

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE PER
REALIZZAZIONE DI POZZI GEOTERMICI E DI UNA
CENTRALE ORC PER PRODUZIONE DI ENERGIA
ELETTRICA NEL COMUNE DI JOLANDA DI SAVOIA (FE)
PROGETTO POLA

**RELAZIONE GEOLOGICA, MODELLAZIONE
SISMICA E GEOTECNICA DI SUPPORTO ALLA
MESSA IN POSA DEI PALI DI FONDAZIONE PER
LA CENTRALE ORC E OPERE DI CONNESSIONE
ALLA RETE DEL PROGETTO GEOTERMICO
POLA, IN LOC. CORTE BOLOGNA NEL COMUNE
DI JOLANDA DI SAVOIA (FE)**

Verifica completezza ai sensi dell'art. 15, comma 5, della L.R. 4/2018 e dell'art. 27 bis, comma 3, D. Lgs. 152/2006

SOCIETÀ RICHIEDENTE  GEOTERMIA ZERO EMISSION ITALIA SRL Sede legale: via Maurizio Gonzaga 2, Milano PEC: Geotermia.italia@legalmail.it		TECNICO INCARICATO  IdroGeo Service srl via S. Pellico, 14/16 - 50052 Certaldo (Firenze) Italia tel e fax +39 0571 651312 info@idrogeosrl.it - www.idrogeosrl.it
TITOLO ELABORATO Relazione geologica, modellazione sismica e geotecnica di supporto a pali di fondazione per centrale ORC e opere di connessione alla rete		
DATA Marzo 2023	RIF. FILE -	SCALA -

0A	Marzo 2023	PRIMA EMISSIONE	L. Pasquinelli	A.Ciulli	A.Murratzu
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	ESAMINATO	ACCETTATO

Il presente disegno è aziendale. La società tutela i propri diritti a termine di legge./ This file is company property. Company lawfully all rights.

Committente: **Geotermia Zero Emission Italia srl**



*RELAZIONE GEOLOGICA, MODELLAZIONE SISMICA E
GEOTECNICA DI SUPPORTO ALLA MESSA IN POSA DEI
PALI DI FONDAZIONE PER LA CENTRALE ORC E
OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DEL PROGETTO
GEOTERMICO POLA, IN LOC. CORTE BOLOGNA NEL
COMUNE DI JOLANDA DI SAVOIA (FE)*

*Verifica completezza ai sensi dell'art.15, comma 5, della
L.R. 4/2018 e dell'art. 27 bis, comma 3, D. Lgs. 152/2006*

Marzo 2023



IdroGeo Service srl – via S. Pellico, 14/16 – 50052 Certaldo (Firenze) Italia
tel e fax +39 0571 651312 info@idrogeosrl.it – www.idrogeosrl.it

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO	4
3.1. Descrizione del luogo	4
3.2. Geomorfologia	4
3.3. Geologia	5
3.4. Inquadramento idrogeologico.....	5
3.5. Considerazioni sulla pericolosità dell'area	5
4 – INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE FISICO MECCANICA DEI TERRENI.....	6
4.1 – Criteri di indagine	6
4.2 – Descrizione delle indagini con standards di riferimento delle varie prove.....	6
4.3 – Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area di realizzazione della centrale.....	7
4.4 – Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni e modellazione geotecnica	8
4.4 – Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area interessata dal cavidotto	9
4.5 – Idrogeologia di dettaglio e condizioni piezometriche	9
4.6 – Potenziale di liquefazione dei terreni	9
4.7 – Categoria di sottosuolo	9
5 – MODELLAZIONE SISMICA.....	11
6 – ATTRAVERSAMENTO RETICOLO IDROGRAFICO DI GESTIONE	14

ELABORATI CARTOGRAFICI

ALLEGATO 1: Dati geotecnici da bibliografia (Indagine geotecnica postazione Corte Vittoria 1)

ALLEGATO 2: Certificato CPTU1

ALLEGATO 3: Indagine prospezione geofisica M.A.S.W.

ALLEGATO 4: Liquefaction analysis report

RELAZIONE GEOLOGICA, MODELLAZIONE SISMICA E GEOTECNICA DI SUPPORTO ALLA MESSA IN POSA DEI PALI DI FONDAZIONE PER LA CENTRALE ORC E OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DEL PROGETTO GEOTERMICO POLA, IN LOC. CORTE BOLOGNA NEL COMUNE DI JOLANDA DI SAVOIA (FE)

Verifica completezza ai sensi dell'art.15, comma 5, della L.R. 4/2018 e dell'art. 27 bis, comma 3, D. Lgs. 152/2006

1. PREMESSA

Per incarico di Geotermia Zero Emission Italia srl vengono esposti e commentati i risultati dell'indagine geologica di supporto alla messa in posta dei pali di fondazione per la centrale geotermica ORC e del collegamento in cavo AT tra la centrale stessa e la futura stazione di Rete, del progetto geotermico Pola, da realizzarsi in località Corte Bologna nel Comune di Jolanda di Savoia (FE).

Nello specifico, la centrale ORC, a zero emissioni in atmosfera, sarà caratterizzata da due corpi principali, adibiti alla messa in opera dei condensatori ad aria, rispettivamente delle dimensioni di 172,85 m x 38,05 m x 14,6 m di altezza e di 109,4 m x 38,5 m x 14,6 m di altezza.

Per quanto riguarda la connessione alla rete essa sarà costituita da un collegamento in cavo interrato AT lungo circa 16,25 km che si svilupperà lungo le strade esistenti, collegando la centrale geotermica alla futura stazione di Rete 380/132/36 kV di Codigoro (FE).

Per i particolari di progetto della centrale rimandiamo alle specifiche tavole progettuali e agli elaborati cartografici allegati al progetto.

Per le opere di connessione si rimanda alla relazione tecnica al progetto elettrico.

È stata quindi predisposta una campagna geognostica che ha permesso di ottenere una caratterizzazione dei terreni su cui saranno realizzate le postazioni di perforazione suddette. Tali dati sono stati confrontati con indagini pregresse e realizzate nella stessa area per la realizzazione del pozzo esistente Cv1 (sul quale si andrà ad intervenire nuovamente con workover).

Tale elaborato viene redatto ai sensi del D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) ed è finalizzato alla caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica del sito oltre a fornire un contributo, in relazione ai suddetti modelli, alle verifiche della sicurezza e delle prestazioni attese (SLU e SLE del D.M. 17/01/2018).

Le verifiche finali della sicurezza e delle prestazioni attese, ai sensi del D.M. 17/01/2018, dovranno essere eseguite, tenendo in considerazione i dati della presente relazione, da specifica professionalità (ingegnere strutturale), che esula da quella dello scrivente.

In particolare, il presente elaborato ricostruisce il modello geologico, sismico e geotecnico del sottosuolo, definendone i parametri caratteristici e il comportamento geomeccanico del volume di terreno direttamente o indirettamente interessato.

Per tali tipologie di interventi risulta comunque opportuno pervenire ad un livello di approfondimento geognostico da calibrare rispetto all'entità dell'intervento in progetto in funzione dei possibili effetti sul terreno e tenendo conto anche delle problematiche di pericolosità geomorfologica e sismica.

Si fa presente, infine, che l'area in esame non è soggetta al Vincolo Idrogeologico (R.D. 3267/1923).

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La presente nota è stata redatta in ottemperanza alla normativa vigente di seguito specificata:

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni”.
- Nota del CSLP n.3187 del 21-03-2018 “Prima applicazione del DM 17.01.2018, riportante l’aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”, alle procedure autorizzative e di qualificazione del servizio tecnico centrale”
- Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti n. 7 del 21 gennaio 2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme Tecniche di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
- D.G.R. Emilia-Romagna n.1373 del 26/09/2011
- D.G.R. Emilia-Romagna n.2272 del 21/12/2016
- UNI EN 1991 – Eurocodice 1: Azioni sulle Costruzioni
- UNI EN 1992– Eurocodice 2: Costruzioni in calcestruzzo
- UNI EN 1993– Eurocodice 3: Costruzioni in acciaio
- UNI EN 1995– Eurocodice 5: Costruzioni in legno
- UNI EN 1996– Eurocodice 6: Costruzioni in muratura
- UNI EN 1997– Eurocodice 7: Progettazione geotecnica
- UNI EN 1998– Eurocodice 8: Costruzioni in zona sismica
- D.P.C.M. 24/05/2001

Piano di bacino del Fiume Po (P.A.I) – Stralcio Assetto Idrogeologico e Variante di coordinamento PAI-PGRA (DGR 2112/2016)

- Delibera C.I.P. 5/2021

Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) – Piani stralcio di bacino. AdB Po

- L.R. 19/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico"

Servizio geologico sismico e dei suoli regione Emilia-Romagna

Inoltre, la presente relazione è stata redatta secondo le “Raccomandazioni per la redazione della Relazione Geologica ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni”, redatte da Centro Studi del C.N.G.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

3.1. Descrizione del luogo

L'area in studio si colloca in località Corte Bologna nel comune di Jolanda di Savoia in provincia di Ferrara, ad una distanza dal centro abitato di circa 2 km in direzione Nord-Ovest (Figg.1 e 1a).

Dal punto di vista morfologico, il comune di Jolanda di Savoia si configura come tipico territorio della Pianura Padana costituito principalmente dall'ambito pianeggiante, in cui ricade il comparto d'intervento. La porzione di terreno all'interno del comune di Jolanda di Savoia è delimitata su tutti e quattro i lati da canali di irrigazione. In prossimità dell'area d'intervento s.s. precisamente in direzione sud è presente il Canale Centrale, classificato arco fluviale di IV ordine dalla Carta Idrografica e risorse idropotabili del PS comunale del 1988.

La quota media del piano campagna nel terreno oggetto di studio si attesta tra i -2,00 e -3,00 m s.l.m.

Il tracciato del cavidotto, come specificato in premessa, si svilupperà lungo strade già esistenti, in aree pianeggianti interessate da terreni coltivati e canali di irrigazione.

3.2. Geomorfologia

Ai fini di ottenere un corretto inquadramento delle caratteristiche geomorfologiche dell'area, partendo dall'analisi delle Carte Suolo-Sottosuolo-Acque del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale è stata eseguita un'indagine speditiva di campagna nella zona di interesse. Da tale indagine è emerso quanto segue.

L'area risulta fortemente antropizzata per la presenza di vari insediamenti civili e delimitata sui quattro lati da canali di irrigazione per le risaie circostanti, dal punto di vista geomorfologico si localizza su sedimenti di tipo fluviale (Sabbie di Asti). Anche il cavidotto sarà realizzato su terreni interessati dalle medesime litologie, su strade esistenti che attraversano campi coltivati e canali di irrigazione.

L'area in esame, dal punto di vista fisiografico, si colloca nella pianura alluvionale del Fiume Po e dei suoi affluenti.

Gli elementi morfologici principali della piana deltizia sono: i canali e dossi del delta, corrispondenti ai canali distributori delle acque del fiume (gli antichi rami del Po di Primaro, Po di Volano e ramificazioni minori), e le valli del delta, depressioni occupate in passato da paludi o lagune (aree interdistributrici). All'interno dei canali deltizi le acque dolci del fiume si mischiano a quelle salate che risalgono il canale durante le fasi di alta marea. Oggi invece ci troviamo di fronte ad un territorio quasi completamente prosciugato dall'imponente azione di bonifica degli ultimi due secoli, spesso posto ad alcuni metri sotto il livello del mare, e in cui sono rimaste forme quasi impercettibili (Figg. 2 e 2a).

3.3. Geologia

Prendendo in esame la Carta Geologica della Cartografia Geologica della Regione Emilia-Romagna, i terreni oggetto di realizzazione della centrale e del cavidotto ricadono all'interno di una zona contraddistinta da un'unica unità geologica appartenente alla Formazione delle Sabbie di Asti caratterizzata da sedimenti di origine fluviale (Fig. 2 e 2a) all'interno dei quali sono attese lenti di sabbie che si sono depositate tra 5,3 e 0,01 milioni di anni fa (Pliocene - Pleistocene).

- *Formazione delle Sabbie di Asti*

La Formazione delle Sabbie di Asti è costituita da sabbia con intercalazioni di argilla, di ghiaia poligenica e ciottoli.

3.4. Inquadramento idrogeologico

Per quanto concerne le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nell'area interessata dalla centrale e dal cavidotto, dalle carte della pericolosità dell'area dal Piano di assesto idrogeologico, si rileva che la formazione affiorante risulta avere vulnerabilità moderata.

3.5. Considerazioni sulla pericolosità dell'area

Per quanto concerne la pericolosità geologica dell'area in studio sono stati presi a riferimento i Piani di Bacino ed in particolare il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po. Secondo quanto indicato nella "Carta Classi Rischio Aree Rischio idraulico Distretto Po 2020" del PAI, la zona della centrale ricade interamente nelle "Perimetrazioni aree a rischio R1 (moderato)" (Fig. 3).

CLASSE DI RISCHIO R1 – RISCHIO MODERATO

Per ciò che riguarda il cavidotto, come da Fig. 3a, si può evidenziare come il tratto iniziale, di partenza dalla centrale, attraversi aree classificate come a **Rischio R1 – Moderato**.

Le strade lungo cui esso sarà installato il cavidotto sono tutte classificate come a **Rischio R2 – Medio**.

La cartografica di rischio a scala di bacino è stata redatta facendo riferimento ad un concetto semplificato di rischio basato sul prodotto della pericolosità per il valore degli elementi esposti a "Rischio da Esondazione".

La suddivisione delle aree a diverso rischio da esondazione segue la partizione territoriale realizzata per le unità territoriali di riferimento (U.I.E.) suddividendole in quattro classi in relazione al diverso grado di rischio: unità a rischio moderato R1, a rischio medio R2, a rischio elevato R3, a rischio molto elevato R4. L'Unità Idromorfologica Elementare (U.I.E.), così come definita nel "Progetto Carta Idromorfologica della Regione Emilia Romagna", è l'unità di ordine gerarchico inferiore del bacino idrografico ed un'entità fisica delimitata da linee di crinale, dotata di un proprio reticolo di drenaggio, caratterizzata da un proprio funzionamento idrologico e da una propria dinamica geomorfologica.

Dalla carta della pericolosità da alluvioni estratta dal PGRA dell'Autorità di Bacino del fiume Po (Direttiva Alluvioni 2019), il comparto d'intervento, in considerazione delle caratteristiche morfologiche dell'area in oggetto si colloca in un'area con pericolosità alluvioni poco frequenti (M-P2) (Fig. 4).

Anche il cavidotto interessa strade classificate come a pericolosità da alluvioni poco frequenti (M-P2). Solo in corrispondenza dell'area prossima a Strada Reale Traversa 3, si individua un'area da alluvioni frequenti H-P3 (Fig. 4a). Si ricorda che il cavidotto sarà un'opera interrata, posta ad una profondità dal p.c. di almeno 1,5 m: per tanto esso non sarà di ostacolo al normale deflusso delle acque.

Si può, quindi, affermare che non si evidenziano particolari situazioni di pericolosità per quanto concerne il rischio idraulico ed idrogeologico.

Dalla mappa regionale di classificazione sismica, l'area interessata dalla centrale e dal cavidotto si trova in zona 3 con sismicità medio-bassa (Figg. 5 e 5a)

Dalla mappa regionale del rischio sismico nell'area d'interesse sono previsti studi di microzonazione sismica di livello 2 (Figg. 6 e 6a).

In relazione a quanto suddetto, l'intervento di fondazione per i pali delle piattaforme di perforazione e lo scavo per l'installazione del cavidotto interrato risulta fattibile dal punto di vista geologico ed idrogeologico.

4 – INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE FISICO MECCANICA DEI TERRENI

4.1 – Criteri di indagine

Tenendo in considerazione le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del luogo d'intervento, nonché tutte le prescrizioni della normativa e quelle derivate da strumenti sovraordinati di gestione del territorio, ai fini della definizione del modello geologico di sintesi per la progettazione, è stata eseguita una specifica campagna d'indagine descritta:

- Prova CPTU 1 in data 13/07/2016;
- MASW in data 13/07/2016.

Inoltre, abbiamo a disposizione ulteriori 3 prove penetrometriche (T1-T2-T3) in data 2/07/1990. Quest'ultime si riferiscono alla vecchia perforazione del pozzo Corte Vittoria 1 e saranno utilizzate come confronto e validazione delle più recenti indagini del 2016 (Allegato 1).

L'ubicazione delle indagini eseguite nel comparto d'intervento è riportata in Fig 7.

4.2 – Descrizione delle indagini con standards di riferimento delle varie prove

Il sondaggio CPTU1 è stato realizzato con penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante,

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura (Tecnopenta):

- G1-CPLS D [Piezocono digitale];
- D1-CPL Blue [interfaccia di comunicazione bluetooth fra cono e PC];

- G1-EST CPL Blue [misura della profondità con pulsante di avviamento acquisizione];
- Cavo di collegamento piezocono D1-CPL Blue;
- Software di acquisizione e visualizzazione dati creato in ambiente labview;

Velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec } (\pm 0,5 \text{ cm / sec })$;

Spinta massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN;

Passo di lettura 2 cm.

Per la stratigrafia di dettaglio e le determinazioni eseguite durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, si rimanda all'Allegato 2 del presente elaborato.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica d'indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

La metodologia di acquisizione si sviluppa in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s e il parametro $V_{S,eq}$.

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi della prova MASW, ha permesso di ricavare sia i modelli medio e migliore di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro $V_{S,eq}$ relativi al sottosuolo del sito indagato.

I certificati della prova sismica eseguita sono riportati in allegato 3.

4.3 – Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area di realizzazione della centrale

Dalle risultanze della campagna geognostica CPTU1 in corrispondenza del comparto d'intervento è stato possibile ricostruire verosimilmente l'assetto stratigrafico e litologico dei terreni di pertinenza dell'intervento in progetto, fino alla massima profondità indagata di – 20,00 metri da p.c.

In particolare, la prova eseguita ha permesso di definire la stratigrafia e la litologia del terreno come di seguito descritta.

Nell'area indagata, al di sotto di uno strato superficiale terreno vegetale e/o terreno rimaneggiato con spessore di 0,50 m, è stato rilevato un orizzonte di argille limose poco consistenti, che in CPTU1 arrivano fino alla profondità di -2,00 m da p.c..

Dalla base dell'orizzonte precedente è stato riscontrato un terreno caratterizzato da limi sabbiosi mediamente consistenti, tale orizzonte in CPTU1 arriva fino alla profondità di -3,24 m da p.c. L'indagine prosegue con il quarto orizzonte caratterizzato da argille limose poco consistenti fino alla profondità di -11,00 m da p.c. Dalla base di quest'ultimo orizzonte fino alla profondità di -13,32 m da p.c. sono state riscontrate limi argillosi con livelli sabbiosi mediamente consistenti. Dalla base del precedente orizzonte fino alla massima profondità indagata di -20,04 m da p.c. sono presenti argille limose da poco a mediamente consistenti.

In sintesi, nell'area in cui è previsto l'intervento in progetto si possono raggruppare le seguenti unità litologico-stratigrafiche:

- 0 – Terreno vegetale e/o terreno rimaneggiato** con spessore di circa 0,50 m da p.c.;
- 1 – Argille limose poco consistenti** fino alla profondità di -2,00 m da p.c.
- 2 – Limi sabbiosi mediamente consistenti** fino alla massima profondità di -3,24 m da p.c.
- 3 – Argille limose poco consistenti** fino alla profondità di -11,00 m da p.c. in CPTU1;
- 4 – Limi argillosi con livelli sabbiosi mediamente consistenti** fino alla profondità di -13,32 m da p.c. in CPTU1;
- 5– Argille limose da poco a mediamente consistenti** fino alla profondità massima di -20,04 m da p.c..

4.4 – Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni e modellazione geotecnica

L'indagine CPTU1 eseguita in situ ha permesso di attribuire i seguenti parametri geotecnici agli orizzonti sopra definiti, in termini di valori caratteristici come indicato nelle nuove NTC (6.2.2).

Orizzonte	Litologia CPTU1	PROFONDITÀ (m)	ϕ' (°)	C' (kPa)	Cu (kPa)	γ (KN/m ³)
0	<i>Terreno vegetale e/o terreno rimaneggiato</i>	0 ÷ 0,50	-	-	-	-
1	<i>Argille limose poco consistenti</i>	0,50 ÷ 2,00	0	-	30	16
2	<i>Limi sabbiosi mediamente consistenti</i>	2,00 ÷ 3,24	32	-	0	16
3	<i>Argilla limosa</i>	3,24 ÷ 11,00	0	-	55	16
4	<i>Limi argillosi con livelli sabbiosi mediamente consistenti</i>	11,00 ÷ 13,32	0	-	70	16
5	<i>Argille limose da poco a mediamente consistenti</i>	13,32 ÷ 20,04	0	-	55	16

Dove:

ϕ = angolo di attrito interno

C_u = coesione non drenata

C' = coesione efficace

γ = peso di volume del terreno

La fattibilità e parametrizzazione geotecnica proposti sono basati sulle prove eseguite in situ, la cui natura puntuale rende obbligatoria la verifica delle assunzioni fatte, in fase di esecuzione dei lavori; si prescrive quindi l'assistenza geologica durante l'esecuzione degli scavi. Si ricorda che eventuali difformità rispetto alle ipotesi progettuali comporteranno necessariamente una verifica dei dimensionamenti previsti. Lo scrivente si rende comunque fin da ora disponibile a fornire integrazioni a quelle attuali secondo le diverse esigenze della Committenza, del Progettista Geotecnico (in merito alla necessità di una maggiore definizione della campagna geognostica ai fini della caratterizzazione-modellazione geotecnica), della Direzione Lavori e degli uffici preposti alla disamina della pratica in oggetto.

4.4 – Caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area interessata dal cavidotto

Per ciò che riguarda il cavidotto interrato si può ipotizzare che i terreni interessati presentino le medesime caratteristiche geotecniche di quelle individuate nell'area della centrale in quanto:

- le litologie risultano essere le medesime (sedimenti di origine fluviale delle Sabbie di Asti)
- dalla centrale alla cabina di consegna (nel comune di Codigoro), l'area risulta totalmente pianeggiante, con assenza di forme geomorfologiche di rilievo.

Per tanto, per le caratteristiche geotecniche attraversate dal tracciato del cavidotto, si rimanda alla tabella del paragrafo 4.4.

4.5 – Idrogeologia di dettaglio e condizioni piezometriche

Dal rilievo piezometrico effettuato in data 11/07/2016 all'interno del foro di sondaggio CPTU1 attrezzato con tubo piezometrico è stata rilevata presenza di un livello piezometrico alla profondità di -3.70 m da p.c.

4.6 – Potenziale di liquefazione dei terreni

In considerazione dell'assetto litostratigrafico e geotecnico rinvenuto nel comparto d'interesse e in un intorno significativo di esso, sono state eseguite le specifiche verifiche di liquefazione dei terreni. I depositi superficiali risultano suscettibili a liquefazione in caso di sisma (Allegato 4).

4.7 – Categoria di sottosuolo

Al punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018 (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche), per la definizione dell'azione sismica di progetto si afferma che:

L'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare

riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S .

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:
 h_i spessore dell'i-esimo strato;
 $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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	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 compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

I profili di velocità delle onde S ottenuti sono profili semplificati multistrato derivanti da parametri di partenza quali spessori e ranges di velocità. Tali parametri sono stimabili con indagini aggiuntive quali sondaggi geognostici, prove penetrometriche, indagini sismica in foro o a rifrazione. In assenza di tali approfondimenti non è possibile ottenere il modello reale sismo-stratigrafico, ma sarà comunque possibile fornire un valore di $V_{S,eq}$ affidabile quale:

$$V_{s,eq} = 142 \text{ m/s}$$

In riferimento al D.M. 17/01/2018, per il terreno indagato, dall'analisi della $V_{s,eq}$ considerata a partire dalla testa del palo di fondazione e verificando la congruenza con la descrizione stratigrafica della tabella sopra (3.2. Il NTC 2018), è stato stimato un sottosuolo di categoria "D", ovvero si tratta di *"Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine)"*.

Per ulteriori dettagli si rimanda all'Allegato 3.

5 – MODELLAZIONE SISMICA

Nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 sono state individuate (anche per la Regione Emilia-Romagna) 4 zone, delle quali le prime tre coincidono con quelle individuate dalla L. n. 64/74 e successivi D.M. ad essa collegati, mentre la quarta è di nuova costituzione.

La classificazione sismica della Regione Emilia, aggiornata con la DRG 1164 del 23/07/2018, inserisce il comune di Jolanda di Savoia in **zona sismica 3**.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/08 e nel successivo aggiornamento del D.M. 17/01/18, la stima della pericolosità sismica viene inoltre definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale per la determinazione dell'azione sismica. In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale del valore dell'accelerazione massima a_g al sito e dei parametri (F_0 e T_c^*), che permettono di definire gli spettri di riposta elastici per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR.

È necessario, pertanto, determinare i parametri spettrali relativi al sito di intervento utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tab. 1 dell'allegato B del suddetto decreto.

Lo scuotimento al suolo così individuato deve essere corretto per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie:

Categoria di sottosuolo **D**

Coefficiente di amplificazione stratigrafica $SS = 1,80$ (tabella 3.2.V - NTC)

Coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1,00$ (tabella 3.2.VI - NTC per categoria topografica T1 in tabella 3.2.III)

Partendo dunque dai seguenti dati relativi alla costruzione in oggetto:

Tipo di costruzione	2
Vita nominale VN	≥ 50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso Cu	1.00
Vita o periodo di riferimento VR=VN x Cu	≥ 50 anni

Per il sito di interesse sono stati ricavati, mediante l'utilizzo del programma di calcolo della GeoStru, i seguenti parametri sismici:

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 44,901214

longitudine: 11,986825

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 14963 Lat: 44,9248 Lon: 11,9377 Distanza: 4674,955

Sito 2 ID: 14964 Lat: 44,9257 Lon: 12,0082 Distanza: 3199,210

Sito 3 ID: 15186 Lat: 44,8757 Lon: 12,0094 Distanza: 3348,792

Sito 4 ID: 15185 Lat: 44,8748 Lon: 11,9389 Distanza: 4780,269

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,030 g

Fo: 2,527

Tc: 0,223 [s]*

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,036 g

Fo: 2,563

Tc: 0,270 [s]*

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,078 g
 Fo: 2,625
 Tc*: 0,336 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
 Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,101 g
 Fo: 2,607
 Tc*: 0,338 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,800
 Cc: 2,650
 St: 1,000
 Kh: 0,011
 Kv: 0,005
 Amax: 0,537
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,800
 Cc: 2,410
 St: 1,000
 Kh: 0,013
 Kv: 0,007
 Amax: 0,641
 Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,800
 Cc: 2,160
 St: 1,000
 Kh: 0,028
 Kv: 0,014
 Amax: 1,381
 Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,800
 Cc: 2,150
 St: 1,000
 Kh: 0,044
 Kv: 0,022
 Amax: 1,781
 Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 44.900290

longitudine: 11.985840

6 – ATTRAVERSAMENTO RETICOLO IDROGRAFICO DI GESTIONE

Come visibile dalla Fig. 8, il cavidotto, percorrendo le strade esistenti, passa attraverso due elementi del reticolo idrografico di gestione:

- un canale denominato Collettore Acque Alte Ferraresi
- il fiume Po di Volano
- canale Bastione.

Come da relazione tecnica associata, tutti gli attraversamenti avverranno mediante TOC (Trivellazione orizzontale controllata).

Si specifica che saranno rispettate tutte le distanze dai corsi d'acqua sopra citati e saranno presentate le necessarie autorizzazioni ai sensi del R.D. 523/1904.

Certaldo, Marzo 2023

IdroGeo Service S.r.l.
Engineering and Consulting

Il Direttore Tecnico
Dott. Geol.
Simone FIASCHI

Il Tecnico Responsabile
Dott. Geol.
Alessandro MURRATZU

Collaboratore Tecnico
Dott.ssa
Lisa Pasquinelli

ELABORATI CARTOGRAFICI

Corografia Generale (1:5000)

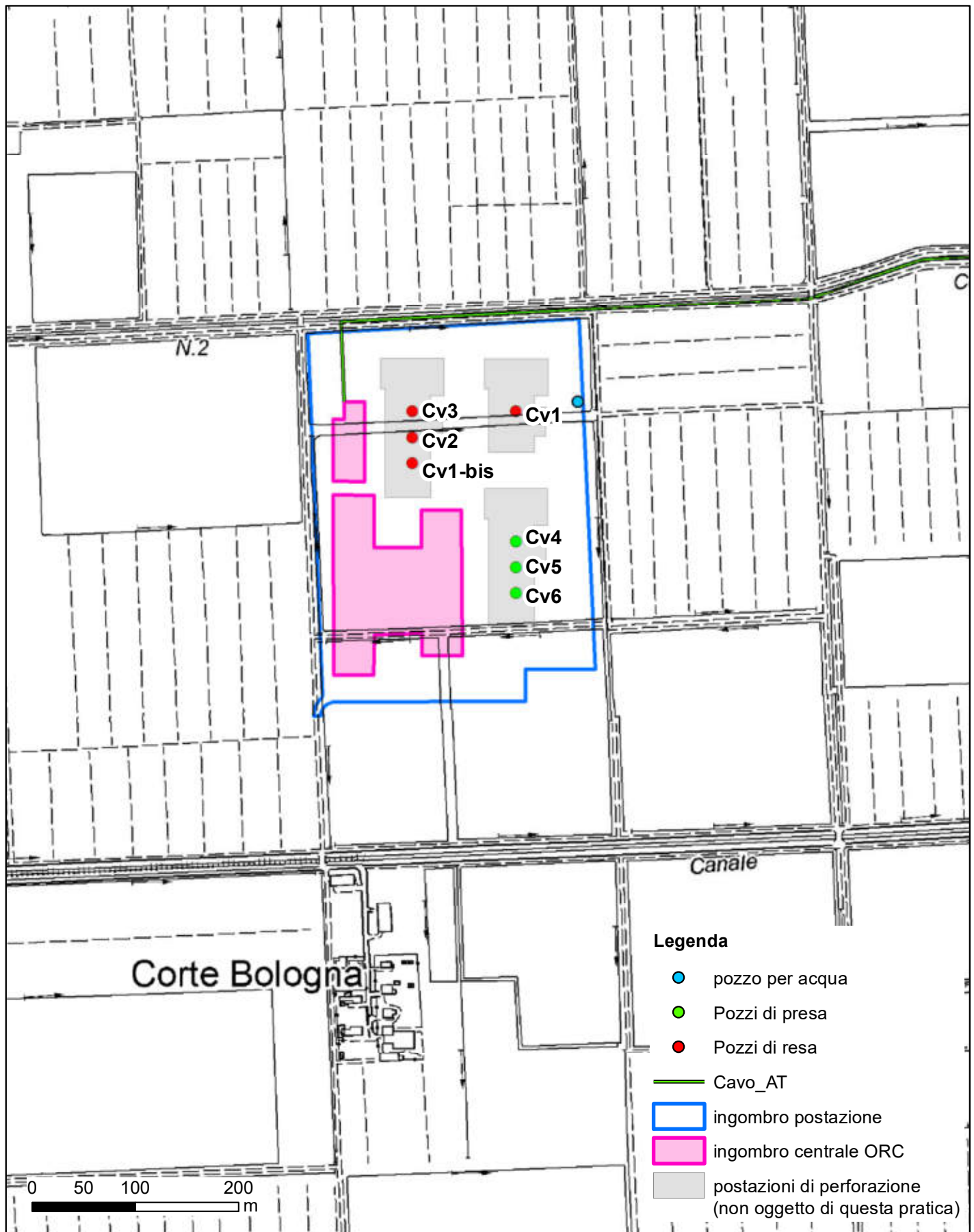


Fig.1

Corografia Generale

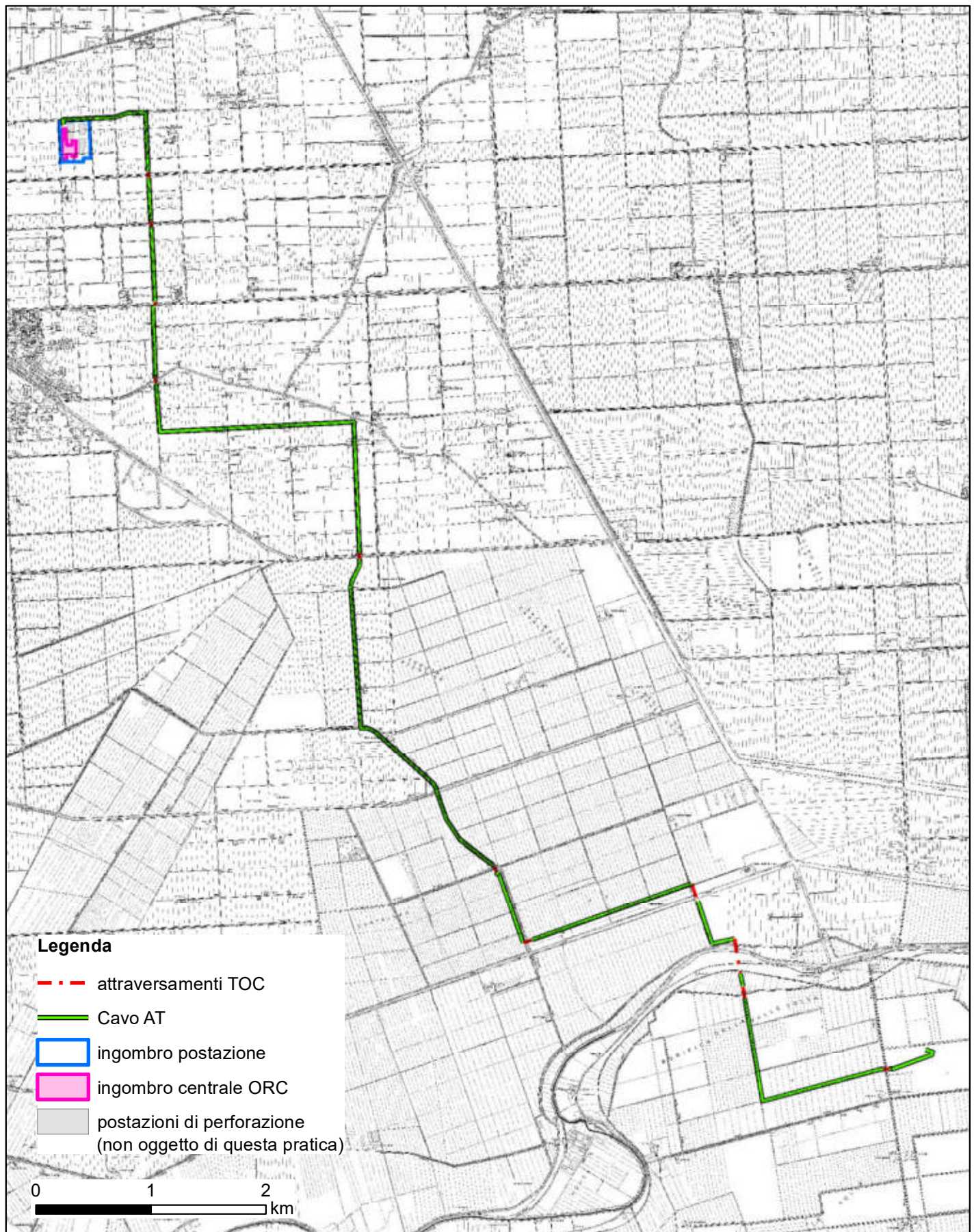


Fig.1a

Carta Geomorfológica e Geológica (1:5000)

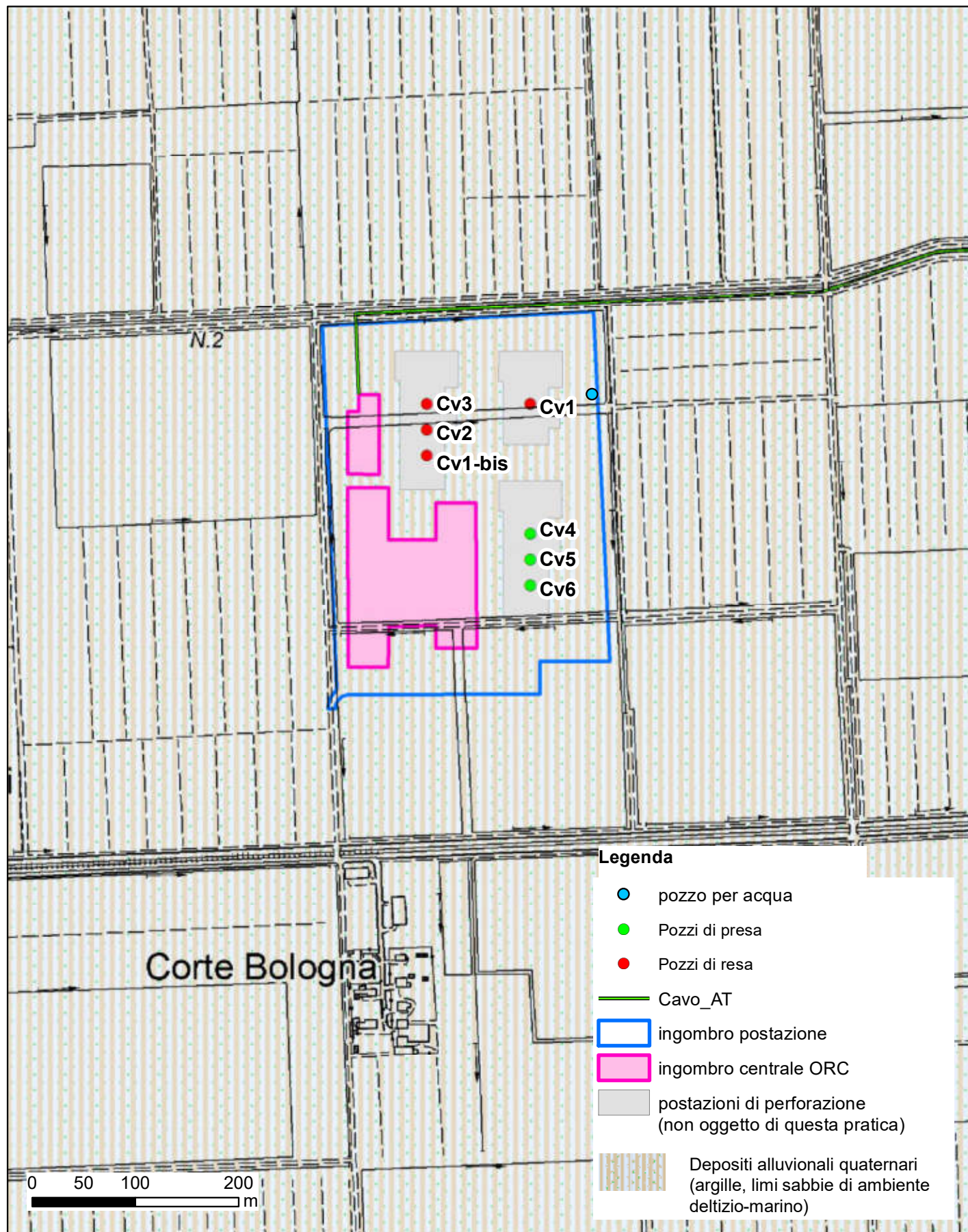


Fig.2

Carta geomorfologica e geologica

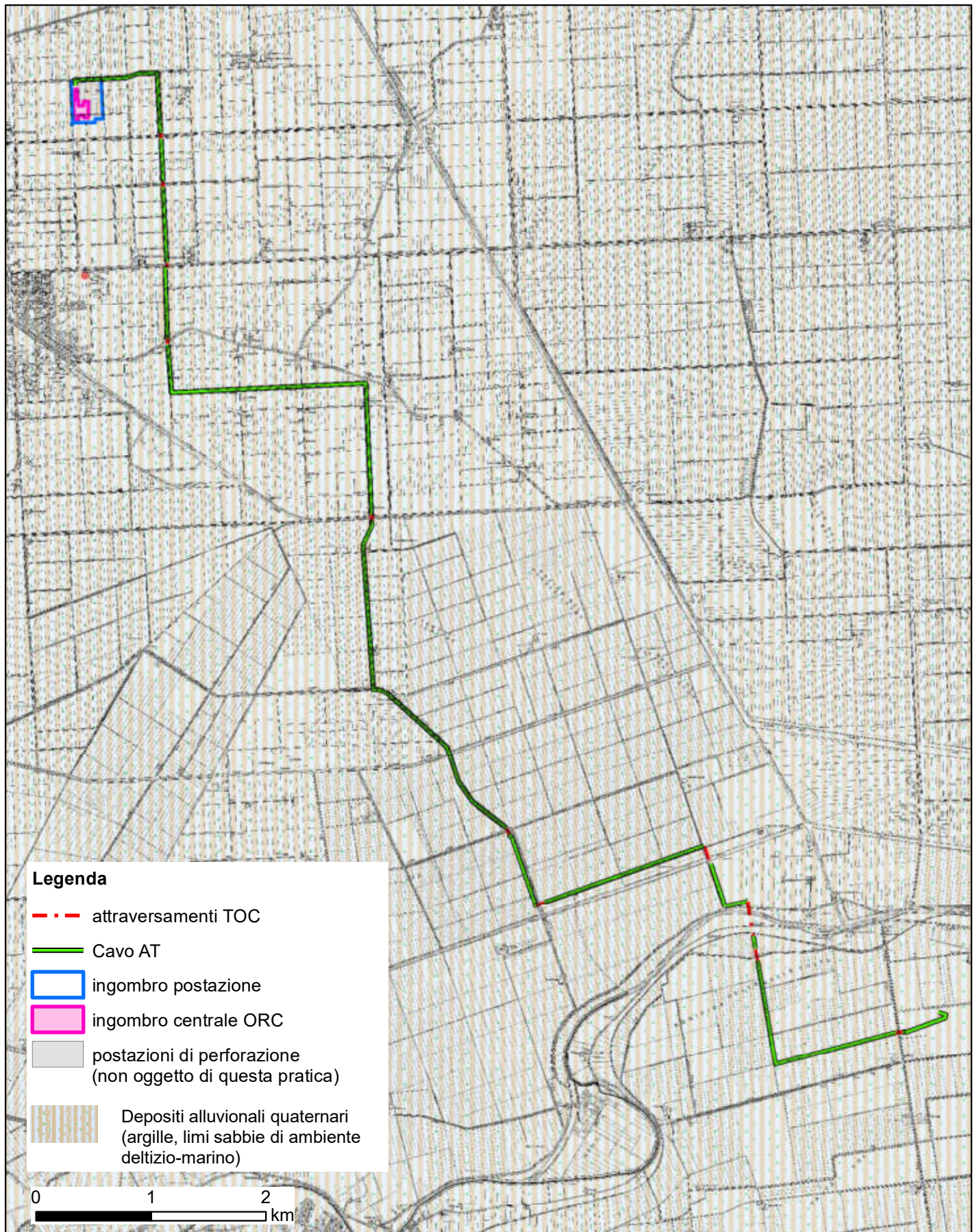


Fig.2a

Carta del Rischio Idraulico (1:5000)

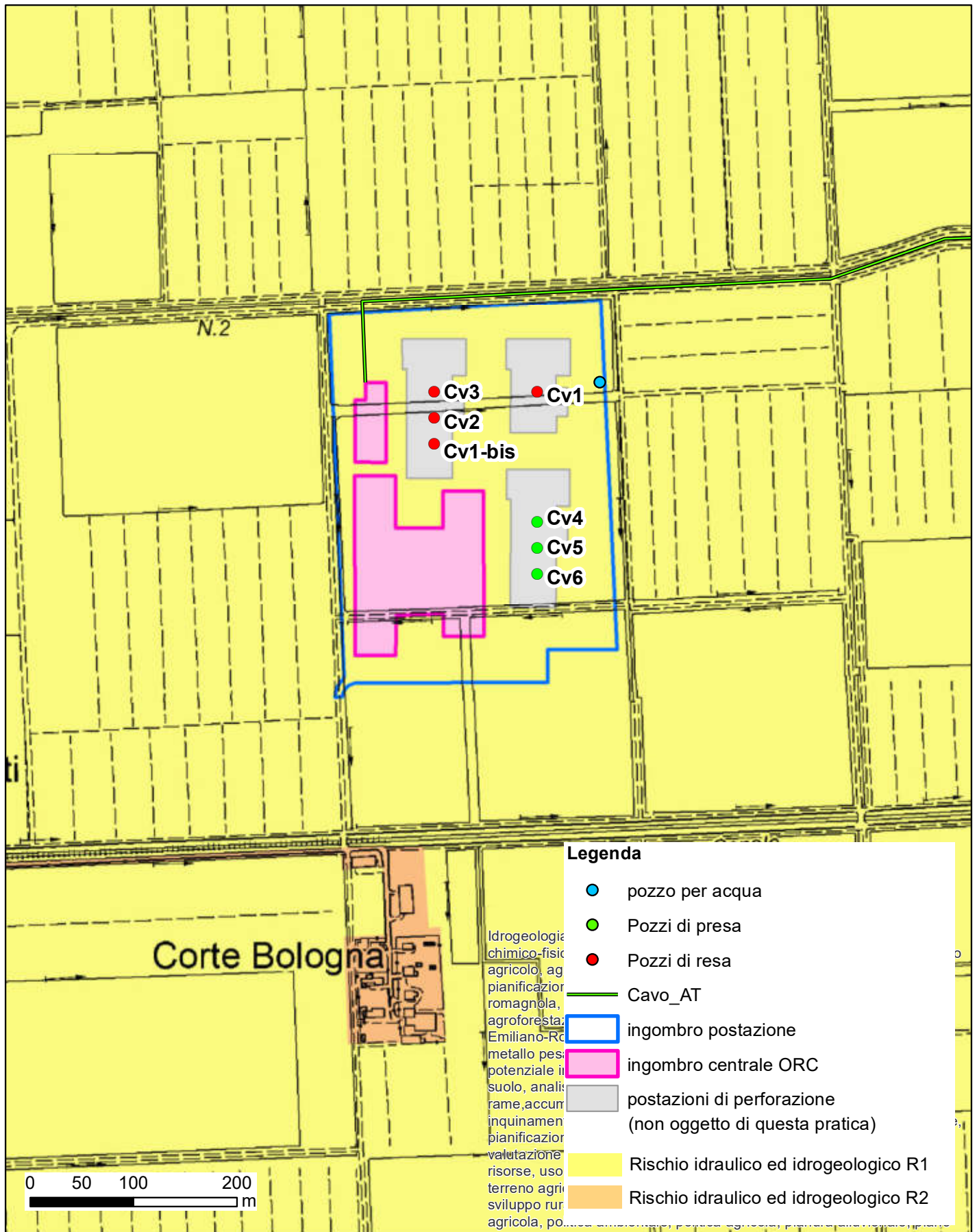
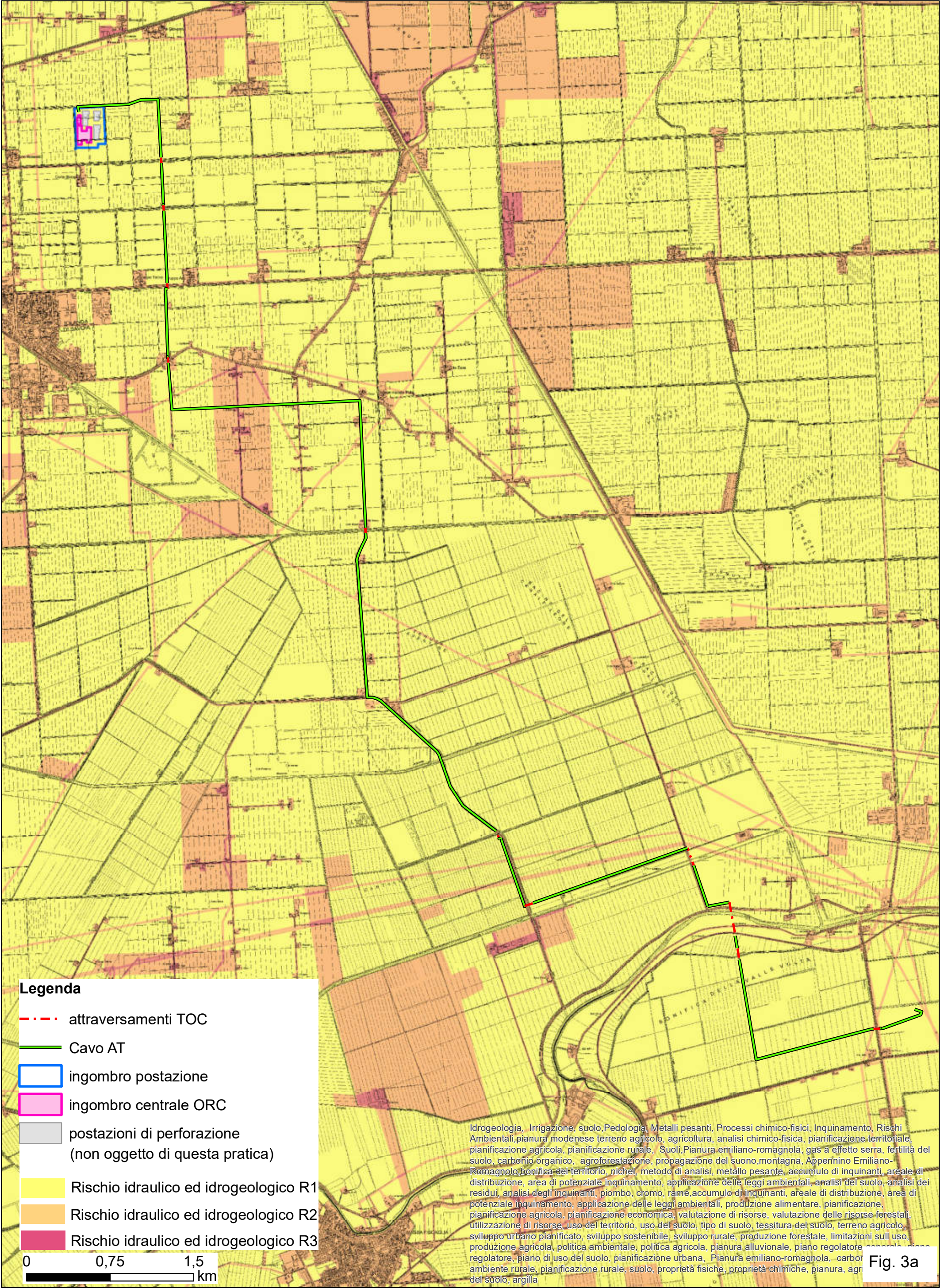


Fig.3

Carta del Rischio Idraulico



Carta del Rischio Alluvioni (1:5000)

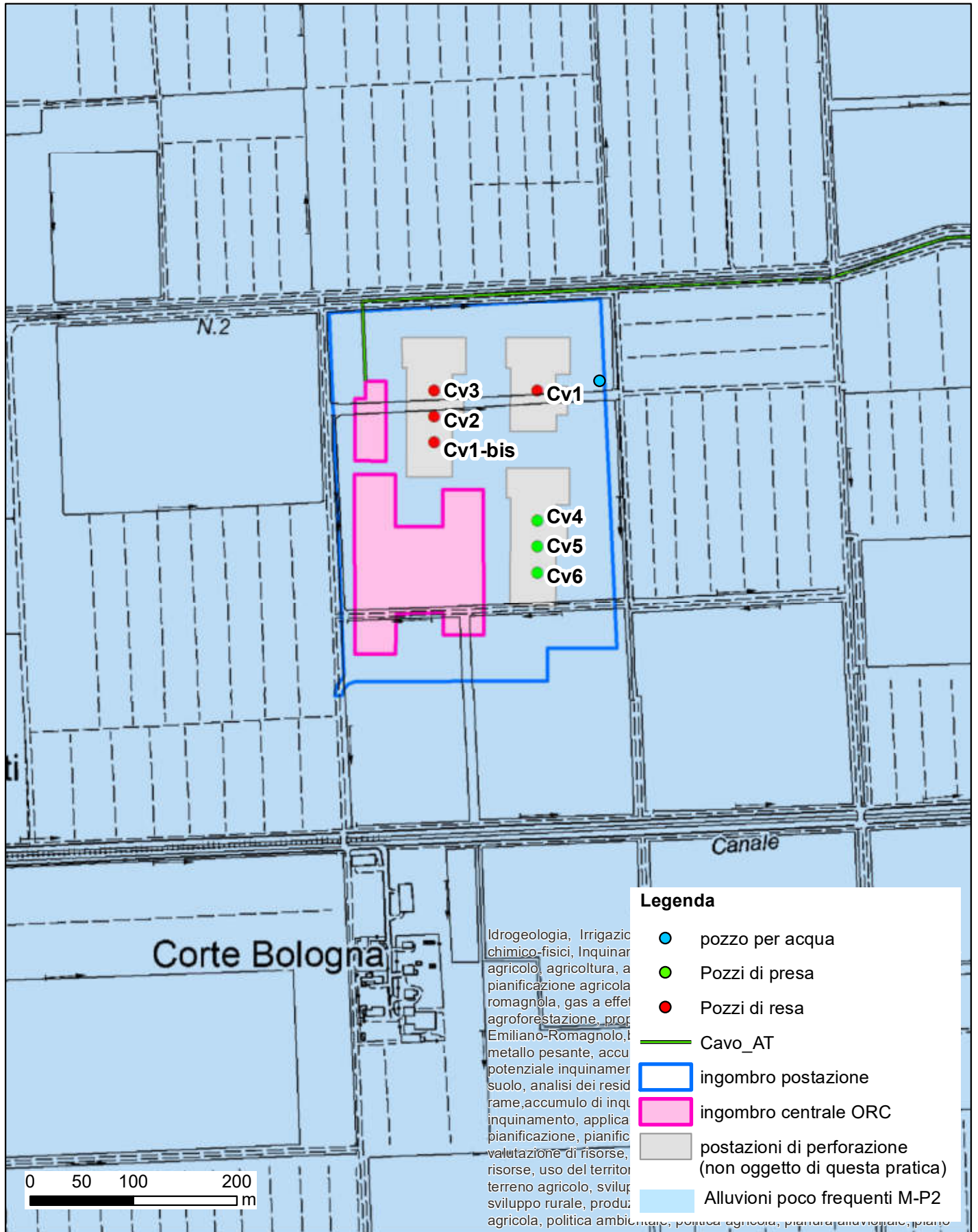


Fig.4

Carta del Rischio Alluvioni

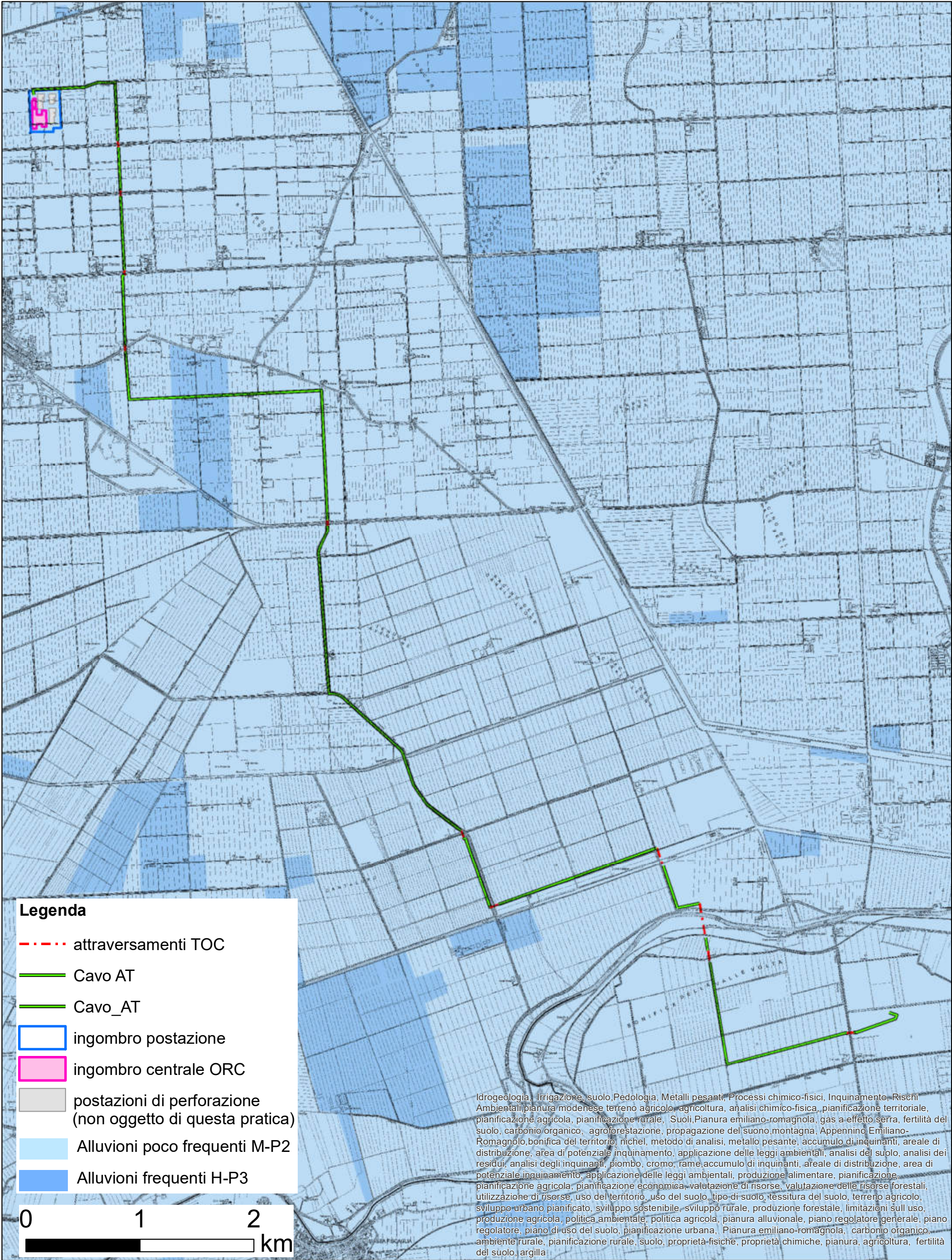


Fig.4a

Carta della Classificazione Sismica (1:5000)



Fig.5

Carta della Classificazione Sismica

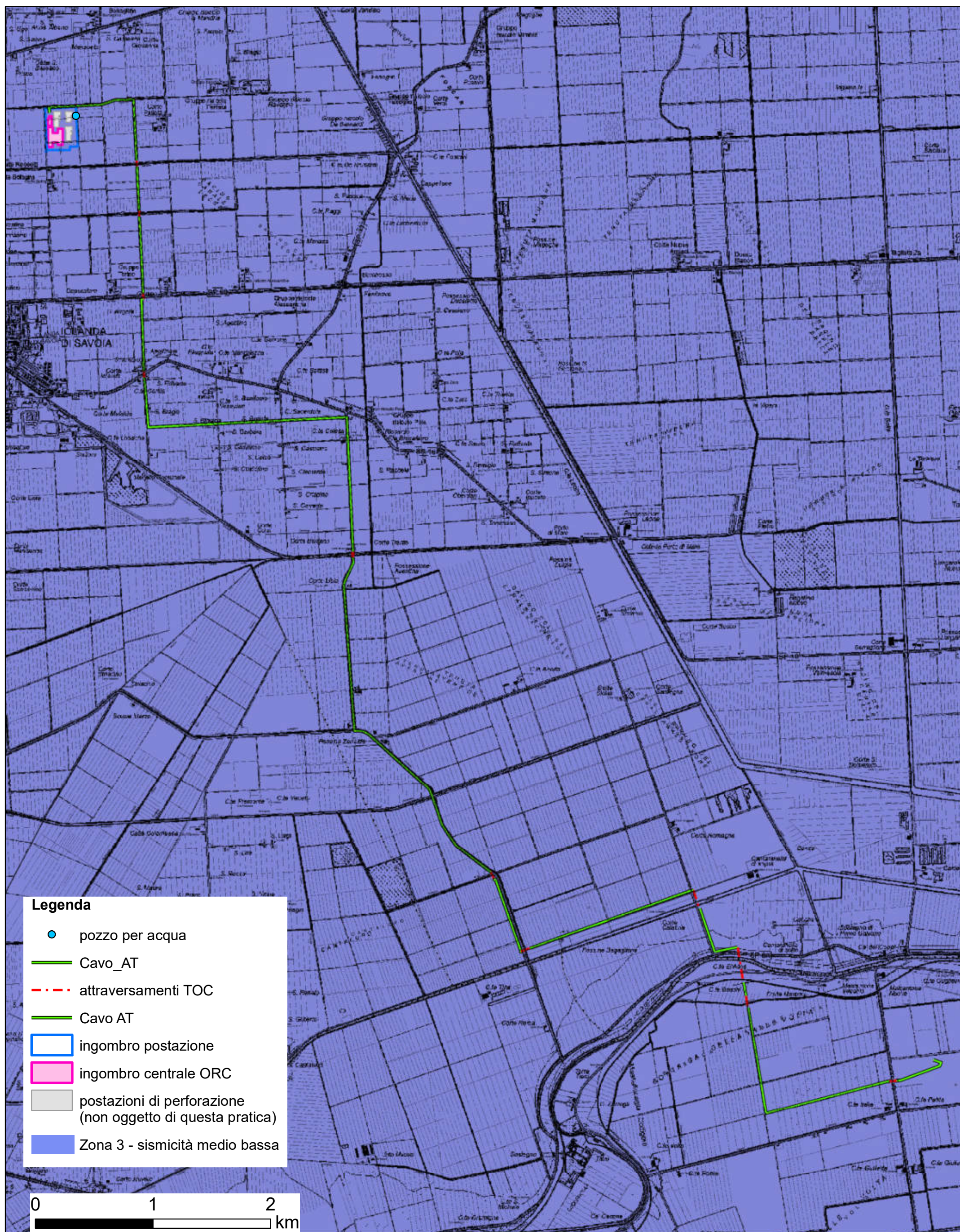


Fig.5a

Carta della Microzonazione Sismica (1:5000)

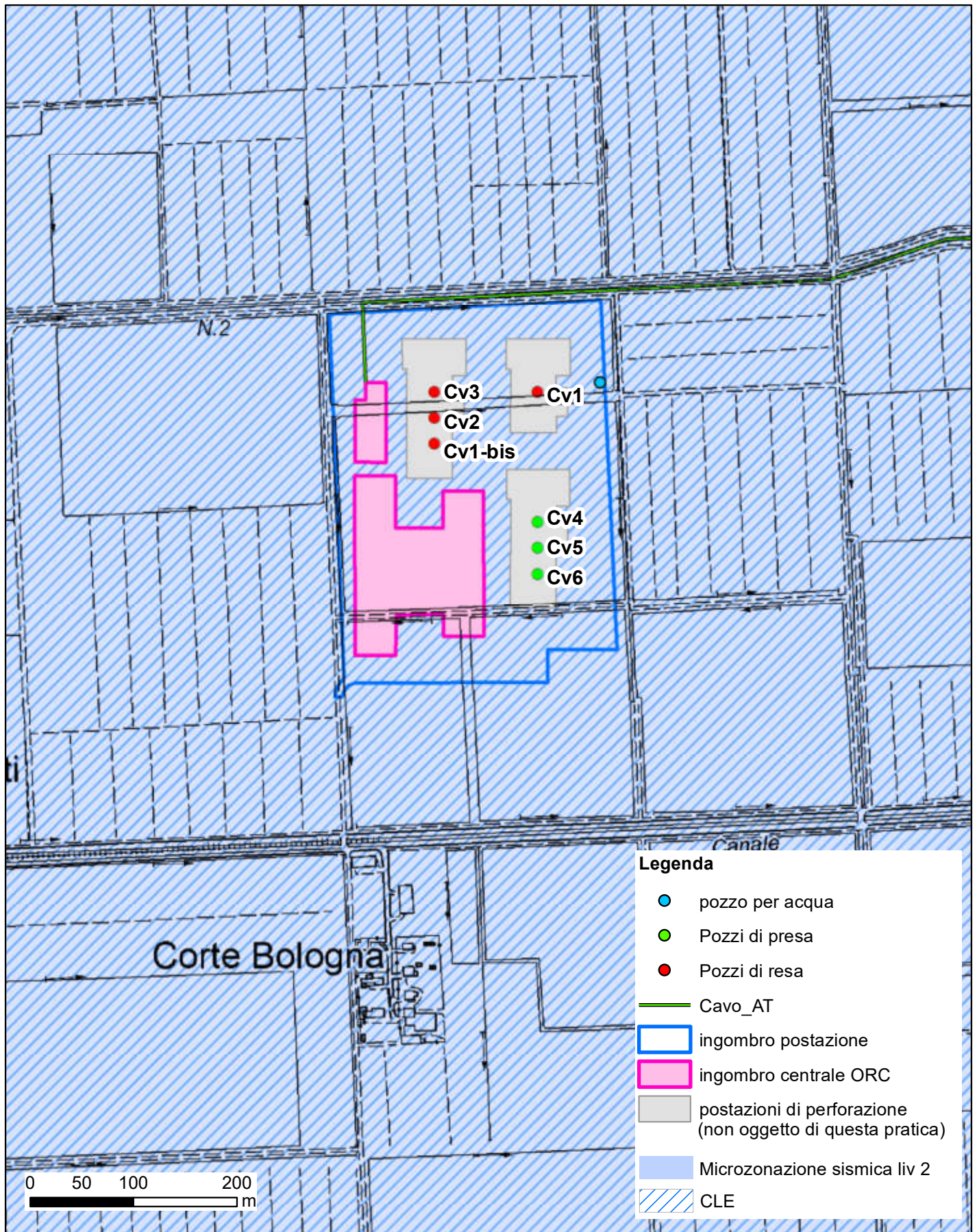


Fig.6

Carta della microzonazione sismica

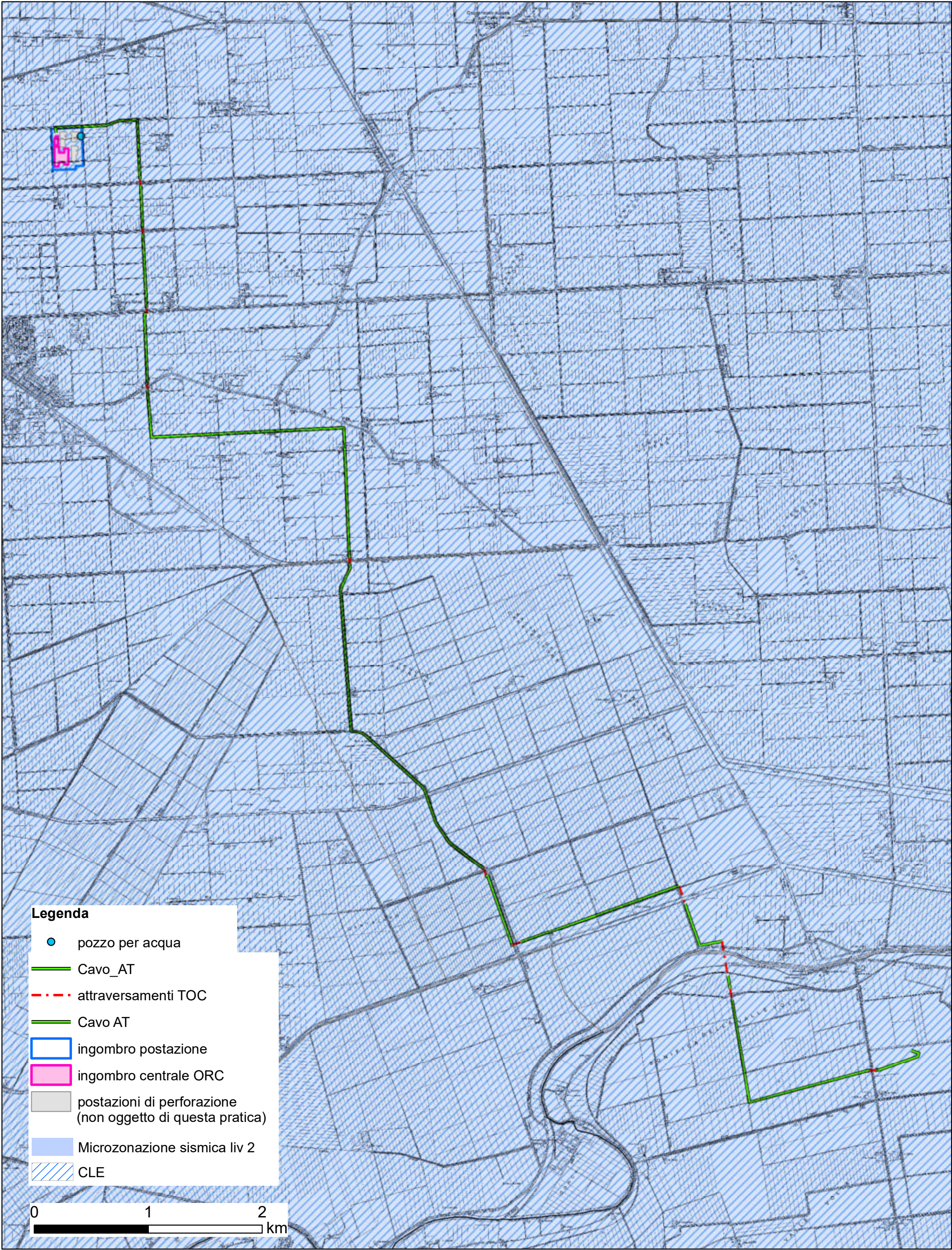


Fig.6a

UBICAZIONE INDAGINI (1:2500)

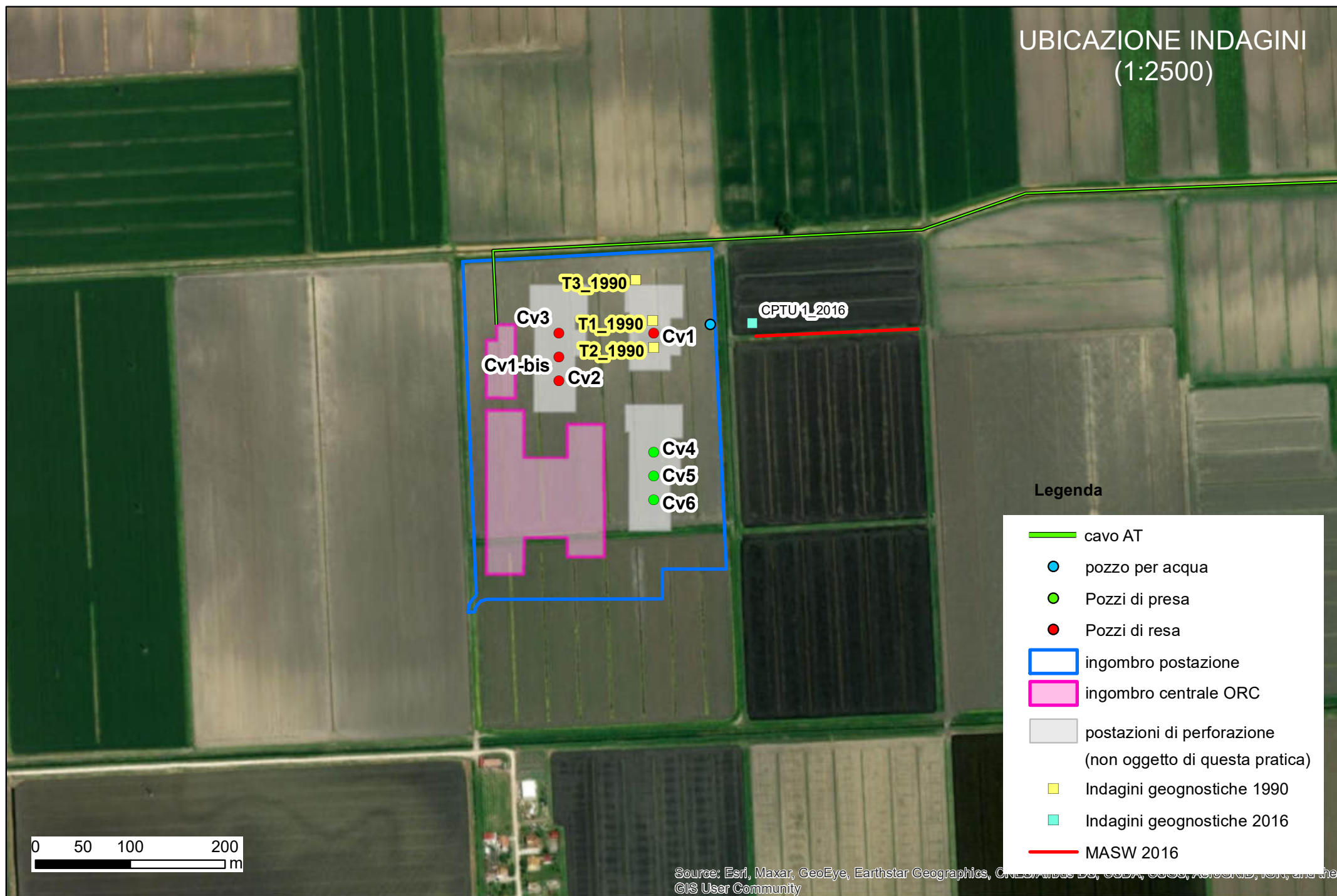


Fig.7

PIANO TECNICO DELLE INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO DI GESTIONE REGIONALE

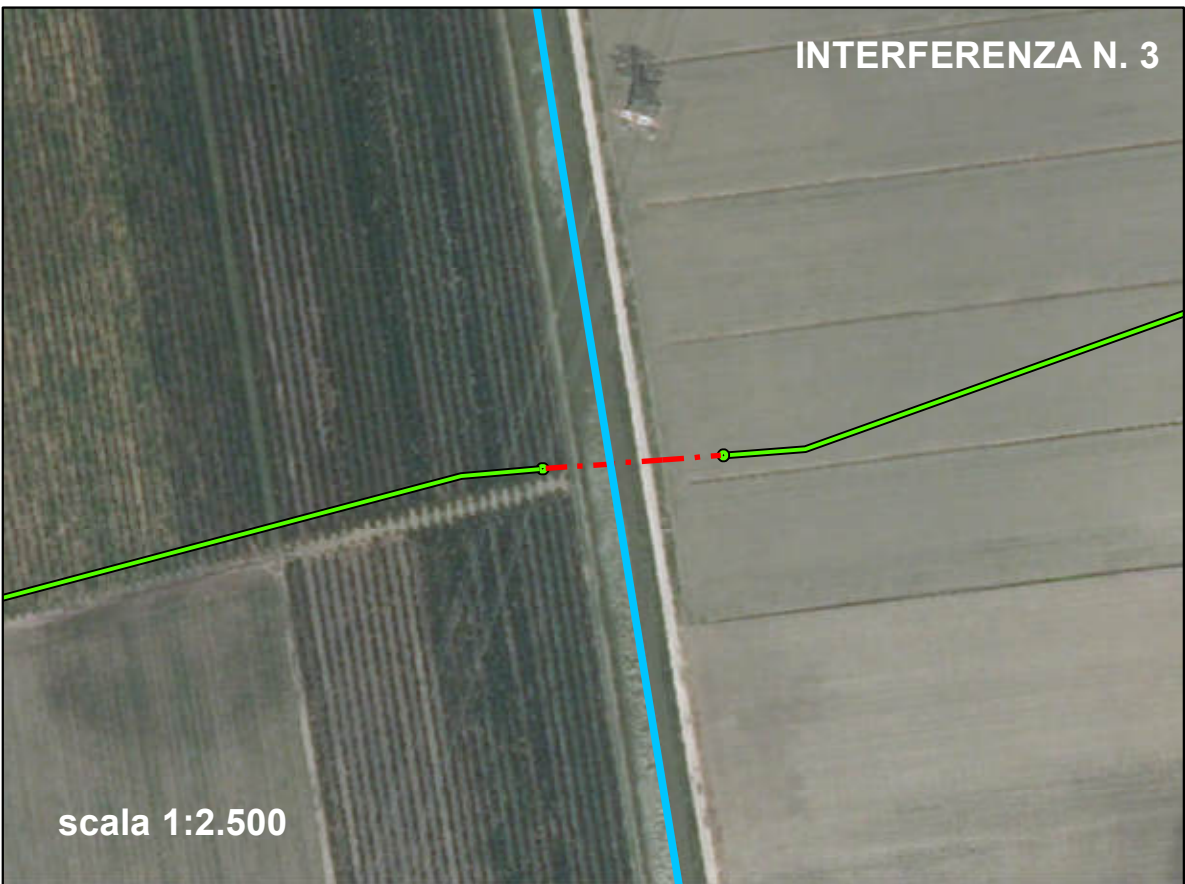
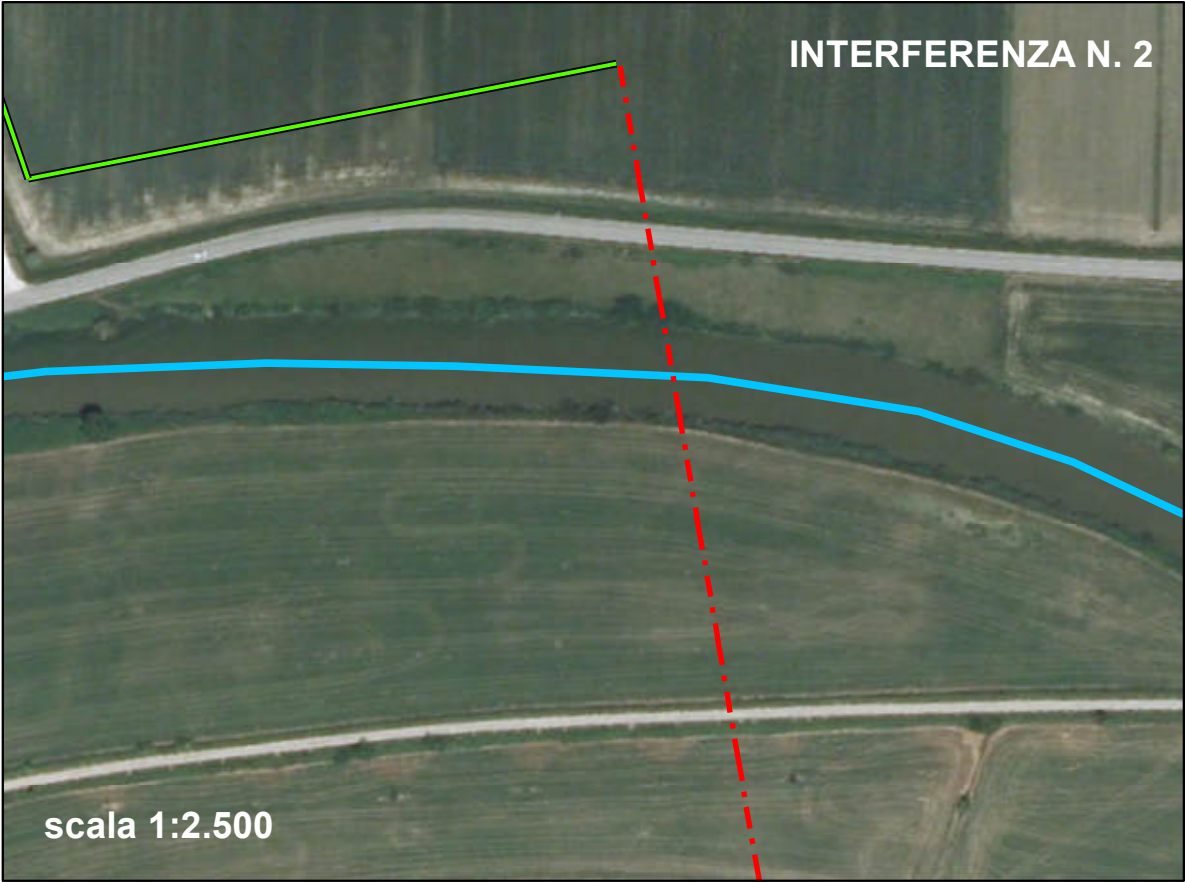
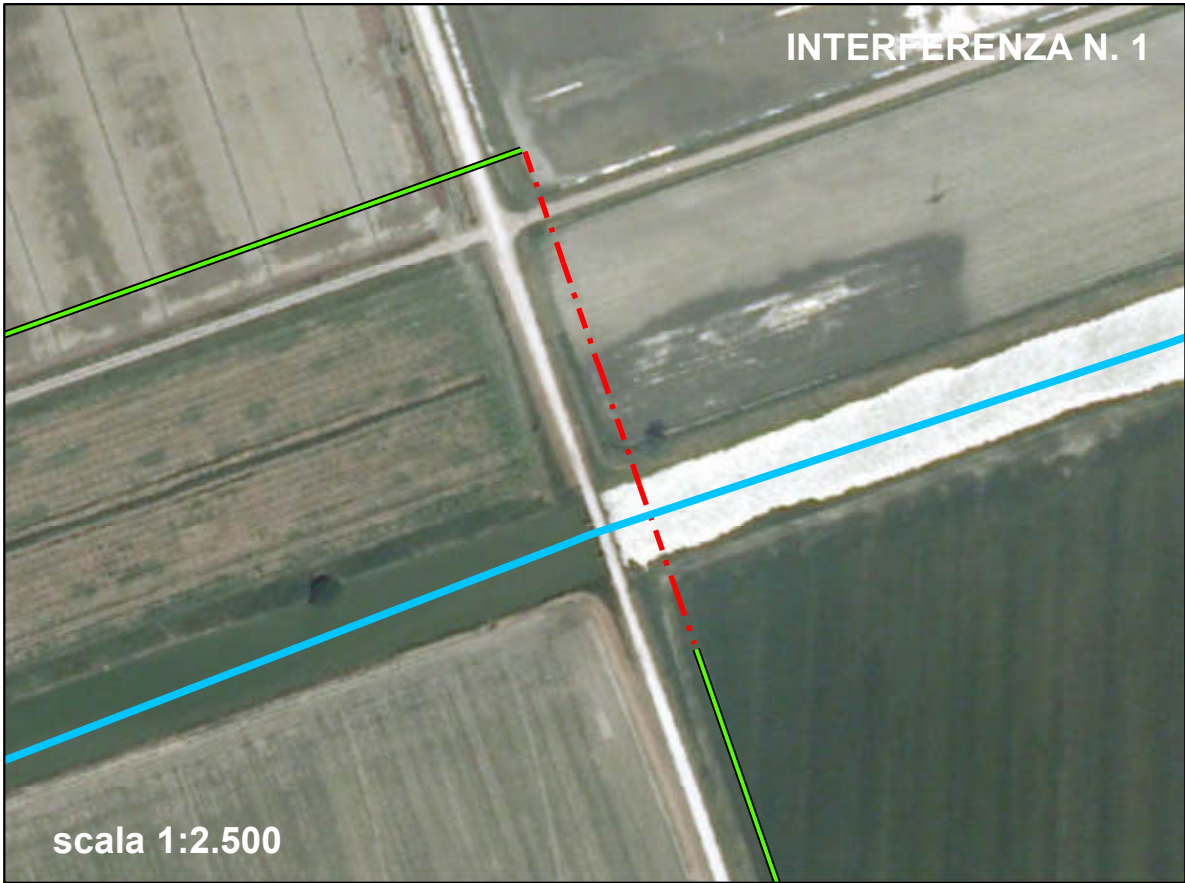
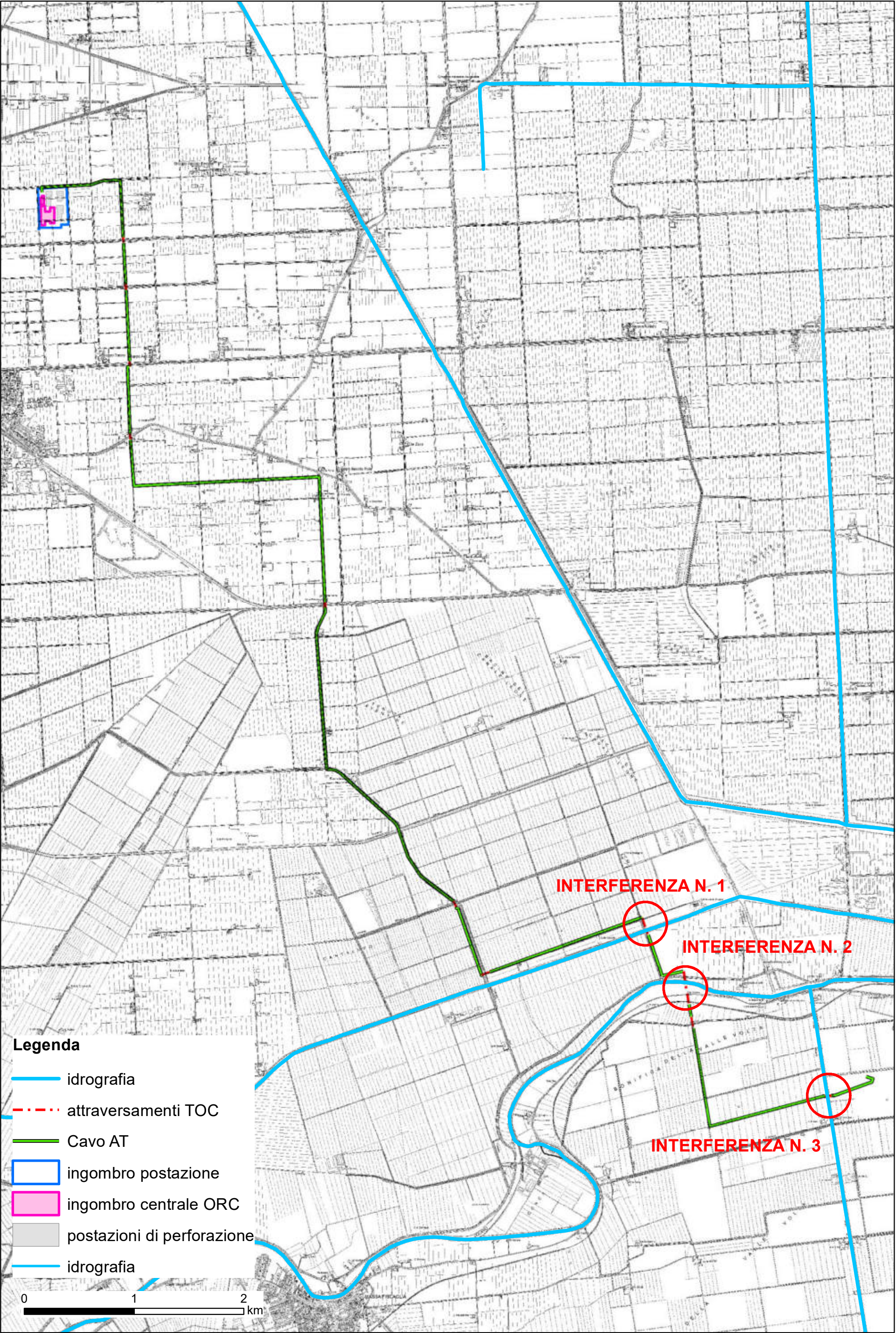


Fig.8

ALLEGATO 1:

*Dati geotecnici da bibliografia (Indagine geotecnica postazione
Corte Vittoria 1)*

STAT

Direzione Staff Tecnico

GEDA

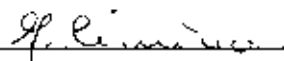
Geodinamica e Ambiente

INDAGINE GEOTECNICA POSTA-
ZIONE CORTE VITTORIA 1

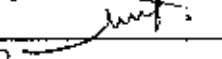
Data 2 Luglio 1990

Relazione n° 1543

Autori:

G. CIMINO 

Resp. GEDA: G. Dossena 

Resp. GEDA/COAB
E. Michelotto 

Inviato a:

LAPR/SNOR

LACI

INDAGINE GEOTECNICA POSTAZIONE CORTE VITTORIA 1

Generalità

Su richiesta SNOR, GEDA ha effettuato il 15.6.1990 un sopralluogo sull'area del cantiere di perforazione Corte Vittoria 1 (comune di Jolanda di Savoia - FE) al fine di accertare le caratteristiche geotecniche dei terreni. Allo scopo si sono praticate 3 trincee geognostiche per la determinazione della stratigrafia di dettaglio e del grado di consistenza dei terreni fino alla profondità di 4,50-5 m.

Le trincee T1 e T2 sono state praticate rispettivamente a N e a S della cantina del c.p. indicative per la zona di appoggio della platea in cemento armato di tipo superficiale prevista per l'impianto di perforazione con platea di 29x14 m., ciò senza disturbare i terreni interessati dalla dissipazione del bulbo delle pressioni trasmesse dalla platea stessa.

La trincea T3 è stata praticata in zona bacini di lagunaggio.

Quadro geologico

La postazione di quota -2,35 m s.l.m., è ubicata su depositi alluvionali recenti costituiti da torbe e argille torbose (depositi di piana inondabile) sovrapposti a sabbie di piana alluvionale .

Quadro stratigrafico e geotecnico

Sulla base dei sondaggi la serie superficiale dall'alto al basso è la seguente.

- Sondaggio T1 -

0,00 ÷ 0,70 m	Orizzonte humifero
0,10 ÷ 0,60 m	Agrisuolo bruno scuro argilloso con resti

- vegetali (eluviale)
- 0,60 ÷ 1,60 m Orizzonte illuviale formato da argilla limosa beige con screziature rossastre e grigiastre con consistenza da molle a molto molle
 $Cu = 0,30 \text{ kg/cm}^2$ $qu = 0,3 \text{ kg/cm}^2$
- 1,60 ÷ 3,30 m Argilla grigia leggermente limosa molto molle, contenente minutissime laminette puntiformi di mica bianca (muscovite)
 $Cu = 0,27 \text{ Kg/cm}^2$ $qu = 0,15 \text{ Kg/cm}^2$
- 3,30 ÷ 3,40 m Strato di torba non maturo, costituita da materiale vegetale palustre non carbonizzato (SOFT).
- 3,40 ÷ 4,60 m Argilla grigia molto molle come sopra, con inclusioni di materiale torboso non maturo.
 $Cu = 0,23 \text{ kg/cm}^2$ $qu = 0,12 \text{ kg/cm}^2$.
- 4,60 ÷ 4,90 m Sabbia quarzosa grigia molto fine contenente finissime laminette di mica bianca di dimensioni millimetriche
 $\psi = > 25^\circ$ $\gamma = > 1,4 \text{ Kg/cm}^2$
- Venuta d'acqua dolce a 4,70 m dal p.c. Il livello statico si è stabilizzato a 3,80 m dal p.c.

- Sondaggio T2 -

- 0,00 ÷ 0,10 m Orizzonte humifero
- 0,10 ÷ 0,40 m Agrisuolo argilloso bruno scuro con resti vegetali (eluviale).
- 0,40 ÷ 0,90 m Orizzonte illuviale formato da argilla limosa con sfumature beige molle, inglobante puntiformi laminette di mica bianca (muscovite). Presenza di resti di materiale vegetale marcescente (torba in formazione).
 $Cu = 0,30 \text{ Kg/cm}^2$ $qu = 0,22 \text{ Kg/cm}^2$
- 0,90 ÷ 3,10 m Argilla grigia molto molle e plastica, leggermente limosa contenente laminette puntiformi di mica bianca.

$Cu = 0,25 \text{ Kg/cm}^2$ $qu = 0,22 \text{ Kg/cm}^2$

3,10 ÷ 3,30 m Strato di torba non matura costituita da resti di foglie e canne plastiche non carbonizzate (SOFT).

3,30 ÷ 4,20 m Argilla grigia molto molle, come sopra.

4,20 ÷ 4,40 m Argilla grigia molto molle mista a sabbia quarzosa grigia micacea a grana molto fine.

4,40 ÷ 5,00 m Sabbia grigia molto fine contenente finissime laminette di mica bianca (muscovite).

$\varphi = > 25^\circ$ $\gamma = 1,4 \text{ Kg/cm}^2$

A 4,50 m venuta d'acqua dolce.

- Sondaggio T3 -

0,00 ÷ 0,30 m Agrisuolo bruno scuro argilloso con resti vegetali (orizzonte humifero).

0,30 ÷ 0,50 m Argilla bruna molle (eluviale) con resti di torba (canne palustri) in formazione.

0,50 ÷ 1,80 m Argilla limosa illuviale a colore beige, molto molle e plastica inglobante finissime laminette di muscovite come T1 - T2.

$Cu = 0,25 \text{ Kg/cm}^2$ $qu = 0,20 \text{ Kg/cm}^2$

1,80 ÷ 1,90 m Argilla grigia molto molle leggermente limoso come T1, T2

Leggera venuta d'acqua a 1,90 m.

Nell'allegato si riporta l'elaborazione della capacità portante e delle tensioni verticali per fondazioni superficiali a platea e della pressione ammissibile sul terreno secondo un coefficiente di sicurezza assunto pari a 3. L'elaborazione è stata eseguita con 3 strati a differente resistenza nmeccanica riscontrati nei sondaggi T1 e T2 (condizioni più sfavorevoli), trascurando per l'esiguo spessore e continuità laterale il livello torboso (SOFT). Dal calcolo la pressione ammissibile minima è quella del 2° strato posto fra 1,60 - 4,60 m dal p.c. con $qa = 0,4 \text{ Kg/cm}^2$.

Ragguagliando tale valore in funzione dell'andamento delle tensioni verticali in profondità del 1° strato si assume che la pressione max per la fondazione a platea dell'impianto di perforazione è $q_a = 0,5 \text{ Kg/cm}^2$.

Poichè l'indagine geognostica ha investigato solo i primi 5 m dal p.c. e poichè si ha da ritenere probabile per motivazioni geologiche la presenza in continuità di orizzonti soffici a torba fino alla profondità di 15 m circa, risulterà opportuno eseguire n° 3 prove penetrometriche statiche (SPT) sull'area di sviluppo della platea di fondazione dell'impianto di perforazione, come indicato nello schema allegato.

Quanto sopra appare giustificato anche dall'andamento delle tensioni verticali in funzione della profondità, che risulta ancora rilevante (per l'ampiezza dimensionale della platea) fino alla profondità di 15 m, ciò in relazione al carico ammissibile unitario già determinato in $q_a = 0,5 \text{ Kg/cm}^2$.

Qualora l'indagine penetrometrica confermi la presenza di orizzonti soffici superficiali, riteniamo si debbano adottare fondazioni di tipo indiretto (pali).

46

40

47

48

N°2

SONDAGGI GEOGNOSTICI

• T3

• T1

• T2

LIMITE PROPRIETA'

82.00

77.50

159.50

58

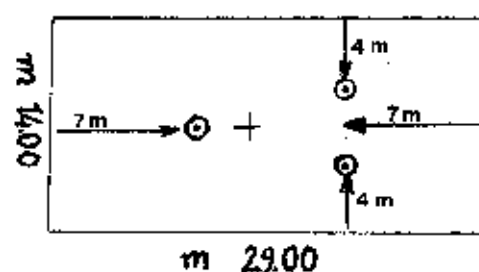
32-68

12

33

35

SCHEMA SONDAGGI PENETROMETRICI



0	26/04/90	EMISSIONE	STUD-03P		
REV.	DATA	DESCRIZIONE / DESCRIPTION	DESIGN	CHECK	APPROVA
REV.	DATA	DESCRIZIONE / DESCRIPTION	DESIGN	CHECK	APPROVA
Agip S.p.A. SERVIZIO LAPRI/SNOR			SOSTITUISCE IL SUPERSEDES N.		SOSTITUITO DAL SUPERSEDED BY N.
POZZO CORTE VITTORIA "1"			REVISIONE	SCALA	Foglio
STRALCIO CATASTALE			C	1:2800	SH
Foglio n°18 IOLANDA DI SAVOIA (FE)			DIS. N. / DWG N.		
			0136/AL/0028/90-A2		

Il presente disegno è proprietà intellettuale di AGIP (gruppo) propri diritti si riservano. All rights reserved.
This drawing is company property. AGIP (Institute) reserves all rights.

KEY: GEOTECH.1/MP8

01/98

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI SCIOLTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI DELLE TENSIONI VERTICALI

BY F. MICHELOTTO
MILANO, 18.6.98

DENOMINAZIONE PROGETTO E DATA TEST
POSTAZIONE #CORTE VITTORIA 1= 15.6.98

=====

NUMERO STRATI O LIVELLI: 3

STRATO N.	CU (T/M2)	Y (T/M3)	D (M)	B (M)	L (M)	F (GRADI)
--------------	--------------	-------------	----------	----------	----------	--------------

1	3	0	0	14	29	0
2	2.3	0	1.6	14	29	0
3	0	.4	4.6	14	29	25

=====

STRATO N.	Q0 KG/CM2	Q1 KG/CM2	NC	NV	NQ	QA KG/CM2	Q2 KG/CM2	FS
--------------	--------------	--------------	----	----	----	--------------	--------------	----

1	1.7	0	5.1	0	1	.6	0	3
2	1.3	0	5.1	0	1	.4	0	3
3	3	0	20.7	4.1	10.7	1	0	3

PARAMETRI CALCOLATI PER FONDAZIONE DI TIPO PLATEA

=====

CU =RESISTENZA AL TAGLIO SENZA DRENAGGIO
Y =PESO DI VOLUME (NATURALE) O (IMMERSO)
D =PROFONDITA' DEL PIANO DI FONDAZIONE
B =LARGHEZZA (RAGGIO) DELLA FONDAZIONE
L =LUNGHEZZA FONDAZIONE
F =ANGOLO DI ATTRITO INTERNO
Q0 =CAPACITA' PORTANTE O CARICO DI ROTTURA
Q1 =IDEN C.S. (SKEMPTON) SE APPLICABILE
NC =FATTORE CAPACITA' PORTANTE RELATIVO ALLA COESIONE (TERZAGHI)
NV =FATTORE CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO (BRINCH-HANSEN)
NQ =FATTORE CAPACITA' PORTANTE DEL SOVRACCARICO (TERZAGHI)
QA =CARICO AMMISSIBILE SECONDO TERZAGHI
Q2 =CARICO AMMISSIBILE SECONDO SKEMPTON (SE APPLICABILE)
FS =FATTORE DI SICUREZZA

ALLEGATO 2:

Certificato CPTU1

PENETRATIO s.n.c.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo
Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)
tel.0571418116
PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA CON PIEZOCONO DIGITALE CPTU 1

committente:	Idrogeoservice s.r.l.	data:	30/06/16
cantiere:	Jolanda di Savoia (Fe)	profondità prova:	20,04 m
località:	Bologna	quota inizio:	p.c.
operatore:	Geol. G. Lotti e Geol. P. Giani	profondità falda:	3,70 m

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura (Tecnopenta):

- G1-CPLS D [Piezocono digitale]
- D1-CPL Blue [interfaccia di comunicazione bluetooth fra cono e PC]
- G1-EST CPL Blue [misura della profondità con pulsante di avviamento acquisizione]
- Cavo di collegamento piezocono D1-CPL Blue
- Software di acquisizione e visualizzazione dati creato in ambiente labview

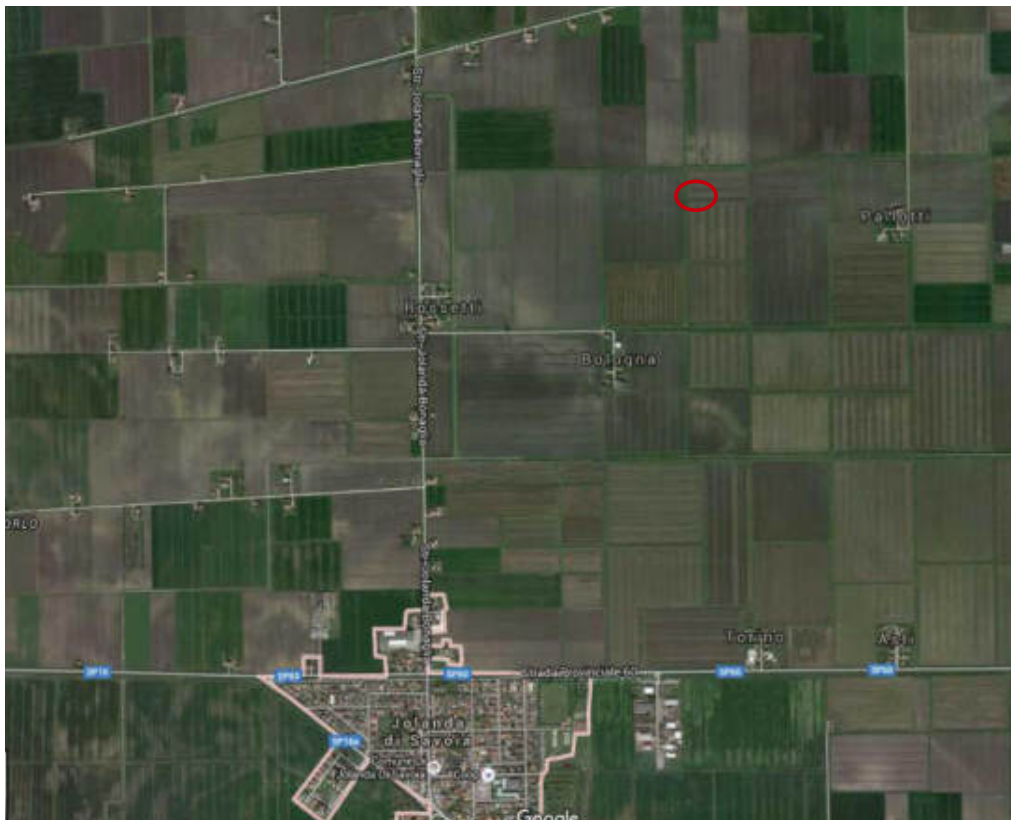
Velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec } (\pm 0,5 \text{ cm / sec})$

Spinta massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN

Passo di lettura 2 cm



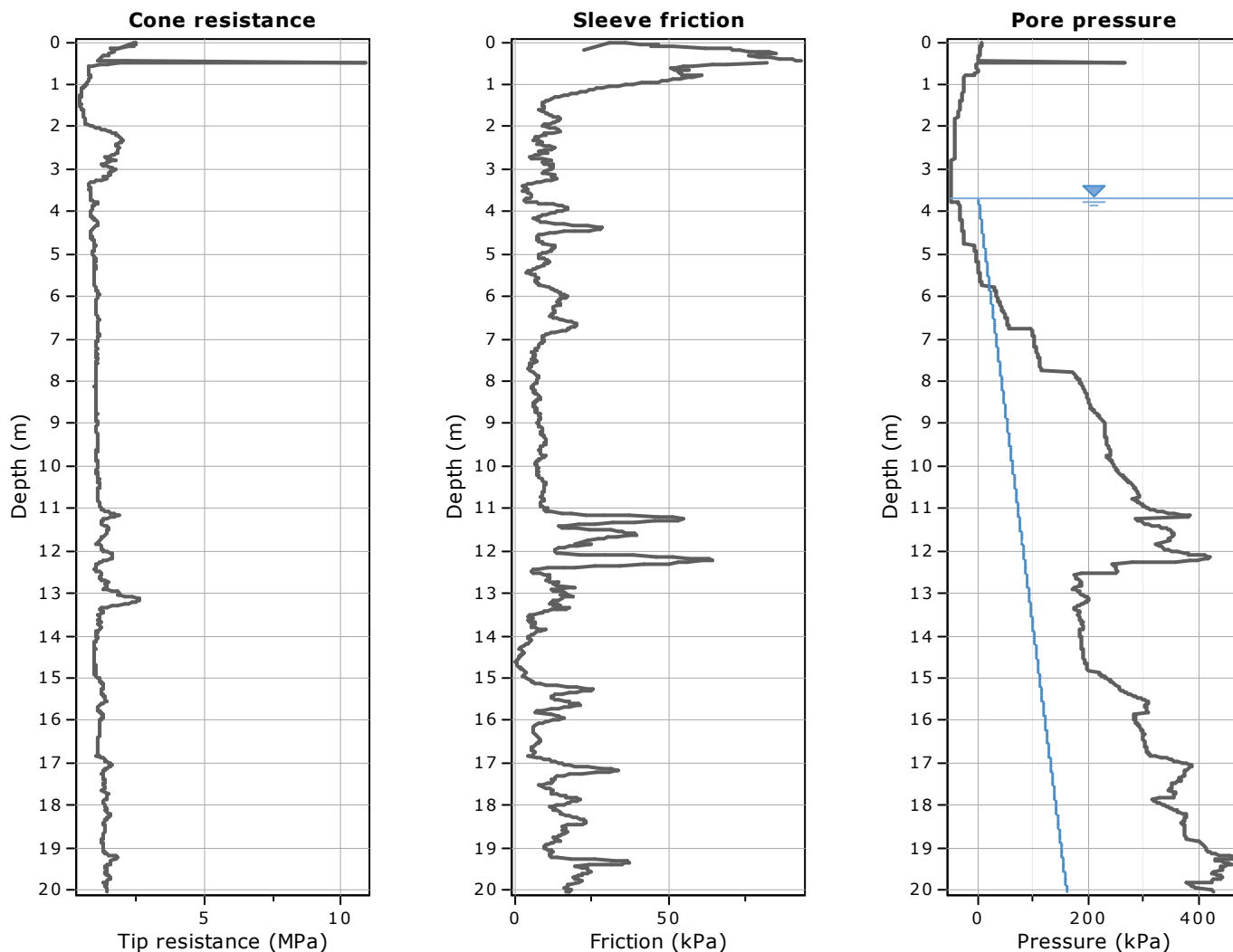
UBICAZIONE PROVA PENETROMETRICA CPTU N.1



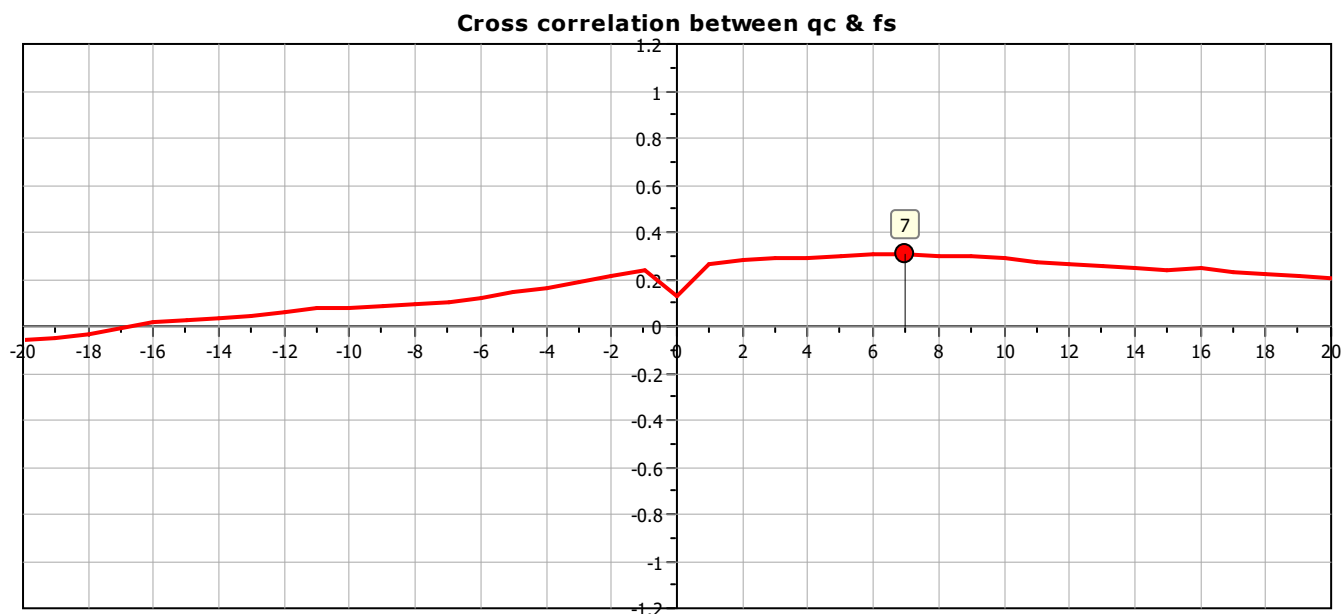


Project:

Location:



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).





di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

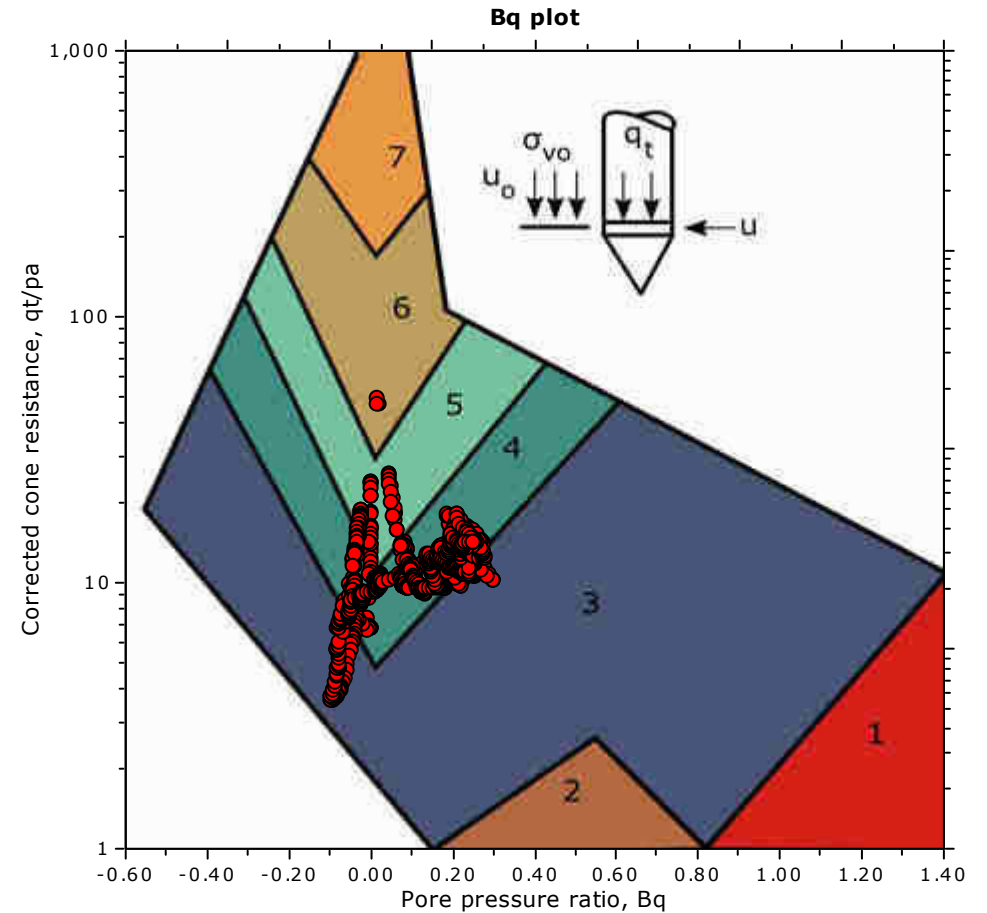
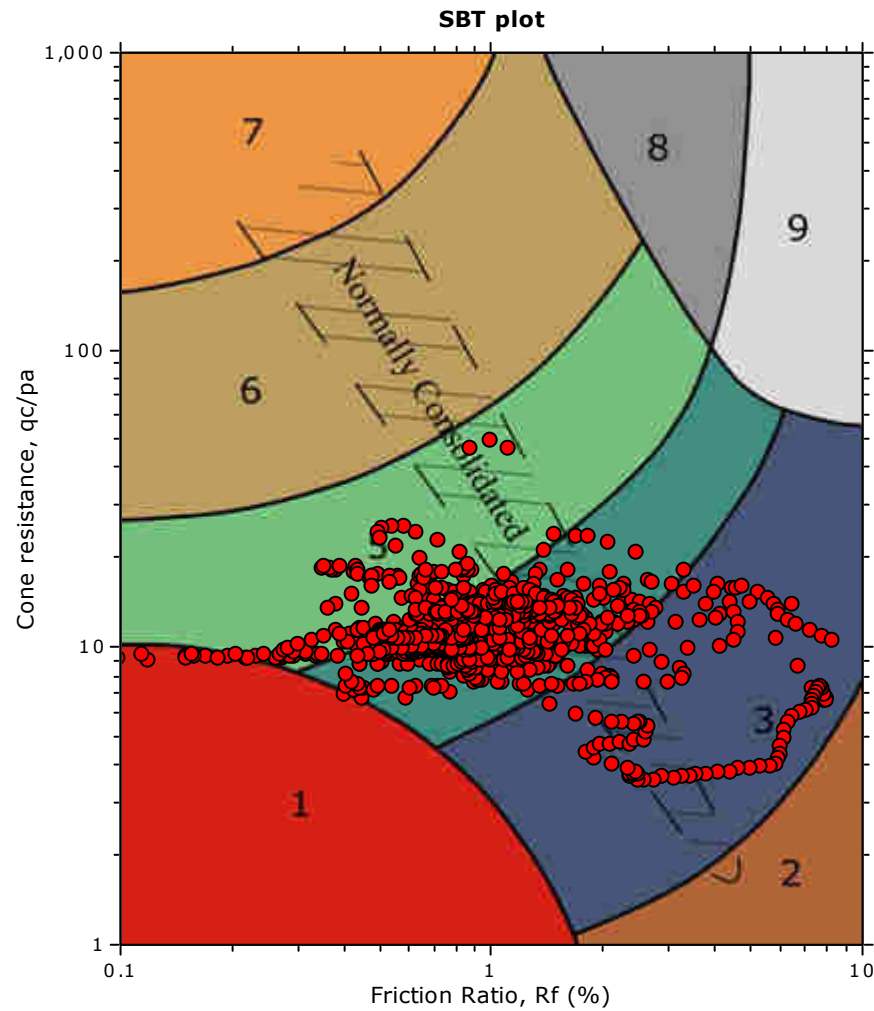
Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:

SBT - Bq plots



SBT legend

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



di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

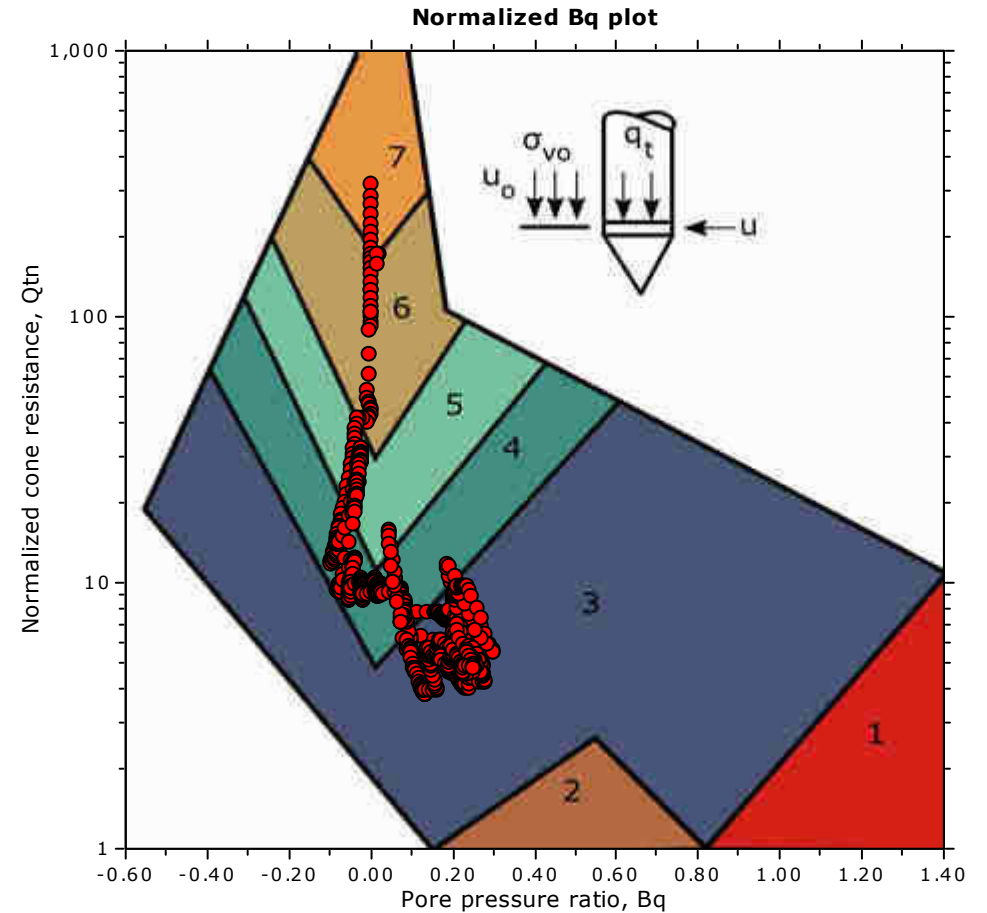
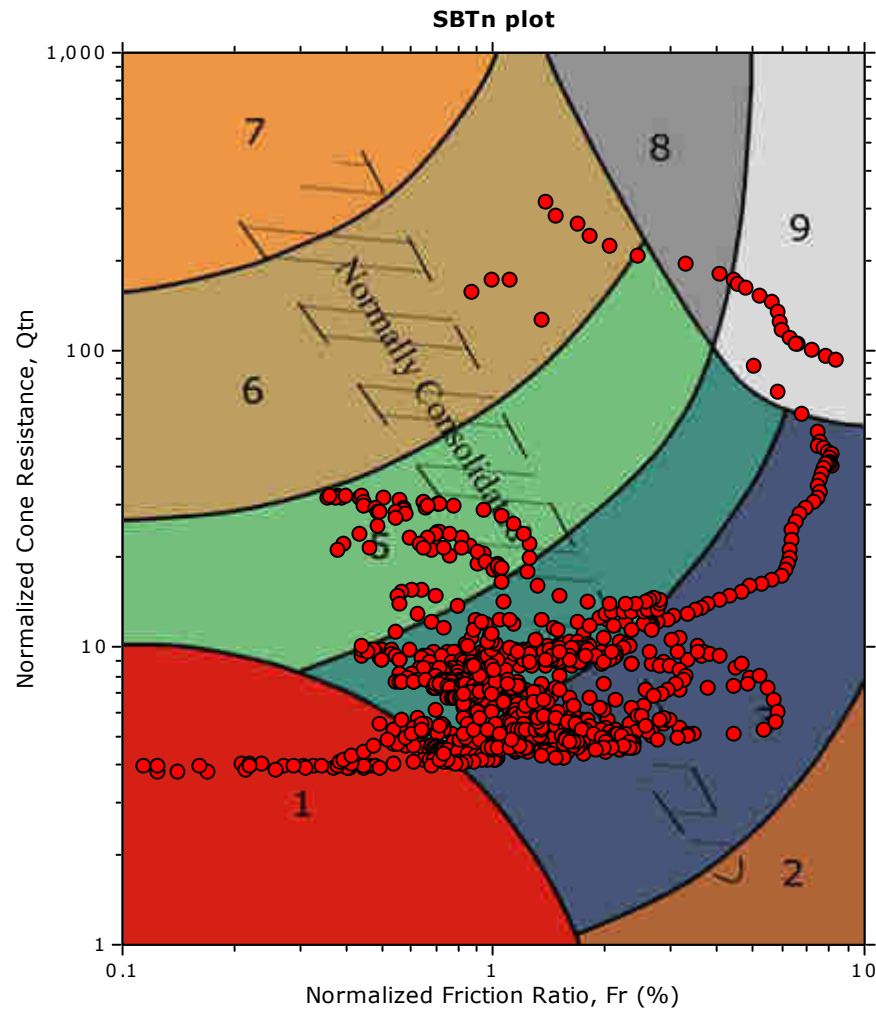
Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:

SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

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



di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

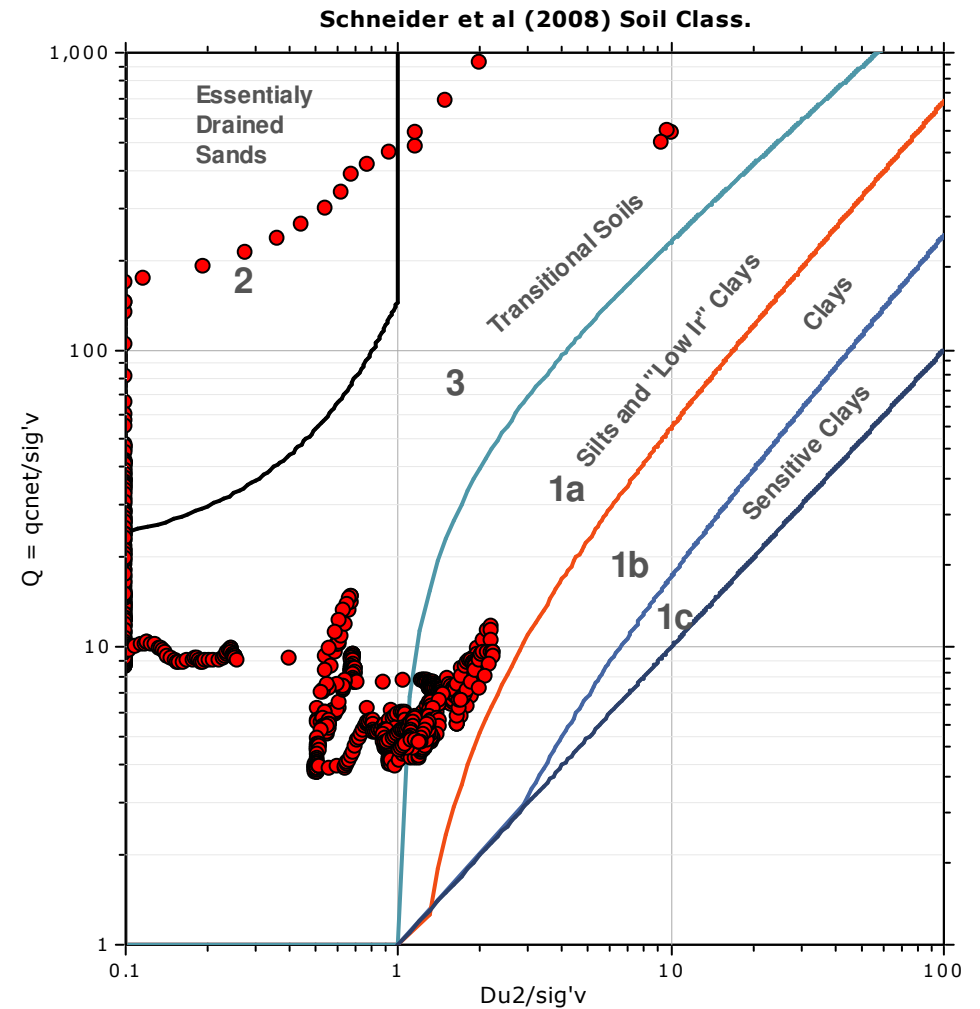
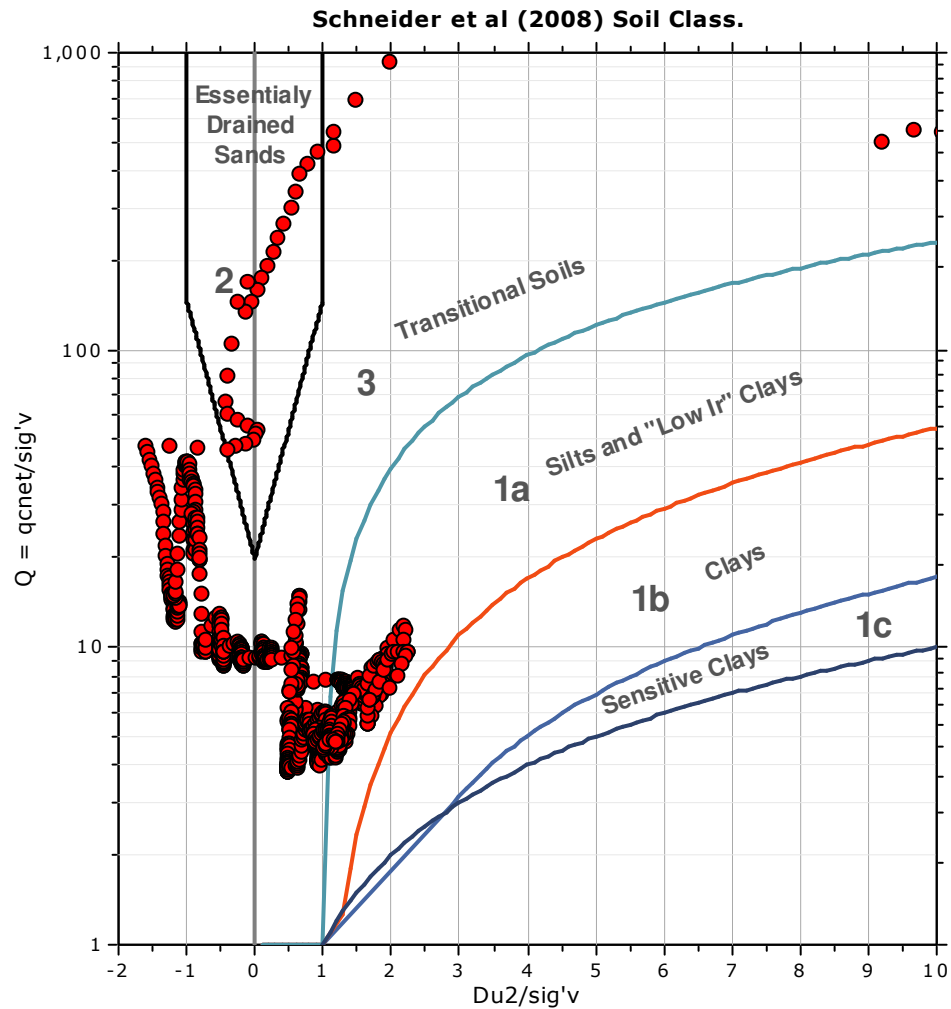
Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:

Bq plots (Schneider)





di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

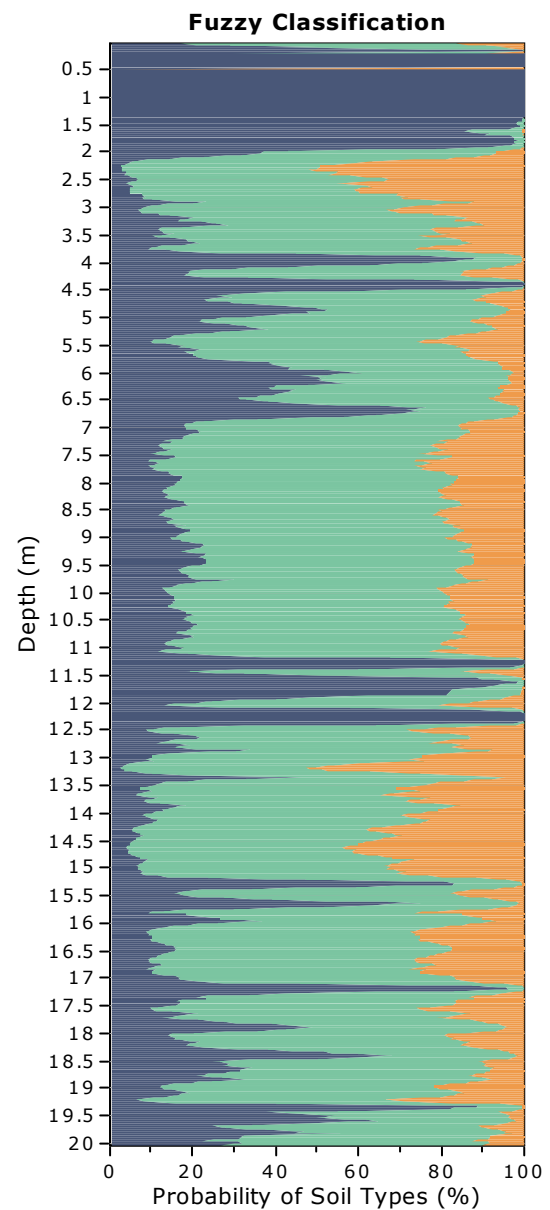
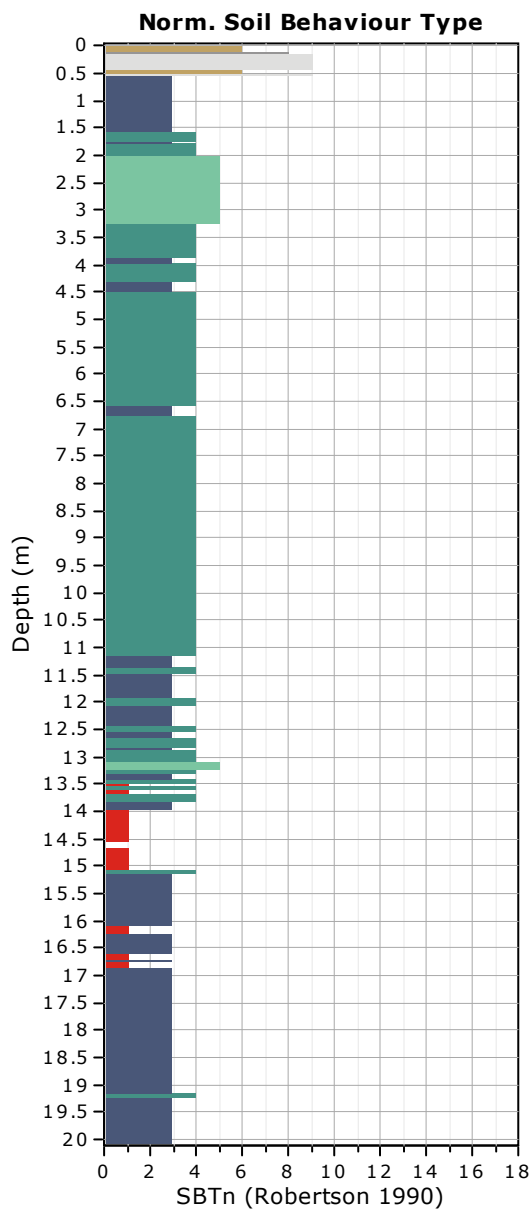
Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G,Lotti

Project:

Location:





di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

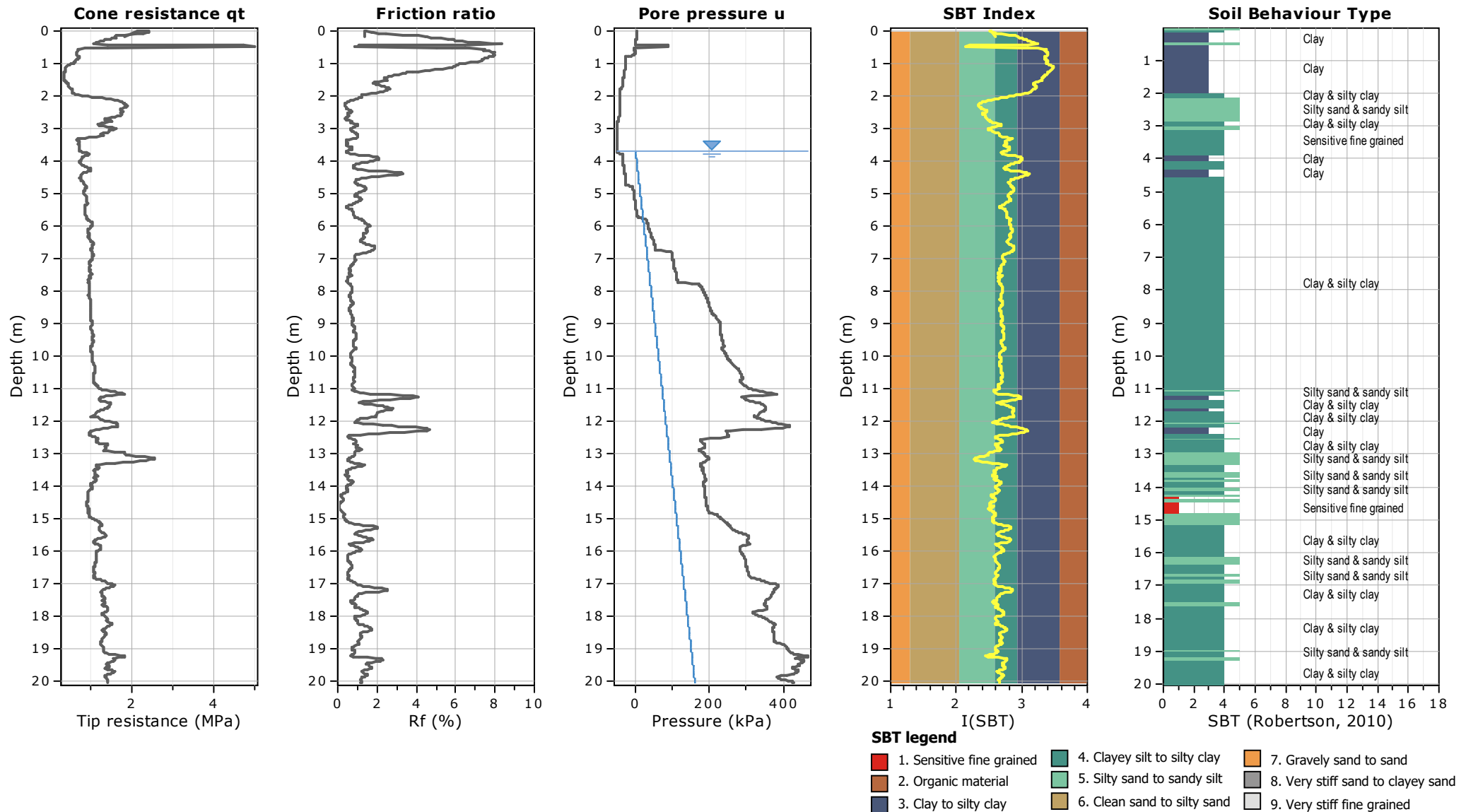
Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:





di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

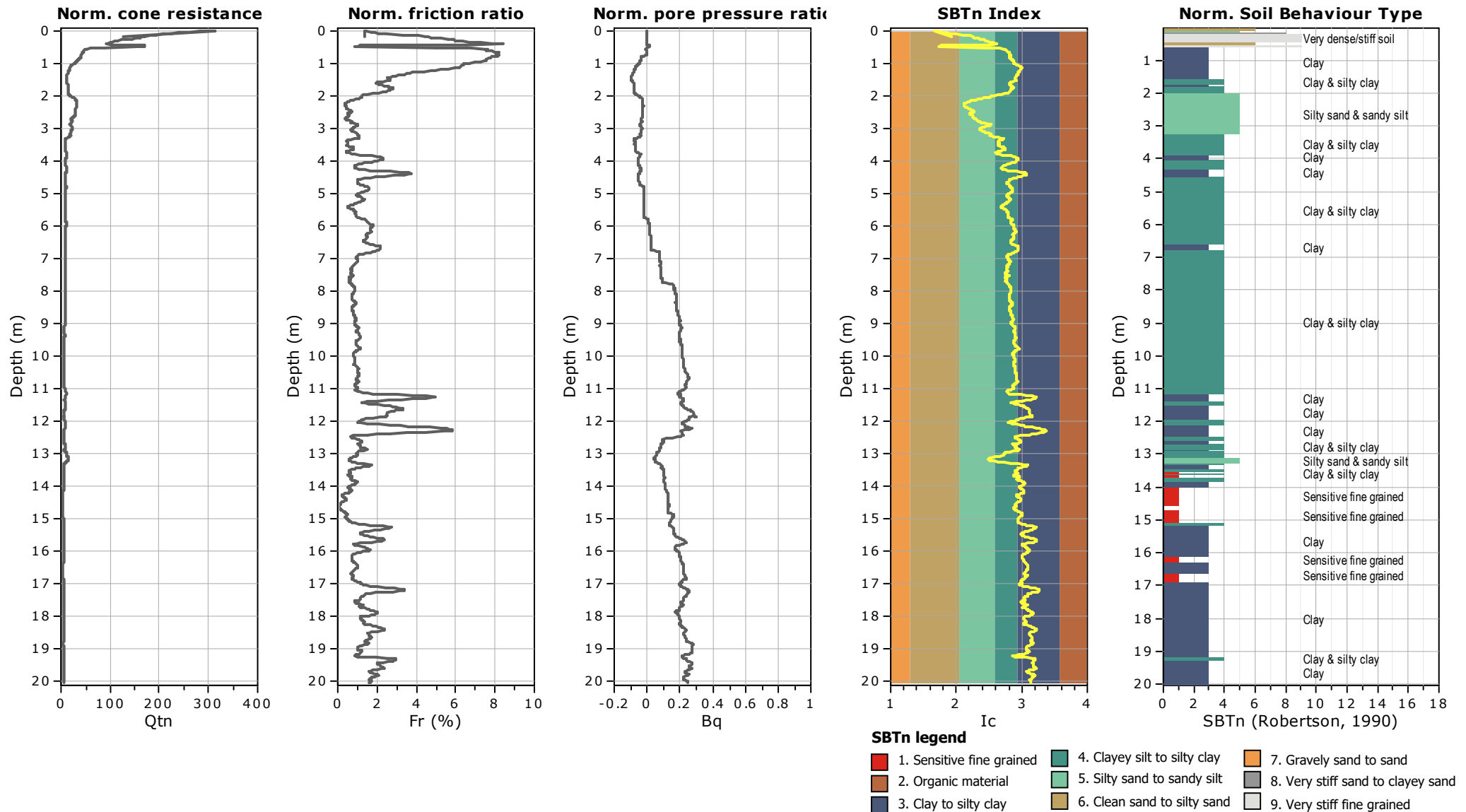
Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:





di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

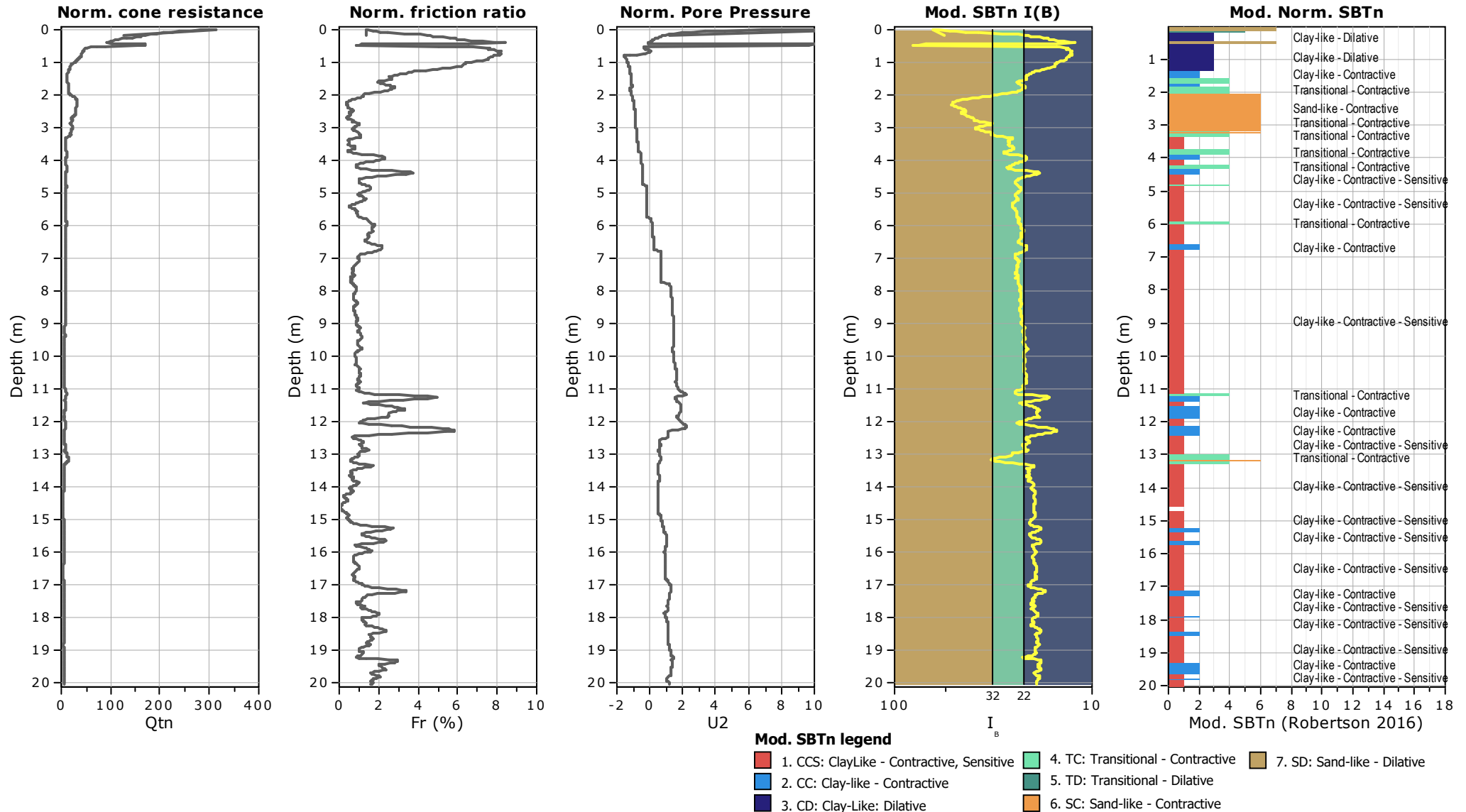
Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:





di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

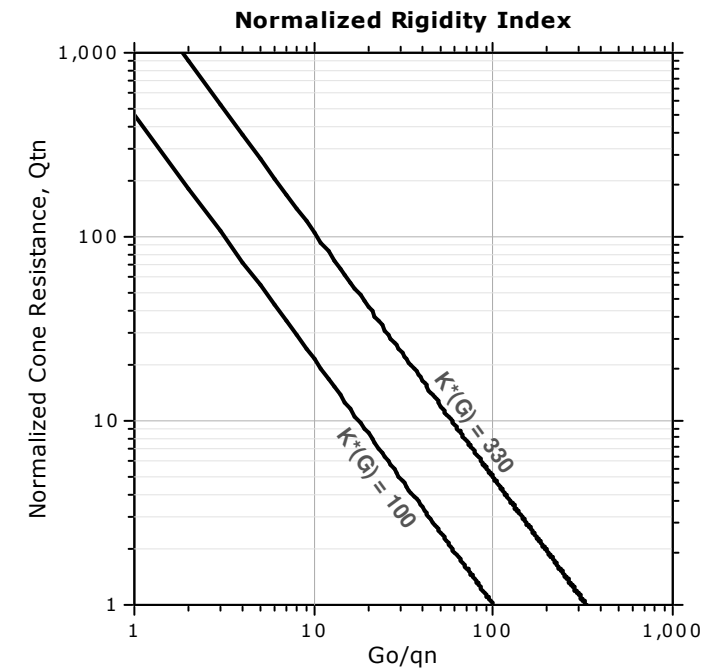
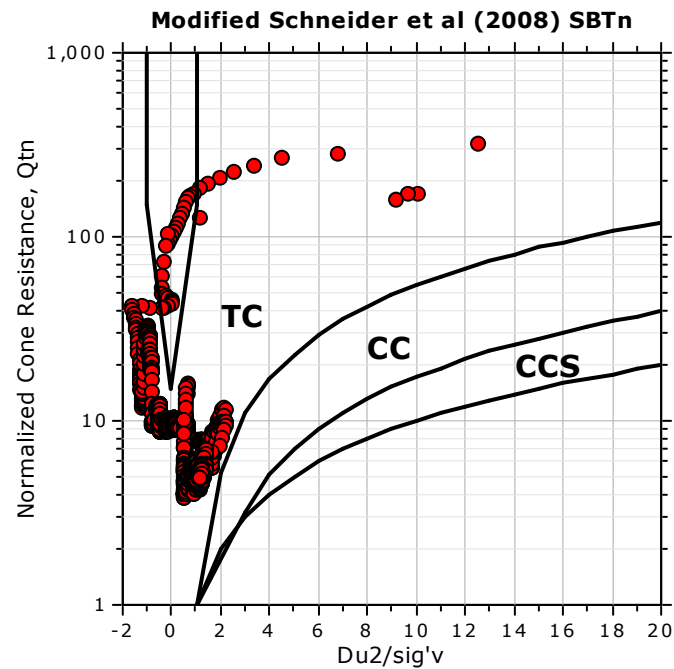
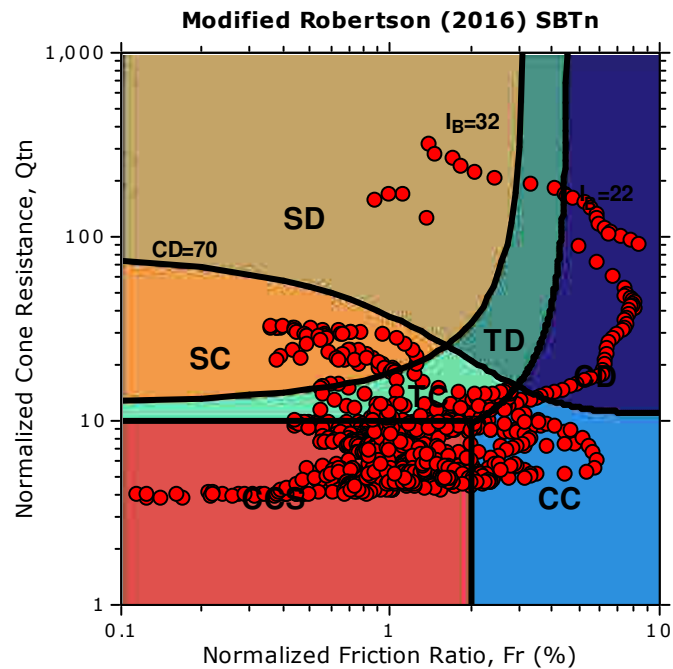
Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:

Updated SBTn plots



CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
CC: Clay-like - Contractive
CD: Clay-like - Dilative
TC: Transitional - Contractive
TD: Transitional - Dilative
SC: Sand-like - Contractive
SD: Sand-like - Dilative

$K(G) > 330$: Soils with significant microstructure
(e.g. age/cementation)



di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

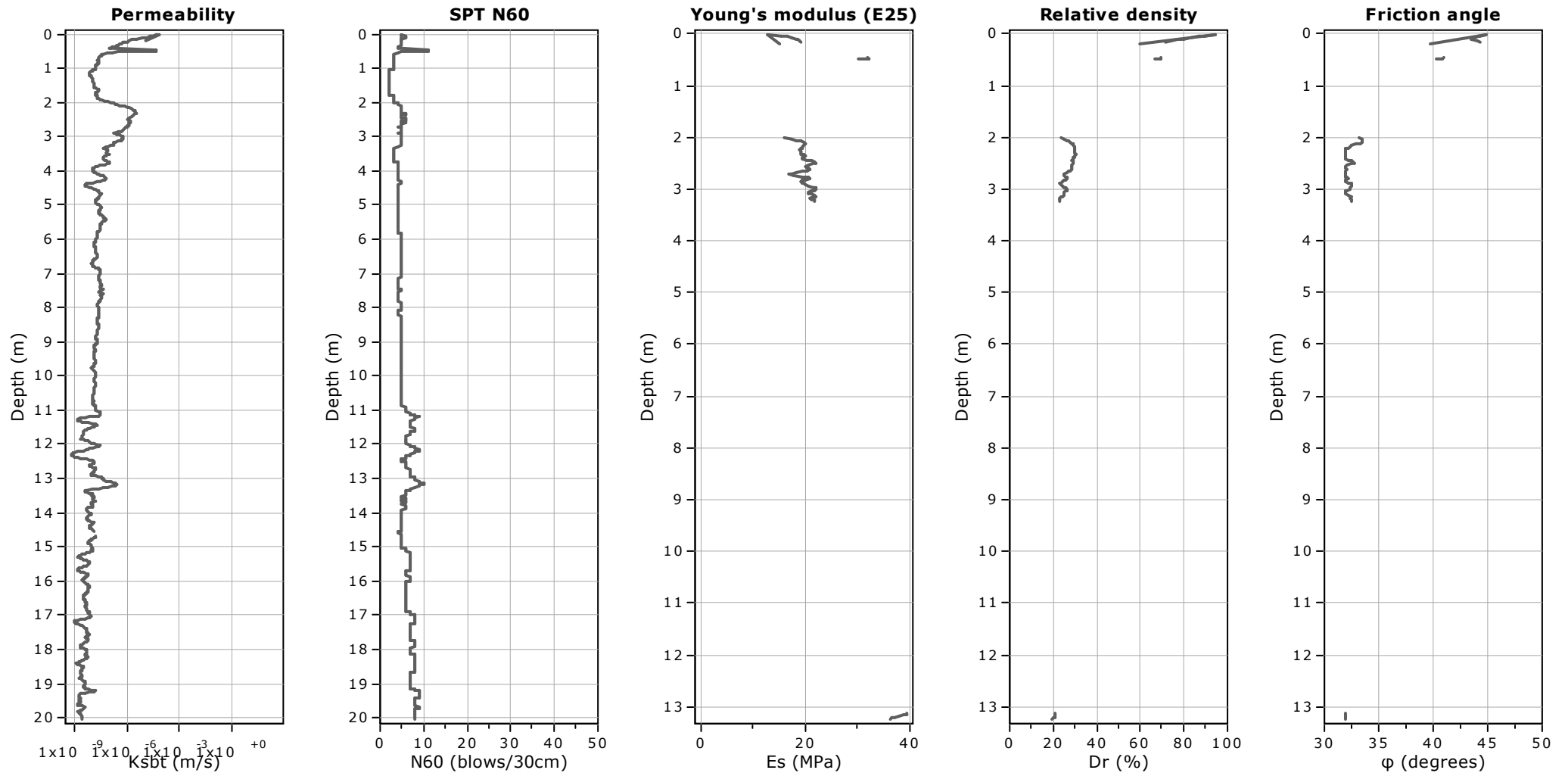
Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

● User defined estimation data



di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

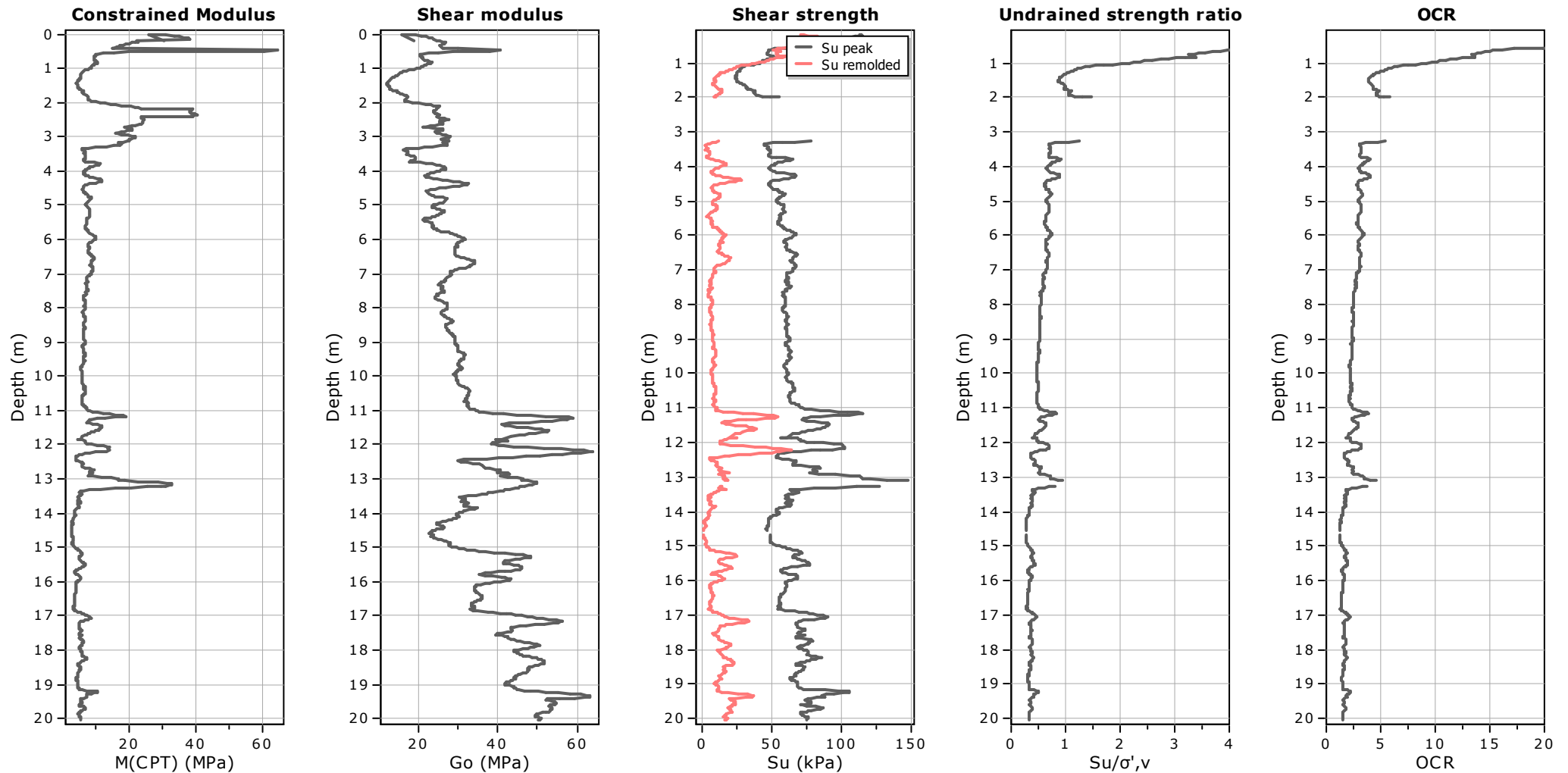
Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

● Flat Dilatometer Test data



di Lotti G. e Giani P.
Via Paolo Maioli 37
56028 San Miniato (Pi)

CPT: jolanda di savoia ferrara

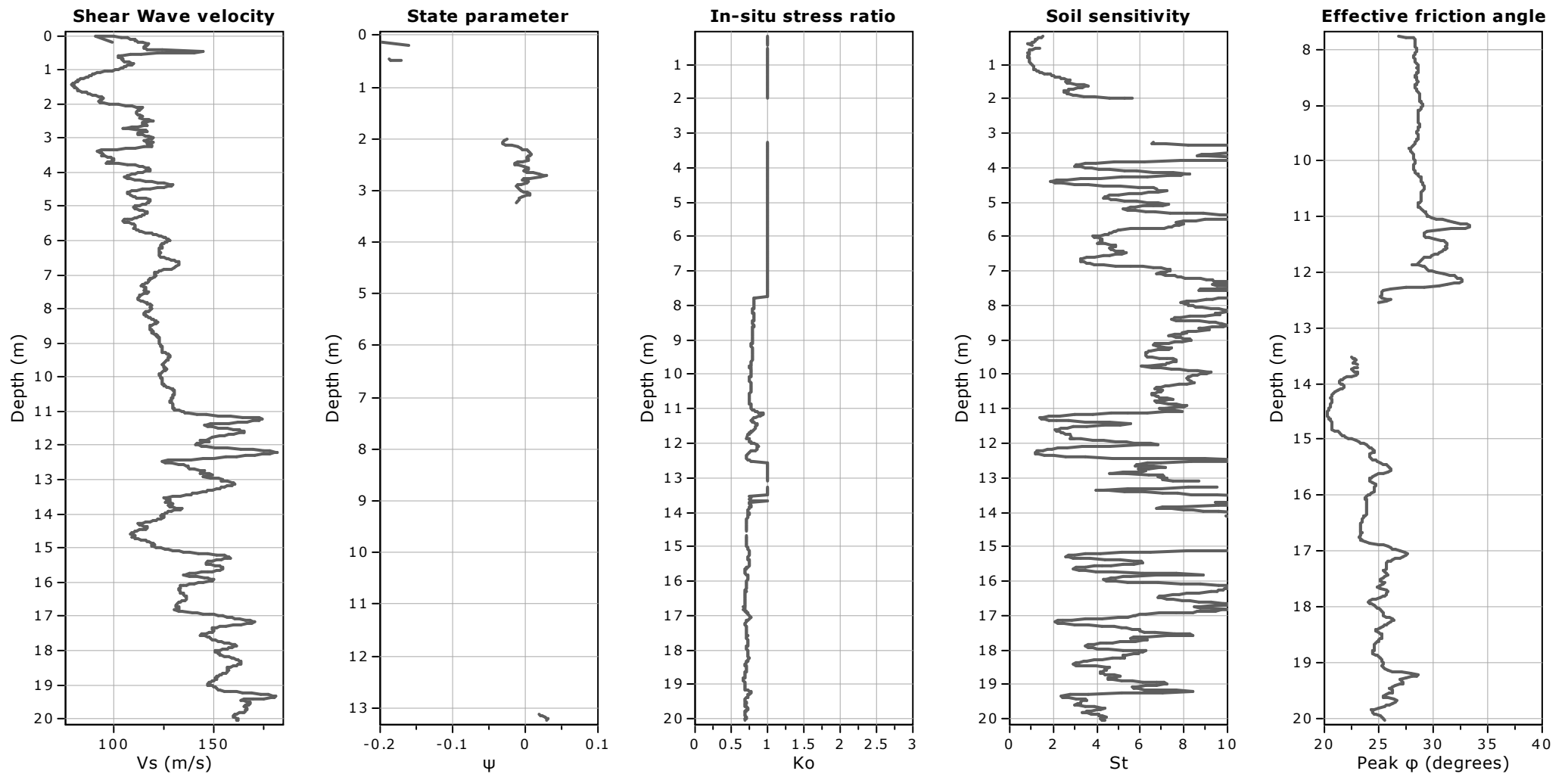
Total depth: 20.04 m, Date: 29/11/2022

Cone Type: G1_CPLSD Tecnopenta

Cone Operator: dott. geol. P.Giani e G.Lotti

Project:

Location:



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Presented below is a list of formulas used for the estimation of various soil properties. The formulas are presented in SI unit system and assume that all components are expressed in the same units.

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

$$g = g_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$$

where g_w = water unit weight

:: Permeability, k (m/s) ::

$$I_c < 3.27 \text{ and } I_c > 1.00 \text{ then } k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}$$

$$I_c \leq 4.00 \text{ and } I_c > 3.27 \text{ then } k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}$$

:: N_{SPT} (blows per 30 cm) ::

$$N_{60} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

$$N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

:: Young's Modulus, E_s (MPa) ::

$$(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

(applicable only to $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: Relative Density, Dr (%) ::

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 5, 6, 7 and 8 or } I_c < I_{c_cutoff}\text{)}$$

:: State Parameter, ψ ::

$$\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,cs})$$

:: Drained Friction Angle, ϕ (°) ::

$$\phi = \phi'_{cv} + 15.94 \cdot \log(Q_{tn,cs}) - 26.88$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8 or $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: 1-D constrained modulus, M (MPa) ::

If $I_c > 2.20$

$\alpha = 14$ for $Q_{tn} > 14$

$\alpha = Q_{tn}$ for $Q_{tn} \leq 14$

$$M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$$

If $I_c \geq 2.20$

$$M_{CPT} = 0.03 \cdot (q_t - \sigma_v) \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Small strain shear Modulus, G_0 (MPa) ::

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Shear Wave Velocity, V_s (m/s) ::

$$V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$$

:: Undrained peak shear strength, S_u (kPa) ::

$$N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r) \text{ or user defined}$$

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Remolded undrained shear strength, $S_u(rem)$ (kPa) ::

$$S_{u(rem)} = f_s \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 1, 2, 3, 4 and 9 or } I_c > I_{c_cutoff}\text{)}$$

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

$$k_{OCR} = \left[\frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{1.25} \text{ or user defined}$$

$$OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{\sin \phi'}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, S_t ::

$$S_t = \frac{N_s}{F_r}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Peak Friction Angle, ϕ' (°) ::

$$\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)

:: Field input data ::						
Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
1	0.02	2.34	30.68	12.92	22.60	17.32
2	0.04	2.46	35.75	13.27	23.23	17.50
3	0.06	2.46	40.44	13.36	24.70	17.59
4	0.08	2.29	46.33	12.92	25.66	17.66
5	0.10	2.38	43.96	13.09	27.64	17.74
6	0.12	2.16	51.31	12.48	30.77	17.83
7	0.14	1.82	61.66	11.95	37.00	17.95
8	0.16	1.53	69.91	11.42	42.08	18.02
9	0.18	1.58	70.32	11.25	44.11	18.07
10	0.20	1.66	73.14	10.81	44.23	18.11
11	0.22	1.58	76.16	10.81	44.78	18.17
12	0.24	1.63	82.45	10.90	47.35	18.21
13	0.26	1.43	84.82	10.72	49.28	18.23
14	0.28	1.40	82.65	10.37	51.06	18.19
15	0.30	1.39	78.42	10.02	52.09	18.14
16	0.32	1.27	78.78	9.76	53.03	18.10
17	0.34	1.25	75.99	9.23	55.18	18.08
18	0.36	1.19	79.21	8.79	56.76	18.09
19	0.38	1.16	82.93	8.35	59.34	18.12
20	0.40	1.10	85.82	7.74	61.88	18.15
21	0.42	1.06	90.01	6.95	64.03	18.18
22	0.44	1.05	91.32	13.60	53.00	18.32
23	0.46	2.13	92.92	15.09	13.33	18.14
24	0.48	10.95	-26.29	280.71	12.00	18.09
25	0.50	1.84	81.77	13.60	11.64	17.87
26	0.52	1.34	68.83	12.72	48.04	18.04
27	0.54	1.12	64.23	11.58	56.43	17.80
28	0.56	0.81	57.45	10.79	63.98	17.63
29	0.58	0.71	54.54	10.43	70.16	17.48
30	0.60	0.71	51.91	10.52	72.10	17.41
31	0.62	0.68	50.60	10.96	71.90	17.38
32	0.64	0.70	51.51	15.09	73.04	17.41
33	0.66	0.69	56.72	15.88	73.67	17.43
34	0.68	0.67	53.38	15.53	74.44	17.44
35	0.70	0.68	53.46	15.09	74.44	17.41
36	0.72	0.67	53.05	14.56	74.45	17.41
37	0.74	0.67	53.24	14.82	74.54	17.41
38	0.76	0.68	53.90	14.21	74.74	17.42
39	0.78	0.67	54.27	13.68	73.19	17.49
40	0.80	0.78	60.41	8.33	71.91	17.53
41	0.82	0.76	57.39	8.24	70.90	17.55
42	0.84	0.73	56.00	8.15	71.31	17.49
43	0.86	0.72	53.50	8.15	71.79	17.44
44	0.88	0.70	51.04	8.15	72.24	17.38
45	0.90	0.67	49.26	8.06	72.86	17.33
46	0.92	0.66	47.93	7.89	73.92	17.28
47	0.94	0.63	46.51	7.71	74.42	17.22
48	0.96	0.62	44.15	7.54	74.38	17.16

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
49	0.98	0.62	41.15	7.19	73.78	17.08
50	1.00	0.60	38.20	7.10	73.61	16.98
51	1.02	0.57	35.63	7.01	74.39	16.89
52	1.04	0.54	33.37	7.01	75.81	16.78
53	1.06	0.50	30.44	6.48	77.44	16.67
54	1.08	0.47	28.33	6.22	78.89	16.55
55	1.10	0.45	26.23	6.05	80.14	16.45
56	1.12	0.43	25.06	5.78	81.41	16.38
57	1.14	0.41	24.19	5.43	82.11	16.31
58	1.16	0.41	22.77	5.25	82.27	16.24
59	1.18	0.40	21.26	5.08	80.87	16.16
60	1.20	0.41	19.80	4.73	79.87	16.08
61	1.22	0.40	18.47	4.64	78.78	15.99
62	1.24	0.39	16.95	4.11	78.60	15.89
63	1.26	0.38	15.80	4.03	77.26	15.79
64	1.28	0.39	14.16	10.67	75.70	15.70
65	1.30	0.39	13.42	10.50	74.34	15.62
66	1.32	0.38	12.86	10.24	74.24	15.55
67	1.34	0.37	12.03	9.62	73.87	15.49
68	1.36	0.38	11.70	9.27	73.16	15.41
69	1.38	0.37	10.55	9.18	71.59	15.34
70	1.40	0.38	9.86	8.74	71.61	15.25
71	1.42	0.35	9.37	8.39	70.60	15.18
72	1.44	0.37	8.79	8.04	70.02	15.13
73	1.46	0.38	8.86	8.04	68.02	15.12
74	1.48	0.39	8.82	7.60	67.84	15.14
75	1.50	0.38	9.10	7.34	68.31	15.17
76	1.52	0.38	9.55	6.90	68.82	15.20
77	1.54	0.39	9.58	6.64	67.84	15.22
78	1.56	0.41	9.43	6.46	66.31	15.21
79	1.58	0.41	8.89	6.37	63.36	15.14
80	1.60	0.44	7.68	5.93	60.74	15.09
81	1.62	0.46	7.89	5.58	58.75	15.09
82	1.64	0.47	8.73	5.23	58.60	15.19
83	1.66	0.48	9.46	5.14	58.28	15.29
84	1.68	0.51	9.94	4.70	59.10	15.37
85	1.70	0.48	10.83	4.53	60.06	15.44
86	1.72	0.48	11.33	4.35	61.36	15.51
87	1.74	0.50	11.96	4.09	61.21	15.57
88	1.76	0.51	12.40	3.83	62.21	15.66
89	1.78	0.49	14.19	3.47	60.75	15.76
90	1.80	0.59	14.63	5.59	59.68	15.83
91	1.82	0.58	14.47	5.50	57.89	15.85
92	1.84	0.56	14.09	5.42	57.99	15.81
93	1.86	0.57	13.50	5.50	57.67	15.77
94	1.88	0.57	12.94	5.59	56.41	15.71
95	1.90	0.58	12.06	5.50	55.31	15.65
96	1.92	0.58	11.34	5.68	53.28	15.57

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
97	1.94	0.61	10.26	5.59	50.57	15.48
98	1.96	0.65	9.26	5.59	46.43	15.40
99	1.98	0.73	8.54	5.77	42.52	15.40
100	2.00	0.82	9.31	5.77	39.31	15.54
101	2.02	0.94	11.41	6.03	36.76	15.75
102	2.04	1.08	13.03	6.12	34.63	15.94
103	2.06	1.17	13.89	6.12	32.48	16.06
104	2.08	1.27	14.03	6.21	30.25	16.13
105	2.10	1.42	14.37	6.03	28.15	16.18
106	2.12	1.52	14.73	6.21	25.97	16.16
107	2.14	1.58	12.14	6.03	23.62	16.03
108	2.16	1.67	9.39	6.29	21.62	15.88
109	2.18	1.72	9.78	6.12	20.03	15.77
110	2.20	1.79	9.01	6.03	19.02	15.70
111	2.22	1.82	7.48	5.94	5.00	15.57
112	2.24	1.83	6.72	5.86	5.00	15.47
113	2.26	1.86	6.90	5.86	5.00	15.45
114	2.28	1.87	7.06	5.68	5.00	15.44
115	2.30	1.87	6.59	5.42	5.00	15.39
116	2.32	1.89	6.05	5.50	5.00	15.42
117	2.34	1.95	7.43	5.42	5.00	15.55
118	2.36	1.89	8.87	5.15	5.00	15.64
119	2.38	1.83	8.11	5.15	5.00	15.61
120	2.40	1.79	6.94	5.24	5.00	15.56
121	2.42	1.72	8.16	4.98	5.00	15.62
122	2.44	1.71	9.38	4.89	20.25	15.80
123	2.46	1.75	11.36	5.15	20.94	15.98
124	2.48	1.80	12.74	5.15	21.20	16.10
125	2.50	1.83	12.99	4.89	21.19	16.12
126	2.52	1.78	11.94	4.98	20.89	16.03
127	2.54	1.73	9.80	4.63	20.09	15.83
128	2.56	1.75	7.75	4.71	5.00	15.65
129	2.58	1.79	7.61	4.89	5.00	15.66
130	2.60	1.77	10.05	4.71	19.62	15.78
131	2.62	1.74	10.41	4.80	20.30	15.82
132	2.64	1.69	8.84	4.54	20.31	15.71
133	2.66	1.63	7.67	4.45	5.00	15.51
134	2.68	1.53	6.43	4.45	5.00	15.29
135	2.70	1.41	5.19	4.36	5.00	15.05
136	2.72	1.32	4.45	4.19	5.00	14.95
137	2.74	1.37	5.24	4.10	5.00	15.20
138	2.76	1.43	8.71	3.92	22.70	15.60
139	2.78	1.66	11.60	-0.11	23.35	15.86
140	2.80	1.55	11.28	-0.11	23.40	15.88
141	2.82	1.44	9.07	-0.03	24.09	15.74
142	2.84	1.38	8.60	-0.20	24.80	15.63
143	2.86	1.32	9.21	-0.47	26.64	15.67
144	2.88	1.20	10.42	-0.47	29.19	15.79

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
145	2.90	1.16	12.32	-0.29	30.85	15.88
146	2.92	1.21	12.21	-0.20	30.16	15.93
147	2.94	1.33	11.46	-0.29	28.06	15.95
148	2.96	1.46	12.21	-0.29	26.04	15.99
149	2.98	1.55	12.34	-0.03	24.54	16.03
150	3.00	1.63	11.96	-0.11	23.33	16.02
151	3.02	1.67	11.40	-0.11	22.59	15.93
152	3.04	1.58	9.59	-0.11	22.59	15.82
153	3.06	1.51	9.25	-0.20	22.98	15.70
154	3.08	1.46	8.78	-0.29	23.53	15.69
155	3.10	1.47	9.50	-0.29	24.47	15.82
156	3.12	1.50	12.73	-0.20	25.32	15.96
157	3.14	1.48	12.75	-0.20	26.50	16.04
158	3.16	1.36	12.10	-0.38	28.16	15.98
159	3.18	1.19	11.92	-0.64	29.67	15.92
160	3.20	1.22	11.69	-0.47	29.99	15.97
161	3.22	1.37	13.59	-0.47	29.25	16.03
162	3.24	1.36	13.25	-0.38	29.80	16.03
163	3.26	1.15	11.83	-0.55	31.66	15.87
164	3.28	0.98	9.76	-0.73	34.38	15.63
165	3.30	0.88	8.29	-0.73	36.81	15.39
166	3.32	0.77	7.15	-0.99	38.48	15.12
167	3.34	0.70	5.41	-0.99	38.95	14.83
168	3.36	0.69	3.99	-1.08	37.32	14.45
169	3.38	0.69	2.68	-0.91	35.47	14.14
170	3.40	0.70	2.57	-0.91	34.33	14.05
171	3.42	0.74	3.20	-0.91	34.07	14.17
172	3.44	0.77	3.54	-0.99	34.33	14.27
173	3.46	0.73	3.34	-1.08	35.08	14.34
174	3.48	0.72	3.84	-1.26	35.35	14.30
175	3.50	0.74	3.25	-1.17	34.57	14.22
176	3.52	0.76	2.60	-1.08	33.66	14.16
177	3.54	0.77	3.26	-1.26	34.06	14.26
178	3.56	0.76	4.05	-1.08	35.76	14.50
179	3.58	0.75	4.95	-1.08	37.08	14.66
180	3.60	0.76	5.13	-1.17	37.96	14.77
181	3.62	0.76	5.47	-1.17	38.52	14.82
182	3.64	0.74	5.56	-1.26	38.87	14.83
183	3.66	0.75	5.36	-1.17	38.72	14.76
184	3.68	0.74	4.53	-1.08	37.37	14.60
185	3.70	0.76	3.49	-0.91	35.91	14.38
186	3.72	0.76	3.06	-0.82	34.19	14.24
187	3.74	0.81	3.13	-0.73	32.86	14.29
188	3.76	0.90	3.76	-0.55	32.41	14.70
189	3.78	1.02	6.83	12.44	32.89	15.06
190	3.80	0.99	7.78	12.97	34.63	15.40
191	3.82	0.97	9.89	13.32	37.52	15.62
192	3.84	0.92	12.35	13.41	40.90	15.83

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
193	3.86	0.87	14.27	13.67	44.02	15.98
194	3.88	0.85	15.44	13.85	46.40	16.07
195	3.90	0.83	16.41	13.85	48.11	16.13
196	3.92	0.81	17.29	14.11	49.17	16.16
197	3.94	0.81	17.00	14.20	49.67	16.16
198	3.96	0.80	16.39	14.20	49.48	16.11
199	3.98	0.79	15.26	14.46	49.17	16.02
200	4.00	0.77	13.55	14.55	48.63	15.92
201	4.02	0.77	12.85	14.81	48.11	15.80
202	4.04	0.75	11.50	14.81	47.25	15.69
203	4.06	0.75	9.99	14.90	46.19	15.55
204	4.08	0.75	8.97	15.25	44.31	15.42
205	4.10	0.79	8.16	15.60	42.81	15.32
206	4.12	0.79	7.64	15.60	40.94	15.22
207	4.14	0.82	6.76	15.95	39.39	15.12
208	4.16	0.84	6.02	16.30	38.08	15.07
209	4.18	0.86	6.58	16.30	37.30	15.11
210	4.20	0.91	7.24	16.66	36.70	15.23
211	4.22	0.97	7.89	17.18	35.85	15.35
212	4.24	1.02	8.50	17.45	35.69	15.50
213	4.26	1.04	10.21	17.97	36.56	15.71
214	4.28	1.05	12.78	18.15	38.66	15.94
215	4.30	1.02	15.62	18.59	41.37	16.17
216	4.32	1.00	18.89	18.94	44.86	16.39
217	4.34	0.96	23.29	19.29	48.77	16.58
218	4.36	0.90	26.94	19.55	52.52	16.70
219	4.38	0.86	27.98	19.55	55.56	16.75
220	4.40	0.82	27.82	19.82	57.20	16.72
221	4.42	0.80	26.25	19.99	57.87	16.65
222	4.44	0.78	24.06	19.99	56.99	16.52
223	4.46	0.77	19.66	20.25	54.83	16.33
224	4.48	0.78	15.83	20.25	52.05	16.09
225	4.50	0.77	12.88	20.61	49.60	15.86
226	4.52	0.76	10.94	20.69	47.63	15.64
227	4.54	0.76	9.07	20.69	45.76	15.45
228	4.56	0.77	7.92	20.78	43.91	15.29
229	4.58	0.78	7.15	21.13	42.61	15.19
230	4.60	0.79	7.04	21.40	42.32	15.17
231	4.62	0.78	7.51	21.48	42.15	15.18
232	4.64	0.80	7.28	21.84	41.52	15.19
233	4.66	0.84	7.08	22.19	40.46	15.20
234	4.68	0.86	7.38	22.36	39.92	15.23
235	4.70	0.86	7.67	22.54	40.46	15.30
236	4.72	0.85	8.55	22.71	41.06	15.38
237	4.74	0.87	9.07	23.15	41.61	15.46
238	4.76	0.87	9.29	23.33	41.83	15.62
239	4.78	0.94	12.18	40.10	42.57	15.75
240	4.80	0.91	12.70	40.54	43.18	15.88

:: Field input data :: (continued)						
Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
241	4.82	0.92	13.17	40.80	43.96	15.90
242	4.84	0.90	13.01	41.33	44.34	15.91
243	4.86	0.89	12.97	41.85	44.70	15.88
244	4.88	0.88	12.54	42.12	44.68	15.85
245	4.90	0.88	11.97	42.29	44.63	15.81
246	4.92	0.87	11.84	42.82	44.53	15.75
247	4.94	0.85	10.89	43.26	44.39	15.68
248	4.96	0.84	9.88	43.52	43.92	15.56
249	4.98	0.83	8.93	43.79	43.01	15.45
250	5.00	0.84	8.05	44.05	42.05	15.35
251	5.02	0.85	7.74	44.31	40.97	15.29
252	5.04	0.87	7.49	44.75	40.37	15.26
253	5.06	0.87	7.42	45.01	39.84	15.26
254	5.08	0.89	7.56	45.28	39.86	15.33
255	5.10	0.92	8.86	45.63	40.03	15.44
256	5.12	0.93	9.54	45.89	40.65	15.55
257	5.14	0.92	10.06	45.98	41.15	15.61
258	5.16	0.93	10.49	46.07	41.59	15.66
259	5.18	0.93	10.69	46.16	42.05	15.70
260	5.20	0.92	11.30	46.33	42.45	15.71
261	5.22	0.91	10.85	46.33	42.34	15.67
262	5.24	0.91	9.52	46.86	41.66	15.59
263	5.26	0.92	9.25	46.86	40.81	15.51
264	5.28	0.92	8.73	47.12	40.11	15.44
265	5.30	0.92	7.87	47.30	38.97	15.34
266	5.32	0.95	7.13	47.65	37.90	15.24
267	5.34	0.94	6.56	47.74	37.26	15.12
268	5.36	0.90	5.80	48.26	37.05	14.99
269	5.38	0.89	5.19	48.61	36.47	14.82
270	5.40	0.89	4.24	48.97	35.64	14.65
271	5.42	0.88	3.81	49.14	34.82	14.52
272	5.44	0.89	3.70	49.32	34.85	14.52
273	5.46	0.89	4.24	49.76	35.71	14.65
274	5.48	0.88	5.26	49.84	37.17	14.86
275	5.50	0.89	6.36	50.20	38.43	15.03
276	5.52	0.89	6.72	50.72	38.82	15.09
277	5.54	0.89	6.27	50.81	39.05	15.12
278	5.56	0.89	6.77	51.07	39.61	15.15
279	5.58	0.87	7.36	51.16	40.24	15.19
280	5.60	0.87	7.06	51.86	40.28	15.17
281	5.62	0.88	6.50	52.30	40.01	15.14
282	5.64	0.87	6.68	52.65	40.06	15.12
283	5.66	0.86	6.84	52.92	40.40	15.16
284	5.68	0.88	7.15	53.53	40.45	15.21
285	5.70	0.90	7.54	54.06	40.17	15.27
286	5.72	0.92	7.79	54.50	40.13	15.31
287	5.74	0.91	7.81	55.11	40.30	15.35
288	5.76	0.92	8.44	55.55	41.39	15.49

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
289	5.78	0.93	10.90	76.10	42.57	15.64
290	5.80	0.92	11.40	76.54	43.55	15.76
291	5.82	0.93	11.71	77.06	43.52	15.81
292	5.84	0.97	12.19	77.68	43.32	15.86
293	5.86	0.98	12.93	78.64	42.83	15.93
294	5.88	1.02	13.40	79.26	42.89	15.99
295	5.90	1.02	14.22	79.87	42.71	16.04
296	5.92	1.04	14.55	80.49	42.69	16.09
297	5.94	1.06	14.80	80.93	43.00	16.14
298	5.96	1.04	16.06	81.19	43.54	16.20
299	5.98	1.05	16.92	81.54	44.54	16.25
300	6.00	1.03	17.33	82.24	44.87	16.26
301	6.02	1.02	16.31	83.12	45.09	16.21
302	6.04	1.00	15.36	83.47	44.55	16.15
303	6.06	1.02	14.64	83.91	44.64	16.10
304	6.08	0.98	14.75	84.09	44.81	16.07
305	6.10	0.96	14.12	84.88	45.53	16.04
306	6.12	0.95	14.03	85.49	45.71	16.00
307	6.14	0.94	13.51	86.11	45.98	16.00
308	6.16	0.94	14.05	86.46	46.40	16.01
309	6.18	0.93	14.44	87.16	46.79	16.04
310	6.20	0.94	14.71	87.60	46.53	16.02
311	6.22	0.95	13.47	88.83	45.50	15.98
312	6.24	0.97	12.52	89.35	44.59	15.91
313	6.26	0.96	12.38	90.06	43.92	15.88
314	6.28	0.98	12.36	90.67	43.90	15.88
315	6.30	0.97	12.32	91.02	44.31	15.89
316	6.32	0.94	12.79	91.55	44.73	15.90
317	6.34	0.96	12.83	92.25	45.12	15.92
318	6.36	0.96	13.04	92.95	44.86	15.92
319	6.38	0.96	12.63	93.39	44.74	15.90
320	6.40	0.96	12.31	94.45	44.24	15.87
321	6.42	0.98	12.11	95.76	43.73	15.86
322	6.44	0.99	12.04	96.55	43.01	15.84
323	6.46	1.00	11.39	97.52	42.48	15.83
324	6.48	1.02	11.75	97.78	42.09	15.85
325	6.50	1.04	12.47	98.22	42.27	15.93
326	6.52	1.05	13.67	98.84	42.43	16.01
327	6.54	1.08	14.43	99.45	42.93	16.09
328	6.56	1.07	15.31	99.80	43.78	16.17
329	6.58	1.05	16.78	99.98	45.24	16.26
330	6.60	1.04	18.26	100.24	46.73	16.34
331	6.62	1.03	19.35	100.68	47.79	16.41
332	6.64	1.03	20.11	101.03	48.42	16.42
333	6.66	1.01	19.21	101.65	48.38	16.43
334	6.68	1.04	19.55	101.91	48.35	16.42
335	6.70	1.03	19.77	102.09	48.30	16.43
336	6.72	1.02	19.32	102.52	48.55	16.40

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
337	6.74	1.00	18.33	102.88	48.37	16.34
338	6.76	1.00	17.29	103.84	47.66	16.31
339	6.78	1.04	17.68	144.58	46.83	16.28
340	6.80	1.03	16.66	145.37	45.89	16.24
341	6.82	1.03	15.20	145.99	44.75	16.13
342	6.84	1.04	13.15	146.78	43.45	16.00
343	6.86	1.03	11.86	147.22	41.74	15.86
344	6.88	1.06	10.46	147.83	40.55	15.75
345	6.90	1.06	9.94	147.74	39.56	15.67
346	6.92	1.06	9.67	147.74	39.33	15.60
347	6.94	1.03	8.79	148.09	39.19	15.54
348	6.96	1.03	8.59	148.27	39.17	15.50
349	6.98	1.03	8.68	148.36	39.20	15.50
350	7.00	1.03	8.79	148.80	39.22	15.51
351	7.02	1.04	8.84	149.06	39.69	15.53
352	7.04	1.01	9.29	149.50	40.23	15.55
353	7.06	1.00	9.31	149.94	40.96	15.55
354	7.08	0.98	8.97	149.94	41.33	15.52
355	7.10	0.96	8.70	150.02	41.49	15.46
356	7.12	0.95	8.14	150.29	41.21	15.41
357	7.14	0.97	7.89	150.73	40.75	15.35
358	7.16	0.96	7.49	150.99	40.46	15.33
359	7.18	0.96	7.62	151.08	40.42	15.31
360	7.20	0.96	7.46	151.43	39.91	15.30
361	7.22	1.00	7.26	152.13	39.01	15.23
362	7.24	0.99	6.20	152.57	38.64	15.19
363	7.26	0.97	6.79	152.48	38.78	15.13
364	7.28	0.95	6.31	152.66	38.99	15.09
365	7.30	0.95	5.64	152.92	38.56	15.00
366	7.32	0.95	5.37	153.71	37.99	14.95
367	7.34	0.97	5.55	154.24	37.86	14.99
368	7.36	0.99	6.18	154.77	37.97	15.06
369	7.38	0.99	6.43	155.73	38.64	15.13
370	7.40	0.96	6.70	156.26	38.76	15.13
371	7.42	0.98	6.15	157.14	38.66	15.10
372	7.44	0.98	5.91	157.66	37.75	15.03
373	7.46	1.00	5.61	158.63	36.90	14.99
374	7.48	1.03	5.39	159.16	37.00	15.03
375	7.50	1.00	6.47	158.89	38.00	15.13
376	7.52	0.98	7.28	158.63	39.49	15.22
377	7.54	0.96	6.99	158.37	39.88	15.18
378	7.56	0.95	6.02	158.54	38.65	15.04
379	7.58	0.99	4.82	159.24	37.28	14.87
380	7.60	0.98	4.60	159.60	36.67	14.80
381	7.62	0.96	5.00	159.68	37.57	14.83
382	7.64	0.93	5.28	159.86	38.41	14.86
383	7.66	0.93	5.10	160.30	38.55	14.82
384	7.68	0.93	4.58	160.91	37.82	14.75

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
385	7.70	0.95	4.31	161.79	37.46	14.71
386	7.72	0.94	4.60	162.40	37.61	14.73
387	7.74	0.93	4.80	163.63	37.84	14.74
388	7.76	0.94	4.49	164.25	38.21	14.84
389	7.78	0.96	5.84	218.95	38.60	14.94
390	7.80	0.95	6.16	219.83	39.29	15.07
391	7.82	0.95	6.30	221.14	39.61	15.10
392	7.84	0.96	6.45	222.81	39.93	15.14
393	7.86	0.95	6.79	223.69	40.44	15.20
394	7.88	0.95	7.38	224.92	40.92	15.26
395	7.90	0.96	7.45	226.32	41.24	15.29
396	7.92	0.95	7.47	227.03	41.25	15.28
397	7.94	0.94	7.08	228.26	41.27	15.26
398	7.96	0.95	7.17	229.40	41.15	15.24
399	7.98	0.95	7.13	230.19	40.89	15.25
400	8.00	0.97	7.20	231.24	40.67	15.24
401	8.02	0.96	6.88	232.29	40.60	15.23
402	8.04	0.95	6.90	233.00	40.60	15.19
403	8.06	0.95	6.65	234.31	40.51	15.15
404	8.08	0.94	6.11	234.93	40.27	15.08
405	8.10	0.93	5.87	235.54	40.32	15.02
406	8.12	0.91	5.75	236.51	40.17	14.98
407	8.14	0.93	5.53	237.47	40.10	14.95
408	8.16	0.92	5.44	238.26	39.94	14.96
409	8.18	0.93	5.84	239.23	40.10	14.98
410	8.20	0.93	5.80	240.02	40.39	15.03
411	8.22	0.93	6.18	240.28	40.39	15.06
412	8.24	0.95	6.25	241.16	40.07	15.08
413	8.26	0.97	6.02	242.39	39.53	15.08
414	8.28	0.98	6.18	243.18	39.65	15.11
415	8.30	0.96	6.68	243.53	40.25	15.17
416	8.32	0.96	6.99	243.97	41.07	15.27
417	8.34	0.98	7.94	244.24	41.40	15.33
418	8.36	0.98	7.89	245.03	41.51	15.38
419	8.38	0.99	8.01	245.73	41.71	15.39
420	8.40	0.97	8.07	246.08	42.07	15.40
421	8.42	0.96	8.12	246.34	42.05	15.35
422	8.44	0.96	7.04	246.34	41.65	15.28
423	8.46	0.96	6.81	246.69	40.93	15.19
424	8.48	0.96	6.45	247.13	40.38	15.13
425	8.50	0.97	6.04	248.19	40.11	15.10
426	8.52	0.96	6.18	249.15	39.75	15.08
427	8.54	0.98	6.11	249.68	39.67	15.08
428	8.56	0.98	6.04	250.64	39.20	15.06
429	8.58	0.99	5.82	251.44	39.17	15.07
430	8.60	0.99	6.22	251.79	39.48	15.09
431	8.62	0.97	6.40	252.40	40.08	15.13
432	8.64	0.97	6.56	252.75	40.82	15.16

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
433	8.66	0.95	6.79	253.63	41.15	15.18
434	8.68	0.96	6.81	255.21	41.15	15.18
435	8.70	0.97	6.49	256.18	40.77	15.16
436	8.72	0.97	6.43	257.23	40.63	15.14
437	8.74	0.96	6.45	257.93	41.23	15.23
438	8.76	0.98	7.99	263.29	41.45	15.28
439	8.78	0.99	7.40	264.25	41.76	15.33
440	8.80	0.97	7.40	265.39	41.56	15.30
441	8.82	0.98	7.44	266.18	41.97	15.34
442	8.84	0.98	8.03	267.32	42.27	15.38
443	8.86	0.98	8.32	268.64	42.66	15.42
444	8.88	0.98	8.32	269.51	42.81	15.42
445	8.90	0.97	8.03	270.83	42.63	15.40
446	8.92	0.98	7.83	271.79	42.25	15.37
447	8.94	0.99	7.62	273.20	41.77	15.35
448	8.96	1.00	7.65	274.25	41.47	15.34
449	8.98	1.00	7.60	275.91	40.99	15.33
450	9.00	1.02	7.22	276.62	40.77	15.33
451	9.02	1.02	7.58	277.05	40.92	15.34
452	9.04	1.00	7.87	277.41	41.58	15.37
453	9.06	0.99	7.94	277.58	42.21	15.40
454	9.08	0.99	8.19	277.14	42.90	15.43
455	9.10	0.97	8.62	276.62	43.76	15.46
456	9.12	0.95	8.77	277.05	44.47	15.49
457	9.14	0.96	8.95	277.84	44.58	15.50
458	9.16	0.97	8.82	278.37	44.52	15.51
459	9.18	0.96	8.84	278.37	44.11	15.49
460	9.20	0.98	8.46	278.46	43.85	15.48
461	9.22	0.99	8.68	278.72	43.05	15.45
462	9.24	1.00	7.96	278.55	42.67	15.43
463	9.26	1.00	8.01	277.93	42.77	15.45
464	9.28	1.00	9.11	275.91	43.47	15.52
465	9.30	1.00	9.61	277.32	44.12	15.59
466	9.32	1.00	9.61	278.19	43.99	15.62
467	9.34	1.03	9.63	279.25	43.79	15.63
468	9.36	1.03	9.92	279.95	43.67	15.66
469	9.38	1.03	10.15	280.30	43.85	15.67
470	9.40	1.03	10.03	280.04	44.09	15.67
471	9.42	1.01	9.83	279.86	44.28	15.64
472	9.44	1.00	9.63	279.86	44.49	15.63
473	9.46	1.01	9.85	280.12	44.54	15.63
474	9.48	1.01	9.87	280.91	44.46	15.62
475	9.50	1.00	9.33	281.35	44.14	15.59
476	9.52	1.01	8.93	282.32	43.56	15.53
477	9.54	1.02	8.59	283.11	42.83	15.49
478	9.56	1.03	8.27	283.90	42.39	15.45
479	9.58	1.02	8.05	284.60	42.31	15.43
480	9.60	1.01	8.05	285.39	42.55	15.41

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
481	9.62	1.00	7.96	286.09	42.86	15.40
482	9.64	0.99	7.89	286.26	43.15	15.40
483	9.66	0.99	8.11	286.44	43.51	15.42
484	9.68	0.99	8.45	286.53	43.69	15.43
485	9.70	0.99	8.23	287.14	43.91	15.44
486	9.72	0.98	8.29	287.14	44.27	15.45
487	9.74	0.97	8.63	286.88	45.71	15.52
488	9.76	0.94	10.10	279.86	46.42	15.58
489	9.78	0.97	9.61	281.35	46.65	15.58
490	9.80	0.96	8.77	282.76	45.66	15.51
491	9.82	0.96	8.21	284.33	44.97	15.43
492	9.84	0.97	7.89	285.74	44.03	15.37
493	9.86	0.99	7.40	287.32	43.46	15.33
494	9.88	0.98	7.40	288.54	42.85	15.29
495	9.90	0.99	6.99	289.25	42.27	15.23
496	9.92	1.00	6.34	290.56	41.65	15.18
497	9.94	1.00	6.50	291.26	41.50	15.16
498	9.96	0.99	6.61	292.31	41.74	15.19
499	9.98	1.00	6.81	293.19	41.88	15.22
500	10.00	1.01	6.99	294.16	41.84	15.24
501	10.02	1.01	6.95	294.95	42.00	15.25
502	10.04	1.00	7.10	295.47	42.31	15.27
503	10.06	1.00	7.37	296.26	42.81	15.28
504	10.08	0.98	7.22	297.05	43.10	15.28
505	10.10	0.98	7.17	298.89	43.20	15.28
506	10.12	0.99	7.26	300.03	43.31	15.29
507	10.14	0.98	7.42	301.44	43.08	15.29
508	10.16	1.00	7.13	302.49	43.06	15.28
509	10.18	0.99	7.15	303.45	42.84	15.27
510	10.20	0.99	7.15	304.68	42.80	15.28
511	10.22	1.01	7.24	306.52	42.47	15.30
512	10.24	1.03	7.40	309.42	42.13	15.31
513	10.26	1.03	7.37	311.26	41.87	15.32
514	10.28	1.04	7.37	312.66	42.17	15.38
515	10.30	1.05	8.57	314.59	42.29	15.45
516	10.32	1.07	8.68	316.26	42.87	15.53
517	10.34	1.05	9.04	317.84	43.09	15.55
518	10.36	1.05	9.09	319.68	43.62	15.58
519	10.38	1.05	9.42	321.43	43.82	15.61
520	10.40	1.06	9.81	323.89	43.97	15.64
521	10.42	1.06	9.74	325.90	43.73	15.64
522	10.44	1.07	9.31	327.57	43.53	15.63
523	10.46	1.07	9.52	328.89	43.15	15.61
524	10.48	1.08	9.24	329.94	43.15	15.61
525	10.50	1.07	9.24	330.73	43.38	15.60
526	10.52	1.05	9.47	331.69	44.01	15.60
527	10.54	1.03	9.33	332.39	44.61	15.61
528	10.56	1.03	9.54	333.27	44.99	15.60

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
529	10.58	1.02	9.45	334.06	45.08	15.60
530	10.60	1.02	9.18	334.76	45.06	15.58
531	10.62	1.02	9.11	335.64	44.89	15.56
532	10.64	1.02	8.95	336.25	44.92	15.54
533	10.66	1.01	8.88	337.22	44.83	15.53
534	10.68	1.02	8.82	338.71	44.81	15.51
535	10.70	1.01	8.54	339.85	44.38	15.48
536	10.72	1.02	8.05	340.20	43.95	15.44
537	10.74	1.03	7.98	340.29	44.10	15.48
538	10.76	1.03	9.32	327.75	44.46	15.52
539	10.78	1.03	9.07	329.68	45.14	15.58
540	10.80	1.02	9.27	331.52	45.13	15.56
541	10.82	1.02	8.93	333.62	44.75	15.54
542	10.84	1.05	8.66	335.46	43.73	15.51
543	10.86	1.08	8.41	337.74	42.67	15.49
544	10.88	1.09	8.19	340.02	41.97	15.49
545	10.90	1.11	8.46	342.57	41.46	15.48
546	10.92	1.12	8.14	344.93	41.32	15.49
547	10.94	1.11	8.32	347.04	41.42	15.51
548	10.96	1.12	8.93	349.14	42.02	15.58
549	10.98	1.12	9.65	351.42	42.46	15.66
550	11.00	1.14	10.33	354.49	42.44	15.73
551	11.02	1.18	10.58	359.41	41.43	15.74
552	11.04	1.22	9.61	365.46	39.64	15.75
553	11.06	1.32	9.99	373.44	37.75	15.82
554	11.08	1.45	11.82	382.73	37.33	16.04
555	11.10	1.49	15.49	391.85	37.32	16.29
556	11.12	1.60	18.22	402.82	37.91	16.57
557	11.14	1.71	23.16	417.20	38.30	16.84
558	11.16	1.80	29.11	427.55	40.18	17.12
559	11.18	1.75	36.82	432.46	43.87	17.38
560	11.20	1.62	46.45	427.90	49.10	17.56
561	11.22	1.46	51.14	419.92	55.04	17.67
562	11.24	1.33	54.66	332.39	60.28	17.70
563	11.26	1.23	54.84	333.71	63.95	17.68
564	11.28	1.19	52.67	337.74	64.69	17.60
565	11.30	1.19	45.50	341.95	63.41	17.47
566	11.32	1.17	38.67	345.29	60.84	17.28
567	11.34	1.16	31.86	347.74	58.12	17.06
568	11.36	1.16	26.04	350.81	54.68	16.82
569	11.38	1.18	20.49	354.76	50.07	16.58
570	11.40	1.28	16.43	363.53	44.98	16.37
571	11.42	1.39	14.31	374.49	41.62	16.27
572	11.44	1.41	15.30	380.10	40.69	16.31
573	11.46	1.43	17.74	383.79	41.66	16.45
574	11.48	1.43	19.92	387.47	43.41	16.63
575	11.50	1.43	24.34	391.33	46.31	16.85
576	11.52	1.39	31.08	394.05	49.13	17.04

:: Field input data :: (continued)						
Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
577	11.54	1.38	33.63	397.82	51.15	17.16
578	11.56	1.39	34.51	399.84	52.03	17.21
579	11.58	1.38	36.06	399.05	53.22	17.27
580	11.60	1.34	38.70	400.71	54.97	17.30
581	11.62	1.29	39.13	401.24	56.42	17.30
582	11.64	1.26	36.81	400.45	57.05	17.23
583	11.66	1.21	32.68	399.57	56.94	17.11
584	11.68	1.18	29.86	398.08	57.01	17.01
585	11.70	1.15	29.00	392.91	56.92	16.93
586	11.72	1.14	27.04	393.70	56.68	16.83
587	11.74	1.11	23.68	394.13	57.18	16.67
588	11.86	0.97	19.38	368.88	58.27	16.51
589	11.86	0.96	19.26	368.70	59.53	16.41
590	11.86	0.96	19.26	368.70	59.65	16.40
591	11.86	0.96	19.26	368.70	59.65	16.40
592	11.85	0.96	19.26	368.70	58.98	16.52
593	11.86	1.09	24.63	369.75	56.66	16.55
594	11.88	1.13	19.87	374.40	53.79	16.54
595	11.90	1.15	17.71	378.17	51.03	16.38
596	11.92	1.14	15.84	381.86	49.33	16.25
597	11.94	1.15	14.26	383.26	47.82	16.12
598	11.96	1.16	12.70	386.51	46.29	16.05
599	11.98	1.20	12.86	391.68	44.89	16.02
600	12.00	1.25	13.09	397.03	42.83	16.06
601	12.02	1.38	13.06	410.10	40.38	16.10
602	12.04	1.49	13.29	420.97	38.28	16.17
603	12.06	1.57	14.69	427.72	38.66	16.39
604	12.08	1.59	21.11	427.99	41.36	16.72
605	12.10	1.56	29.14	443.60	45.42	17.07
606	12.12	1.56	38.25	457.02	49.00	17.36
607	12.14	1.58	45.65	464.21	51.61	17.56
608	12.16	1.58	51.17	466.93	53.81	17.71
609	12.18	1.55	56.47	463.51	56.78	17.82
610	12.20	1.46	62.74	456.75	60.43	17.88
611	12.22	1.35	63.89	444.21	64.62	17.88
612	12.24	1.22	60.59	430.62	67.80	17.81
613	12.26	1.16	55.63	404.66	70.75	17.71
614	12.28	1.08	53.20	324.94	73.37	17.61
615	12.30	1.00	49.86	290.47	75.39	17.47
616	12.32	0.96	41.74	294.95	75.29	17.30
617	12.34	0.94	34.26	294.95	72.04	17.04
618	12.36	0.95	25.71	296.35	67.88	16.76
619	12.38	0.94	19.55	297.14	63.40	16.45
620	12.40	0.94	15.76	297.58	59.21	16.13
621	12.42	0.94	10.60	297.58	55.06	15.75
622	12.44	0.92	6.79	297.66	50.66	15.33
623	12.46	0.94	5.70	298.63	47.20	15.04
624	12.48	0.99	5.32	300.65	44.37	14.94

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
625	12.50	1.06	5.00	301.00	42.50	14.99
626	12.52	1.12	6.13	296.09	42.25	15.19
627	12.54	1.16	8.23	235.19	43.45	15.44
628	12.56	1.15	9.42	222.55	45.33	15.65
629	12.58	1.14	10.89	223.60	46.88	15.74
630	12.60	1.11	10.69	224.66	47.98	15.79
631	12.62	1.11	11.05	225.36	48.46	15.80
632	12.64	1.11	11.12	226.06	48.30	15.82
633	12.66	1.14	11.18	227.11	47.16	15.79
634	12.68	1.18	10.15	229.92	45.11	15.78
635	12.70	1.27	10.35	232.47	42.28	15.82
636	12.72	1.43	11.41	235.54	41.26	15.97
637	12.74	1.42	13.80	235.19	41.76	16.09
638	12.76	1.34	14.10	234.23	43.51	16.10
639	12.78	1.27	12.38	232.56	43.91	16.05
640	12.80	1.33	12.14	234.14	43.31	16.02
641	12.82	1.38	13.26	234.93	43.36	16.09
642	12.84	1.33	14.37	232.73	44.85	16.28
643	12.86	1.38	19.19	222.02	46.58	16.36
644	12.88	1.30	16.78	220.35	47.48	16.34
645	12.90	1.24	14.07	219.65	45.99	16.16
646	12.92	1.34	12.00	223.43	42.42	16.06
647	12.94	1.55	12.52	227.11	38.62	16.15
648	12.96	1.76	15.58	231.42	36.46	16.30
649	12.98	1.81	16.35	232.03	35.82	16.42
650	13.00	1.80	16.58	232.91	35.37	16.41
651	13.02	1.82	15.04	234.40	35.16	16.37
652	13.04	1.79	14.68	233.79	35.00	16.39
653	13.06	1.85	17.12	236.68	34.37	16.49
654	13.08	2.06	18.54	240.81	32.04	16.55
655	13.10	2.30	16.13	244.41	28.98	16.55
656	13.12	2.48	15.43	247.22	26.63	16.50
657	13.14	2.54	15.38	247.22	25.45	16.46
658	13.16	2.55	14.12	246.69	24.87	16.38
659	13.18	2.50	12.38	245.03	24.66	16.29
660	13.20	2.44	12.27	243.53	25.09	16.21
661	13.22	2.31	12.00	240.72	26.01	16.16
662	13.24	2.18	11.19	238.53	27.97	16.17
663	13.26	2.00	13.33	234.84	30.93	16.21
664	13.28	1.78	14.61	230.98	34.67	16.20
665	13.30	1.53	12.09	227.55	39.25	16.15
666	13.32	1.33	13.58	224.74	45.43	16.19
667	13.34	1.16	17.72	222.55	51.26	16.26
668	13.36	1.11	16.51	222.29	54.44	16.22
669	13.38	1.08	13.33	223.78	53.10	16.06
670	13.40	1.12	11.50	225.62	50.77	15.89
671	13.42	1.14	10.71	228.34	47.78	15.77
672	13.44	1.21	9.45	230.28	45.77	15.68

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
673	13.46	1.21	8.82	230.63	44.69	15.57
674	13.48	1.15	8.12	229.92	45.01	15.40
675	13.50	1.06	6.15	228.69	45.16	15.16
676	13.52	1.04	4.82	229.22	44.11	14.90
677	13.54	1.07	4.35	230.98	42.88	14.79
678	13.56	1.09	4.64	232.65	42.76	14.88
679	13.58	1.11	5.95	233.08	43.64	15.01
680	13.60	1.08	6.11	232.47	44.54	15.04
681	13.62	1.04	5.16	232.73	44.12	14.92
682	13.64	1.07	4.28	234.40	42.82	14.80
683	13.66	1.11	4.46	236.25	40.92	14.76
684	13.68	1.18	4.55	237.65	41.66	14.94
685	13.70	1.12	6.49	236.77	43.39	15.09
686	13.72	1.06	6.65	235.98	45.60	15.15
687	13.74	1.05	5.79	235.89	45.70	15.06
688	13.76	1.06	5.21	236.42	44.67	14.97
689	13.78	1.08	5.18	237.65	43.68	14.95
690	13.80	1.12	5.48	238.97	43.63	15.06
691	13.82	1.13	6.58	239.58	44.51	15.21
692	13.84	1.11	7.53	238.35	46.80	15.43
693	13.86	1.10	9.77	232.47	48.87	15.50
694	13.88	1.03	8.29	230.80	50.39	15.47
695	13.90	0.99	7.20	230.45	50.46	15.30
696	13.92	0.99	6.55	230.98	50.13	15.18
697	13.94	0.98	6.19	231.07	49.90	15.10
698	13.96	0.96	5.92	231.24	49.55	15.02
699	13.98	0.97	5.38	232.03	48.84	14.94
700	14.00	0.98	4.95	232.65	47.42	14.82
701	14.02	0.99	4.30	234.31	45.94	14.72
702	14.04	1.02	4.12	235.10	45.05	14.66
703	14.06	1.01	4.16	235.46	45.18	14.69
704	14.08	1.00	4.66	235.28	46.47	14.78
705	14.10	0.98	5.24	234.84	48.08	14.86
706	14.12	0.95	5.31	234.40	49.34	14.86
707	14.14	0.92	4.75	234.31	49.80	14.79
708	14.16	0.92	4.48	234.23	49.54	14.70
709	14.18	0.92	4.21	234.58	49.15	14.61
710	14.20	0.90	3.73	234.75	48.23	14.46
711	14.22	0.91	3.03	234.84	47.49	14.29
712	14.24	0.89	2.70	235.19	46.11	14.05
713	14.26	0.89	1.97	235.46	44.78	13.79
714	14.28	0.90	1.48	235.81	42.98	13.73
715	14.30	0.92	1.34	236.25	42.21	13.73
716	14.32	0.91	1.48	236.86	42.42	13.73
717	14.34	0.90	1.66	237.04	43.78	13.73
718	14.36	0.90	2.36	237.39	45.04	13.87
719	14.38	0.90	2.56	237.74	46.09	14.05
720	14.40	0.90	2.74	238.00	46.78	14.13

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
721	14.42	0.89	2.92	238.09	46.67	14.10
722	14.44	0.90	2.40	238.00	46.15	13.99
723	14.46	0.89	2.00	238.18	45.10	13.80
724	14.48	0.89	1.82	238.35	44.24	13.73
725	14.50	0.88	1.28	238.88	43.39	13.73
726	14.52	0.88	1.07	239.23	42.55	13.73
727	14.54	0.88	0.94	239.58	41.83	13.73
728	14.56	0.89	0.74	240.02	41.40	13.73
729	14.58	0.89	0.76	240.28	40.86	13.73
730	14.60	0.88	0.33	240.72	40.54	13.73
731	14.62	0.90	0.04	241.51	42.55	13.73
732	14.64	0.90	0.08	242.22	41.78	13.73
733	14.66	0.92	0.38	242.83	39.91	13.73
734	14.68	0.91	0.78	243.27	39.87	13.73
735	14.70	0.93	0.78	243.71	40.22	13.73
736	14.72	0.92	0.78	244.15	40.33	13.73
737	14.74	0.92	0.99	244.50	41.14	13.73
738	14.76	0.93	1.55	244.94	42.33	13.73
739	14.78	0.93	2.00	245.29	43.77	13.76
740	14.80	0.92	2.38	245.73	44.99	13.96
741	14.82	0.92	2.65	246.52	45.70	14.07
742	14.84	0.93	2.74	247.13	47.05	14.26
743	14.86	0.91	3.79	267.06	47.43	14.35
744	14.88	0.93	3.32	268.02	47.77	14.38
745	14.90	0.92	3.02	268.90	46.64	14.28
746	14.92	0.94	2.93	270.04	45.99	14.20
747	14.94	0.94	2.71	271.79	45.10	14.15
748	14.96	0.96	2.62	273.37	44.96	14.20
749	14.98	0.97	3.23	275.74	44.62	14.30
750	15.00	1.01	3.43	278.11	44.21	14.45
751	15.02	1.06	3.77	281.18	43.71	14.59
752	15.04	1.08	4.44	283.54	43.76	14.74
753	15.06	1.09	4.96	285.56	44.16	14.89
754	15.08	1.12	5.59	288.11	43.73	14.98
755	15.10	1.17	5.50	290.47	43.69	15.10
756	15.12	1.17	6.54	292.75	44.15	15.27
757	15.14	1.20	8.30	295.21	45.55	15.50
758	15.16	1.22	9.83	296.44	47.73	15.79
759	15.18	1.22	13.51	298.63	50.32	16.08
760	15.20	1.24	17.32	301.96	52.77	16.34
761	15.22	1.26	19.80	303.98	55.59	16.54
762	15.24	1.20	23.40	304.51	58.28	16.66
763	15.26	1.16	24.44	304.42	60.82	16.74
764	15.28	1.16	25.03	305.03	61.84	16.75
765	15.30	1.15	24.69	306.70	61.41	16.71
766	15.32	1.15	21.69	309.33	60.31	16.63
767	15.34	1.16	20.13	312.40	58.22	16.50
768	15.36	1.18	17.70	316.52	56.23	16.38

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
769	15.38	1.18	15.47	319.41	53.45	16.22
770	15.40	1.22	12.99	323.80	51.00	16.08
771	15.42	1.24	12.11	328.27	48.95	15.98
772	15.44	1.26	12.01	333.36	47.69	15.94
773	15.46	1.29	11.54	338.01	47.10	15.96
774	15.48	1.30	12.26	342.39	46.90	15.99
775	15.50	1.31	13.01	346.08	47.44	16.08
776	15.52	1.32	14.27	350.37	48.40	16.20
777	15.54	1.33	16.54	354.14	49.86	16.32
778	15.56	1.30	17.85	355.28	51.70	16.39
779	15.58	1.24	17.76	355.28	54.06	16.44
780	15.60	1.20	19.56	353.88	56.97	16.49
781	15.62	1.13	20.78	352.30	60.05	16.54
782	15.64	1.08	21.23	351.51	62.05	16.53
783	15.66	1.07	19.74	350.99	62.73	16.46
784	15.68	1.04	17.87	350.72	61.93	16.35
785	15.70	1.04	15.87	351.51	61.09	16.21
786	15.72	1.02	14.08	351.86	59.54	16.04
787	15.74	1.01	11.51	351.78	57.05	15.83
788	15.76	1.04	8.83	352.48	53.71	15.58
789	15.78	1.06	7.32	354.32	50.06	15.37
790	15.80	1.11	6.64	355.99	47.44	15.27
791	15.82	1.16	6.64	357.04	47.91	15.47
792	15.84	1.17	11.00	329.41	48.88	15.69
793	15.86	1.21	11.63	331.17	50.98	15.93
794	15.88	1.20	13.37	330.90	51.71	16.02
795	15.90	1.19	13.80	330.99	52.46	16.10
796	15.92	1.22	14.23	331.87	52.92	16.15
797	15.94	1.21	15.13	331.96	53.82	16.20
798	15.96	1.17	15.78	331.43	54.91	16.19
799	15.98	1.14	14.25	331.25	55.31	16.11
800	16.00	1.12	12.40	332.04	54.62	15.96
801	16.02	1.10	10.80	332.13	53.72	15.81
802	16.04	1.09	9.83	333.10	52.62	15.66
803	16.06	1.09	8.57	334.24	51.55	15.53
804	16.08	1.08	7.64	335.99	49.79	15.36
805	16.10	1.10	6.29	337.57	48.68	15.24
806	16.12	1.09	6.31	338.62	47.55	15.14
807	16.14	1.10	5.95	339.59	47.12	15.10
808	16.16	1.11	5.68	340.64	46.81	15.08
809	16.18	1.10	5.93	341.34	46.98	15.08
810	16.20	1.09	5.99	342.30	47.41	15.08
811	16.22	1.08	5.72	342.92	47.75	15.09
812	16.24	1.08	6.04	343.62	47.95	15.09
813	16.26	1.08	6.08	344.76	48.17	15.11
814	16.28	1.08	6.08	346.34	48.01	15.13
815	16.30	1.10	6.17	347.48	47.98	15.14
816	16.32	1.09	6.22	347.83	48.36	15.18

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
817	16.34	1.08	6.74	348.00	49.42	15.23
818	16.36	1.06	7.12	347.74	50.37	15.28
819	16.38	1.06	7.21	347.74	51.15	15.31
820	16.40	1.05	7.37	347.13	51.69	15.35
821	16.42	1.05	7.84	347.13	52.40	15.40
822	16.44	1.05	8.27	347.22	52.91	15.43
823	16.46	1.04	8.05	347.57	53.23	15.44
824	16.48	1.04	8.11	348.00	53.36	15.42
825	16.50	1.03	7.87	348.27	53.35	15.40
826	16.52	1.03	7.66	348.44	52.94	15.36
827	16.54	1.04	7.23	348.79	52.48	15.31
828	16.56	1.03	6.90	348.97	51.90	15.24
829	16.58	1.03	6.51	349.41	51.52	15.18
830	16.60	1.03	6.20	350.02	51.01	15.13
831	16.62	1.03	5.95	350.99	50.34	15.07
832	16.64	1.04	5.54	351.86	49.53	15.01
833	16.66	1.05	5.27	352.74	49.03	14.96
834	16.68	1.04	5.30	353.27	48.84	14.95
835	16.70	1.05	5.41	353.79	49.20	14.98
836	16.72	1.04	5.59	353.71	50.11	15.04
837	16.74	1.02	6.31	353.97	51.31	15.10
838	16.76	1.01	6.42	354.67	51.95	15.14
839	16.78	1.02	6.15	355.90	51.27	15.11
840	16.80	1.05	5.86	357.74	50.30	15.09
841	16.82	1.06	5.95	360.11	49.90	14.92
842	16.84	0.95	3.84	368.70	49.64	15.03
843	16.86	1.13	7.33	377.65	48.86	15.13
844	16.88	1.17	7.26	382.38	47.44	15.40
845	16.90	1.23	8.01	387.82	46.36	15.51
846	16.92	1.30	9.29	394.66	46.19	15.68
847	16.94	1.32	10.89	399.92	46.80	15.84
848	16.96	1.31	11.95	402.99	47.56	15.97
849	16.98	1.35	13.08	408.69	47.59	16.08
850	17.00	1.41	13.92	416.94	46.90	16.18
851	17.02	1.47	15.04	424.48	45.95	16.27
852	17.04	1.53	15.83	431.93	46.06	16.37
853	17.06	1.51	17.82	435.44	47.08	16.47
854	17.08	1.48	19.51	434.74	49.79	16.62
855	17.10	1.43	23.34	431.76	53.39	16.79
856	17.12	1.38	28.16	429.30	57.50	16.95
857	17.14	1.32	31.32	427.46	61.18	17.06
858	17.16	1.27	33.10	425.27	63.86	17.12
859	17.18	1.25	33.80	423.95	65.58	17.13
860	17.20	1.22	33.17	422.73	66.28	17.09
861	17.22	1.19	30.48	422.11	65.66	17.00
862	17.24	1.20	26.34	421.41	63.96	16.83
863	17.26	1.18	21.58	420.88	60.94	16.64
864	17.28	1.21	17.92	420.36	58.28	16.44

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
865	17.30	1.21	15.94	420.01	55.64	16.26
866	17.32	1.22	13.57	418.16	53.95	16.13
867	17.34	1.22	12.67	415.36	53.24	16.04
868	17.36	1.19	12.83	412.46	53.29	16.03
869	17.38	1.21	13.19	413.34	52.56	16.01
870	17.40	1.26	11.90	414.22	50.94	16.00
871	17.42	1.31	12.26	413.96	49.74	15.98
872	17.44	1.29	12.22	409.92	49.67	15.98
873	17.46	1.27	11.90	406.59	49.99	15.95
874	17.48	1.26	11.36	403.34	50.13	15.88
875	17.50	1.23	10.48	399.66	49.67	15.76
876	17.52	1.21	8.61	397.91	48.59	15.61
877	17.54	1.23	7.68	398.70	47.35	15.53
878	17.56	1.27	8.56	399.31	46.47	15.56
879	17.58	1.31	9.10	400.27	46.52	15.66
880	17.60	1.31	9.85	398.87	47.57	15.76
881	17.62	1.27	11.20	396.42	50.07	15.86
882	17.64	1.19	12.10	392.73	52.27	15.92
883	17.66	1.19	11.79	393.61	52.60	15.94
884	17.68	1.27	12.06	400.89	50.88	15.94
885	17.70	1.32	11.70	405.01	48.58	15.96
886	17.72	1.39	11.65	405.97	48.06	16.02
887	17.74	1.37	13.63	403.43	48.79	16.12
888	17.76	1.35	14.90	402.99	50.73	16.24
889	17.78	1.34	16.25	401.50	51.96	16.31
890	17.80	1.34	16.63	401.76	52.92	16.36
891	17.82	1.33	17.40	402.20	53.82	16.45
892	17.84	1.36	20.14	376.77	54.98	16.53
893	17.86	1.34	20.70	364.05	56.29	16.60
894	17.88	1.30	20.97	365.37	57.60	16.58
895	17.90	1.25	19.91	366.68	58.41	16.53
896	17.92	1.23	18.29	368.00	58.54	16.46
897	17.94	1.23	17.84	370.89	57.83	16.40
898	17.96	1.25	17.16	376.42	56.44	16.35
899	17.98	1.29	15.90	381.16	54.45	16.26
900	18.00	1.29	13.42	385.54	52.11	16.11
901	18.02	1.30	11.52	389.05	50.29	15.98
902	18.04	1.32	11.39	392.38	49.47	15.95
903	18.06	1.33	12.31	396.33	49.42	15.99
904	18.08	1.34	12.67	399.57	49.50	16.03
905	18.10	1.35	12.60	403.17	49.62	16.05
906	18.12	1.34	12.99	405.54	50.20	16.08
907	18.14	1.32	13.75	406.94	51.09	16.14
908	18.16	1.33	14.63	408.69	51.39	16.19
909	18.18	1.36	14.68	412.46	50.87	16.23
910	18.20	1.40	14.95	417.55	49.76	16.26
911	18.22	1.46	15.58	423.43	48.99	16.31
912	18.24	1.48	16.30	426.32	48.98	16.38

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
913	18.26	1.47	17.43	425.97	50.44	16.45
914	18.28	1.40	18.80	423.87	52.61	16.52
915	18.30	1.37	20.18	422.20	54.87	16.58
916	18.32	1.35	21.01	421.32	56.60	16.63
917	18.34	1.32	22.16	420.88	57.80	16.67
918	18.36	1.31	22.25	420.45	59.10	16.69
919	18.38	1.28	22.88	419.39	60.46	16.70
920	18.40	1.23	23.04	417.73	62.08	16.70
921	18.42	1.20	22.81	416.50	62.65	16.67
922	18.44	1.22	21.57	417.64	61.83	16.62
923	18.46	1.24	20.06	421.41	59.46	16.52
924	18.48	1.28	17.33	421.94	56.68	16.41
925	18.50	1.32	15.51	422.99	54.84	16.32
926	18.52	1.30	15.80	422.64	54.30	16.29
927	18.54	1.30	16.20	422.55	54.84	16.31
928	18.56	1.30	16.41	422.73	54.97	16.32
929	18.58	1.30	16.11	422.64	55.13	16.30
930	18.60	1.27	15.35	421.85	55.68	16.29
931	18.62	1.26	16.52	421.23	56.45	16.31
932	18.64	1.26	17.01	420.97	56.96	16.33
933	18.66	1.25	16.16	420.62	57.31	16.30
934	18.68	1.21	15.39	420.97	57.41	16.23
935	18.70	1.20	14.60	420.80	57.52	16.18
936	18.72	1.20	14.22	421.15	56.73	16.13
937	18.74	1.23	13.61	423.87	56.13	16.09
938	18.76	1.21	13.02	425.36	55.46	16.04
939	18.78	1.21	12.44	424.92	55.87	16.03
940	18.80	1.19	13.23	423.69	56.59	16.04
941	18.82	1.17	13.50	423.60	58.06	16.09
942	18.84	1.15	14.52	442.98	58.30	16.08
943	18.86	1.16	12.81	447.46	57.65	16.04
944	18.88	1.18	12.06	450.18	56.11	15.96
945	18.90	1.20	11.93	452.11	54.42	15.90
946	18.92	1.23	10.62	453.68	52.94	15.83
947	18.94	1.23	9.83	455.26	51.52	15.73
948	18.96	1.23	9.24	456.67	50.97	15.68
949	18.98	1.23	9.22	458.16	50.70	15.66
950	19.00	1.24	9.42	459.56	50.76	15.69
951	19.02	1.25	9.92	460.44	51.32	15.74
952	19.04	1.23	10.53	460.61	52.24	15.83
953	19.06	1.24	11.72	461.05	53.36	15.90
954	19.08	1.23	12.15	463.51	53.71	15.94
955	19.10	1.24	11.77	465.44	53.34	15.95
956	19.12	1.27	11.72	467.98	52.40	15.93
957	19.14	1.29	11.54	470.79	50.99	15.93
958	19.16	1.35	11.45	476.13	48.80	15.93
959	19.18	1.45	11.18	485.17	44.65	15.95
960	19.20	1.70	11.18	504.37	41.24	16.01

:: Field input data :: (continued)

Point ID	Depth (m)	q_c (MPa)	f_s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
961	19.22	1.78	12.02	515.78	39.68	16.11
962	19.24	1.76	13.68	516.65	41.65	16.31
963	19.26	1.69	18.37	509.46	46.23	16.61
964	19.28	1.61	25.66	478.33	52.51	16.92
965	19.30	1.50	32.62	478.85	57.95	17.14
966	19.32	1.47	36.34	486.31	61.02	17.26
967	19.34	1.49	36.98	495.34	61.23	17.30
968	19.36	1.52	35.51	501.83	60.55	17.28
969	19.38	1.51	34.70	505.87	60.45	17.22
970	19.40	1.42	31.45	504.55	60.21	17.07
971	19.42	1.37	24.03	501.74	59.31	16.84
972	19.44	1.34	19.39	493.59	58.35	16.64
973	19.46	1.30	20.13	487.19	58.66	16.60
974	19.48	1.31	22.04	488.24	59.48	16.67
975	19.50	1.35	23.26	490.52	59.29	16.73
976	19.52	1.38	23.49	491.75	58.65	16.76
977	19.54	1.39	23.24	488.76	58.73	16.78
978	19.56	1.37	24.41	475.87	59.67	16.79
979	19.58	1.32	24.27	472.63	61.28	16.78
980	19.60	1.27	23.58	471.84	62.18	16.73
981	19.62	1.26	21.95	473.42	61.49	16.69
982	19.64	1.33	21.68	480.78	58.80	16.65
983	19.66	1.43	20.48	487.45	55.40	16.61
984	19.68	1.50	18.88	489.99	53.10	16.59
985	19.70	1.50	19.72	488.68	52.40	16.58
986	19.72	1.48	19.60	485.61	53.40	16.60
987	19.74	1.44	20.19	481.31	54.84	16.60
988	19.76	1.39	20.51	475.17	56.80	16.62
989	19.78	1.34	21.16	471.31	58.30	16.64
990	19.80	1.34	21.54	471.49	59.09	16.63
991	19.82	1.33	20.68	471.31	60.63	16.62
992	19.84	1.22	20.77	424.57	59.98	16.54
993	19.86	1.33	17.75	431.85	59.47	16.47
994	19.88	1.31	17.12	431.58	57.54	16.40
995	19.90	1.30	17.16	433.60	57.81	16.37
996	19.92	1.29	16.83	436.41	57.07	16.36
997	19.94	1.35	16.15	440.62	55.86	16.33
998	19.96	1.37	15.68	443.60	55.32	16.36
999	19.98	1.36	17.98	471.31	55.79	16.41
1000	20.00	1.35	18.07	471.75	56.47	16.45
1001	20.02	1.35	17.57	472.98	56.51	16.44
1002	20.04	1.35	16.74	474.56	55.97	16.39

Abbreviations

Depth:	Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q_c :	Measured cone resistance (MPa)
f_s :	Sleeve friction resistance (kPa)
u:	Pore pressure (kPa)
Fines content:	Percentage of fines in soil (%)
Unit weight:	Bulk soil unit weight (kN/m ³)

ALLEGATO 3:

Indagine prospezione geofisica M.A.S.W.

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W.
ESEGUITA NELLE VICINANZE DI STR. JOLANDA - BONAGLIA
NEL COMUNE DI JOLANDA DI SAVOIA (FE)**



Per Per Per Per Per Per Per

Luglio 2016

Richiedente: Soc. IdroGeo Service Srl



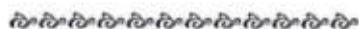
INDICE

1 PREMESSE.....	3
2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH.....	3
3 IL METODO M.A.S.W.....	5
4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE.....	6
5 INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	7

ALLEGATI:

- *Grafici "common-shot gather", spettro di velocità, e profilo verticale onde S*
- *Report di calcolo*
- *Documentazione fotografica*

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W.
ESEGUITA NELLE VICINANZE DI STR. JOLANDA - BONAGLIA
NEL COMUNE DI JOLANDA DI SAVOIA (FE)**



1 PREMESSE

La presente relazione descrive i risultati della prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) eseguita su indicazioni della Committenza in un lotto di terreno nei pressi di Strada Jolanda – Bonaglia tr. 5, nel comune di Jolanda di Savoia (FE).

L'indagine M.A.S.W. è stata eseguita con l'obiettivo di determinare il parametro VS30, necessario al fine della classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, volendo procedere con l'approccio semplificato secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92 V_s$.

In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$.

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



Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_S tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008; mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. In caso di variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga a una diversa velocità (velocità di fase) che a sua volta corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda. (Fig. 2)

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

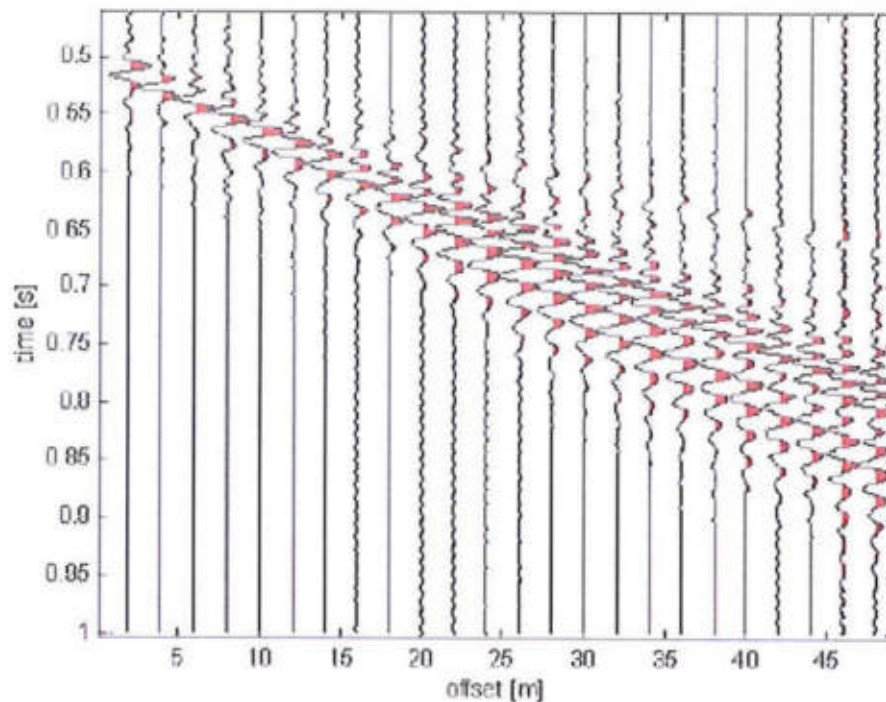


fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato. Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

3 IL METODO M.A.S.W.

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una efficiente e accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s .

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 fasi fondamentali:

- acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
- estrazione del modo fondamentale dalla curva di dispersione (grafico velocità di fase rispetto alla frequenza) delle onde superficiali di Rayleigh;
- inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella possibilità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

- . numero di canali: 24
- . sampler interval: 0,296 msec
- . A/D conversion: 16 bit
- . input impedance: 1KOhm
- . Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- . saturation tension: +/- 2,3 V
- . saturation level: 100 dB
- . distorsion: 0,01%
- . sampler:
 - 25 msec (191 punti)
 - 50 msec (383 punti)
 - 100 msec (756 punti)
 - 200 msec (1530 punti)
 - 400 msec (3060 punti)

800 msec (6121 punti)

1000 msec

- . sampling: 130 microsec
- . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- . digital filter low pass: 1000-50
- . digital filter high pass: 0-250
- . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- . dynamic range: 93 dB
- . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- . power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 2,0 m
- n. shots: sono state effettuate 3 rilevazioni, impiegando la massa battente, a distanze di 2,0 m, 5,0 m e 10,0 m dalla linea geofonica
- tempo di acquisizione: 1.000 msec

Il profilo è da considerare orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono modesti (nell'ordine del decimetro).

5 INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW versione 6.0 professional, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite il processo d'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh acquisite con la tecnica masw. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo.

Il processo si articola in due fasi:

- determinazione dello spettro di velocità dove è possibile identificare la curva di dispersione, mediante il picking riconoscendo il solo modo fondamentale o anche i modi superiori.
- inversione della curva di dispersione mediante algoritmi genetici.

Per il processo d'inversione si procede definendo un intervallo di ricerca sia per quanto riguarda le velocità che per gli spessori, all'interno del quale il software valuta tutte le possibili soluzioni fornendo quella più rispondente al picking eseguito. Risulta evidente che la rispondenza tra modello reale del sito e quello ottenuto dal processo d'inversione risente fortemente degli intervalli impostati all'interno dei quali il software esegue la ricerca. Il modello calcolato sarà più prossimo a quello reale tante più informazioni del sito si avranno a disposizione e quindi tanto più gli intervalli di ricerca saranno stringenti.

È possibile inoltre procedere con la modellazione diretta inserendo un modello di partenza del sito e confrontando la curva sintetica calcolata dal software con quella di dispersione ottenuta dalle rilevazioni con tecnica MASW.

Nel caso in esame il *picking* della curva di dispersione è stato eseguito riconoscendo il modo fondamentale utilizzando il grafico spettro di velocità/velocità di fase relativo allo shot con offset di 10,0 m, che è risultato con sufficiente grado di definizione. Anche gli spettri relativi agli altri shots sono risultati confrontabili con quello preso in esame.

I profili di velocità delle onde S ottenuti sono profili semplificati multistrato derivanti da parametri di partenza quali spessori e ranges di velocità. Tali parametri sono stimabili con indagini aggiuntive quali sondaggi geognostici, prove penetrometriche, indagini sismica in foro o a rifrazione. In assenza di tali approfondimenti non è possibile ottenere il modello reale sismo-stratigrafico, ma sarà comunque possibile fornire un valore di Vs30 affidabile.

Il software winMasw presenta come soluzione due modelli: Il modello migliore, cioè quello che presenta la differenza minore tra la curva osservata e calcolata, e un modello medio calcolato secondo un'operazione statistica, fornendo per ciascun modello il valore di Vs30.

Di seguito sono riportate le velocità Vs e gli spessori dei livelli sismici costituenti i due modelli.

- secondo il MODELLO MEDIO

strato n.	1	2	3	4
VS (m/s):	83	115	159	180
spessori (m):	2,2	8,5	7,7	

- secondo il MODELLO MIGLIORE:

strato n.	1	2	3	4
VS (m/s):	82	112	184	164
spessori (m):	2,11	7,38	8,8	

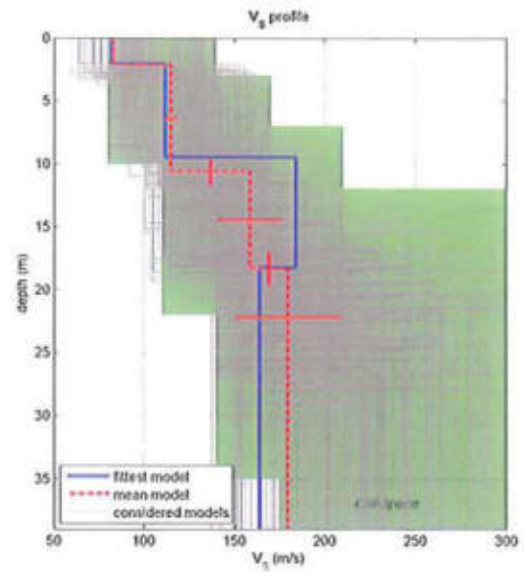
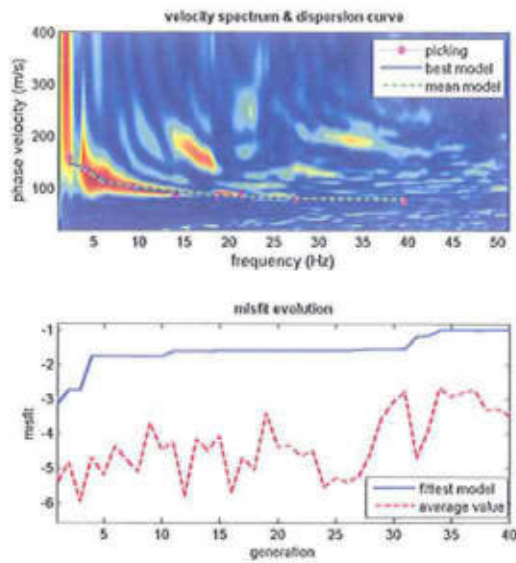
Con i dati ottenuti, per la zona di indagine si ha:

- VS30 del modello medio: **141 m/s**
- VS30 del modello migliore: **142 m/s**

Fermo restando che la scelta della corretta categoria di suolo spetta al progettista, sulla base delle proprie conoscenze e valutazioni geologiche del sito oltre ai risultati della presente indagine sismica, si osserva che a partire da quota zero di p.c., il valore di Vs30 ottenuto rientra tra quelli compresi nel **tipo D** secondo la tabella 3.2.11 delle NTC 2008, corrispondente a *"Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina)."*

San Miniato 11/07/2016



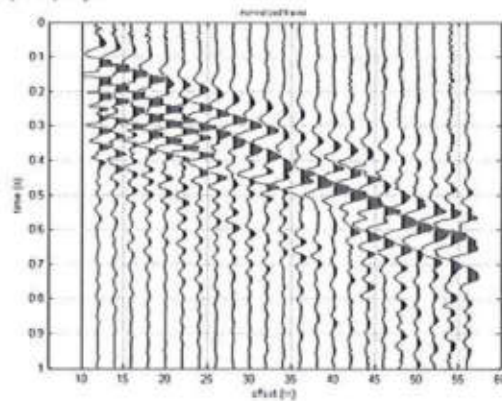


www.winmasw.com

dataset: 10m.SGY
dispersion curve: 10m.cdp
 V_{s30} (best model): 142 m/s
 V_{s30} (mean model): 141 m/s

At uploading & processing (PMTB analysis):

dataset: 10m.SGY
sampling: 0.131 ms
minimum offset: 10 m
geophone spacing: 2 m



resampling

1

data selection

filtering & spectra

refraction

reference & saving

102210

At velocity spectrum, modeling & picking (PMTB & RayTr analysis):

RayTr: compute velocity spectrum

handling the spectrum

source codes

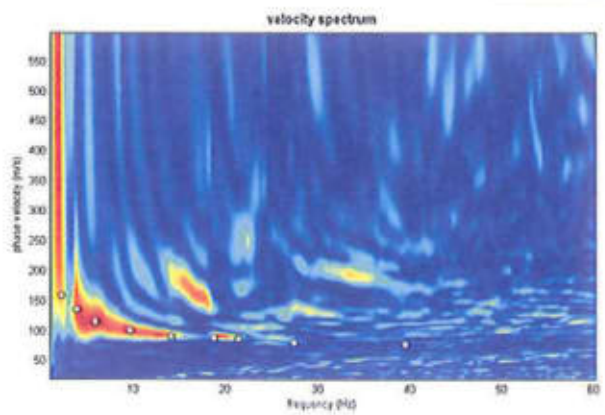
picking

fundamental

to select the bottom of the fundamental mode and the high cut-off

10m.cdp

dispersion



general setting

Rayleigh

☐ Rayleigh waves ☐ Rayleigh

☐ Rayleigh modes (complexity)

Vs (m/s)

Vs (m/s)	Phase	Dispersion (m)
100	0.4	1
150	0.75	2
200	0.9	3
400	0.9	5
600	0.9	7
800	0.9	10
1000	0.9	15
0	0.0	0

modeling

synthesis

www.winmasw.com

Analyzing phase velocities

```

==0== SECTION#1
dataset: 10m.SGY
minimum offset (m): 10
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.131
Dispersion curve: 10m.cdp
Number of individuals: 30
Number of generations: 31

```

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase Velocities

```

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 80    3    110    4    140    5    175
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 140   10   170   12   210   13   300
Adopted Poisson values: 0.4      0.35    0.35    0.35

```

Output folder: C:\studio giuseppe\lavori\sisimiche\output_disp

==0== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

```

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -5.4643
-3.1385
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -4.8535
-2.7364
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -5.9734
-2.7364
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -4.7057
-1.7562
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -5.1988
-1.7562
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -4.3757
-1.7562
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -4.7693
-1.7562
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -5.0937
-1.7562
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -3.6905
-1.7562
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -4.4681
-1.7562
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -4.2711
-1.6187
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -5.8085
-1.6187
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -4.1724
-1.6187
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -4.4923
-1.6187
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -4.0715
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -5.7272
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -4.6894
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -5.055
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -3.4126
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -4.3937
-1.5878

```


winMASW_report

Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -4.3316
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -4.6456
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -4.5006
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -5.5389
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -5.2837
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -5.3893
-1.5878
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -5.2558
-1.5743
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -4.5956
-1.5501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -3.5564
-1.5501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -3.08
-1.5501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -2.7847
-1.5404
Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -4.7089
-1.1943
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -3.9085
-1.1695
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -2.6917
-1.0131
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -2.9363
-1.0131
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -2.8143
-1.0131
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -2.738
-1.0131
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -3.3036
-1.0127
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -3.2866
-1.0127
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -3.4822
-1.0127

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 82 112 184 164
Thickness (m): 2.1 7.4 8.8

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

p14 =

0

p15 =

9

p16 =

columns 1 through 7

0.0557 0.0979 0.1488 0.2441 0.3572 0.4747 0.5412

Zagana p

			winMASW_report			
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 9

0.6941	1.0000
0	0
0	0
0	0

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -1.4398
-0.88229
Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -1.1399
-0.8655
Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -1.0872
-0.85975
Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -0.95894
-0.85158
Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -0.909
-0.85137
Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -0.92507
-0.83685
Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -0.92273
-0.83412
Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -0.94121
-0.83412
Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -0.94193
-0.83412
Number of models considered to calculate the average model: 19

RESULTS
#####

Dataset: 10m.SGY
Analyzed curve/spectrum: 10m.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s):	83	115	159	180
Standard deviations (m/s):	1	3	18	29

Thickness (m):	2.2	8.5	7.7
Standard deviations (m):	0.2	1.0	1.3

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	552	331	509	533		
Density (gr/cm3):	1.91	1.79	1.89	1.90		
Vp/Vs ratio:	6.65	2.88	3.20	2.96		
Poisson:	0.49	0.43	0.45	0.44		
Shear modulus (MPa):	13	24	48	62	0	0
Estimated static shear modulus (MPa):	0				0	0

Fundamental mode
Mean model

3agina p

winMASW_report

f(Hz)	VR(m/s)
2.20131	158.1303
3.86462	137.0362
5.8781	113.5811
9.64242	102.8485
14.1071	95.35843
18.7468	87.6368
21.3731	84.8131
27.4135	81.50166
39.4944	79.67144

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 82 112 184 164
thickness (m): 2.1059 7.384 8.7987

Approximate values for vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 323 218 357 999
Density (gr/cm3): 1.78 1.69 1.81 2.05
Vp/Vs ratio: 3.94 1.95 1.94 6.09
Poisson: 0.47 0.32 0.32 0.49
Shear modulus (MPa): 12 21 61 55
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
2.20131	147.8014
3.86462	139.89
5.8781	114.9025
9.64242	100.206
14.1071	93.32924
18.7468	86.43689
21.3731	83.72651
27.4135	80.40566
39.4944	78.50709

===== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 29 m

Inversion quality: very good

Vs5 (mean model): 98 m/s
Vs5 (best model): 97 m/s

Vs20 (mean model): 127 m/s
Vs20 (best model): 133 m/s

Vs30 (mean model): 141 m/s
Vs30 (best model): 142 m/s

==0== SECTION#6

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le
Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su
Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

winMASW_report

- A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
- B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT30 > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu30 > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu30 < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).
- S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu30 < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
- S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\studio giuseppe\lavori\sismiche\output_disp".

=====

winMASW

Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 19

Vs5 for the best model: 97

Vs30 for the best model: 142

Analyzing phase velocities

Elapsed time is 36.757403 seconds.



ALLEGATO 4:

Liquefaction analysis report

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

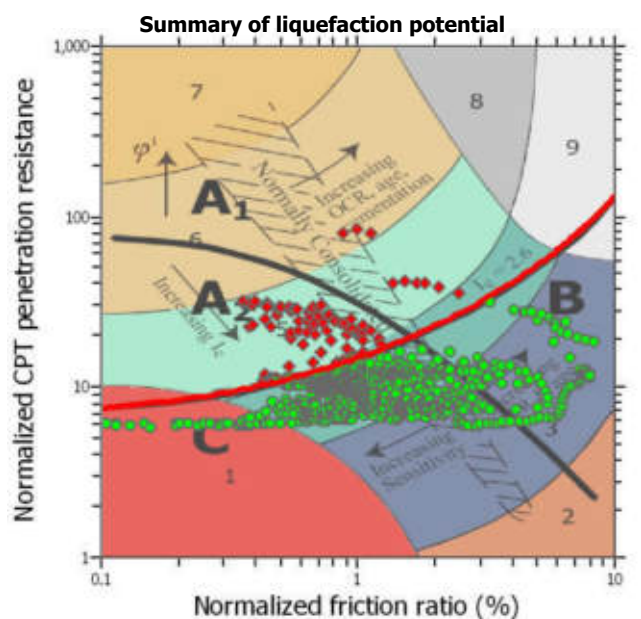
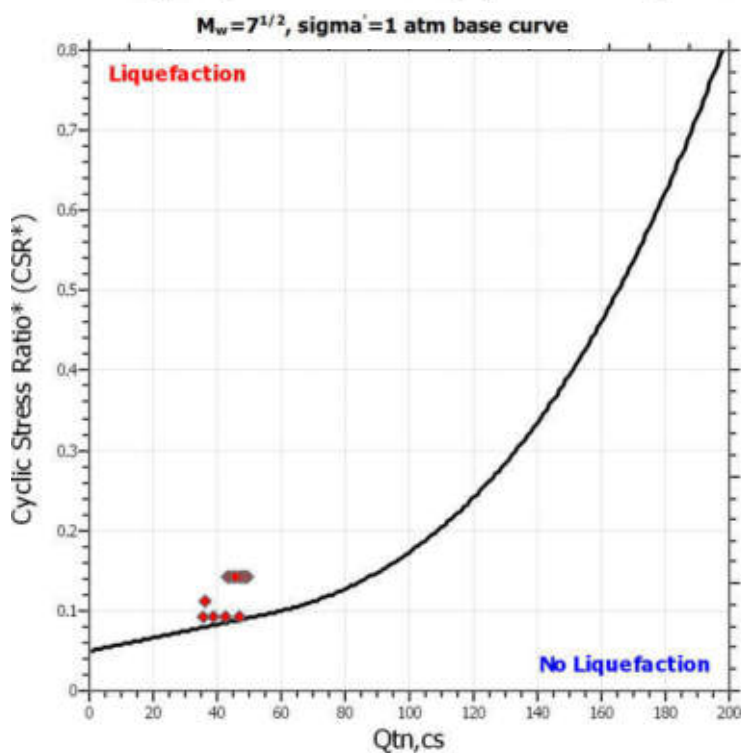
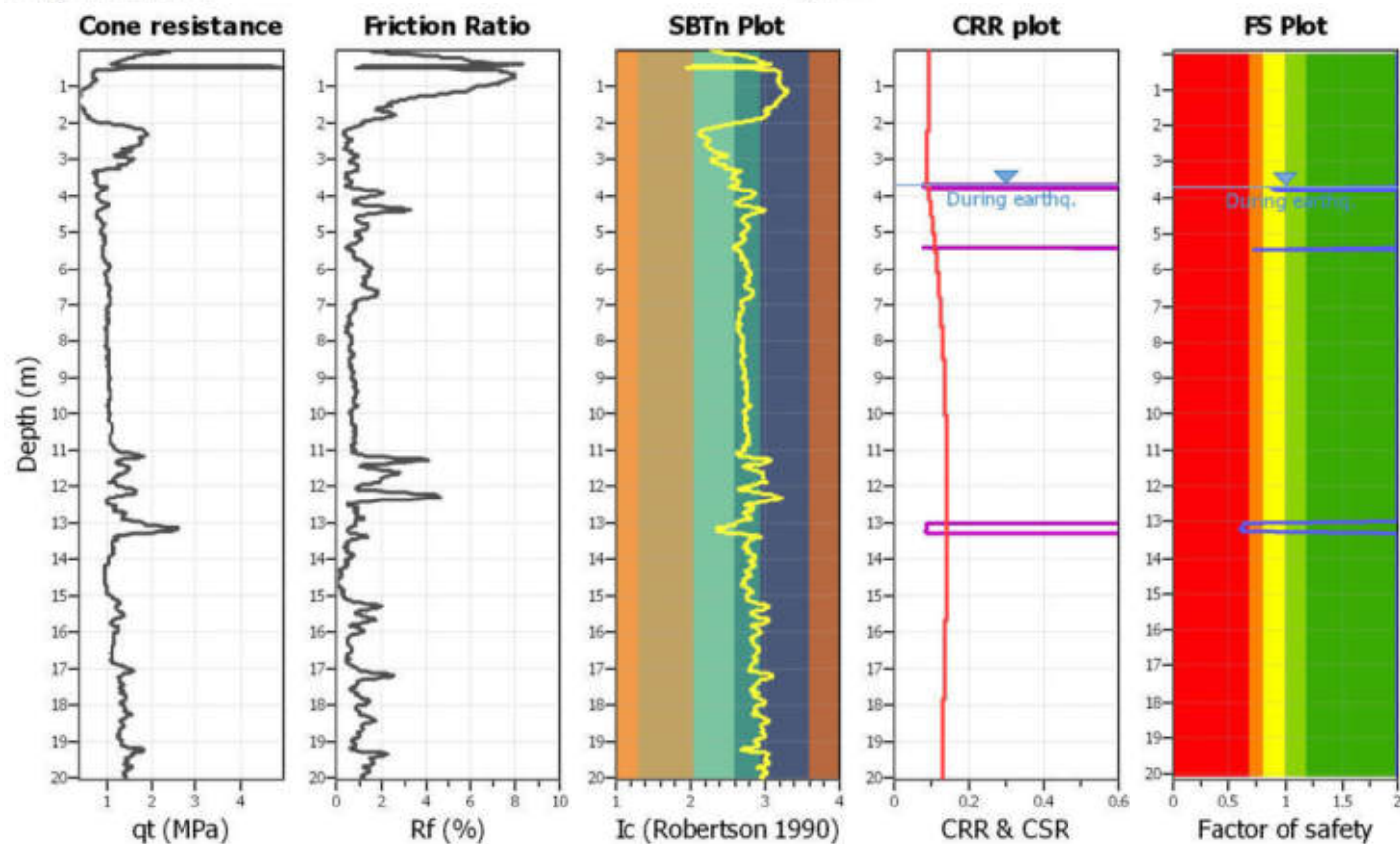
Project title : Prova CPTU N.1

Location : Jolanda di Savoia - loc Bologna

CPT file : Jolanda di Savoia

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	3.70 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	3.70 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



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