

# COMUNE DI CESENA

## **PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (GIA' P.U.A. 25 PREGRESSO PRG '85) VIA DISMANO**

### **ALLEGATO 16/a**

## **INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

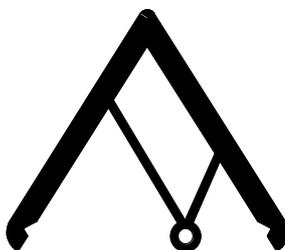
### **Committenti:**



**Immobiliare Cedro s.r.l.**  
via Rasi Spinelli n° 194 - Cesena (FC)  
P.E.C. cedroimmobiliare@arubapec.it  
Amministratore Unico

**OROGEL Società Cooperativa Agricola**  
via Dismano, 2830 - Pievesestina di Cesena (FC)  
Tel. 0547 3771  
P.E.C. orogelcoop@pec.it

### **Progettisti:**



**FARNEDI MISEROCCHI PAOLUCCI**  
architetti

ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE  
VIA DELL' ARRIGONI N° 308 - PIEVESESTINA DI CESENA  
Tel. 0547 415150 Fax 0547 317686  
P.E.C. studio@pec.fmparchitetti.it Mail arch.farnedi@studiofmp.191.it

# COMUNE DI CESENA

## PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (GIA' P.U.A. 25 PREGRESSO PRG '85) VIA DISMANO

### DOCUMENTAZIONE P.U.A. e OPERE DI URBANIZZAZIONE

ALL. 16/a	INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Scala /
--------------	---	------------

#### Committenti:

**Immobiliare Cedro s.r.l.**  
via Rasi Spinelli n° 194 - Cesena (FC)  
P.E.C. cedroimmobiliare@arubapec.it

**OROGEL Società Cooperativa Agricola**  
via Dismano, 2830 - Pievesestina di Cesena (FC)  
Tel. 0547 3771  
P.E.C. orogelcoop@pec.it

#### Geologo:

**Dott. Gianluca Benedetti**



Viale Baccharini, 29 - 48018 FAENZA (RA) tel. 0546-663423  
Via Zacconi, 16 - 40127 BOLOGNA (BO) tel. 051-245663  
Via Andrea Costa, 115 - 47822 SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN) tel. 0541-1832933  
ingegneria@enser.it - www.enser.it - P.E.C.: ensersrl-ra@legalmail.it



## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO.....</b>	<b>4</b>
2.1 PREMESSA .....	4
2.2 ANALISI DELLE SITUAZIONI PER LE QUALI È PREVISTO IL TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	4
2.3 RISULTATI.....	6
<b>3. SUSCETTIBILITÀ AI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE.....</b>	<b>8</b>
3.1 PREMESSA .....	8
3.2 VALUTAZIONE DEL RAPPORTO DI TENSIONE CICLICA CSR.....	10
3.3 VALUTAZIONE DEL RAPPORTO DI RESISTENZA CICLICA CRR .....	10
3.3.1 CRR da prove penetrometriche statiche CPT.....	11
3.4 CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA STIMA DEI CEDIMENTI PER EFFETTO DEL SISMA ....	12
3.5 ANALISI DI LIQUEFAZIONE .....	13
3.5.1 Parametri di base per le analisi di liquefazione.....	13
3.5.2 Risultati delle analisi.....	16
<b>4. MODELLAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>18</b>
4.1 PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI .....	18
4.2 LIVELLO DELLA FALDA MISURATO .....	19
4.3 ASPETTO GEOLOGICO-GEOTECNICO DELLE OPERE .....	20
4.4 VALUTAZIONE DI MASSIMA SULLE FONDAZIONI .....	21
4.4.1 Capacità portante e cedimenti di plinti superficiali.....	22
4.4.2 Capacità portante e cedimenti di travi nastriformi .....	23
4.4.3 Capacità portante di pali di fondazione .....	24
4.4.4 Valutazione di massima dei cedimenti della cella di conservazione .....	28

## APPENDICI

APPENDICE 1 – ANALISI DI LIQUEFAZIONE

APPENDICE 2 – CAPACITÀ PORTANTI PLINTI

APPENDICE 3 – CAPACITÀ PORTANTI TRAVI

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

## 1. PREMESSA

Il presente documento si colloca nell'ambito dell'attività di progettazione per Orogel Soc. Coop. Agr. di Cesena, in merito alla richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata per il Nuovo comparto industriale ovest di "Orogel" tra via Dismano e via Fossalta a Pievesestina di Cesena (FC).

Il documento è redatto ad integrazione della Relazione Geologica e Geotecnica, come da richiesta pervenuta tramite PEC (19152/2015) all'Amministrazione Comunale di Cesena dal Servizio Ambiente e Pianificazione Territoriale della Provincia di Forlì-Cesena, in data 04/03/2015 (fascicolo 2015/07.05.04/1).

Nella stesura del presente documento si sono applicate le procedure definite ai sensi della D.A.L. 112/2007, con approvazione della L.R. 20/2000, che disciplina gli "Indirizzi per gli studi di Microzonazione Sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica"; inoltre, esso è stato redatto nel rispetto alle NTC vigenti (D.M.14/01/2008) e relative circolari, nonché con riferimento alle Linee Guida ICMS 2008 del Dipartimento Nazionale Protezione Civile.

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	<b>Codice:</b> S14043-PP-RE002-0 <b>Data:</b> 11/03/2015

## 2. PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

### 2.1 Premessa

L'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1 della L.R. 20/2000 per "indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvato con deliberazione dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia Romagna n°112 del 02/05/ 2007 e successiva nota regionale di chiarimenti del 22/06/2007 prot. 2007.0166430, al punto 2 dell'Allegato A riporta quanto segue:

#### 2 - DISPOSIZIONI GENERALI

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Al punto 4.2 del suddetto atto sono invece definiti i casi secondo i quali è richiesta l'esecuzione di un'analisi della risposta sismica locale approfondita (terzo livello di approfondimento).

#### 4.2 - Terzo livello di approfondimento – analisi approfondita

Un'analisi più approfondita è richiesta, come indicato in precedenza, per le aree nelle quali si intenda localizzare ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento, nelle seguenti situazioni:

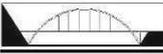
- a) aree soggette a liquefazione e densificazione;
- b) aree instabili e potenzialmente instabili;
- c) aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- d) aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

### 2.2 Analisi delle situazioni per le quali è previsto il terzo livello di approfondimento

Sulla base di quanto indicato al paragrafo precedente si commentano, punto per punto, le situazioni sulla base delle quali è richiesto il terzo livello di approfondimento ovvero l'analisi di risposta sismica locale.

#### **4.2 punto a) aree soggette a liquefazione e densificazione;**

Al successivo paragrafo 3 sono riportate nel dettaglio le analisi di liquefazione eseguite sulle cinque prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono disponibili. Da tali analisi risulta, come indicato al paragrafo 3.5.2 del presente documento, che:

 <b>ENSER</b> <small>SOCIETÀ DI INGEGNERIA</small>	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

“I valori del potenziale di liquefazione  $I_L$  sulle cinque verticali indagate risultano compresi tra 0.00 e 2.07 che, in accordo alla classificazione di Iwasaki (1982), significa un rischio nei confronti della liquefazione da molto basso a basso; il valore medio del potenziale di liquefazione  $I_L$  sulle cinque verticali indagate risulta pari a 1.10”.

Pertanto l’area non presenta un potenziale rischio di liquefazione significativo.

**4.2 punto b) aree instabili e potenzialmente instabili;**

considerato che per “aree instabili” si intendono quelle aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi e per “aree potenzialmente instabili” quelle in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi, il sito in oggetto è pianeggiante e non risulta interessato da fenomeni franosi; esso non risulta inoltre potenzialmente instabile in quanto non si prevedono riattivazioni di frane quiescenti o attivazioni di movimenti franosi.

Pertanto l’area in studio non presenta alcun rischio né di instabilità gravitativa, né di potenziale instabilità gravitativa e di effetti di sito a seguito della topografia.

**4.2 punto c) aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;**

in riferimento alle indagini geognostiche disponibili per l’area in oggetto, realizzate tra il 2001 ed il 2014 e riassunte nella Relazione geologica (codice elab. S14043-PP-RE001-0) emerge, in riferimento ai primi 50 metri di profondità dal piano di campagna, una successione degli strati piuttosto regolare e caratterizzata dalla presenza di livelli di spessore metrico di limi sabbiosi e sabbie all’interno delle unità argillose e limose.

Per quanto concerne la caratterizzazione geolitologica degli orizzonti più profondi si è fatto riferimento alla sezione geologica n. 57 ricostruita dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna nell’ambito del progetto CARG, che indica il bedrock sismico alla profondità di circa 180 metri dal piano campagna. In Figura 1 si riporta l’ubicazione planimetrica della sezione indicata, il cui sviluppo è riportato in Figura 2, dove sono visibili anche i sondaggi profondi disponibili in bibliografia.



Figura 1. Stralcio tratto da "Sezioni Geologiche e Prove Geognostiche della Pianura Emiliano-Romagnola" del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna.

#### **4.2 punto d) aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico**

Le opere di rilevante interesse pubblico sono individuate dall'art. 21 del Regolamento Regionale 13/10/1986, n. 33 (come sostituito dall'art. 8 del Regolamento Regionale 05/04/1995, n. 19). Le opere in progetto non risultano tra quelle in elenco. Inoltre, come indicato al paragrafo 3.5.1, in riferimento al D.M. 14/01/2008, le opere in progetto presentano i seguenti valori di vita nominale e classe d'uso:

Vita Nominale  $V_N \geq 50$  anni, ovvero: "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale";

Classe d'uso II, ovvero: "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente".

Pertanto, le opere in progetto non presentano un rilevante interesse pubblico.

## **2.3 Risultati**

Alla luce di quanto sopra esposto e dei risultati ottenuti dalle analisi di liquefazione, non risultano situazioni di pericolosità geologica che richiedano le analisi e gli approfondimenti di terzo livello, di cui al punto 4.2 dell'Atto di indirizzo.

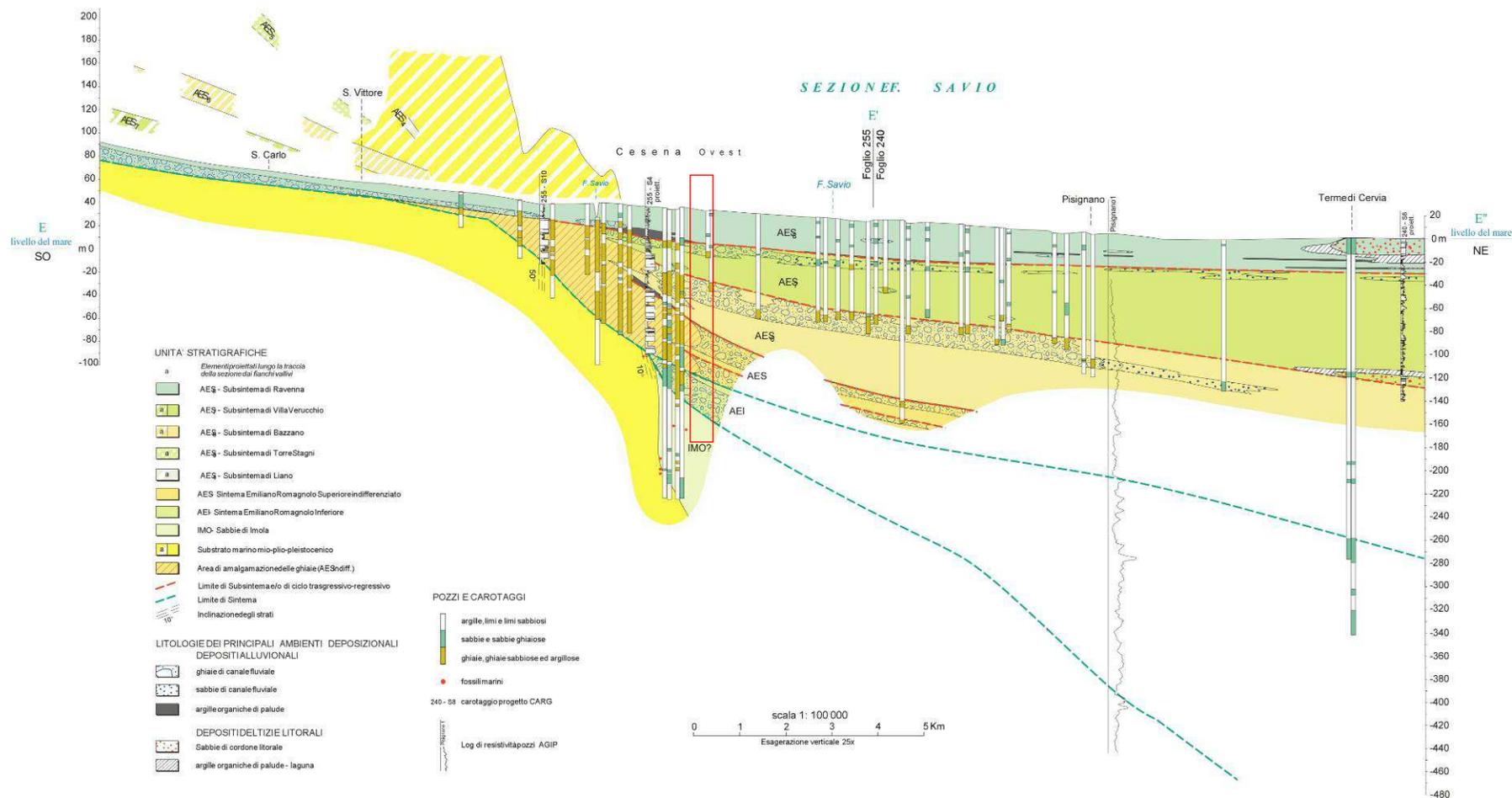


Figura 2. Sezione geologica n. 57 (scala grafica). Da <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/>

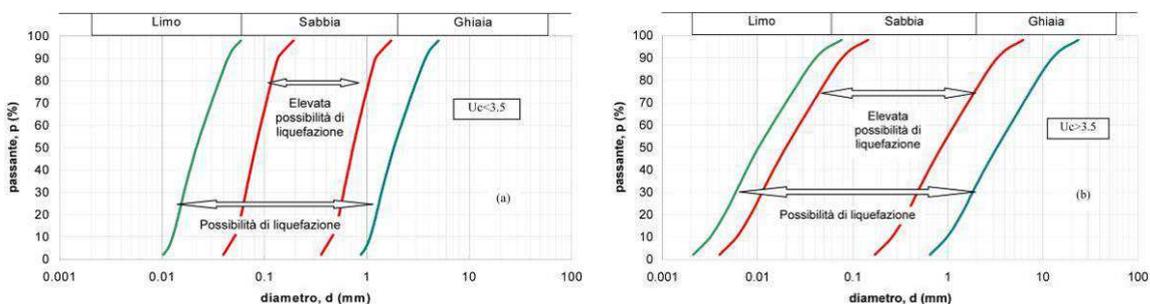
### 3. SUSCETTIBILITÀ AI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

#### 3.1 Premessa

In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

In base ad D.M. 14/01/2008, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanza:

- eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ , dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .



a)

b)

Nel caso in esame, non essendo nelle condizioni sopra elencate, verrà valutato il coefficiente di sicurezza alla liquefazione ( $F_L$ ) adottando metodi di analisi semplificata in termini di tensioni totali. Tali metodi sono basati su prove geotecniche di tipo corrente e sulla valutazione, ad ogni profondità  $z$  del deposito compreso nei primi 20 m, del coefficiente di sicurezza:

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

$$F_L = \frac{CRR}{CSR}, \text{ dove:}$$

- $CRR = \frac{\tau_{ult}}{\sigma_v}$ , è la resistenza normalizzata alla pressione verticale efficace iniziale;
- $CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma_v} = \frac{0.65 \cdot \tau_{max}}{\sigma_v}$ , è la tensione normalizzata indotta dal terremoto.

I risultati delle analisi saranno presentati riportando l'andamento con la profondità del fattore di sicurezza (FS) alla liquefazione per ciascuna delle verticali indagate e determinando anche l'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z) \cdot w(z) \cdot dz, \text{ in cui:}$$

- $z$  è la profondità dal piano campagna in metri variabile da 0 a 20.0 m. L'analisi di liquefazione considera i terreni presenti nei primi 20 m di profondità in accordo alle indicazioni di letteratura tecnica secondo cui oltre questa profondità sono poco probabili fenomeni di liquefazione significativi;
- $w(z) = 10 - 0.5 \cdot z$ ;
- $F = 1 - F_L$  se  $F_L \leq 1.0$  ovvero  $F = 0$  se  $F_L > 1.0$ .

Il potenziale di liquefazione  $I_L$  fornisce una valutazione "integrale" degli effetti della liquefazione. In accordo con Iwasaki (1982), il rischio di liquefazione può essere così stimato:

- $I_L \leq 1$  molto basso;
- $1 < I_L \leq 5$  basso;
- $5 < I_L \leq 15$  elevato;
- $I_L > 15$  estremamente elevato.

Nel seguito sono descritti brevemente i metodi utilizzati per la stima del rapporto di tensione ciclica CSR e della resistenza ciclica CRR in accordo a quanto proposto dal NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research) nel workshop del 1996.

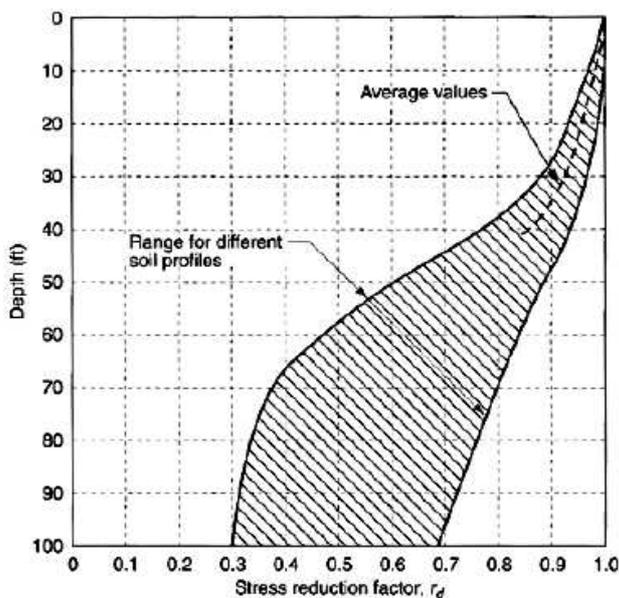
Operativamente le analisi di liquefazione sono state sviluppate con il programma di calcolo LiquefyPro della CivilTech Software, Washington State, USA.

### 3.2 Valutazione del rapporto di tensione ciclica CSR

Il rapporto di tensione ciclica, ad una determinata profondità, può essere valutato attraverso la seguente espressione (Seed e Idriss, 1971):

$$CSR = 0.65 \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot r_d, \text{ dove:}$$

- $a_{max}$  è l'accelerazione massima del terremoto di progetto;
- $\sigma_v$  e  $\sigma'_v$  sono rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale;
- $r_d$  è un coefficiente correttivo che tiene conto della deformabilità del sottosuolo che può essere assunto pari a:



$$r_d = 1.0 - 0.00765 \cdot z \quad \text{for } z \leq 9.15 \text{ m}$$

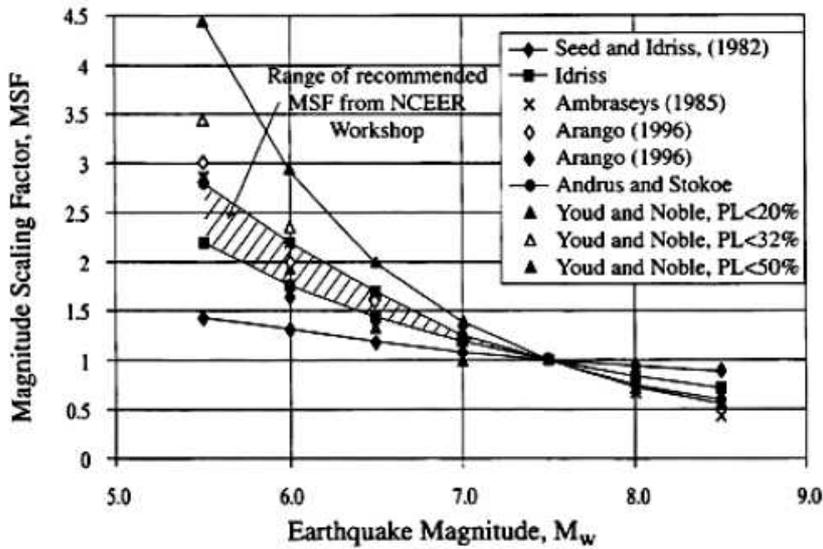
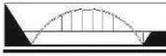
$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z \quad \text{for } 9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.744 - 0.008 \cdot z \quad \text{for } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0.5 \quad \text{for } z > 30 \text{ m}$$

### 3.3 Valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR

Il rapporto di resistenza ciclica può essere stimato sulla base di prove SPT, CPT e da misura della velocità delle onde di taglio. Poiché le procedure semplificate sono state elaborate sulla base di osservazioni sul comportamento dei depositi durante eventi sismici con magnitudo  $M=7.5$ , per eventi di magnitudo diversa si introduce un coefficiente correttivo MSF così definito:



$$CRR_M = CRR_{7.5} \cdot MSF,$$

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$$

### 3.3.1 CRR da prove penetrometriche statiche CPT

La procedura di calcolo, a partire dai valori desunti dalle prove CPT, ed in accordo con il metodo di Robertson e Wride (1997), prevede i seguenti step:

Step 1: procedura iterativa per la stima del parametro di comportamento  $I_c$  del terreno

Il parametro di comportamento del terreno  $I_c$  è definito in funzione di  $Q$  e dell'esponente  $n$  come risulta dalla relazione seguente:

$$I_c = [(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log R_f)^2]^{0.5}, \text{ dove:}$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_v}{100} \cdot \left(\frac{100}{\sigma_v}\right)^n \text{ e } R_f = \frac{f_s}{(q_{c1f} - \sigma_v)} \cdot 100\%$$

L'esponente  $n$  varia tra 0.5 per sabbie pulite e 1.0 per terreni argillosi. Robertson e Wride suggeriscono di considerare, in prima approssimazione,  $n=1.0$  e calcolare l'indice  $I_c$ . Se il risultato  $I_c$  è maggiore di 2.6 il materiale è classificato come argilloso, con scarsa probabilità di liquefare. Se il valore di  $I_c$  è minore di 2.6 il terreno è probabilmente di tipo a grana grossa e il parametro  $Q$  deve essere ricalcolato assumendo  $n=0.5$ . Se il nuovo valore  $I_c$  è maggiore di 2.6 il terreno è probabilmente di tipo limoso e plastico e l'analisi va ripetuta per  $n=0.75$ .

Step 2: normalizzazione della resistenza di punta

La resistenza di punta  $q_c$  viene normalizzata con la relazione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{100} \cdot \left(\frac{100}{\sigma_v}\right)^n$$

Step 3: correzione della resistenza di punta in base al contenuto di fine

La resistenza di punta viene corretta sulla base della relazione:

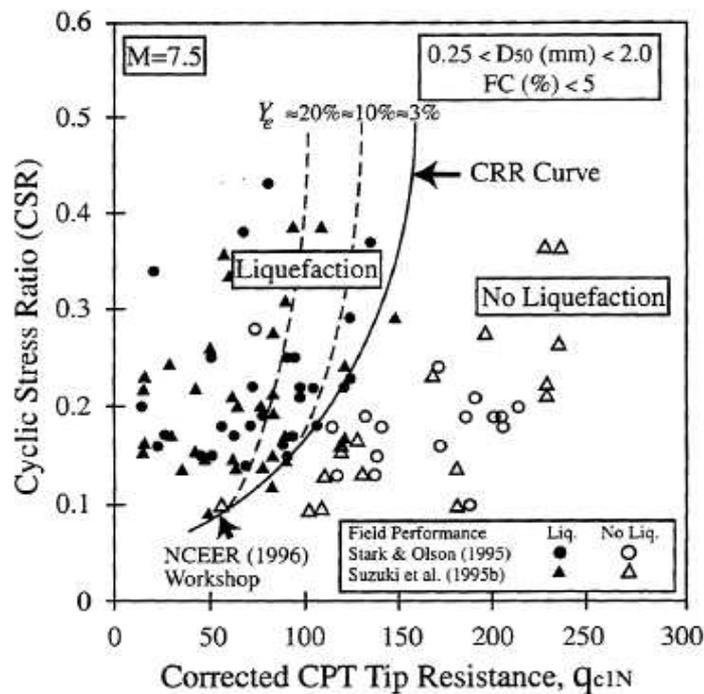
$$(q_{C1N})_f = K_C \times q_{C1N}, \text{ dove:}$$

$K_C=1.0$  per  $I_C < 1.64$ , oppure

$$K_C = -0.403 \times I_C^4 + 5.581 \times I_C^3 - 21.63 \times I_C^2 + 33.75 \times I_C - 17.88$$

Step 4: calcolo di  $CRR_{7.5}$

La resistenza ciclica viene determinata con riferimento al grafico seguente:



### 3.4 Considerazioni in merito alla stima dei cedimenti per effetto del sisma

In letteratura tecnica esistono diversi metodi per la stima dei cedimenti dovuti al sisma; fra questi si ricorda quello di Tokimatsu (M-correction), che rappresenta una variante al metodo di Tokimatsu e Seed (1987).

Il cedimento di ogni strato è calcolato moltiplicando la deformazione volumetrica per lo spessore di ogni strato.

$$S_{sat} = \frac{\varepsilon_C}{100} \cdot dz, \text{ dove:}$$

$S_{sat}$  è il cedimento del terreno saturo;

$\varepsilon_C$  è la deformazione volumetrica in percentuale;  $dz$  è lo spessore dello strato di terreno.

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

## 3.5 Analisi di liquefazione

Le indagini disponibili evidenziano la presenza di depositi sabbiosi e limoso-sabbiosi potenzialmente liquefacibili fino alla profondità di 20 metri circa dal piano di campagna. Le analisi sono state sviluppate in riferimento alle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono eseguite nella campagna indagini eseguite nel 2014.

### 3.5.1 Parametri di base per le analisi di liquefazione

Nelle analisi di liquefazione intervengono i parametri nel seguito descritti.

#### Peso di volume del terreno

Nelle analisi svolte si è considerato cautelativamente un valore  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ;

#### Accelerazione massima

Facendo riferimento alla Relazione geologica (codice elab. S14043-PP-RE001-0), in funzione del valore di  $V_{s,30}$  i terreni in sito sono classificabili come suolo di tipo "C". Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

Per quanto riguarda le caratteristiche strutturali delle opere in progetto, in accordo al D.M. 14/01/2008, è stato assunto un valore di Vita Nominale  $V_{N \geq 50}$  anni ed una classe d'uso II, caratterizzata cioè da un valore  $C_U = 1$ , per cui risulta un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a:

$$V_R = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$$

Definito il coefficiente  $S$  come il prodotto del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_S$  e del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  (nel caso in esame pari a 1 essendo in pianura):

$$S = S_S \times S_T$$

risulta un'accelerazione massima al suolo per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) pari a:

$$a_{g,max} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g = 1.418 \times 1.000 \times 0.195g = 0.277g$$

dove  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido calcolata sulla base delle coordinate del sito (lat. 44.1659; long. 12.2176) e del periodo di ritorno dell'evento sismico. Tale accelerazione, nel periodo di riferimento  $V_R = 50$  anni, ha una probabilità di superamento  $P_{VR}$  del 10% a cui corrisponde un evento sismico con periodo di ritorno  $T_R$  di 475 anni.

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

### Magnitudo di riferimento

Facendo riferimento alle sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti, descritte al paragrafo precedente, può essere considerata come magnitudo di riferimento la magnitudo massima attesa per la sorgente sismogenetica più vicina all'area in oggetto. In questo caso, si tratta della sorgente Riminese onshore (ITCS039, Figura 3), caratterizzata da una magnitudo massima attesa  $M_w=5.7$ , come indicato in Figura 4.

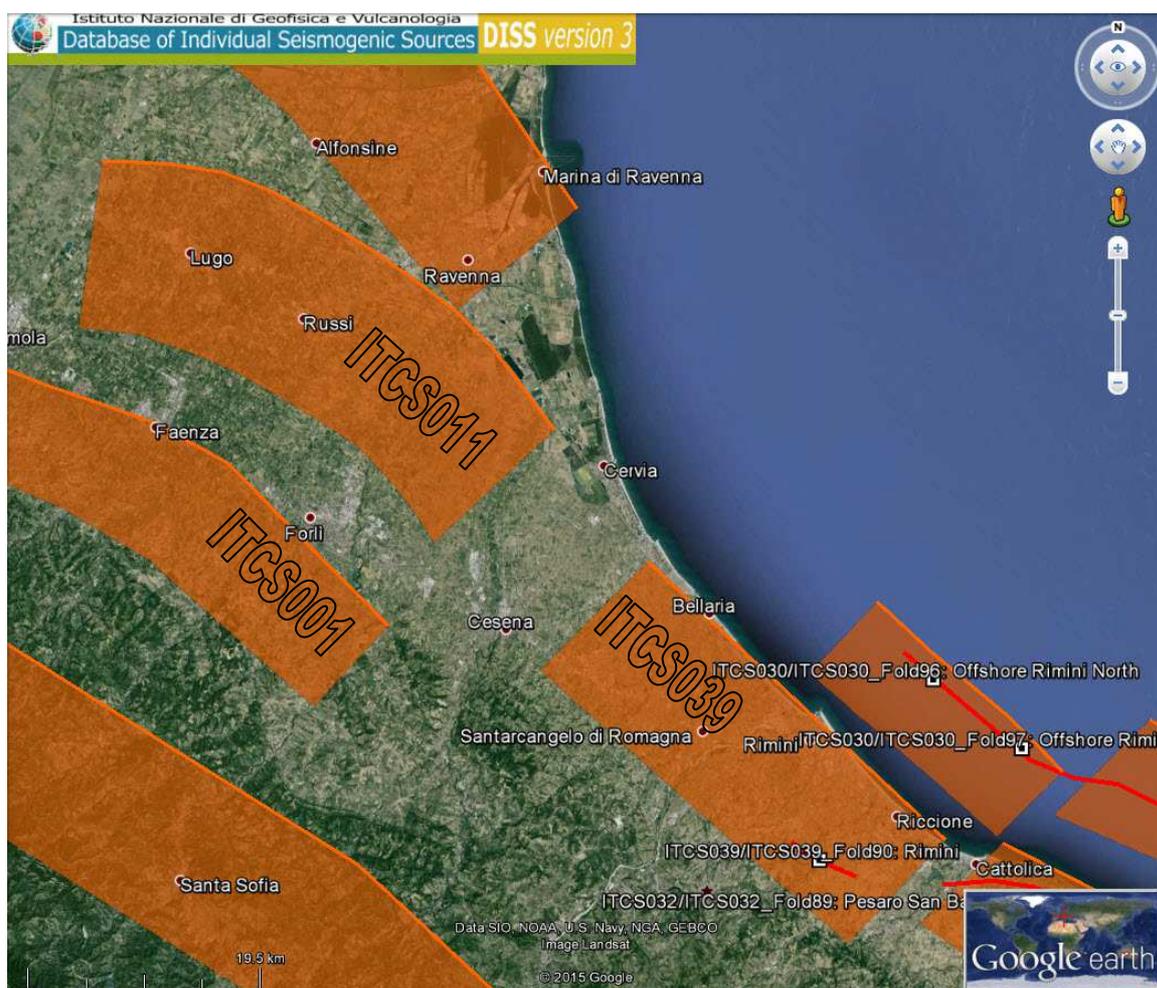


Figura 3. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" per l'area in oggetto

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

**DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS039 - Riminese onshore**

[Source Info Summary](#)     [Commentary](#)     [References](#)     [Pictures](#)

General information		
<b>Code</b>	ITCS039	
<b>Name</b>	Riminese onshore	
<b>Compiled By</b>	Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano	
<b>Latest Update</b>	03/08/2006	
Parametric information		
	Parameter	Qual. Evidence
<b>Min Depth (km)</b>	3	OD Based on geological data.
<b>Max Depth (km)</b>	7	OD Based on geological data.
<b>Strike (deg)</b>	120 - 140	OD Based on geological data from various authors.
<b>Dip (deg)</b>	25 - 35	OD Based on geological data from various authors.
<b>Rake (deg)</b>	80 - 100	OD Based on geological data.
<b>Slip Rate (mm/y)</b>	0.1 - 0.5	EJ Derived from geological data concerning adjacent structures.
<b>Max Magnitude (Mw)</b>	5.7	LD Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).
<b>Q-keys:</b>	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement	

Figura 4. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica Riminese onshore (ITCS039)

Contenuto di fine ( $F_c$ )

L'analisi di liquefazione richiede la determinazione del contenuto di fine, inteso come passante al setaccio ASTM 200 (0,074 mm); esso è stato determinato con la procedura proposta da Robertson e descritta al paragrafo 3.3.1.

Livello di falda

In riferimento a quanto indicato nella Relazione Geologica, ed in funzione del monitoraggio piezometrico realizzato negli ultimi sei mesi all'interno del tubo piezometrico installato nella verticale BH3 (indicato in Tabella 3), è stato assunto, nelle analisi, il livello di falda massimo misurato, pari a 1.70 metri da p.c., cioè il valore massimo riscontrato nel periodo invernale a seguito di intense precipitazioni atmosferiche.

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

### 3.5.2 Risultati delle analisi

In Appendice 1 si riportano le sintesi delle analisi di liquefazione svolte, in termini di rapporto di resistenza ciclica (CRR), rapporto di tensione ciclica (CSR), fattore di sicurezza alla liquefazione ( $F_L$ ) e i cedimenti attesi sulla verticale analizzata in caso di sisma con magnitudo di progetto.

In Tabella 1 si riportano i valori relativi alla valutazione della pericolosità di liquefazione in termini integrali (potenziale di liquefazione  $I_L$ ) e di cedimenti attesi in caso di sisma di progetto.

Tabella 1. Potenziale di liquefazione  $I_L$  e cedimenti attesi per il terremoto di progetto

Prova	$I_L$	Cedimento atteso (cm)
CPTU1	1.95	1.43
CPTU2	0.00	0.00
CPTU3	0.56	1.45
CPTU4	2.07	4.03
CPTU5	0.94	1.25

I valori del potenziale di liquefazione  $I_L$  sulle cinque verticali indagate risultano compresi tra 0.00 e 2.07 che, in accordo alla classificazione di Iwasaki (1982), significa un rischio nei confronti della liquefazione da molto basso a basso; il valore medio del potenziale di liquefazione  $I_L$  sulle cinque verticali indagate risulta pari a 1.10 (Figura 5).

Per quanto riguarda il cedimento atteso in superficie, per il terremoto di progetto, i valori risultano compresi tra 0.0 e 4.0 cm.

Di tali valori si dovrà tenere conto nelle successive fasi progettuali.

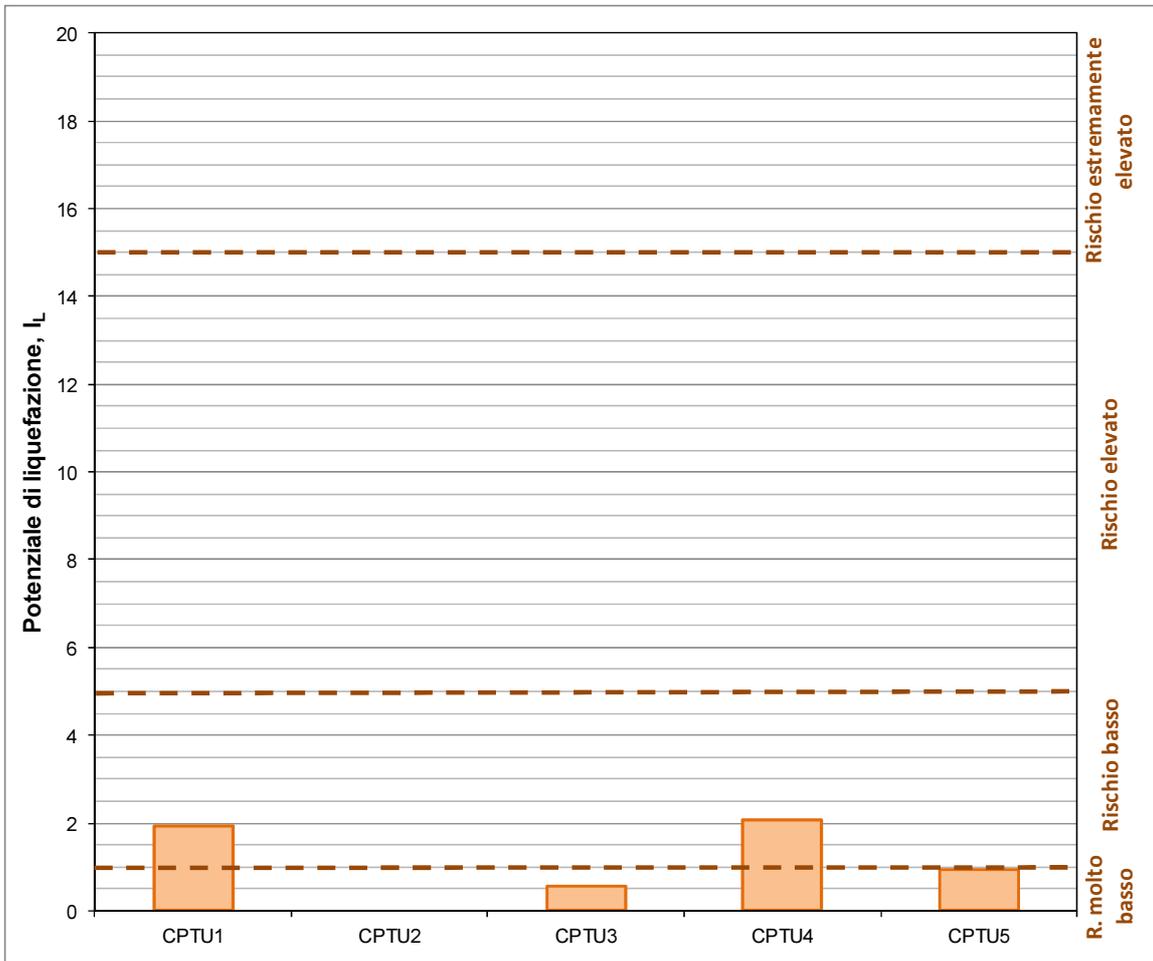


Figura 5. Rischio di liquefazione per le cinque verticali analizzate



## 4. MODELLAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 Parametri geotecnici preliminari

Sulla base delle indagini effettuate in sito ed in laboratorio e allegate alla Relazione Geologico-Geotecnica, si riportano, nella seguente Tabella, i principali parametri geotecnici preliminari attribuibili alle singole unità litostratigrafiche individuate.

Si ricorda che le indagini geognostiche per loro natura hanno carattere puntuale; per questo motivo i parametri indicati possono essere localmente diversi da quelli stimati.

Tabella 2. Parametri geotecnici preliminari

Unità	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$E'$ [MPa]
1	18.5-19.0	60	24	5-10	5
2	19.0-19.5	45	24-25	2-5	4
3	19.5-20.0	80	24	5-10	8
4	19.5-20.0	40-60	24	2	4-8
5	19.5-20.0	50	28	2	15-25
6	19.0-20.0	---	30	---	20-30
7	19.0-19.5	60-90	26	8	10-15
8	19.0-20.0	---	35	---	60-100
9	19.5-21.0	100	26	10	20-50

Legenda della tabella sopra riportata:

- $\gamma$  = peso di volume del terreno [kN/m<sup>3</sup>];
- $c_u$  = coesione non drenata [kPa];
- $\phi'$  = angolo d'attrito interno [°];
- $c'$  = coesione [kPa];
- $E'$  = modulo di deformazione drenato [MPa].

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

## 4.2 Livello della falda misurato

Nella seguente Tabella 3 si riporta il monitoraggio piezometrico realizzato negli ultimi sei mesi all'interno del tubo piezometrico installato nella verticale BH3.

Tabella 3. Monitoraggio piezometrico nel foro BH3

<b>Data</b>	<b>10/09/14</b>	<b>13/11/14</b>	<b>15/12/14</b>	<b>29/01/15</b>	<b>02/03/15</b>
<b>Livello falda [m. da p.c.]</b>	3.50	3.75	2.85	2.35	1.70

Nelle valutazioni che seguono è stato assunto nelle analisi il livello di falda massimo misurato, pari a 1.70 metri da p.c. cioè il valore massimo riscontrato nel periodo invernale a seguito di intense precipitazioni atmosferiche.

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

### 4.3 Aspetto geologico-geotecnico delle opere

Nell'area in oggetto è prevista la futura realizzazione di un nuovo comparto industriale per la lavorazione di prodotti ortofrutticoli, per conto di Orogel soc. coop. agr., in ampliamento di quello esistente.

Il comparto sarà costituito principalmente dai seguenti fabbricati:

1. Fabbricati di lavorazione del prodotto;
2. Fabbricati tecnologici per gli impianti;
3. Fabbricati logistici e di servizi per lo smistamento del prodotto;
4. Celle di conservazione frigorifere completamente automatizzate.

Con particolare riferimento alla tipologia geologica-geotecnica dei terreni individuati nell'area in oggetto, si possono ipotizzare, a seconda della tipologia di fabbricato prevista le seguenti tipologie fondazionali:

1. I Fabbricati di lavorazione, tecnologici e logistici/servizi saranno realizzati prevalentemente su n°2 piani fuori terra, con tradizionali e consolidate metodologie costruttive.

Per tali fabbricati, non conoscendo allo stato attuale né carichi, né dimensioni delle strutture, si prevedono preliminarmente, come già realizzato in fabbricati analoghi nelle vicinanze, fondazioni superficiali a plinto o a trave rovescia.

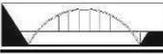
Nel caso di particolari situazioni, quali ad esempio carichi in fondazione di intensità rilevante o prescritti vincoli restrittivi per i cedimenti in esercizio, potrà essere necessario ricorrere a fondazioni profonde.

Sarà onere del progettista esecutivo il dimensionamento, anche geotecnico, delle fondazioni in questione.

2. Riguardo invece le celle di conservazione frigorifere, sia per le dimensioni, sia soprattutto per i ristretti vincoli da rispettare in termini di cedimenti differenziali per il corretto esercizio dell'automazione di codesti impianti, si prevede la necessità di un consolidamento del terreno, ad esempio, tramite pali in calcestruzzo quali riduttori dei cedimenti.

Secondo l'esperienza delle precedenti due celle già realizzate nello stabilimento Orogel di Pievesestina, sarà necessario, al fine di ridurre i cedimenti differenziali entro i limiti richiesti, la realizzazione di pali in calcestruzzo a maglia quadrata o rettangolare (circa 4.0x4.0m) della lunghezza variabile da circa 20m a circa 30m di profondità al di sotto della platea di fondazione.

Anche in questo caso, sarà onere del progettista esecutivo il dimensionamento, anche geotecnico, delle fondazioni in questione.

 <b>ENSER</b> <small>SOCIETÀ DI INGEGNERIA</small>	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

In definitiva, come già espresso, nel parere di fattibilità della Relazione geologica-geotecnica, vista la tipologia dei terreni riscontrati e la tipologia consueta dei fabbricati da realizzarsi, l'area è certamente da ritenersi, sotto l'aspetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, sismico e geotecnico, idonea agli scopi previsti dal presente progetto.

#### **4.4 Valutazione di massima sulle fondazioni**

Nel presente paragrafo si riporta una valutazione di massima della capacità portante e dei cedimenti per diverse tipologie di fondazioni superficiali.

Si riporta inoltre una prima valutazione di massima della capacità portante di pali di fondazione, qualora se ne renda necessario l'utilizzo.

È inteso che carichi di entità significativa o limiti funzionali significativi sui cedimenti assoluti e/o differenziali presupporranno, viste le caratteristiche geotecniche dei terreni in oggetto, la realizzazione di opere di consolidamento del terreno, quali ad esempio palificate come riduttori dei cedimenti, o strutturali nel caso di carichi significativi trasmessi in fondazione.

In assenza delle azioni di progetto sulle fondazioni e delle dimensioni delle stesse, non risulta possibile eseguire in questa fase le verifiche di capacità portante delle fondazioni, che, ai fini della progettazione esecutiva, saranno onere del progettista strutturale.

Nel seguito, al fine puramente indicativo per un pre-dimensionamento delle fondazioni superficiali, si riportano le verifiche di capacità portate di plinti e di travi nastriformi di varie dimensioni sottoposti ad un solo carico centrato verticale.

Si sottolinea come, azioni di taglio quali quelle dovute al sisma, al vento o all'azione di carroponete, possono comportare una riduzione significativa della capacità portante delle fondazioni, per tale motivo i risultati di seguito riportati sono da intendersi limiti superiori e sono validi per il solo pre-dimensionamento delle fondazioni.

Le valutazioni di capacità portante sono svolte sia con i parametri di breve termine (condizioni non drenate), che con quelli di lungo termine (condizioni drenate), anche se le prime risultano certamente più critiche rispetto le verifiche a lungo termine.

Secondo il D.M. 14/01/2008, le capacità portanti delle fondazioni superficiali possono essere svolte secondo i seguenti due approcci:

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

La rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

(A1+M1+R3).

Nel caso specifico si consiglia di eseguire le verifiche secondo l'**Approccio 2**, il cui coefficiente parziale minimo è riportato nella seguente Tabella.

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

#### 4.4.1 Capacità portante e cedimenti di plinti superficiali

Sono analizzati plinti con approfondimento da piano campagna di 2.0m e di dimensioni quadrate 2.0x2.0, 3.0x3.0, 4.0x4.0, 5.0x5.0 m.

Nel seguito si riporta la sintesi dei risultati di capacità portante, secondo le ipotesi precedentemente indicate.

A titolo puramente indicativo, in Tabella 4, si riporta anche la stima del cedimento di lungo termine valutato secondo le ipotesi sopradette, per un carico pari a 1000 kN.

Tabella 4. Capacità portante di progetto  $Q_{Rd}$  [kPa] e Cedimenti [cm]

CAPACITA' PORTANTE PLINTI secondo D.M. 2008					
CARICO VERTICALE	1000	kN			
APPROFONDIMENTO	2.0	m			
COEFFICIENTE $\gamma_R$	2.3	-			
PLINTO	CEDIMENTO	$Q_{LIM}$ condizioni DRENATE	$Q_{Rd}$ condizioni DRENATE	$Q_{LIM}$ condizioni NON DRENATE	$Q_{Rd}$ condizioni NON DRENATE
	[cm]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
2.0 x 2.0 m	4.6	700.1	<b>304.4</b>	444.2	<b>193.1</b>
3.0 x 3.0 m	2.3	677.9	<b>294.7</b>	437.4	<b>190.2</b>
4.0 x 4.0 m	0.9	679.3	<b>295.4</b>	418.6	<b>182.0</b>
5.0 x 5.0 m	0.2	687.6	<b>299.0</b>	393.9	<b>171.3</b>

	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

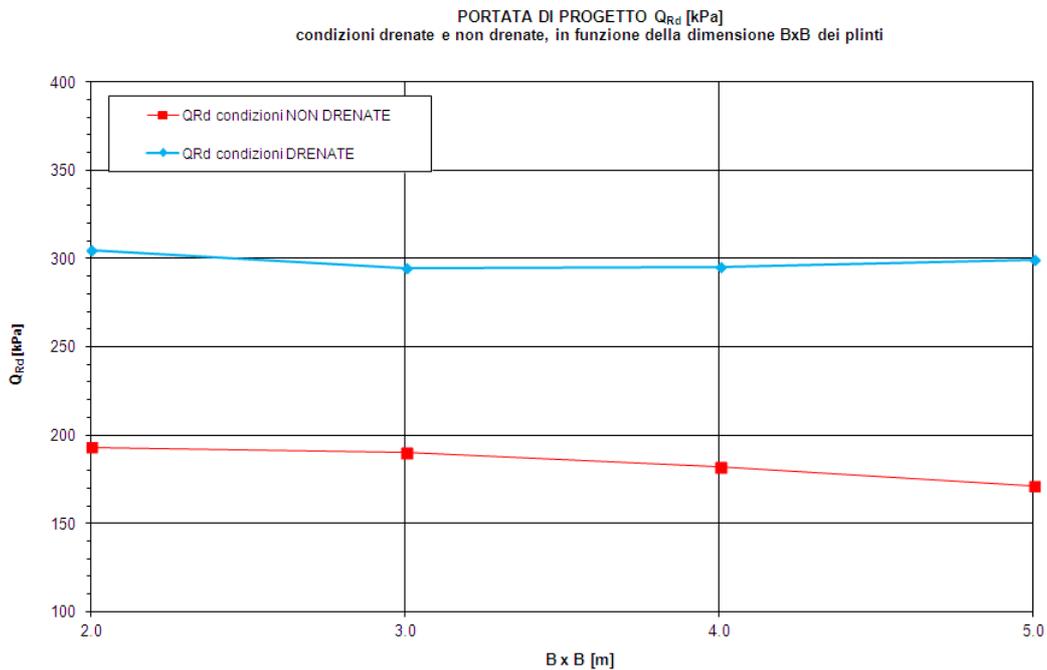


Figura 6. Capacità portante di progetto  $Q_{Rd}$  [kPa]

#### 4.4.2 Capacità portante e cedimenti di travi nastriformi

Sono analizzati travi nastriformi con approfondimento da piano campagna di 2.0m e di larghezza di 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 m.

Nel seguito si riporta la sintesi dei risultati di capacità portante, secondo le ipotesi precedentemente indicate.

A titolo puramente indicativo, in Tabella 5, si riporta anche la stima del cedimento di lungo termine valutato secondo le ipotesi sopradette, per un carico pari a 1000 kN.

Tabella 5. Capacità portante di progetto  $Q_{Rd}$  [kPa] e Cedimenti [cm]

CAPACITA' PORTANTE TRAVI secondo D.M. 2008					
CARICO VERTICALE	1000	kN			
APPROFONDIMENTO	2.0	m			
COEFFICIENTE $\gamma_R$	2.3	-			
LARGHEZZA TRAVE	CEDIMENTO	$Q_{LIM}$ condizioni DRENATE	$Q_{Rd}$ condizioni DRENATE	$Q_{LIM}$ condizioni NON DRENATE	$Q_{Rd}$ condizioni NON DRENATE
	[cm]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
2.0 m	1.0	583.8	<b>253.8</b>	395.7	<b>172.1</b>
3.0 m	0.4	593.5	<b>258.0</b>	399.3	<b>173.6</b>
4.0 m	0.1	620.7	<b>269.9</b>	391.4	<b>170.2</b>
5.0 m	0.0	651.4	<b>283.2</b>	376.9	<b>163.9</b>

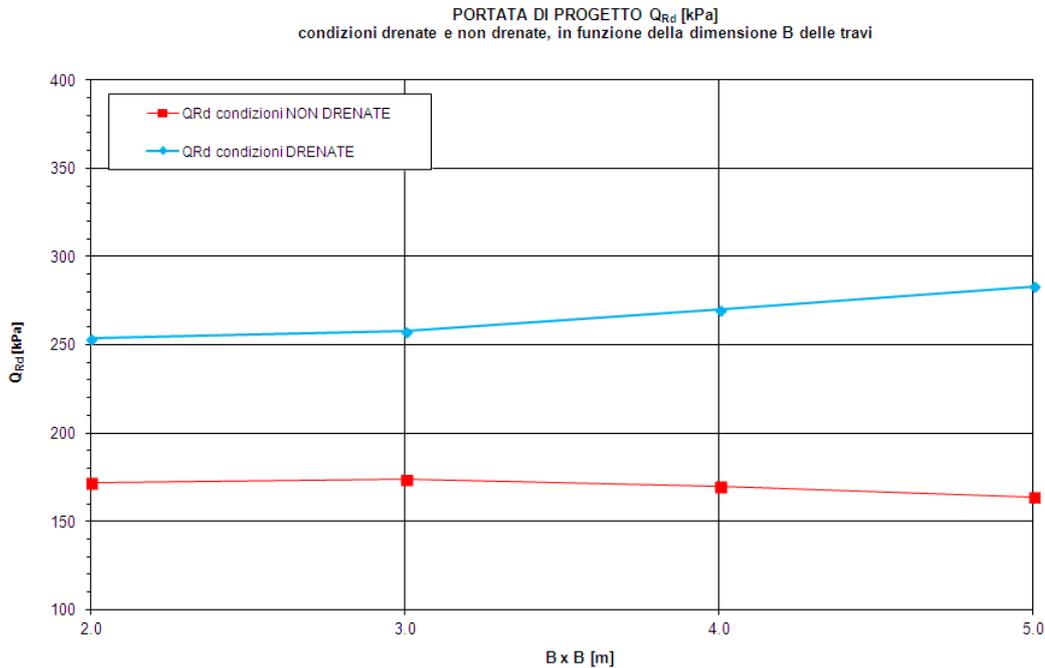


Figura 7. Capacità portante di progetto  $Q_{Rd}$  [kPa]

#### 4.4.3 Capacità portante di pali di fondazione

Il calcolo di capacità portante è svolto con riferimento a quanto indicato al Par. 6.4.3 delle NTC, secondo i coefficienti riportati in Tabella 6.4.II e 6.4.IV.

Per la definizione del numero di verticali indagate e quindi dei fattori di correlazione  $\xi$  di cui alla Tabella 6.4.IV delle NTC, il calcolo di capacità portante è svolto con riferimento alle indagini eseguite nelle varie campagne, cioè complessivamente più di n°10, cui corrispondono i seguenti fattori di correlazione  $\xi$  da utilizzare nelle capacità portanti per la determinazione della resistenza caratteristica:

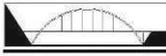
- $\xi_3 = 1.40$ ;
- $\xi_4 = 1.21$ .

I pali risultano approfonditi rispetto al p.c. di -1.0 m.

La falda è assunta a -1.7 m dal piano campagna.

Il calcolo di capacità portante è svolto con riferimento alle "Raccomandazioni sui pali di fondazione" AGI 1984.

Nel seguito si riportano i risultati del calcolo della capacità portante di progetto a compressione, per i pali di fondazione trivellati ad elica continua  $\varnothing 800$  mm.



**ENSER**  
SOCIETA' DI INGEGNERIA

**Committente:** OROGEL Soc. Coop.va Agr.

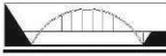
**Lavoro:** Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata

**Documento:** Integrazioni alla Relazione geologica

**Codice:** S14043-PP-RE002-0  
**Data:** 11/03/2015

GEOMETRIA PALO															
$\phi =$	800	mm	Circ =	2.513	m	Dist. pc - Testa palo =	1.0	m	$y [m] =$	19.0					
$\gamma_{salo} =$	16	kN/m <sup>3</sup>	Area =	0.503	m <sup>2</sup>	Dist. Falda da pc =	1.0	m							
VERTICALE STRATIGRAFICA: Stratigrafia media															
Stratigrafia da testa palo				Parametri					Pressioni			Parametri M1			
n	da	a	H	$\phi'_k$	$c'_k$	$c_{uk}$	$\gamma$	k	$\sigma'_v$	$\sigma'_{v,m}$	$\sigma'_{v,m}$	$\tan(\phi)_s$	$c'_{sd}$	$c_{sd}$	$\gamma_s$
	m	m	m	°	kPa	kPa	kN/mc	-	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa	kN/mc
1	0.00	0.50	0.50	0.0	0.0	60.0	19.0		28.5	28.5	14.3	0.00	0.0	60.0	19.0
1	0.70	1.00	0.30	0.0	0.0	60.0	19.0		34.2	34.2	31.4	0.00	0.0	60.0	19.0
1	1.00	1.50	0.50	0.0	0.0	60.0	9.0		43.7	38.7	36.5	0.00	0.0	60.0	9.0
1	1.50	2.00	0.50	0.0	0.0	60.0	9.0		53.2	43.2	41.0	0.00	0.0	60.0	9.0
1	2.00	2.50	0.50	0.0	0.0	60.0	9.0		62.7	47.7	45.5	0.00	0.0	60.0	9.0
1	2.50	3.00	0.50	0.0	0.0	60.0	9.0		72.2	52.2	50.0	0.00	0.0	60.0	9.0
2	3.00	3.50	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		81.7	56.7	54.5	0.00	0.0	45.0	9.0
2	3.50	4.00	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		91.2	61.2	59.0	0.00	0.0	45.0	9.0
2	4.00	4.50	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		100.7	65.7	63.5	0.00	0.0	45.0	9.0
2	4.50	5.00	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		110.2	70.2	68.0	0.00	0.0	45.0	9.0
2	5.00	5.50	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		119.7	74.7	72.5	0.00	0.0	45.0	9.0
2	5.50	6.00	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		129.2	79.2	77.0	0.00	0.0	45.0	9.0
2	6.00	6.50	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		138.7	83.7	81.5	0.00	0.0	45.0	9.0
2	6.50	7.00	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		148.2	88.2	86.0	0.00	0.0	45.0	9.0
2	7.00	7.50	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		157.7	92.7	90.5	0.00	0.0	45.0	9.0
2	7.50	8.00	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		167.2	97.2	95.0	0.00	0.0	45.0	9.0
2	8.00	8.50	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		176.7	101.7	99.5	0.00	0.0	45.0	9.0
2	8.50	9.00	0.50	0.0	0.0	45.0	9.0		186.2	106.2	104.0	0.00	0.0	45.0	9.0
3	9.00	9.50	0.50	0.0	0.0	80.0	9.5		196.0	111.0	108.6	0.00	0.0	80.0	9.5
3	9.50	10.00	0.50	0.0	0.0	80.0	9.5		205.7	115.7	113.3	0.00	0.0	80.0	9.5
4	10.00	10.50	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		215.5	120.5	118.1	0.00	0.0	50.0	9.5
4	10.50	11.00	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		225.2	125.2	122.8	0.00	0.0	50.0	9.5
4	11.00	11.50	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		235.0	130.0	127.6	0.00	0.0	50.0	9.5
4	11.50	12.00	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		244.7	134.7	132.3	0.00	0.0	50.0	9.5
4	12.00	12.50	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		254.5	139.5	137.1	0.00	0.0	50.0	9.5
4	12.50	13.00	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		264.2	144.2	141.8	0.00	0.0	50.0	9.5
4	13.00	13.50	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		274.0	149.0	146.6	0.00	0.0	50.0	9.5
4	13.50	14.00	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		283.7	153.7	151.3	0.00	0.0	50.0	9.5
4	14.00	14.50	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		293.5	158.5	156.1	0.00	0.0	50.0	9.5
4	14.50	15.00	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		303.2	163.2	160.8	0.00	0.0	50.0	9.5
4	15.00	15.50	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		313.0	168.0	165.6	0.00	0.0	50.0	9.5
4	15.50	16.00	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		322.7	172.7	170.3	0.00	0.0	50.0	9.5
4	16.00	16.50	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		332.5	177.5	175.1	0.00	0.0	50.0	9.5
4	16.50	17.00	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		342.2	182.2	179.8	0.00	0.0	50.0	9.5
4	17.00	17.50	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		352.0	187.0	184.6	0.00	0.0	50.0	9.5
4	17.50	18.00	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		361.7	191.7	189.3	0.00	0.0	50.0	9.5
4	18.00	18.50	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		371.5	196.5	194.1	0.00	0.0	50.0	9.5
4	18.50	19.00	0.50	0.0	0.0	50.0	9.5		381.2	201.2	198.8	0.00	0.0	50.0	9.5
5	19.00	19.50	0.50	28.0	0.0	0.0	9.5	0.6	391.0	206.0	203.6	0.53	0.0	0.0	9.5
5	19.50	20.00	0.50	28.0	0.0	0.0	9.5	0.6	400.7	210.7	208.3	0.53	0.0	0.0	9.5
5	20.00	20.50	0.50	28.0	0.0	0.0	9.5	0.6	410.5	215.5	213.1	0.53	0.0	0.0	9.5
5	20.50	21.00	0.50	28.0	0.0	0.0	9.5	0.6	420.2	220.2	217.8	0.53	0.0	0.0	9.5
7	21.00	21.50	0.50	0.0	0.0	60.0	9.0		429.7	224.7	222.5	0.00	0.0	60.0	9.0
7	21.50	22.00	0.50	0.0	0.0	60.0	9.0		439.2	229.2	227.0	0.00	0.0	60.0	9.0
7	22.00	22.50	0.50	0.0	0.0	90.0	9.0		448.7	233.7	231.5	0.00	0.0	90.0	9.0
7	22.50	23.00	0.50	0.0	0.0	90.0	9.0		458.2	238.2	236.0	0.00	0.0	90.0	9.0
7	23.00	23.50	0.50	0.0	0.0	90.0	9.0		467.7	242.7	240.5	0.00	0.0	90.0	9.0
7	23.50	24.00	0.50	0.0	0.0	90.0	9.0		477.2	247.2	245.0	0.00	0.0	90.0	9.0
7	24.00	24.50	0.50	0.0	0.0	90.0	9.0		486.7	251.7	249.5	0.00	0.0	90.0	9.0
7	24.50	25.00	0.50	0.0	0.0	90.0	9.0		496.2	256.2	254.0	0.00	0.0	90.0	9.0
8	25.00	25.50	0.50	35.0	0.0	0.0	9.5	0.6	506.0	261.0	258.6	0.70	0.0	0.0	9.5
8	25.50	26.00	0.50	35.0	0.0	0.0	9.5	0.6	515.7	265.7	263.3	0.70	0.0	0.0	9.5
8	26.00	26.50	0.50	35.0	0.0	0.0	9.5	0.6	525.5	270.5	268.1	0.70	0.0	0.0	9.5
8	26.50	27.00	0.50	35.0	0.0	0.0	9.5	0.6	535.2	275.2	272.8	0.70	0.0	0.0	9.5
8	27.00	27.50	0.50	35.0	0.0	0.0	9.5	0.6	545.0	280.0	277.6	0.70	0.0	0.0	9.5
8	27.50	28.00	0.50	35.0	0.0	0.0	9.5	0.6	554.7	284.7	282.3	0.70	0.0	0.0	9.5
8	28.00	28.50	0.50	35.0	0.0	0.0	9.5	0.6	564.5	289.5	287.1	0.70	0.0	0.0	9.5
8	28.50	29.00	0.50	35.0	0.0	0.0	9.5	0.6	574.2	294.2	291.8	0.70	0.0	0.0	9.5
9	29.00	29.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		584.0	299.0	296.6	0.00	0.0	100.0	9.5
9	29.50	30.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		593.7	303.7	301.3	0.00	0.0	100.0	9.5
9	30.00	30.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		603.5	308.5	306.1	0.00	0.0	100.0	9.5
9	30.50	31.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		613.2	313.2	310.8	0.00	0.0	100.0	9.5
9	31.00	31.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		623.0	318.0	315.6	0.00	0.0	100.0	9.5
9	31.50	32.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		632.7	322.7	320.3	0.00	0.0	100.0	9.5
9	32.00	32.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		642.5	327.5	325.1	0.00	0.0	100.0	9.5
9	32.50	33.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		652.2	332.2	329.8	0.00	0.0	100.0	9.5
9	33.00	33.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		662.0	337.0	334.6	0.00	0.0	100.0	9.5
9	33.50	34.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		671.7	341.7	339.3	0.00	0.0	100.0	9.5
9	34.00	34.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		681.5	346.5	344.1	0.00	0.0	100.0	9.5
9	34.50	35.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		691.2	351.2	348.8	0.00	0.0	100.0	9.5
9	35.00	35.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		701.0	356.0	353.6	0.00	0.0	100.0	9.5
9	35.50	36.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		710.7	360.7	358.3	0.00	0.0	100.0	9.5
9	36.00	36.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		720.5	365.5	363.1	0.00	0.0	100.0	9.5
9	36.50	37.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		730.2	370.2	367.8	0.00	0.0	100.0	9.5
9	37.00	37.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		740.0	375.0	372.6	0.00	0.0	100.0	9.5
9	37.50	38.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		749.7	379.7	377.3	0.00	0.0	100.0	9.5
9	38.00	38.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		759.5	384.5	382.1	0.00	0.0	100.0	9.5
9	38.50	39.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		769.2	389.2	386.8	0.00	0.0	100.0	9.5
9	39.00	39.50	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		779.0	394.0	391.6	0.00	0.0	100.0	9.5
9	39.50	40.00	0.50	0.0	0.0	100.0	9.5		788.7	398.7	396.3	0.00	0.0	100.0	9.5

A1C1: A1+M1+R1				A1C2: A2+M1+R2				A2C1: A1+M1+R3			
Yr	1.00	1.00		Yr	1.45	1.60		Yr	1.15	1.30	
L <sub>PALO</sub>	R <sub>es,d</sub>	R <sub>sb,d</sub>	R <sub>c,d</sub>	L <sub>PALO</sub>	R <sub>es,d</sub>	R <sub>sb,d</sub>	R <sub>c,d</sub>	L <sub>PALO</sub>	R <sub>es,d</sub>	R <sub>sb,d</sub>	R <sub>c,d</sub>
m	kN	kN	kN	m	kN	kN	kN	m	kN	kN	kN
0.50	32	201	234	0.50	22	126	148	0.50	28	155	183
1.00	52	200	252	1.00	36	125	161	1.00	45	154	199
1.50	84	201	285	1.50	58	126	184	1.50	73	155	228
2.00	116	201	318	2.00	80	126	206	2.00	101	155	256
2.50	149	202	351	2.50	103	126	229	2.50	129	155	285
3.00	181	203	384	3.00	125	127	251	3.00	157	156	313
3.50	213	155	368	3.50	147	97	244	3.50	185	119	304
4.00	246	155	401	4.00	169	97	266	4.00	214	119	333
4.50	278	156	434	4.50	192	97	289	4.50	242	120	361
5.00	310	156	466	5.00	214	98	312	5.00	270	120	390
5.50	343	157	499	5.50	236	98	334	5.50	298	121	418
6.00	375	157	532	6.00	259	98	357	6.00	326	121	447
6.50	407	158	565	6.50	281	99	379	6.50	354	121	475
7.00	439	158	598	7.00	303	99	402	7.00	382	122	504
7.50	472	159	631	7.50	325	99	425	7.50	410	122	533
8.00	504	159	664	8.00	348	100	447	8.00	438	123	561
8.50	536	160	696	8.50	370	100	470	8.50	466	123	590
9.00	569	161	729	9.00	392	100	493	9.00	495	124	618
9.50	597	161	762	9.50	412	100	515	9.50	520	124	646
10.00	626	161	795	10.00	432	100	537	10.00	544	124	674
10.50	662	179	841	10.50	457	112	568	10.50	576	137	713
11.00	698	179	877	11.00	481	112	593	11.00	607	138	745
11.50	734	180	914	11.50	506	112	619	11.50	638	138	777
12.00	770	180	950	12.00	531	113	644	12.00	669	139	808
12.50	806	181	987	12.50	556	113	669	12.50	701	139	840
13.00	842	182	1023	13.00	580	114	694	13.00	732	140	872
13.50	877	182	1060	13.50	605	114	719	13.50	763	140	903
14.00	913	183	1096	14.00	630	114	744	14.00	794	141	935
14.50	949	184	1133	14.50	655	115	769	14.50	825	141	967
15.00	985	184	1169	15.00	679	115	795	15.00	857	142	998
15.50	1021	185	1206	15.50	704	116	820	15.50	888	142	1030
16.00	1057	186	1243	16.00	729	116	845	16.00	919	143	1062
16.50	1093	186	1279	16.50	754	116	870	16.50	950	143	1094
17.00	1129	187	1316	17.00	779	117	896	17.00	982	144	1126
17.50	1167	187	1354	17.50	804	117	922	17.50	1014	144	1159
18.00	1205	188	1393	18.00	831	118	948	18.00	1048	145	1192
18.50	1244	189	1433	18.50	858	118	976	18.50	1082	145	1227
19.00	1284	189	1473	19.00	886	118	1004	19.00	1117	146	1262
19.50	1342	189	1522	19.50	926	119	1044	19.50	1167	146	1302
20.00	1402	189	1568	20.00	967	119	1084	20.00	1219	146	1342
20.50	1463	189	1613	20.50	1009	120	1124	20.50	1272	146	1382
21.00	1525	189	1658	21.00	1052	120	1164	21.00	1326	146	1422
21.50	1570	189	1703	21.50	1093	120	1204	21.50	1380	146	1462
22.00	1616	189	1748	22.00	1135	120	1244	22.00	1434	146	1502
22.50	1663	189	1793	22.50	1177	120	1284	22.50	1488	146	1542
23.00	1711	189	1838	23.00	1218	120	1324	23.00	1542	146	1582
23.50	1759	189	1883	23.50	1259	120	1364	23.50	1596	146	1622
24.00	1809	189	1928	24.00	1300	120	1404	24.00	1650	146	1662
24.50	1859	189	1973	24.50	1341	120	1444	24.50	1704	146	1702
25.00	1910	189	2018	25.00	1382	120	1484	25.00	1758	146	1742
25.50	1960	189	2063	25.50	1423	120	1524	25.50	1812	146	1782
26.00	2010	189	2108	26.00	1464	120	1564	26.00	1866	146	1822
26.50	2060	189	2153	26.50	1505	120	1604	26.50	1920	146	1862
27.00	2110	189	2198	27.00	1546	120	1644	27.00	1974	146	1902
27.50	2160	189	2243	27.50	1587	120	1684	27.50	2028	146	1942
28.00	2210	189	2288	28.00	1628	120	1724	28.00	2082	146	1982
28.50	2260	189	2333	28.50	1669	120	1764	28.50	2136	146	2022
29.00	2310	189	2378	29.00	1710	120	1804	29.00	2190	146	2062
29.50	2360	189	2423	29.50	1751	120	1844	29.50	2244	146	2102
30.00	2410	189	2468	30.00	1792	120	1884	30.00	2298	146	2142
30.50	2460	189	2513	30.50	1833	120	1924	30.50	2352	146	2182
31.00	2510	189	2558	31.00	1874	120	1964	31.00	2406	146	2222
31.50	2560	189	2603	31.50	1915	120	2004	31.50	2460	146	2262
32.00	2610	189	2648	32.00	1956	120	2044	32.00	2514	146	2302
32.50	2660	189	2693	32.50	1997	120	2084	32.50	2568	146	2342
33.00	2710	189	2738	33.00	2038	120	2124	33.00	2622	146	2382
33.50	2760	189	2783	33.50	2079	120	2164	33.50	2676	146	2422
34.00	2810	189	2828	34.00	2120	120	2204	34.00	2730	146	2462
34.50	2860	189	2873	34.50	2161	120	2244	34.50	2784	146	2502
35.00	2910	189	2918	35.00	2202	120	2284	35.00	2838	146	2542
35.50	2960	189	2963	35.50	2243	120	2324	35.50	2892	146	2582
36.00	3010	189	3008	36.00	2284	120	2364	36.00	2946	146	2622
36.50	3060	189	3053	36.50	2325	120	2404	36.50	3000	146	2662
37.00	3110	189	3098	37.00	2366	120	2444	37.00	3054	146	2702
37.50	3160	189	3143	37.50	2407	120	2484	37.50	3108	146	2742
38.00	3210	189	3188	38.00	2448	120	2524	38.00	3162	146	2782
38.50	3260	189	3233	38.50	2489	120	2564	38.50	3216	146	2822
39.00	3310	189	3278	39.00	2530	120	2604	39.00	3270	146	2862
39.50	3360	189	3323	39.50	2571	120	2644	39.50	3324	146	2902
40.00	3410	189	3368	40.00	2612	120	2684	40.00	3378	146	2942



**ENSER**  
SOCIETA' DI INGEGNERIA

**Committente:** OROGEL Soc. Coop.va Agr.

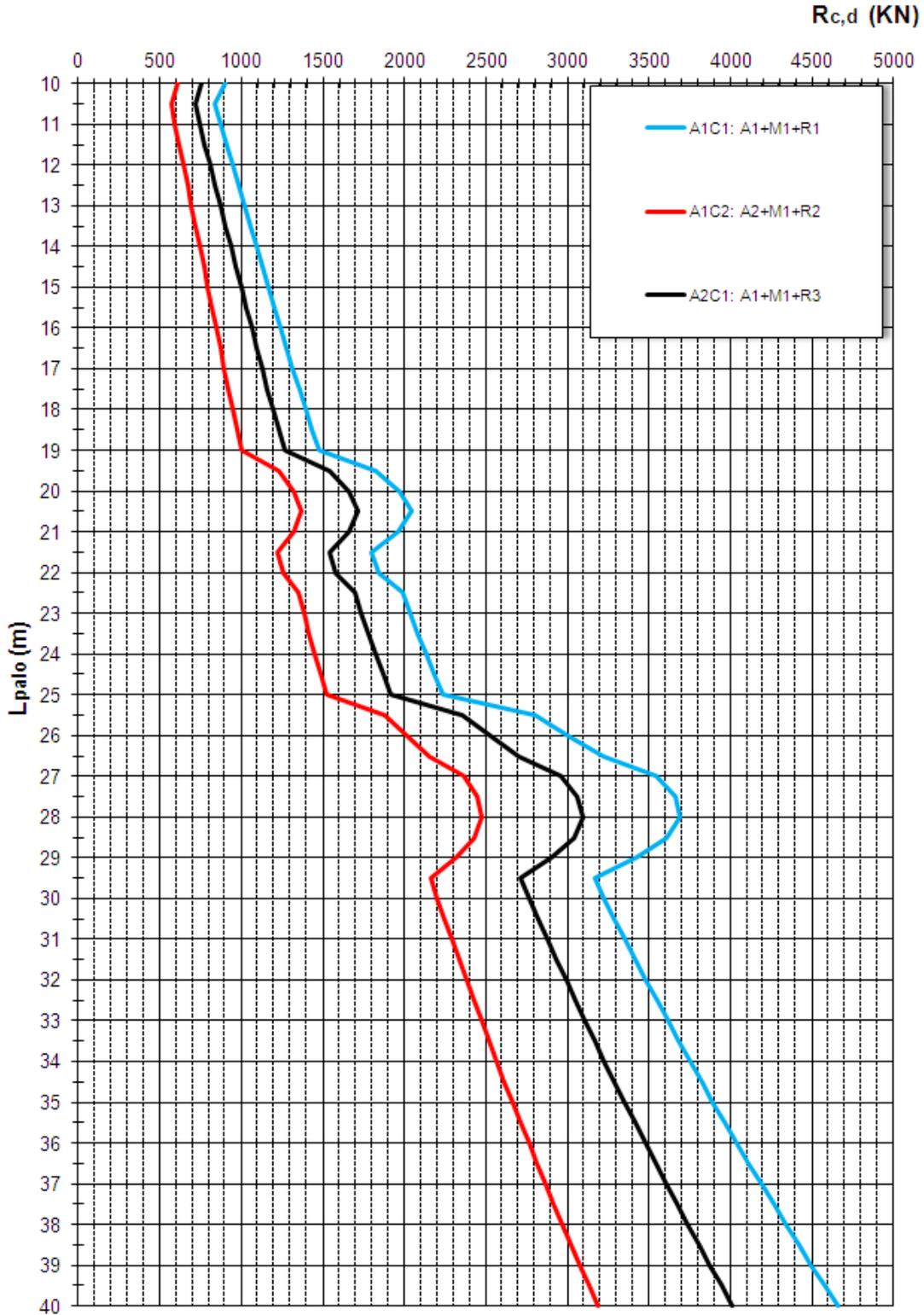
**Lavoro:** Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata

**Documento:** Integrazioni alla Relazione geologica

Codice: S14043-PP-RE002-0  
Data: 11/03/2015

**OROGEL - NUOVA CELLA**  
NTC del 14/01/2008

Capacità portante a compressione - Pali CFA  $\phi 800\text{mm}$  -1.0m da p.c.



	<b>Committente:</b> OROGEL Soc. Coop.va Agr.	<b>Documento:</b> Integrazioni alla Relazione geologica
	<b>Lavoro:</b> Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata	Codice: S14043-PP-RE002-0 Data: 11/03/2015

#### 4.4.4 Valutazione di massima dei cedimenti della cella di conservazione

A seguito della caratterizzazione stratigrafica e geotecnica preliminare dei terreni di fondazione e delle valutazioni sulle capacità portanti è stato eseguito un modello preliminare agli elementi finiti, con l'utilizzo del software Plaxis 2D AE.02, per una stima di massima dei cedimenti di lungo termine attesi.

Il singolo modello piano di calcolo schematizza una sezione verticale trasversale lungo la larghezza dei 65 m della Cella. Sfruttando la simmetria della struttura, si è modellata metà (32.5 m) della sezione trasversale della cella, per ridurre la dimensione del modello.

Resta inteso che tali valutazioni hanno una validità preliminare. Valutazioni più specifiche e dettagliate saranno a carico del progettista strutturale delle fondazioni delle celle di conservazione.

La modellazione è stata svolta secondo le seguenti ipotesi preliminari:

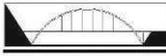
- pali di fondazione non sono strutturali, ma realizzati come riduttori dei cedimenti;
- intradosso platea a quota -1.0 m da p.c.;
- si è considerato il seguente carico, dovuto alle Unità di Carico (UDC), allo scaffale e alle solette in c.a.:

Pressione SLE:		
$P_{UDC+Dead+platee} =$	91.2	kPa

Nella seguente Figura si riporta la mappa a colori dei cedimenti lungo la semi-larghezza della Cella, da cui si evincono cedimenti massimi di lungo termine di circa 9-10 cm.

I cedimenti differenziali risultano estremamente contenuti e pari a circa 0.3-0.5 cm sulla semi-larghezza, equivalenti ad un differenziale massimo locale di  $5 \cdot 10^{-4}$  (1/2000 di L).

Nel complesso cedimenti assoluti e differenziali risultano compatibili con la funzionalità del fabbricato.



**ENSER**  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA

**Committente:** OROGEL Soc. Coop.va Agr.

**Lavoro:** Richiesta di parere preventivo al planivolumetrico che definisce il piano urbanistico attuativo già piano particolareggiato di iniziativa privata

**Documento:** Integrazioni alla Relazione geologica

Codice: S14043-PP-RE002-0  
Data: 11/03/2015

Output Version 2013.2.16712.10959

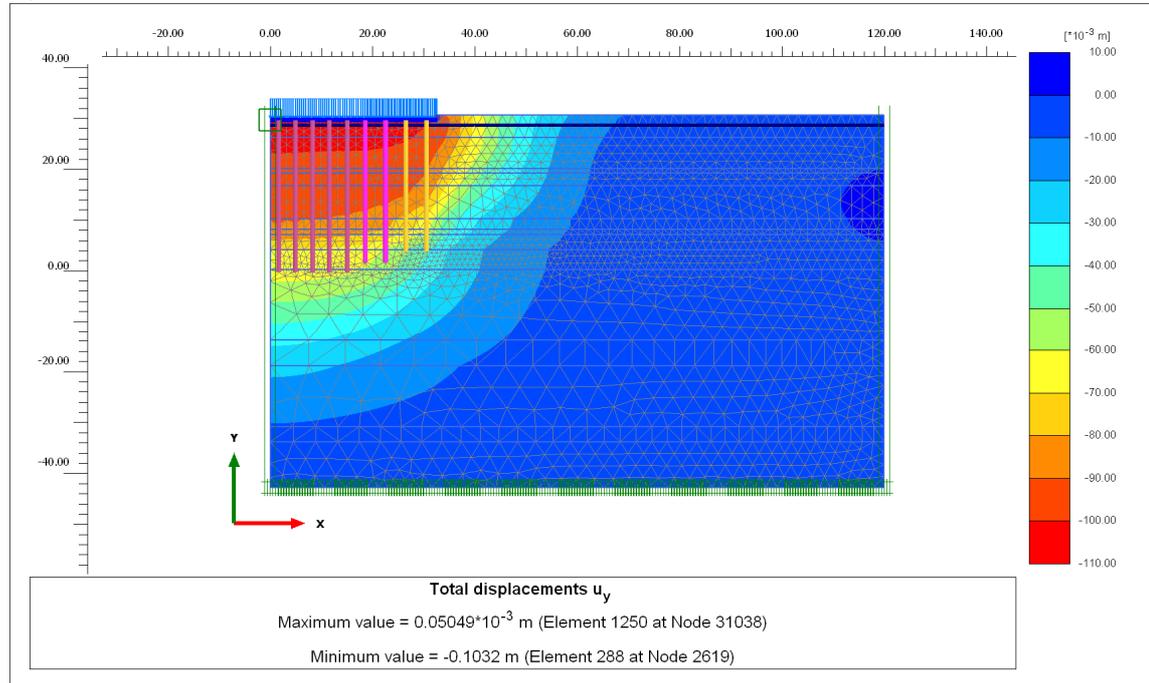


Figura 4.8: Mappa a colori dei cedimenti lungo la semi sezione trasversale

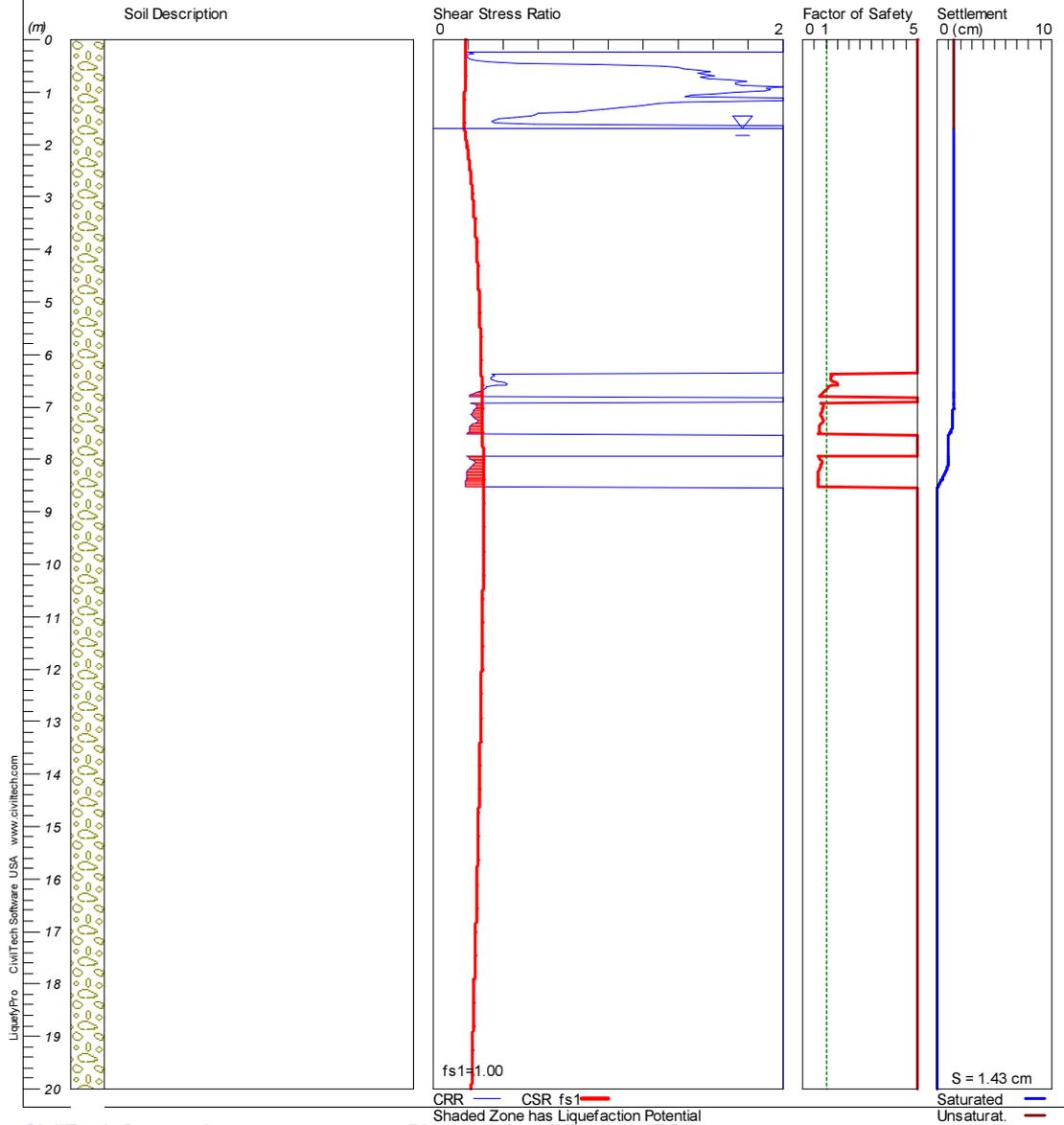
**Appendice 1**  
**ANALISI DI LIQUEFAZIONE**

# LIQUEFACTION ANALYSIS

## OROGEL

Hole No.=CPTU1 Water Depth=1.7 m

Magnitude=5.7  
Acceleration=0.277g



CivilTech Corporation

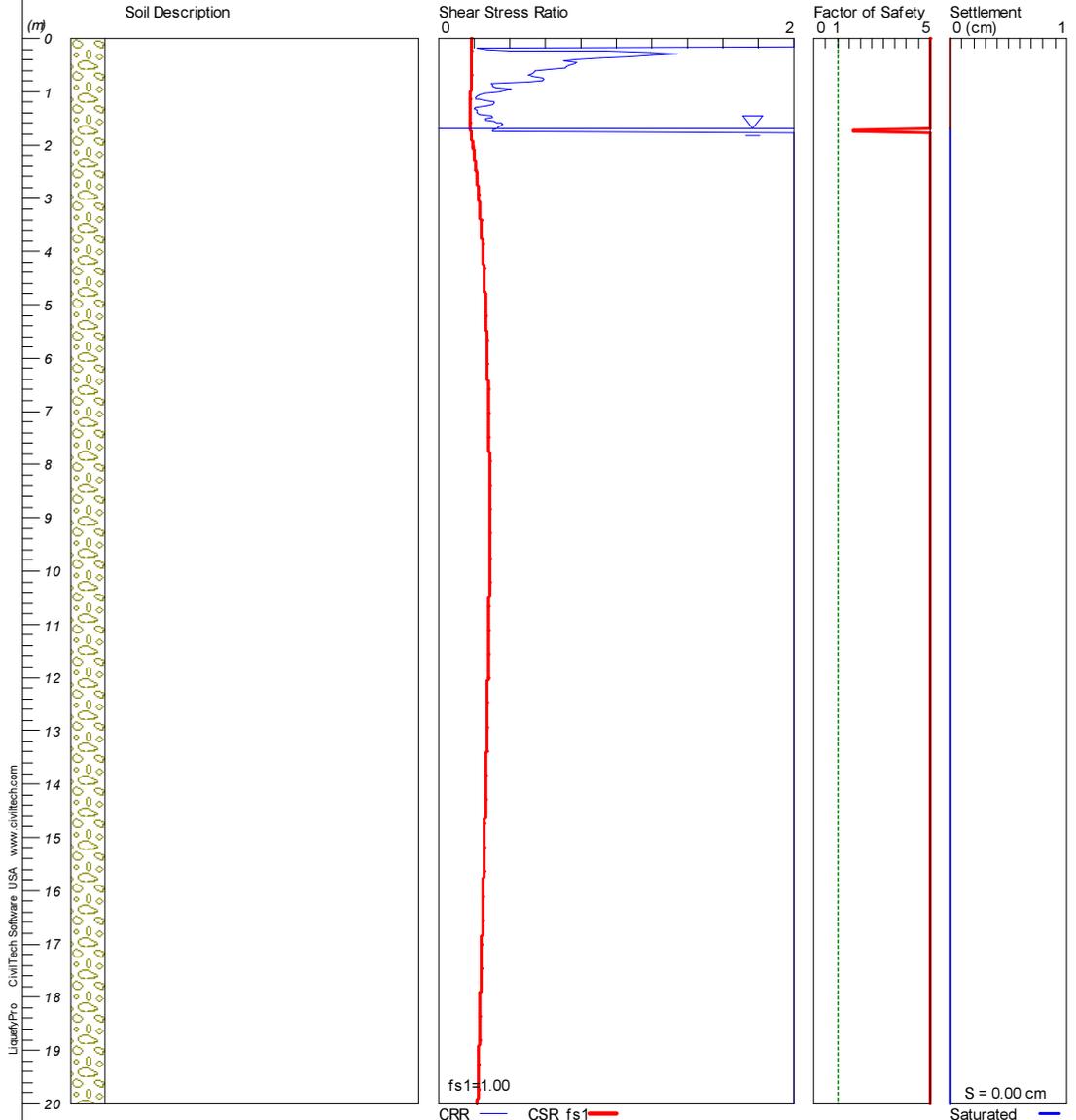
Pievesestina di Cesena (FC)

# LIQUEFACTION ANALYSIS

## OROGEL

Hole No.=CPTU2 Water Depth=1.7 m

Magnitude=5.7  
Acceleration=0.277g



Liqsoft/Pro - CivilTech Software USA - www.civiltch.com

CivilTech Corporation

Pievesestina di Cesena (FC)

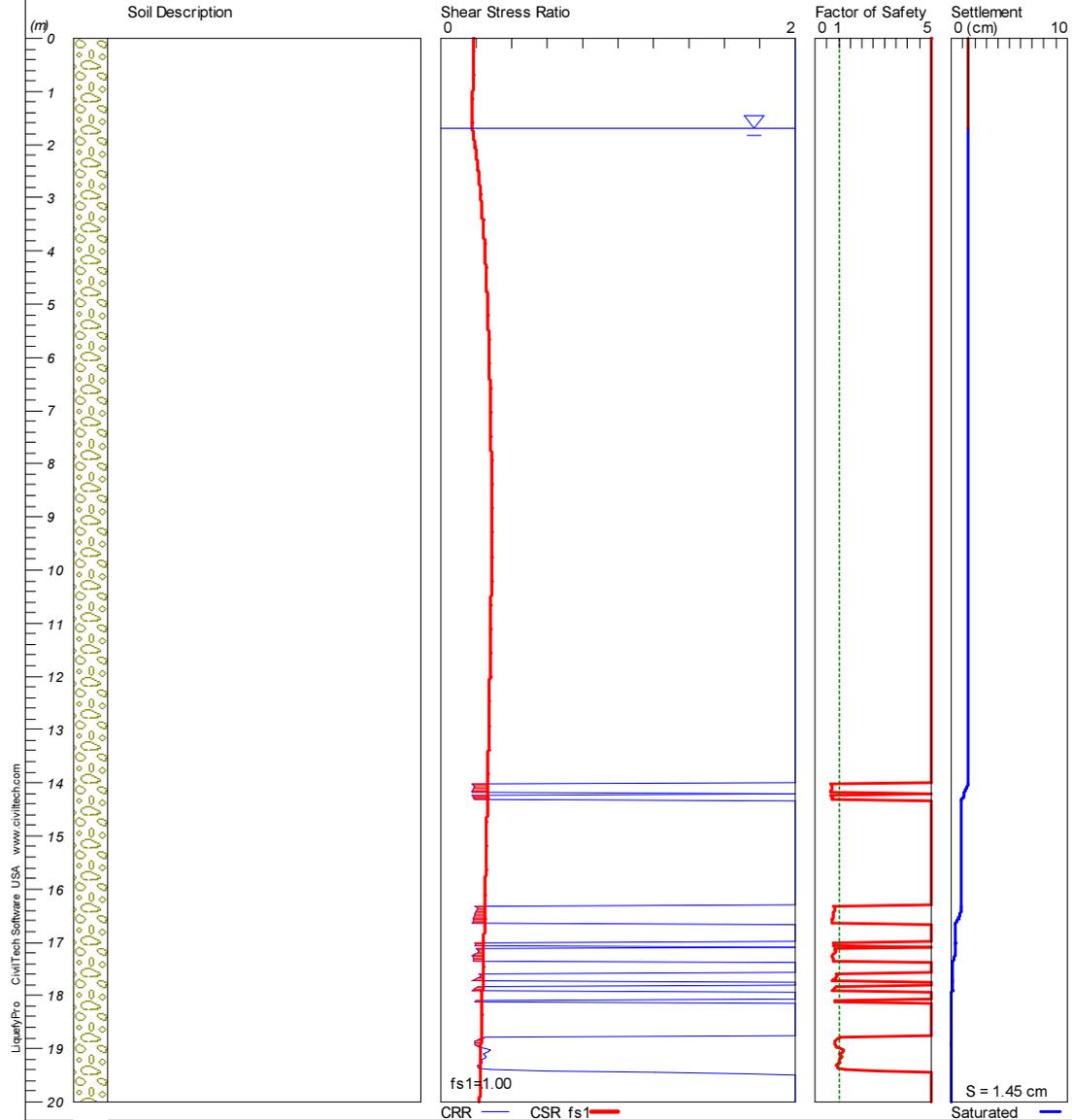
Saturated —  
Unsaturat. —

# LIQUEFACTION ANALYSIS

OROGEL

Hole No.=CPTU3 Water Depth=1.7 m

Magnitude=5.7  
Acceleration=0.277g



LiqulityPro CivilTech Software USA www.civiltch.com

CivilTech Corporation

Pievesestina di Cesena (FC)

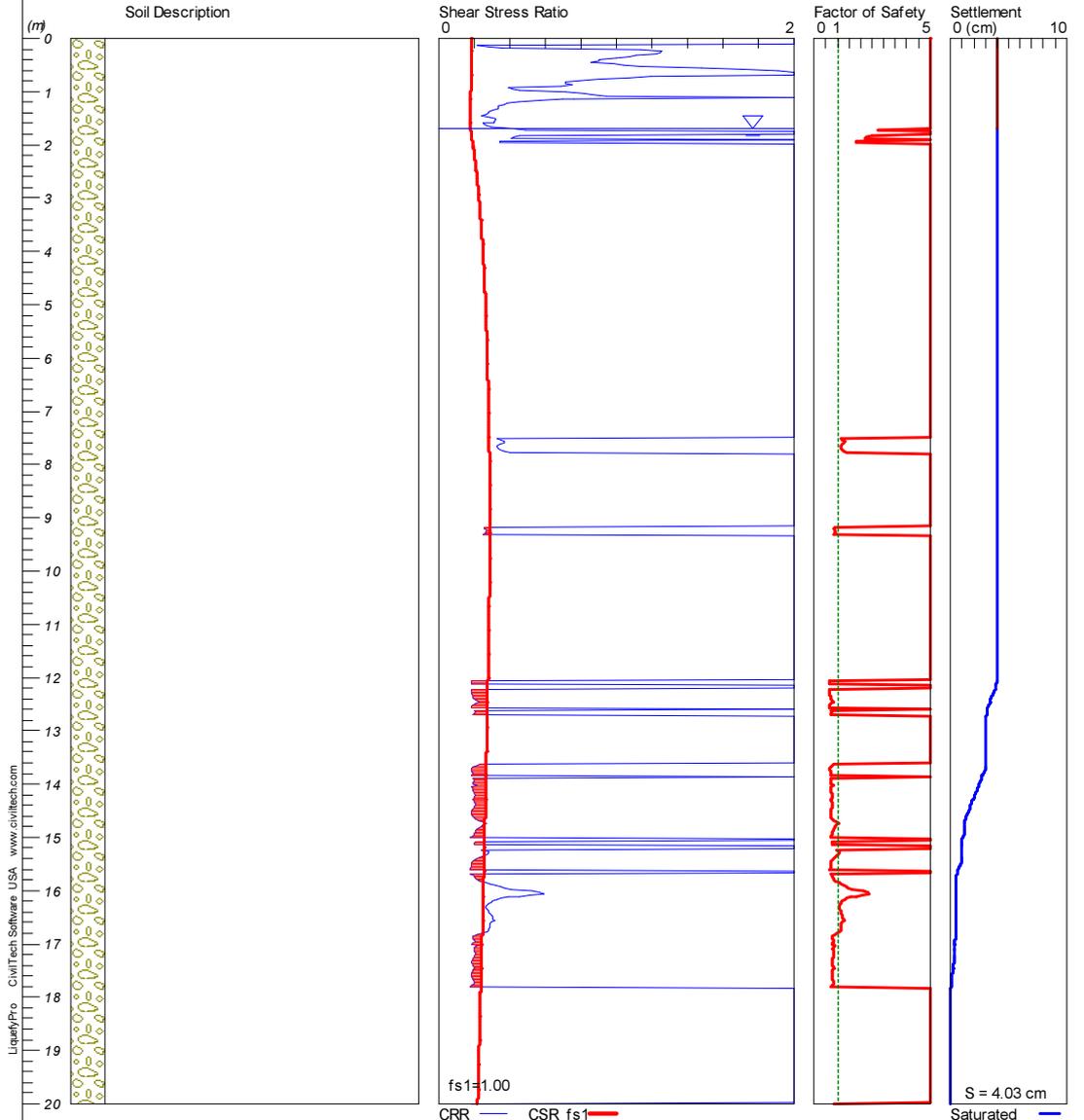
Saturated — Settlement  
Unsaturat. —

# LIQUEFACTION ANALYSIS

## OROGEL

Hole No.=CPTU4 Water Depth=1.7 m

Magnitude=5.7  
Acceleration=0.277g



Liqsoft/Pro CivilTech Software USA www.civiltch.com

CivilTech Corporation

Pievesestina di Cesena (FC)

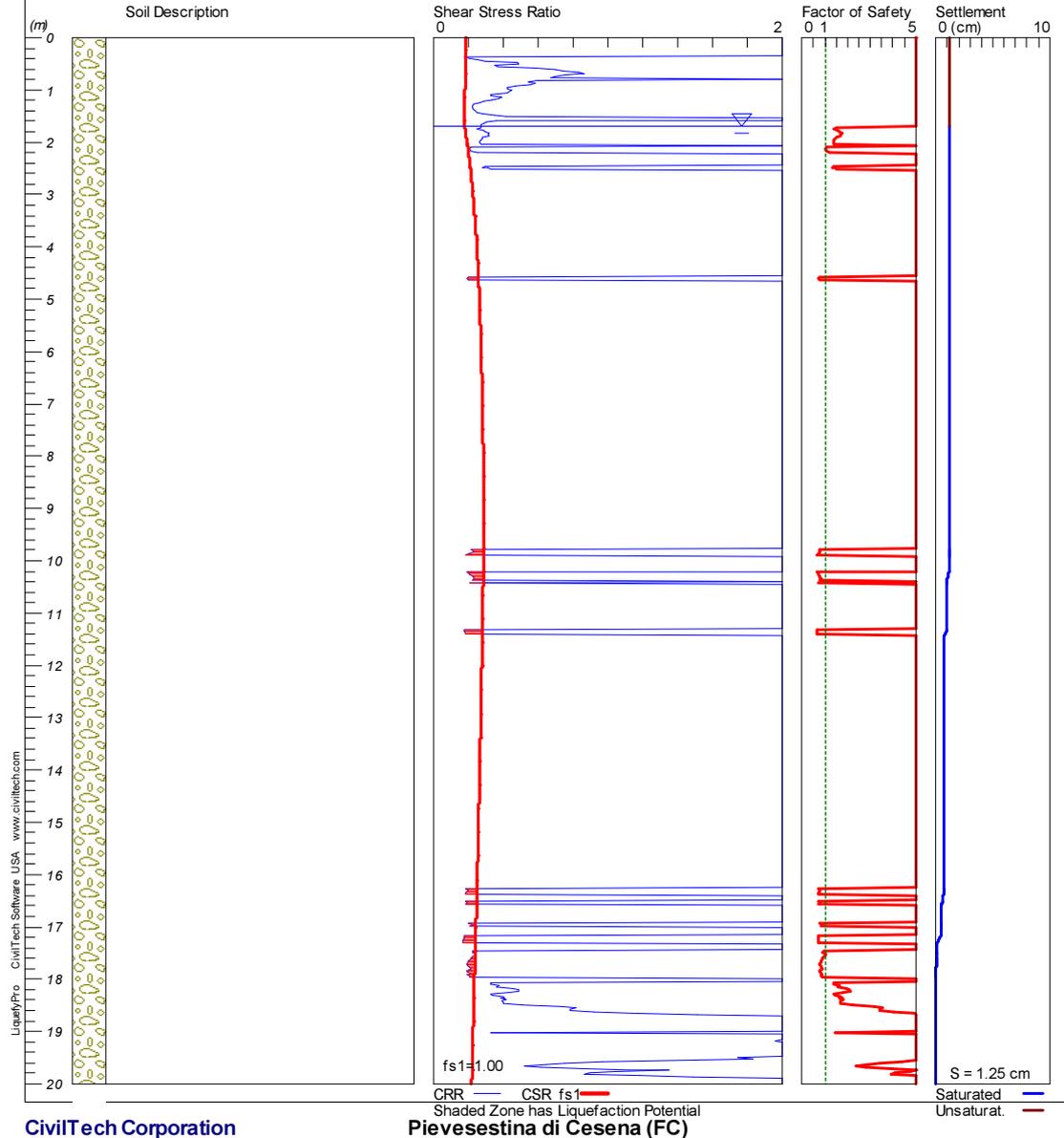
Saturated —  
Unsaturat. —

# LIQUEFACTION ANALYSIS

## OROGEL

Hole No.=CPTU5 Water Depth=1.7 m

Magnitude=5.7  
Acceleration=0.277g



CivilTech Corporation

Pievesestina di Cesena (FC)

**Appendice 2**

***CAPACITA' PORTANTI PLINTI***

# Spread footing verification

## Input data

### Project

Task : Orogel  
Date : 11/03/2015

### Soil parameters

**1**

Unit weight :  $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 5.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 5.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $c_u = 60 \text{ kPa}$

**2**

Unit weight :  $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 2.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 4.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 19.00 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $c_u = 45 \text{ kPa}$

**3**

Unit weight :  $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 5.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 8.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $c_u = 80 \text{ kPa}$

**4a**

Unit weight :  $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 2.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 4.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $\chi_u = 40 \text{ kPa}$

**4b**

Unit weight :  $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 2.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 5.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $c_u = 60 \text{ kPa}$

### Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	4.50	1	
2	6.00	2	
3	1.00	3	
4	2.50	4a	
5	6.00	4b	
6	-	4b	

### Load

No.	Load		Name	Type	N [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]
	new	change							
1	YES		Load No. 1	Design	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	YES		Load No. 2	Service	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### Ground water table

The ground water table is at a depth of 1.70 m from the original terrain.

### Analysis settings

Type of analysis - Analysis for drained conditions  
Analysis of vertical bearing capacity - Standard approach  
Analysis of settlement - Analysis using oedometric modulus (CSN 73 1001)  
Bounding of influence zone - by percentage of Sigma, Or  
Coeff. of bounding of influence zone = 15.00 %  
Analysis carried out according to classical theory (safety factor)

Factor of safety - vertical bearing capacity = 2.30  
Factor of safety - horizontal bearing capacity = 1.00

### Result Plinto 2.0x2.0 m

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)  
Computed weight of spread footing  $G = 0.00$  kN  
Computed weight of overburden  $Z = 33.67$  kN

#### Vertical drained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle  
Parameters of slip surface below foundation:  
Depth of slip surface  $z_{sp} = 2.62$  m  
Length of slip surface  $l_{sp} = 7.21$  m  
Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 700.10$  kPa

#### Vertical undrained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle  
Parameters of slip surface below foundation:  
Depth of slip surface  $z_{sp} = 1.42$  m  
Length of slip surface  $l_{sp} = 3.00$  m  
Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 444.21$  kPa

#### Settlement and rotation of foundation - results

##### Foundation stiffness:

Computed weighted average modulus of deformation  $E_{def} = 3.61$  MPa  
Foundation in the longitudinal direction is rigid ( $k=3392.66$ )  
Foundation in the direction of width is rigid ( $k=3392.66$ )

##### Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 46.8 mm  
Depth of influence zone = 4.62 m

### Result Plinto 3.0x3.0 m

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)  
Computed weight of spread footing  $G = 0.00$  kN  
Computed weight of overburden  $Z = 79.92$  kN

#### Vertical drained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle  
Parameters of slip surface below foundation:  
Depth of slip surface  $z_{sp} = 3.92$  m  
Length of slip surface  $l_{sp} = 10.82$  m  
Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 677.88$  kPa

#### Vertical undrained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle  
Parameters of slip surface below foundation:  
Depth of slip surface  $z_{sp} = 2.12$  m  
Length of slip surface  $l_{sp} = 4.51$  m  
Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 437.42$  kPa

#### Settlement and rotation of foundation - results

##### Foundation stiffness:

Computed weighted average modulus of deformation  $E_{def} = 3.58$  MPa  
Foundation in the longitudinal direction is rigid ( $k=1013.46$ )  
Foundation in the direction of width is rigid ( $k=1013.46$ )

##### Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 23.0 mm  
Depth of influence zone = 3.89 m

### Result Plinto 4.0x4.0 m

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)

Computed weight of spread footing  $G = 0.00$  kN

Computed weight of overburden  $Z = 144.67$  kN

#### Vertical drained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface  $z_{sp} = 5.23$  m

Length of slip surface  $l_{sp} = 14.42$  m

Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 679.33$  kPa

#### Vertical undrained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface  $z_{sp} = 2.83$  m

Length of slip surface  $l_{sp} = 6.01$  m

Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 418.64$  kPa

#### Settlement and rotation of foundation - results

##### Foundation stiffness:

Computed weighted average modulus of deformation  $E_{def} = 3.61$  MPa

Foundation in the longitudinal direction is rigid ( $k=424.08$ )

Foundation in the direction of width is rigid ( $k=424.08$ )

##### Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 9.1 mm

Depth of influence zone = 2.71 m

### Result Plinto 5.0x5.0 m

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)

Computed weight of spread footing  $G = 0.00$  kN

Computed weight of overburden  $Z = 227.92$  kN

#### Vertical drained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface  $z_{sp} = 6.54$  m

Length of slip surface  $l_{sp} = 18.03$  m

Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 687.64$  kPa

#### Vertical undrained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface  $z_{sp} = 3.54$  m

Length of slip surface  $l_{sp} = 7.51$  m

Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 393.91$  kPa

#### Settlement and rotation of foundation - results

##### Foundation stiffness:

Computed weighted average modulus of deformation  $E_{def} = 3.71$  MPa

Foundation in the longitudinal direction is rigid ( $k=210.81$ )

Foundation in the direction of width is rigid ( $k=210.81$ )

##### Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 1.9 mm

Depth of influence zone = 1.01 m

**Appendice 2**  
**CAPACITA' PORTANTI TRAVI**

## Spread footing verification

### Input data

#### Project

Task : Orogel  
Date : 11/03/2015

#### Soil parameters

##### 1

Unit weight :  $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 5.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 5.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 18.50 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $c_u = 60 \text{ kPa}$

##### 2

Unit weight :  $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 2.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 4.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 19.00 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $c_u = 45 \text{ kPa}$

##### 3

Unit weight :  $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 5.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 8.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $c_u = 80 \text{ kPa}$

##### 4a

Unit weight :  $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 2.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 4.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $\chi_u = 40 \text{ kPa}$

##### 4b

Unit weight :  $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Angle of internal friction :  $\varphi_{ef} = 24.00^\circ$   
Cohesion of soil :  $c_{ef} = 2.00 \text{ kPa}$   
Oedometric modulus :  $E_{oed} = 5.00 \text{ MPa}$   
Saturated unit weight :  $\gamma_{sat} = 19.50 \text{ kN/m}^3$   
Cohesion undrained of soil :  $c_u = 60 \text{ kPa}$

### Geological profile and assigned soils

No.	Layer [m]	Assigned soil	Pattern
1	4.50	1	
2	6.00	2	
3	1.00	3	
4	2.50	4a	
5	6.00	4b	
6	-	4b	

### Load

No.	Load		Name	Type	N [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]
	new	change							
1	YES		Load No. 1	Design	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	YES		Load No. 2	Service	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### Ground water table

The ground water table is at a depth of 1.70 m from the original terrain.

### Analysis settings

Type of analysis - Analysis for drained conditions

Analysis of vertical bearing capacity - Standard approach

Analysis of settlement - Analysis using oedometric modulus (CSN 73 1001)

Bounding of influence zone - by percentage of Sigma, Or

Coeff. of bounding of influence zone = 15.00 %

Analysis carried out according to classical theory (safety factor)

Factor of safety - vertical bearing capacity = 2.30

Factor of safety - horizontal bearing capacity = 1.00

## Result Trave B = 2.0 m

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)  
Computed weight of spread footing  $G = 0.00$  kN  
Computed weight of overburden  $Z = 123.95$  kN

### Vertical drained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle  
Parameters of slip surface below foundation:  
Depth of slip surface  $z_{sp} = 2.62$  m  
Length of slip surface  $l_{sp} = 7.21$  m  
Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 583.80$  kPa

### Vertical undrained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle  
Parameters of slip surface below foundation:  
Depth of slip surface  $z_{sp} = 1.42$  m  
Length of slip surface  $l_{sp} = 3.00$  m  
Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 395.74$  kPa

## Settlement and rotation of foundation - results

### Foundation stiffness:

Computed weighted average modulus of deformation  $E_{def} = 3.61$  MPa  
Foundation in the longitudinal direction is rigid ( $k=3384.62$ )  
Foundation in the direction of width is rigid ( $k=78.94$ )

### Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 10.3 mm  
Depth of influence zone = 2.70 m

## Result Trave B = 3.0 m

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)  
Computed weight of spread footing  $G = 0.00$  kN  
Computed weight of overburden  $Z = 188.70$  kN

### Vertical drained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle  
Parameters of slip surface below foundation:  
Depth of slip surface  $z_{sp} = 3.92$  m  
Length of slip surface  $l_{sp} = 10.82$  m  
Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 593.49$  kPa

### Vertical undrained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle  
Parameters of slip surface below foundation:  
Depth of slip surface  $z_{sp} = 2.12$  m  
Length of slip surface  $l_{sp} = 4.51$  m  
Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 399.29$  kPa

## Settlement and rotation of foundation - results

### Foundation stiffness:

Computed weighted average modulus of deformation  $E_{def} = 3.71$  MPa  
Foundation in the longitudinal direction is rigid ( $k=975.96$ )  
Foundation in the direction of width is rigid ( $k=76.82$ )

### Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 4.1 mm  
Depth of influence zone = 1.67 m

## Result Trave B = 4.0 m

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)

Computed weight of spread footing  $G = 0.00$  kN

Computed weight of overburden  $Z = 253.45$  kN

### Vertical drained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface  $z_{sp} = 5.23$  m

Length of slip surface  $l_{sp} = 14.42$  m

Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 620.74$  kPa

### Vertical undrained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface  $z_{sp} = 2.83$  m

Length of slip surface  $l_{sp} = 6.01$  m

Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 391.38$  kPa

### Settlement and rotation of foundation - results

#### Foundation stiffness:

Computed weighted average modulus of deformation  $E_{def} = 3.71$  MPa

Foundation in the longitudinal direction is rigid ( $k=411.73$ )

Foundation in the direction of width is rigid ( $k=76.82$ )

#### Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 0.7 mm

Depth of influence zone = 0.49 m

## Result Trave B = 5.0 m

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)

Computed weight of spread footing  $G = 0.00$  kN

Computed weight of overburden  $Z = 318.20$  kN

### Vertical drained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface  $z_{sp} = 6.54$  m

Length of slip surface  $l_{sp} = 18.03$  m

Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 651.36$  kPa

### Vertical undrained bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Parameters of slip surface below foundation:

Depth of slip surface  $z_{sp} = 3.54$  m

Length of slip surface  $l_{sp} = 7.51$  m

Design bearing capacity of found.soil  $R_d = 376.91$  kPa

### Settlement and rotation of foundation - results

#### Foundation stiffness:

Computed weighted average modulus of deformation  $E_{def} =$  MPa

Foundation in the longitudinal direction is deformable ( $k=$ )

Foundation in the direction of width is deformable ( $k=$ )

#### Overall settlement and rotation of foundation:

Foundation settlement = 0.0 mm

Depth of influence zone = 0.01 m