9.40	178.60	76.52	102.08	0.82	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
48	9.60	182.40	78.48	103.92	0.82	0.21	1.67	0.12	1.00	0.12
49	9.80	186.20	80.44	105.76	0.81	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
50	10.00	190.00	82.40	107.60	0.81	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
51	10.20	193.80	84.37	109.43	0.80	0.20	1.67	0.12	1.00	0.12
52	10.40	197.60	86.33	111.27	0.80	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
53	10.60	201.40	88.29	113.11	0.79	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
54	10.80	205.20	90.25	114.95	0.79	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
55	11.00	209.00	92.21	116.79	0.78	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
56	11.20	212.80	94.18	118.62	0.78	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12

:: Cyclic Stress Ratio calculation (CSR fully adjusted and normalized) (continued) ::

Point ID	Depth (m)	Sigma (kPa)	u (kPa)	Sigma' (kPa)	r _d	CSR	MSF	CSR _{eq,M=7.5}	K _{sigma}	CSR*
57	11.40	216.60	96.14	120.46	0.77	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
58	11.60	220.40	98.10	122.30	0.77	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
59	11.80	224.20	100.06	124.14	0.76	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
60	12.00	228.00	102.02	125.98	0.76	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
61	12.20	231.80	103.99	127.81	0.76	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
62	12.40	235.60	105.95	129.65	0.75	0.20	1.67	0.12	0.99	0.12
63	12.60	239.40	107.91	131.49	0.75	0.19	1.67	0.12	0.98	0.12
64	12.80	243.20	109.87	133.33	0.74	0.19	1.67	0.12	0.99	0.12
65	13.00	247.00	111.83	135.17	0.74	0.19	1.67	0.12	0.98	0.12
66	13.20	250.80	113.80	137.00	0.73	0.19	1.67	0.11	0.99	0.12
67	13.40	254.60	115.76	138.84	0.73	0.19	1.67	0.11	0.98	0.12
68	13.60	258.40	117.72	140.68	0.72	0.19	1.67	0.11	0.98	0.12
69	13.80	262.20	119.68	142.52	0.72	0.19	1.67	0.11	0.98	0.12
70	14.00	266.00	121.64	144.36	0.71	0.19	1.67	0.11	0.98	0.12
71	14.20	269.80	123.61	146.19	0.71	0.19	1.67	0.11	0.98	0.11
72	14.40	273.60	125.57	148.03	0.70	0.19	1.67	0.11	0.98	0.11
73	14.60	277.40	127.53	149.87	0.70	0.19	1.67	0.11	0.98	0.11
74	14.80	281.20	129.49	151.71	0.70	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
75	15.00	285.00	131.45	153.55	0.69	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
76	15.20	288.80	133.42	155.38	0.69	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
77	15.40	292.60	135.38	157.22	0.68	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
78	15.60	296.40	137.34	159.06	0.68	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
79	15.80	300.20	139.30	160.90	0.67	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
80	16.00	304.00	141.26	162.74	0.67	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
81	16.20	307.80	143.23	164.57	0.66	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
82	16.40	311.60	145.19	166.41	0.66	0.18	1.67	0.11	0.98	0.11
83	16.60	315.40	147.15	168.25	0.66	0.18	1.67	0.11	0.97	0.11
84	16.80	319.20	149.11	170.09	0.65	0.18	1.67	0.10	0.97	0.11
85	17.00	323.00	151.07	171.93	0.65	0.17	1.67	0.10	0.97	0.11
86	17.20	326.80	153.04	173.76	0.64	0.17	1.67	0.10	0.97	0.11
87	17.40	330.60	155.00	175.60	0.64	0.17	1.67	0.10	0.97	0.11
88	17.60	334.40	156.96	177.44	0.64	0.17	1.67	0.10	0.97	0.11
89	17.80	338.20	158.92	179.28	0.63	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
90	18.00	342.00	160.88	181.12	0.63	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
91	18.20	345.80	162.85	182.95	0.62	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
92	18.40	349.60	164.81	184.79	0.62	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
93	18.60	353.40	166.77	186.63	0.62	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
94	18.80	357.20	168.73	188.47	0.61	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
95	19.00	361.00	170.69	190.31	0.61	0.17	1.67	0.10	0.97	0.10
96	19.20	364.80	172.66	192.14	0.61	0.16	1.67	0.10	0.97	0.10
97	19.40	368.60	174.62	193.98	0.60	0.16	1.67	0.10	0.97	0.10
98	19.60	372.40	176.58	195.82	0.60	0.16	1.67	0.10	0.97	0.10
99	19.80	376.20	178.54	197.66	0.59	0.16	1.67	0.10	0.96	0.10
100	20.00	380.00	180.50	199.50	0.59	0.16	1.67	0.10	0.96	0.10

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

:: Cyclic Resistance Ratio calculation CRR_{7.5} ::

Point ID	q _c (MPa)	FC (%)	C _n	q _{c1N}	D _q	q _{c1N,cs}	CRR _{7.5}
1	0.70	37.80	1.70	11.90	34.11	46.01	2.00
2	0.70	42.70	1.70	11.90	34.38	46.28	2.00
3	0.70	47.30	1.70	11.90	34.48	46.38	2.00
4	0.90	43.20	1.70	15.30	35.58	50.88	2.00
5	1.30	32.20	1.70	22.10	36.88	58.98	2.00
6	2.10	37.71	1.70	35.70	42.36	78.06	2.00
7	1.60	41.63	1.70	27.20	39.68	66.88	2.00
8	1.60	36.29	1.70	27.20	39.26	66.46	2.00
9	1.40	39.41	1.70	23.80	38.37	62.17	2.00
10	1.40	34.77	1.70	23.80	37.90	61.70	0.09
11	1.40	30.81	1.70	23.80	37.15	60.95	0.09
12	1.40	33.91	1.70	23.80	37.77	61.57	0.09
13	0.90	45.20	1.70	15.30	35.64	50.94	2.00
14	1.40	39.46	1.70	23.80	38.37	62.17	2.00
15	1.90	37.10	1.70	32.30	41.12	73.42	2.00
16	2.40	34.21	1.70	40.80	43.65	84.45	0.12
17	3.20	25.38	1.61	51.63	44.01	95.64	0.14
18	2.50	30.88	1.62	40.61	42.84	83.45	0.12
19	2.50	36.31	1.59	39.71	43.59	83.30	2.00
20	3.10	27.20	1.52	47.12	43.61	90.74	0.13
21	2.30	33.24	1.53	35.27	41.58	76.84	0.11
22	2.50	44.08	1.49	37.25	43.30	80.55	2.00
23	3.40	22.93	1.42	48.32	41.06	89.38	0.13
24	7.40	12.30	1.30	96.00	25.14	121.14	0.18
25	6.10	13.11	1.30	79.48	26.49	105.96	0.15
26	8.60	5.22	1.24	107.06	0.05	107.11	0.15
27	6.10	11.94	1.27	77.20	20.90	98.10	0.14
28	2.30	44.91	1.33	30.67	41.02	71.69	2.00
29	2.20	29.51	1.31	28.88	38.49	67.37	0.10
30	2.10	43.72	1.29	27.13	39.74	66.87	2.00
31	1.90	45.09	1.27	24.22	38.76	62.98	2.00
32	1.40	44.95	1.27	17.75	36.49	54.23	2.00
33	1.30	48.26	1.25	16.21	36.00	52.21	2.00
34	1.60	49.78	1.22	19.45	37.14	56.59	2.00
35	1.50	50.94	1.20	17.94	36.62	54.56	2.00
36	1.70	50.11	1.17	19.91	37.31	57.22	2.00
37	1.60	56.33	1.15	18.45	36.76	55.21	2.00
38	1.70	57.07	1.13	19.25	37.03	56.28	2.00
39	2.00	51.95	1.11	22.20	38.11	60.31	2.00
40	2.40	52.83	1.09	26.14	39.49	65.63	2.00
41	2.50	45.19	1.07	26.81	39.67	66.48	2.00
42	2.30	50.83	1.06	24.33	38.86	63.18	2.00
43	2.20	53.06	1.04	22.94	38.36	61.30	2.00
44	1.80	56.07	1.03	18.51	36.79	55.30	2.00
45	2.10	52.50	1.01	21.26	37.78	59.04	2.00
46	1.90	53.17	1.00	18.96	36.97	55.93	2.00
47	2.10	49.41	0.98	20.66	37.57	58.23	2.00
48	1.80	59.30	0.97	17.45	36.37	53.82	2.00
49	2.40	49.69	0.96	22.99	38.39	61.38	2.00
50	2.50	46.16	0.95	23.64	38.58	62.22	2.00
51	2.10	49.46	0.93	19.55	37.18	56.74	2.00
52	2.20	43.05	0.92	20.23	37.30	57.53	2.00
53	2.50	33.01	0.91	22.74	37.25	59.99	0.09
54	2.20	39.73	0.90	19.70	36.96	56.66	2.00
55	1.50	58.37	0.88	13.15	34.88	48.03	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio calculation CRR_{7.5} (continued) ::

Point ID	q _c (MPa)	FC (%)	C _n	q _{c1N}	D _q	q _{c1N,cs}	CRR _{7.5}
56	1.80	50.50	0.87	15.64	35.81	51.45	2.00
57	1.80	53.05	0.86	15.44	35.73	51.17	2.00
58	1.50	59.77	0.84	12.64	34.68	47.32	2.00
59	1.40	70.83	0.83	11.62	34.14	45.76	2.00
60	1.90	57.35	0.83	15.71	35.79	51.50	2.00
61	1.70	63.25	0.81	13.83	35.05	48.88	2.00
62	1.50	48.34	0.80	12.00	34.52	46.53	2.00
63	4.30	36.54	0.83	35.51	42.17	77.68	2.00
64	1.70	64.58	0.78	13.33	34.85	48.18	2.00
65	2.10	52.93	0.78	16.42	36.08	52.50	2.00
66	1.60	64.74	0.76	12.22	34.46	46.68	2.00
67	2.90	46.67	0.78	22.52	38.19	60.71	2.00
68	4.80	25.92	0.79	37.96	39.97	77.94	0.11
69	4.60	28.25	0.78	35.94	40.40	76.34	0.11
70	4.00	32.61	0.77	30.68	39.88	70.56	0.10
71	1.40	83.22	0.72	10.02	33.35	43.37	2.00
72	1.10	91.67	0.70	7.69	32.40	40.10	2.00
73	1.20	88.57	0.69	8.33	32.67	41.00	2.00
74	2.40	60.70	0.71	17.12	36.24	53.36	2.00
75	1.90	69.69	0.70	13.22	34.72	47.94	2.00
76	1.80	87.02	0.69	12.35	34.09	46.44	2.00
77	1.40	98.08	0.67	9.37	32.87	42.24	2.00
78	1.60	92.72	0.67	10.67	33.41	44.08	2.00
79	1.80	88.41	0.66	11.97	33.93	45.90	2.00
80	1.60	93.73	0.65	10.45	33.31	43.76	2.00
81	1.30	100.00	0.64	8.29	32.47	40.77	2.00
82	1.90	87.65	0.65	12.30	34.06	46.35	2.00
83	2.40	79.53	0.65	15.64	35.37	51.01	2.00
84	2.00	86.54	0.64	12.73	34.23	46.96	2.00
85	2.00	86.96	0.63	12.61	34.18	46.79	2.00
86	2.70	77.54	0.64	17.27	35.97	53.24	2.00
87	1.70	94.50	0.61	10.38	33.28	43.66	2.00
88	1.60	97.71	0.60	9.63	32.97	42.60	2.00
89	1.80	92.96	0.60	10.83	33.46	44.29	2.00
90	1.40	100.00	0.58	8.19	32.44	40.62	2.00
91	1.80	93.85	0.59	10.63	33.37	44.00	2.00
92	1.60	100.00	0.58	9.27	32.81	42.08	2.00
93	1.50	100.00	0.57	8.56	32.57	41.13	2.00
94	2.10	88.74	0.58	12.22	34.01	46.22	2.00
95	2.50	82.57	0.59	14.64	34.96	49.61	2.00
96	3.00	77.31	0.59	17.74	36.14	53.88	2.00
97	3.10	76.49	0.59	18.24	36.33	54.56	2.00
98	2.60	83.18	0.57	14.90	35.04	49.94	2.00
99	3.40	74.00	0.58	19.87	36.95	56.82	2.00
100	4.30	67.03	0.60	25.62	39.09	64.71	2.00

q_c : Measured cone resistance
 FC : Fines content
 C_n : Stress normalization factor
 q_{c1N} : Normalized cone resistance
 D_q : Cone adjustment portion due to fines
 q_{c1N,cs} : Normalized and adjusted cone resistance
 CRR_{7.5} : Cyclic resistance ratio for M_w=7.5

:: Settlements calculation for saturated sands ::

Point ID	q _c (MPa)	q _{c1}	FS _L	e _v (%)	Settle. (cm)
----------	-------------------------	-----------------	-----------------	-----------------------	-----------------

:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::

Point ID	q_c (MPa)	q_{c1}	FS_L	e_v (%)	Settle. (cm)
1	0.70	36.27	5.00	0.00	0.00
2	0.70	25.64	5.00	0.00	0.00
3	0.70	20.94	5.00	0.00	0.00
4	0.90	23.31	5.00	0.00	0.00
5	1.30	30.12	5.00	0.00	0.00
6	2.10	44.42	5.00	0.00	0.00
7	1.60	31.33	5.00	0.00	0.00
8	1.60	29.31	5.00	0.00	0.00
9	1.40	24.90	5.00	0.00	0.00
10	1.40	24.22	0.96	4.97	0.99
11	1.40	23.59	0.91	5.30	1.06
12	1.40	23.01	0.89	5.37	1.07
13	0.90	14.45	5.00	0.00	0.00
14	1.40	21.97	5.00	0.00	0.00
15	1.90	29.17	5.00	0.00	0.00
16	2.40	36.09	1.07	1.46	0.29
17	3.20	47.17	1.20	0.53	0.11
18	2.50	36.15	1.03	2.25	0.45
19	2.50	35.49	5.00	0.00	0.00
20	3.10	43.23	1.09	1.10	0.22
21	2.30	31.52	0.92	5.29	1.06
22	2.50	33.70	5.00	0.00	0.00
23	3.40	45.10	1.05	1.55	0.31
24	7.40	96.64	1.50	0.08	0.02
25	6.10	78.47	1.25	0.28	0.06
26	8.60	109.01	1.26	0.20	0.04
27	6.10	76.23	1.13	0.54	0.11
28	2.30	28.34	5.00	0.00	0.00
29	2.20	26.75	0.78	5.47	1.09
30	2.10	25.20	5.00	0.00	0.00
31	1.90	22.51	5.00	0.00	0.00
32	1.40	16.38	5.00	0.00	0.00
33	1.30	15.03	5.00	0.00	0.00
34	1.60	18.27	5.00	0.00	0.00
35	1.50	16.93	5.00	0.00	0.00
36	1.70	18.98	5.00	0.00	0.00
37	1.60	17.66	5.00	0.00	0.00
38	1.70	18.56	5.00	0.00	0.00
39	2.00	21.61	5.00	0.00	0.00
40	2.40	25.66	5.00	0.00	0.00
41	2.50	26.46	5.00	0.00	0.00
42	2.30	24.10	5.00	0.00	0.00
43	2.20	22.83	5.00	0.00	0.00
44	1.80	18.50	5.00	0.00	0.00
45	2.10	21.38	5.00	0.00	0.00
46	1.90	19.17	5.00	0.00	0.00
47	2.10	20.99	5.00	0.00	0.00
48	1.80	17.83	5.00	0.00	0.00
49	2.40	23.57	5.00	0.00	0.00
50	2.50	24.34	5.00	0.00	0.00
51	2.10	20.27	5.00	0.00	0.00
52	2.20	21.06	5.00	0.00	0.00
53	2.50	23.74	0.72	5.49	1.10
54	2.20	20.72	5.00	0.00	0.00
55	1.50	14.02	5.00	0.00	0.00

:: Settlements calculation for saturated sands (continued) ::

Point ID	q _c (MPa)	q _{c1}	FS _L	e _v (%)	Settle. (cm)
56	1.80	16.69	5.00	0.00	0.00
57	1.80	16.56	5.00	0.00	0.00
58	1.50	13.70	5.00	0.00	0.00
59	1.40	12.69	5.00	0.00	0.00
60	1.90	17.10	5.00	0.00	0.00
61	1.70	15.19	5.00	0.00	0.00
62	1.50	13.30	5.00	0.00	0.00
63	4.30	37.87	5.00	0.00	0.00
64	1.70	14.87	5.00	0.00	0.00
65	2.10	18.24	5.00	0.00	0.00
66	1.60	13.81	5.00	0.00	0.00
67	2.90	24.86	5.00	0.00	0.00
68	4.80	40.87	0.94	4.46	0.89
69	4.60	38.92	0.93	4.72	0.94
70	4.00	33.62	0.87	5.34	1.07
71	1.40	11.69	5.00	0.00	0.00
72	1.10	9.13	5.00	0.00	0.00
73	1.20	9.90	5.00	0.00	0.00
74	2.40	19.68	5.00	0.00	0.00
75	1.90	15.49	5.00	0.00	0.00
76	1.80	14.58	5.00	0.00	0.00
77	1.40	11.28	5.00	0.00	0.00
78	1.60	12.81	5.00	0.00	0.00
79	1.80	14.33	5.00	0.00	0.00
80	1.60	12.67	5.00	0.00	0.00
81	1.30	10.23	5.00	0.00	0.00
82	1.90	14.88	5.00	0.00	0.00
83	2.40	18.69	5.00	0.00	0.00
84	2.00	15.49	5.00	0.00	0.00
85	2.00	15.40	5.00	0.00	0.00
86	2.70	20.69	5.00	0.00	0.00
87	1.70	12.96	5.00	0.00	0.00
88	1.60	12.13	5.00	0.00	0.00
89	1.80	13.58	5.00	0.00	0.00
90	1.40	10.51	5.00	0.00	0.00
91	1.80	13.44	5.00	0.00	0.00
92	1.60	11.89	5.00	0.00	0.00
93	1.50	11.09	5.00	0.00	0.00
94	2.10	15.45	5.00	0.00	0.00
95	2.50	18.30	5.00	0.00	0.00
96	3.00	21.86	5.00	0.00	0.00
97	3.10	22.48	5.00	0.00	0.00
98	2.60	18.76	5.00	0.00	0.00
99	3.40	24.42	5.00	0.00	0.00
100	4.30	30.75	5.00	0.00	0.00

Total settlement : 10.88

- q_c : Measured cone resistance
- q_{c1} : Normalized cone resistance (according to Ishihara)
- FS_L : Factor of safety against liquefaction
- e_v : Post-liquefaction volumetric strain
- Settle. : Calculated settlement

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki ::

Point ID	F	w _z	I _L	Point ID	F	w _z	I _L
----------	---	----------------	----------------	----------	---	----------------	----------------

:: Overall liquefaction potential according to Iwasaki (continued) ::

Point ID	F	W _z	I _L	Point ID	F	W _z	I _L
1	0.00	9.90	0.00	2	0.00	9.80	0.00
3	0.00	9.70	0.00	4	0.00	9.60	0.00
5	0.00	9.50	0.00	6	0.00	9.40	0.00
7	0.00	9.30	0.00	8	0.00	9.20	0.00
9	0.00	9.10	0.00	10	0.04	9.00	0.07
11	0.09	8.90	0.15	12	0.11	8.80	0.19
13	0.00	8.70	0.00	14	0.00	8.60	0.00
15	0.00	8.50	0.00	16	0.00	8.40	0.00
17	0.00	8.30	0.00	18	0.00	8.20	0.00
19	0.00	8.10	0.00	20	0.00	8.00	0.00
21	0.08	7.90	0.13	22	0.00	7.80	0.00
23	0.00	7.70	0.00	24	0.00	7.60	0.00
25	0.00	7.50	0.00	26	0.00	7.40	0.00
27	0.00	7.30	0.00	28	0.00	7.20	0.00
29	0.22	7.10	0.32	30	0.00	7.00	0.00
31	0.00	6.90	0.00	32	0.00	6.80	0.00
33	0.00	6.70	0.00	34	0.00	6.60	0.00
35	0.00	6.50	0.00	36	0.00	6.40	0.00
37	0.00	6.30	0.00	38	0.00	6.20	0.00
39	0.00	6.10	0.00	40	0.00	6.00	0.00
41	0.00	5.90	0.00	42	0.00	5.80	0.00
43	0.00	5.70	0.00	44	0.00	5.60	0.00
45	0.00	5.50	0.00	46	0.00	5.40	0.00
47	0.00	5.30	0.00	48	0.00	5.20	0.00
49	0.00	5.10	0.00	50	0.00	5.00	0.00
51	0.00	4.90	0.00	52	0.00	4.80	0.00
53	0.28	4.70	0.26	54	0.00	4.60	0.00
55	0.00	4.50	0.00	56	0.00	4.40	0.00
57	0.00	4.30	0.00	58	0.00	4.20	0.00
59	0.00	4.10	0.00	60	0.00	4.00	0.00
61	0.00	3.90	0.00	62	0.00	3.80	0.00
63	0.00	3.70	0.00	64	0.00	3.60	0.00
65	0.00	3.50	0.00	66	0.00	3.40	0.00
67	0.00	3.30	0.00	68	0.06	3.20	0.04
69	0.07	3.10	0.04	70	0.13	3.00	0.08
71	0.00	2.90	0.00	72	0.00	2.80	0.00
73	0.00	2.70	0.00	74	0.00	2.60	0.00
75	0.00	2.50	0.00	76	0.00	2.40	0.00
77	0.00	2.30	0.00	78	0.00	2.20	0.00
79	0.00	2.10	0.00	80	0.00	2.00	0.00
81	0.00	1.90	0.00	82	0.00	1.80	0.00
83	0.00	1.70	0.00	84	0.00	1.60	0.00
85	0.00	1.50	0.00	86	0.00	1.40	0.00
87	0.00	1.30	0.00	88	0.00	1.20	0.00
89	0.00	1.10	0.00	90	0.00	1.00	0.00
91	0.00	0.90	0.00	92	0.00	0.80	0.00
93	0.00	0.70	0.00	94	0.00	0.60	0.00
95	0.00	0.50	0.00	96	0.00	0.40	0.00
97	0.00	0.30	0.00	98	0.00	0.20	0.00
99	0.00	0.10	0.00	100	0.00	0.00	0.00

Overall potential I_L : 1.29I_L = 0.00 - No liquefactionI_L between 0.00 and 5.00 - Liquefaction not probableI_L between 5.00 and 15.00 - Liquefaction probableI_L > 15.00 - Liquefaction certain

Allegato N. 9

“TROMOGRAFIA DIGITALE HVSR (TROMINO®)”

- dati e diagrammi -

Studio Tecnico Ambientale

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via Martinelli, 51A - Fossoli di Carpi (MO)

Tel. 059/654076 Fax +391782215311

Scheda HVSR

Strumento: TRZ-0099/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 20/12/21 12:10:30 Fine registrazione: 20/12/21 12:40:29

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00".

Analizzato 91% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

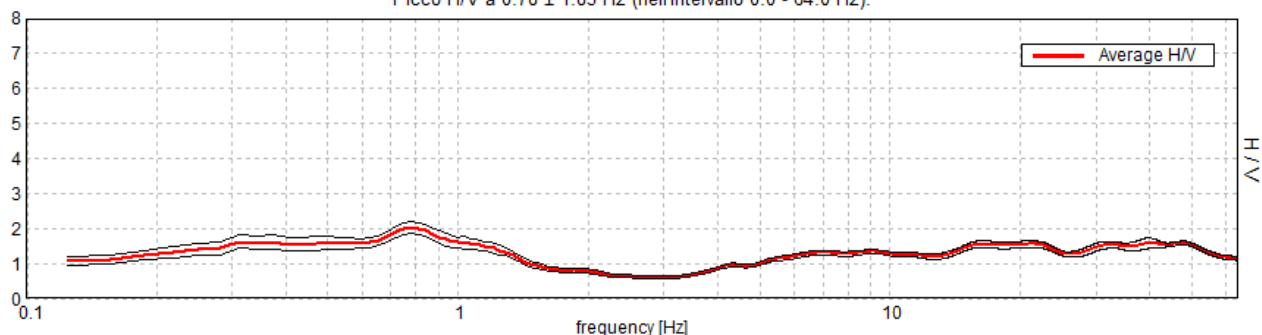
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

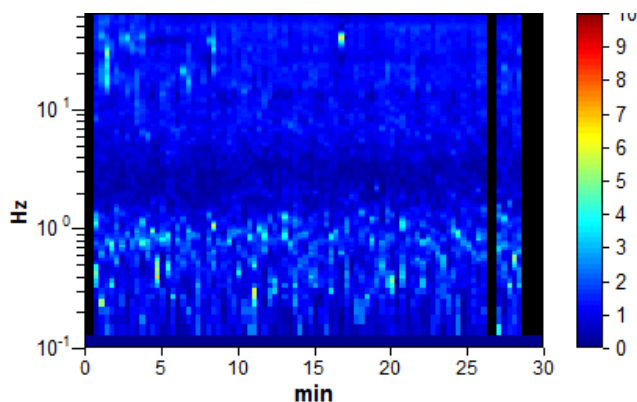
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

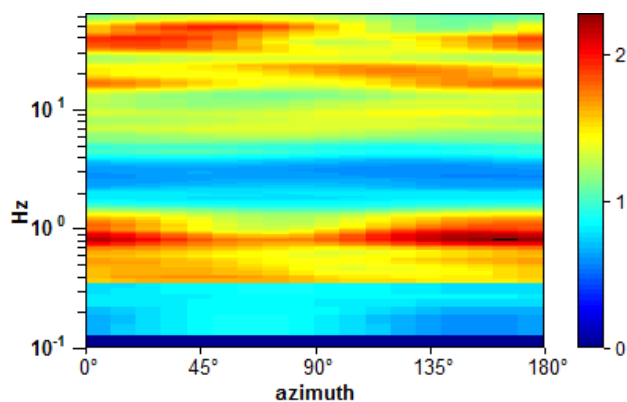
Picco H/V a 0.78 ± 1.83 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



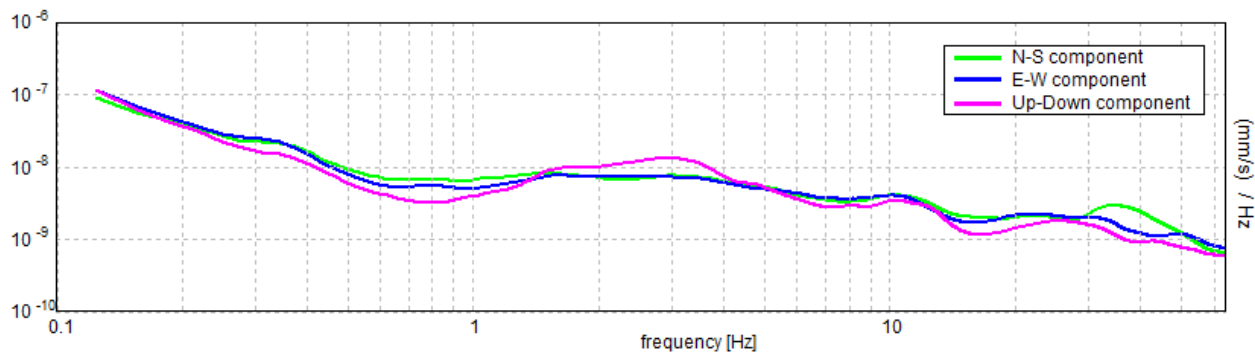
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Picco H/V a 0.78 ± 1.83 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1281.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 38	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.04 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 2.34698 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.83358 < 0.11719$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1665 < 2.0$	OK	

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

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

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

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.