



# POC

piano operativo comunale

## 2014-2019

### SECONDA VARIANTE AL POC 2014-2019

#### ALLEGATI

ACCORDO DI PIANIFICAZIONE CON PRIVATI  
EX ART. 18 L.R. 20/2000  
RELAZIONE SISMICA

Elab. 5

**Sindaco**

Sergio Maccagnani

**Segretario Comunale**

Dott. Mario Criso

**Servizio Urbanistica**

Ing. Antonio Peritore

**Adozione:**

delibera C.C. n. 51 del 17/05/2018

**Approvazione**

delibera C.C. n. 26 del 27/03/2019

**ACCORDO DI PIANIFICAZIONE CON PRIVATI  
EX ART. 18 L.R. 20/2000**

---

**ACCORDO DI PIANIFICAZIONE CON PRIVATI**  
**AI SENSI DELL'ART. 18 L.R. 24 MARZO 2000, N° 20**  
**per la definizione di oneri perequativi riferiti al lotto sito in Via Enrico Lodi individuato**  
**catastralmente al foglio 23, mappali 457 e 284**

fra

il **Comune di Pieve di Cento**, con sede in Pieve di Cento (BO) – Piazza Andrea Costa 17 - C.F. 00470350372 in persona dell'Ing. Stefano Matteucci nato a Pieve di Cento il 06/05/1954 in qualità di Responsabile del Settore Territorio e Patrimonio, d'ora innanzi denominato "Comune"

e

i Sigg. **Ardizoni Marco**, nato a Bologna il 24/11/1946, c.f. RDZMRC46S24A944Y, residente in Pieve di Cento, via Cremona n. 4 e **Taddia Maria**, nata a Pieve di Cento – Bo – il 06/12/1949, c.f. TDDMRA49T46G643X, residente in Pieve di Cento, via Cremona n. 4, in qualità di proprietari d'ora innanzi denominati i "Proponenti"

Premesso:

- che i Sigg. Ardizoni Marco e Taddia Maria risultano proprietari di un appezzamento di terreno distinto catastralmente al Foglio 22 con i Mappali 457 e 284 sito in Via Enrico Lodi della superficie di mq. 3001 posta al margine della zona residenziale esistente con accesso dalla via tramite area pavimentata già realizzata da tempo;
- che i proponenti hanno richiesto al Comune con domanda protocollo 7633 del 08/08/2016, che detto lotto, attualmente classificato nel vigente PSC come Ambito per nuovi insediamenti urbani ANS-C, venga inserito nello stesso come "lotto di completamento residenziale ad intervento diretto";
- che tale richiesta è motivata dalla necessità di creare un'abitazione per i proponenti e i suoi famigliari, in area adiacente ad un ambito residenziale in parte consolidato ed in parte in corso di attuazione;

Prese in esame le specifiche caratteristiche urbanistico-insediative che presenta l'area esame.

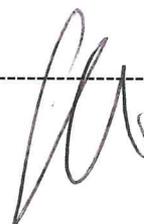
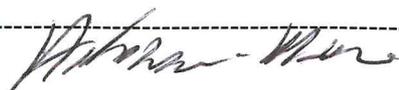
Visto l'art. 18 – *Accordi con i privati*, della L.R. 24 marzo 2000, n. 20;

Riconosciuto come nessuna delle prestazioni previste dal presente accordo di pianificazione sia effettuata a scapito di alcun contributo di costruzione e pertanto non rientri nell'ambito di applicazione dell'art. 122, co. 8 del d.lgs. 163/06.

Ritenuto opportuno perseguire una linea di intervento condivisa con i "Proponenti", della zona interessata e, più nello specifico, mediante approfondimento del quadro conoscitivo del contesto insediativo di riferimento come di seguito descritto:

- l'evidenziazione dei lotti edificati o in corso di edificazione di tipo residenziale presenti già classificati come Ambiti urbani consolidati in corso di attuazione AUC-B;

---





---

l'evidenziazione delle infrastrutture a rete già presenti e quindi lo stato di avanzata urbanizzazione complessiva della zona circostante.

Valutata, positivamente la compatibilità e sostenibilità urbanistica dell'intervento di cui al presente accordo sotto il profilo della dotazione infrastrutturale del sistema insediativo e della prossimità dell'area d'intervento al contesto urbanizzato del Capoluogo;

Considerato che per rispondere positivamente alla richiesta dei Proponenti, l'Amministrazione Comunale ha determinato, un congruo contributo perequativo secondo quanto previsto dall'art. 33 del PSC;

Considerato inoltre che, ai fini del perseguimento dell'interesse pubblico, è intendimento dell'Amministrazione reinvestire tale contributo perequativo per la realizzazione dell'intervento di completamento della cassa di espansione a servizio dello Scolo Canalazzo, già in corso di parziale realizzazione a seguito della convenzione sottoscritta tra il Comune di Pieve di Cento e il Consorzio della Bonifica Renana;

Dato atto che per quanto sopra riportato, si ritiene che il presente accordo presenti il requisito del "rilevante interesse per la comunità locale", richiesto dall'art. 18 della L.R. 20/2000 e che possa consentire l'inserimento, ai fini dell'attuazione, in apposita variante al POC alla quale potrà accedere.

Fra *Proponenti* e *Comune*, ai sensi e per gli effetti dell'art. 18 L.R. 20/2000, si conviene quanto segue.

#### **Art. 1 – Premesse ed allegati**

1. Le sopraindicate premesse, gli atti e documenti citati, fanno parte integrante dello stesso e costituiscono patto.

#### **Art. 2 - Assunzione degli obblighi**

1. I proponenti, per i loro successori ed aventi causa a qualsiasi titolo, ed il *Comune* assumono gli obblighi a rispettare il presente accordo e a far subentrare nei seguenti obblighi i rispettivi eventuali successori od aventi causa.

2. Il presente accordo diviene impegnativo per i proponenti al momento della sottoscrizione mentre, per il *Comune*, diventa efficace al momento dell'approvazione della Variante n. 2/2017 al POC Vigente.

#### **Art. 3 – Oggetto del presente accordo**

1. L'Accordo disciplina le modalità "perequative" da applicarsi alla richiesta per la realizzazione delle superfici ammesse nell'area, mediante intervento edilizio diretto ed oggetto, di futura richiesta di titolo abilitativo, da presentarsi dopo l'approvazione della Variante n. 2/2017 al POC Vigente.

#### **Art. 4 – Trasformazione urbanistica**

1. Il *Comune* si impegna, ad inserire nella Variante n. 2/2017 al POC Vigente, l'area in parola, in modo coerente con le finalità generali della Variante medesima, prevedendo l'attuazione di parte dell'ambito n. 8 di PSC, da attuarsi a mezzo di intervento diretto. La



---



Superficie Utile massima realizzabile sarà di mq. 200,00 oltre alla Superficie accessoria del 60% della SU, con la possibilità di ricavare una unità abitativa e servizi, previa corresponsione al Comune degli oneri perequativi applicati alla quota di superficie realizzabile, come meglio indicato nel successivo art. 5.

### **Art. 5 – Perequazione a favore del Comune**

1. I proponenti si impegnano a corrispondere al Comune una cifra pari a 35.000,00 Euro (~~importo individuato sulla base della valutazione economica riportata in allegato 1 al presente Accordo~~), con le seguenti modalità:

- a) al momento della sottoscrizione del presente Accordo dovrà essere consegnata al Comune Garanzia Fideiussoria bancaria per l'importo di Euro 35.000,00;
- b) La garanzia Fideiussoria potrà essere svincolata solo ad avvenuto versamento al Comune della somma indicata al punto a);
- c) La garanzia sarà prestata con la rinuncia esplicita al beneficio della preventiva escussione del debitore principale e non troverà applicazione l'art. 1944, secondo comma, del Codice Civile.
- d) Il versamento dell'intero importo di Euro 35.000,00 dovrà essere effettuato entro 10(dieci) giorni dalla data di approvazione della Variante al POC n. 2/2017;
- e) In ogni caso i "proponenti" e loro aventi causa saranno obbligati in solido sia tra di loro che con i loro fideiussori.
- f) In caso di inadempienza da parte dei "proponenti" dell'impegno economico previsto al punto d) la fideiussione sarà operativa e soggetta ad escussione a semplice richiesta del Comune, senza necessità di preventiva diffida o messa in mora, col solo rilievo dell'inadempimento.

2. la somma di Euro 35.000,00, che verrà versata al Comune alla data di approvazione della Variante al POC n. 2/2017, non verrà in alcun caso restituita indipendentemente dalla realizzazione o meno dell'intervento edilizio sul lotto di terreno interessato dal presente Accordo.

### **Art. 6 – Condizioni di efficacia del presente accordo**

1. L'efficacia conformativa del presente Accordo è subordinata e condizionata all'approvazione definitiva della Variante n. 2/2017 al POC Vigente.

### **Art. 7 – Recesso**

1. Il Comune potrà recedere da tale accordo, fino all'approvazione dello strumento urbanistico al quale questi accederà, per motivi di pubblico interesse, con svincolo della fidejussione sopracitata.

### **Art. 8 – Spese derivanti dal presente accordo**

1. Saranno a carico dei "Proponenti" tutte le spese, nessuna esclusa, derivanti dall'applicazione ed esecuzione del presente accordo quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, quelle tecniche, amministrative, notarili, fiscali, di registrazione, ecc.

### **Art. 9 – Allegati**

1. Si allegano, quali parti integranti del presente accordo, pure sottoscritte dalle parti, i seguenti elaborati:

1. Elaborato grafico esemplificativo dell'area interessata.

**Art. 10 – Norme finali**

1. Ogni comunicazione fra le parti dovrà avvenire in forma di raccomandata A.R. inviata agli indirizzi indicati in premessa.
2. Resta facoltà del *Proponente* la nomina di un proprio tecnico o procuratore di fiducia quale rappresentante esclusivo per ogni questione nascente dal presente accordo. L'incarico, da conferirsi con mandato irrevocabile nelle forme di legge, diverrà efficace nei confronti del *Comune* dal momento della comunicazione a questi.

Pieve di Cento, lì 30 novembre 2017

**Comune di Pieve di Cento**  
Il Responsabile del Settore  
Territorio e Patrimonio  
(Ing. Stefano Matteucci)



**I proponenti**

(Sig. Ardizzoni Marco)

*Marco Ardizzoni*

(Sig.ra Taddia Maria)

*Maria Taddia*

ALLEGATO:

Elaborato grafico esemplificativo dell'area interessata

① Togli quanto barrato.

*Stefano Matteucci*



visto: *Marco Ardizzoni*

*Marco Ardizzoni*

*Maria Taddia*

## Visura per immobile

Situazione degli atti informatizzati al 29/07/2016

Data: 29/07/2016 - Ora: 10.21.03 Fine

Visura n.: T55907 Pag: 1

<b>Dati della richiesta</b>	<b>Comune di PIEVE DI CENTO ( Codice: G643)</b>
	<b>Provincia di BOLOGNA</b>
<b>Catasto Terreni</b>	<b>Foglio: 22 Particella: 457</b>

**Immobile**

N.	DATI IDENTIFICATIVI			DATI CLASSAMENTO				DATI DERIVANTI DA		
	Foglio	Particella	Sub	Porz	Qualità Classe	Superficie(m²) ha are ca	Deduz		Reddito	
1	22	457		-	SEMIN ARBOR	29 87	BA1A	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Dominicale Euro 37,18 L. 71.987</td> <td style="width: 50%;">Agrario Euro 20,05 L. 38.831</td> </tr> </table>	Dominicale Euro 37,18 L. 71.987	Agrario Euro 20,05 L. 38.831
Dominicale Euro 37,18 L. 71.987	Agrario Euro 20,05 L. 38.831									
<b>Notifica</b> Partita <b>FRAZIONAMENTO del 31/08/2001 protocollo n. 240771 in atti dal 31/08/2001 (n. 240771.1/2001)</b>										

**INTESTATI**

N.	DATI ANAGRAFICI	CODICE FISCALE	DIRITTI E ONERI REALI
1	ARDIZZONI Marco nato a BOLOGNA il 24/11/1946	RDZMRC46S24A944Y*	(1) Proprietà in regime di comunione dei beni
2	TADDIA Maria nata a PIEVE DI CENTO il 06/12/1949	TDDMRA49T46G643X*	(1) Proprietà in regime di comunione dei beni

**DATI DERIVANTI DA**

Unità immobiliari n. 1

Tributi erariali: Euro 0,90

Visura telematica

\* Codice Fiscale Validato in Anagrafe Tributaria



Direzione Provinciale di Bologna  
Ufficio Provinciale - Territorio  
Servizi Catastali

## Visura per immobile

### Situazione degli atti informatizzati al 29/07/2016

Data: 29/07/2016 - Ora: 10.21.30 Fine

Visura n.: T56137 Pag: 1

<b>Dati della richiesta</b>	<b>Comune di PIEVE DI CENTO ( Codice: G643)</b>
	<b>Provincia di BOLOGNA</b>
<b>Catasto Terreni</b>	<b>Foglio: 22 Particella: 284</b>

**Immobile**

N.	DATI IDENTIFICATIVI			DATI CLASSAMENTO			DATI DERIVANTI DA		
	Foglio	Particella	Sub	Porz	Qualità Classe	Superficie(m²) ha are ca		Deduz	Reddito
1	22	284		-	SEMINATIVO 1	00 14	BA1A	Dominicale Euro 0,17 L. 337	Agrario Euro 0,09 L. 182
<b>Notifica</b> <b>INTESTATI</b>									

N.	DATI ANAGRAFICI		CODICE FISCALE	DIRITTI E ONERI REALI
	ISTRUMENTO (ATTO PUBBLICO) del	Registrazione: Sede:		
1	ARDIZZONI Marco nato a BOLOGNA il 24/11/1946		RDZMRC46S24A944Y*	(1) Proprieta` per 1/2 in regime di comunione dei beni con TADDIA MARIA
2	TADDIA Maria nata a PIEVE DI CENTO il 06/12/1949		TDDMRA49T46G643X*	(1) Proprieta` per 1/2 in regime di comunione dei beni con ARDIZZONI MARCO
<b>DATI DERIVANTI DA</b>				
ISTRUMENTO (ATTO PUBBLICO) del 22/06/2004 Nota presentata con Modello Unico in atti dal 06/07/2004 Repertorio n.: 64761 Rogante: GIORGI GIUSEPPE Sede: CENTO		Registrazione: Sede: COMPRAVENDITA (n. 8445.1/2004)		

Unità immobiliari n. 1

Tributi erariali: Euro 0,90

Visura telematica

\* Codice Fiscale Validato in Anagrafe Tributaria

*Arducci*



N=4953000

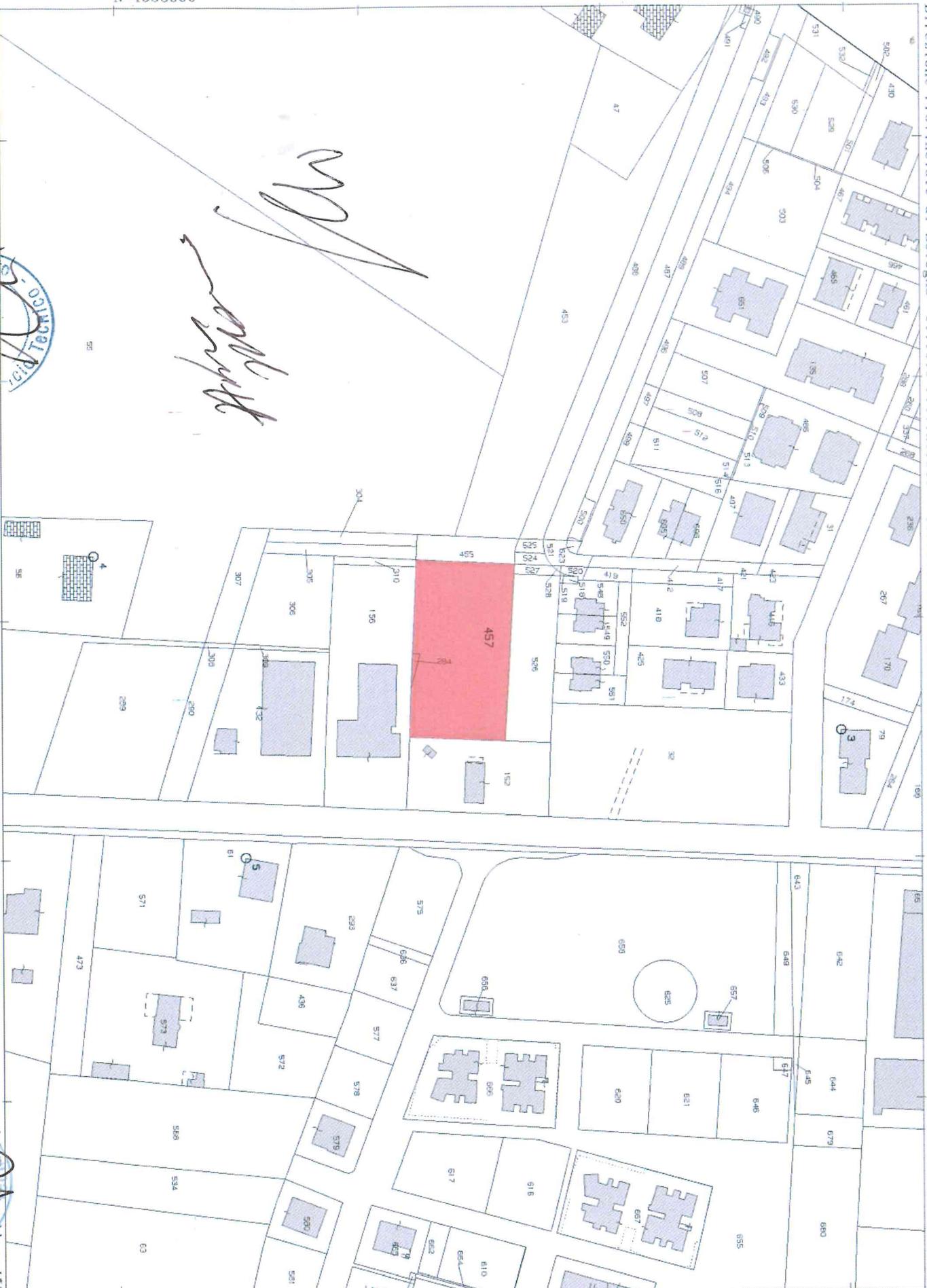
E=1682400



*Handwritten signature and notes*

Direzione Provinciale di Bologna Ufficio Provinciale - Territorio - Direttore CIVOLANI MARIA RITA

Vis. tel. (0.90 euro)



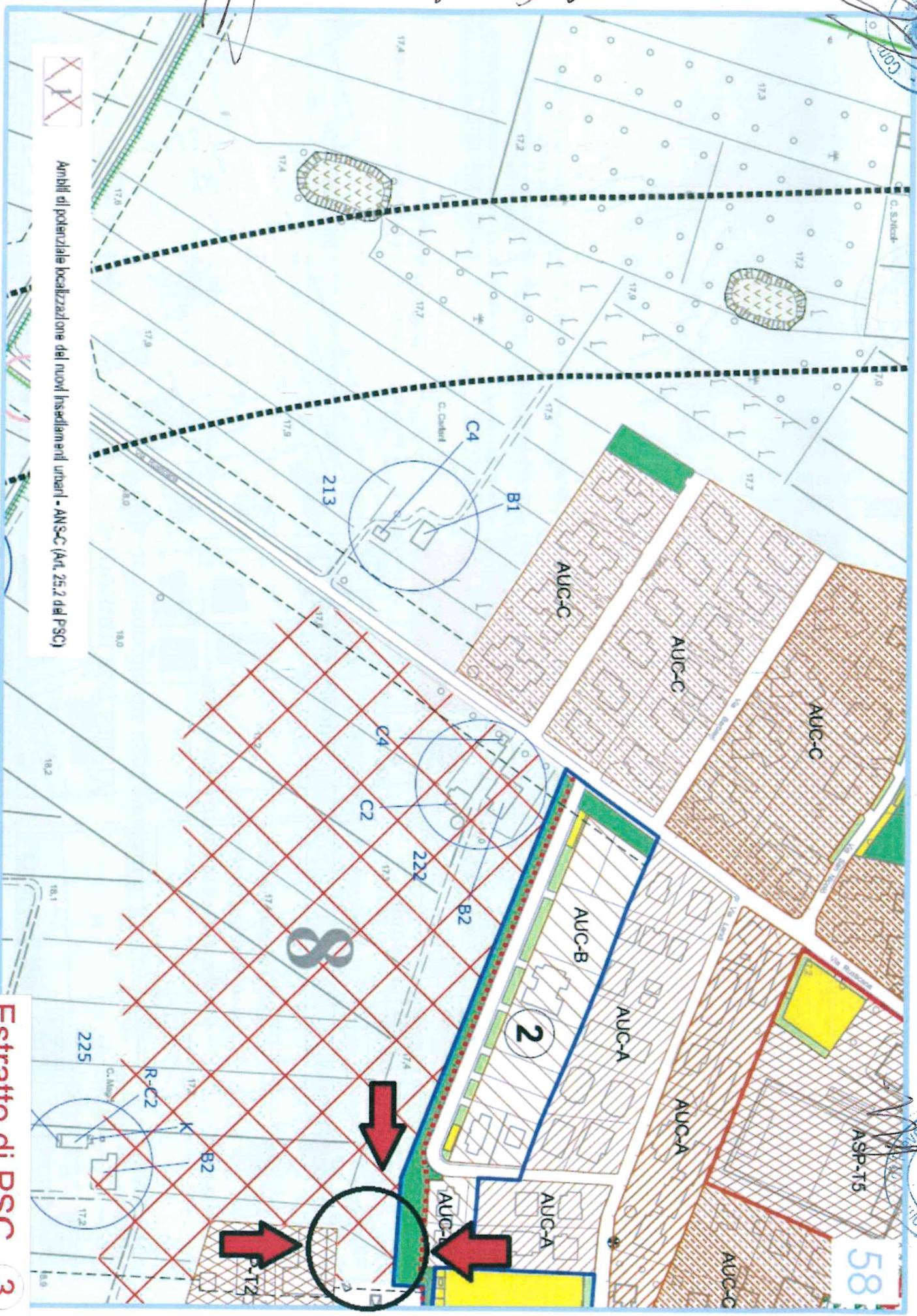
Comune: PIEVE DI CENTO  
Foglio: 22

Scala originale: 1:2000  
Dimensione cornice: 534.000 x 378.000 metri

27-Apr-2016 11:41:40  
Prot. n. T132556/2016

2

*Adm - Mer*



Ambiti di potenziale localizzazione dei nuovi insediamenti urbani - ANSC (Art. 25.2 del PSC)

ASP-15

58



*Handwritten signature*

*Strada  
1000*



Accesso carrajo e pedonale  
da Via E.Lodi



## RELAZIONE SISMICA



dott.  
geol.

**Cecilia Agostini**

**GEOLOGIA GEOTECNICA AMBIENTE**

Via dei Carriolanti, 16  
44047 Sant'Agostino FE  
Cell. 333 2531114  
info@demetrasrl.eu  
P.IVA:01617290380  
CF: GSTCCL69B43A944E

## RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

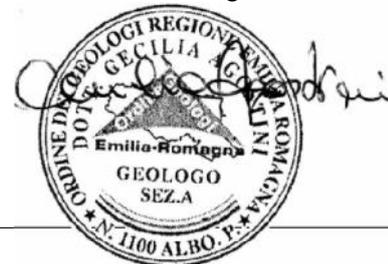
### INDAGINE GEOTECNICA PREVENTIVA SUI TERRENI DI FONDAZIONE E STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

**COMMITTENTE:** ARDIZZONI MARCO

**LOCALITÀ:** PIEVE DI CENTO BO  
VIA ENRICO LODI

**PROGETTO:** COSTRUZIONE  
FABBRICATO RESIDENZIALE

**Relatore:**  
Dott. Geol. Cecilia Agostini



#### sommario

n.		Pag.	n.		Pag.
1	Premessa	2	6	Verifica della stabilità globale	16
2	Prove in sito	4	7	Cedimenti	18
3	Caratterizzazione geologica	5	8	Considerazioni conclusive	19
4	Caratterizzazione geotecnica	7			
5	Caratterizzazione sismica	11	<i>Allegati</i>	Prove geotecniche	
5.1	Verifica del rischio di liquefazione	14	<i>App.</i>	Verifica del rischio di liquefazione	

Sant'Agostino, li 03.02.2018

## 1. PREMESSA

Dietro incarico della proprietà Ardizzoni Marco è stato eseguito uno studio geologico e geotecnico finalizzato alla definizione dei parametri fisico-meccanici e sismici dei terreni interessati da intervento di costruzione di un fabbricato ad uso residenziale monofamiliare in Pieve di Cento, in Via Enrico Lodi.

Dal punto di vista geografico l'area indagata è rappresentata nella sezione 202080 della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000, della quale in Fig. 1 si fornisce uno stralcio, ed è individuata dalle coordinate ED50 lat. 44,709166 – long. 11,305795.

I terreni indagati sono censiti al Foglio 22, mappale 457 del Catasto del Comune di Pieve di Cento.

Il territorio comunale di Pieve di Cento è stato classificato sismico in zona 3, come area di nuova classificazione, dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni, la sismicità delle località italiane è stata poi definita in base a una griglia a maglie quadrate dall'OPCM 3519 del 28.04.2006, recepita dal DM del 14.01.2008, recante le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008).

In base alle informazioni fornite dallo Studio di Progettazione del Geom. Paolo Gambetta di Cento il fabbricato da porre in opera sarà costituito da una struttura ad un solo piano fuori che trasmetterà i carichi ai terreni tramite fondazioni superficiali; al momento attuale non sono disponibili informazioni di dettaglio sulle strutture in progetto e si forniscono i parametri geotecnici per la valutazione di diverse soluzioni progettuali.

Il fabbricato è caratterizzato da vita nominale ( $V_N$ ) di 50 anni ed è attribuito alla classe d'uso II.

L'indagine vuole determinare la natura e la litologia dei sedimenti, valutare la loro portanza ed il piano di posa fondale dei manufatti da porre in atto tramite verifica della stabilità globale; definire il tipo di falde, la loro giacenza e la distanza dal suolo; quantificare i cedimenti totali e differenziali; classificare i terreni dal punto di vista sismico.

Fig. 1

**COROGRAFIA**

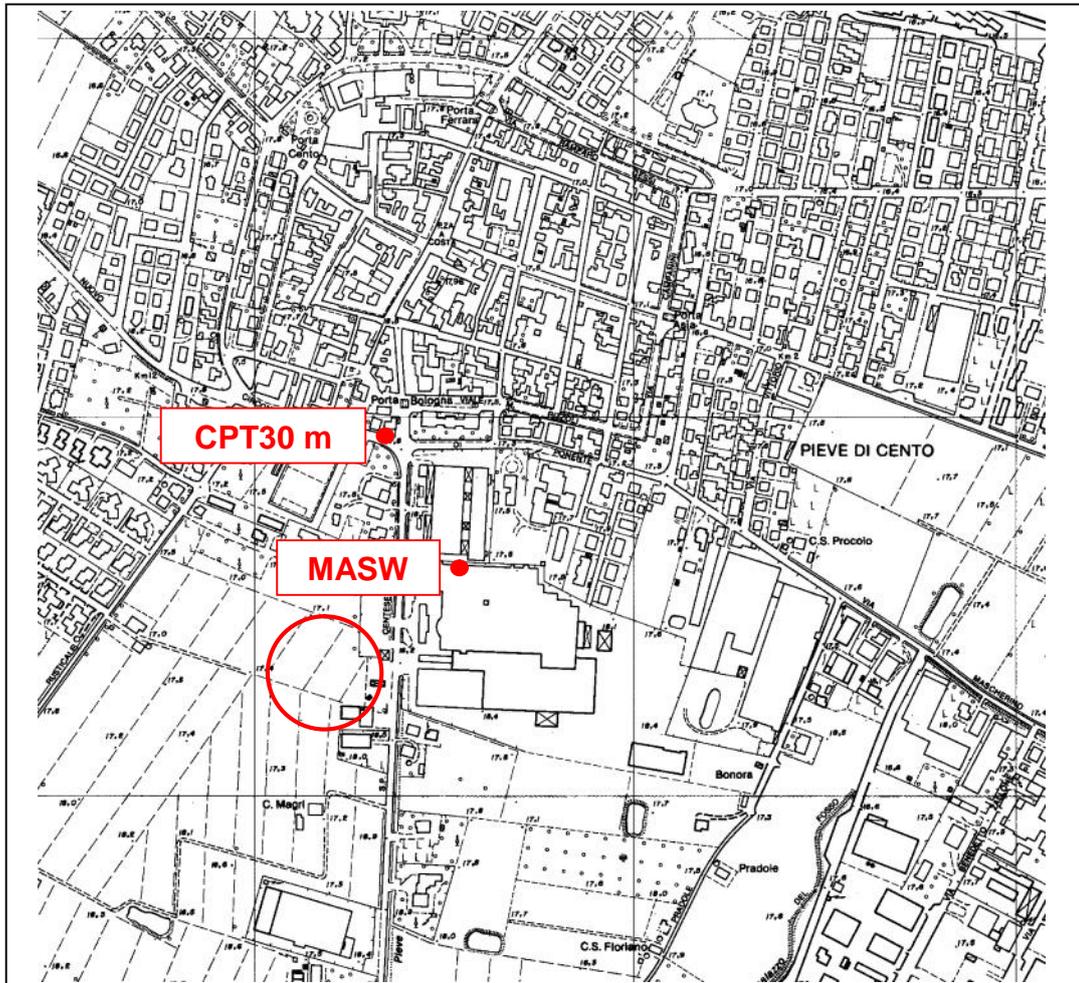
BASE TOPOGRAFICA CTR  
Sezione 202080  
scala 1:10.000

**Legenda**



Area oggetto di studio

● **CPT30 m** Indagini limitrofe



## 2. PROVE IN SITO

### 2.1 Prove geotecniche

È stata effettuata n. 1 prova penetrometrica statica CPT spinta fino alla profondità massima di 24,40 m dal piano campagna (p.c.), corrispondente al piano topografico originario e assunto come livello di riferimento.

Non è stato possibile raggiungere profondità maggiori a causa della resistenza offerta dai terreni superficiali, insufficiente all'efficace ancoraggio della strumentazione di indagine.

Si evidenzia che sono stati acquisiti dati di prove geotecniche limitrofe che hanno permesso la conoscenza del deposito sedimentario fino alla profondità di 30 m.

Per l'esecuzione della penetrometria è stato utilizzato un penetrometro statico da t. 20 di spinta con punta conica tipo Begemann per la lettura della resistenza alla punta  $q_c$  ( $R_p$ ) e la resistenza all'attrito laterale locale  $f_s$  ( $R_l$ ). Maggiori dettagli sulla strumentazione e le modalità di prova sono forniti nella scheda tecnica allegata.

In corrispondenza del foro di prova sono state effettuate misure piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva.

L'ubicazione della prova è riportata nell'allegato schizzo planimetrico.

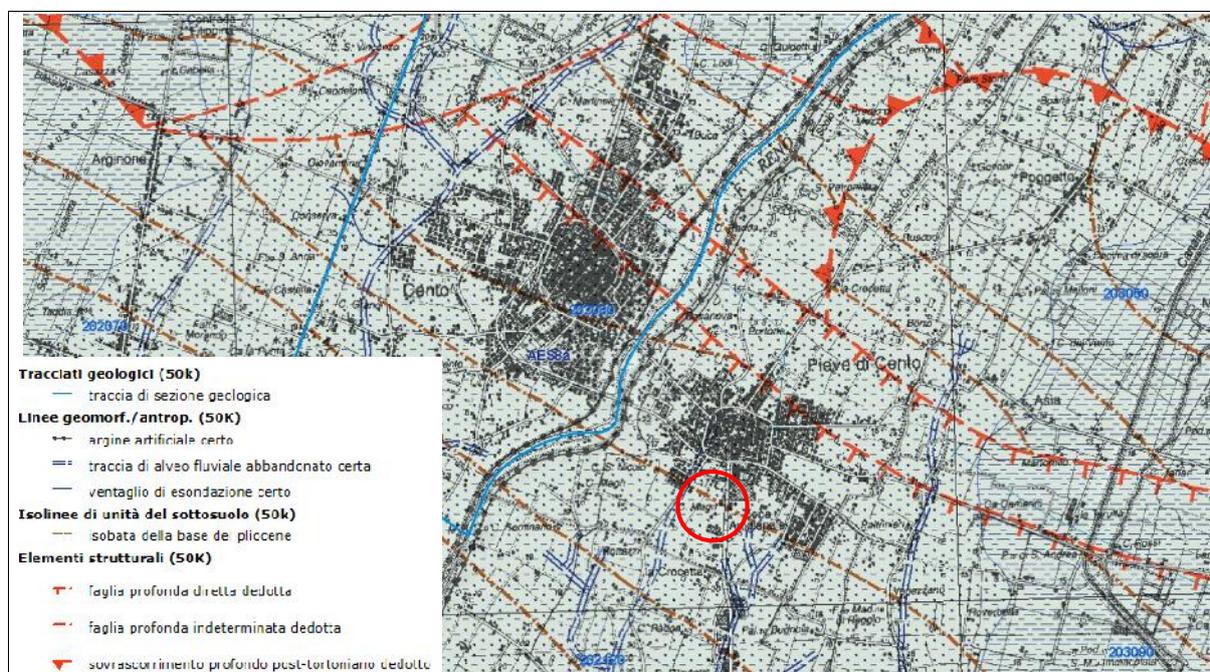
Ad integrazione della prova eseguita sono stati consultati i dati di una ulteriore prova CPT spinta alla profondità di 30 m (CPT 30 m) effettuata nelle immediate vicinanze grazie ai fondi pubblici per la ricostruzione post sisma (cfr. Fig. 1).

### 2.2 Prove geofisiche

Sono stati consultati i dati di n. 1 prova geofisica eseguita nelle vicinanze (cfr. Fig. 1), si tratta di un profilo sismico MASW di tipo attivo e passivo a disposizione del ns. Studio, attraverso la quale è stato possibile investigare i terreni fino alla profondità di oltre 30 m.

### 3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

La Carta Geologica in scala 1:10.000 redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna rappresenta l'area in esame nella sezione 202080 (Fig. 2) e si individuano coperture quaternarie attribuite al Subsistema di Ravenna (AES8) e in particolare all'Unità di Modena (AES8a).



I sedimenti alluvionali del Subsistema di Ravenna (AES8) sono costituiti da depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, di piana di sabbia litorale e, nel settore a mare, di prodelta e transizione alla piattaforma. Nella valle del F. Marecchia i depositi fluviali sono organizzati in 3 ordini di terrazzo con inclinazione media di 5-6 per mille. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro

giallastro (10YR, 2,5Y), spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7. Il Subsistema contiene un'unità di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo di 20-25 metri.

L'età è fatta corrispondere al Pleistocene superiore – Olocene.

I depositi attribuiti all'Unità di Modena (AES8a) sono costituiti da ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Il limite superiore è sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro (2,5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (es. argini e bacini interfluviali). Il limite inferiore è dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. L'unità include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Lo spessore massimo è di 3-4 metri. Confinano con i depositi alluvionali in evoluzione (b1) e si trovano lungo i margini fluviali sia del Fiume Marecchia che del torrente Uso. L'età è post - romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica), corrispondente all'Olocene.

La litologia in corrispondenza dell'area indagata è costituita da sabbia limosa di piana alluvionale, deposito di canale, argine e rotta fluviale.

Dal punto di vista geomorfologico il sito risulta inserito in un territorio complessivamente pianeggiante di recente urbanizzazione e privo di fenomeni di dissesto con quote topografiche attorno a 17,4 m s.l.m.m.

In base alle conoscenze geomorfologiche del territorio e all'analisi del microrilievo l'area in oggetto è situata in un'area con debole pendenza della superficie topografica degradante da nord-ovest verso sud-est, in concordanza con l'attuale corso del Fiume Reno.

La Carta Unica del Territorio a corredo del PSC dell'Unione dei Comuni Reno –Galliera (Fig. 3) inquadra il sito in esame in un territorio agricolo, ai margini delle zone edificate e non individua criticità o elementi di salvaguardia nel suo intorno.

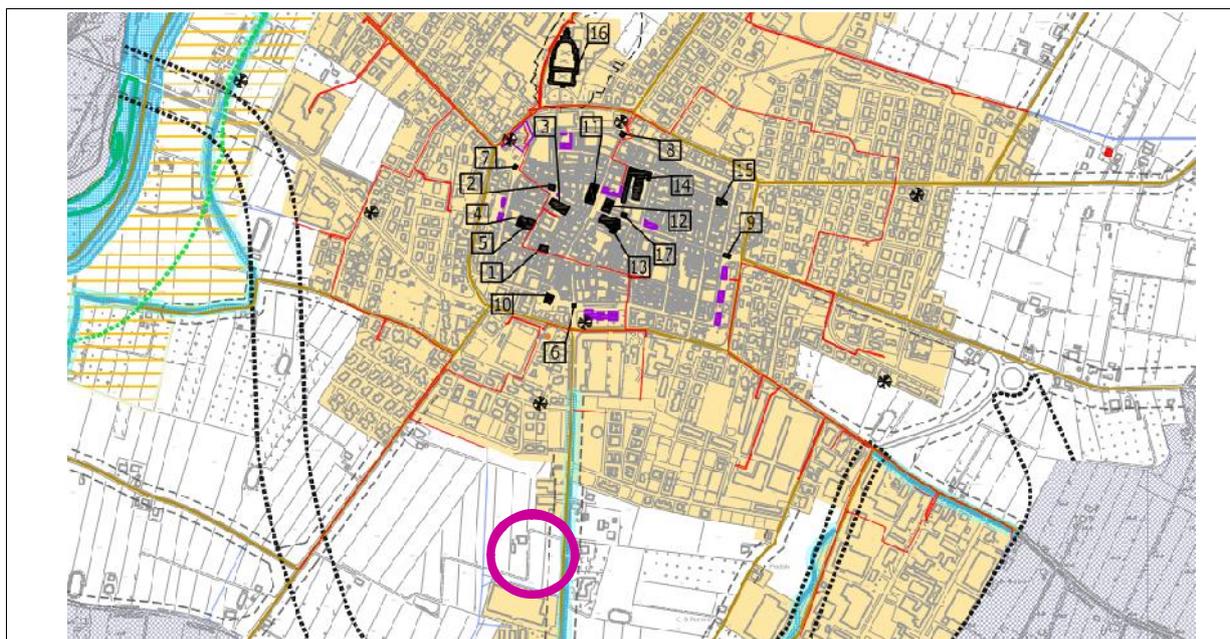
**Fig. 3**

**CARTA UNICA DEL TERRITORIO**  
**Tav. 2**  
PSC Unione Comuni Reno - Galliera

**Legenda**

 Area oggetto di studio

**N**



#### 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'analisi delle prove penetrometriche consente la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, infatti permette di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo per quanto riguarda la resistenza meccanica, per ogni intervallo vengono forniti i parametri geotecnici caratteristici ai sensi del DM del 14.01.2008.

Si può così delineare la seguente successione.

### **da 0,00 m a 3,20 m dal p.c.**

Si registrano medi valori di  $q_c$  12+/- daN/cm<sup>2</sup> con trend debolmente decrescente con la profondità, con simmetrici valori di  $f_s$  0,6+/- daN/cm<sup>2</sup>, rapporto  $q_c/f_s$  25+/-, piuttosto disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato costituito argille consistenti passanti a limi argillo-sabbiosi e sabbie limose alla base. Le maggiori resistenze superficiali sono correlabili a fenomeni di essiccamento a carattere stagionale e pertanto non sono da considerare ai fini progettuali.

Coesione non drenata  $Cu_k = 0,40+/-$  daN/cm<sup>2</sup>.

Scarsa la capacità portante, discreta la cedevolezza.

### **da 3,20 m a 10,20 m dal p.c.**

Si registrano bassi valori di  $q_c$  8+/- daN/cm<sup>2</sup> con massimi tra 6,00 e 7,00 m dal p.c., con simmetrici valori di  $f_s$  0,4+/- daN/cm<sup>2</sup>, rapporto  $q_c/f_s$  20+/-.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille organiche alternate ad argille mediamente consistenti.

Coesione non drenata  $Cu_k = 0,35+/-$  daN/cm<sup>2</sup>.

Scarsa la capacità portante, elevata la cedevolezza.

### **da 10,20 m a 13,20 m dal p.c.**

Si registrano medi valori di  $q_c$  20+/- daN/cm<sup>2</sup> crescenti rapidamente con la profondità, con simmetrici valori di  $f_s$  1,0+/- daN/cm<sup>2</sup>, rapporto  $q_c/f_s$  18+/-.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille consistenti passanti a molto consistenti.

Coesione non drenata  $Cu_k = 0,64+/-$  daN/cm<sup>2</sup>.

Mediocre la capacità portante, mediocre la cedevolezza.

### **da 13,20 m a 14,60 m dal p.c.**

Si registrano alti e alterni valori di  $q_c$  50-110+/- daN/cm<sup>2</sup>, con medi valori di  $f_s$  1,8+/- daN/cm<sup>2</sup>, rapporto  $q_c/f_s$  40+/- piuttosto disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia un livello di sabbie limose e sabbie mediamente addensate.

Angolo di attrito  $\phi_k = 26^\circ$

Discreta la capacità portante, scarsa la cedevolezza.

**da 14,60 m a 19,40 m dal p.c.**

Si registrano medi e alterni valori di qc 28+/- daN/cm<sup>2</sup>, con simmetrici valori di fs 1,6+/- daN/cm<sup>2</sup>, rapporto qc/fs 20+/-.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille molto consistenti.

Coesione non drenata  $Cu_k = 0,90+/- \text{ daN/cm}^2$ .

Mediocre la capacità portante, mediocre la cedevolezza.

**da 19,40 m a 23,40 m dal p.c.**

Si registrano medio-alti e alterni valori di qc 50+/- daN/cm<sup>2</sup>, con medi valori di fs 1,0+/- daN/cm<sup>2</sup>, rapporto qc/fs 50+/-.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di sabbie mediamente addensate con sabbie limose alla base.

Angolo di attrito  $\phi_k = 29^\circ$

Discreta la capacità portante, scarsa la cedevolezza.

In base alla prova CPT limitrofa spinta alla profondità di 30 m, ben correlabile con CPT1, è possibile delineare la litostratigrafia più profonda.

**da 23,40 m a 30,00 m dal p.c.**

Si registrano medi valori di qc 22+/- daN/cm<sup>2</sup> debolmente crescenti con la profondità, con simmetrici valori di fs 1,2+/- daN/cm<sup>2</sup>, rapporto qc/fs 17+/-.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille molto consistenti con presenze di argille organiche al tetto.

Coesione non drenata  $Cu_k = 0,70+/- \text{ daN/cm}^2$ .

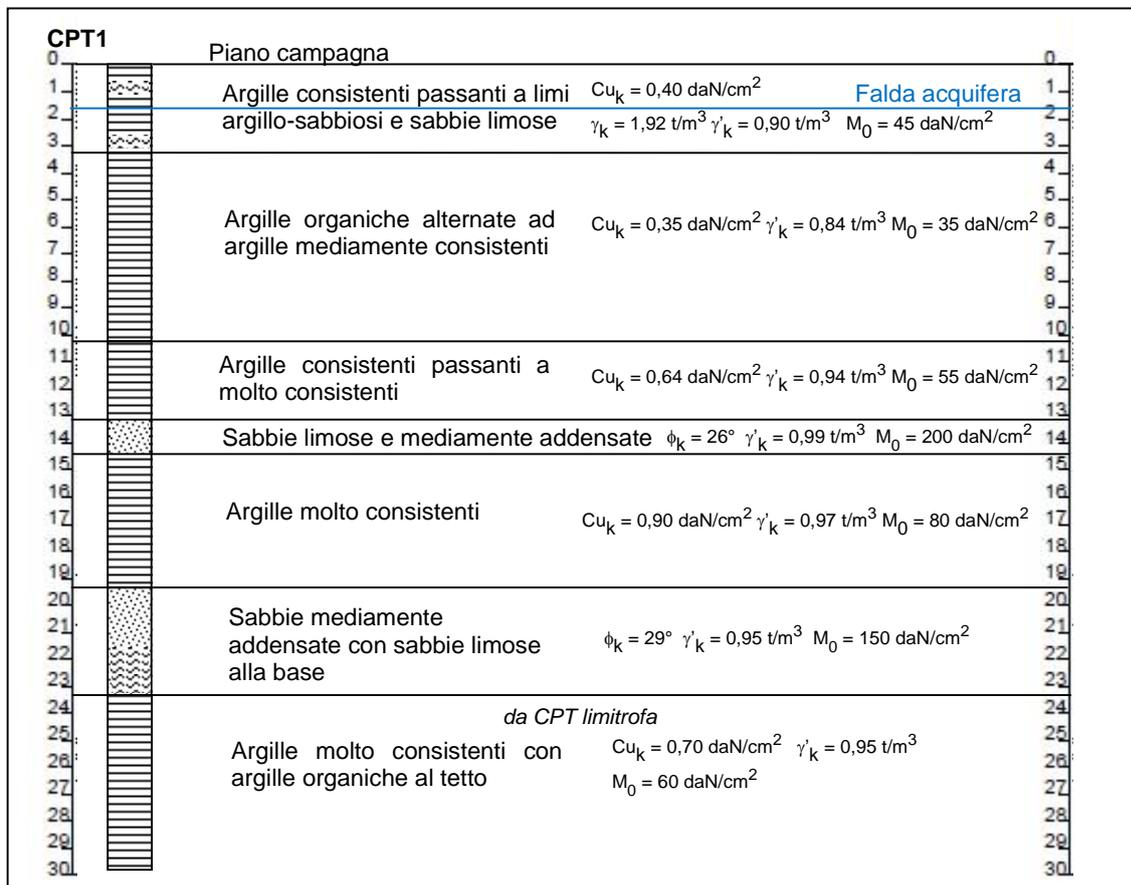
Buona la capacità portante, mediocre la cedevolezza.

Si tratta di terreni di età olocenica con una discreta omogeneità laterale rispetto ai dati dell'indagine consultata; l'ambiente di sedimentazione è complessivamente di tipo palustre con sporadici fenomeni fluviali di esondazione.

Al momento delle prove il livello statico della prima falda acquifera è stato registrato alla profondità di -1,70 m dal p.c., si tratta di una profondità di giacitura piuttosto stabile nel tempo e minima per via del periodo invernale di rilevazione. A supporto di tali considerazioni

si possono citare le rilevazioni effettuate in aree limitrofe nel febbraio 2013 e nel settembre 2014 in base alle quali sono state rilevate rispettivamente le profondità di -1,60 e -2,20 m.

### Modello geotecnico schematico



## 5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il territorio del Comune in oggetto è stato classificato sismico in zona 3 come area di nuova classificazione dall'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003.

Le zone previste sono n. 4 con sismicità decrescente dalla zona 1 alla zona 4, in base ad un valore di accelerazione di picco al suolo roccioso ( $a_g$ ); in seguito all'OPCM 3519 del 28.04.2006 ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s, secondo lo schema seguente.

<b>ZONA</b>	<b><math>a_g</math> con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni</b>	<b><math>a_g</math> massima di ancoraggio dello spettro di risposta elastico</b>
1	0,25 < $a_g$ 0,35 g	0,35 g
2	0,15 < $a_g$ 0,25 g	0,25 g
3	0,05 < $a_g$ 0,15 g	0,15 g
4	$a_g$ 0,05 g	0,05 g

In Emilia Romagna non è presente la zona 1 e solo alcuni comuni della provincia di Piacenza, uno di Reggio Emilia e tre di Ferrara sono stati attribuiti alla zona 4; tutti gli altri comuni sono in zona 2 e soprattutto in zona 3.

Con il D.M. del 14.01.2008 recante le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" le zone 1, 2 e 3 sono state suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli minimo e massimo della rispettiva zona su una griglia a maglie quadrate e passando quindi da una classificazione a livello comunale a una definizione puntuale dei valori di accelerazione di riferimento.

La nuova norma prevede una classificazione sismica dei terreni di fondazione, da eseguirsi in base ai valori della velocità media delle onde S in 30 m ( $V_{s30}$ ) oppure in base ai dati di prove SPT o al valore medio della coesione non drenata  $Cu_{30}$ ; nonché alla valutazione dell'eventuale rischio di liquefazione in condizioni dinamiche.

**Categorie di suolo di fondazione:**

<b>A</b>	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa, $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>C</b>	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>D</b>	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{spt30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
<b>S1</b>	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s (ovvero $10 < Cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
<b>S2</b>	Deposito di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

In ogni specifico sito il moto sismico è definito da uno spettro di risposta elastico la cui forma dipende dalla combinazione del tipo di terreno e della zona di appartenenza attraverso l'uso di definiti coefficienti (coefficiente stratigrafico  $S_s$  e periodi di oscillazione  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ ), dal periodo di oscillazione della struttura  $T_0$ , dall'accelerazione al suolo  $a_g$  e dal fattore che tiene conto dello smorzamento viscoso della struttura.

Per la classificazione del sito in esame sono stati utilizzati i dati geofisici acquisiti tramite la prova CPT1 spinta alla profondità di 24,40 m, incrociandoli con i risultati della prova sismica MASW consultati e che hanno interessato i terreni fino alla profondità di oltre 30,00 m dal p.c.

In base a ormai diffuse e note correlazioni empiriche dai valori di resistenza forniti dalle prove CPT si possono ottenere i valori della coesione non drenata  $C_u$ , riportati nella tabella allegata "parametri geotecnici" e il valore medio di  $N_{SPT}$  per gli strati granulari.

Il valore di  $C_u$  medio nello spessore di indagine è pari a  $C_u = 63$  kPa.

Il valore medio della velocità delle onde di taglio  $S$  in 30 m è stato ottenuto in base ai dati e alle elaborazioni della prova MASW limitrofa.

Nell'intervallo esaminato, il banco di terreni prevalentemente coesivi compresi in uno spessore di 30,00 m dal p.c. presenta valore  $V_{s30} = 264$  m/s.

Si considera che i terreni di fondazione nel sito oggetto di intervento presentano uno strato

con resistenze basse e caratterizzato da valore medio  $C_u = 43$  kPa, giacente alla profondità critica di 3,60 – 10,20 m dal p.c.

In base a tali valutazioni e ai sensi del DM del 14.01.2008 che impone la scelta cautelativa, il suolo di fondazione viene attribuito alla **categoria D** “Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30} < 180$  m/s (ovvero  $N_{spt30} < 15$  nei terreni a grana grossa,  $C_{u30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina)”.

Ai sensi del DM del 14.01.2008 i parametri sismici per tempi di ritorno di 475 anni ovvero per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e per classe d'uso II, calcolati tramite media ponderata, presentano i valori riportati sintetizzati di seguito (elaborazioni tramite INGV “Spettri NTC ver. 1.0.3”):

$$a_g (g) = 0,158 \quad F_0 = 2,590 \quad T_C = 0,274$$

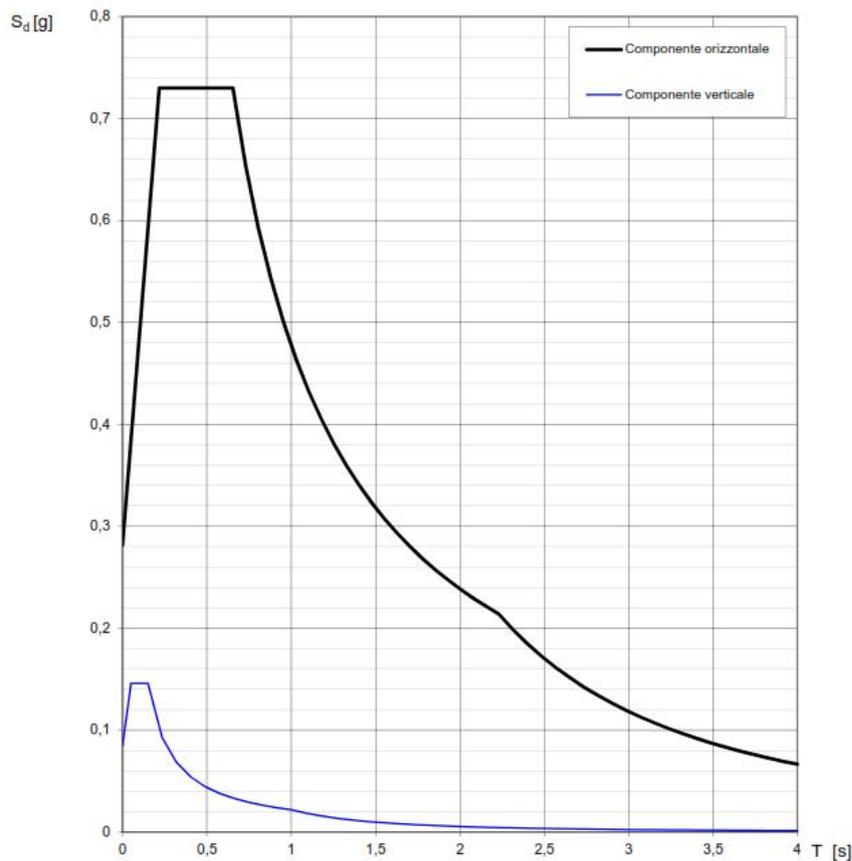
$$S_s = 1,788 \quad C_c = 2,390$$

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

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C$ [s]
SLO	30	0,045	2,493	0,257
SLD	50	0,057	2,493	0,270
SLV	475	0,158	2,590	0,274
SLC	975	0,210	2,533	0,280

Di seguito vengono forniti gli spettri di risposta relativi, ricavati considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni equivalente al tempo di ritorno di 475 anni, per la determinazione dell'azione sismica di progetto (elaborazione tramite INGV “Spettri NTC ver. 1.0.3”). Per la definizione dello spettro sono stati utilizzati valori di  $q = 1,5$  e  $q_0 = 3$ , nella condizione di fabbricato regolare in altezza.

### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



#### 5.1 Verifica del rischio di liquefazione

I terreni granulari a granulometria monodimensionale immersi in acqua di falda potrebbero essere suscettibili a fenomeni di liquefazione in condizioni dinamiche<sup>1</sup>; tale rischio va valutato entro i 20 m di profondità ai sensi degli atti di indirizzo della Regione Emilia Romagna (Del. Ass. Legisl. RER 112/2007).

Le maggiori scosse sismiche del 20 e 29.05.2012 hanno innescato diversi fenomeni di liquefazione delle sabbie del sottosuolo in corrispondenza di gran parte del paleo-argine/alveo del Reno come evidenziato dalla Carta degli effetti della Liquefazione del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna e come osservato direttamente in sito in diverse aree del territorio alto-ferrarese.

<sup>1</sup> Ad es.: Crespellani T., Nardi R. e Simoncini C., 1988 – La liquefazione del terreno in condizioni sismiche. Zanichelli, Bologna.

Il sito indagato non è stato interessato da emersioni di sabbie e non è compreso all'interno delle aree in cui sono stati osservati gravi effetti di liquefazione.

La Tavola Comunale delle aree suscettibili di effetti locali in riferimento alla pericolosità sismica della variante al PSC del Comune di Pieve di Cento (Unione Reno-Galliera) inquadra il sito in esame in Aree III, ovvero aree con "liquefazione poco probabile da verificare".

La stratigrafia nel lotto in esame, entro la profondità di 20 m, evidenzia alcuni livelli discontinui di terreni granulari saturi, alcuni superficiali, altri attorno a circa 14 m di profondità.

Per tali considerazioni è stato applicato il metodo di Robertson e Wride per la verifica del rischio di liquefazione sulla verticale di indagine, fino alla profondità di 20 m, utilizzando come magnitudo di riferimento  $M = 6,14$  in conformità con quanto stabilito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per la zona sismogenetica 912 della Dorsale Ferrarese e utilizzando i parametri sismici riferiti alla classe d'uso II e alla categoria D e come confronto anche alla categoria C.

I dettagli teorici della verifica effettuata e i tabulati dei calcoli sono consultabili in appendice.

Come soglia del fattore di sicurezza si utilizza il valore di 1,2 incrociandolo con il valore di 1,4 come suggerito da Facciorusso, J. (2008)<sup>2</sup>, specificatamente per il metodo di Robertson e Wride e in base a studi eseguiti soprattutto in Emilia Romagna (cfr. Appendice).

Lungo la verticale indagata, adottando le condizioni piuttosto cautelative della categoria D, si individuano n. 3 livelli superficiali liquefacibili, rispettivamente a 1,80 – 2,60 e 3,10 m dal p.c. con spessore di 20 cm per i primi due e di 40 cm per il terzo.

Alla profondità di 13,80-14,00 m si rinviene un altro livello liquefacibile dello spessore di 40 cm. Complessivamente l'indice di liquefazione è medio ( $IL = 5,70$ ).

Considerando che in realtà il deposito sedimentario è caratterizzato da parametri che lo rendono al limite tra la categoria C e la D e che quest'ultima impone condizioni di verifica alla liquefazione piuttosto severe, è stata effettuata un'ulteriore verifica adottando i parametri relativi alla categoria C. In tal caso l'indice di liquefazione si riduce a 2,62, i livelli superficiali si riducono a n. 2 e il livello più profondo si riduce ad uno spessore di 20 cm.

---

<sup>2</sup> Facciorusso J., 2008 – "Calcolo del Potenziale di Liquefazione su vasta scala: approccio deterministico e approccio probabilistico" – Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica.

Complessivamente gli indici di liquefazione sono medio - bassi, ma non destano particolare preoccupazione per l'esiguo spessore dei livelli interessati e la loro discontinuità.

In conclusione pertanto è possibile escludere il rischio di liquefazione dei terreni indagati in riferimento al tipo di fabbricato oggetto di intervento e risulta possibile la progettazione tramite l'approccio semplificato delineato dalle NTC 2008.

## 6. VERIFICA DELLA STABILITÀ GLOBALE

Ad una valutazione complessiva del modello geomeccanico dei terreni investigati, e considerando le caratteristiche dei manufatti su di essi fondati, il valore della resistenza dei terreni di fondazione viene determinato sulla base delle prove penetrometriche utilizzando la formula della capacità unitaria portante per fondazioni nastriformi e a plinto dovuta a Terzaghi ed altri:

$$q_d = c N_c (S_c d_c) + \gamma D (N_q S_q d_q) + 1/2 \times B N_\gamma (1 - 0,2 B/L)$$

dove:

$N_i = D_i$	=	fattori di capacità legati al valore di $w_l$ (angolo di attrito interno)	
$c = c_u$	=	coesione non drenata ( $R_p/20$ De Beer) ( $(R_p - \gamma v)/14$ Begemann)	
$\gamma$	=	peso di volume del terreno immerso in acqua 0,0007 daN/cm <sup>3</sup> - 0,00065 daN/cm <sup>3</sup> .	
$\gamma_l$	=	peso di volume del terreno 0,0017 daN/cm <sup>3</sup>	
$D$	=	incastro delle fondazioni	
$S_c$	=	$1 + B/L (N_q/N_c)$	fattori di correzione
$d_c$	=	$1 + 0.2 D/B$	per fondazioni
$S_q$	=	1	a nastro e a plinto
$d_q$	=	1	
$B$	=	larghezza della fondazione	
$L$	=	lunghezza della fondazione	

Nel caso di fondazioni superficiali a nastro collegate o a platea, in base alla teoria delle tensioni ammissibili, utilizzata per puro riferimento storico e orientativo, sostituendo si ha:

$$q_d = 0,40 \times 5,14 \times 1,1 = 2,26 \text{ daN/cm}^2$$

$$q_a \text{ (pressione ammissibile)} = 2,26 / 3 \text{ (fattore di sicurezza)}$$

$$= 0,75 \text{ daN/cm}^2$$

La verifica di stabilità globale relativa allo stato limite ultimo (SLU) per il complesso terreno-opera ai sensi del D.M. del 14.01.2008 viene confermata qualora sia verificata la disequazione:

$$E_D > R_D$$

dove  $E_D$  è il valore di progetto dell'azione e  $R_D$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Per quanto riguarda la valutazione della resistenza del terreno agli stati limite  $R_D$  e dell'azione di progetto  $E_D$  ai sensi del DM del 14.01.2008, si opta per la valutazione allo stato limite ultimo (SLU) utilizzando l'approccio 1, che prevede n. 2 diverse combinazioni dei fattori di sicurezza (combinazione 1 -STR valida per lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione, combinazione 2 - GEO riferita allo stato limite di resistenza del terreno).

Si calcolano i valori di  $r_d$ , considerando che  $R_D = r_d \times A$ , dove  $A$  è l'area della fondazione.

#### **Approccio 1 – combinazione 1 STR**

$$r_d = (40 \times 5,14 \times 1,1) \text{ kPa} = 226,2 \text{ kPa}$$

#### **Approccio 1 – combinazione 2 GEO**

$$r_d = (40/1,4 \times 5,14 \times 1,1) / 1,8 \text{ kPa} = 89,7 \text{ kPa}$$

#### **Approccio 2**

$$r_d = (40 \times 5,14 \times 1,1) / 2,3 \text{ kPa} = 98,3 \text{ kPa}$$



#### **Condizioni sismiche**

In condizioni sismiche si utilizzano i coefficienti sismici orizzontale e verticale e i fattori riduttivi di Paolucci & Pecker (1997) per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma su  $R_D$ .

$$k_h = \beta_s \text{ ag } S; \quad z_c = 1 - 0,32 k_h$$

Nel caso considerato:  $k_h = 0,0678$  e pertanto  $z_c = 0,978$ .

Tramite la combinazione 2 dell'approccio 1, più cautelativa nei riguardi del dimensionamento geotecnico, si ottiene:

$$rd = (40/1,4 \times 5,14 \times 1,1 \times 0,978) / 1,8 \text{ kPa} = 87,7 \text{ kPa}$$

È possibile eseguire le verifiche di stabilità utilizzando i valori di  $rd$  e le dimensioni delle opere di fondazione e confrontando con i carichi progettuali.

### **Verifica allo slittamento**

La resistenza offerta dal terreno lungo il piano di fondazione è pari a:

$R_d = A_c \times c_{u_d}$  dove  $A_c$  è l'area di contatto della fondazione e  $T_k$  è il carico orizzontale

$$c_{u_d} = 40/1,4 = 28,6 \text{ kPa}$$

$$\rightarrow F_s = c_{u_d} / T_k$$

## 7. CEDIMENTI

Una valutazione dei cedimenti attesi viene eseguita con scopo orientativo, con carico di esercizio (SLE) quasi permanente orientativo, utilizzando la formula di Terzaghi - Buisman interrompendo il calcolo alla profondità dove viene soddisfatta la relazione  $qu = (1/10) \sigma_0$ , indicando con  $\sigma_0$  il carico litostatico normale.

1

$$UH = Ho qu mv$$

dove:

$UH =$  cedimento

$Ho =$  spessore dello strato considerato

$mv =$  coefficiente di compressibilità volumetrica legata al valore di  $R_p$  nella relazione  $1/(r R_p)$  con  $r'$  dipendente dalla litologia e dai valori di  $R_p$ .

$qu =$  sovraccarico alle varie profondità prodotto in asse ad una superficie di carico rettangolare infinitamente rigida, secondo Jelinek

CEDIMENTO IN ASSE RELATIVO AD UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE A NASTRO							
CANTIERE: ARDIZZONI MARCO - PIEVE DI CENTO							
B = cm. 120		qa = 0,70 daN/cm <sup>2</sup> .		Falda -170		D = cm.80 dal p.c.	
profondità		spessore				CEDIMENTO	
strato		strato	qu	mv.	DH	TOTALE	Sigma 0
da	cm a	H0 cm	Kg/cm <sup>2</sup>		cm.	cm.	Kg/cm <sup>2</sup>
0	80	80	====	====	====	=	0,136
80	110	30	0,61	0,022	0,40		0,162
110	150	40	0,47	0,022	0,41	=	0,221
150	200	50	0,36	0,022	0,39	=	0,292
200	250	50	0,27	0,022	0,30	=	0,325
250	300	50	0,21	0,018	0,19	=	0,357
300	350	50	0,19	0,018	0,17	=	0,390
350	400	50	0,16	0,025	0,20	=	0,422
400	450	50	0,14	0,028	0,19	=	0,455
450	500	50	0,12	0,026	0,16	=	0,487
500	550	50	0,11	0,026	0,15	=	0,520
550	650	100	0,09	0,018	0,17	=	0,569
650	750	100	0,08	0,018	0,14	2,87	0,634
750	850	100	0,06	0,022	0,14	====	0,699

## 8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Si fornisce parere favorevole per la edificazione nell'area, con le precisazioni sopra esposte, con un carico massimo di 0,75 daN/cm<sup>2</sup> in termini di tensioni ammissibili a titolo orientativo in fase preliminare.

Per quanto riguarda la valutazione della resistenza del terreno  $R_D$  agli stati limite (SLU) le resistenze unitarie valgono:

### Approccio 1 – combinazione 1 STR

$$rd = (40 \times 5,14 \times 1,1) \text{ kPa} = 226,2 \text{ kPa}$$

### Approccio 1 – combinazione 2 GEO

$$rd = (40/1,4 \times 5,14 \times 1,1) / 1,8 \text{ kPa} = 89,7 \text{ kPa}$$

### Approccio 2

$$rd = (40 \times 5,14 \times 1,1) / 2,3 \text{ kPa} = 98,3 \text{ kPa}$$

### Condizioni sismiche + GEO:

$$rd = (40/1,4 \times 5,14 \times 1,1 \times 0,978) / 1,8 \text{ kPa} = 87,7 \text{ kPa}$$

È possibile eseguire le verifiche di stabilità confrontando i valori di  $r_d$  per l'area di fondazione con i carichi progettuali ( $E_D$ ).

La valutazione dei cedimenti permette di valutare che, imprimendo ai terreni di fondazione un carico di esercizio agli SLE pari a  $0,7 \text{ daN/cm}^2$  tramite fondazioni a nastro collegate con  $B = 120 \text{ cm}$  e impostate a  $80 \text{ cm}$  dal p.c., si prevedono cedimenti dell'ordine di  $2,9 \text{ cm}$ .

L'entità teorica dei cedimenti totali è importante, ma tollerabile dal fabbricato in progetto se verrà realizzato un complesso fondale sufficientemente rigido. È opportuno mantenere il piano di posa fondale piuttosto profondo (almeno  $80\text{-}100 \text{ cm}$ ) e realizzare un complesso fondale discretamente rigido a causa della suscettibilità ad essiccamento dei terreni superficiali e della presenza di sedimenti parzialmente granulari.

Le stesse considerazioni valgono nel caso in cui si opti per una fondazione a platea.

L'Ordinanza del PCM n. 3274/2003, così come recepita dal DM del 14.01.2008, ha attribuito il territorio comunale di Cento alla zona sismica 3: l'analisi sismica effettuata permette di attribuire il deposito sedimentario alla **categoria D**.

I parametri sismici per la progettazione allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita e per un fabbricato di classe d'uso II, in base alla normativa attualmente vigente, assumono i seguenti valori:

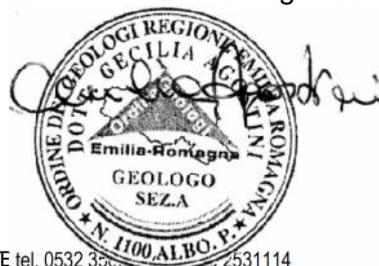
$$a_g (g) = 0,158 \quad F_0 = 2,590 \quad T_C = 0,274$$
$$S_s = 1,788 \quad C_c = 2,390$$

In base alla verifica del rischio di liquefazione dei terreni granulari in condizioni dinamiche, si conclude che nel sito indagato non sussiste un reale rischio di liquefazione con le precisazioni e le indicazioni sopra esposte.

Si rimanda ad un'eventuale indagine più approfondita la quantificazione del carico limite e dell'effettiva entità dei cedimenti.

Sant'Agostino, li 03.02.2018

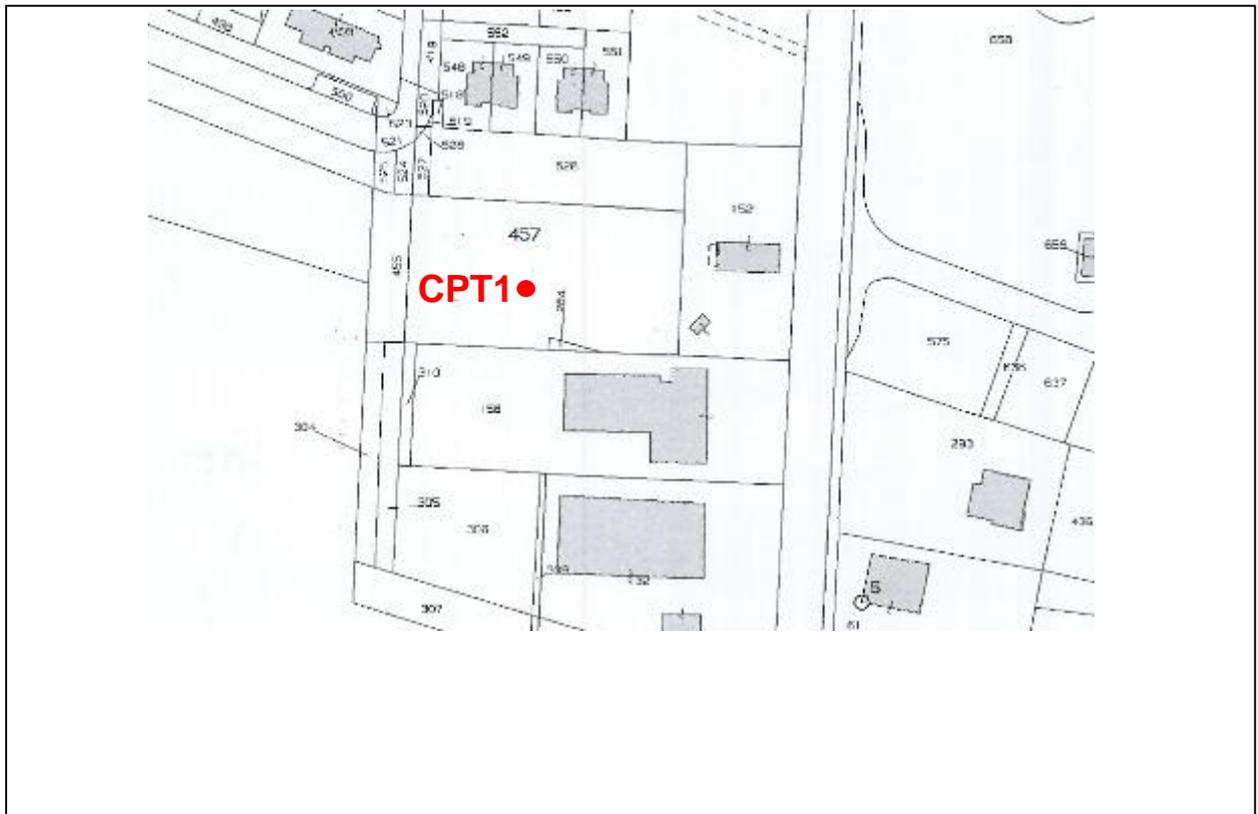
dott. Geol. Cecilia Agostini



**SCHIZZO PLANIMETRICO  
CON  
UBICAZIONE DELLE PROVE**

**Legenda**

• **CPT1** Prova penetrometrica statica



**COMUNE DI PIEVE DI CENTO  
FOGLIO 22, MAPPALE 457**

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fotografia 1: Esecuzione della prova penetrometrica statica CPT1.

## METODOLOGIA E RISULTATI DELL'INDAGINE

Le prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$ ).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta ( martinetto idraulico ) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali) , alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l' infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell' attrito laterale (punta/manicotto tipo 'Begemann').

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono  $\varnothing = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono  $\alpha = 60^\circ$
- superf.laterale manicotto  $A_m = 150 \text{ cm}^2$ .

Sulla batteria di aste esterne puo' essere installato un anello allargatore per diminuire l' attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento) :

- $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  = resistenza alla punta(conica)
- $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  = resistenza laterale (manicotto)

( la resistenza alla punta  $q_c$  e la resistenza laterale  $f_s$  sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

**PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - (area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta  $q_c \text{ ( Kg / cm}^2 \text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale  $f_s \text{ ( Kg / cm}^2 \text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale  $R_t \text{ ( Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta ( fase 1 )
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S \text{ ( Kg)}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta.

### CONVERSIONI

1 kN ( kiloNewton ) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t - 1MN (megaNewton ) = 1000 kN = 1000000 N  $\approx$  100 t

1 kPa ( kiloPascal ) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa ( MegaPascal ) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t / m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (qc / fs)$

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di  $FR = (fs / qc) \%$  :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

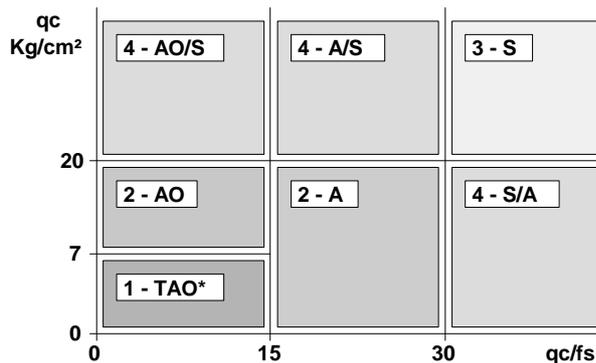
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $qc / fs$   
 ( Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI anche se  $( qc / fs ) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI anche se  $( qc / fs ) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  - qc - natura ]  
 ( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  - qc ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
 ( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. : Eu -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
 Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  - qc ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
 (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  - qc - natura ]  
 (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)  
 [ correlazioni :  $D_r$  - qc -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  -  $D_r$  - qc -  $\sigma'_{vo}$  ]  
 (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976 )  
 $\emptyset'_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme  $\emptyset'_{2s}$  - sabbia media unif./ fine ben gradata  
 $\emptyset'_{3s}$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata  $\emptyset'_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.  
 $\emptyset'_{dm}$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.  $\emptyset'_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
 (  $g$  = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) -  $D_r$  ]

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

**CPT**

**1**

riferimento

**002-2018**

n° verb.accett.

Committente: **ARDIZZONI MARCO**  
Cantiere: **COSTRUZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE**  
Località: **PIEVE DI CENTO BO**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec.: **29/01/2018**  
Pagina: **1**  
Elaborato: **Falda: -1,70 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20				0,00	0,80	0		15,20	32,0	54,0		32,00	1,60	20	5,0
0,40	14,0	26,0		14,00	0,80	18	5,7	15,40	34,0	58,0		34,00	1,73	20	5,1
0,60	14,0	26,0		14,00	0,80	18	5,7	15,60	31,0	57,0		31,00	1,60	19	5,2
0,80	11,0	23,0		11,00	0,87	13	7,9	15,80	28,0	52,0		28,00	1,67	17	6,0
<b>1,00</b>	13,0	26,0		13,00	0,80	16	6,2	<b>16,00</b>	31,0	56,0		31,00	1,73	18	5,6
1,20	14,0	26,0		14,00	0,67	21	4,8	16,20	32,0	58,0		32,00	1,80	18	5,6
1,40	12,0	22,0		12,00	0,60	20	5,0	16,40	34,0	61,0		34,00	2,27	15	6,7
1,60	13,0	22,0		13,00	0,67	19	5,2	16,60	34,0	68,0		34,00	1,93	18	5,7
1,80	14,0	24,0		14,00	0,40	35	2,9	16,80	26,0	55,0		26,00	1,53	17	5,9
<b>2,00</b>	12,0	18,0		12,00	0,60	20	5,0	<b>17,00</b>	18,0	41,0		18,00	1,47	12	8,2
2,20	14,0	23,0		14,00	0,53	26	3,8	17,20	29,0	51,0		29,00	1,47	20	5,1
2,40	11,0	19,0		11,00	0,53	21	4,8	17,40	35,0	57,0		35,00	1,80	19	5,1
2,60	18,0	26,0		18,00	0,67	27	3,7	17,60	26,0	53,0		26,00	0,93	28	3,6
2,80	21,0	31,0		21,00	0,87	24	4,1	17,80	39,0	53,0		39,00	1,53	25	3,9
<b>3,00</b>	24,0	37,0		24,00	0,67	36	2,8	<b>18,00</b>	32,0	55,0		32,00	1,73	18	5,4
3,20	26,0	36,0		26,00	0,47	55	1,8	18,20	25,0	51,0		25,00	1,73	14	6,9
3,40	16,0	23,0		16,00	0,80	20	5,0	18,40	24,0	50,0		24,00	0,80	30	3,3
3,60	10,0	22,0		10,00	0,73	14	7,3	18,60	39,0	51,0		39,00	1,47	27	3,8
3,80	8,0	19,0		8,00	0,33	24	4,1	18,80	18,0	40,0		18,00	0,87	21	4,8
<b>4,00</b>	7,0	12,0		7,00	0,47	15	6,7	<b>19,00</b>	20,0	33,0		20,00	0,87	23	4,4
4,20	6,0	13,0		6,00	0,33	18	5,5	19,20	19,0	32,0		19,00	1,73	11	9,1
4,40	9,0	14,0		9,00	0,40	23	4,4	19,40	26,0	52,0		26,00	2,47	11	9,5
4,60	8,0	14,0		8,00	0,27	30	3,4	19,60	59,0	96,0		59,00	0,93	63	1,6
4,80	6,0	10,0		6,00	0,40	15	6,7	19,80	128,0	142,0		128,00	1,47	87	1,1
<b>5,00</b>	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0	<b>20,00</b>	91,0	113,0		91,00	0,60	152	0,7
5,20	6,0	12,0		6,00	0,27	22	4,5	20,20	58,0	67,0		58,00	0,80	73	1,4
5,40	7,0	11,0		7,00	0,33	21	4,7	20,40	62,0	74,0		62,00	0,93	67	1,5
5,60	9,0	14,0		9,00	0,60	15	6,7	20,60	46,0	60,0		46,00	1,67	28	3,6
5,80	9,0	18,0		9,00	0,53	17	5,9	20,80	43,0	68,0		43,00	1,53	28	3,6
<b>6,00</b>	10,0	18,0		10,00	0,87	11	8,7	<b>21,00</b>	81,0	104,0		81,00	1,20	68	1,5
6,20	12,0	25,0		12,00	0,93	13	7,8	21,20	48,0	66,0		48,00	0,93	52	1,9
6,40	17,0	31,0		17,00	0,93	18	5,5	21,40	37,0	51,0		37,00	0,73	51	2,0
6,60	17,0	31,0		17,00	0,87	20	5,1	21,60	47,0	58,0		47,00	0,67	70	1,4
6,80	18,0	31,0		18,00	0,80	23	4,4	21,80	53,0	63,0		53,00	0,93	57	1,8
<b>7,00</b>	19,0	31,0		19,00	0,73	26	3,8	<b>22,00</b>	44,0	58,0		44,00	0,87	51	2,0
7,20	9,0	20,0		9,00	0,47	19	5,2	22,20	34,0	47,0		34,00	1,60	21	4,7
7,40	7,0	14,0		7,00	0,40	18	5,7	22,40	52,0	76,0		52,00	1,13	46	2,2
7,60	7,0	13,0		7,00	0,33	21	4,7	22,60	67,0	84,0		67,00	2,13	31	3,2
7,80	7,0	12,0		7,00	0,40	18	5,7	22,80	96,0	128,0		96,00	2,07	46	2,2
<b>8,00</b>	6,0	12,0		6,00	0,47	13	7,8	<b>23,00</b>	97,0	128,0		97,00	2,67	36	2,8
8,20	7,0	14,0		7,00	0,53	13	7,6	23,20	94,0	134,0		94,00	2,27	41	2,4
8,40	13,0	21,0		13,00	0,53	25	4,1	23,40	90,0	124,0		90,00	2,27	40	2,5
8,60	12,0	20,0		12,00	0,53	23	4,4	23,60	78,0	112,0		78,00	2,80	28	3,6
8,80	9,0	17,0		9,00	0,67	13	7,4	23,80	60,0	102,0		60,00	2,87	21	4,8
<b>9,00</b>	10,0	20,0		10,00	0,53	19	5,3	<b>24,00</b>	55,0	98,0		55,00	2,87	19	5,2
9,20	8,0	16,0		8,00	0,47	17	5,9	24,20	42,0	85,0		42,00	2,80	15	6,7
9,40	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9	24,40	38,0	80,0		38,00			
9,60	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9								
9,80	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2								
<b>10,00</b>	10,0	17,0		10,00	0,60	17	6,0								
10,20	9,0	18,0		9,00	0,53	17	5,9								
10,40	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5								
10,60	12,0	21,0		12,00	0,73	16	6,1								
10,80	14,0	25,0		14,00	0,67	21	4,8								
<b>11,00</b>	14,0	24,0		14,00	0,73	19	5,2								
11,20	10,0	21,0		10,00	0,53	19	5,3								
11,40	14,0	22,0		14,00	0,67	21	4,8								
11,60	16,0	26,0		16,00	0,87	18	5,4								
11,80	19,0	32,0		19,00	1,07	18	5,6								
<b>12,00</b>	18,0	34,0		18,00	1,07	17	5,9								
12,20	21,0	37,0		21,00	1,20	18	5,7								
12,40	24,0	42,0		24,00	1,40	17	5,8								
12,60	26,0	47,0		26,00	1,53	17	5,9								
12,80	36,0	59,0		36,00	1,93	19	5,4								
<b>13,00</b>	35,0	64,0		35,00	1,87	19	5,3								
13,20	36,0	64,0		36,00	1,47	24	4,1								
13,40	49,0	71,0		49,00	1,13	43	2,3								
13,60	65,0	82,0		65,00	2,13	31	3,3								
13,80	71,0	103,0		71,00	0,93	76	1,3								
<b>14,00</b>	96,0	110,0		96,00	1,00	96	1,0								
14,20	43,0	58,0		43,00	5,07	8	11,8								
14,40	121,0	197,0		121,00	1,07	113	0,9								
14,60	115,0	131,0		115,00	3,40	34	3,0								
14,80	27,0	78,0		27,00	2,53	11	9,4								
<b>15,00</b>	27,0	65,0		27,00	1,47	18	5,4								

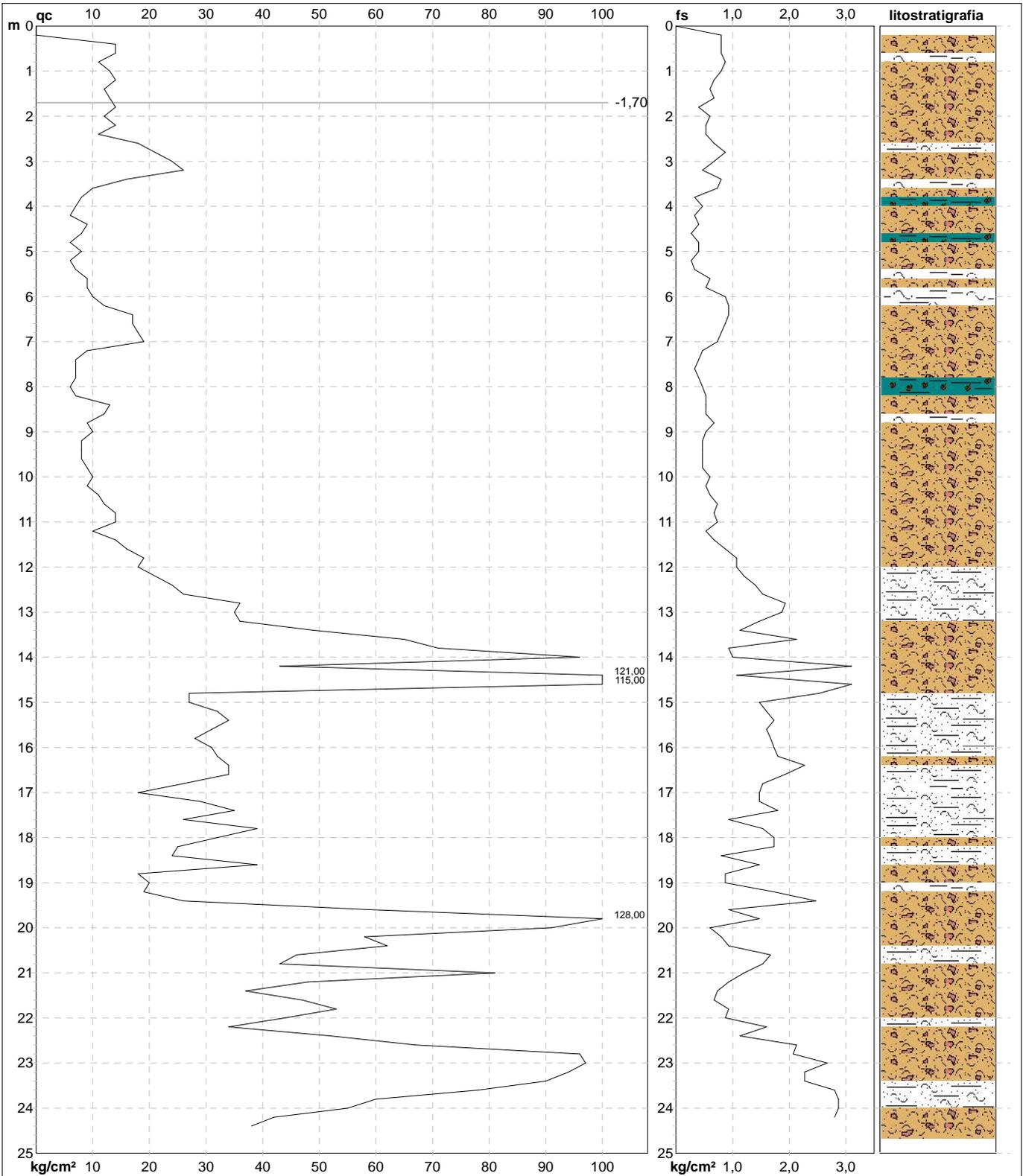
H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0,20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>002-2018</b>
n° verb. accett.	

Committente: <b>ARDIZZONI MARCO</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>29/01/2018</b>
Cantiere: <b>COSTRUZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE</b>	Scala: <b>1:125</b>	Quota inizio: <b>Piano Campagna</b>
Località: <b>PIEVE DI CENTO BO</b>	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>-1,70 m da p.c.</b>
	Elaborato:	



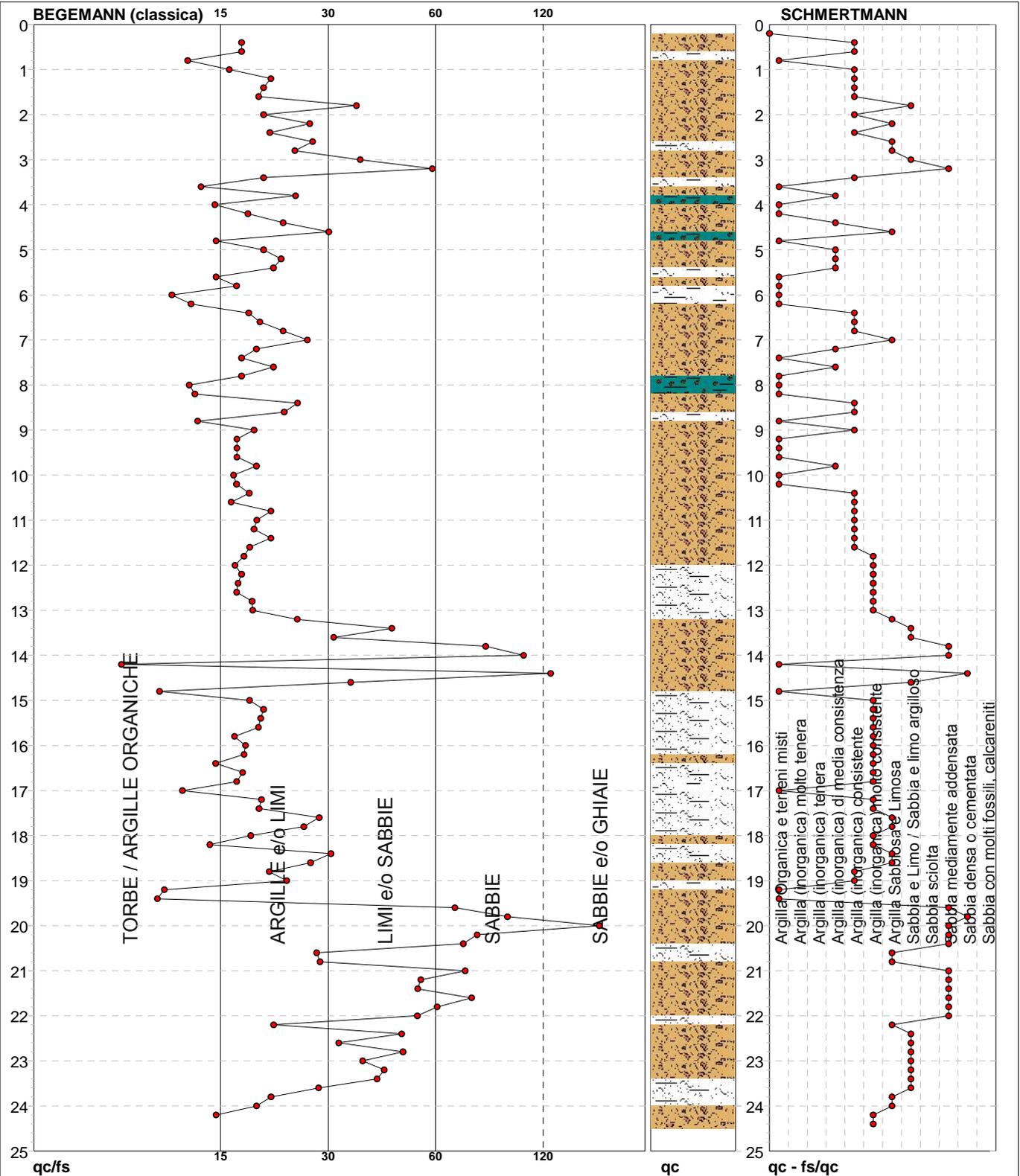
Litologia: <b>Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone</b>	Preforo: <b>m</b>
Penetrometro: <b>TG63-200S</b>	Corr.astine: <b>kg/ml</b>
Responsabile:	Cod. punta:
Assistente:	

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>002-2018</b>
n° verb.accett.	

Committente: **ARDIZZONI MARCO**  
Cantiere: **COSTRUZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE**  
Località: **PIEVE DI CENTO BO**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data esec.: 29/01/2018  
Scala: 1:125  
Pagina: 1  
Elaborato:                    Falda: -1,70 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	19 punti, 15,32%	Argilla Organica e terreni misti:	24 punti, 19,35%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	15 punti, 12,10%
Argille e/o Limi :	76 punti, 61,29%	Argilla (inorganica) media consist.:	8 punti, 6,45%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	12 punti, 9,68%
Limi e/o Sabbie :	16 punti, 12,90%	Argilla (inorganica) consistente:	24 punti, 19,35%	Sabbia mediamente addensata:	13 punti, 10,48%
Sabbie:	9 punti, 7,26%	Argilla (inorganica) molto consist.:	22 punti, 17,74%	Sabbia densa o cementata:	2 punti, 1,61%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 0,81%				



**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT**

**1**

riferimento

**002-2018**

n° verb. accett.

Committente: **ARDIZZONI MARCO**  
Cantiere: **COSTRUZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE**  
Località: **PIEVE DI CENTO BO**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: **29/01/2018**  
Pagina: **2**  
Elaborato: Falda: **-1,70 m** da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20,00	91,00	151,67	3	0,99	2,01	303	--	--	--	--	--	52	37	29	26	24	33	33	--	--	151,7	227,5	273,0
20,20	58,00	72,50	3	0,93	2,02	256	--	--	--	--	--	36	36	26	23	22	30	31	--	--	96,7	145,0	174,0
20,40	62,00	66,67	3	0,94	2,04	262	--	--	--	--	--	38	36	27	24	22	30	32	--	--	103,3	155,0	186,0
20,60	46,00	27,54	4	1,01	2,06	234	1,53	4,3	576,0	864,0	138,0	28	35	25	22	21	29	31	--	--	76,7	115,0	138,0
20,80	43,00	28,10	4	1,00	2,08	228	1,43	3,9	583,1	874,7	129,0	25	34	25	22	20	28	30	--	--	71,7	107,5	129,0
21,00	81,00	67,50	3	0,97	2,10	290	--	--	--	--	--	47	37	28	25	23	32	33	--	--	135,0	202,5	243,0
21,20	48,00	51,61	3	0,91	2,12	238	--	--	--	--	--	28	35	25	22	21	29	31	--	--	80,0	120,0	144,0
21,40	37,00	50,68	3	0,89	2,14	216	--	--	--	--	--	19	34	24	21	19	27	30	--	--	61,7	92,5	111,0
21,60	47,00	70,15	3	0,91	2,16	236	--	--	--	--	--	27	35	25	22	21	28	31	--	--	78,3	117,5	141,0
21,80	53,00	56,99	3	0,92	2,17	247	--	--	--	--	--	31	35	26	22	21	29	31	--	--	88,3	132,5	159,0
22,00	44,00	50,57	3	0,91	2,19	230	--	--	--	--	--	25	34	25	21	20	28	31	--	--	73,3	110,0	132,0
22,20	34,00	21,25	4	0,98	2,21	209	1,13	2,7	583,3	874,9	102,0	16	33	23	20	19	27	29	--	--	56,7	85,0	102,0
22,40	52,00	46,02	3	0,92	2,23	245	--	--	--	--	--	30	35	25	22	21	29	31	--	--	86,7	130,0	156,0
22,60	67,00	31,46	3	0,95	2,25	270	--	--	--	--	--	38	36	27	23	22	30	32	--	--	111,7	167,5	201,0
22,80	96,00	46,38	3	0,99	2,27	309	--	--	--	--	--	51	37	28	25	24	32	34	--	--	160,0	240,0	288,0
23,00	97,00	36,33	3	1,00	2,29	310	--	--	--	--	--	51	37	28	25	24	32	34	--	--	161,7	242,5	291,0
23,20	94,00	41,41	3	0,99	2,31	307	--	--	--	--	--	49	37	28	25	24	32	34	--	--	156,7	235,0	282,0
23,40	90,00	39,65	3	0,98	2,33	302	--	--	--	--	--	48	37	28	25	23	32	33	--	--	150,0	225,0	270,0
23,60	78,00	27,86	4	1,03	2,35	286	2,60	7,1	585,8	878,7	234,0	43	36	27	24	23	31	33	--	--	130,0	195,0	234,0
23,80	60,00	20,91	4	1,02	2,37	259	2,00	5,1	652,5	978,8	180,0	33	35	26	23	21	29	32	--	--	100,0	150,0	180,0
24,00	55,00	19,16	4	1,01	2,39	251	1,83	4,5	666,6	999,9	165,0	30	35	25	22	21	29	31	--	--	91,7	137,5	165,0
24,20	42,00	15,00	4	1,00	2,41	226	1,40	3,2	669,5	1004,2	126,0	21	34	24	21	20	27	30	--	--	70,0	105,0	126,0
24,40	38,00	--	3	0,90	2,43	218	--	--	--	--	--	17	33	23	20	19	27	30	--	--	63,3	95,0	114,0

## APPENDICE

### Verifica del rischio di liquefazione dei terreni granulari

La verifica numerica del rischio di liquefazione dei terreni granulari in condizioni dinamiche è stata eseguita adottando il Metodo semplificato di Robertson & Wride (1997). Tale metodo è stato specificamente elaborato per dati di ingresso derivanti da prove penetrometriche statiche, previa determinazione di un valore di riferimento della Magnitudo di progetto. Di tale metodo di calcolo occorre ricordare che, al contrario della maggior parte dei metodi empirici, quelli semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento. Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T). Cioè in pratica si avrà:  $F_s = \frac{R}{T}$ . Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza  $F_s$  sarà minore di 1,00 (o 1,4 come da Facciorusso, 2008).

R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche statiche. La grandezza T dipende invece dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto) e viene ricavata attraverso la

relazione:  $T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d MSF$ . Dove:

- $a_{\max}$  = accelerazione sismica massima
- $G$  = accelerazione di gravità = 980,7 cm/s<sup>2</sup>
- $\sigma_{v0}$  = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.
- $\sigma_{v0}'$  = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.
- $r_d$  = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:
  - $r_d = 1 - 0,00765z$  per  $z \leq 9,15$  m
  - $r_d = 1,174 - 0,0267z$  per  $9,15 < z \leq 23$  m
  - $r_d = 0,774 - 0,008z$  per  $23 < z \leq 30$  m
  - $r_d = 0,5$  per  $z > 30$  m
- MSF = coefficiente correttivo della magnitudo del sisma, valutato secondo la relazione  $MSF = 6,9 \exp(-M/4) - 0,058$  di Idriss (1999) e Idriss e Boulanger (2004).

Il Calcolo della resistenza al taglio mobilitata (R), tramite Il metodo di Robertson & Wride che permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche (C.P.T.) avviene secondo le due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[ \frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50. \quad R = 93 \left[ \frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

La grandezza  $(q_{c1n})_{cs}$  rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di  $(q_{c1n})_{cs}$  avviene attraverso i seguenti passaggi:

si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale specifico normalizzati con le relazioni:

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} \text{ e } F = 100 \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}. \text{ Dove:}$$

$q_c$  (kg/cm<sup>2</sup>) = resistenza alla punta determinata dalla prova C.P.T.  
 $f_s$  (kg/cm<sup>2</sup>) = attrito laterale specifico determinato dalla prova C.P.T.  
 $\sigma_{v0}$  (kg/cm<sup>2</sup>) = pressione verticale totale  
 $\sigma_{v0}'$  (kg/cm<sup>2</sup>) = pressione verticale efficace

Si calcola l'indice di tipo dello strato sabbioso con la formula:

$$I_c = \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} Q - 3.47)^2}$$

Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova:

$$q_{c1n} = C_Q q_c \text{ dove } C_Q = \left( \frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n$$

L'esponente n viene valutato come segue:

se  $I_c > 2,6$  allora  $n = 1$ ; se  $I_c \leq 2,6$  si calcola un primo valore di  $q_{c1n}$ , utilizzando  $n = 0,5$ ; quindi si ricalcola  $I_c$  con la relazione:

$$I_c = \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$$

se il nuovo valore di  $I_c$  è ancora minore di 2,6 si conferma il valore  $n = 0,5$ , altrimenti si ricalcola  $q_{c1n}$ , utilizzando  $n = 0,75$ ; se  $q_{c1n} > 2q_c$  si pone  $q_{c1n} = 2q_c$ .

Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n},$$

dove  $K_c$  è uguale a 1, se  $I_c \leq 1.64$ , e in caso contrario è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88$$

VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & WRIE

CPT: 1  
 PROPRIETA': ARDIZZONI MARCO  
 LOCALITA': PIEVE DI CENTO BO

M = 6.14  
 MSF = 1.43 per M<7.5 (Idriss, 1999)  
 a<sub>g</sub> = 0.158  
 S = 1.788 CAT. D  
 a<sub>max</sub> = 0.283  
 fs ridotto di 1,9 (Berti, 2013 - com. pers.)

Ic > 2,6 NON liquefacibile: "-"  
 (q<sub>e1n</sub>)<sub>cs</sub> Ic > 2,6 NON liquefacibile: "-"  
**FSL > 1,2** NON LIQUEFACIBILE

z	q <sub>c</sub>	f <sub>s</sub>	σ <sub>v</sub>	σ' <sub>v</sub>	n	n'	C <sub>n</sub>	Q	F	condiz 2	Ic	Kc	(q <sub>e1n</sub> ) <sub>cs</sub>	rd	CSR	CRR	FSL	F(z)	W(z)	FW	IL	
0,20	0,00	0,80		0,04																		
0,40	14,00	0,80	0,08	0,08	0,50	0,75	3,63	183,70	5,75	2,65	2,32	2,01	102,05	1,16	0,15	0,18	1,20	0,0005	9,80	0,005249		
0,60	14,00	0,80	0,11	0,11	0,75	0,50	5,08	121,16	5,76	2,56	2,42	2,39	169,60	1,16	0,15	0,53	3,59	0,0000	9,70	0		
0,80	11,00	0,87	0,15	0,15	1,00	1,00	6,54	70,99	8,02	2,67	2,67	3,79	272,70	1,15	0,15	1,97	-	0,0000	9,60	0		
1,00	13,00	0,80	0,19	0,19	1,00	1,00	5,22	66,92	6,25	2,60	2,60	3,33	226,50	1,15	0,15	1,16	-	0,0000	9,50	0		
1,20	14,00	0,67	0,23	0,23	0,75	0,75	3,01	59,82	4,87	2,65	2,55	3,04	127,89	1,14	0,15	0,27	1,87	0,0000	9,40	0		
1,40	12,00	0,60	0,27	0,27	1,00	1,00	3,72	43,69	5,11	2,65	2,66	3,70	165,49	1,14	0,14	0,50	-	0,0000	9,30	0		
1,60	13,00	0,67	0,31	0,31	1,00	1,00	3,26	41,31	5,28	2,68	2,69	3,89	164,64	1,13	0,15	0,50	-	0,0000	9,20	0	Falda	
1,80	14,00	0,40	0,34	0,33	0,75	0,50	2,32	42,02	2,93	2,58	2,50	2,77	90,19	1,13	0,15	0,15	0,97	0,0325	9,10	0,295819	5,70	
2,00	12,00	0,60	0,38	0,34	1,00	1,00	2,91	33,84	5,16	2,73	2,74	4,29	149,88	1,12	0,16	0,39	-	0,0000	9,00	0		
2,20	14,00	0,53	0,42	0,36	1,00	1,00	2,76	37,50	3,90	2,61	2,62	3,47	133,93	1,12	0,17	0,30	-	0,0000	8,90	0		
2,40	11,00	0,53	0,46	0,38	1,00	1,00	2,63	27,72	5,03	2,78	2,79	4,73	136,64	1,11	0,17	0,32	-	0,0000	8,80	0		
2,60	18,00	0,67	0,49	0,40	0,75	0,75	1,99	43,77	3,83	2,63	2,57	3,14	112,27	1,10	0,18	0,21	1,21	0,0004	8,70	0,003831		
2,80	21,00	0,87	0,53	0,42	0,75	0,75	1,92	48,91	4,25	2,63	2,57	3,13	126,25	1,10	0,18	0,27	1,49	0,0000	8,60	0		
3,00	24,00	0,67	0,57	0,44	0,50	0,50	1,51	53,78	2,86	2,54	2,42	2,38	86,45	1,09	0,18	0,14	0,76	0,2385	8,50	2,026872		
3,20	26,00	0,47	0,61	0,45	0,50	0,50	1,49	56,05	1,85	2,40	2,27	1,87	72,28	1,09	0,19	0,12	0,61	0,3870	8,40	3,250855		
3,40	16,00	0,80	0,65	0,47	1,00	1,00	2,12	32,52	5,21	2,74	2,75	4,41	149,32	1,08	0,19	0,39	-	0,0000	8,30	0		
3,60	10,00	0,73	0,68	0,49	1,00	1,00	2,04	19,00	7,84	3,02	3,04	7,26	148,02	1,08	0,19	0,38	-	0,0000	8,20	0		
3,80	8,00	0,33	0,72	0,51	1,00	1,00	1,97	14,34	4,53	2,95	2,98	6,51	102,64	1,07	0,20	0,18	-	0,0000	8,10	0		
4,00	7,00	0,47	0,76	0,52	1,00	1,00	1,94	12,08	7,53	3,14	3,18	8,95	121,21	1,07	0,20	0,25	-	0,0000	8,00	0		
4,20	6,00	0,33	0,80	0,53	1,00	1,00	1,88	9,76	6,34	3,15	3,20	9,26	104,20	1,06	0,20	0,19	-	0,0000	7,90	0		
4,40	9,00	0,40	0,84	0,55	1,00	1,00	1,82	14,83	4,90	2,96	2,99	6,62	108,24	1,06	0,21	0,20	-	0,0000	7,80	0		
4,60	8,00	0,27	0,87	0,57	1,00	1,00	1,76	12,55	3,79	2,94	2,98	6,48	91,35	1,05	0,21	0,15	-	0,0000	7,70	0		
4,80	6,00	0,40	0,91	0,58	1,00	1,00	1,73	8,82	7,86	3,24	3,29	10,62	110,44	1,05	0,21	0,21	-	0,0000	7,60	0		
5,00	8,00	0,40	0,95	0,59	1,00	1,00	1,68	11,86	5,67	3,06	3,10	7,98	107,42	1,04	0,21	0,20	-	0,0000	7,50	0		
5,20	6,00	0,27	0,99	0,61	1,00	1,00	1,64	8,21	5,39	3,15	3,22	9,47	93,03	1,04	0,22	0,15	-	0,0000	7,40	0		
5,40	7,00	0,33	1,03	0,63	1,00	1,00	1,59	9,52	5,52	3,12	3,17	8,85	98,79	1,03	0,22	0,17	-	0,0000	7,30	0		
5,60	9,00	0,60	1,06	0,65	1,00	1,00	1,55	12,30	7,56	3,13	3,17	8,88	123,89	1,02	0,22	0,26	-	0,0000	7,20	0		
5,80	9,00	0,53	1,10	0,66	1,00	1,00	1,51	11,92	6,71	3,11	3,15	8,56	116,31	1,02	0,22	0,23	-	0,0000	7,10	0		
6,00	10,00	0,87	1,14	0,68	1,00	1,00	1,47	13,02	9,82	3,19	3,23	9,69	142,42	1,01	0,22	0,35	-	0,0000	7,00	0		
6,20	12,00	0,93	1,18	0,70	1,00	1,00	1,43	15,48	8,59	3,10	3,14	8,40	144,15	1,01	0,22	0,36	-	0,0000	6,90	0		
6,40	17,00	0,93	1,22	0,72	1,00	1,00	1,39	21,97	5,89	2,89	2,91	5,83	138,07	1,00	0,22	0,32	-	0,0000	6,80	0		
6,60	17,00	0,87	1,25	0,74	1,00	1,00	1,36	21,34	5,53	2,88	2,90	5,74	132,22	1,00	0,22	0,29	-	0,0000	6,70	0		
6,80	18,00	0,80	1,29	0,76	1,00	1,00	1,32	22,06	4,79	2,83	2,85	5,24	124,55	0,99	0,22	0,26	-	0,0000	6,60	0		
7,00	19,00	0,73	1,33	0,78	1,00	1,00	1,29	22,74	4,13	2,78	2,80	4,78	116,86	0,99	0,22	0,23	-	0,0000	6,50	0		
7,20	9,00	0,47	1,37	0,79	1,00	1,00	1,26	9,60	6,16	3,14	3,20	9,22	104,40	0,98	0,22	0,19	-	0,0000	6,40	0		
7,40	7,00	0,40	1,41	0,81	1,00	1,00	1,23	6,89	7,15	3,27	3,35	11,52	99,34	0,98	0,22	0,17	-	0,0000	6,30	0		
7,60	7,00	0,33	1,44	0,83	1,00	1,00	1,21	6,71	5,94	3,23	3,31	10,89	92,00	0,97	0,22	0,15	-	0,0000	6,20	0		
7,80	7,00	0,40	1,48	0,85	1,00	1,00	1,18	6,53	7,25	3,29	3,37	11,88	98,39	0,97	0,22	0,17	-	0,0000	6,10	0		
8,00	6,00	0,47	1,52	0,85	1,00	1,00	1,17	5,24	10,49	3,45	3,55	14,98	105,18	0,96	0,22	0,19	-	0,0000	6,00	0		
8,20	7,00	0,53	1,56	0,86	1,00	1,00	1,16	6,30	9,74	3,38	3,47	13,46	109,13	0,96	0,22	0,20	-	0,0000	5,90	0		
8,40	13,00	0,53	1,60	0,88	1,00	1,00	1,13	12,93	4,65	2,98	3,02	6,98	102,81	0,95	0,22	0,18	-	0,0000	5,80	0		
8,60	12,00	0,53	1,63	0,90	1,00	1,00	1,11	11,51	5,11	3,04	3,09	7,75	103,28	0,94	0,22	0,18	-	0,0000	5,70	0		
8,80	9,00	0,67	1,67	0,92	1,00	1,00	1,09	7,98	9,14	3,30	3,37	11,82	115,82	0,94	0,22	0,22	-	0,0000	5,60	0		
9,00	10,00	0,53	1,71	0,94	1,00	1,00	1,07	8,85	6,39	3,17	3,24	9,75	104,17	0,93	0,22	0,19	-	0,0000	5,50	0		
9,20	8,00	0,47	1,75	0,95	1,00	1,00	1,05	6,56	7,52	3,30	3,38	12,02	100,83	0,93	0,22	0,18	-	0,0000	5,40	0		
9,40	8,00	0,47	1,79	0,97	1,00	1,00	1,03	6,40	7,56	3,31	3,39	12,18	100,39	0,92	0,22	0,17	-	0,0000	5,30	0		
9,60	8,00	0,47	1,82	0,99	1,00	1,00	1,01	6,25	7,61	3,31	3,40	12,34	99,96	0,92	0,22	0,17	-	0,0000	5,20	0		
9,80	9,00	0,47	1,86	1,01	1,00	1,00	0,99	7,10	6,58	3,24	3,32	11,01	98,52	0,91	0,22	0,17	-	0,0000	5,10	0		
10,00	10,00	0,60	1,90	1,02	1,00	1,00	0,98	7,91	7,41	3,24	3,31	10,93	106,76	0,91	0,22	0,19	-	0,0000	5,00	0		
10,20	9,00	0,53	1,94	1,04	1,00	1,00	0,96	6,78	7,50	3,29	3,37	11,82	102,17	0,90	0,22	0,18	-	0,0000	4,90	0		
10,40	11,00	0,60	1,98	1,06	1,00	1,00	0,94	8,52	6,65	3,19	3,26	10,10	104,89	0,90	0,21	0,19	-	0,0000	4,80	0		
10,60	12,00	0,73	2,01	1,08	1,00	1,00	0,93	9,27	7,31	3,20	3,26	10,07	112,11	0,89	0,21	0,21	-	0,0000	4,70	0		
10,80	14,00	0,67	2,05	1,10	1,00	1,00	0,91	10,90	5,61	3,08	3,13	8,30	106,01	0,89	0,21	0,19	-	0,0000	4,60	0		
11,00	14,00	0,73	2,09	1,12	1,00	1,00	0,90	10,68	6,13	3,11	3,16	8,71	109,38	0,88	0,21	0,20	-	0,0000	4,50	0		
11,20	10,00	0,53	2,13	1,13	1,00	1,00	0,88	6,95	6,73	3,25	3,33	11,22	98,99	0,87	0,21	0,17	-	0,0000	4,40	0		
11,40	14,00	0,67	2,17	1,15	1,00	1,00	0,87	10,27	5,66	3,10	3,15	8,60	104,49	0,87	0,21	0,19	-	0,0000	4,30	0		
11,60	16,00	0,87	2,20	1,17	1,00	1,00	0,85	11,78	6,31	3,09	3,14	8,39	114,55	0,86	0,21	0,22	-	0,0000	4,20	0		
11,80	19,00	1,07	2,24	1,19	1,00	1,00	0,84	14,07	6,39	3,04	3,08	7,69	122,66	0,86	0,21	0,25	-	0,0000	4,10	0		
12,00	18,00	1,07	2,28	1,21	1,00	1,00	0,83	12,99	6,81	3,08	3,13	8,25	122,64	0,85	0,21	0,25						

VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & WRIE

CPT: 1  
 PROPRIETA': ARDIZZONI MARCO  
 LOCALITA': PIEVE DI CENTO BO

M = 6,14  
 MSF = 1,43 per M<7,5 (Idriss, 1999)  
 a<sub>g</sub> = 0,158  
 S = 1,455 CAT. C  
 a<sub>max</sub> = 0,230

fs ridotto di 1,9 (Berti, 2013 - com. pers.)

lc > 2,6 NON liquefacibile: "-"  
 (q<sub>e1n</sub>)<sub>cs</sub> lc > 2,6 NON liquefacibile: "-"  
 FSL > 1,2 NON LIQUEFACIBILE

z	qc	fs	σ <sub>v</sub>	σ <sub>v</sub> '	n	n'	Cn	Q	F	condiz 2	lc	Kc	(q <sub>e1n</sub> ) <sub>cs</sub>	rd	CSR	CRR	FSL	F(z)	W(z)	FW	IL	
0,20	0,00	0,80		0,04																		
0,40	14,00	0,80	0,08	0,08	0,50	0,75	3,63	183,70	5,75	2,65	2,32	2,01	102,05	1,16	0,12	0,18	<b>1,47</b>	0,0000	9,80		0	
0,60	14,00	0,80	0,11	0,11	0,75	1,00	5,08	121,16	5,76	2,56	2,42	2,39	169,60	1,16	0,12	0,53	<b>4,41</b>	0,0000	9,70		0	
0,80	11,00	0,87	0,15	0,15	1,00	1,00	6,54	70,99	8,02	2,67	2,67	3,79	272,70	1,15	0,12	1,97	-	0,0000	9,60		0	
1,00	13,00	0,80	0,19	0,19	1,00	1,00	5,22	66,92	6,25	2,60	2,60	3,33	226,50	1,15	0,12	1,16	-	0,0000	9,50		0	
1,20	14,00	0,67	0,23	0,23	0,75	0,75	3,01	59,82	4,87	2,65	2,55	3,04	127,89	1,14	0,12	0,27	<b>2,30</b>	0,0000	9,40		0	
1,40	12,00	0,60	0,27	0,27	1,00	1,00	3,72	43,69	5,11	2,65	2,66	3,70	165,49	1,14	0,12	0,50	-	0,0000	9,30		0	
1,60	13,00	0,67	0,31	0,31	1,00	1,00	3,26	41,31	5,28	2,68	2,69	3,89	164,64	1,13	0,12	0,50	-	0,0000	9,20		0	
1,80	14,00	0,40	0,34	0,33	0,75	0,50	2,32	42,02	2,93	2,58	2,50	2,77	90,19	1,13	0,12	0,15	<b>1,20</b>	0,0005	9,10	0,00488	2,62	
2,00	12,00	0,60	0,38	0,34	1,00	1,00	2,91	33,84	5,16	2,73	2,74	4,29	149,88	1,12	0,13	0,39	-	0,0000	9,00		0	
2,20	14,00	0,53	0,42	0,36	1,00	1,00	2,76	37,50	3,90	2,61	2,62	3,47	133,93	1,12	0,13	0,30	-	0,0000	8,90		0	
2,40	11,00	0,53	0,46	0,38	1,00	1,00	2,63	27,72	5,03	2,78	2,79	4,73	136,64	1,11	0,14	0,32	-	0,0000	8,80		0	
2,60	18,00	0,67	0,49	0,40	0,75	0,75	1,99	43,77	3,83	2,63	2,57	3,14	112,27	1,10	0,14	0,21	<b>1,48</b>	0,0000	8,70		0	
2,80	21,00	0,87	0,53	0,42	0,75	0,75	1,92	48,91	4,25	2,63	2,57	3,13	126,25	1,10	0,15	0,27	<b>1,83</b>	0,0000	8,60		0	
3,00	24,00	0,67	0,57	0,44	0,50	0,50	1,51	53,78	2,86	2,54	2,42	2,38	86,45	1,09	0,15	0,14	<b>0,94</b>	0,0642	8,50	0,545394		
3,20	26,00	0,47	0,61	0,45	0,50	0,50	1,49	56,05	1,85	2,40	2,27	1,87	72,28	1,09	0,15	0,12	<b>0,75</b>	0,2467	8,40	2,072391		
3,40	16,00	0,80	0,65	0,47	1,00	1,00	2,12	32,52	5,21	2,74	2,75	4,41	149,32	1,08	0,16	0,39	-	0,0000	8,30		0	
3,60	10,00	0,73	0,68	0,49	1,00	1,00	2,04	19,00	7,84	3,02	3,04	7,26	148,02	1,08	0,16	0,38	-	0,0000	8,20		0	
3,80	8,00	0,33	0,72	0,51	1,00	1,00	1,97	14,34	4,53	2,95	2,98	6,51	102,64	1,07	0,16	0,18	-	0,0000	8,10		0	
4,00	7,00	0,47	0,76	0,52	1,00	1,00	1,94	12,08	7,53	3,14	3,18	8,95	121,21	1,07	0,16	0,25	-	0,0000	8,00		0	
4,20	6,00	0,33	0,80	0,53	1,00	1,00	1,88	9,76	6,34	3,15	3,20	9,26	104,20	1,06	0,17	0,19	-	0,0000	7,90		0	
4,40	9,00	0,40	0,84	0,55	1,00	1,00	1,82	14,83	4,90	2,96	2,99	6,62	108,24	1,06	0,17	0,20	-	0,0000	7,80		0	
4,60	8,00	0,27	0,87	0,57	1,00	1,00	1,76	12,55	3,79	2,94	2,98	6,48	91,35	1,05	0,17	0,15	-	0,0000	7,70		0	
4,80	6,00	0,40	0,91	0,58	1,00	1,00	1,73	8,82	7,86	3,24	3,29	10,62	110,44	1,05	0,17	0,21	-	0,0000	7,60		0	
5,00	8,00	0,40	0,95	0,59	1,00	1,00	1,68	11,86	5,67	3,06	3,10	7,98	107,42	1,04	0,17	0,20	-	0,0000	7,50		0	
5,20	6,00	0,27	0,99	0,61	1,00	1,00	1,64	8,21	5,39	3,15	3,22	9,47	93,03	1,04	0,18	0,15	-	0,0000	7,40		0	
5,40	7,00	0,33	1,03	0,63	1,00	1,00	1,59	9,52	5,52	3,12	3,17	8,85	98,79	1,03	0,18	0,17	-	0,0000	7,30		0	
5,60	9,00	0,60	1,06	0,65	1,00	1,00	1,55	12,30	7,56	3,13	3,17	8,88	123,89	1,02	0,18	0,26	-	0,0000	7,20		0	
5,80	9,00	0,53	1,10	0,66	1,00	1,00	1,51	11,92	6,71	3,11	3,15	8,56	116,31	1,02	0,18	0,23	-	0,0000	7,10		0	
6,00	10,00	0,87	1,14	0,68	1,00	1,00	1,47	13,02	9,82	3,19	3,23	9,69	142,42	1,01	0,18	0,35	-	0,0000	7,00		0	
6,20	12,00	0,93	1,18	0,70	1,00	1,00	1,43	15,48	8,59	3,10	3,14	8,40	144,15	1,01	0,18	0,36	-	0,0000	6,90		0	
6,40	17,00	0,93	1,22	0,72	1,00	1,00	1,39	21,97	5,89	2,89	2,91	5,83	138,07	1,00	0,18	0,32	-	0,0000	6,80		0	
6,60	17,00	0,87	1,25	0,74	1,00	1,00	1,36	21,34	5,53	2,88	2,90	5,74	132,22	1,00	0,18	0,29	-	0,0000	6,70		0	
6,80	18,00	0,80	1,29	0,76	1,00	1,00	1,32	22,06	4,79	2,83	2,85	5,24	124,55	0,99	0,18	0,26	-	0,0000	6,60		0	
7,00	19,00	0,73	1,33	0,78	1,00	1,00	1,29	22,74	4,13	2,78	2,80	4,78	116,86	0,99	0,18	0,23	-	0,0000	6,50		0	
7,20	9,00	0,47	1,37	0,79	1,00	1,00	1,26	9,60	6,16	3,14	3,20	9,22	104,40	0,98	0,18	0,19	-	0,0000	6,40		0	
7,40	7,00	0,40	1,41	0,81	1,00	1,00	1,23	6,89	7,15	3,27	3,35	11,52	99,34	0,98	0,18	0,17	-	0,0000	6,30		0	
7,60	7,00	0,33	1,44	0,83	1,00	1,00	1,21	6,71	5,94	3,23	3,31	10,89	92,00	0,97	0,18	0,15	-	0,0000	6,20		0	
7,80	7,00	0,40	1,48	0,85	1,00	1,00	1,18	6,53	7,25	3,29	3,37	11,88	98,39	0,97	0,18	0,17	-	0,0000	6,10		0	
8,00	6,00	0,47	1,52	0,85	1,00	1,00	1,17	5,24	10,49	3,45	3,55	14,98	105,18	0,96	0,18	0,19	-	0,0000	6,00		0	
8,20	7,00	0,53	1,56	0,86	1,00	1,00	1,16	6,30	9,74	3,38	3,47	13,46	109,13	0,96	0,18	0,20	-	0,0000	5,90		0	
8,40	13,00	0,53	1,60	0,88	1,00	1,00	1,13	12,93	4,65	2,98	3,02	6,98	102,81	0,95	0,18	0,18	-	0,0000	5,80		0	
8,60	12,00	0,53	1,63	0,90	1,00	1,00	1,11	11,51	5,11	3,04	3,09	7,75	103,28	0,94	0,18	0,18	-	0,0000	5,70		0	
8,80	9,00	0,67	1,67	0,92	1,00	1,00	1,09	7,98	9,14	3,30	3,37	11,82	115,82	0,94	0,18	0,22	-	0,0000	5,60		0	
9,00	10,00	0,53	1,71	0,94	1,00	1,00	1,07	8,85	6,39	3,17	3,24	9,75	104,17	0,93	0,18	0,19	-	0,0000	5,50		0	
9,20	8,00	0,47	1,75	0,95	1,00	1,00	1,05	6,56	7,52	3,30	3,38	12,02	100,83	0,93	0,18	0,18	-	0,0000	5,40		0	
9,40	8,00	0,47	1,79	0,97	1,00	1,00	1,03	6,40	7,56	3,31	3,39	12,18	100,39	0,92	0,18	0,17	-	0,0000	5,30		0	
9,60	8,00	0,47	1,82	0,99	1,00	1,00	1,01	6,25	7,61	3,31	3,40	12,34	99,96	0,92	0,18	0,17	-	0,0000	5,20		0	
9,80	9,00	0,47	1,86	1,01	1,00	1,00	0,99	7,10	6,58	3,24	3,32	11,01	98,52	0,91	0,18	0,17	-	0,0000	5,10		0	
10,00	10,00	0,60	1,90	1,02	1,00	1,00	0,98	7,91	7,41	3,24	3,31	10,93	106,76	0,91	0,18	0,19	-	0,0000	5,00		0	
10,20	9,00	0,53	1,94	1,04	1,00	1,00	0,96	6,78	7,50	3,29	3,37	11,82	102,17	0,90	0,18	0,18	-	0,0000	4,90		0	
10,40	11,00	0,60	1,98	1,06	1,00	1,00	0,94	8,52	6,65	3,19	3,26	10,10	104,89	0,90	0,17	0,19	-	0,0000	4,80		0	
10,60	12,00	0,73	2,01	1,08	1,00	1,00	0,93	9,27	7,31	3,20	3,26	10,07	112,11	0,89	0,17	0,21	-	0,0000	4,70		0	
10,80	14,00	0,67	2,05	1,10	1,00	1,00	0,91	10,90	5,61	3,08	3,13	8,30	106,01	0,89	0,17	0,19	-	0,0000	4,60		0	
11,00	14,00	0,73	2,09	1,12	1,00	1,00	0,90	10,68	6,13	3,11	3,16	8,71	109,38	0,88	0,17	0,20	-	0,0000	4,50		0	
11,20	10,00	0,53	2,13	1,13	1,00	1,00	0,88	6,95	6,73	3,25	3,33	11,22	98,99	0,87	0,17	0,17	-	0,0000	4,40		0	
11,40	14,00	0,67	2,17	1,15	1,00	1,00	0,87	10,27	5,66	3,10	3,15	8,60	104,49	0,87	0,17	0,19	-	0,0000	4,30		0	
11,60	16,00	0,87	2,20	1,17	1,00	1,00	0,85	11,78	6,31	3,09	3,14	8,39	114,55	0,86	0,17	0,22	-	0,0000	4,20		0	
11,80	19,00	1,07	2,24	1,19	1,00	1,00	0,84	14,07	6,39	3,04	3,08	7,69	122,66	0,86	0,17	0,25	-	0,0000	4,10		0	
12,00	18,00	1,07	2,28	1,21	1,00	1,00	0,83	12,99	6,81	3,08	3,13	8,25	12									