

**Studio Servizi Tecnici**  
Settore geologia e ambiente

**DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE**

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

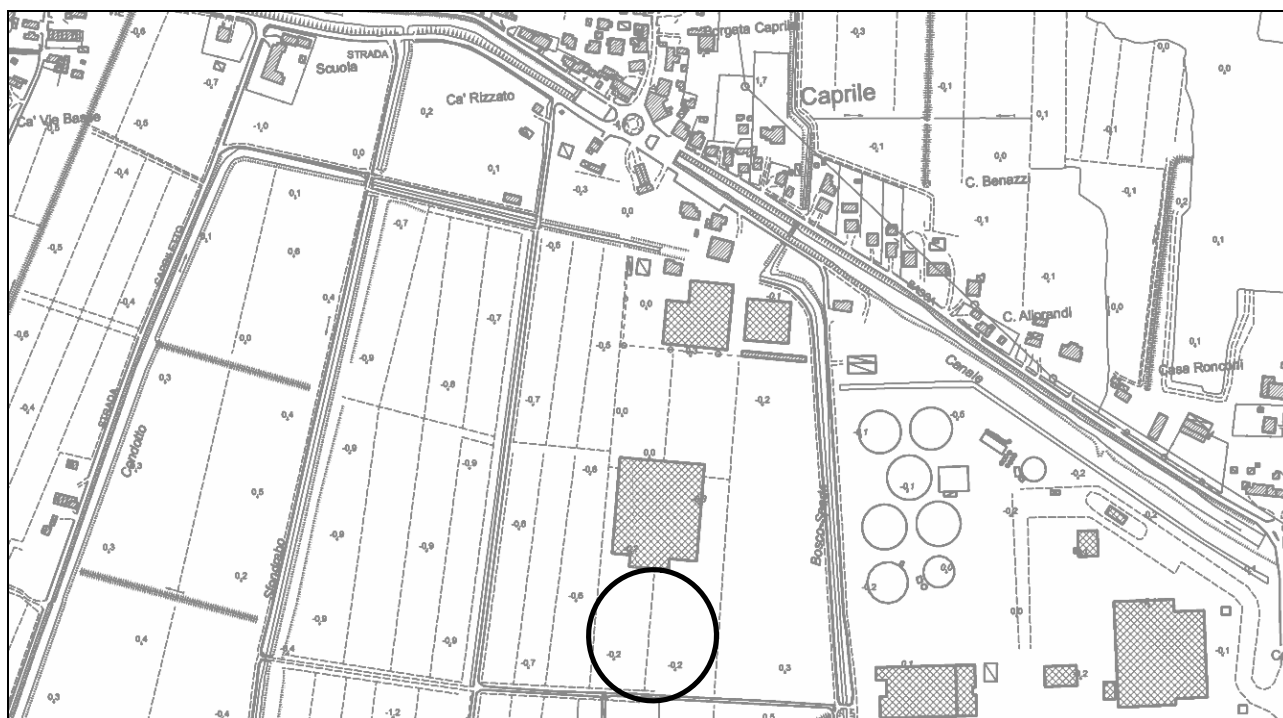
Tel e fax. 0533 / 713798 – cell. 335. 5240380

E-mail: t.veronese@studio-sst.it

**MODELLAZIONE GEOLOGICA, SISMICA e GEOTECNICA SULLE INDAGINI**

## COMUNE DI CODIGORO LOC. CAPRILE

Progetto per la costruzione di fabbricato ad uso magazzino sito in Loc. Caprile Centro 6 a Caprile di Codigoro (Fe); riferimenti catastali foglio 58 mappale 188 e 32 e foglio 59 mappale 287 del Comune di Codigoro (Fe).



Committente: F.Ili Benazzi s.r.l.  
Sede in: via Centro n.6,  
44021 Caprile di Codigoro (Fe)

S.S.T. SETTORE GEOLOGIA E AMBIENTE

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Stabilità dei versanti; Rilevamento geologico; Rilievi topografici; Geofisica - Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; subirrigazioni.

14/01/2020

Timbro

Thomas Veronese

## INDICE:

1. PREMESSA .....	3
NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO .....	4
2. MODELLAZIONE GEOLOGICA .....	5
2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA .....	5
2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI .....	6
2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI .....	11
2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI .....	12
3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI .....	14
3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA .....	14
<i>Categoria di suolo di fondazione</i> .....	14
<i>Azioni sismiche secondo "D.M. 17 gennaio 2018"</i> .....	21
<i>Magnitudo di progetto</i> .....	24
3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE .....	25
3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI .....	28
4. MODELLAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI .....	29
4.1. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO .....	31
ALLEGATO ALLA RELAZIONE.....	33
STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA ..	33
A. INTRODUZIONE .....	34
B. PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	35
CARTA DELLE INDAGINI .....	35
CARTA GEOLOGICO TECNICA .....	37
CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI .....	39
CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA.....	41
C. SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	43
CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (Vs) .....	43
CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO .....	45
D. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO .....	59
CARTA DELL'INDICE DI LIQUEFAZIONE I <sub>PL</sub> .....	59
E. SINTESI DEI RISULTATI SUL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE .....	64

*REPORT FOTOGRAFICO*



SCPTU1



CPTU2

*FASE DI ESECUZIONE PROVA PENETROMETRICA STATICA*

## 1. PREMESSA

Su incarico dell'Azienda F.Ili Benazzi s.r.l., con sede in via Centro n. 6 a Caprile di Codigoro (Fe), si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica, sismica e geotecnica sulle indagini per il progetto di *"costruzione di fabbricato ad uso magazzino"* sito in Loc. Caprile Centro a Caprile di Codigoro (Fe); riferimenti catastali foglio 58 mappale 188 e 32 e foglio 59 mappale 287 del Comune di Codigoro (Fe).

L'ubicazione dell'area di intervento è riportata in FIGURA 1.1.

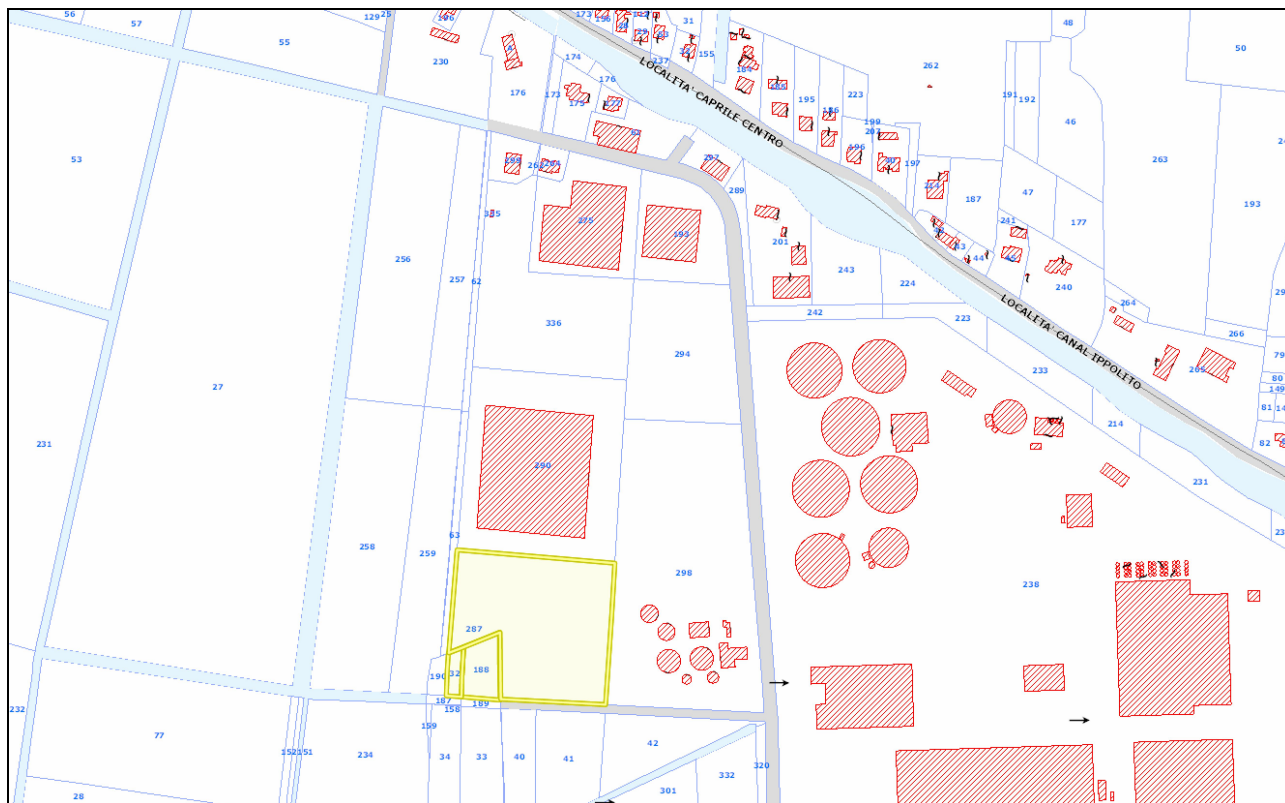
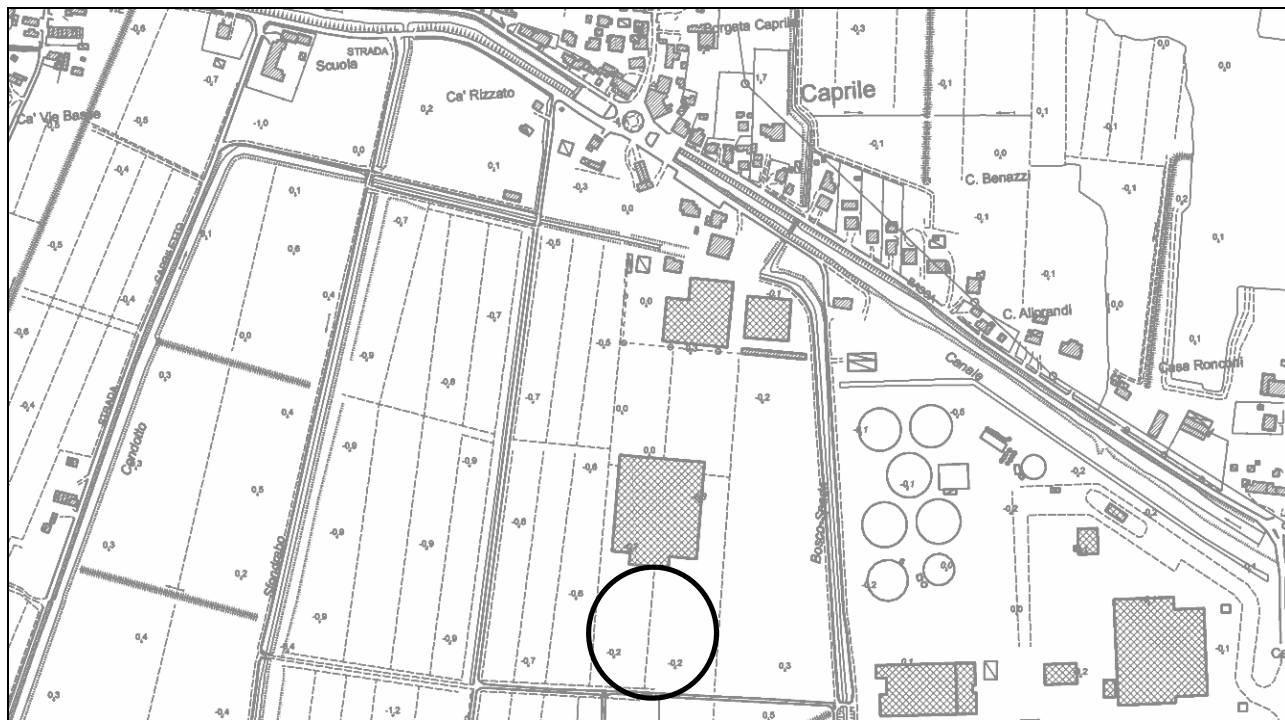


FIGURA 1.1 – Ubicazione dell'area di intervento a Caprile (Fe) (Fonte: <http://visore.cgu-ferrara.it>)



#### Normativa e Raccomandazioni di riferimento

- Decreto del Ministro delle Infrastrutture 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare n. 7/2019 del C.S.LL.PP: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 Gazzetta Ufficiale n. 35/2019 –11 febbraio 2019
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. n. 30, che entrano in vigore il 6 marzo 2008.
- Circolare Applicativa n° 617 del 02/02/2009 alle NTC/2008.
- Delibera di Giunta Regionale Num. 630 del 29/04/2019, Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, l.r. n. 24/2017).
- Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193/2015 "Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia - Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 Maggio 2007, N. 112.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
"Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)".
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
"Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)".
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

## 2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

### 2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA

Nella FIGURA 2.1 si riporta la sezione geologica passante per Cotignola, Bagnacavallo, Ravenna, Comacchio, Codigoro, Mesola, Chioggia in cui si possono apprezzare gli spessori dei sedimenti del Quaternario sopra i pliocenici, che coincide con il passaggio dai sedimenti sciolti a quelli litificati o pseudolitificati.

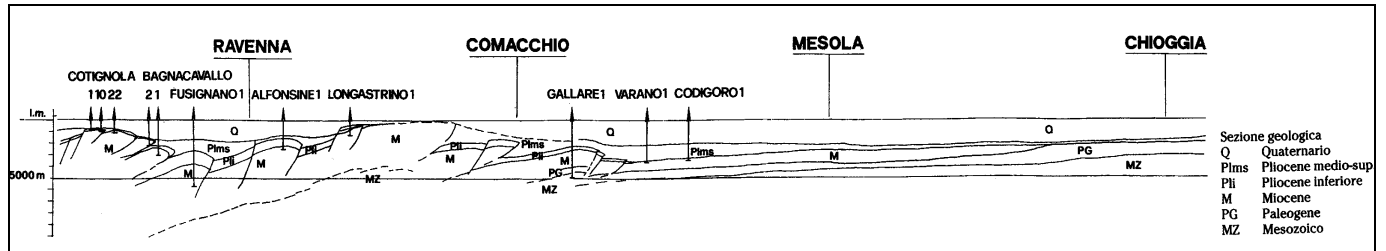


FIGURA 2.1 - Sezione geologica della bassa pianura padana.

Nella FIGURA 2.2 si riporta uno stralcio della Carta Strutturale della Pianura Padana, con le Pieghe Ferraresi dell'Appennino sepolto (Pieri & Groppi, 1981, CNR, 1992) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all'origine della nuova attribuzione alla Zona sismica 3, in cui Codigoro è stato inserito nella OPCM 3274/2003.

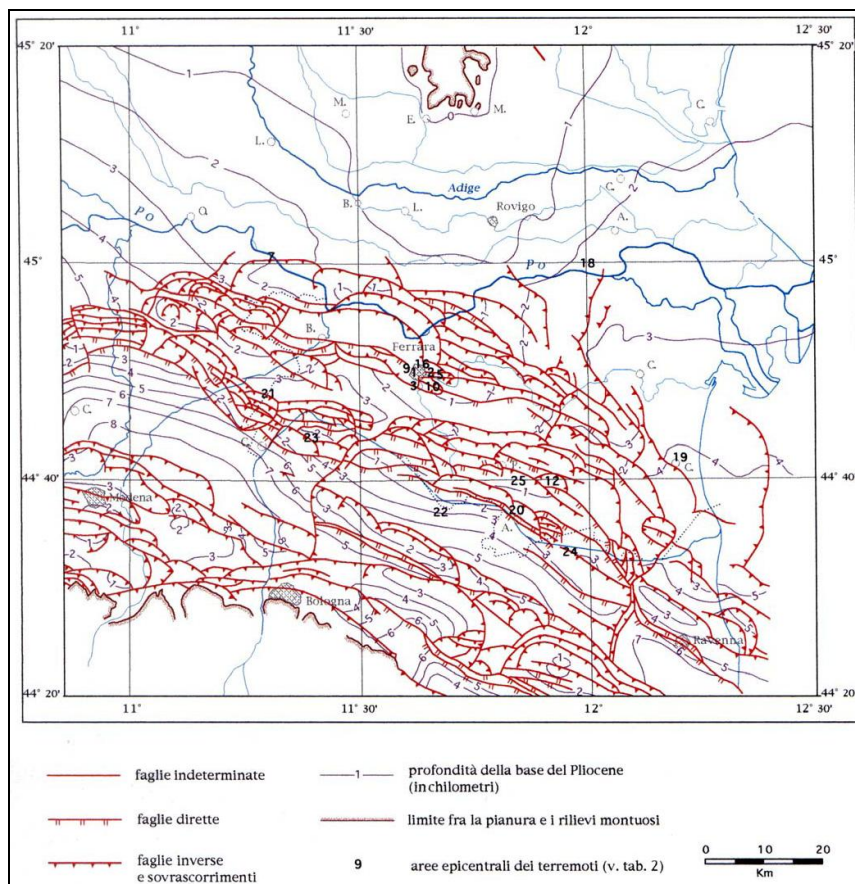


FIGURA 2.2 – Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992)

Si fa inoltre presente che tutto il territorio comunale di Codigoro ricade all'esterno della zona sismogenetica 912 (FIGURA 2.3), infatti si può affermare che l'area in esame è fuori dalla Dorsale Ferrarese, e dunque non è sede epicentrale di eventi sismici.

Di conseguenza in questa zona è previsto che si verifichino sismi con energie piuttosto limitate, di Magnitudo non superiori a 5,00.

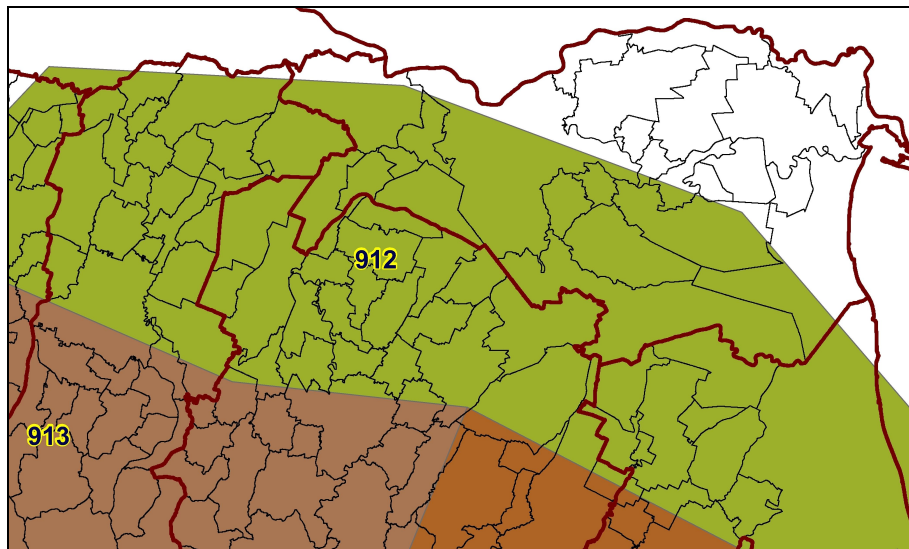


FIGURA 2.3 - Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale

## 2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

La formazione dell'ambiente, nella sua configurazione attuale, è relativamente recente e consegue a ripetute variazioni dei rapporti di equilibrio tra livello del mare, apporti solidi dei corsi d'acqua, entità di subsidenza e, non ultimo, l'intervento umano. Nell'attuale configurazione fisica del territorio sono riconoscibili le tracce sia della sua evoluzione naturale che quella operata dall'uomo. Tra le più evidenti e più importanti nel disegnare l'assetto morfologico si possono elencare i paleoalvei, i coni di esondazione, i cordoni dunari testimoni della veloce progradazione verso est della linea di costa, ed infine si individuano quelle aree particolarmente depresse che erano sede di bacini palustri. Per ogni struttura geomorfologica corrisponde, in linea di massima, una caratteristica classe litologica; la granulometria e la storia tensionale, strettamente legata alla storia geologica, ne condizionano le caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

Il paese di Caprile di Codigoro ricade su un dosso sabbioso costituito da cordoni di dune subparalleli, con direttrice nord-sud, caratterizzati da sedimenti sabbiosi prevalenti, localmente alternati a limi sabbiosi organizzati in decimetrici corpi nastriformi.

Nella FIGURA 2.4 si riporta una sezione geologica passante per Goro, Pomposa e Codigoro, estratta da *"Annali dell'Università di Ferrara, Bondesan et alii, 1999"*, che mostra i sedimenti olocenici più superficiali e quelli pleistocenici più profondi che caratterizzano il territorio.

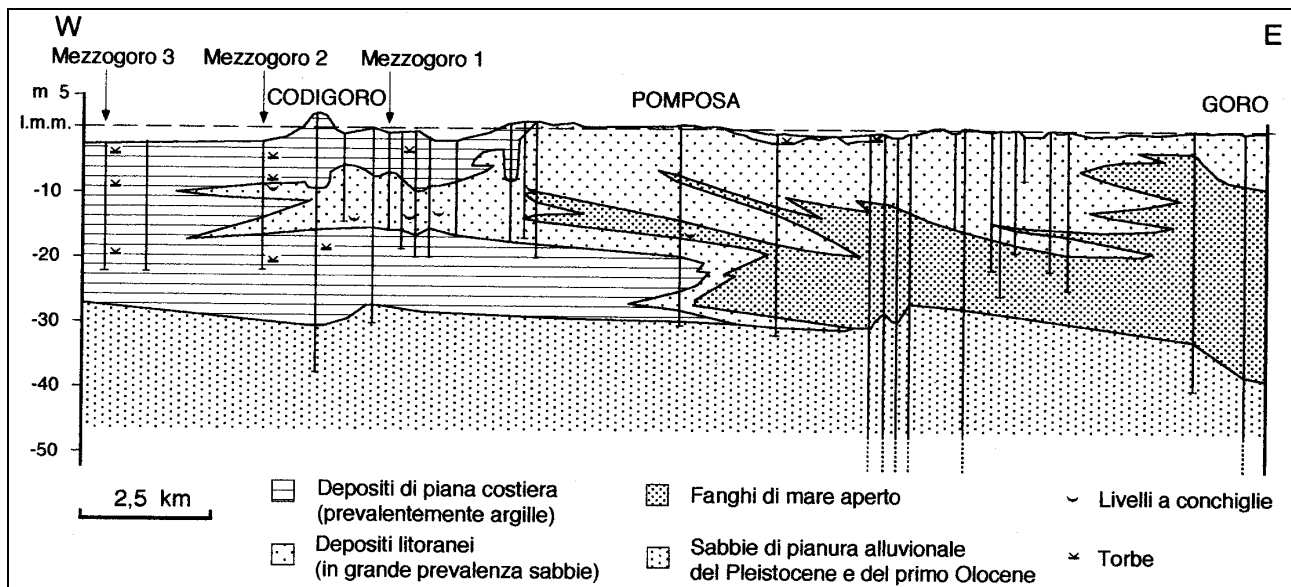


FIGURA 2.4 – Profilo o sezione geologica del tratto compreso a est da Goro e a ovest dal bacino di Bonifica compreso tra Mezzogoro e Italba (Tratto da "Nuovi dati stratigrafici paleoambientali e di cronologia radiometrica sul ciclo trasgressivo-regressivo olocenico nell'area deltizia padana", Annali dell'Università di Ferrara, Bondesan et alii, 1999).

Per la validazione del modello geologico è stata eseguita una campagna di indagine per la ricostruzione di un modello del terreno che permetta di definire al meglio la stratigrafia del sottosuolo dell'area in esame, consistente consistente in 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU con rif. U01-20, spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,00 m dal p.c. la prova SCPTU1 e -20,00 m dal p.c. la prova CPTU2.

In FIGURA 2.5 si riporta uno stralcio della mappa catastale della provincia di Ferrara con l'ubicazione delle 2 prove penetrometriche CPTU svolte in sito.

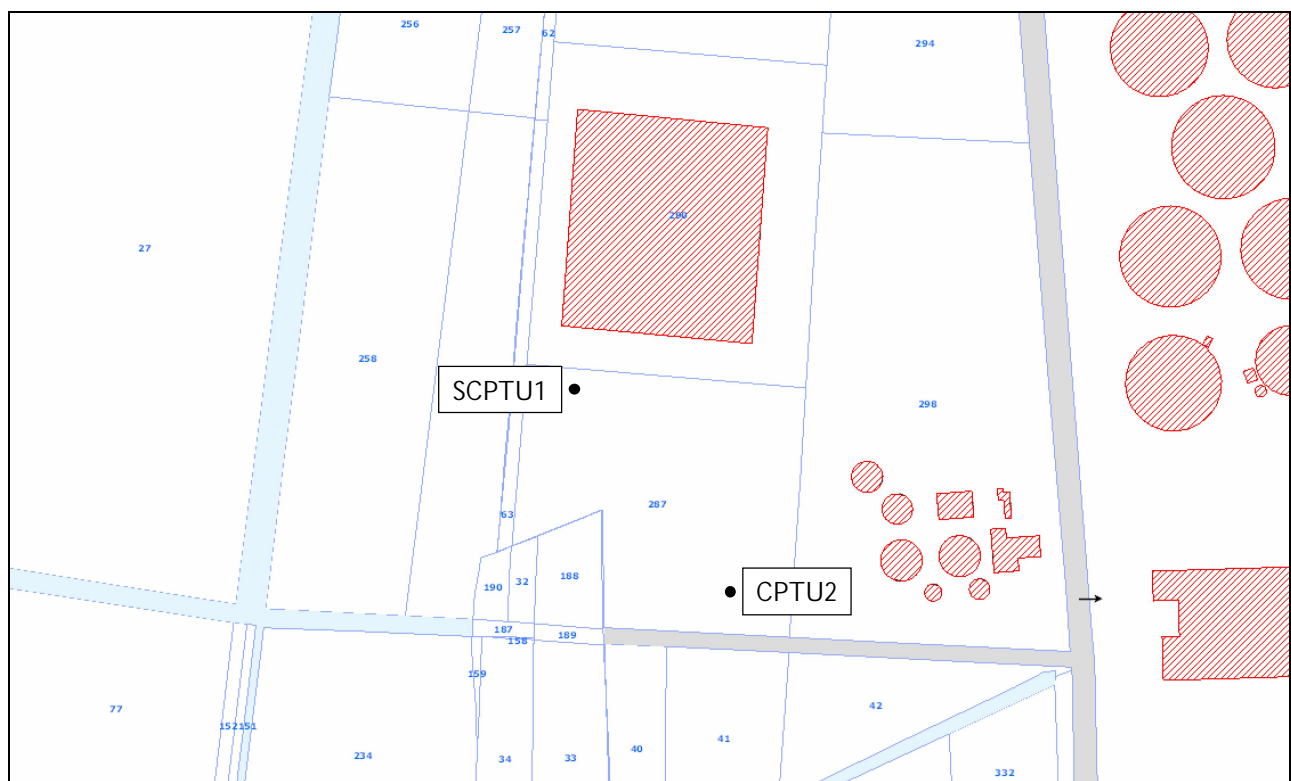
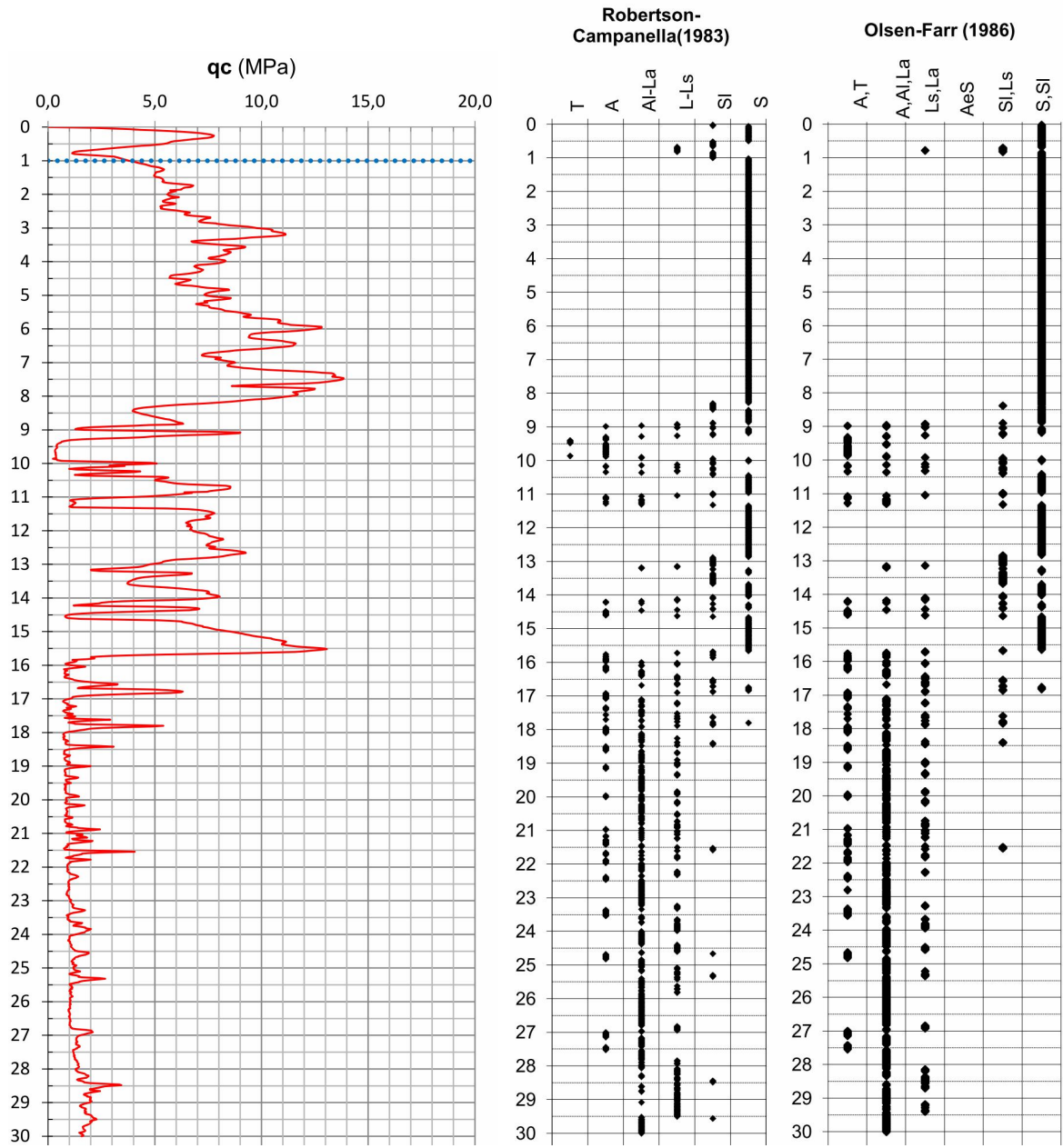


FIGURA 2.5 – Stralcio catale con ubicazione prove CPTU



Il punto investigato con la prova penetrometrica statica SCPTU1 con rif. U01-20 rileva:

DA	A	qcm	litol.	consistenza ed addensamento
m	m	MPa	( - )	( - )
0,0	9,3	7,49	S	moderatamente addensata
9,3	10,0	0,81	Al-La	moderatamente consistente
10,0	15,7	6,15	S	moderatamente addensata
15,7	21,8	1,35	Al-La	consistente
21,8	28,0	1,21	A	consistente
28,0	30,0	1,86	Al-La	consistente



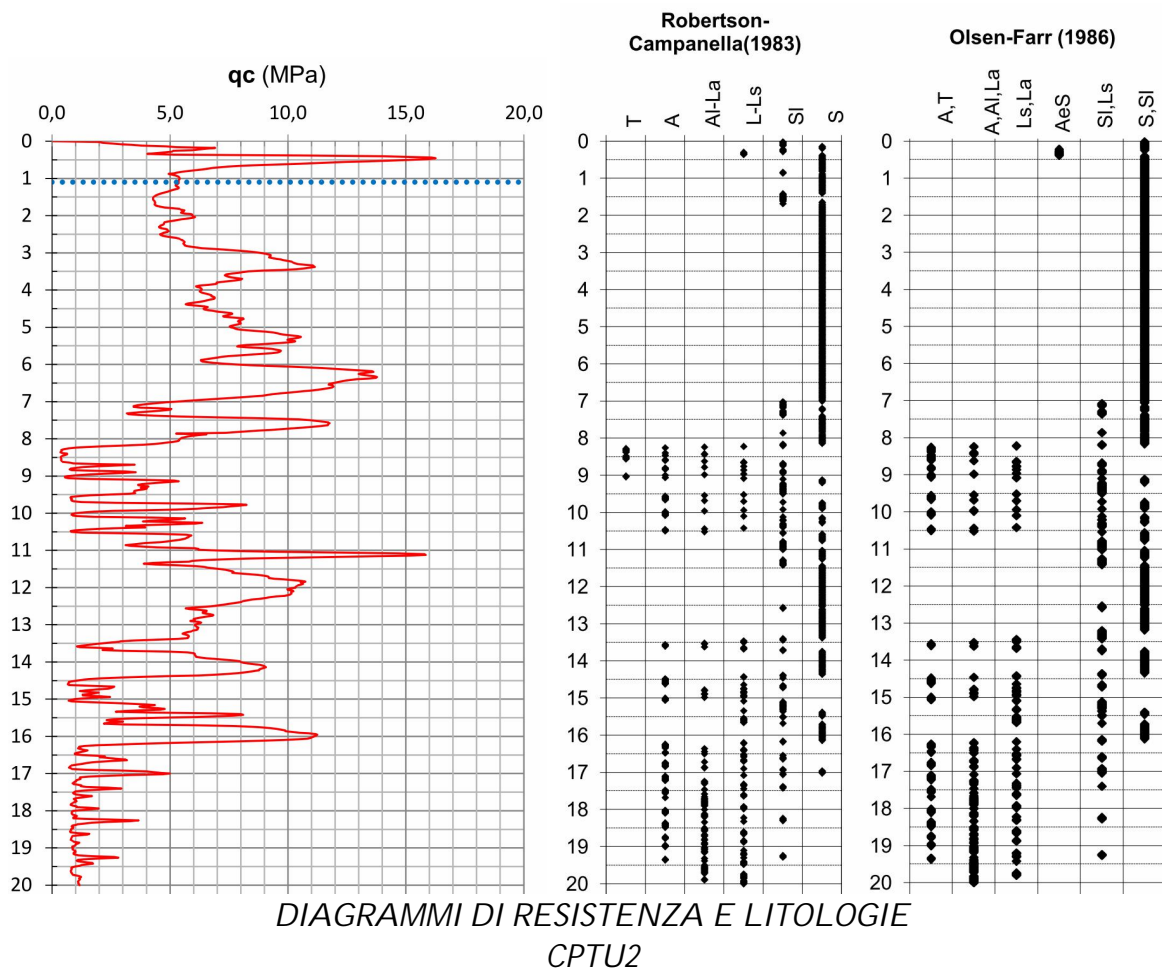
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIE  
SCPTU1

Il punto investigato con la prova penetrometrica statica CPTU2 con rif. U01-20 rileva:

DA	A	qcm	litol.	consistenza ed addensamento
m	m	MPa	( - )	( - )
0,0	8,2	7,42	S	moderatamente addensata
8,2	8,7	0,78	Al-La	moderatamente consistente
8,7	10,5	3,09	SI	poco addensata
10,5	16,2	6,20	S	moderatamente addensata
16,2	20,0	1,37	Al-La	consistente

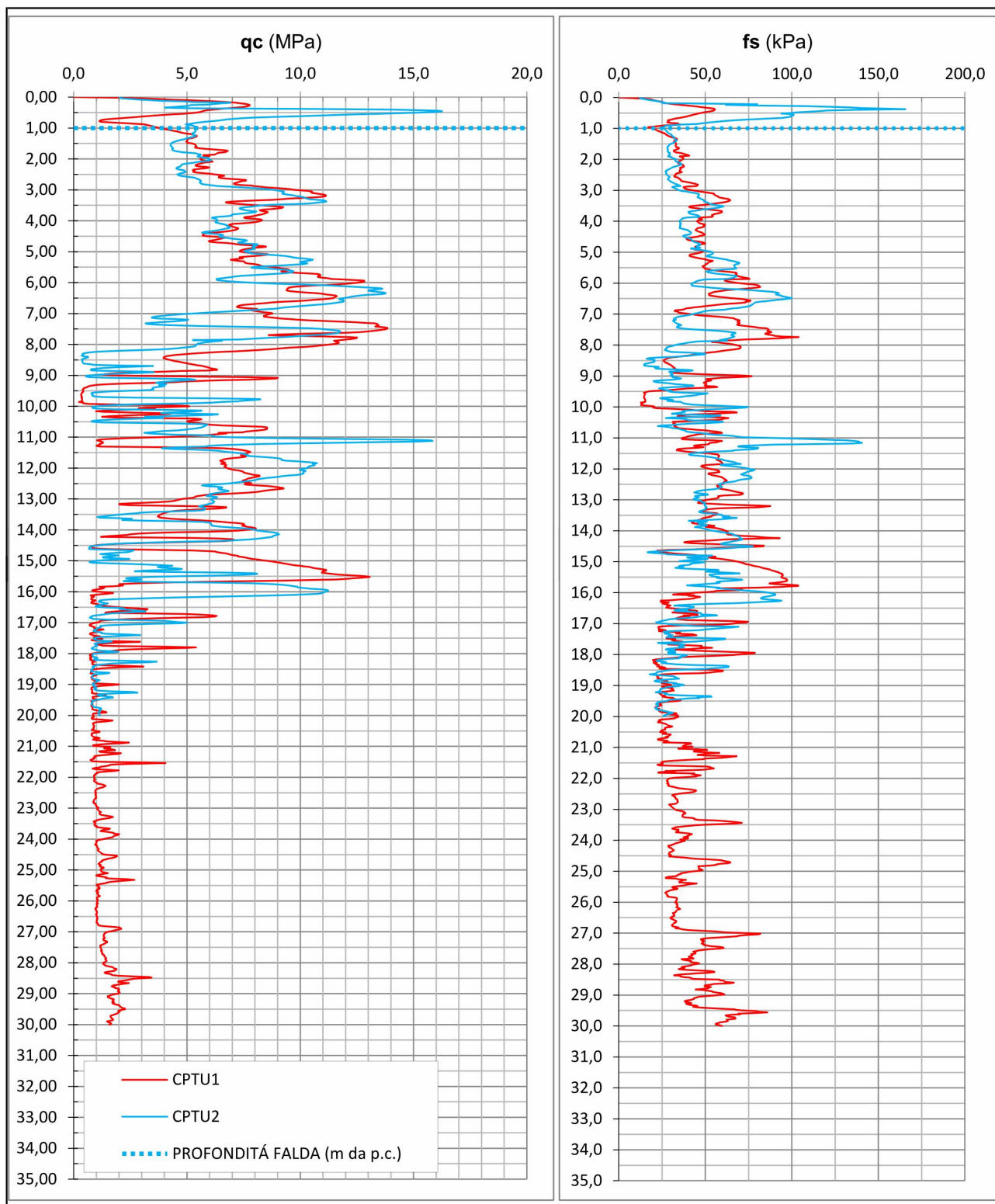
#### Legenda Litologia

<b>RIP</b>	Riporto
<b>T</b>	Torba
<b>A</b>	Argilla
<b>Al-La</b>	Argilla Limosa - Limo Argilloso
<b>L-Ls</b>	Limo - Limo Sabbioso
<b>SI</b>	Sabbia Limosa
<b>S</b>	Sabbia



Da queste indagini e dalla fotointerpretazione aerea di immagini fotografiche in B/N del sito, si possono ricostruire i caratteri geomorfologici del sito.

Successivamente si riporta la sovrapposizione dei diagrammi di resistenza delle 2 prove CPTU eseguite in sito, da cui si può notare come l'area sia omogenea dal punto di vista lito-stratigrafico.



SOVRAPPOSIZIONE DEI DIAGRAMMI DI RESISTENZA



### 2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il sito di intervento ricade su un dosso sabbioso costituito da cordoni di dune subparalleli. L'allineamento è quello di Pontemaodino-Italba-Massenzatica. Da questa fascia verso est si susseguono una serie di importanti allineamenti di paleodune affioranti riconducibili dall'età del Ferro (il più occidentale), al periodo Romano, e all'alto medioevo (cordone su cui sorge l'Abbazia di Pomposa); a occidente di Pontemaodino si estende il lembo più orientale della grande Bonificazione Ferrarese (1872).

Sul dosso morfologico di Caprile scorrono una serie di canali promiscui che d'inverno sono di scolo e d'estate vengono riempiti per l'irrigazione e per sostenere la falda freatica e consentire le pratiche agricole. Da sempre, nel Basso Ferrarese, sui cordoni di paleodune ci sono state le condizioni per favorire l'insediamento di centri abitati, poiché qui ci sono condizioni di alto topografico (necessario per una terra che è stata abituata alle alluvioni del Po), con terreni generalmente sabbiosi, ben drenanti, con buone capacità portanti.

In FIGURA 2.6 è riportata uno stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara dove si possono notare le forme geomorfologiche sopra citate e l'ubicazione dell'area d'intervento.

La stessa variabilità di strutture geomorfologiche in affioramento caratterizza anche il sottosuolo, offrendo la medesima eterogeneità.

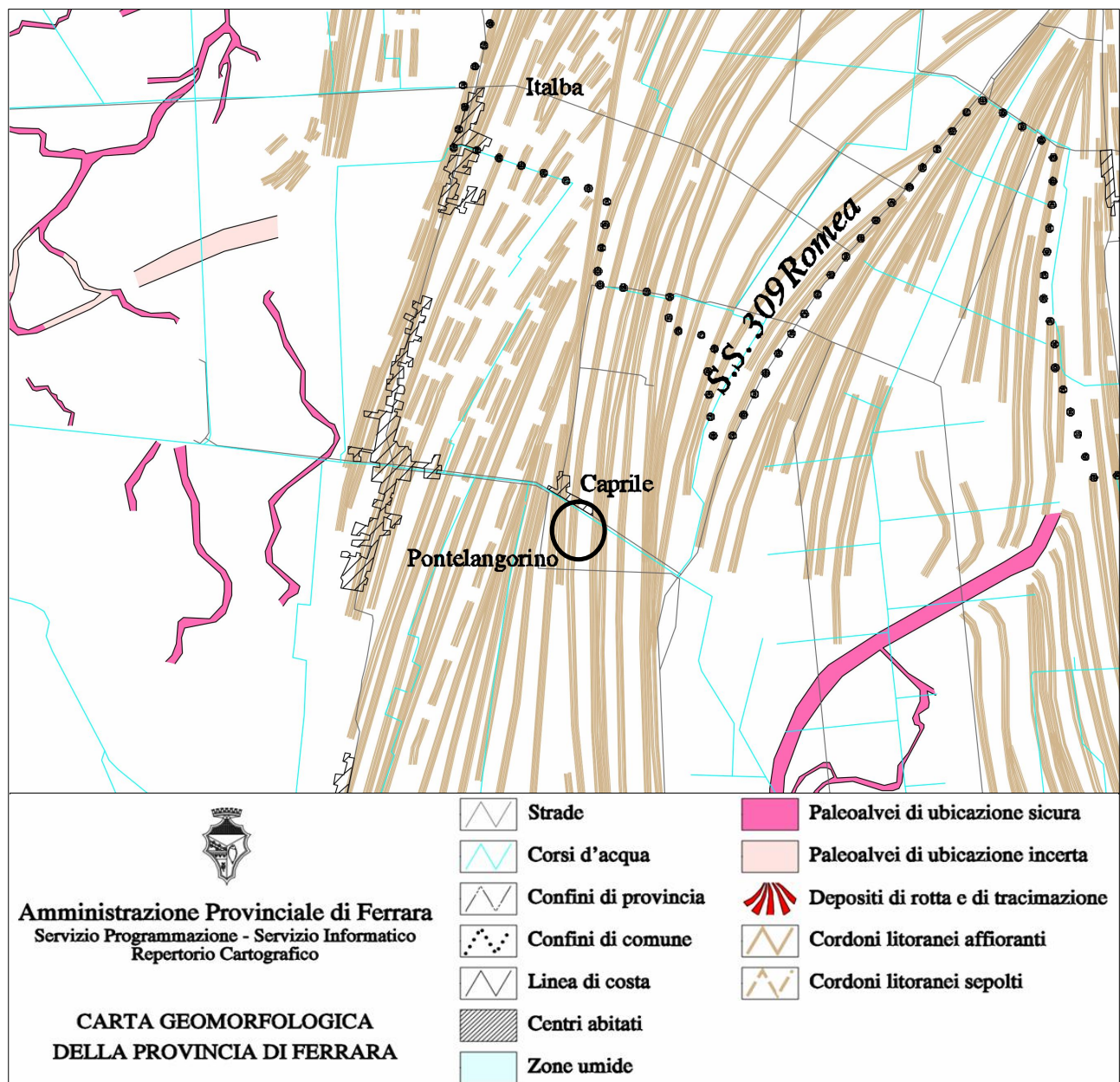


FIGURA 2.6 – Particolare della carta Geomorfologica della provincia di Ferrara



## 2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda all'interno del foro di esecuzione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU con *rif. U01-20*. Tale quota è stata rilevata in data 13/01/2020 alla profondità di -1,00 m dal p.c. per la prova SCPTU1 e a -1,10 m dal p.c. per la prova CPTU2.

Il livello freatico potrebbe oscillare rispetto ai valori riscontrati in tal giorno, solo un monitoraggio di un anno idrogeologico permetterebbe di valutare le oscillazioni stagionali di queste quote.

Il territorio del comune di Codigoro è gestito dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

Le acque meteoriche che precipitano all'interno dell'area che delimita il sito in esame vengono recapitate in perta nelle opere di urbanizzazione cittadina e in parte nel Condotto Bosco-Spada in adiacenza sul lato est rispetto al sito d'intervento.

Da uno stralcio cartografico del PAI Delta, è possibile notare come tutto il territorio comunale di Codigoro, rientri nella fascia C2 (FIGURA 2.7).

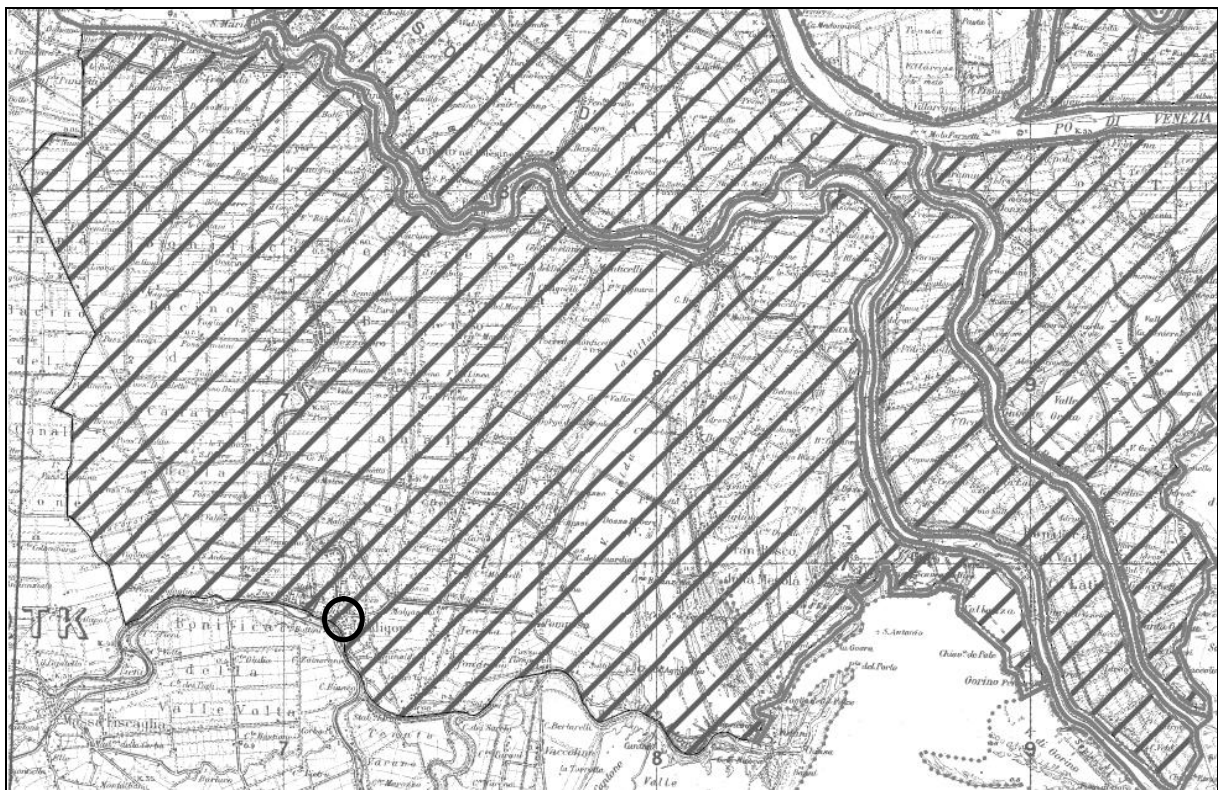


FIGURA 2.7 – Stralcio della carta Pai Delta.

In FIGURA 2.8 si riporta uno stralcio della carta delle aree storicamente allagate della C.G.U. della provincia di Ferrara. Dalla carta è possibile osservare come tutto l'abitato di Caprile non sia soggetto ad allagamenti persistenti, per il fatto che è un paese che sorge su allineamenti di dune e quindi topograficamente rilevati rispetto alle campagne poste ad ovest; inoltre i terreni sabbiosi di cui sono caratterizzati permettono una facile infiltrazione delle acque meteoriche.

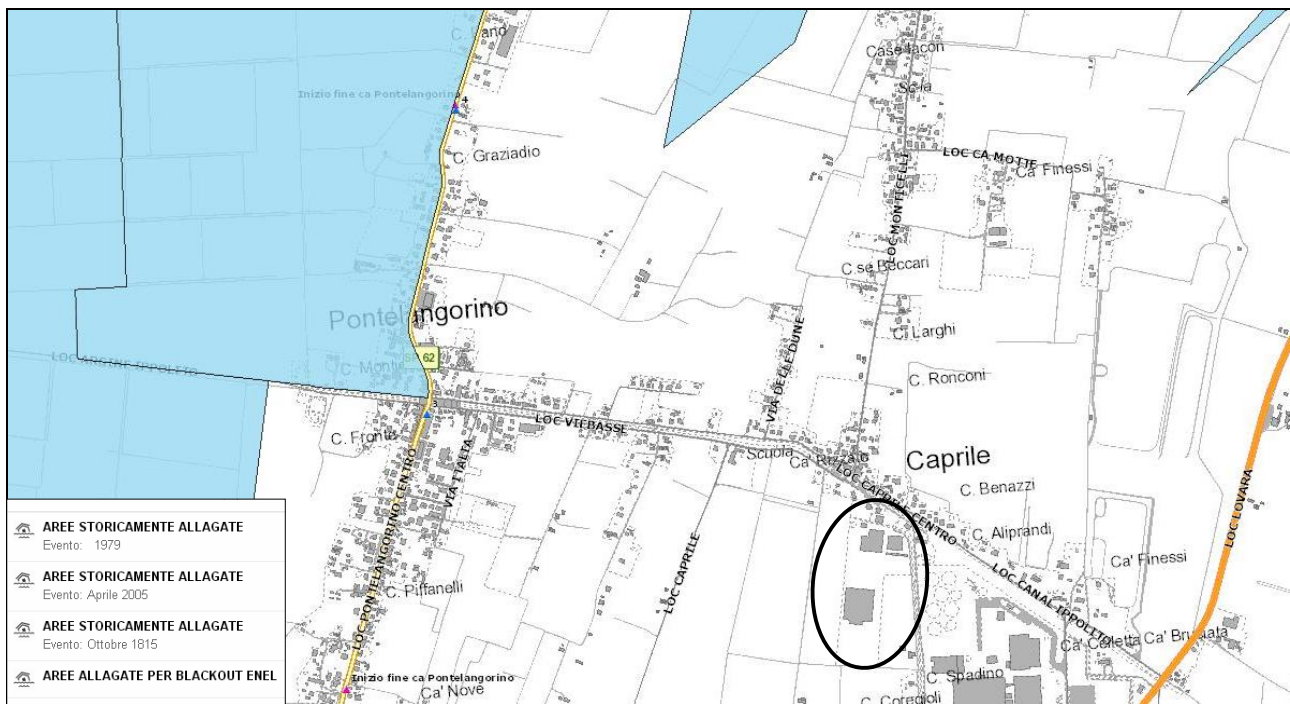


FIGURA 2.8 – Carta delle aree storicamente allagate (Fonte: <http://visore.cgu-ferrara.it>)

In FIGURA 2.9, si riporta uno stralcio della tavola del Reticolo Secondario di Pianura con la mappa della pericolosità e degli elementi esposti della Direttiva Alluvioni.

L'area allo studio risulta caratterizzata da una fascia di pericolosità P2, che corrisponde ad alluvioni poco frequenti con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni, media probabilità.

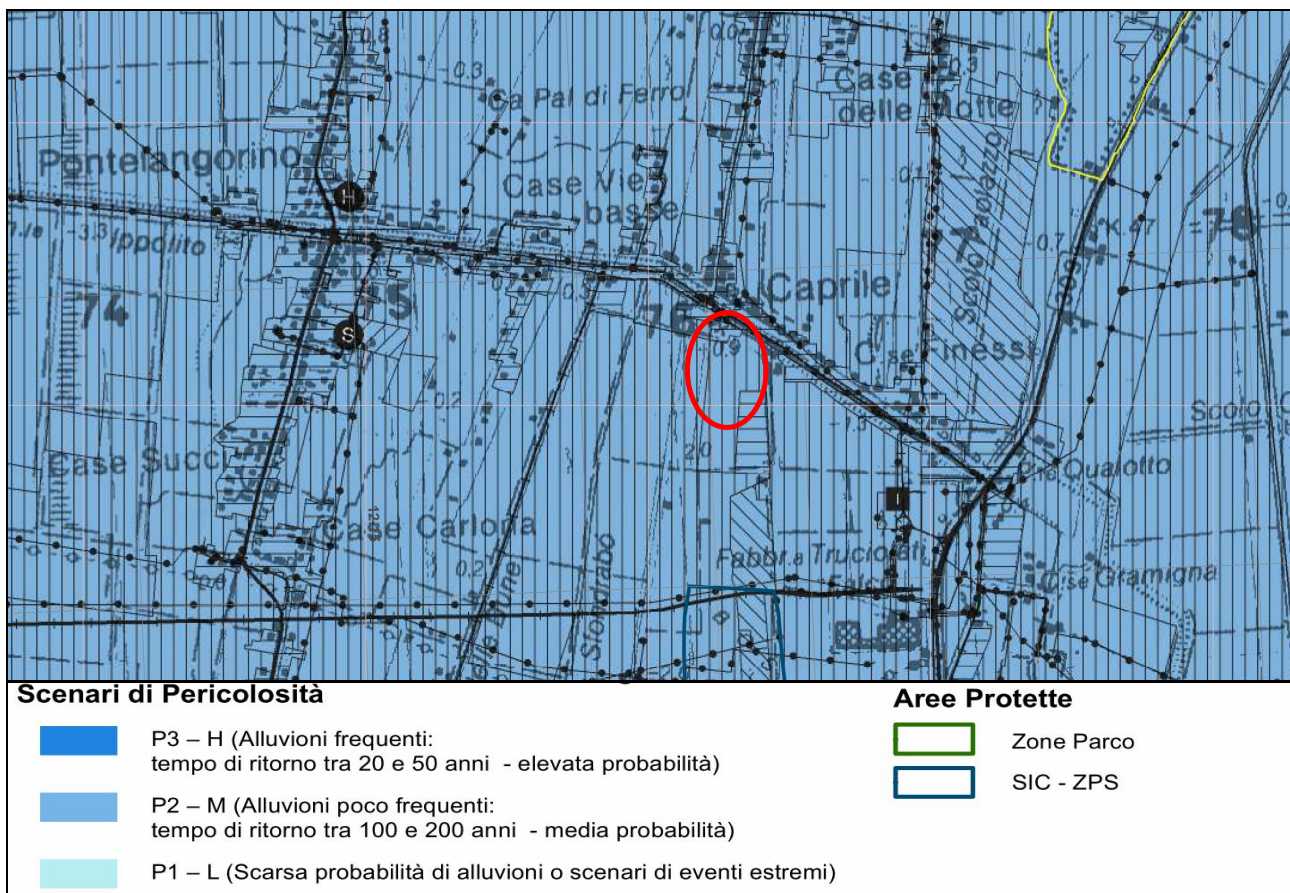


FIGURA 2.9 – Mappa di pericolosità RSP

### 3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

#### 3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

“La Regione Emilia Romagna non è esente da attività sismo-tettonica. La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell’Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d’Arda e Bologna, l’arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico” (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004).

Gli eventi del maggio 2012 hanno avuto magnitudo massima 5,9.

##### Categoria di suolo di fondazione

La categoria di suolo dipende dal valore di  $V_{s30}$ . Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell’onda di taglio “S” nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

dove,

$V_{s30}$  : velocità media ponderata delle onde di taglio “S”,

$h_i$  : spessore dello strato  $i$ -esimo,

$v_i$  : velocità delle onde di taglio “S” nello strato  $i$ -esimo.

Il valore di  $V_{s30}$  è stato rilevato in sito attraverso misure dirette, mediante la realizzazione di una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico SCPTU1 con rif. U01-20, spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

*Si ricorda che la  $V_{s30}$  va calcolata dal piano di posa della fondazione.*

In FIGURA 3.1 è riportato uno stralcio catastale della provincia di Ferrara con l’ubicazione della prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con rif. U01-20.

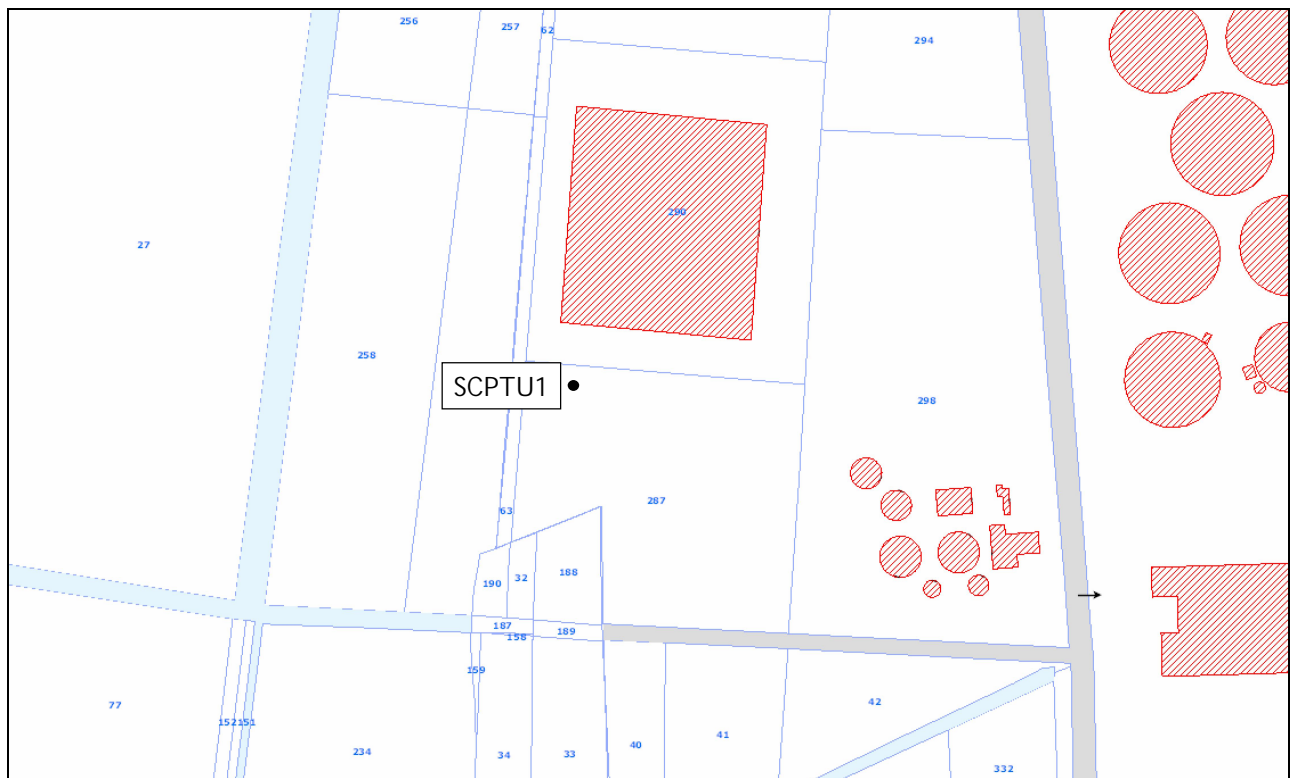


FIGURA 3.1 – Stralcio catastale con ubicazione prova SCPTU1

La prova consiste nell'inserire sulla punta elettrica della prova penetrometrica statica dei ricevitori (geofoni) che con opportuna strumentazione e una sorgente di onde in superficie possono essere misurati, a profondità diverse, in questo caso ad ogni metro di profondità (fino a -30,00 m da p.c.), i tempi di arrivo delle onde sismiche fra la superficie (sorgente) ed i ricevitori (in profondità), analogamente a quanto avviene con il metodo geofisico cosiddetto "downhole".

La punta utilizzata prende il nome di Piezocono G1-CPL2IN (FIGURA 3.2).

In base ai tempi di arrivo conoscendo la distanza tra la sorgente ed il ricevitore si può calcolare la velocità delle onde sismiche ed in particolare delle onde di taglio ( $V_s$ ).

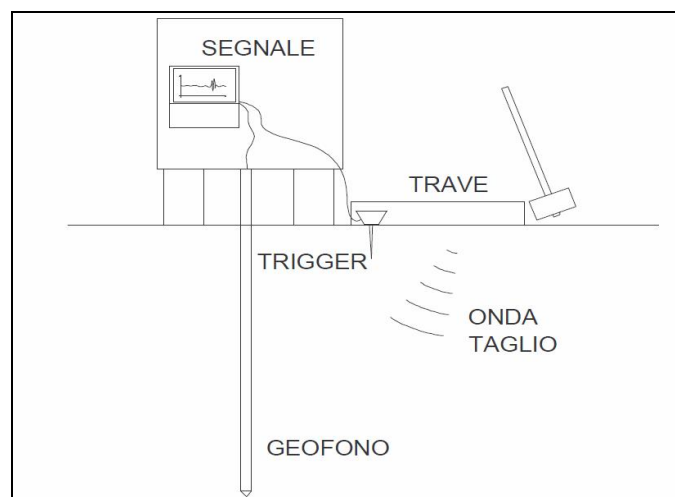
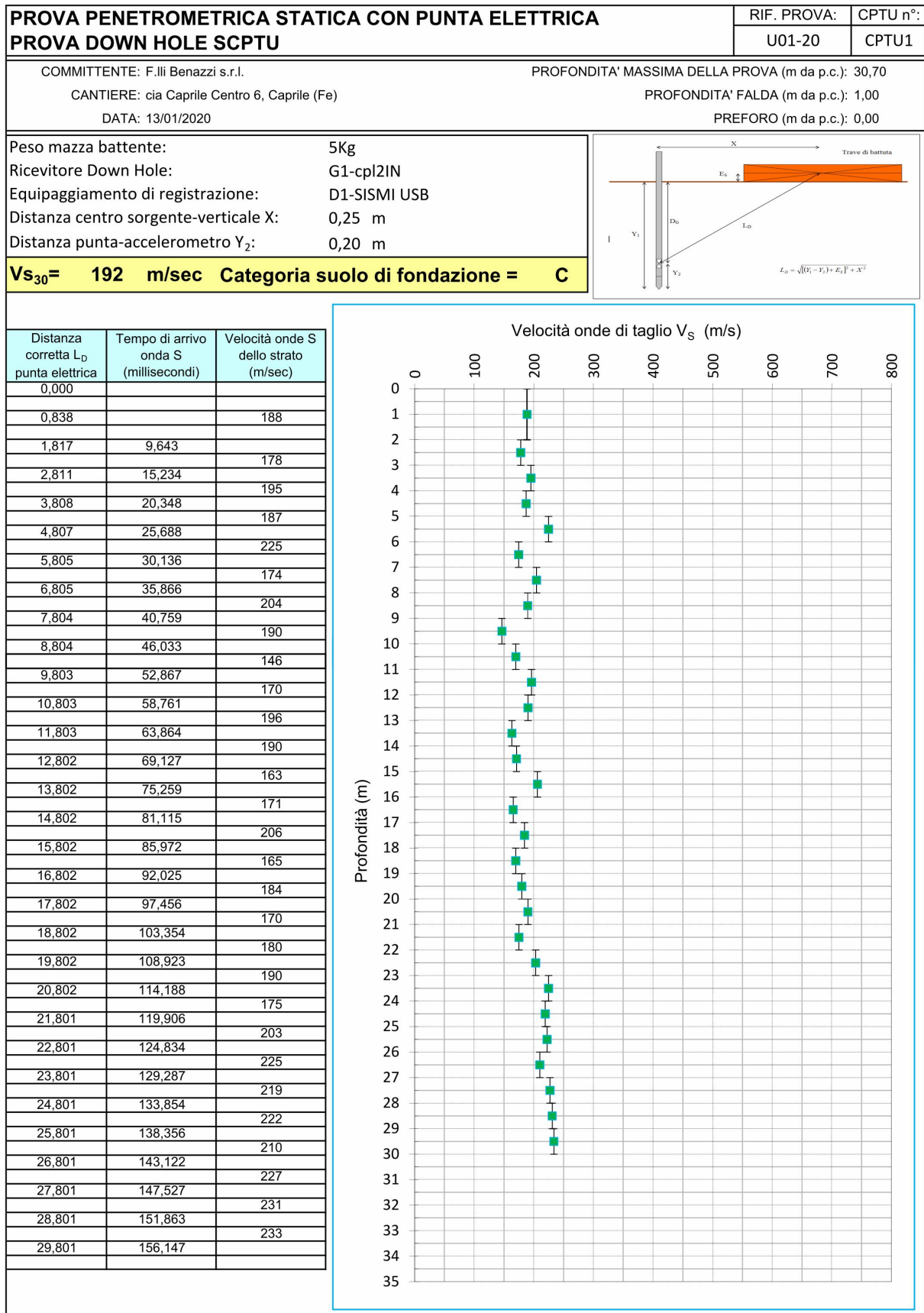


FIGURA 3.2 – Rappresentazione grafica della prova penetrometrica con piezocono sismico

Durante la realizzazione della prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con rif. U01-20 sono state realizzate letture dirette dei tempi di arrivo delle onde di taglio S ad intervalli regolari fino alla profondità di -30,0 m da p.c.. Attraverso questo strumento è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde S alla profondità di 30 metri ( $V_{s30}$ ).



Di seguito viene riportata l'elaborazione della prova SCPTU1 svolta in sito con la rappresentazione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio S ad ogni metro di profondità e la categoria di suolo di fondazione (ricavata attraverso il profilo di Vs sito specifico fino alla profondità di -30 m da p.c.).



**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA  
PROVA DOWN HOLE SCPTU**

RIF. PROVA: CPTU n°:  
U01-20 CPTU1

COMMITTENTE: F.lli Benazzi s.r.l.

CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)

DATA: 13/01/2020

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,70

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,00

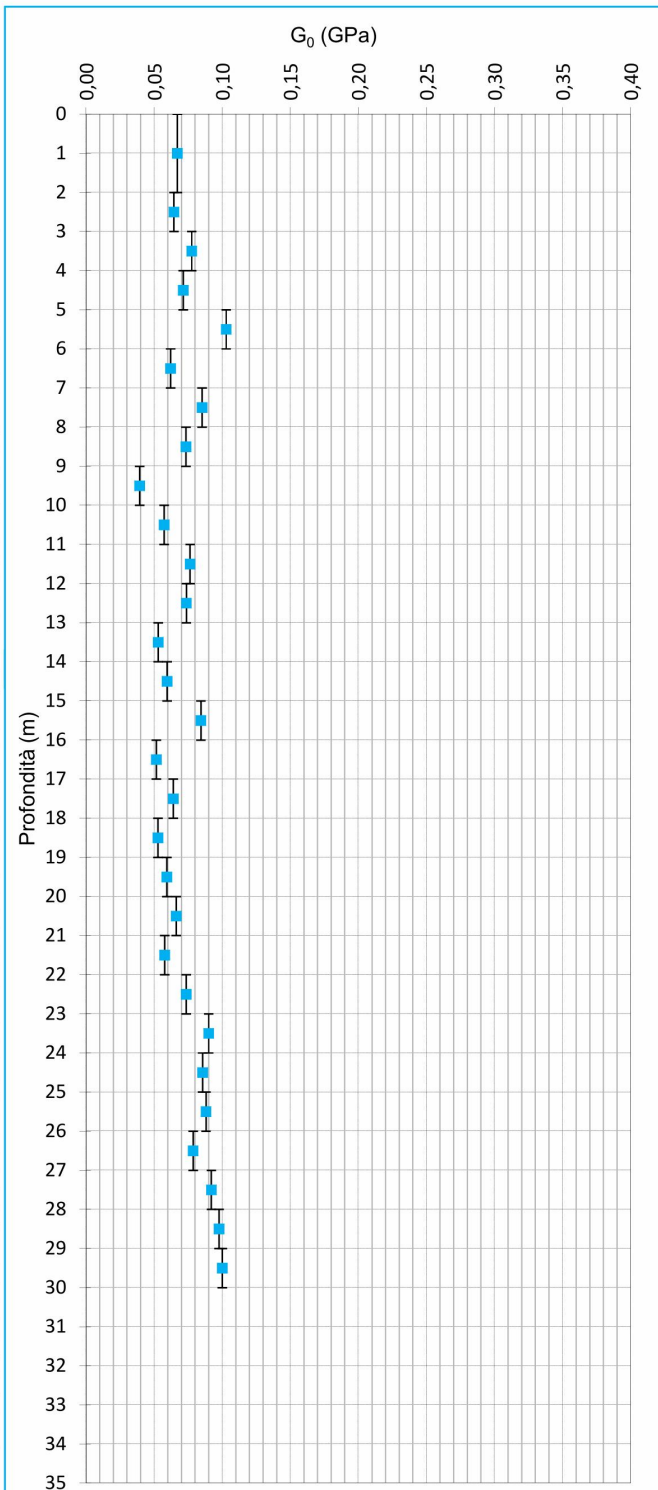
PREFORO (m da p.c.): 0,00

$$G_0 = V_s^2 \rho \longrightarrow \rho = \gamma / g$$

dove:

$\rho$ : massa volumica data dal rapporto tra il peso di volume  $\gamma$  e l'accelerazione di gravita  $g$

Profondità punta elettrica (m)	Velocità onde S dello strato (m/sec)	Peso di volume (tonn/m³)	$G_0$ (GPa)
0,0			
1,0	188	1,85	0,0670
2,0			
3,0	178	2,00	0,0644
4,0	195	2,00	0,0775
5,0			
6,0	187	2,00	0,0713
7,0	225	2,00	0,1028
8,0	174	2,00	0,0620
9,0	204	2,00	0,0851
10,0	190	2,00	0,0732
11,0	146	1,80	0,0393
12,0	10,0	1,95	0,0572
13,0	170	1,95	0,0763
14,0	196	2,00	0,0736
15,0	163	1,95	0,0528
16,0	171	2,00	0,0594
17,0	206	1,95	0,0842
18,0	165	1,85	0,0515
19,0	184	1,85	0,0639
20,0	170	1,80	0,0527
21,0	180	1,80	0,0592
22,0	190	1,80	0,0662
23,0	175	1,85	0,0577
24,0	203	1,75	0,0734
25,0	225	1,75	0,0900
26,0	219	1,75	0,0855
27,0	222	1,75	0,0880
28,0	210	1,75	0,0785
29,0	227	1,75	0,0919
30,0	231	1,80	0,0976
	233	1,80	0,1000



Il valore di  $V_{S30}$  risultante dalla lettura dei tempi di arrivo delle onde S alla profondità di 30,00 m da p.c. è di 192 m/s e quindi la Categoria di suolo di fondazione è C.

$V_{S30} = 192 \text{ m/s}$  Categoria di suolo C

Vengono inoltre prese in considerazione due indagini geofisiche a stazione singola HVSR eseguite rispettivamente ad est e ad ovest del sito. La prova ad est, denominata 187110R006 è stata reperita dal sito del servizio geologico della Regione Emilia Romagna, la prova a sud, denominata HVSR10bis, è reperita dall'archivio dello scrivente, commissionata durante la redazione della Microzonazione sismica del Comune di Codigoro.

Le prove sono state eseguite sulla stessa formazione geologica del sito allo studio; in FIGURA 3.3 si riporta l'ubicazione delle prove geofisiche H/V e dell'area in esame.

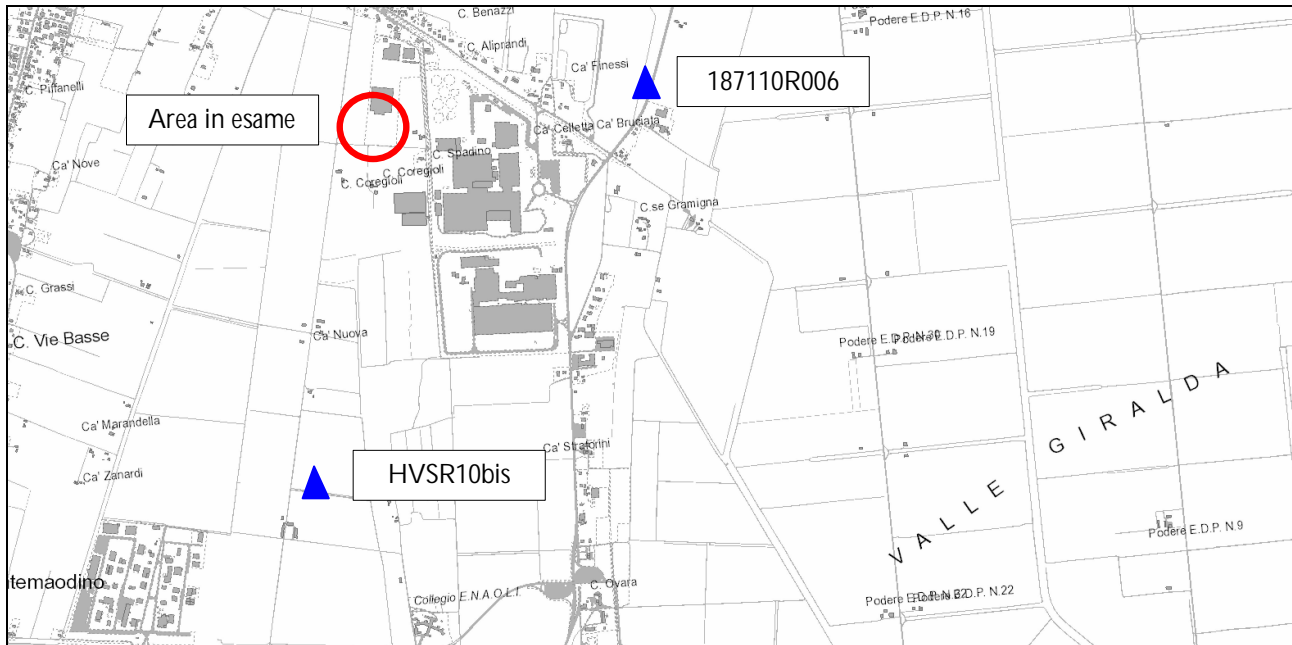


FIGURA 3.3 – Stralcio di C.T.R. della provincia di Ferrara con ubicazione del sito e delle due prove H/V

In FIGURA 3.4a viene riportato il grafico della prova geofisica H/V 187110R006 mentre in FIGURA 3.4b viene riportato il grafico della prova geofisica HVSR10bis.

Come si può notare la prova H/V 187110R006 presenta due picchi di frequenza, uno a 0,56Hz e uno a 1,02 Hz. In questa prova viene scelta come frequenza fondamentale  $f_0$  il valore di 0,56 Hz con ampiezza pari a 1,60 in quanto la prova HVSR10bis, acquisita con tempi di registrazione di 60 minuti è quindi più affidabile, presenta una frequenza fondamentale  $f_0$  pari a 0,548Hz con ampiezza pari a 3,180.

## T32

Instrument: TR-0007-01-05

Start recording: 21/08/14 13:19:56 End recording: 21/08/14 13:39:57

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

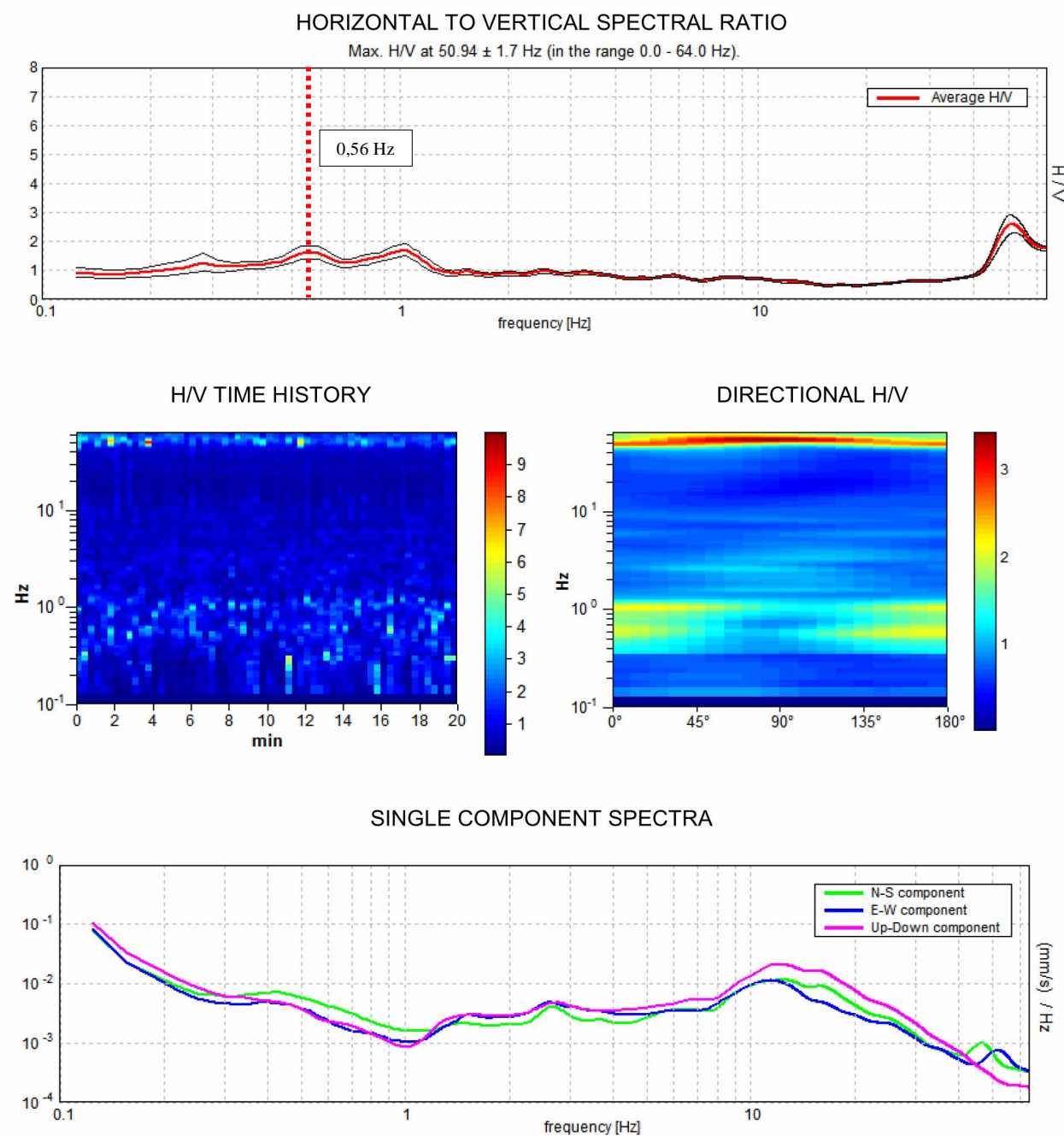


FIGURA 3.4a – Analisi spettrale HVSR (H/V 187110R006)



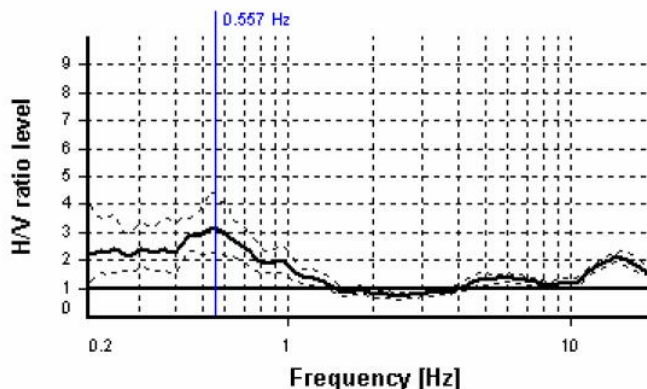
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

**0.557 Hz**

**$A_0$  amplitude = 3.180**

**Average  $f_0 = 0.548 \pm 0.084$**



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	19 valid windows (length > 17.97 s) out of 19	OK
$n_c(f_0) > 200$	634.42 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 29	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.06734 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.18 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	16.98% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08407 >= 0.08348	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.36526 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		NO

FIGURA 3.4b – Analisi spettrale HVSr (HVSr10bis)

### Azioni sismiche secondo "D.M. 17 gennaio 2018"

La classificazione sismica introdotta dall'OPCM 3519/2006, recepita dal D.M. 17/01/2018, prevede per il comune di Codigoro una accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per  $T=0$  e su suolo rigido ( $V_{s30} > 800 \text{ m/sec}$ ), appartenente all'intervallo  $0,075g - 0,100g$ , con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Secondo il vigente D.M., gli spettri di risposta rappresentano delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto di un generico sito del territorio nazionale.

In FIGURA 3.5, si riporta un particolare della mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV, secondo la Tabella 1, allegata alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, recepito dal D.M. 2018.

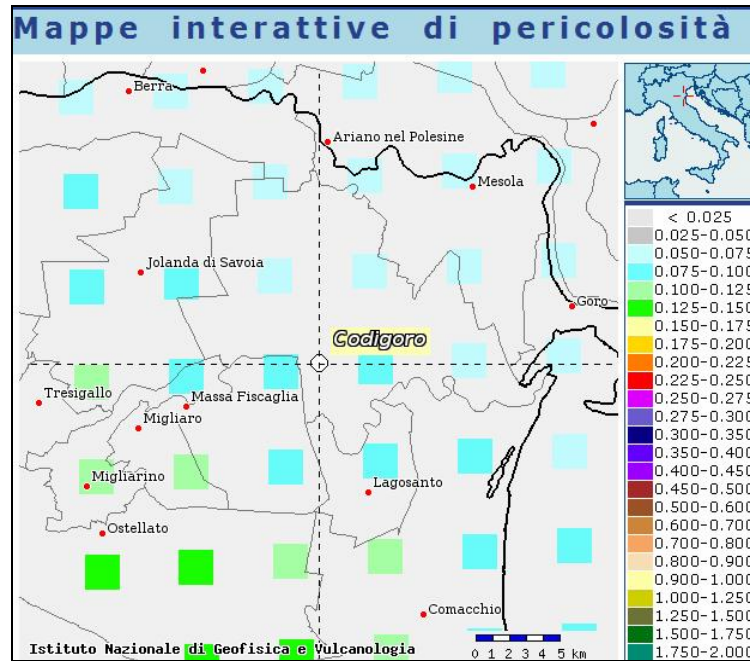


FIGURA 3.5 – Carta pericolosità sismica, da progetto DCP – INGV – S1. fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>

Per la scelta della strategia di progettazione, il progettista procede in funzione delle caratteristiche dell'opera progettata e definisce lo spettro di risposta. Ai fini della normativa, *le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:*

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T^*_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma per tutti i siti italiani, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T^*_c$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Nella Tabella 3.1 tratta dalla normativa si riportano i valori di probabilità di superamento per i diversi stati limiti a cui si può spingere la progettazione.

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 3.1 - D.M. 17-01-2018 Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

Di seguito si riportano i parametri sismici calcolati secondo un approccio "sito dipendente". Come indicato nell'Allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, recepito dal D.M. 2018, si possono ottenere i valori dei suddetti parametri spettrali ( $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$ ) del sito in esame utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (FIGURA 3.6).

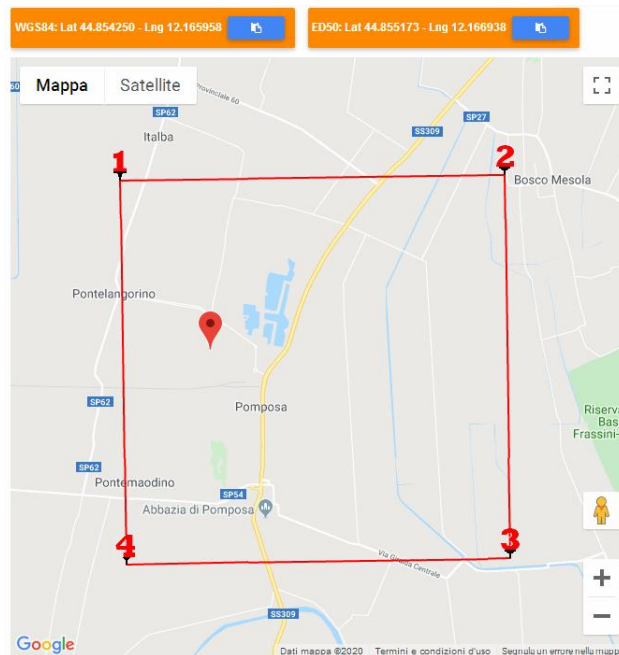


FIGURA 3.6 – Vertici della griglia di riferimento (Fonte: [www.geostru.com](http://www.geostru.com))

Si valutano i parametri spettrali  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  per il sito di progetto (approccio "sito-dipendente") a titolo esemplificativo considerando l'amplificazione stratigrafica e topografica (T1) (Cap. 3.2 del D.M.2008) la categoria del sottosuolo (C) e la classe d'uso della costruzione (II) (Cap. 2.4 del D.M. 2008).

### Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,855173

longitudine: 12,166938

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15188	Lat: 44,8774	Lon: 12,1504	Distanza: 2792,292
Sito 2	ID: 15189	Lat: 44,8781	Lon: 12,2209	Distanza: 4958,574
Sito 3	ID: 15411	Lat: 44,8281	Lon: 12,2220	Distanza: 5277,141
Sito 4	ID: 15410	Lat: 44,8274	Lon: 12,1515	Distanza: 3321,793

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente  $c_u$ : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,029	g
Fo:	2,508	
Tc*:	0,221	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,035	g
Fo:	2,547	
Tc*:	0,267	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,070	g
Fo:	2,706	
Tc*:	0,344	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,089	g
Fo:	2,679	
Tc*:	0,352	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii e fondazioni

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,730
St:	1,000
Kh:	0,009
Kv:	0,004
Amax:	0,432
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,620
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,005
Amax:	0,517
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,500
Cc:	1,490
St:	1,000



Kh: 0,021  
Kv: 0,011  
Amax: 1,034 (Amax/g=0,105)  
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500  
Cc: 1,480  
St: 1,000  
Kh: 0,027  
Kv: 0,013  
Amax: 1,316  
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

### Magnitudo di progetto

La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di  $M = 6,14$ , i terremoti storici in questa area allo studio sono decisamente più bassi.

Durante gli eventi del maggio 2012 si sono liberate energie sismiche sulla dorsale ferrarese con magnitudo di 5,90 (che è stato stimato da Picotti, 2013, come evento con  $T_R$  di 1000 anni).

Nella FIGURA 3.7 sono riportati i sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici relativamente recenti.

Comune	Lat.	Lon.	Imax	Mw
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
BONDENO	44.88857	11.41666	8	5,6
CENTO	44.72685	11.28937	7	5,2
CODIGORO	44.83096	12.10568	<= 6	4,8
<b>COMACCHIO</b>	<b>44.69444</b>	<b>12.18290</b>	<b>7</b>	<b>5,2</b>
COPPARO	44.89391	11.82986	8	5,6
FERRARA	44.83559	11.61842	8	5,6
FORMIGNANA	44.84187	11.85894	8	5,6
JOLANDA DI SAVOIA	44.88518	11.97726	7	5,2
LAGOSANTO	44.76249	12.13965	7	5,2
MASI TORELLO	44.79369	11.79704	8	5,6
MASSA FISCAGLIA	44.80818	12.01334	7	5,2
MESOLA	44.92060	12.23033	<= 6	4,8
MIGLIARINO	44.77058	11.93149	8	5,6
MIRABELLO	44.82534	11.46031	8	5,6
OSTELLATO	44.74516	11.94085	8	5,6
POGGIO RENATICO	44.76571	11.48392	8	5,6
PORTOMAGGIOR	44.69759	11.80509	8	5,6
RO	44.94634	11.76146	8	5,6
SANT'AGOSTINO	44.79258	11.38519	8	5,6
VIGARANO MAINARDA	44.84191	11.49759	8	5,6
VOGHIERA	44.75737	11.75011	8	5,6
TRESIGALLO	44.81771	11.89393	8	5,6
GORO	44.85334	12.30076	<= 6	4,8
MIGLIARO	44.79835	11.97311	7	5,2
Mw=0,430Imax+2,182				

FIGURA 3.7 - Sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici relativamente recenti

Autorevoli studi hanno stabilito, per la zona in esame, magnitudo attese comprese tra 5,00 e 5,30 (Facciorusso-Vannucchi, 2009, Rivista italiana di geotecnica, Anno XLII, n°2) riportati in FIGURA 3.8.

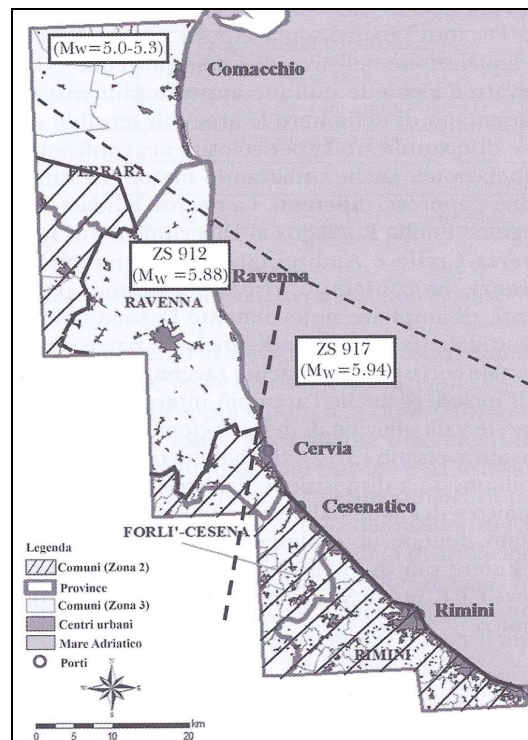


FIGURA 3.8 – Definizione della magnitudo attesa  $M_w$  e classificazione dei comuni ivi ricadenti secondo la classificazione sismica nazionale (Facciorusso-Vannucchi, 2009, Rivista italiana di geotecnica, Anno XLII, n°2)

Considerando che il sito in esame è al di fuori dalle zone sismo genetiche e che la magnitudo massima attesa è compresa tra 5,00 e 5,30, si adotterà il valore di:

Magnitudo di progetto  
 $M = 5,30 M_w$

### 3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

L'obiettivo della riduzione del rischio sismico passa anche per l'analisi delle componenti territoriali che possono innescare fenomeni negativamente impattanti con le strutture antropiche e la loro sicurezza. Vale comunque la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti, non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area non si verificherà un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione.

In particolare vengono ritenuti motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione, la verifica di almeno una di queste circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento  $M_w$  inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;
3. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine, FC, superiore al 20% (FC = frazione passante al setaccio ASTM 200, 0,074mm), con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  - $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

Dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella FIGURA 3.9 da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  o  $U_c > 3,5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna.

6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di  $M > 7$ .

7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della densità relativa  $D_r$  del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili (*Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile* di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con  $D_r > 70\%$  vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.

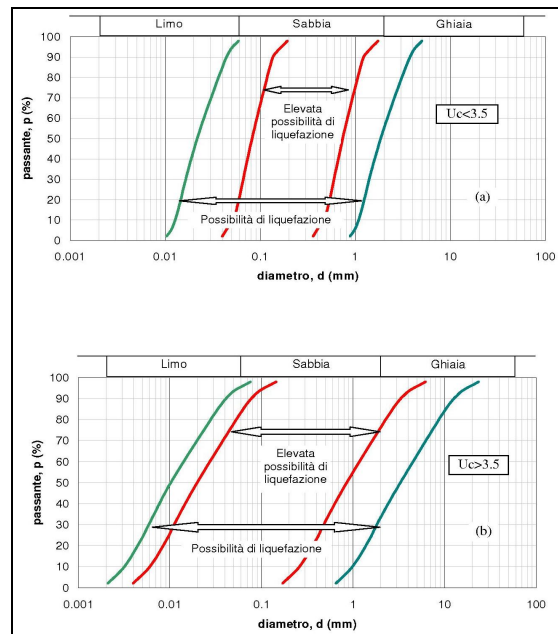


FIGURA 3.9 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno

Il D.M. 17/01/2018 ha riassunto in questi 4 punti i casi in cui non è prevista liquefazione:

#### 7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. 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 (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Per la verifica della liquefazione delle sabbie è stato utilizzato un software di calcolo che analizzando ogni strato da 2 cm individuato dalle prove CPTU, ne verifica la potenzialità di liquefazione.

Ai fini del calcolo sono state considerate le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU con rif. U01-20, spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,00 m dal p.c. la prova SCPTU1 e -20,00 m dal p.c. la prova CPTU2.

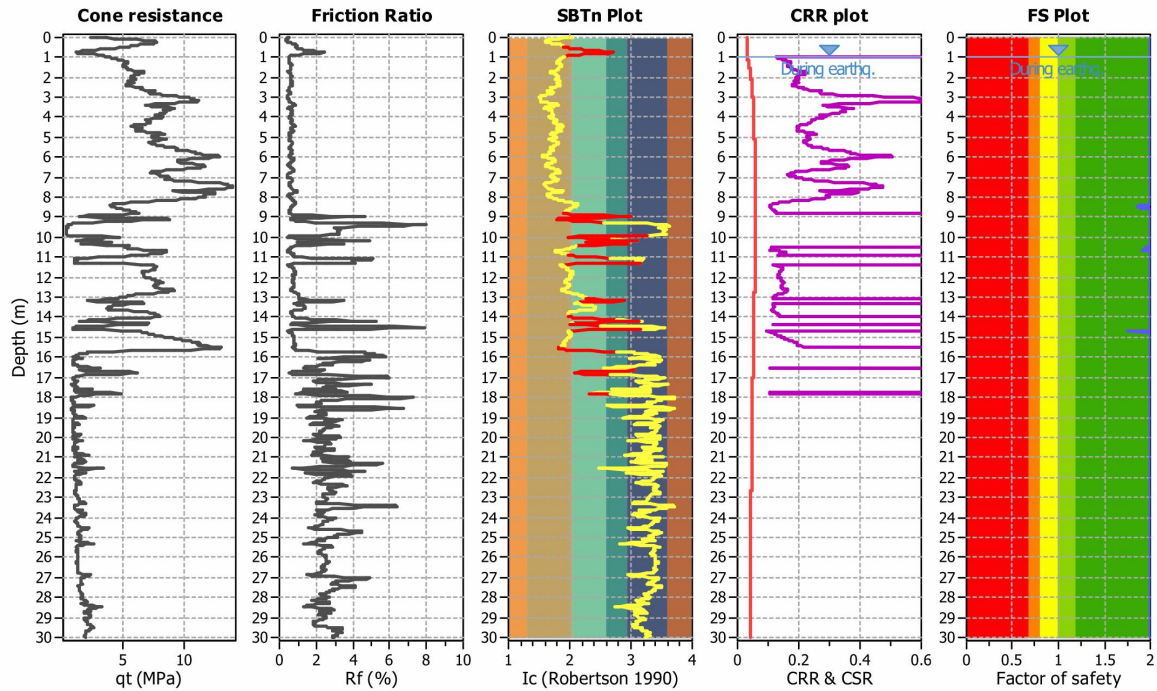
Per questo calcolo si è considerata una magnitudo di 5,30 e un'accelerazione P.G.A. di 0,10g.

Utilizzando i dati di input visualizzati in FIGURA 3.10, se ne deduce che nell'area di studio il fenomeno della liquefazione non è un effetto di sito atteso per gli strati sabbiosi rilevati in sito.

CPT file : rif. U01-20 CPTU1 Caprile F.Ili

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	5.30	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.10	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method based



CPT file : rif. U01-20 CPTU2 Caprile F.Ili

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	5.30	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.10	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method based

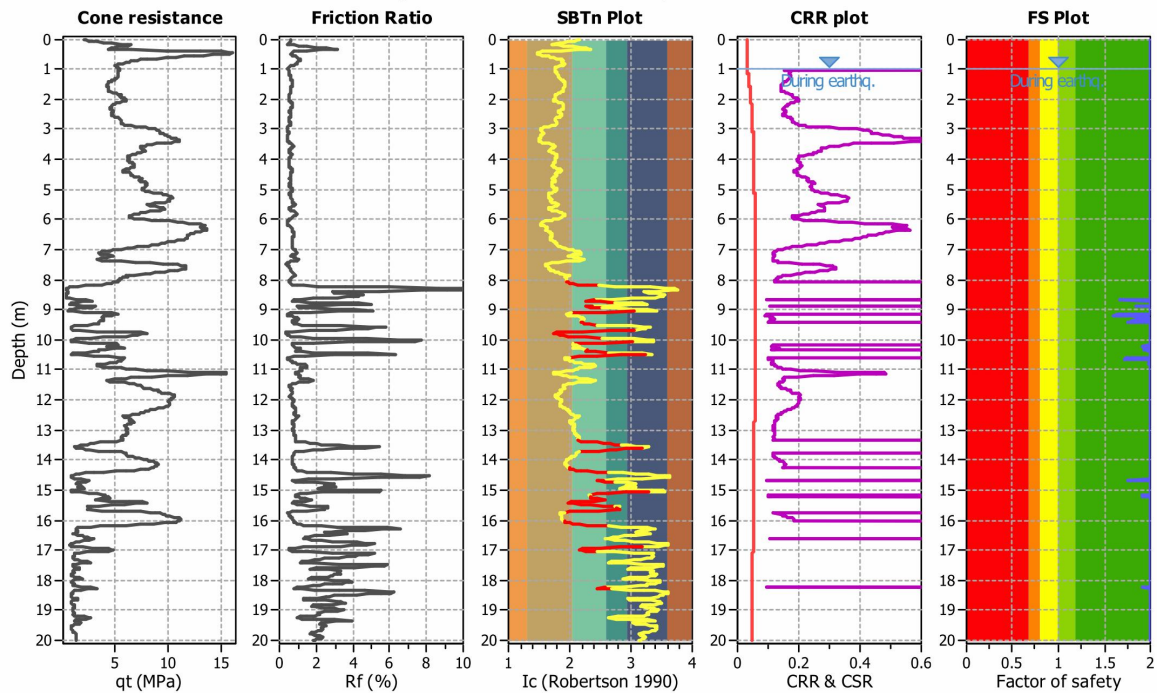


FIGURA 3.6: Dati input e metodi di calcolo adottati secondo secondo D.M. 17 gennaio 2018



Dei calcoli effettuati si riporta solo la sintesi dei risultati finali.

Inoltre è stato verificato l'indice del potenziale di liquefazione,  $I_L$ , definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz,$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano di campagna in metri e  $w(z)=10-0.5z$

Ad una quota  $z$  il fattore  $F(z)=F$  vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove  $F_L$  è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Con il software si calcola nei primi 20,00 m, il valore del potenziale di liquefazione per tutti gli strati incoerenti, in questo caso il valore è pari a 0,00.

I terreni in esame risultano avere un indice del potenziale di liquefazione nullo ( $I_{PL} = 0,00$ ) se sollecitati da un sisma di  $M_w=5,30$  ed una accelerazione di 0,10g (Tabella 3.2 e 3.3).

Potenziale Liquefazione $I_{PL}$	Classificazione
$I_{PL} = 0$	<i>Non liquefacibile</i>
$0 < I_{PL} \leq 2$	<i>Basso</i>
$2 < I_{PL} \leq 5$	<i>Moderato</i>
$5 < I_{PL} \leq 15$	<i>Alto</i>
$I_{PL} \geq 15$	<i>Molto Alto</i>

Tabella 3.2 – Classificazione indice potenziale liquefazione

Prova	Potenziale Liquefazione ( $I_{PL}$ )
SCPTU1	0,00
CPTU2	0,00

Tabella 3.3 – Indice potenziale di liquefazione

### 3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI

Dell'elaborazione completa dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale. Sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU con rif. U01-20, spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,00 m dal p.c. la prova SCPTU1 e -20,00 m dal p.c. la prova CPTU2.

Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di 5,30 e accelerazione di 0,10g, nessuno dei livelli ha il fattore di resistenza alla liquefazione inferiore a 1,20, non determinando cedimenti post sismici nei terreni granulari (Tabella 3.4).

Prova	Cedimenti postsismici (cm)
SCPTU1	0,00
CPTU2	0,00

Tabella 3.4 – Cedimenti post-sismici

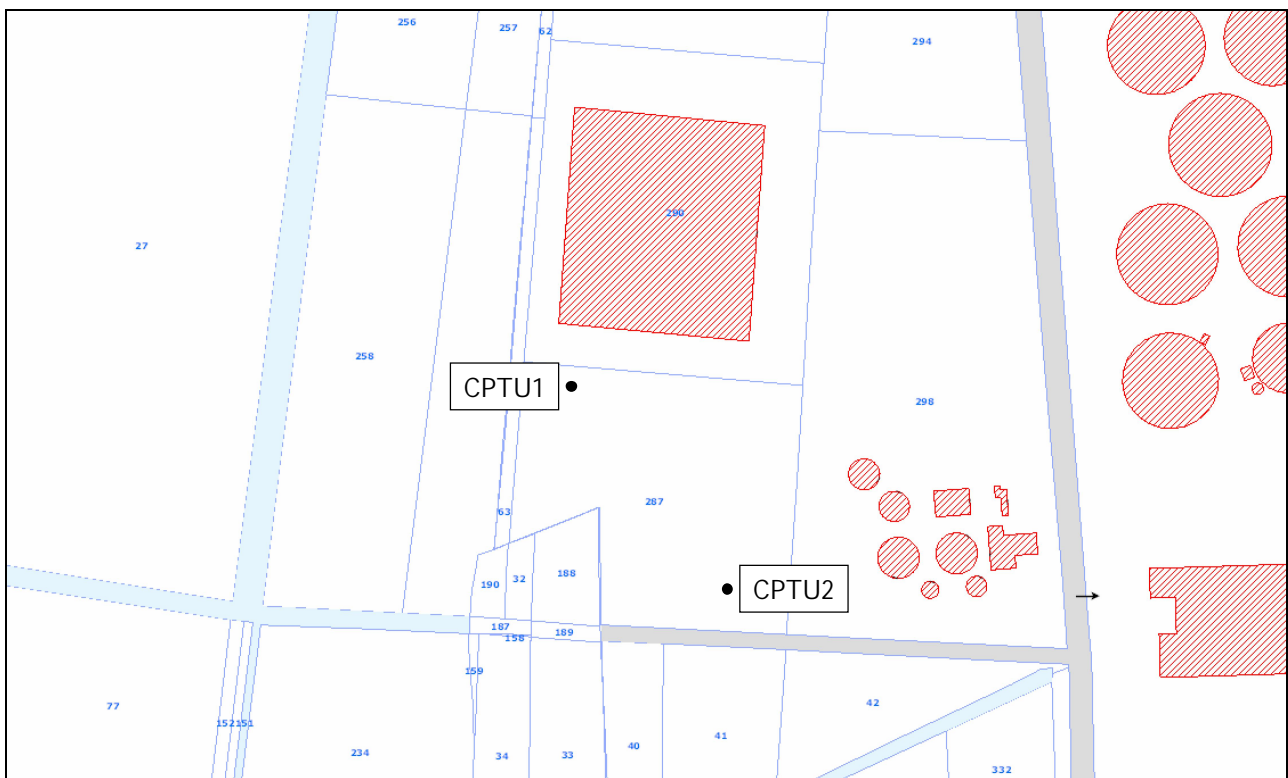
#### 4. MODELLAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

Uno dei motivi di pericolosità geologica del territorio, deriva in questi luoghi, dall'interazione tra opere di fondazione e terreni compressibili, su cui le costruzioni in elevazione possono creare condizioni di instabilità del complesso opera-terreno.

Si rende quindi necessario fare alcune valutazioni per verificare le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, utilizzando in via indicativa, i dati derivabili dalle indagini specifiche eseguite per la modellazione geologica.

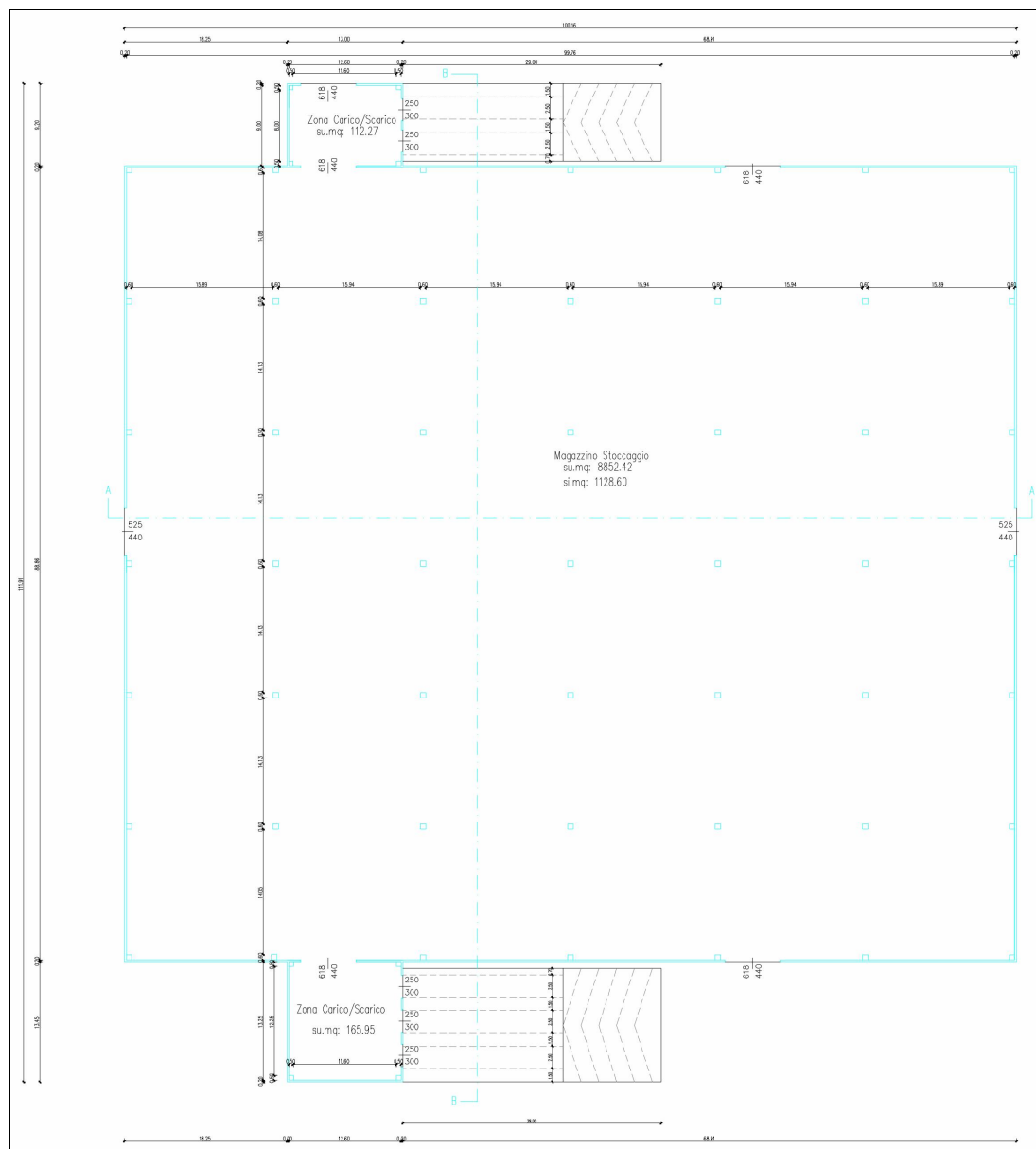
Sono dunque state considerate le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU con rif. U01-20, spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,00 m dal p.c. la prova SCPTU1 e -20,00 m dal p.c. la prova CPTU2, eseguite in corrispondenza del fabbricato di progetto.

In FIGURA 4.1 è riportato uno stralcio catastale della provincia di Ferrara con l'ubicazione delle 2 prove penetrometriche statiche CPTU con rif. U01-20.



*FIGURA 4.1 - Stralcio catastale con ubicazione prove CPTU*

In FIGURA 4.2 si riporta una planimetria di progetto dell'area cortiliva della ditta con il sedime del nuovo fabbricato ad uso magazzino, una pianta di progetto, prospetti e sezioni.



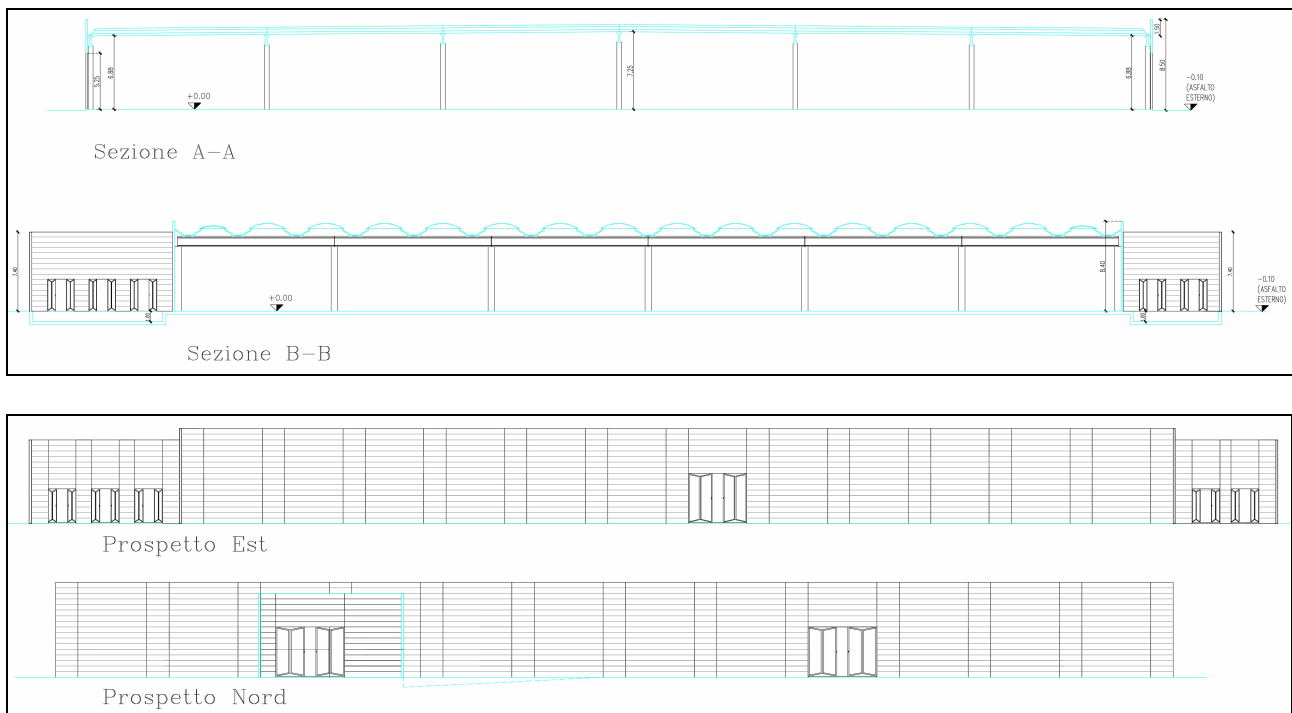


FIGURA 4.2 – Planimetria di progetto, pianta, prospetti e sezioni

Negli Allegati sono inserite, per le CPTU eseguite, le seguenti schede: a) tabelle valori, b) diagrammi di resistenza, c) valutazioni litologiche, d) tabelle parametri geotecnici.

#### 4.1. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

L'esecuzione della prova penetrometrica è avvenuta con un Penetrometro Statico con punta elettrica con piezocono.

Si allegano i diagrammi delle resistenze dal cui confronto si possono evincere le differenze di comportamento dei terreni nei vari strati incontrati; le interpretazioni litologiche, in base alle valutazioni stratigrafiche fornite da Douglas-Olsen (1981), Robertson-Campanella (1983) e Olsen-Farr (1986).

Le caratteristiche geotecniche dei terreni ricavate dai risultati della penetrometria statica sono riportate in tabella parametri geotecnici.

Nelle tabelle viene fatta distinzione fra i terreni di natura coesiva e quelli di natura granulare.

Per i terreni di natura coesiva vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro  $q_c$  (MPa), la resistenza laterale  $F_s$  (MPa), il peso di volume  $\gamma'$  (kN/m<sup>3</sup>), la coesione non drenata  $C_u$  (kPa), il grado di sovraconsolidazione OCR, dei moduli di deformazione non drenati  $E_{u50}$  (MPa) corrispondenti rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50 e 25 %, del modulo di deformazione edometrico  $M_o$  (MPa). Per i terreni di natura granulare vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro  $q_c$  (MPa), la resistenza laterale  $F_s$  (MPa), la densità relativa  $D_r$  (%), dell'angolo di attrito interno efficace  $\phi'(^{\circ})$ , i moduli di deformazione drenati  $E'_{25}$  (MPa) e del modulo di deformazione edometrico  $M_o$  (MPa).

Nella Tabella 4.1 si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU con rif. U01-20:



Identificativo	<b>U01-20</b>
Emissione	gen-20
Pagina	1 di 0

## PROVA PENETROMETRICA STATICA

### PARAMETRI GEOTECNICI

-Committente	<b>F.Ili Benazzi s.r.l.</b>	-Prova n°	<b>CPTU1</b>
-Cantiere	<b>cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)</b>	-Data prova	<b>13/01/2020</b>
-Quota p.c.	<b>0,00</b> m s.l.m.	-Prof. preforo	<b>0,00</b> m
-Livello di falda	<b>1,00</b> m da p.c.	-Prof. finale	<b>30,00</b> m

							MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI								
DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	FI' <sub>DM</sub>	FI' <sub>Bottom</sub>	FI'Schm.				E'25	M <sub>0</sub>
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	(°)				MPa	MPa
0,0	9,3	7,49	0,05	0,00	S	20,00	-	-	-	-	-	-	72	37	33	38	40	42	44	19,00	29,76
9,3	10,0	0,81	0,02	0,15	Al-La	18,00	18	1	2	1,89	9,057	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,0	15,7	6,15	0,06	0,00	S	20,00	-	-	-	-	-	-	43	33	29	34	36	39	41	16,94	26,84
15,7	21,8	1,35	0,04	0,18	Al-La	18,00	48	1	5	4,10	26,76	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21,8	28,0	1,21	0,04	0,38	A	17,50	51	1	3	4,38	29,55	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28,0	30,0	1,86	0,05	0,49	Al-La	18,00	84	2	4	5,65	46,85	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Identificativo	<b>U01-20</b>
Emissione	gen-20
Pagina	1 di 0

## PROVA PENETROMETRICA STATICA

### PARAMETRI GEOTECNICI

-Committente	<b>F.Ili Benazzi s.r.l.</b>	-Prova n°	<b>CPTU2</b>
-Cantiere	<b>cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)</b>	-Data prova	<b>13/01/2020</b>
-Quota p.c.	<b>0,00</b> m s.l.m.	-Prof. preforo	<b>0,00</b> m
-Livello di falda	<b>1,10</b> m da p.c.	-Prof. finale	<b>20,00</b> m

							MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI								
DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	FI' <sub>DM</sub>	FI' <sub>Bottom</sub>	FI'Schm.				E'25	M <sub>0</sub>
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	(°)				MPa	MPa
0,0	8,2	7,42	0,05	0,02	S	20,00	-	-	-	-	-	-	73	37	33	38	40	42	44	18,60	29,03
8,2	8,7	0,78	0,03	0,09	Al-La	18,00	25	1	4	1,85	9,997	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,7	10,5	3,09	0,04	0,00	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	31	31	28	32	34	37	40	10,13	16,21
10,5	16,2	6,20	0,06	-0,04	S	20,00	-	-	-	-	-	-	43	32	29	33	36	38	41	16,73	26,42
16,2	20,0	1,37	0,04	0,17	Al-La	18,00	52	2	5	4,25	28,59	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 4.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

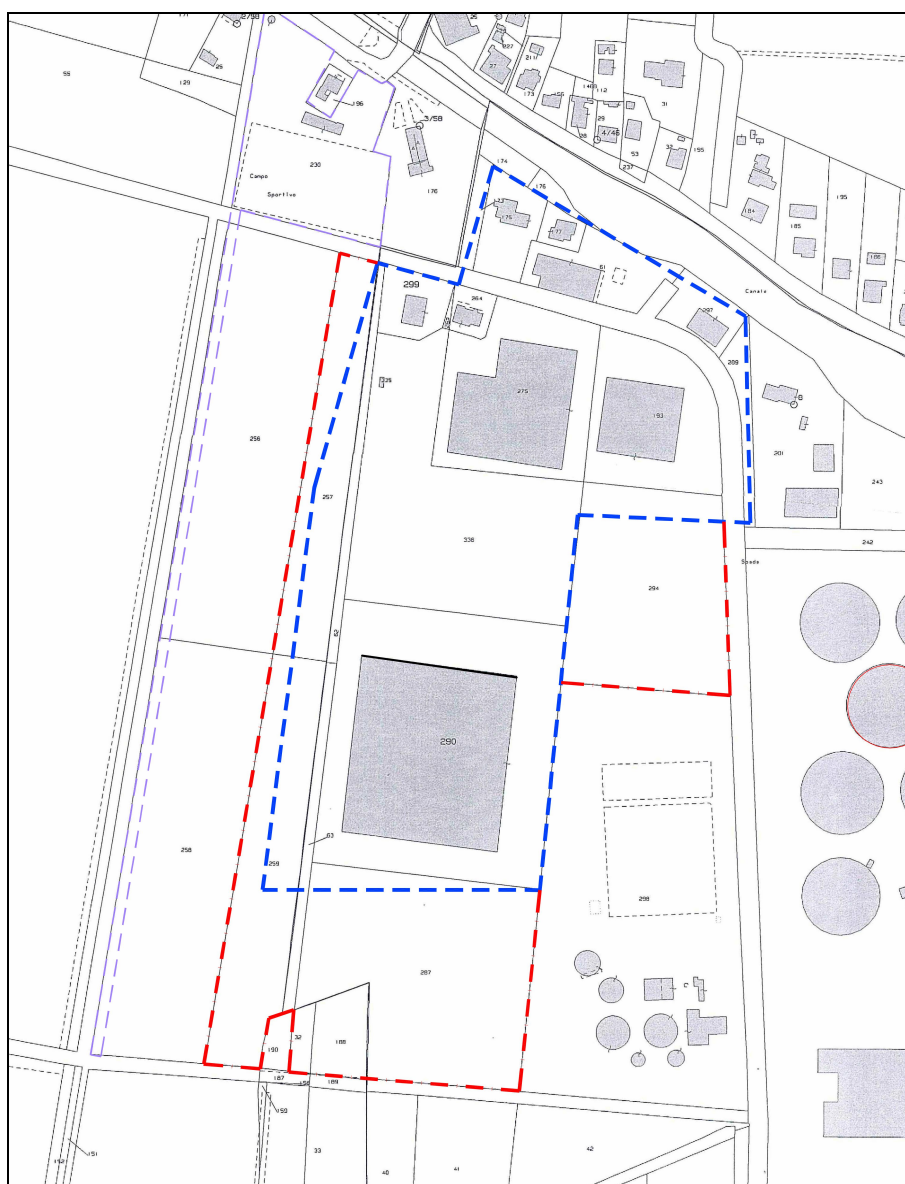
Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda all'interno del foro di esecuzione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU con rif. U01-20. Tale quota è stata rilevata in data 13/01/2020 alla profondità di -1,00 m dal p.c. per la prova SCPTU1 e a -1,10 m dal p.c. per la prova CPTU2.

Il livello freatico potrebbe oscillare rispetto ai valori riscontrati in tal giorno, solo un monitoraggio di un anno idrogeologico permetterebbe di valutare le oscillazioni stagionali di queste quote.

## ALLEGATO ALLA RELAZIONE

### STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA

Variante alla Pianificazione Territoriale e Urbanistica dell'area sita in Loc. Caprile Centro 6 a Caprile di Codigoro (Fe); riferimenti catastali foglio 58 mappale 230, 256, 257, 258, 259, 32 e 188 e foglio 59 mappale 61, 297, 275, 299, 193, 335, 336, 294, 290, 287 62 e 63 del Comune di Codigoro (Fe).



- AREA AMBITI PRODUTTIVI IN TERRITORIO RIURALE ESISTENTE
- NUOVA DELIMITAZIONE DI VARIANTE PER AMBITI PRODUTTIVI

## A. INTRODUZIONE

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale). La microzonazione sismica è pertanto un efficace strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico, in particolare se realizzato e applicato fino dalle prime fasi di pianificazione urbanistica, in quanto consente di indirizzare le scelte urbanistiche verso aree a minore pericolosità sismica e/o fornire indicazioni per scelte progettuali che tengano adeguatamente conto delle condizioni di pericolosità sismica locale.

Gli studi di microzonazione sismica prevedono diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase di analisi è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ...).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di predisposizione del piano territoriale di livello provinciale o metropolitano 3 e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree. Il quadro conoscitivo della pianificazione urbanistica comunale presenta una cartografia della pericolosità sismica locale, derivata dalle previsioni della pianificazione d'area vasta ma ad una scala di maggior dettaglio, limitatamente agli areali da indagare.

La seconda fase di analisi ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento: a) un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento) e b) una analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), come di seguito specificato:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività  $\leq 15^\circ$ , vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità sismica locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso tabelle e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio negli areali che presentano le caratteristiche elencate al successivo paragrafo 2.1, lettera c), specificamente individuati dalla cartografia della pericolosità sismica locale predisposta dai piani di area vasta e recepita nel quadro conoscitivo dei piani urbanistici comunali.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica, e l'impiego di specifiche procedure di elaborazione per la stima degli indici di rischio.

## B. PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;
- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

Per questo livello di approfondimento sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

1. Carta delle indagini
2. Carta Geologico Tecnica
3. Carta delle frequenze naturali dei terreni
4. Carta delle aree suscettibili di effetti locali – Microzone Omogenee in Prospettiva sismica

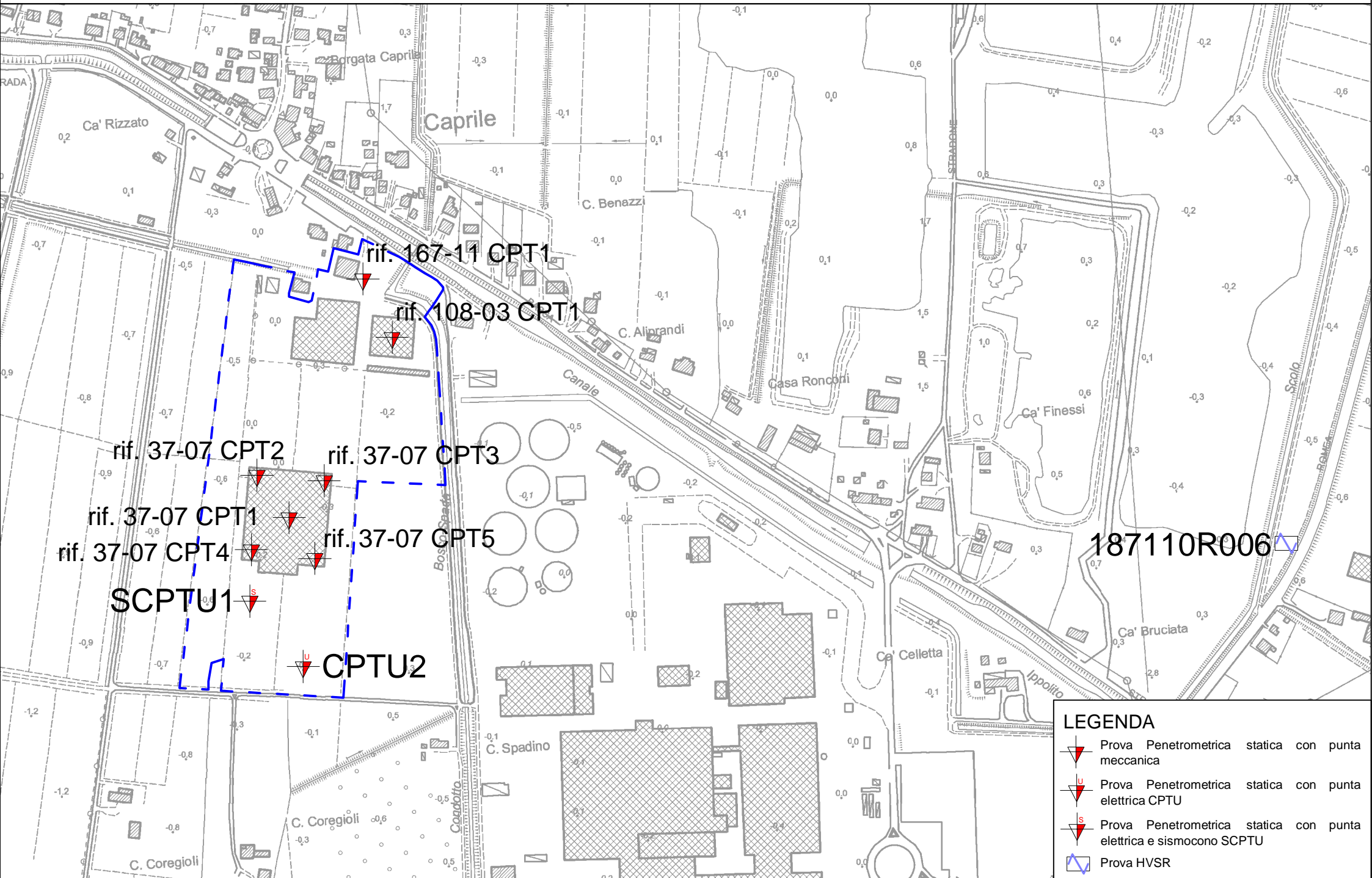
## CARTA DELLE INDAGINI

A tal proposito è stata redatta la *Tavola 1 - Carta delle indagini* allegata a questa relazione.





In questa Carta sono ubicate le indagini sito-specifiche realizzate all'interno dell'ambito e le indagini bibliografiche circostanti l'area; nello specifico 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU con rif. U01-20, spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,00 m dal p.c. la SCPTU1 e a -20,00 m dal p.c. la CPTU2 e un indagine geofisica a stazione singola HVSr eseguita ad est del sito allo studio, realizzata dal servizio geologico della Regione Emilia Romagna.

Nella tavola vengono inoltre riportate n. 7 prove penetrometriche statiche a punta meccanica eseguite dallo scrivente tra l'anno 2003 e l'anno 2011, per la ditta Benazzi, in occasione di altri interventi.





LEGENDA

-  Prova Penetrometrica statica con punta meccanica
-  Prova Penetrometrica statica con punta elettrica CPTU
-  Prova Penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU
-  Prova HVSR

## CARTA GEOLOGICO TECNICA

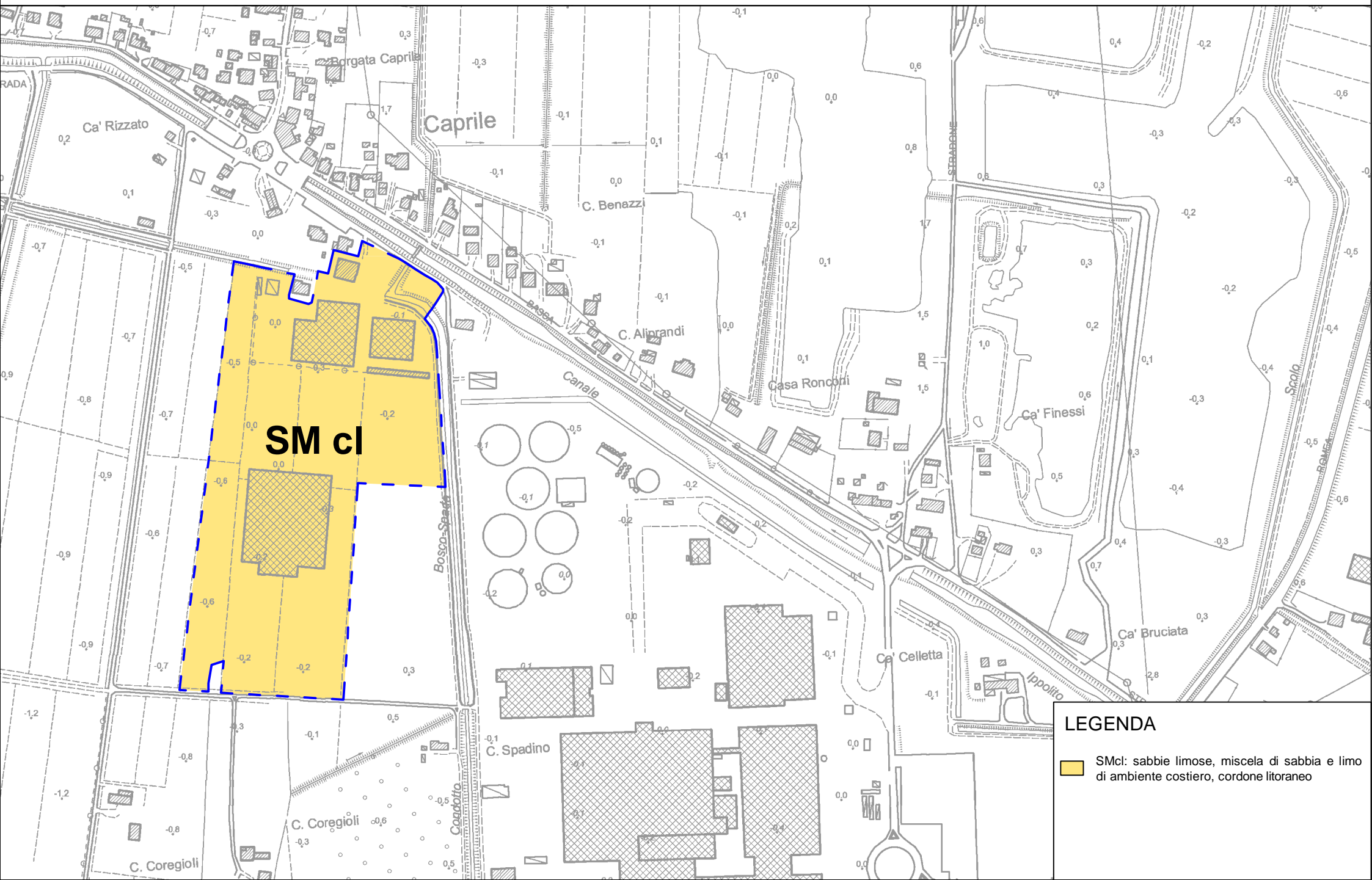
A tal proposito è stata redatta la *Tavola 2 - Carta Geologico Tecnica* allegata a questa relazione.

Questa carta è realizzata sulla base dei rilievi geologici e morfologici disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici locali d'interesse per l'analisi della pericolosità sismica, in particolare quelli che possono modificare il moto sismico in superficie.


Il sito, come descritto nel *paragrafo 2.2* e *2.3* di questa relazione, ricade su un dosso sabbioso costituito da cordoni di dune subparalleli. L'allineamento è quello di Pontemaodino-Italba-Massenzatica.

Il sito allo studio è dunque costituito da sedimenti sabbiosi prevalenti, localmente alternati a limi sabbiosi organizzati in decimetrici corpi nastriformi, di cordoni di dune subparalleli, con direttrice nord-sud.

Come è possibile osservare dalla Carta Geologico-Tecnica, il sito allo studio è caratterizzato da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente costiero, cordone litoraneo (SMcl).



LEGENDA

 SMcl: sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente costiero, cordone litoraneo

## CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

A tal proposito è stata redatta la *Tavola 3 - Carta delle frequenze naturali del terreno  $f_0$*  allegata a questa relazione.

Vengono prese in considerazione due indagine geofisiche a stazione singola HVSR eseguite rispettivamente ad est e ad ovest del sito. La prova ad est, denominata 187110R006 è stata reperita dal sito del servizio geologico della Regione Emilia Romagna, la prova a sud, denominata HVSR10bis, è reperita dall'archivio dello scrivente, commissionata durante la redazione della Microzonazione sismica del Comune di Codigoro.

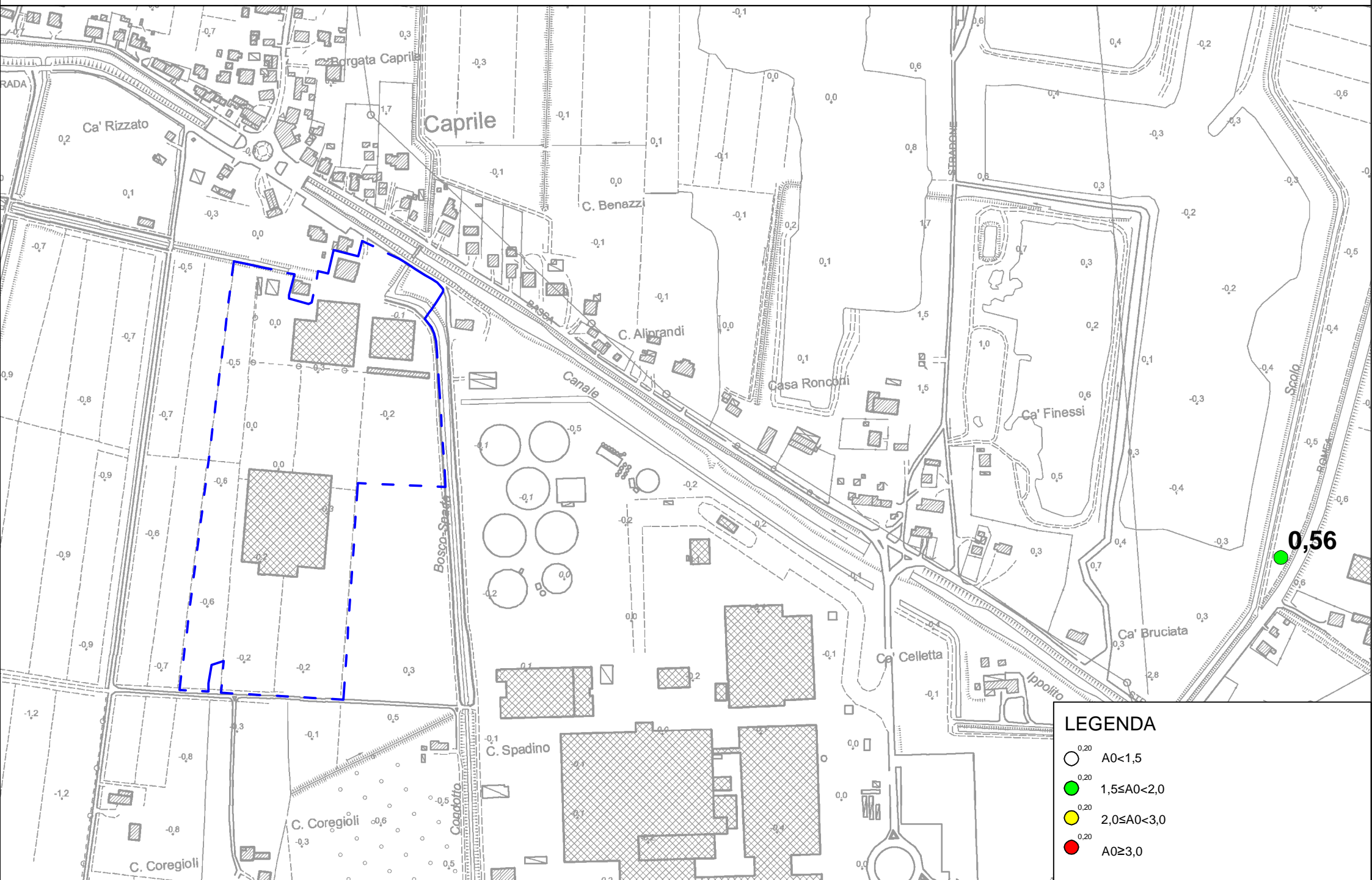
Le prove sono state eseguite sulla stessa formazione geologica del sito allo studio

Come si può notare la prova H/V 187110R006 presenta due picchi di frequenza, uno a 0,56Hz e uno a 1,02 Hz. In questa prova viene scelta come frequenza fondamentale  $f_0$  il valore di 0,56 Hz con ampiezza pari a 1,60 in quanto la prova HVSR10bis, acquisita con tempi di registrazione di 60 minuti è quindi più affidabile, presenta una frequenza fondamentale  $f_0$  pari a 0,548Hz con ampiezza pari a 3,180.



# Tavola 3 - Carta delle frequenze naturali del terreno f<sub>0</sub>

Scala 1:5000



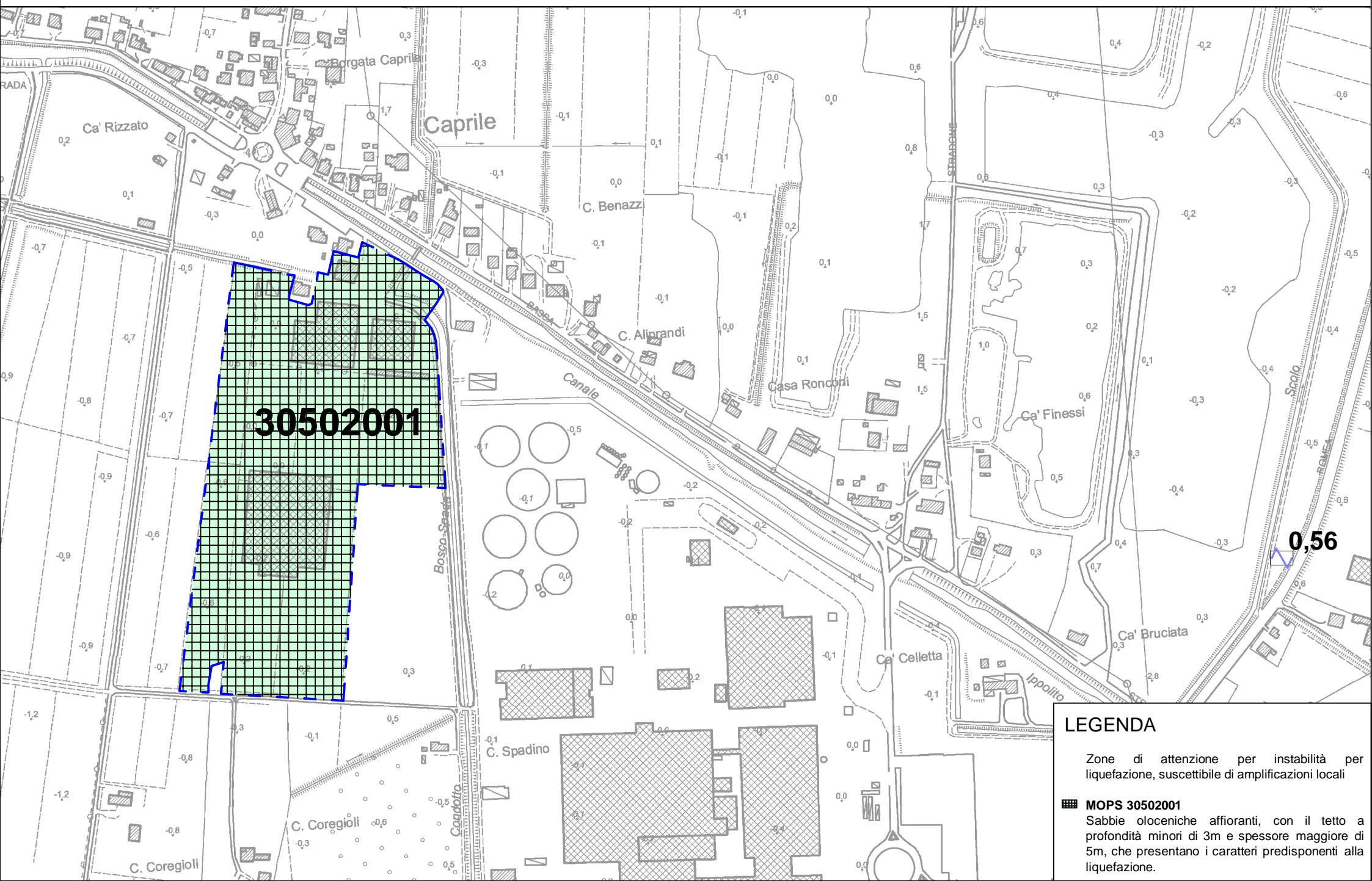
## CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

A tal proposito è stata redatta la *Tavola 4 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS* allegata a questa relazione.

Questa cartografia indica le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica ai diversi livelli di approfondimento. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, liquefazione, ecc...).

L'area allo studio è stata classificata come Zona di attenzione per instabilità per liquefazione, suscettibile di amplificazione sismica locale, nella quale è attesa amplificazione del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico del sito.

MOPS 30502001 Sabbie oloceniche affioranti, con il tetto a profondità minori di 3m e spessore maggiore di 5m, che presentano i caratteri predisponenti alla liquefazione.

**LEGENDA**

Zone di attenzione per instabilità per  
liquefazione, suscettibile di amplificazioni locali

**MOPS 30502001**

Sabbie oloceniche affioranti, con il tetto a  
profondità minori di 3m e spessore maggiore di  
5m, che presentano i caratteri predisponenti alla  
liquefazione.

## C. SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- la verifica delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento e conferma o eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la micro zonazione sismica;
- la suddivisione dettagliata del territorio in base all'amplificazione attesa;
- la conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Per questo livello di approfondimento sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

### 5. Carta delle velocità delle onde di taglio S ( $V_s$ )

Carte di microzonazione sismica di secondo livello:

- 6. Carta dei Fattori di Amplificazione -  $FA_{PGA}$
- 7. Carta dei Fattori di Amplificazione -  $FA_{SA1} 0,1s \leq T \leq 0,5s$
- 8. Carta dei Fattori di Amplificazione -  $FA_{SA2} 0,4s \leq T \leq 0,8s$
- 9. Carta dei Fattori di Amplificazione -  $FA_{SA3} 0,7s \leq T \leq 1,1s$
- 10. Carta dei Fattori di Amplificazione -  $FA_{SA4} 0,5s \leq T \leq 1,5s$
- 11. Carta dei Fattori di Amplificazione -  $FA_{S11} 0,1s \leq T \leq 0,5s$
- 12. Carta dei Fattori di Amplificazione -  $FA_{S12} 0,5s \leq T \leq 1,0s$
- 13. Carta dei Fattori di Amplificazione -  $FA_{S13} 0,5s \leq T \leq 1,5s$
- 14. Carta della distribuzione sul territorio dei valori di  $H_{SM}$

## CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S ( $V_s$ )

A tal proposito è stata redatta la *Tavola 5 - Carta delle velocità delle onde di taglio S* allegata a questa relazione.

Questa carta è stata realizzata sulla base della misura diretta rilevata mediante la realizzazione di una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico SCPTU1 con *rif. U01-20*, spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

Il valore di  $V_{S30}$  risultante dalla lettura dei tempi di arrivo delle onde S alla profondità di 30,00 m da p.c. è di 192 m/s.

E' stato inoltre inserito il valore di  $V_{S30}$  calcolato attraverso una correlazione empirica dalla prova penetrometrica statica CPT1 *rif 167-11* bibliografica, spinta a -30,00 m da p.c..

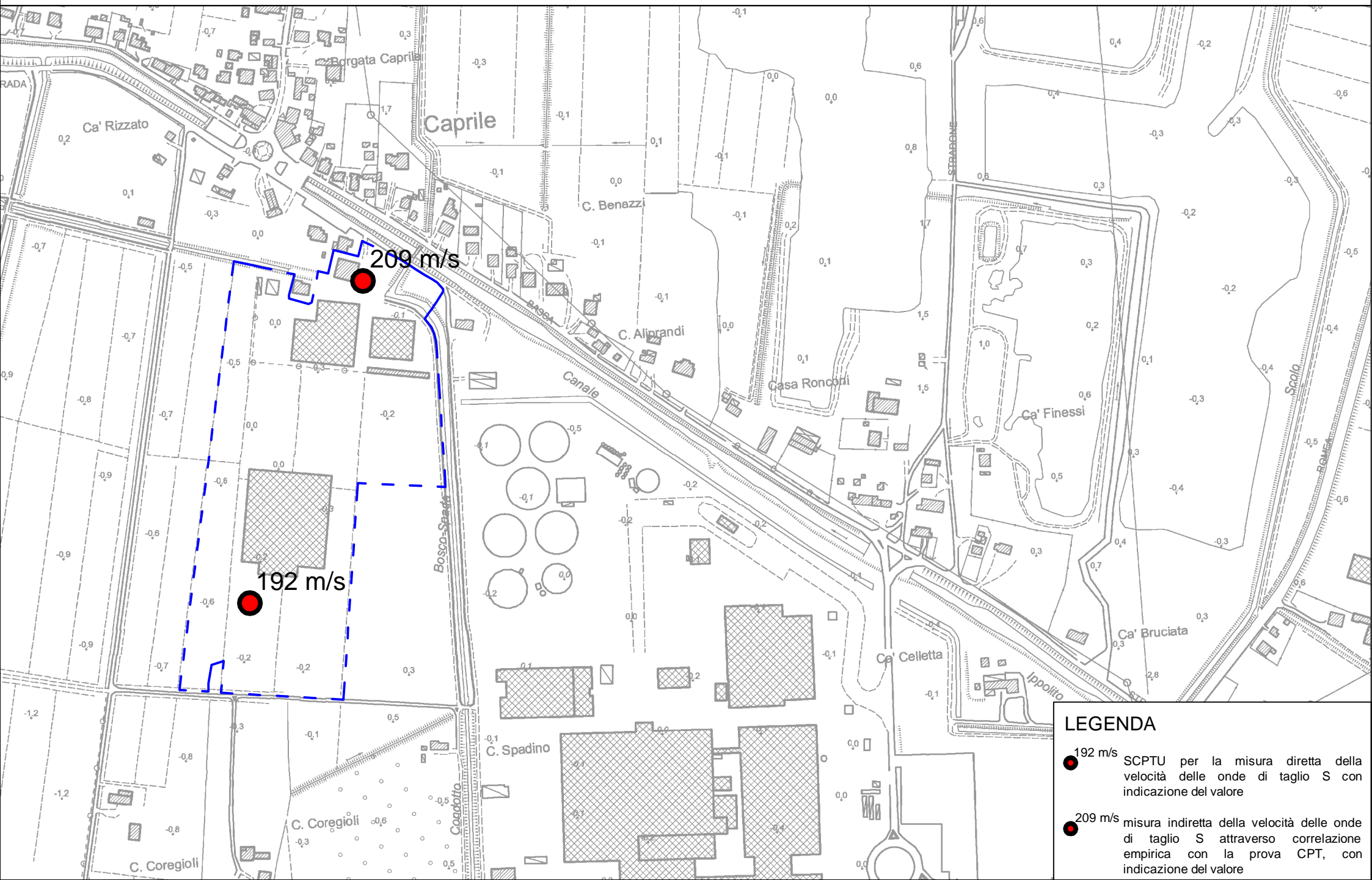
La correlazione utilizzata è stata proposta da Andrus et al. (2001) ed utilizza valori di  $q_c$  e di  $V_{S30}$  normalizzati rispetto allo stato tensionale, in questa formula non viene tenuto conto dell'attrito laterale  $f_s$  e viene introdotto un coefficiente correttivo per l'età del deposito che viene indicato con ASF. Questo coefficiente viene utilizzato per tenere conto delle diverse caratteristiche di deformabilità e tessitura dei terreni risalenti al periodo Pleistocenico rispetto ai più recenti depositi Olocenici.

Il valore di  $V_{S30}$  calcolato con la correlazione empirica alla profondità di 30,00 m da p.c. è di 209 m/s.





# Tavola 5 - Carta della velocità delle onde di taglio S

Scala 1:5000



## LEGENDA

-  192 m/s SCPTU per la misura diretta della velocità delle onde di taglio S con indicazione del valore
-  209 m/s misura indiretta della velocità delle onde di taglio S attraverso correlazione empirica con la prova CPT, con indicazione del valore

## CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

A tal proposito è stata redatta la *Tavola 6 - Carta di microzonazione sismica di secondo livello F.A.<sub>P.G.A.1</sub>*, la *Tavola 7 - Carta di microzonazione sismica di secondo livello F.A.<sub>S.A.1</sub>*, la *Tavola 8 - Carta di microzonazione sismica di secondo livello F.A.<sub>S.A.2</sub>*, la *Tavola 9 - Carta di microzonazione sismica di secondo livello F.A.<sub>S.A.3</sub>*, la *Tavola 10 - Carta di microzonazione sismica di secondo livello F.A.<sub>S.A.4</sub>*, la *Tavola 11 - Carta di microzonazione sismica di secondo livello F.A.<sub>S.I.1</sub>*, la *Tavola 12 - Carta di microzonazione sismica di secondo livello F.A.<sub>S.I.2</sub>*, la *Tavola 13 - Carta di microzonazione sismica di secondo livello F.A.<sub>S.I.3</sub>*, la *Tavola 14 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di  $H_{SM}$* , allegata a questa relazione.

La Giunta Regionale ha approvato l'aggiornamento degli indirizzi regionali per studi di microzonazione sismica (MS) per la pianificazione urbanistica, secondo il *Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 630/2019*.

Nella Figura sottostante viene mostrata la griglia delle accelerazioni al bedrock con i nodi più prossimi al sito allo studio. Per il sito allo studio è stata presa una accelerazione di riferimento interpolando i dati dei punti della griglia del D.G.R. 630/19. Il Valore di accelerazione al bedrock calcolato è quindi pari a 0,071g.

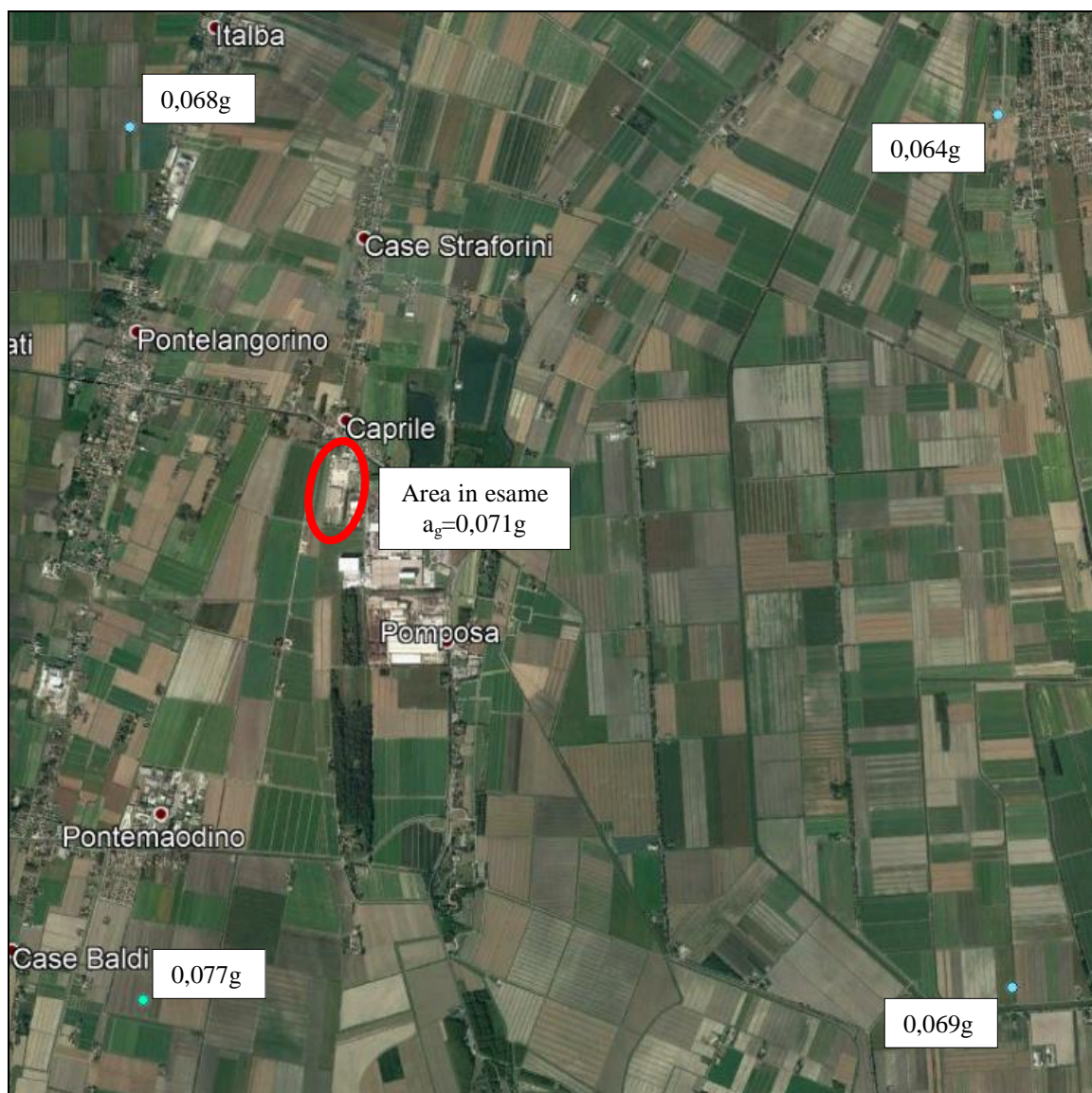


FIGURA - Griglia delle accelerazioni al bedrock (DGR 630/2019)



Il sito allo studio è collocato in PIANURA 3, come si evince anche dalla cartografia rappresentata in una pubblicazione del Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna, raffigurata nella Figura successiva.

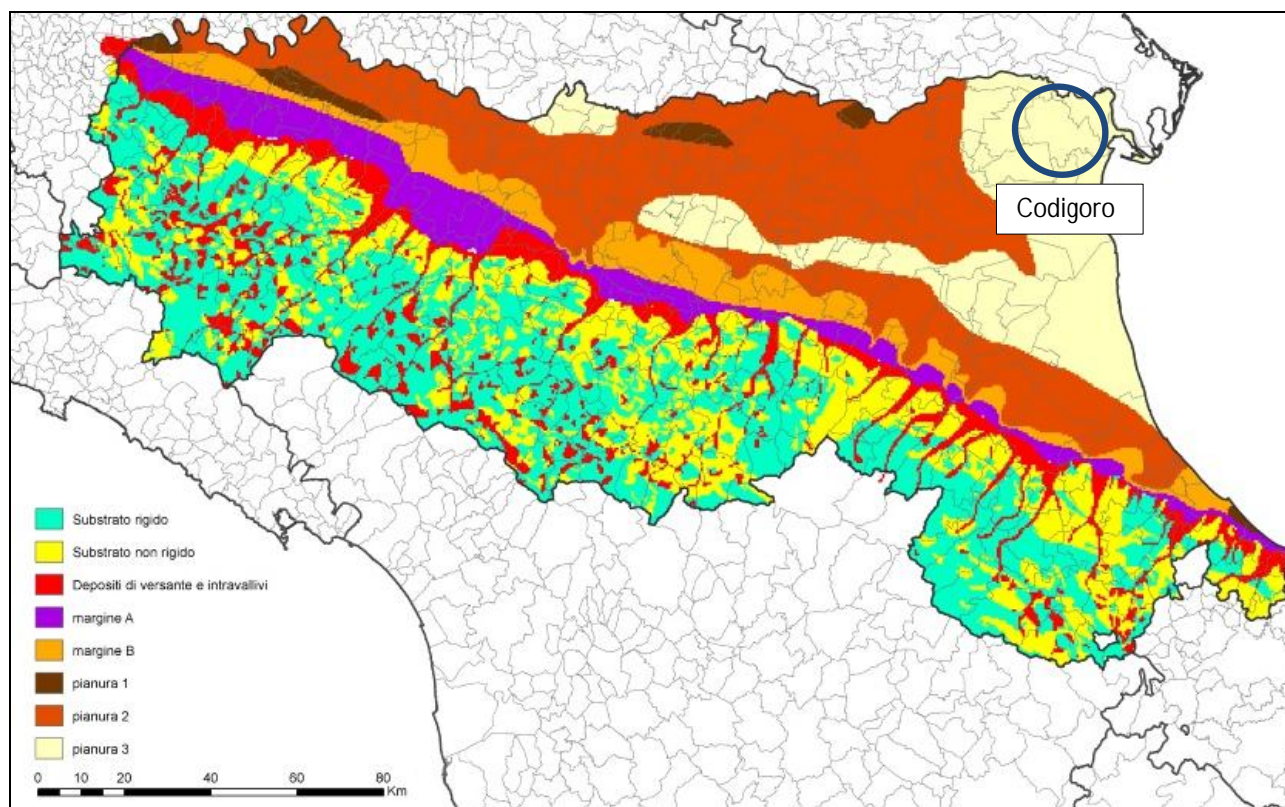


FIGURA – Mappa delle Macrozone degli Ambienti-Geologicomorfologici R.E.R.

Secondo il *Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 630/2019*, i fattori di Amplificazione sismica di PIANURA 3 sono i seguenti, avendo una  $V_{s30}$  del sito allo studio di 192 m/s:

**PIANURA 3:** settore di pianura caratterizzato da elevati spessori di sedimenti prevalentemente fini e poco consolidati, alternanze di limi, argille e sabbie di ambiente alluvionale e transizionale, con substrato rigido a profondità non inferiore a 300 m da p.c.;

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,3	1,3	1,3			

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,3	1,3	1,3			
SA2	2,1	2,1	2,0			
SA3	2,5	2,5	2,4			
SA4	2,4	2,4	2,3			

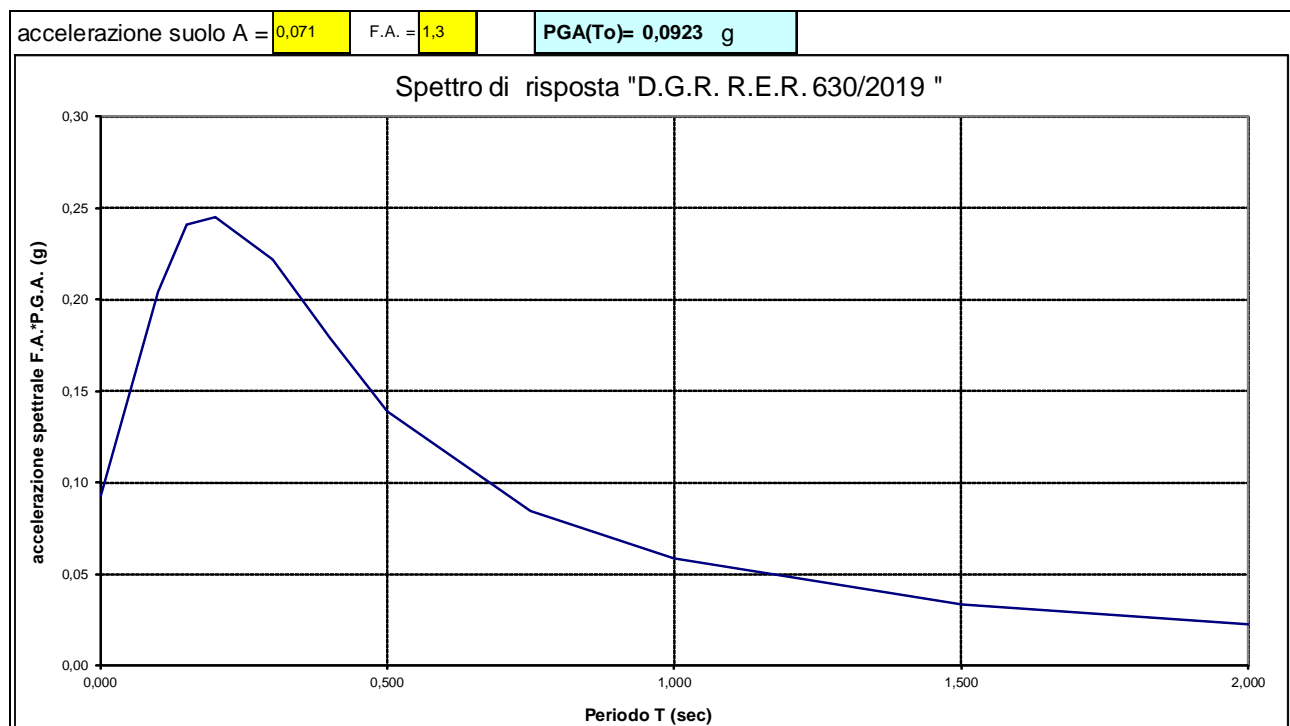
Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ), **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,5	1,5	1,5			
SI2	2,3	2,3	2,2			
SI3	2,6	2,6	2,4			

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

Il fattore di amplificazione F.A. derivato dal rapporto tra la P.G.A. in superficie e quella al bedrock per valori di  $V_{S30}$  di 192 m/s è pari a 1,30.

Lo spettro che si può ricavare da quello normalizzato fornito dal D.G.R. 630/2019 è il seguente:



È stata prodotta anche la carta della distribuzione sul territorio dei valori di  $H_{SM}$ , che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in  $\text{cm/s}^2$ ), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity ( $ASI_{UHS}$ ), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ , diviso per  $\Delta T$  (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

Per l'area allo studio è stato scelto il valore di  $ASI_{UHS} / \Delta T$ , interpolando i dati dei punti della griglia del D.G.R. 630/19, più prossimi al sito, rappresentato nella Figura seguente. Il valore di  $ASI_{UHS} / \Delta T$  del sito allo studio è pari a 177.

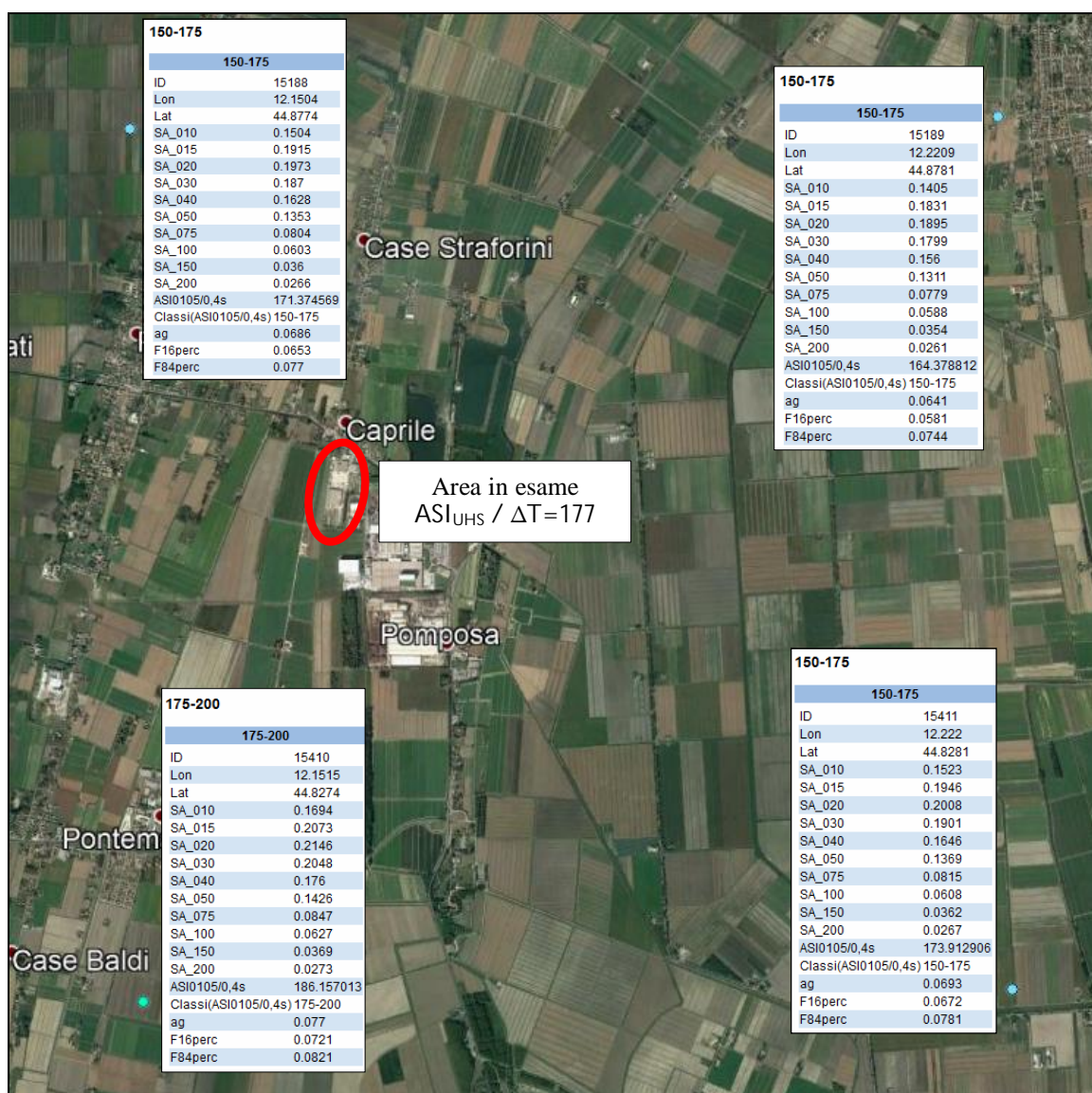


FIGURA – Nodi della griglia INGV più prossimi al sito

Dunque, il valore di  $H_{MS}$  del sito allo studio è pari a:

$$H_{MS} = 177 \times 1,3 = 230 \text{ cm/sec}^2$$

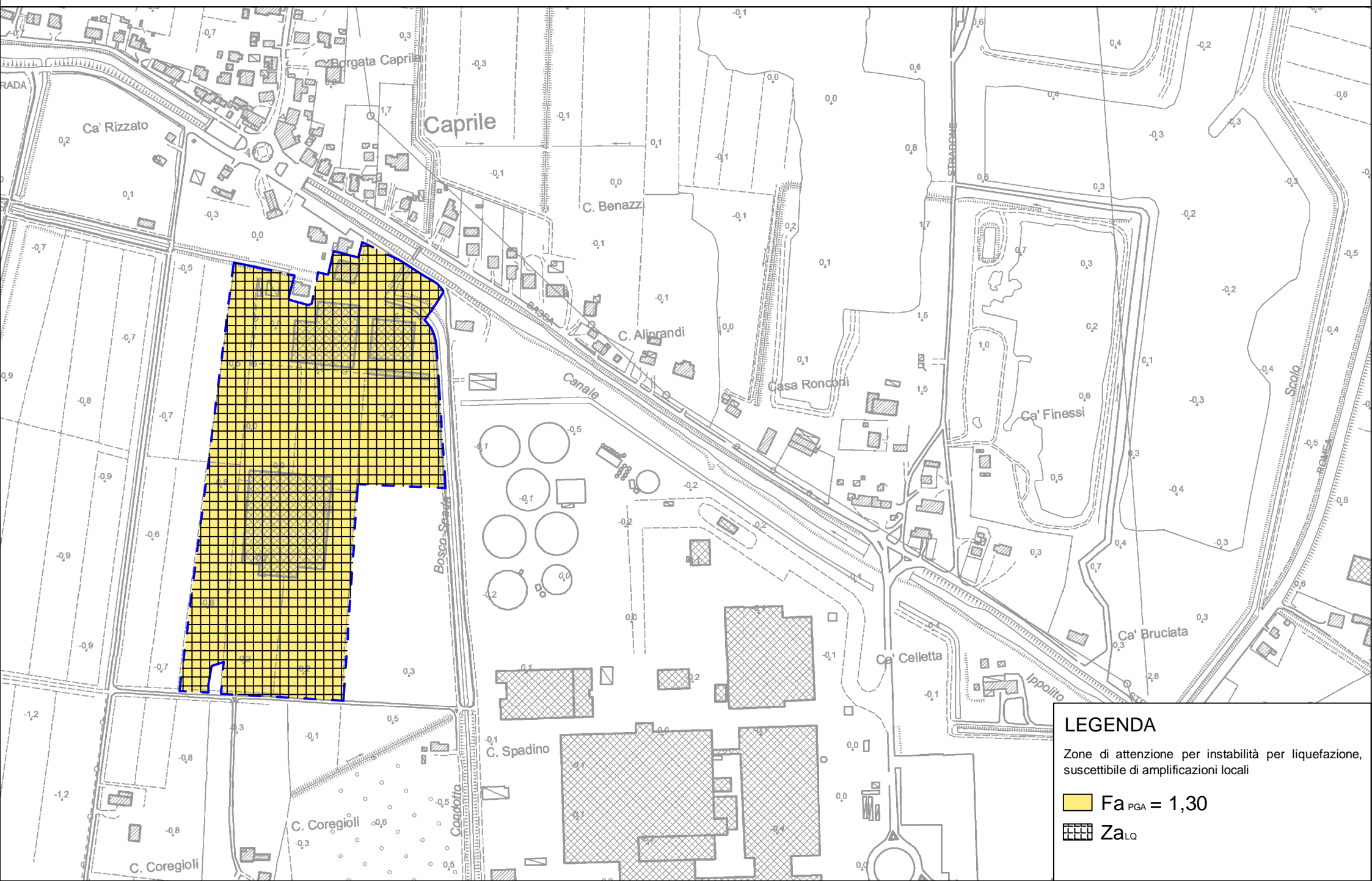


Il rischio sismico per strutture che hanno periodi compresi tra 0,1sec e 0,5sec è dunque “moderato-basso”, secondo la classificazione della pericolosità sismica di Tabella 1. Per convenzione nella microzonazione sismica si studiano edifici con periodo compreso tra 0,1sec e 0,5sec.

Table 1 - Possible thresholds for  $H_{SM}$  and others physical parameters.

seismic hazard	low-very low	moderate-low	moderate	high	very high
$H_{SM}$ (cm/s <sup>2</sup> )	$\leq 180$	$180 < H_{SM} \leq 340$	$340 < H_{SM} \leq 650$	$650 < H_{SM} \leq 1240$	$> 1240$
potential damage	none - very light	very light - moderate	moderate - heavy	heavy	very heavy
instrumental intensity	$\leq VI$	VII	VIII	IX	$\geq X$

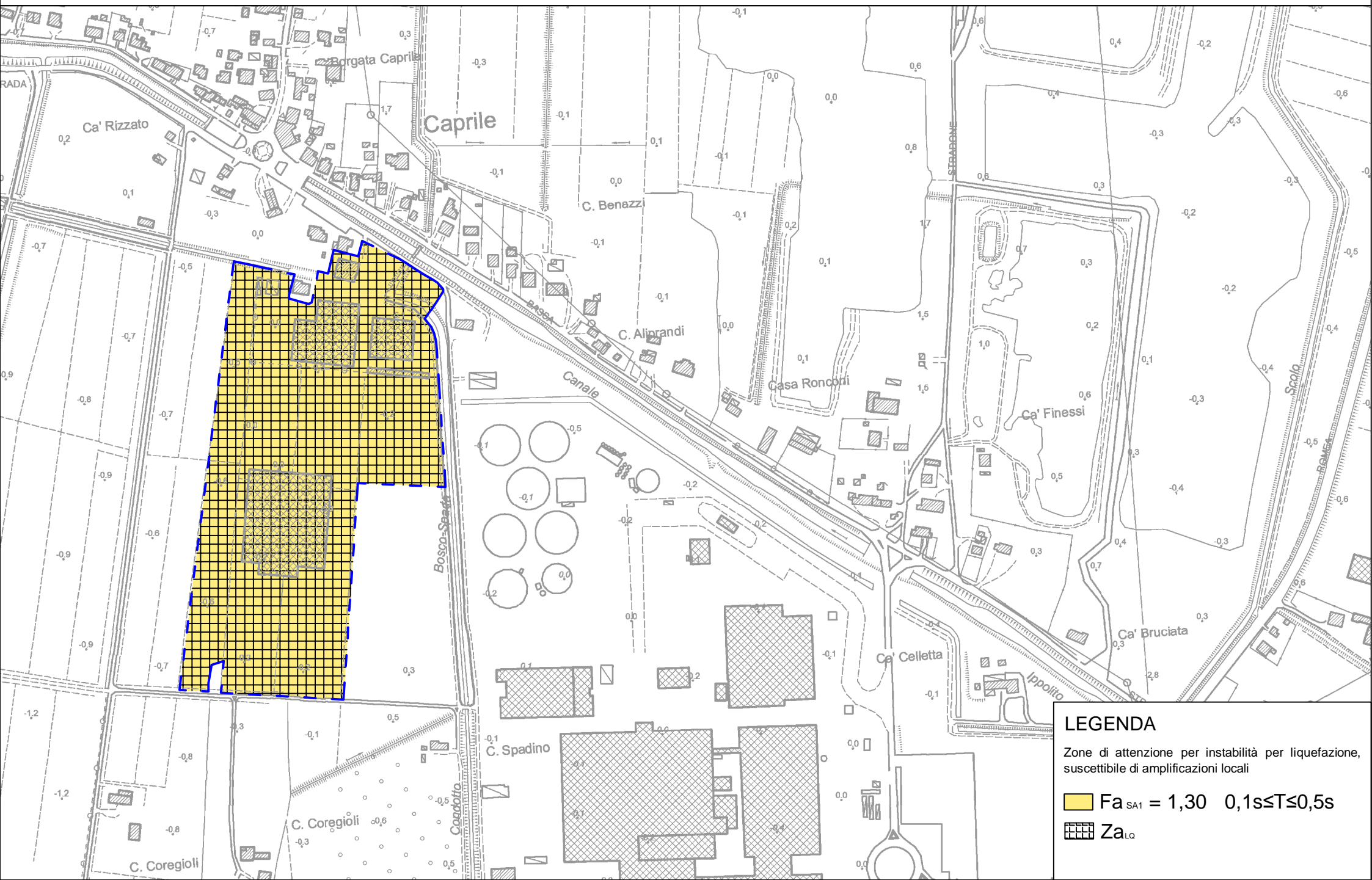
Nel caso allo studio gli edifici e le strutture di progetto potrebbero avere periodi diversi, probabilmente più alti, ma spetterà al progettista calcolarli.

**LEGENDA**

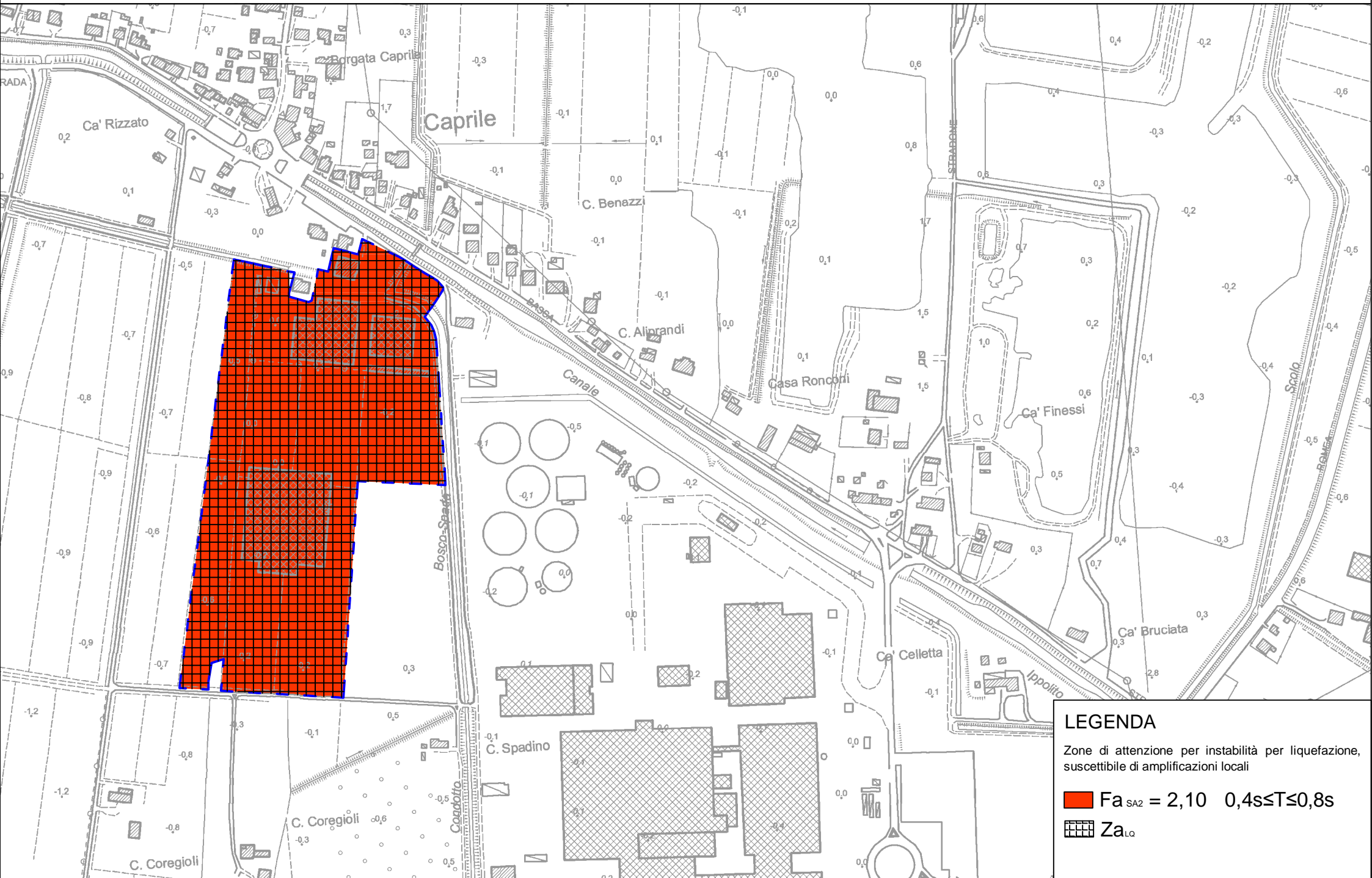
Zone di attenzione per instabilità per liquefazione, suscettibile di amplificazioni locali

 Fa<sub>PGA</sub> = 1,30

 Z<sub>aLQ</sub>






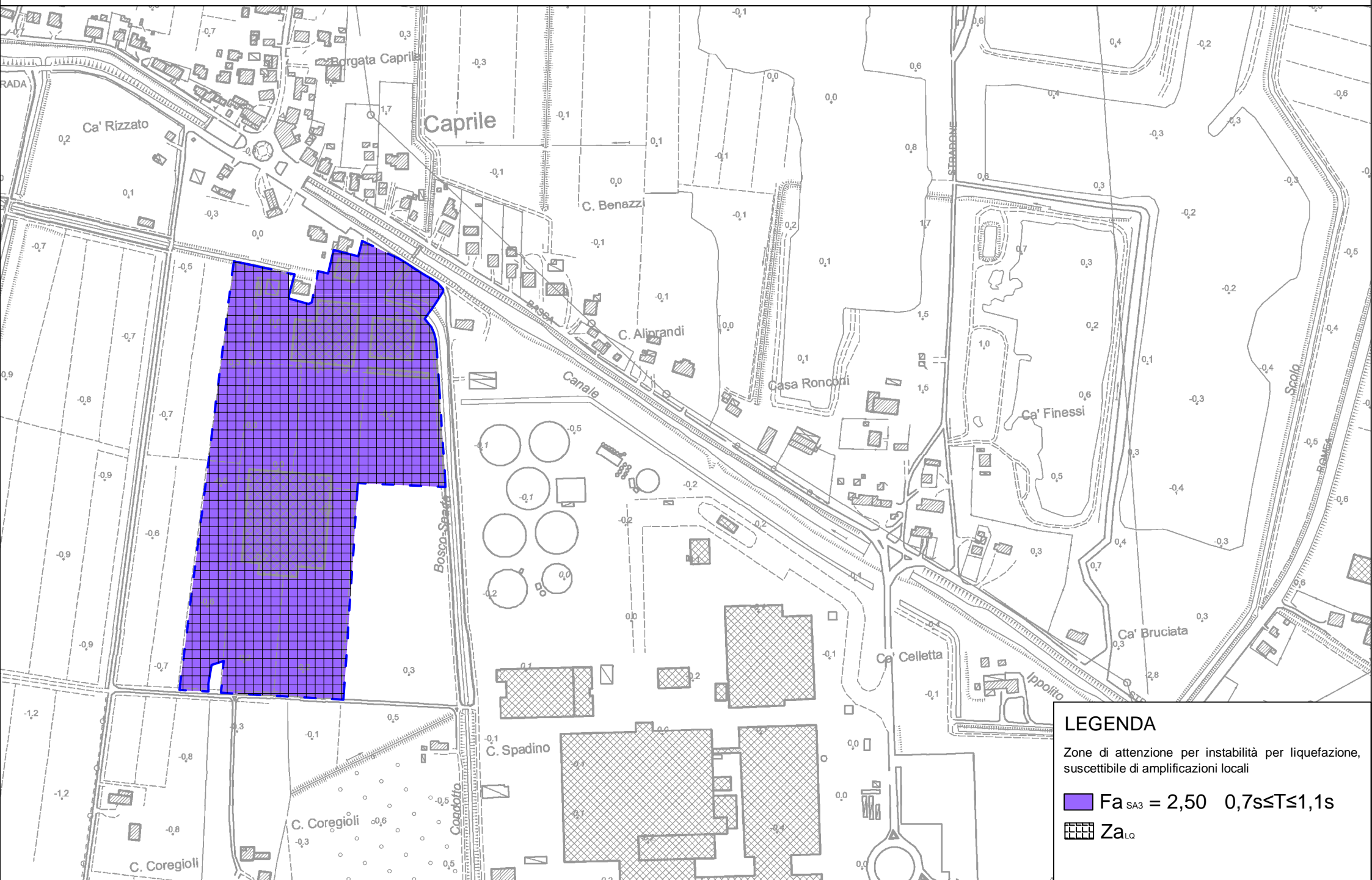


LEGENDA

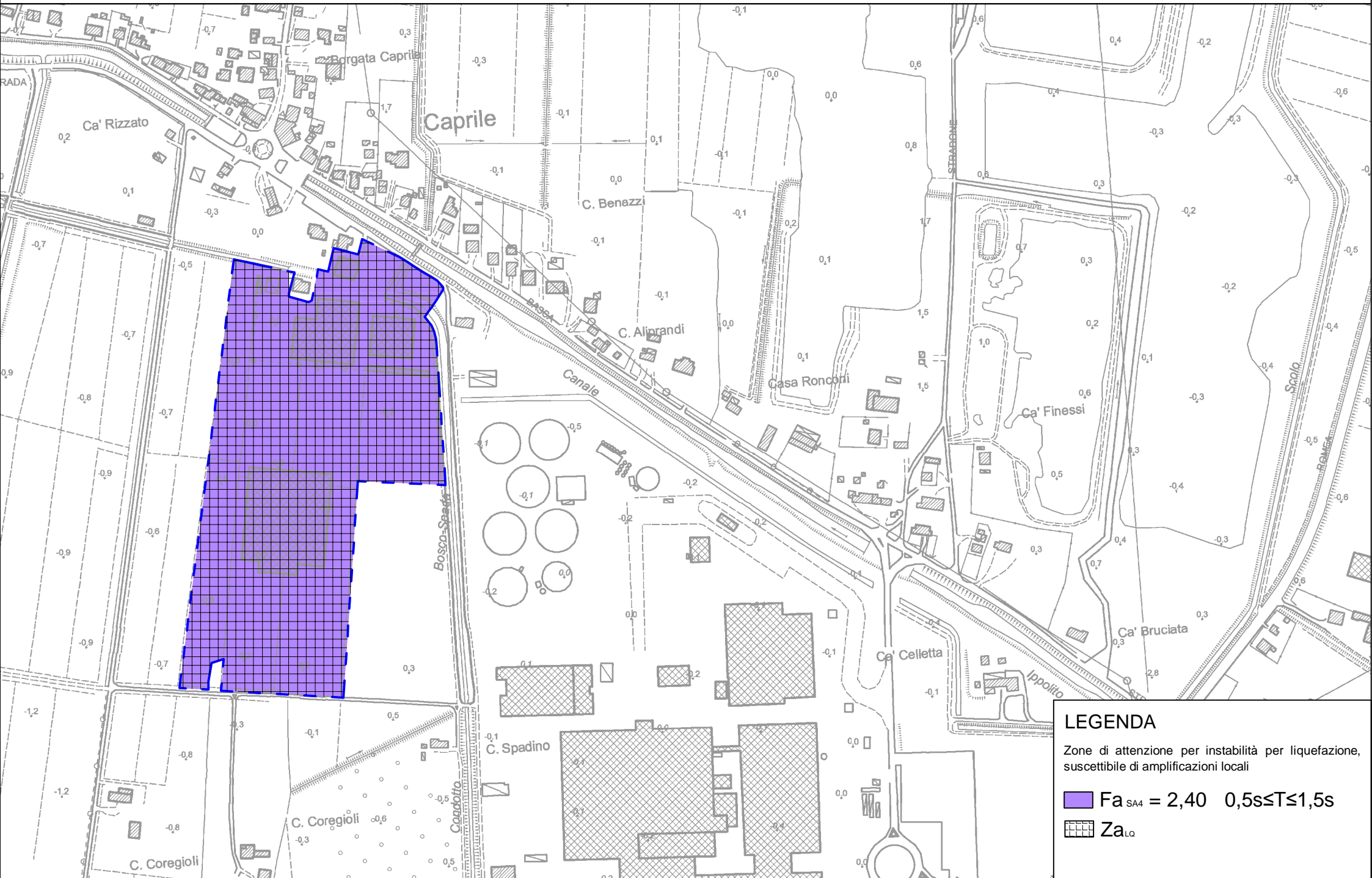
Zone di attenzione per instabilità per liquefazione, suscettibile di amplificazioni locali

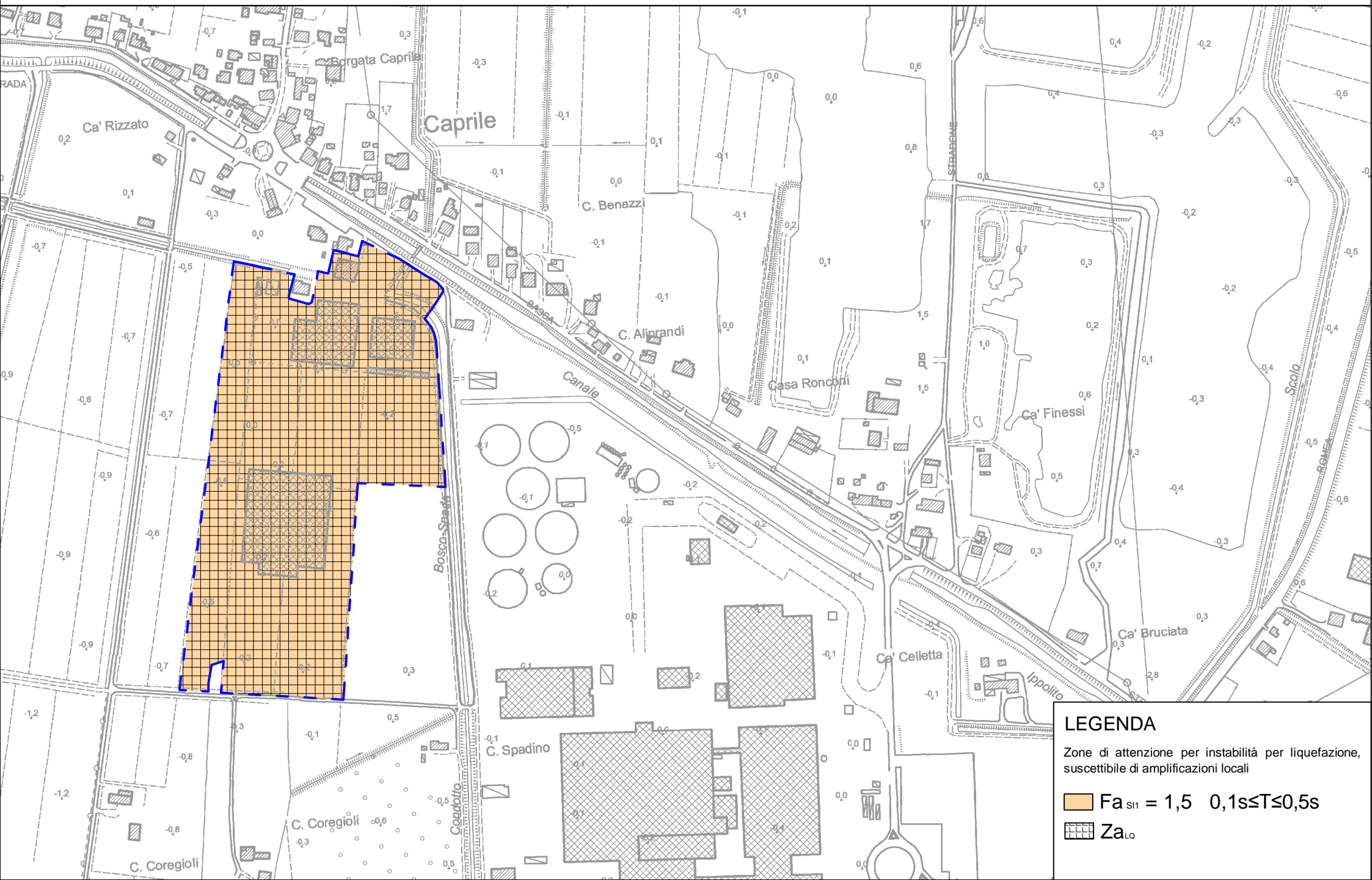
 Fa<sub>SA2</sub> = 2,10 0,4s ≤ T ≤ 0,8s

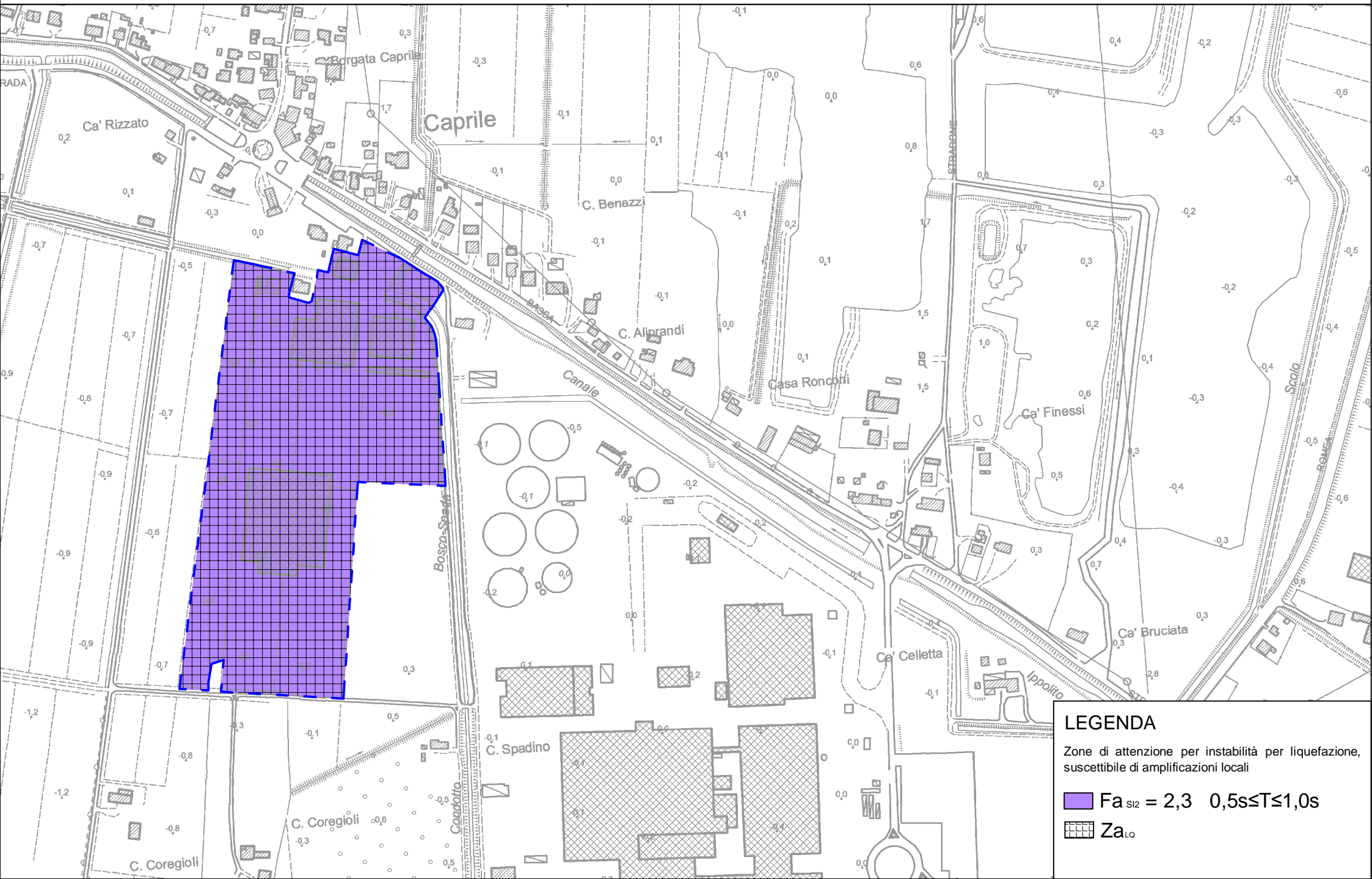
 Za<sub>Lo</sub>



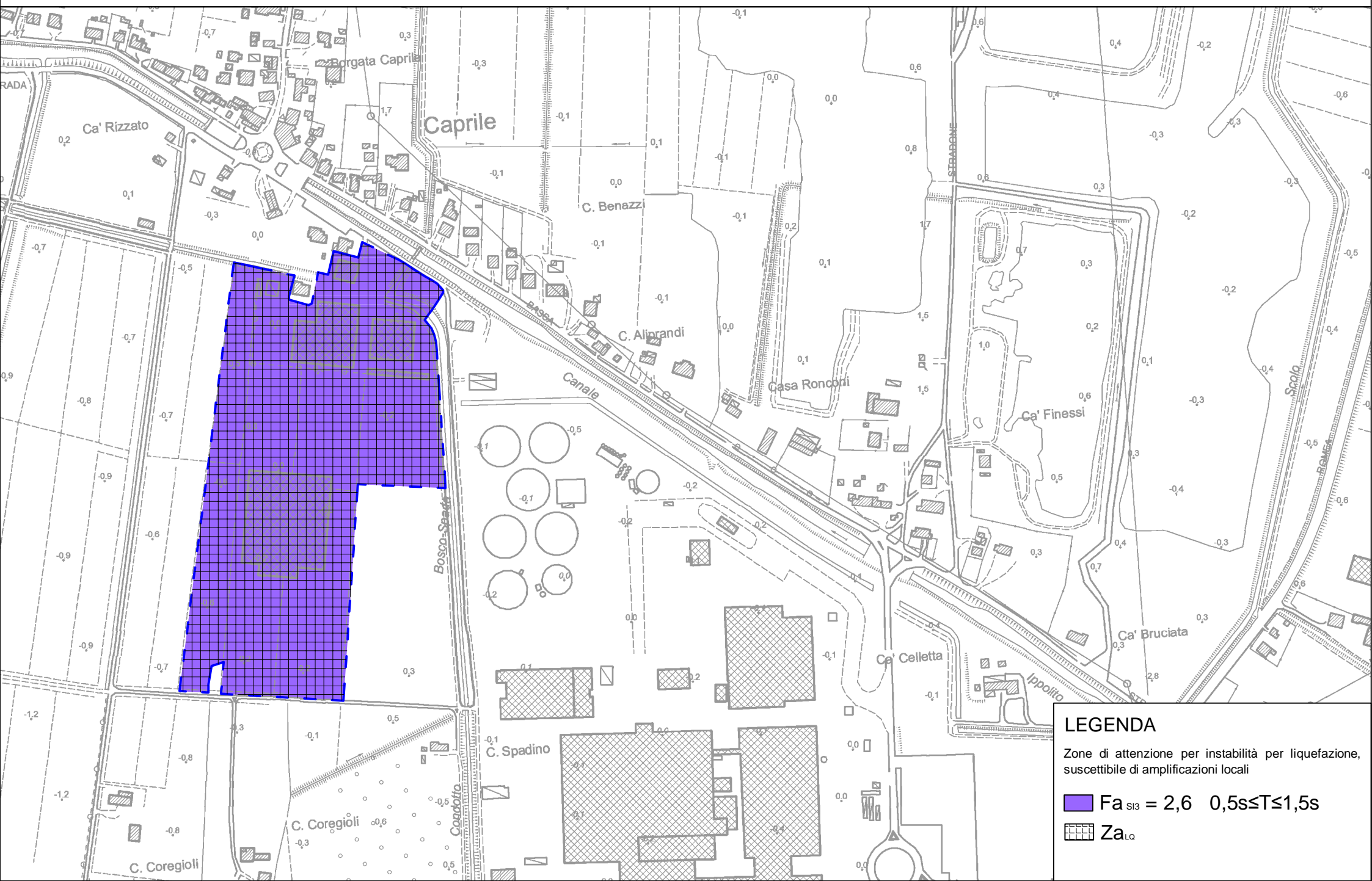


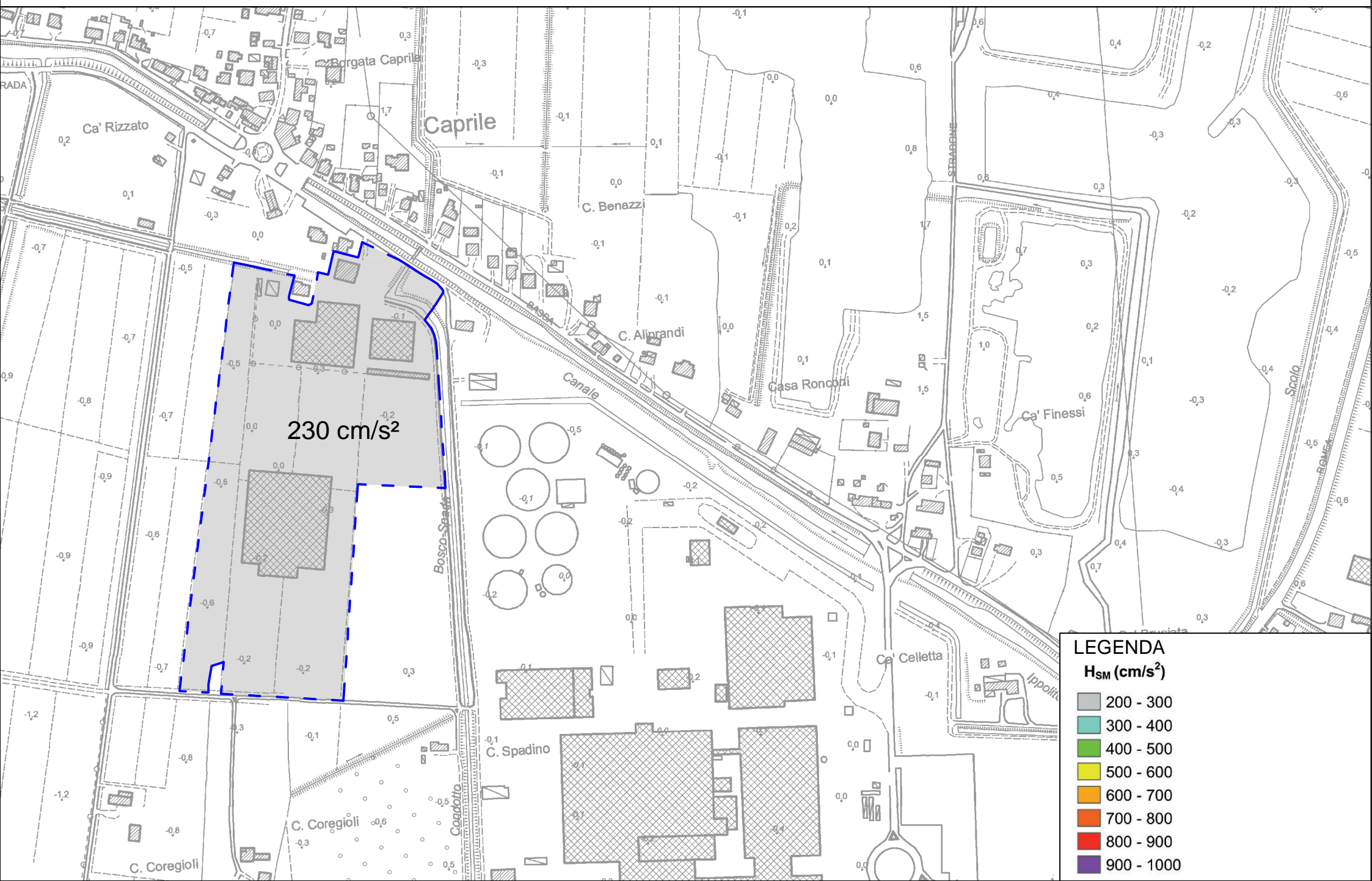














#### D. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

In questa fase è richiesta un'analisi più approfondita per la stima di indici di rischio negli ambiti di pericolosità sismica locale definiti dalla cartografia di area vasta di prima fase che presentano zone suscettibili di instabilità.

Questo livello di analisi è quindi finalizzato a valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale delle aree instabili e potenzialmente instabili e di quelle soggette a liquefazione e densificazione (individuate attraverso il primo livello di analisi nella cartografia delle aree suscettibili di effetti locali) ai fini della predisposizione delle previsioni del PUG o quantomeno nel momento in cui si intenda approvare la localizzazione e la realizzazione di significative trasformazioni sulle stesse.

Per questo livello di approfondimento sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

##### 15. Carta dell'indice di liquefazione $I_{PL}$

#### CARTA DELL'INDICE DI LIQUEFAZIONE $I_{PL}$

A tal proposito è stata redatta la *Tavola 15 – Carta dell'indice di Liquefazione  $I_{PL}$*  allegata a questa relazione.

Questa carta dell'indice del potenziale di liquefazione è stata realizzata analizzando le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU realizzate in sito e presenta un punto colorato per ogni verticale indagata, in funzione del valore del potenziale di liquefazione calcolato; inoltre per ogni indagine realizzata viene riportato il valore puntuale di  $I_{PL}$  calcolato con il metodo NCEER 1998.

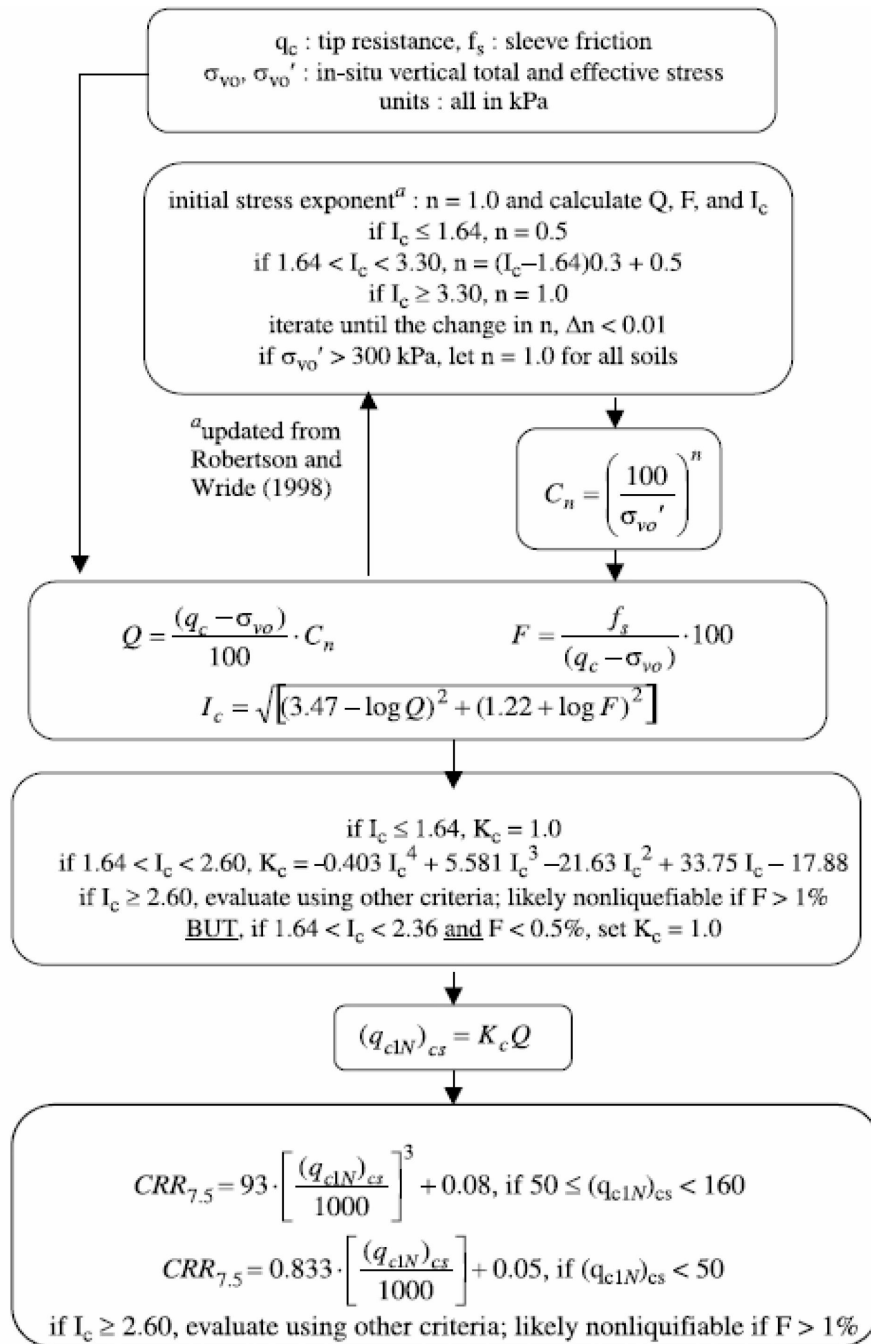
L'indice del potenziale di liquefazione è un valore adimensionale che parte da 0 ed esprime il grado di pericolosità dovuto a liquefazione delle sabbie in caso di sisma. Sulla base dei valori di questo indice si esprime una diversa classificazione del potenziale di liquefazione indicata con diversi colori in carta, come riportato da D.G.R. 630 del 2019 della Regione Emilia Romagna.

Indice del Potenziale di Liquefazione $I_L$	Classificazione D.G.R. 630 del 2019	Colori nella carta
0,00	<i>Rischio di liquefazione nullo</i>	
$0,00 \leq 2,00$	<i>Rischio di liquefazione basso</i>	
$2,00 \leq 5,00$	<i>Rischio di liquefazione moderato</i>	
$5,00 \leq 15,00$	<i>Rischio di liquefazione alto</i>	
$\geq 15,00$	<i>Rischio di liquefazione molto alto</i>	

*Tabella – Classificazione dell'indice del potenziale di liquefazione*

Successivamente verrà spiegato come è stato calcolato questo valore e i dati di input utilizzati.

La procedura utilizzata per la valutazione della resistenza alla liquefazione è quella secondo il metodo NCEER, la procedura di calcolo è la seguente:



Per il calcolo dell'indice di liquefazione, è stata considerata una accelerazione di progetto P.G.A. secondo la griglia di punti del D.G.R. 630 del 2019 della Regione Emilia Romagna, pari a 0,09g.

Il Fattore di Amplificazione sismico è pari a 1,3, secondo gli abachi di PIANURA3 del D.G.R. 630 del 2019 della Regione Emilia Romagna.

La Magnitudo di progetto è stata considerata pari a  $M_w=5,30$ , secondo autorevoli studi di Facciorusso e Vannucchi, 2009, Rivista italiana di geotecnica, Anno XLII, n°2.

Il fattore di sicurezza richiesto dalla normativa regionale è in questo caso  $F_L=1,2$ .

I valori stimati dell'indice del potenziale di liquefazione per le 2 verticali è dunque:

Prova	Potenziale Liquefazione $I_{PL}$
SCPTU1	0,00
CPTU2	0,00

Tabella – Indice potenziale liquefazione calcolato DGR 630/2019 –  $F_L=1,2$ .

Sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU con rif. U01-20. Del calcolo completo dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale.

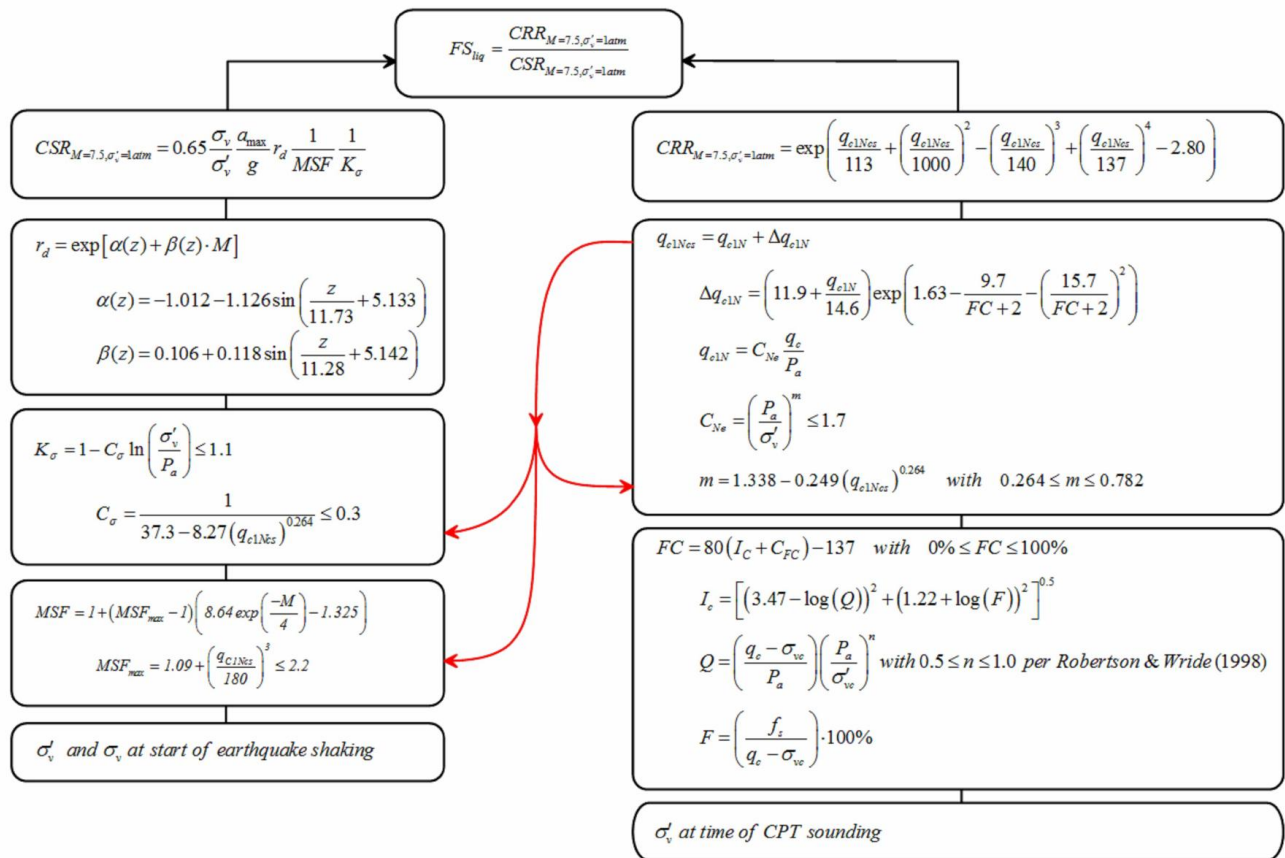
Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di 5,30 e accelerazione P.G.A. di 0,09g, fattore di sicurezza per la liquefazione  $F_L=1,2$ , non si hanno cedimenti post-sismici nei terreni granulari.

Prova	Cedimenti post-sismici (cm)
SCPTU1	0,00
CPTU2	0,00

Tabella – Cedimenti post-sismici

Si ripropone ora il calcolo con il metodo Boulanger & Idriss 2014, come si può notare si perviene ai medesimi risultati.

La procedura utilizzata per la valutazione della resistenza alla liquefazione secondo il metodo Boulanger & Idriss 2014 è la seguente:



Per il calcolo dell'indice di liquefazione si usano i medesimi parametri utilizzati prima: una accelerazione di progetto P.G.A. secondo la griglia di punti del D.G.R. 630 del 2019 pari a 0,09g, il Fattore di Amplificazione sismico è pari a 1,3, la Magnitudo di progetto è stata considerata pari a Mw=5,30, il fattore di sicurezza pari a  $F_L=1,2$ .

I valori stimati dell'indice del potenziale di liquefazione per le 2 verticali sono dunque:

Prova	Potenziale Liquefazione $I_{PL}$
SCPTU1	0,00
CPTU2	0,00

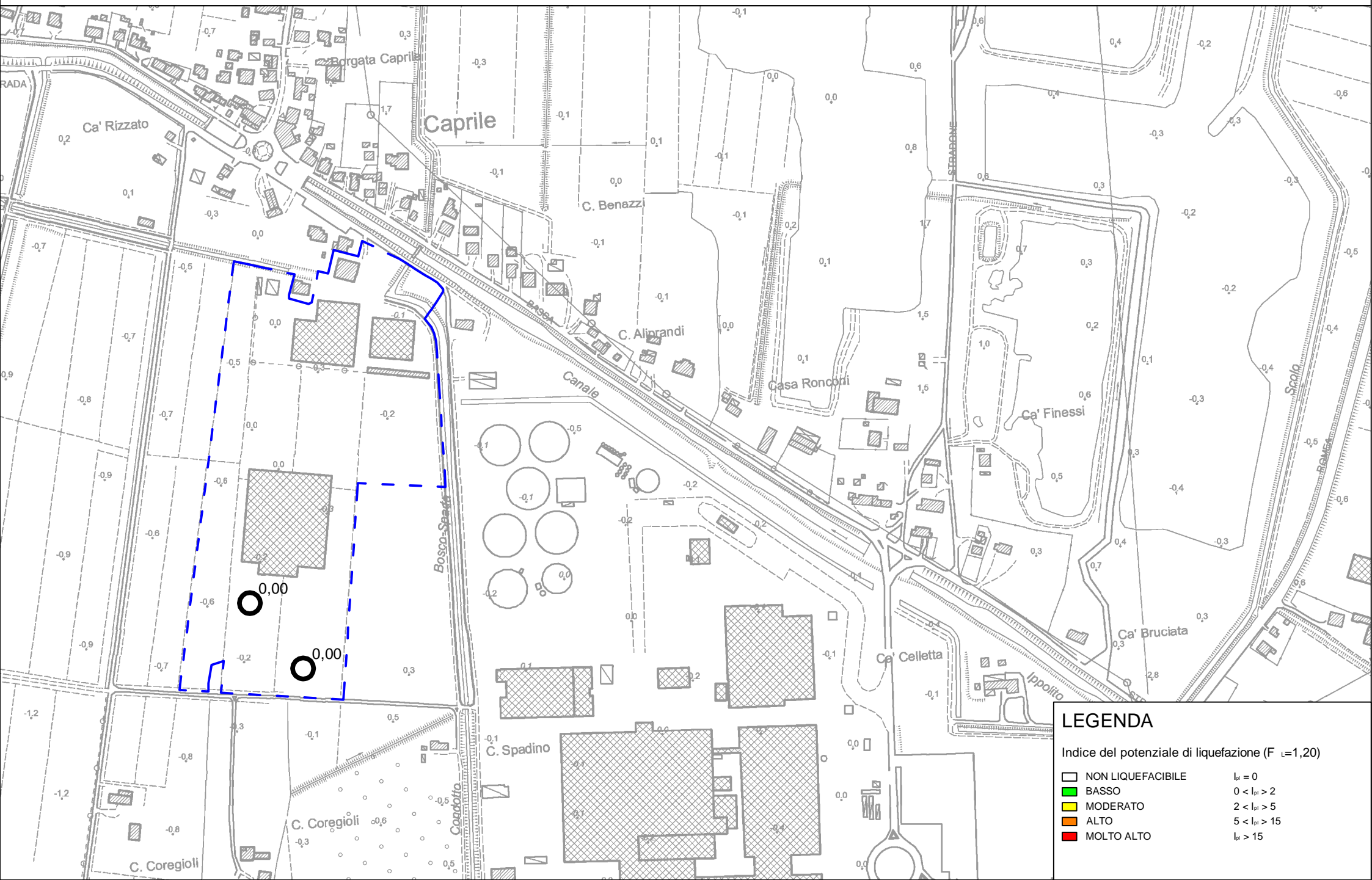
Tabella – Indice potenziale liquefazione calcolato secondo Boulanger & Idriss 2014

Sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con le 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU con rif. U01-20. Del calcolo completo dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale.

Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di 5,30 e accelerazione P.G.A. di 0,09g, fattore di sicurezza per la liquefazione  $F_L=1,2$ , non si hanno cedimenti post-sismici nei terreni granulari.

Prova	Cedimenti post-sismici (cm)
SCPTU1	0,00
CPTU2	0,00

Tabella – Cedimenti post-sismici calcolati secondo Boulanger & Idriss 2014



LEGENDA

Indice del potenziale di liquefazione ( $F_{L=1,20}$ )

NON LIQUEFACIBILE	$I_{pl} = 0$
BASSO	$0 < I_{pl} < 2$
MODERATO	$2 < I_{pl} < 5$
ALTO	$5 < I_{pl} < 15$
MOLTO ALTO	$I_{pl} > 15$



## E. SINTESI DEI RISULTATI SUL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

- A) L'analisi sul rischio di liquefazione condotta ai sensi delle NTC 2018, unico riferimento normativo per la progettazione esecutiva delle opere, porta a verificare la stabilità delle sabbie sature presenti con azioni sismiche in superficie pari a  $PGA=0,10g$  (ovvero  $a_g \times F.A. = 0,070g \times 1,5 = 0,10g$ ). La procedura utilizzata per la valutazione della resistenza alla liquefazione è quella secondo il metodo NCEER. Con queste condizioni di sforzo ciclico di taglio indotto dal sisma di progetto non emergono problematiche inerenti la liquefazione delle sabbie e l'area va considerata stabile (Rischio di liquefazione nullo).
- B) Per la variante urbanistica in corso per poter realizzare l'opera di progetto, occorre fare le valutazioni previste dalla D.G.R. 630/2019, ove le azioni sismiche a cui si perviene, sono di poco inferiori a quelle calcolate con le N.T.C. 2018. La PGA in superficie, utilizzando gli abachi, risulta essere pari a  $PGA=0,093g$  (ovvero  $a_g \times F.A. \text{ PIANURA3} = 0,071g \times 1,3 = 0,09g$ ). Per il calcolo del IPL si utilizza un fattore di sicurezza alla liquefazione pari a  $F_L=1,2$ . La procedura utilizzata per la valutazione della resistenza alla liquefazione è quella secondo il metodo NCEER. I calcoli sono stati successivamente condotti anche con il metodo Boulanger & Idriss 2014. Anche con questi dati di input si perviene al medesimo risultato ovvero che nel sito allo studio non emergono problematiche inerenti la liquefazione delle sabbie e l'area va considerata stabile (Rischio di liquefazione nullo).

Nel III livello di approfondimento le analisi sono pervenute alla conclusione che pur essendoci i caratteri predisponenti (I livello di approfondimento), già le cause scatenanti per eventi con tempo di ritorno di 475 anni erano poco significative per indurre liquefazione (II livello di approfondimento), ma le analisi geotecniche hanno dimostrato definitivamente che le resistenze dei terreni (CRR) alle sollecitazioni di taglio indotte dal sisma di progetto (CSR) sono più che sufficienti per non dare origine a liquefazione, e quindi per non andare incontro a instabilità per liquefazione (III livello di approfondimento), quindi il retino dell'instabilità 3050 per liquefazione presente nelle tavole di I e II livello non è più necessario, il III livello dimostra che l'area è stabile.

L'area quindi può essere considerata stabile, dal punto di vista del rischio di liquefazione.

Con le indagini geognostiche non si indagano tutti i punti sotto il sedime del fabbricato di progetto. Quindi, in fase di esecuzione degli scavi per la realizzazione delle fondazioni, è bene che la direzione lavori verifichi la coerenza tra ciò che emerge nelle trincee di scavo con quanto rilevato e previsto nella relazione geologica.

Codigoro, lì 14/01/2020

Dott. Geologo Thomas Veronese



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U01-20		CPTU1		
COMMITTENTE: F.Ili Benazzi s.r.l.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00									
CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,00									
DATA: 13/01/2020										PREFORO (m da p.c.): 0,00									
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
0,02	2,05	7,99	8,79	0,48	1,82	6,33	37,39	0,65	0,68	3,62	8,72	51,98	33,53	0,86	5,42	8,13	49,75	61,21	1,29
0,04	2,93	15,66	5,54	0,45	1,84	6,28	38,38	0,16	0,68	3,64	8,41	55,75	31,91	0,87	5,44	8,23	49,08	61,21	1,29
0,06	3,80	18,33	2,29	0,45	1,86	6,22	39,93	1,79	0,68	3,66	8,22	58,75	32,72	0,87	5,46	8,29	48,30	62,03	1,31
0,08	4,32	19,55	1,97	0,45	1,88	5,72	40,62	27,83	0,58	3,68	8,27	59,63	36,79	0,87	5,48	8,51	48,96	65,28	1,31
0,10	4,97	20,77	1,47	0,44	1,90	5,99	35,18	13,19	0,58	3,70	8,48	59,63	41,67	0,87	5,50	8,81	49,40	66,09	1,31
0,12	5,64	22,77	0,65	0,44	1,92	5,86	36,06	10,74	0,58	3,72	8,56	58,85	43,30	0,87	5,52	9,02	49,51	68,53	1,32
0,14	6,26	25,10	0,97	0,49	1,94	5,75	37,06	10,74	0,58	3,74	8,50	57,85	44,11	0,87	5,54	9,14	50,96	66,91	1,31
0,16	6,74	24,99	0,16	0,50	1,96	5,65	37,28	9,93	0,58	3,76	8,43	55,84	44,11	0,87	5,56	9,41	52,29	67,72	1,34
0,18	7,14	26,44	0,97	0,49	1,98	5,63	37,28	10,74	0,57	3,78	8,36	54,62	44,11	0,86	5,58	9,51	53,29	65,28	1,33
0,20	7,37	28,77	0,16	0,48	2,00	5,58	36,95	10,74	0,59	3,80	8,26	53,84	43,30	0,87	5,60	9,42	57,06	66,91	1,33
0,22	7,61	31,77	0,97	0,49	2,02	5,62	36,28	11,55	0,59	3,82	8,12	53,95	42,49	0,87	5,62	9,24	60,73	60,39	1,33
0,24	7,71	35,44	0,16	0,46	2,04	5,67	35,72	13,19	0,60	3,84	8,01	54,39	42,49	0,89	5,64	9,16	64,84	59,58	1,34
0,26	7,77	39,22	0,65	0,48	2,06	5,83	34,83	14,00	0,58	3,86	7,84	53,94	41,67	0,89	5,66	9,29	67,84	62,84	1,34
0,28	7,74	43,22	0,65	0,48	2,08	6,13	33,94	16,44	0,61	3,88	7,55	47,15	49,81	0,85	5,68	9,72	68,06	69,35	1,34
0,30	7,66	46,33	0,16	0,49	2,10	6,01	33,83	13,19	0,60	3,90	7,52	46,15	41,67	0,87	5,70	10,29	68,17	75,05	1,34
0,32	7,48	49,11	1,47	0,48	2,12	5,75	34,49	13,19	0,61	3,92	7,63	47,15	41,67	0,86	5,72	10,76	67,50	75,05	1,36
0,34	7,15	52,22	2,28	0,48	2,14	5,67	34,82	13,19	0,62	3,94	8,01	48,26	44,93	0,87	5,74	10,88	67,94	71,79	1,34
0,36	6,79	54,55	2,28	0,48	2,16	5,53	36,27	12,37	0,62	3,96	8,27	47,04	45,75	0,89	5,76	10,90	68,16	70,17	1,37
0,38	6,49	55,44	3,09	0,49	2,18	5,44	37,04	12,37	0,62	3,98	8,32	45,59	40,05	0,89	5,78	10,84	69,39	69,35	1,36
0,40	6,19	55,55	3,91	0,46	2,20	5,38	37,48	12,37	0,63	4,00	8,27	45,26	38,42	0,89	5,80	10,77	70,94	66,91	1,37
0,42	5,94	55,10	3,91	0,48	2,22	5,39	37,59	14,00	0,62	4,02	8,17	45,48	36,79	0,91	5,82	10,78	72,94	66,91	1,37
0,44	5,77	53,88	2,28	0,49	2,24	5,54	37,59	15,63	0,62	4,04	8,03	46,04	35,97	0,90	5,84	10,95	74,71	70,17	1,37
0,46	5,67	51,65	1,47	0,48	2,26	5,84	36,36	18,88	0,63	4,06	7,81	46,48	34,35	0,89	5,86	11,24	75,49	73,42	1,37
0,48	5,59	49,21	0,65	0,50	2,28	5,98	35,36	20,51	0,63	4,08	7,43	47,92	31,91	0,92	5,88	11,36	63,28	74,23	1,39
0,50	5,42	47,32	0,65	0,50	2,30	5,85	35,91	19,69	0,65	4,10	7,09	49,48	29,47	0,92	5,90	11,98	61,95	72,61	1,41
0,52	5,12	45,98	1,47	0,50	2,32	5,56	35,80	17,25	0,65	4,12	6,90	49,81	29,47	0,94	5,92	12,53	61,28	73,42	1,41
0,54	4,76	44,65	2,28	0,50	2,34	5,33	35,35	17,25	0,63	4,14	6,85	49,59	31,91	0,94	5,94	12,82	62,51	71,79	1,41
0,56	4,36	42,97	3,09	0,50	2,36	5,26	35,12	18,07	0,63	4,16	6,91	48,81	33,53	0,94	5,96	12,83	64,73	69,35	1,43
0,58	3,95	41,75	3,09	0,50	2,38	5,33	35,23	19,69	0,64	4,18	6,98	49,14	36,79	0,94	5,98	12,74	66,95	67,72	1,43
0,60	3,55	40,19	3,91	0,50	2,40	5,40	35,32	36,34	18,88	0,64	7,20	47,80	38,42	0,94	6,00	12,56	70,28	66,09	1,43
0,62	3,17	38,74	4,73	0,49	2,42	5,28	36,23	19,69	0,65	4,22	7,16	45,58	40,86	0,96	6,02	12,29	73,73	63,65	1,43
0,64	2,82	36,85	4,73	0,52	2,44	5,41	34,66	21,33	0,63	4,24	7,27	45,25	41,67	0,97	6,04	11,98	77,17	62,84	1,43
0,66	2,47	34,85	5,54	0,52	2,46	5,71	33,21	22,95	0,66	4,26	7,25	44,69	40,86	0,97	6,06	11,56	79,83	57,95	1,45
0,68	2,09	33,07	6,35	0,52	2,48	6,03	32,77	22,14	0,65	4,28	7,19	44,35	41,67	0,99	6,08	11,05	80,83	53,89	1,46
0,70	1,72	31,50	7,17	0,52	2,50	6,22	32,99	21,33	0,67	4,30	7,11	44,91	40,86	0,99	6,10	10,48	80,94	51,44	1,44
0,72	1,45	30,17	7,17	0,53	2,52	6,49	32,32	22,95	0,68	4,32	6,97	45,35	39,23	0,99	6,12	10,04	81,72	47,37	1,46
0,74	1,25	28,39	7,17	0,55	2,54	6,64	31,98	22,95	0,66	4,34	6,78	46,35	38,42	0,97	6,14	9,70	79,83	45,75	1,47
0,76	1,16	28,72	5,54	0,55	2,56	6,54	32,31	20,51	0,68	4,36	6,53	47,57	36,79	1,01	6,16	9,51	76,05	46,56	1,47
0,78	1,13	28,94	3,09	0,57	2,58	6,40	33,42	19,69	0,67	4,38	6,21	48,57	34,35	0,99	6,18	9,46	72,26	49,81	1,50
0,80	1,22	28,04	10,74	0,57	2,60	6,40	34,52	21,33	0,66	4,40	5,92	49,12	32,72	0,99	6,20	9,43	68,15	52,25	1,50
0,82	1,68	30,15	21,33	0,57	2,62	6,50	34,74	21,33	0,69	4,42	5,75	49,67	31,91	1,01	6,22	9,43	63,82	54,70	1,50
0,84	2,26	34,15	47,05	0,58	2,64	6,82	35,40	24,58	0,67	4,44	5,71	49,45	34,35	1,01	6,24	9,39	60,59	56,33	1,52
0,86	2,73	34,47	86,13	0,57	2,66	7,28	35,85	27,83	0,68	4,46	5,71	48,23	35,16	1,03	6,26	9,42	58,15	56,33	1,52
0,88	3,08	35,80	85,31	0,58	2,68	7,61	35,84	30,28	0,69	4,48	5,69	46,67	35,97	1,01	6,28	9,57	55,25	61,21	1,51
0,90	3,22	26,97	47,87	0,55	2,70	7,60	36,28	29,47	0,71	4,50	5,94	45,56	40,86	1,02	6,30	9,87	54,25	68,53	1,55
0,92	3,34	23,64	48,68	0,55	2,72	7,44	37,84	29,47	0,71	4,52	6,45	42,78	46,56	1,01	6,32	10,22	53,25	75,86	1,55
0,94	3,45	20,30	47,05	0,55	2,74	7,31	39,72	29,47	0,69	4,54	6,69	39,89	48,19	1,01	6,34	10,70	52,02	79,93	1,53
0,96	3,57	16,97	46,24	0,55	2,76	7,23	41,71	30,28	0,69	4,56	6,62	38,99	44,93	1,02	6,36	11,00	52,13	80,75	1,52
0,98	3,68	18,97	45,43	0,55	2,78	7,12	43,38	31,09	0,68	4,58	6,48								

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U01-20		CPTU1		
COMMITTENTE: F.lli Benazzi s.r.l.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00									
CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,00									
DATA: 13/01/2020										PREFORO (m da p.c.): 0,00									
Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.
(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°
9,02	2,97	75,43	172,73	1,98	10,82	7,57	59,06	121,45	2,60	12,62	9,02	58,21	154,82	2,85	14,42	3,30	50,12	31,09	3,15
9,04	5,35	68,54	99,47	2,02	10,84	7,45	59,61	123,89	2,61	12,64	9,24	57,99	160,52	2,83	14,44	2,27	60,46	28,65	3,15
9,06	7,78	58,65	7,17	2,02	10,86	6,39	50,93	171,10	2,61	12,66	9,27	60,43	148,31	2,83	14,46	1,64	70,01	27,83	3,17
9,08	9,01	55,20	8,30	2,02	10,88	6,74	45,60	122,26	2,59	12,68	9,03	62,65	132,03	2,82	14,48	1,17	83,90	37,61	3,15
9,10	8,94	50,76	6,67	2,02	10,90	6,43	44,15	106,79	2,59	12,70	8,82	64,76	126,33	2,85	14,50	0,93	83,57	93,77	3,18
9,12	8,40	51,65	2,60	2,03	10,92	6,09	42,93	98,65	2,59	12,72	8,55	66,10	119,01	2,83	14,52	0,83	75,79	293,20	3,15
9,14	7,56	53,43	0,16	2,06	10,94	5,66	40,93	86,45	2,59	12,74	8,35	67,87	115,75	2,83	14,54	0,80	66,12	342,04	3,18
9,16	6,56	51,98	2,28	2,06	10,96	5,16	39,27	71,79	2,60	12,76	8,20	69,65	115,75	2,83	14,56	0,80	57,01	364,02	3,18
9,18	5,67	50,20	1,47	2,04	10,98	4,57	39,04	58,77	2,59	12,78	7,94	71,31	107,61	2,86	14,58	0,84	50,46	385,99	3,18
9,20	4,86	49,98	0,65	2,06	11,00	4,02	36,71	50,63	2,62	12,80	7,54	71,76	97,03	2,85	14,60	0,96	44,12	421,00	3,19
9,22	4,49	49,09	11,55	2,04	11,02	2,92	36,38	29,47	2,61	12,82	7,00	71,09	81,56	2,85	14,62	1,51	28,23	509,73	3,18
9,24	3,70	50,65	5,05	2,08	11,04	2,10	36,71	20,51	2,62	12,84	6,48	70,09	71,79	2,83	14,64	3,32	22,23	541,47	3,20
9,26	2,47	50,31	1,47	2,10	11,06	1,49	44,26	20,51	2,62	12,86	5,98	60,65	130,40	2,83	14,66	5,16	22,01	263,08	3,18
9,28	1,59	50,65	3,91	2,07	11,08	1,12	54,15	30,28	2,64	12,88	5,75	57,43	116,56	2,82	14,68	5,90	24,34	98,65	3,18
9,30	1,09	49,65	9,11	2,07	11,10	1,03	59,59	52,25	2,63	12,90	5,53	57,54	107,61	2,83	14,70	6,24	26,34	128,77	3,18
9,32	0,94	50,09	18,07	2,08	11,12	1,14	57,59	89,70	2,65	12,92	5,37	57,77	102,73	2,85	14,72	6,32	28,90	130,40	3,22
9,34	0,73	55,65	33,53	2,10	11,14	1,21	56,93	125,51	2,66	12,94	5,35	56,99	101,09	2,85	14,74	6,50	33,46	144,24	3,20
9,36	0,63	56,98	55,51	2,08	11,16	1,26	52,59	129,59	2,66	12,96	5,24	56,32	91,33	2,85	14,76	6,73	38,68	158,89	3,20
9,38	0,61	50,20	92,95	2,10	11,18	1,29	52,14	155,63	2,66	12,98	4,98	53,88	79,12	2,85	14,78	6,85	43,90	136,10	3,23
9,40	0,50	39,98	144,24	2,10	11,20	1,25	52,04	138,54	2,67	13,00	4,79	51,21	68,53	2,86	14,80	6,93	46,79	140,17	3,22
9,42	0,45	35,54	196,33	2,10	11,22	1,15	49,70	110,05	2,68	13,02	4,66	49,43	66,09	2,89	14,82	7,10	51,46	146,68	3,22
9,44	0,41	31,98	221,57	2,12	11,24	1,16	44,70	128,77	2,67	13,04	4,54	47,55	64,47	2,86	14,84	7,25	55,91	146,68	3,23
9,46	0,41	26,87	239,47	2,11	11,26	1,06	43,36	106,79	2,68	13,06	4,43	46,32	64,47	2,87	14,86	7,26	51,94	147,49	3,24
9,48	0,39	19,98	247,61	2,12	11,28	1,00	45,37	98,65	2,69	13,08	4,20	45,88	60,39	2,86	14,88	7,47	53,50	143,43	3,24
9,50	0,39	17,09	258,20	2,12	11,30	1,14	48,92	182,49	2,68	13,10	3,73	45,77	51,44	2,89	14,90	7,62	57,61	149,12	3,26
9,52	0,42	15,98	267,15	2,13	11,32	3,05	45,36	479,61	2,67	13,12	3,06	49,21	44,93	2,86	14,92	7,75	60,50	153,19	3,23
9,54	0,41	14,54	269,59	2,13	11,34	5,58	37,92	156,45	2,69	13,14	2,38	56,99	40,86	2,86	14,94	7,90	63,16	158,89	3,27
9,56	0,37	14,76	278,55	2,15	11,36	6,57	34,14	89,70	2,70	13,16	2,00	64,77	44,11	2,89	14,96	8,17	65,72	162,96	3,27
9,58	0,35	15,10	294,83	2,16	11,38	7,03	33,81	112,49	2,69	13,18	2,01	78,55	70,17	2,91	14,98	8,34	67,28	166,21	3,26
9,60	0,33	15,10	294,83	2,17	11,40	7,28	33,47	125,51	2,70	13,20	2,44	87,55	145,05	2,91	15,00	8,53	68,83	176,80	3,28
9,62	0,33	14,88	290,76	2,16	11,42	7,48	36,03	132,03	2,70	13,22	4,20	84,43	78,31	2,91	15,02	8,74	70,16	182,49	3,28
9,64	0,33	14,65	291,57	2,18	11,44	7,63	38,59	132,84	2,70	13,24	6,09	80,21	62,03	2,92	15,04	8,92	71,72	189,01	3,28
9,66	0,33	14,66	290,76	2,18	11,46	7,74	42,70	134,47	2,70	13,26	6,74	64,99	100,28	2,91	15,06	9,11	72,50	196,33	3,29
9,68	0,35	14,66	294,01	2,20	11,48	7,79	48,37	132,03	2,70	13,28	6,73	56,88	110,05	2,91	15,08	9,24	73,71	203,66	3,28
9,70	0,35	14,55	289,95	2,20	11,50	7,72	52,59	124,70	2,72	13,30	6,48	52,88	97,03	2,94	15,10	9,43	76,16	208,55	3,29
9,72	0,33	14,78	284,25	2,20	11,52	7,63	55,59	114,93	2,70	13,32	6,03	50,21	78,31	2,94	15,12	9,58	77,16	222,38	3,33
9,74	0,37	15,11	282,62	2,21	11,54	7,54	57,25	91,33	2,69	13,34	5,45	48,88	60,39	2,94	15,14	9,76	78,60	232,97	3,29
9,76	0,37	15,22	280,17	2,21	11,56	7,39	57,59	88,89	2,70	13,36	4,92	47,32	50,63	2,94	15,16	9,96	80,49	247,61	3,31
9,78	0,36	15,23	276,11	2,22	11,58	7,38	58,15	97,03	2,70	13,38	4,53	47,10	46,56	2,96	15,18	10,16	81,82	262,27	3,33
9,80	0,37	15,23	278,55	2,22	11,60	7,52	57,59	106,79	2,71	13,40	4,30	50,99	46,56	2,95	15,20	10,44	82,93	278,55	3,33
9,82	0,37	15,45	281,81	2,23	11,62	7,60	57,70	113,31	2,72	13,42	4,14	54,99	47,37	2,97	15,22	10,52	84,59	281,81	3,32
9,84	0,38	15,23	294,83	2,24	11,64	7,54	57,48	110,87	2,72	13,44	4,06	56,88	50,63	2,96	15,24	10,67	86,59	295,64	3,33
9,86	0,23	12,73	323,32	2,26	11,66	7,30	57,14	104,35	2,72	13,46	3,97	57,21	51,44	2,96	15,26	10,89	87,70	312,73	3,35
9,88	0,41	13,84	285,06	2,27	11,68	6,98	56,37	93,77	2,71	13,48	3,92	56,55	52,25	2,97	15,28	11,07	88,36	322,51	3,37
9,90	0,42	13,28	291,57	2,30	11,70	6,75	56,37	90,51	2,71	13,50	3,84	54,77	51,44	2,97	15,30	11,15	90,14	250,06	3,36
9,92	0,64	12,96	332,27	2,30	11,72	6,62	57,03	92,14	2,73	13,52	3,77	53,88	50,63	2,97	15,32	11,12	90,69	225,64	3,35
9,94	1,59	12,84	355,07	2,34	11,74	6,55	58,14	93,77	2,72	13,54	3,75								

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U01-20		CPTU1		
COMMITTENTE: F.Ili Benazzi s.r.l.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00									
CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,00									
DATA: 13/01/2020										PREFORO (m da p.c.): 0,00									
Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.
(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°
18,02	0,77	64,89	269,59	3,90	19,82	0,92	23,24	501,59	4,30	21,62	1,56	51,03	215,05	4,69	23,42	0,90	69,04	372,97	5,07
18,04	0,71	56,45	280,99	3,91	19,84	1,02	24,02	536,59	4,29	21,64	1,42	52,91	438,09	4,69	23,44	0,88	71,04	399,83	5,07
18,06	0,71	45,67	293,20	3,92	19,86	1,26	24,48	430,77	4,29	21,66	1,20	53,47	355,07	4,72	23,46	0,94	66,15	424,25	5,08
18,08	0,76	36,00	320,06	3,92	19,88	1,38	29,92	513,79	4,31	21,68	1,14	54,91	404,72	4,72	23,48	0,92	56,15	433,21	5,09
18,10	0,78	33,11	340,41	3,92	19,90	1,44	33,37	534,15	4,31	21,70	0,94	51,80	347,74	4,75	23,50	0,95	49,59	428,33	5,09
18,12	0,78	28,22	342,04	3,92	19,92	1,20	27,92	442,16	4,30	21,72	0,83	48,91	378,67	4,73	23,52	0,92	43,59	423,44	5,10
18,14	0,72	24,00	342,04	3,96	19,94	0,86	29,70	381,93	4,33	21,74	1,02	37,36	464,95	4,75	23,54	0,91	39,81	423,44	5,10
18,16	0,72	21,33	359,95	3,94	19,96	0,84	34,04	390,88	4,33	21,76	1,49	26,91	639,15	4,77	23,56	0,92	36,03	426,69	5,08
18,18	0,77	19,66	373,79	3,96	19,98	0,86	33,59	412,05	4,33	21,78	1,99	32,36	725,43	4,76	23,58	1,02	32,59	454,37	5,08
18,20	0,72	19,88	387,63	3,96	20,00	0,85	34,48	441,35	4,33	21,80	1,74	23,58	288,31	4,75	23,60	0,99	32,03	456,00	5,09
18,22	0,82	21,99	408,79	3,96	20,02	0,86	34,26	464,95	4,34	21,82	1,33	22,80	179,24	4,80	23,62	1,06	30,92	471,47	5,08
18,24	0,91	22,10	439,72	3,94	20,04	0,90	32,37	474,72	4,35	21,84	1,04	43,59	394,13	4,76	23,64	1,30	32,36	552,05	5,08
18,26	0,94	20,10	432,39	3,96	20,06	0,85	32,59	449,49	4,36	21,86	1,06	42,26	494,26	4,76	23,66	1,60	34,47	596,01	5,06
18,28	0,81	20,99	394,13	3,96	20,08	0,79	29,59	436,47	4,36	21,88	0,97	44,48	531,70	4,78	23,68	1,56	33,69	387,63	5,06
18,30	0,83	21,99	408,79	3,96	20,10	0,79	24,70	446,23	4,38	21,90	0,96	47,37	545,54	4,77	23,70	1,31	34,58	285,06	5,06
18,32	0,81	21,44	408,79	3,98	20,12	0,86	23,15	482,05	4,39	21,92	0,92	44,81	550,43	4,78	23,72	1,22	33,80	329,01	5,08
18,34	0,82	23,33	421,81	3,98	20,14	1,34	24,15	701,83	4,42	21,94	0,90	44,92	559,38	4,80	23,74	1,18	33,03	376,23	5,08
18,36	0,93	22,66	467,39	3,98	20,16	1,71	23,48	527,63	4,44	21,96	0,91	39,26	567,52	4,80	23,76	1,37	37,36	426,69	5,07
18,38	1,29	22,22	587,87	4,01	20,18	1,56	22,59	397,39	4,42	21,98	0,90	32,14	576,47	4,80	23,78	1,60	40,80	486,12	5,06
18,40	2,40	24,99	430,77	4,03	20,20	1,27	24,15	381,11	4,43	22,00	0,91	29,48	580,54	4,81	23,80	1,76	42,25	429,95	5,06
18,42	3,08	26,77	148,31	4,03	20,22	1,01	25,59	332,27	4,40	22,02	0,92	28,48	583,80	4,81	23,82	1,77	41,25	365,65	5,08
18,44	2,18	23,44	102,73	4,03	20,24	0,89	27,14	387,63	4,44	22,04	0,91	28,26	584,61	4,81	23,84	2,01	40,48	300,53	5,07
18,46	1,53	24,55	75,86	4,02	20,26	0,84	27,59	428,33	4,44	22,06	0,90	27,70	587,05	4,81	23,86	1,96	39,37	197,15	5,08
18,48	1,19	42,33	61,21	4,06	20,28	0,88	28,26	438,09	4,43	22,08	0,94	27,81	591,13	4,81	23,88	1,86	40,04	185,75	5,07
18,50	0,94	57,00	90,51	4,05	20,30	0,86	29,14	456,00	4,44	22,10	0,91	28,37	591,13	4,82	23,90	1,78	37,48	189,01	5,09
18,52	0,83	60,33	173,54	4,05	20,32	0,88	30,81	472,28	4,44	22,12	0,90	28,26	597,63	4,84	23,92	1,74	39,93	202,03	5,09
18,54	0,77	60,00	196,33	4,07	20,34	0,91	29,59	479,61	4,45	22,14	0,92	28,37	607,41	4,84	23,94	1,72	40,04	221,57	5,09
18,56	0,76	55,33	231,33	4,06	20,36	0,90	27,03	477,98	4,44	22,16	0,96	27,92	625,31	4,84	23,96	1,55	37,48	238,66	5,12
18,58	0,76	52,45	264,71	4,07	20,38	0,88	26,59	473,91	4,47	22,18	1,03	28,70	646,47	4,86	23,98	1,43	35,48	248,43	5,09
18,60	0,78	46,89	297,27	4,06	20,40	0,86	26,81	498,33	4,45	22,20	1,04	28,92	672,53	4,86	24,00	1,31	37,48	267,97	5,12
18,62	0,75	33,33	329,83	4,07	20,42	0,89	26,92	490,19	4,44	22,22	1,14	28,48	712,41	4,86	24,02	1,16	38,15	284,25	5,12
18,64	0,75	26,22	370,53	4,07	20,44	0,88	25,37	484,49	4,48	22,24	1,27	28,48	753,93	4,86	24,04	1,03	36,37	326,57	5,12
18,66	0,89	23,56	421,81	4,10	20,46	0,79	24,37	478,79	4,47	22,26	1,36	30,03	801,95	4,87	24,06	1,00	35,48	389,25	5,13
18,68	1,03	22,67	474,72	4,11	20,48	0,84	25,26	493,45	4,47	22,28	1,41	32,03	796,25	4,87	24,08	1,02	33,93	431,58	5,15
18,70	1,00	22,00	460,07	4,08	20,50	0,99	23,81	538,21	4,49	22,30	1,34	33,26	759,62	4,89	24,10	1,00	32,59	444,61	5,15
18,72	0,88	22,67	395,77	4,11	20,52	1,14	27,26	593,57	4,51	22,32	1,31	34,81	704,27	4,87	24,12	1,01	32,15	459,25	5,15
18,74	0,82	22,67	387,63	4,08	20,54	1,13	26,48	591,94	4,49	22,34	1,18	35,98	651,36	4,89	24,14	1,00	31,26	470,65	5,15
18,76	0,77	22,66	467,39	4,08	20,56	0,94	25,26	517,05	4,49	22,36	1,09	42,03	607,41	4,89	24,16	0,95	30,37	469,03	5,17
18,78	0,78	24,45	382,74	4,08	20,58	0,79	30,03	469,84	4,49	22,38	1,03	44,37	582,99	4,90	24,18	0,94	28,48	493,45	5,17
18,80	0,78	24,67	407,97	4,11	20,60	0,79	29,59	488,56	4,49	22,40	0,99	44,70	574,85	4,90	24,20	1,01	28,70	518,68	5,18
18,82	0,82	24,67	429,14	4,10	20,62	0,78	29,14	504,84	4,51	22,42	0,96	44,26	579,73	4,91	24,22	1,03	28,92	542,29	5,17
18,84	0,82	26,34	447,86	4,11	20,64	0,79	28,48	518,68	4,51	22,44	0,94	43,26	582,99	4,94	24,24	1,02	29,70	555,31	5,18
18,86	0,91	28,13	657,87	4,08	20,66	0,82	27,03	529,26	4,54	22,46	0,95	40,70	587,05	4,93	24,26	1,04	30,59	574,03	5,19
18,88	1,02	27,24	664,39	4,10	20,68	0,84	28,37	530,89	4,53	22,48	0,95	36,92	591,13	4,94	24,28	1,04	30,81	591,13	5,21
18,90	1,03	25,80	610,66	4,11	20,70	0,88	26,37	569,15	4,52	22,50	0,99	34,26	592,75	4,94	24,30	1,08	31,26	605,77	5,19
18,92	0,92	24,80	548,79	4,11	20,72	1,08	23,48	642,41	4,53	22,52	0,95	32,14	592,75	4,96	24,32	1,10	31,81	607,41	5,22
18,94	0,87	25,91	527,63	4,11	20,74	1,14	22,59	628,57	4,53	22,54	0,97								





**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA: CPTU n°:

U01-20

CPTU1

COMMITTENTE: F.lli Benazzi s.r.l.

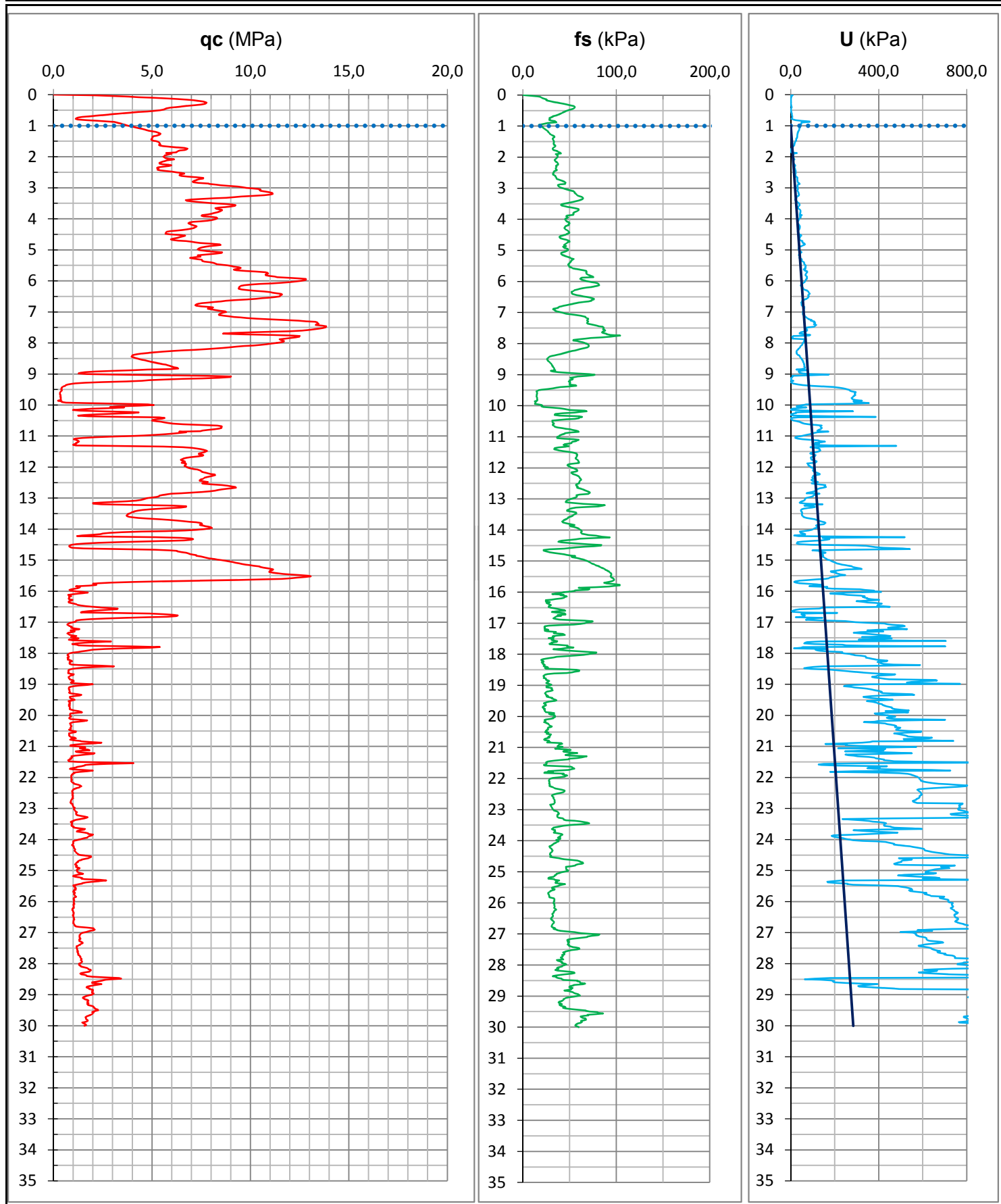
CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)

DATA: 13/01/2020

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,00

PREFORO (m da p.c.): 0,00

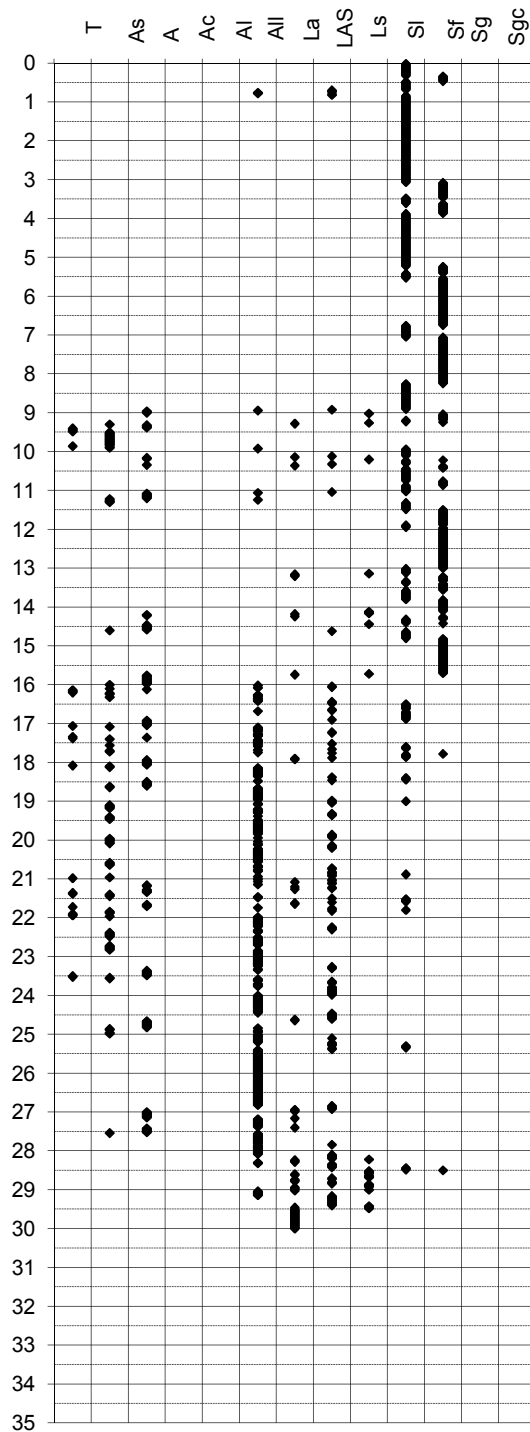
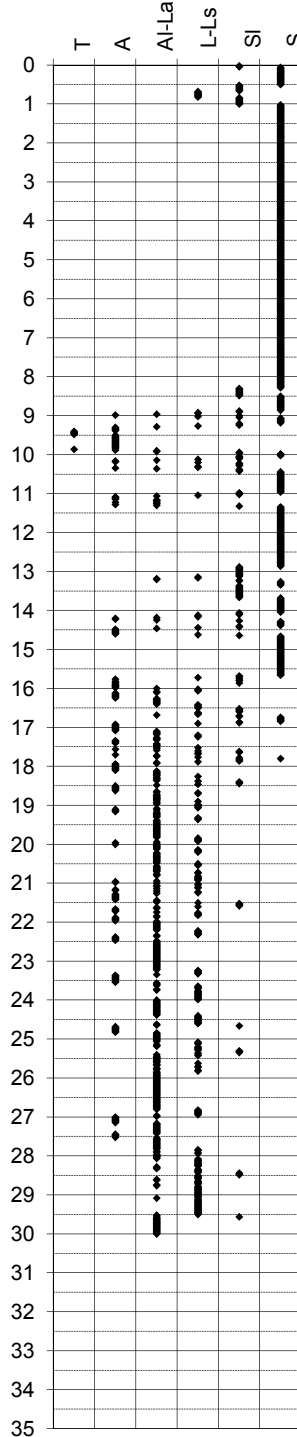
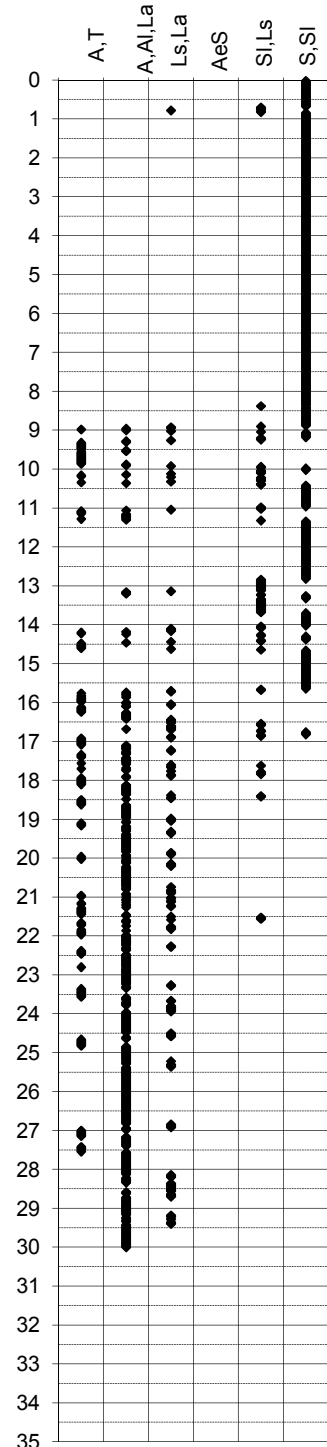


**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U01-20</b>
Emissione	gen-20
Pagina	1 di

**INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE**

-Committente	<b>F.lli Benazzi s.r.l.</b>	-Prova n°	<b>CPTU1</b>
-Cantiere	<b>cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)</b>	-Data prova	<b>13/01/2020</b>
-Quota p.c.	m s.l.m.	-Prof. preforo	m
-Livello di falda	1,00 m da p.c.	-Prof. finale	<b>30,00 m</b>
-Attrezzatura	Punta elettrica con piezocono		

**Douglas-Olsen (1981)****Robertson-Campanella(1983)****Olsen-Farr (1986)**

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U01-20</b>
Emissione	gen-20
Pagina	1 di 0

**PARAMETRI GEOTECNICI**

-Committente	<b>F.lli Benazzi s.r.l.</b>	-Prova n°	<b>CPTU1</b>
-Cantiere	<b>cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)</b>	-Data prova	<b>13/01/2020</b>
-Quota p.c.	<b>0,00</b> m s.l.m.	-Prof. preforo	<b>0,00</b> m
-Livello di falda	<b>1,00</b> m da p.c.	-Prof. finale	<b>30,00</b> m

							MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI									
DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	FI' <sub>DM</sub>	FI' <sub>Bottom</sub>	FI'Schm.				E'25	M <sub>0</sub>	
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	(°)				MPa	MPa	
0,0	9,3	7,49	0,05	0,00	S	20,00	-	-	-	-	-	-	72	37	33	38	40	42	44	19,00	29,76	
9,3	10,0	0,81	0,02	0,15	Al-La	18,00	18	1	2	1,89	9,057	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10,0	15,7	6,15	0,06	0,00	S	20,00	-	-	-	-	-	-	43	33	29	34	36	39	41	16,94	26,84	
15,7	21,8	1,35	0,04	0,18	Al-La	18,00	48	1	5	4,10	26,76	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21,8	28,0	1,21	0,04	0,38	A	17,50	51	1	3	4,38	29,55	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28,0	30,0	1,86	0,05	0,49	Al-La	18,00	84	2	4	5,65	46,85	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA</b> <b>PROVA DOWN HOLE SCPTU</b>	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	U01-20	CPTU1

COMMITTENTE: F.Ili Benazzi s.r.l.

CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)

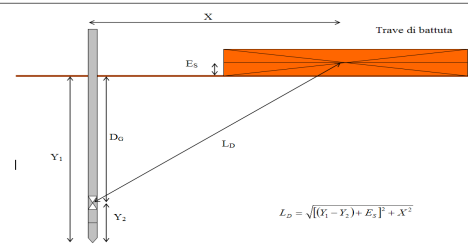
DATA: 13/01/2020

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,70

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,00

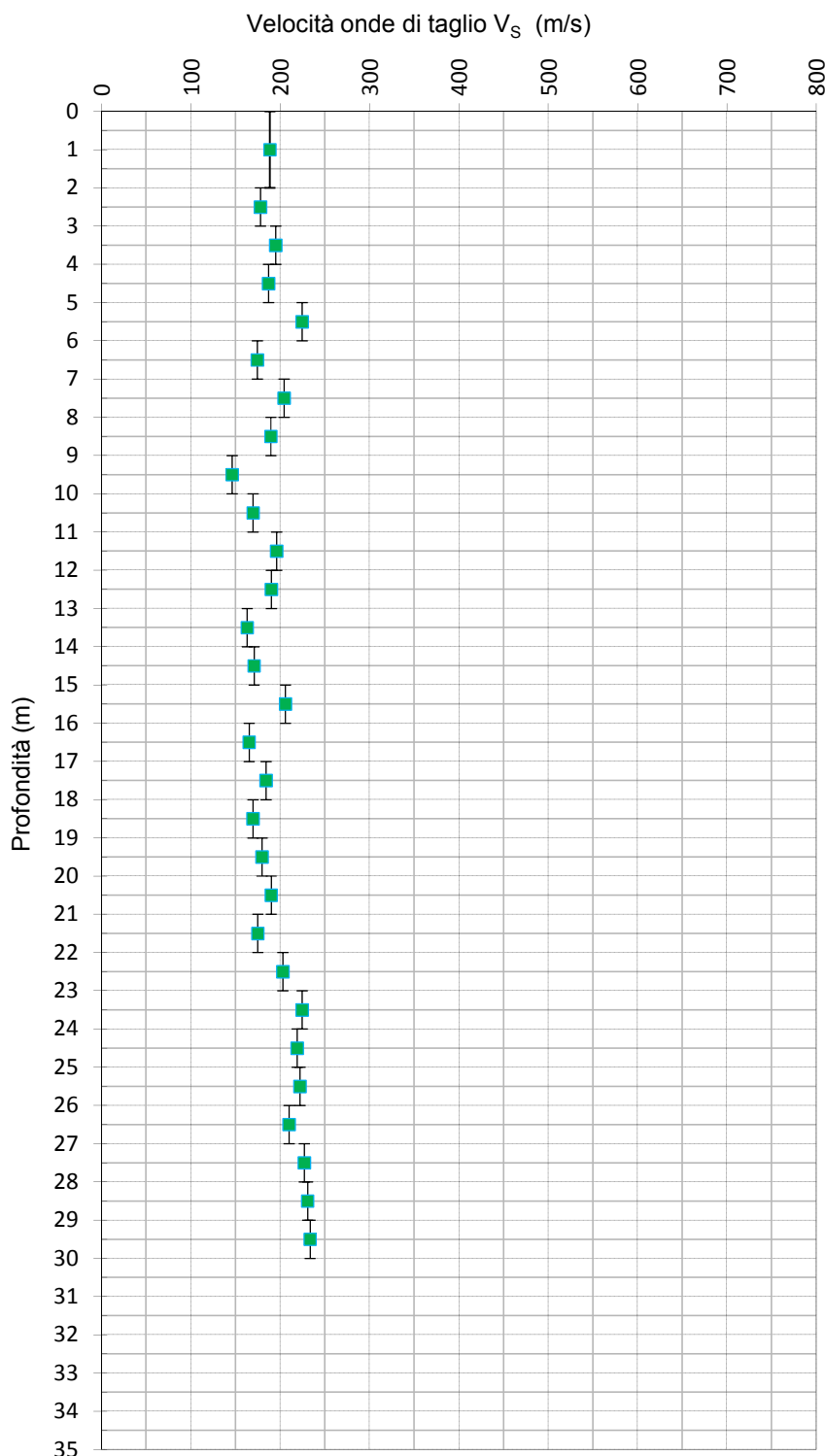
PREFORO (m da p.c.): 0,00

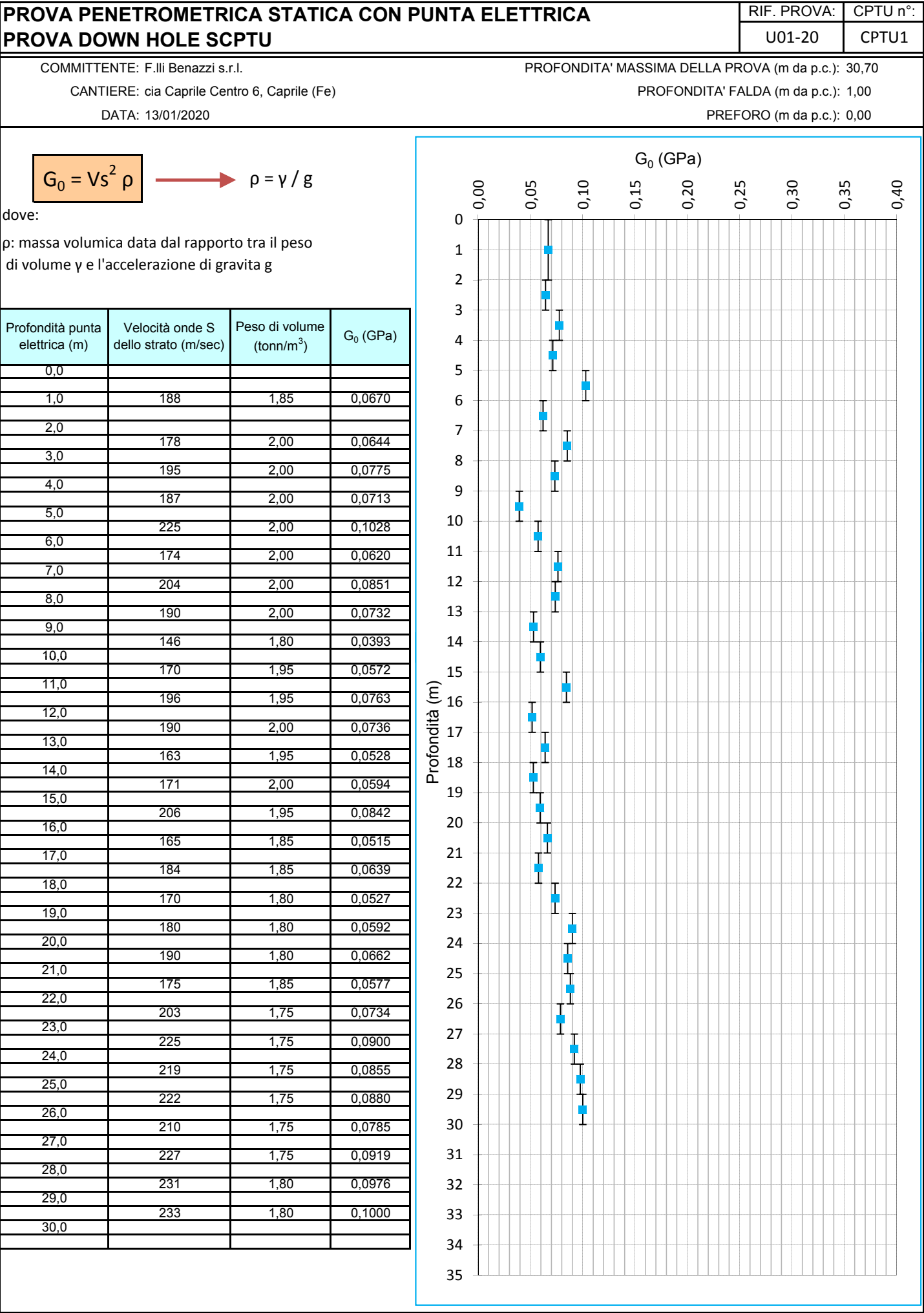
Peso mazza battente: 5Kg  
 Ricevitore Down Hole: G1-cpl2IN  
 Equipaggiamento di registrazione: D1-SISMI USB  
 Distanza centro sorgente-verticale X: 0,25 m  
 Distanza punta-accelerometro Y<sub>2</sub>: 0,20 m



**Vs<sub>30</sub> = 192 m/sec Categoria suolo di fondazione = C**

Distanza corretta L <sub>D</sub> punta elettrica	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0,000		
0,838		188
1,817	9,643	
2,811	15,234	178
3,808	20,348	195
4,807	25,688	187
5,805	30,136	225
6,805	35,866	174
7,804	40,759	204
8,804	46,033	190
9,803	52,867	146
10,803	58,761	170
11,803	63,864	196
12,802	69,127	190
13,802	75,259	163
14,802	81,115	171
15,802	85,972	206
16,802	92,025	165
17,802	97,456	184
18,802	103,354	170
19,802	108,923	180
20,802	114,188	190
21,801	119,906	175
22,801	124,834	203
23,801	129,287	225
24,801	133,854	219
25,801	138,356	222
26,801	143,122	210
27,801	147,527	227
28,801	151,863	231
29,801	156,147	233





PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U01-20		CPTU2		
COMMITTENTE: F.Ili Benazzi s.r.l.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 20,00									
CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,10									
DATA: 13/01/2020										PREFORO (m da p.c.): 0,00									
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
0,02	2,02	12,07	36,79	0,43	1,82	5,40	29,34	45,75	0,85	3,62	7,39	48,33	49,00	0,97	5,42	9,73	66,63	62,03	1,37
0,04	2,13	13,73	46,56	0,39	1,84	5,46	29,45	44,11	0,82	3,64	7,46	46,10	49,00	0,99	5,44	9,24	66,85	57,95	1,36
0,06	2,54	15,40	44,33	0,39	1,86	5,60	29,45	45,75	0,86	3,66	7,57	43,99	50,63	0,97	5,46	8,73	66,96	54,70	1,36
0,08	2,95	17,07	42,11	0,43	1,88	5,58	28,61	53,89	0,77	3,68	7,80	41,87	52,25	0,99	5,48	8,24	66,95	53,07	1,38
0,10	3,37	19,73	39,88	0,43	1,90	5,50	28,50	44,11	0,78	3,70	8,06	40,31	53,89	1,01	5,50	7,91	67,17	52,25	1,38
0,12	3,78	22,40	31,91	0,45	1,92	5,47	30,17	41,67	0,78	3,72	8,01	40,31	51,44	1,00	5,52	7,85	67,95	55,51	1,39
0,14	4,85	23,96	34,35	0,45	1,94	5,61	30,61	42,49	0,78	3,74	7,79	40,74	49,81	1,00	5,54	8,24	66,06	62,84	1,41
0,16	5,25	26,40	35,16	0,48	1,96	5,87	31,05	44,11	0,77	3,76	7,49	41,63	46,56	1,01	5,56	8,87	61,17	68,53	1,38
0,18	6,91	25,18	27,83	0,48	1,98	5,95	32,16	44,11	0,80	3,78	7,18	43,52	45,75	1,00	5,58	9,31	56,27	69,35	1,40
0,20	6,53	46,96	14,00	0,59	2,00	5,93	32,94	42,49	0,81	3,80	6,99	45,18	45,75	1,02	5,60	9,48	52,27	68,53	1,41
0,22	6,22	79,96	12,37	0,58	2,02	5,99	32,61	43,30	0,78	3,82	6,99	45,95	48,19	1,02	5,62	9,66	50,71	68,53	1,41
0,24	5,94	61,85	7,49	0,59	2,04	6,06	32,61	44,93	0,80	3,84	6,93	46,62	48,19	1,02	5,64	9,70	51,26	65,28	1,40
0,26	5,14	78,63	0,16	0,58	2,06	5,93	32,83	43,30	0,80	3,86	6,64	46,61	45,75	1,01	5,66	9,66	52,71	65,28	1,41
0,28	5,10	107,74	1,47	0,57	2,08	5,70	33,83	40,05	0,78	3,88	6,24	39,37	46,56	0,95	5,68	9,56	55,04	63,65	1,41
0,30	4,79	122,30	3,91	0,55	2,10	5,49	34,83	39,23	0,81	3,90	6,10	37,26	41,67	0,97	5,70	9,28	58,04	61,21	1,41
0,32	4,42	133,75	7,17	0,58	2,12	5,32	35,71	39,23	0,81	3,92	6,18	36,60	41,67	0,99	5,72	8,78	60,81	57,14	1,43
0,34	4,04	139,75	8,79	0,60	2,14	5,13	35,93	38,42	0,81	3,94	6,27	36,04	43,30	0,97	5,74	8,29	63,92	54,70	1,43
0,36	5,16	151,09	4,23	0,62	2,16	4,91	36,27	37,61	0,81	3,96	6,32	35,60	43,30	0,97	5,76	7,85	67,25	52,25	1,42
0,38	10,49	165,64	80,75	0,62	2,18	4,77	35,48	37,61	0,81	3,98	6,35	35,48	43,30	0,99	5,78	7,49	68,14	50,63	1,42
0,40	14,03	137,87	82,37	0,60	2,20	4,75	34,48	40,05	0,81	4,00	6,34	35,04	43,30	1,00	5,80	7,17	67,14	49,00	1,42
0,42	14,85	120,65	53,89	0,60	2,22	4,74	33,03	41,67	0,81	4,02	6,28	35,37	41,67	1,01	5,82	6,99	66,58	49,81	1,42
0,44	16,09	116,65	55,51	0,61	2,24	4,71	31,81	42,49	0,80	4,04	6,25	35,60	43,30	1,00	5,84	6,76	65,02	49,81	1,43
0,46	16,26	109,76	49,81	0,62	2,26	4,64	30,81	42,49	0,81	4,06	6,32	35,48	44,11	1,02	5,86	6,55	62,36	48,19	1,43
0,48	15,99	102,98	47,37	0,61	2,28	4,57	30,36	42,49	0,82	4,08	6,42	35,93	45,75	1,03	5,88	6,31	50,94	60,39	1,43
0,50	15,21	98,98	42,49	0,62	2,30	4,53	29,80	42,49	0,81	4,10	6,52	35,59	47,37	1,01	5,90	6,31	47,72	57,14	1,44
0,52	14,31	93,87	38,42	0,62	2,32	4,55	28,91	44,11	0,82	4,12	6,65	35,37	49,00	1,03	5,92	6,36	46,05	55,51	1,44
0,54	13,32	98,97	33,53	0,62	2,34	4,64	28,35	45,75	0,82	4,14	6,75	35,37	49,81	1,04	5,94	6,55	45,05	57,14	1,44
0,56	12,43	101,08	31,09	0,62	2,36	4,83	27,46	47,37	0,83	4,16	6,75	35,70	49,00	1,04	5,96	6,83	44,27	59,58	1,44
0,58	11,61	100,75	28,65	0,63	2,38	4,89	27,01	46,56	0,83	4,18	6,82	35,48	50,63	1,05	5,98	7,25	43,50	62,84	1,43
0,60	10,80	99,52	27,02	0,63	2,40	4,92	27,23	47,37	0,83	4,20	6,90	35,14	50,63	1,05	6,00	7,75	42,39	65,28	1,45
0,62	9,90	99,30	22,95	0,64	2,42	4,95	27,11	46,56	0,85	4,22	6,89	35,14	51,44	1,05	6,02	8,37	41,83	67,72	1,44
0,64	8,85	96,85	18,07	0,66	2,44	4,89	27,22	46,56	0,85	4,24	6,82	36,59	49,81	1,07	6,04	9,19	42,27	70,98	1,46
0,66	7,99	94,29	16,44	0,64	2,46	4,74	27,66	44,93	0,85	4,26	6,70	38,03	49,00	1,07	6,06	10,19	42,39	75,05	1,45
0,68	7,45	88,29	16,44	0,67	2,48	4,67	27,43	43,30	0,85	4,28	6,57	39,92	49,00	1,07	6,08	10,95	42,27	75,05	1,45
0,70	7,07	80,72	17,25	0,68	2,50	4,58	27,87	42,49	0,85	4,30	6,43	39,92	48,19	1,07	6,10	11,43	45,16	74,23	1,45
0,72	6,81	72,72	19,69	0,69	2,52	4,61	28,09	44,11	0,82	4,32	6,25	40,36	46,56	1,07	6,12	11,95	49,05	75,05	1,46
0,74	6,61	66,27	21,33	0,69	2,54	4,69	28,64	45,75	0,82	4,34	6,00	41,25	44,11	1,08	6,14	12,47	52,27	75,05	1,46
0,76	6,37	61,15	21,33	0,71	2,56	4,81	29,31	46,56	0,85	4,36	5,76	41,80	43,30	1,09	6,16	13,01	56,94	74,23	1,48
0,78	6,07	57,37	20,51	0,71	2,58	5,02	29,53	49,00	0,85	4,38	5,66	41,69	44,11	1,09	6,18	13,55	61,39	73,42	1,47
0,80	5,78	53,14	20,51	0,71	2,60	5,26	28,97	50,63	0,85	4,40	5,74	41,57	47,37	1,09	6,20	13,62	68,39	69,35	1,48
0,82	5,50	50,24	20,51	0,72	2,62	5,39	28,52	51,44	0,85	4,42	6,07	40,91	52,25	1,13	6,22	13,35	74,83	66,91	1,48
0,84	5,30	47,80	20,51	0,72	2,64	5,44	28,29	49,81	0,85	4,44	6,46	39,02	55,51	1,10	6,24	13,08	79,49	66,09	1,48
0,86	5,18	45,23	21,33	0,72	2,66	5,52	28,63	49,81	0,85	4,46	6,59	37,57	56,33	1,13	6,26	13,00	84,05	67,72	1,48
0,88	4,94	34,42	33,53	0,71	2,68	5,58	29,29	50,63	0,85	4,48	6,51	37,13	53,89	1,11	6,28	13,14	88,94	70,98	1,50
0,90	5,08	30,60	30,27	0,71	2,70	5,62	29,73	50,63	0,85	4,50	6,42	37,57	53,89	1,13	6,30	13,42	91,27	75,05	1,50
0,92	5,22	26,79	28,65	0,71	2,72	5,62	29,84	49,00	0,85	4,52	6,46	38,68	54,70	1,13	6,32	13,68	92,49	77,49	1,52
0,94	5,32	26,42	27,02	0,71	2,74	5,57	30,50	49,00	0,85	4,54	6,61	39,90	55,51	1,11	6,34	13,78	91,15	75,86	1,53
0,96	5,38	25,76	25,39	0,71	2,76	5,56	31,61	49,81	0,85	4,56	6,81	41,46	57,95	1,13	6,36	13,73	90,82</		

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA																									RIF. PROVA:		CPTU n°:	
LETTURE DI CAMPAGNA																									U01-20		CPTU2	
COMMITTENTE: F.lli Benazzi s.r.l.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 20,00																		
CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,10																		
DATA: 13/01/2020										PREFORO (m da p.c.): 0,00																		
Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.				
(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°				
9,02	0,54	31,27	46,56	1,88	10,82	3,67	42,15	44,11	2,19	12,62	6,55	58,38	27,83	2,44	14,42	2,91	58,90	66,09	2,86	16,22	2,64	86,36	87,26	3,26				
9,04	0,54	31,16	196,33	1,89	10,84	3,39	47,60	53,30	2,19	12,64	6,54	56,93	12,87	2,45	14,44	2,10	60,78	74,23	2,83	16,24	1,93	91,92	95,40	3,26				
9,06	0,69	34,16	237,03	1,88	10,86	3,11	50,04	62,49	2,19	12,66	6,38	54,93	20,19	2,45	14,46	1,54	68,23	82,37	2,85	16,26	1,36	94,02	223,19	3,26				
9,08	1,57	35,94	285,06	1,85	10,88	3,34	52,49	76,67	2,17	12,68	6,39	50,60	13,68	2,47	14,48	1,28	73,67	101,09	2,86	16,28	1,15	91,91	315,18	3,23				
9,10	3,67	33,83	169,47	1,84	10,90	3,87	56,49	116,56	2,19	12,70	6,49	47,71	7,98	2,47	14,50	1,05	77,66	117,37	2,87	16,30	1,19	83,35	388,44	3,26				
9,12	5,17	30,49	113,31	1,87	10,92	4,47	62,49	142,61	2,18	12,72	6,71	45,82	1,47	2,45	14,52	0,81	75,33	193,89	2,87	16,32	1,09	75,01	434,02	3,27				
9,14	5,36	23,39	104,35	1,88	10,94	6,04	66,49	22,95	2,21	12,74	6,84	44,71	2,60	2,47	14,54	0,71	69,22	302,15	2,86	16,34	1,22	66,90	469,03	3,28				
9,16	5,09	20,05	97,03	1,90	10,96	6,20	68,49	23,45	2,21	12,76	6,78	43,60	3,41	2,48	14,56	0,71	64,55	346,11	2,89	16,36	1,35	52,00	424,25	3,28				
9,18	4,60	20,39	88,07	1,90	10,98	6,20	71,94	34,03	2,21	12,78	6,53	44,82	3,41	2,47	14,58	0,68	56,99	368,09	2,86	16,38	1,50	42,33	305,41	3,28				
9,20	4,17	21,61	81,56	1,90	11,00	6,72	88,38	61,71	2,24	12,80	6,33	47,71	5,86	2,47	14,60	0,67	45,99	388,44	2,87	16,40	1,40	34,89	259,01	3,28				
9,22	3,79	25,61	76,67	1,90	11,02	7,84	103,05	56,01	2,24	12,82	6,16	51,38	7,49	2,45	14,62	0,73	36,21	427,51	2,90	16,42	1,23	31,99	317,62	3,29				
9,24	3,64	30,05	76,67	1,92	11,04	9,63	114,05	51,93	2,25	12,84	6,00	51,49	5,05	2,48	14,64	1,69	28,54	486,12	2,91	16,44	1,07	38,77	297,27	3,28				
9,26	3,78	32,39	81,56	1,89	11,06	12,30	123,27	47,05	2,25	12,86	6,04	46,53	22,95	2,47	14,66	2,64	22,54	381,93	2,90	16,46	0,97	43,43	290,76	3,29				
9,28	4,08	37,50	59,58	1,89	11,08	14,68	131,38	42,98	2,26	12,88	6,05	43,97	0,97	2,47	14,68	2,55	17,32	122,26	2,91	16,48	0,97	42,99	294,83	3,29				
9,30	3,93	42,72	21,33	1,92	11,10	15,80	136,16	41,35	2,27	12,90	5,86	45,76	31,09	2,45	14,70	2,50	16,54	142,61	2,87	16,50	1,26	41,10	325,76	3,31				
9,32	3,77	43,16	1,79	1,90	11,12	15,84	138,83	43,79	2,27	12,92	6,20	46,43	32,72	2,47	14,72	2,38	20,10	114,93	2,91	16,52	1,99	39,88	397,39	3,31				
9,34	4,01	40,61	5,05	1,90	11,14	15,05	138,60	47,87	2,28	12,94	6,33	45,43	22,95	2,48	14,74	1,87	26,65	88,07	2,91	16,54	2,23	33,10	154,01	3,31				
9,36	3,91	31,39	4,23	1,92	11,16	13,69	140,60	49,49	2,27	12,96	6,27	43,87	9,93	2,49	14,76	1,48	27,65	78,31	2,91	16,56	2,02	32,21	112,49	3,29				
9,38	3,65	26,28	8,30	1,92	11,18	11,87	135,15	53,57	2,29	12,98	6,11	43,10	8,30	2,49	14,78	1,17	36,10	83,19	2,91	16,58	2,37	39,77	159,71	3,28				
9,40	3,49	23,28	10,74	1,92	11,20	10,01	108,04	56,82	2,29	13,00	6,05	43,65	12,37	2,50	14,80	1,48	53,99	99,47	2,92	16,60	2,67	32,99	215,87	3,27				
9,42	3,48	25,05	17,25	1,93	11,22	8,29	89,15	59,26	2,34	13,02	6,05	46,32	18,88	2,52	14,82	1,98	51,55	154,82	2,91	16,62	3,10	44,11	259,01	3,28				
9,44	3,46	25,94	22,14	1,94	11,24	7,29	80,25	14,49	2,34	13,04	6,10	47,65	28,65	2,50	14,84	1,82	46,99	118,19	2,92	16,64	3,17	44,33	114,12	3,28				
9,46	3,52	28,83	29,47	1,93	11,26	6,41	70,36	14,81	2,32	13,06	6,14	47,76	32,72	2,52	14,86	1,65	39,38	86,45	2,91	16,66	2,49	47,33	84,00	3,28				
9,48	3,29	30,72	23,77	1,93	11,28	5,94	68,91	17,25	2,32	13,08	6,20	48,54	37,61	2,50	14,88	1,29	40,49	64,47	2,94	16,68	1,99	47,78	72,61	3,28				
9,50	2,46	28,94	12,37	1,94	11,30	5,81	73,13	17,75	2,32	13,10	6,18	49,43	39,23	2,53	14,90	1,31	51,49	70,17	2,94	16,70	1,68	47,56	62,84	3,29				
9,52	1,61	31,28	14,81	1,94	11,32	5,01	80,57	58,45	2,34	13,12	6,17	49,21	60,39	2,53	14,92	2,02	50,50	120,63	2,94	16,72	1,45	56,00	59,58	3,29				
9,54	1,17	37,50	26,21	1,95	11,34	4,24	80,34	60,89	2,34	13,14	6,09	49,98	58,77	2,52	14,94	2,46	42,39	124,70	2,95	16,74	1,28	56,78	75,05	3,31				
9,56	0,81	51,39	40,05	1,95	11,36	3,89	78,45	60,89	2,35	13,16	5,96	49,99	62,84	2,53	14,96	1,70	38,16	77,49	2,95	16,76	1,04	48,45	73,42	3,29				
9,58	0,78	49,60	136,91	1,95	11,38	4,38	73,67	54,38	2,34	13,18	5,90	49,65	62,84	2,52	14,98	1,24	35,06	57,14	2,96	16,78	0,83	45,45	71,79	3,29				
9,60	0,81	45,94	193,08	1,94	11,40	5,34	66,78	54,38	2,32	13,20	5,73	49,99	60,39	2,54	15,00	0,97	46,17	52,25	2,98	16,80	0,77	43,56	122,26	3,29				
9,62	0,84	44,16	206,91	1,97	11,42	6,06	65,55	52,75	2,34	13,22	5,61	50,43	61,21	2,55	15,02	0,84	49,50	63,65	2,98	16,82	0,74	38,68	158,07	3,31				
9,64	0,81	41,16	224,01	1,97	11,44	6,44	57,11	50,31	2,34	13,24	5,53	50,65	63,65	2,54	15,04	0,69	46,17	89,70	2,97	16,84	0,71	32,34	180,87	3,31				
9,66	0,82	37,83	249,25	1,97	11,46	6,58	49,99	47,87	2,34	13,26	5,65	50,88	66,91	2,56	15,06	0,84	41,50	189,82	2,98	16,86	0,79	28,62	320,06	3,32				
9,68	0,90	35,71	237,03	1,97	11,48	6,79	44,76	45,43	2,35	13,28	5,76	50,10	64,47	2,57	15,08	1,61	41,72	349,37	2,98	16,88	0,85	28,07	355,88	3,31				
9,70	1,23	25,83	211,80	1,97	11,50	7,07	41,43	40,54	2,35	13,30	5,80	49,99	60,39	2,57	15,10	2,58	40,50	282,62	3,00	16,90	1,48	26,29	461,70	3,31				
9,72	2,73	23,94	195,52	1,97	11,52	7,34	41,21	34,84	2,35	13,32	5,80	49,54	57,14	2,56	15,12	3,34	36,17	148,31	3,00	16,92	3,03	24,29	287,50	3,33				
9,74	5,99	26,16	245,17	1,98	11,54	7,49	40,54	29,15	2,36	13,34	5,76	48,54	54,70	2,57	15,14	4,01	34,84	121,45	3,00	16,94	4,02	23,51	115,75	3,33				
9,76	8,04	29,93	75,05	2,01	11,56	7,62	41,87	24,26	2,36	13,36	5,75	47,65	54,70	2,56	15,16	4,36	37,39	11,23	3,01	16,96	4,31	21,52	130,40	3,33				



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:				
LETTURE DI CAMPAGNA															U01-20		CPTU2				
COMMITTENTE: F.Ili Benazzi s.r.l.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 20,00											
CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,10											
DATA: 13/01/2020										PREFORO (m da p.c.): 0,00											
Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.		
(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°		
18,02	0,84	39,45	307,04	3,60	19,70	0,85	22,24	443,79	4,02												
18,04	0,83	38,78	355,07	3,60	19,72	0,87	21,35	457,63	4,02												
18,06	0,83	36,67	369,71	3,60	19,74	1,05	21,02	504,84	4,03												
18,08	0,83	35,00	383,55	3,63	19,76	1,14	22,13	522,75	4,05												
18,10	0,85	35,78	399,83	3,63	19,78	1,22	21,91	401,46	4,05												
18,12	0,95	34,56	425,07	3,64	19,80	1,19	24,02	400,65	4,06												
18,14	1,05	27,23	458,44	3,65	19,82	1,14	26,02	410,41	4,06												
18,16	0,98	25,00	410,41	3,65	19,84	1,18	27,91	416,99	4,06												
18,18	0,90	22,78	386,81	3,66	19,86	1,16	29,38	427,16	4,06												
18,20	0,90	21,67	416,11	3,65	19,88	1,13	31,27	443,79	4,06												
18,22	1,33	24,11	547,98	3,66	19,90	1,09	30,83	464,14	4,06												
18,24	2,58	27,23	686,36	3,68	19,92	1,11	28,27	476,35	4,06												
18,26	3,66	24,67	174,35	3,68	19,94	1,12	28,16	501,59	4,07												
18,28	3,32	26,78	154,82	3,69	19,96	1,11	26,61	546,35	4,07												
18,30	2,33	30,56	101,91	3,70	19,98	1,15	25,94	580,54	4,07												
18,32	1,67	33,56	79,93	3,70	20,00	1,16	26,05	594,38	4,07												
18,34	1,40	43,56	82,37	3,70																	
18,36	1,08	61,78	110,87	3,70																	
18,38	1,01	63,45	207,73	3,72																	
18,40	0,87	63,45	245,17	3,73																	
18,42	0,83	60,01	262,27	3,72																	
18,44	0,90	54,45	289,95	3,72																	
18,46	0,90	49,23	301,34	3,74																	
18,48	0,83	40,67	293,20	3,74																	
18,50	0,80	30,56	304,59	3,75																	
18,52	0,81	26,78	324,13	3,75																	
18,54	0,78	25,01	330,65	3,74																	
18,56	0,76	22,67	338,79	3,75																	
18,58	0,78	21,67	359,95	3,77																	
18,60	1,09	21,45	450,30	3,77																	
18,62	1,58	21,67	511,35	3,75																	
18,64	1,48	17,89	394,95	3,75																	
18,66	1,10	20,78	316,81	3,77																	
18,68	0,86	27,23	281,81	3,77																	
18,70	0,84	31,45	310,29	3,75																	
18,72	0,83	32,34	330,65	3,78																	
18,74	0,81	33,23	342,85	3,79																	
18,76	0,81	61,78	110,87	3,80																	
18,78	0,79	34,78	369,71	3,80																	
18,80	0,84	30,34	421,81	3,81																	
18,82	0,90	23,34	460,07	3,80																	
18,84	0,95	21,45	473,91	3,81																	
18,86	1,15	20,69	522,75	3,82																	
18,88	1,08	22,58	432,39	3,82																	
18,90	1,00	29,58	426,69	3,82																	
18,92	1,00	33,24	444,61	3,82																	
18,94	0,96	31,35	423,44	3,84																	
18,96	0,85	34,91	403,09	3,83																	
18,98	0,85	37,58	416,11	3,83																	
19,00	0,86	35,24	432,39	3,84																	
19,02	0,87	34,80	444,61	3,85																	
19,04	0,86	29,02	456,81	3,84																	
19,06	0,91	27,02	477,17	3,85																	
19,08	0,99	26,58	502,40	3,86																	
19,10	1,00	24,58	508,91	3,87																	
19,12	0,92	24,13	476,35	3,86																	
19,14	0,90	23,80	471,47	3,87																	
19,16	0,90	23,80	486,93	3,87																	
19,18	0,99	24,02	521,12	3,88																	
19,20	1,12	22,58	553,68	3,89																	
19,22	1,68	21,36	611,47	3,90																	
19,24	2,63	27,80	754,74	3,91																	
19,26	2,81	26,58	320,06	3,90																	
19,28	2,04	26,47	238,66	3,91																	
19,30	1,53	29,36	202,03	3,91																	
19,32	1,10	36,24	191,45	3,91																	
19,34	1,04	52,80	329,83	3,92																	
19,36	1,12	53,58	384,37	3,92																	
19,38	1,37	45,47	442,16	3,92																	
19,40	1,70	46,58	500,77	3,94																	
19,42	1,73	40,02	427,51	3,96																	
19,44	1,45	36,13	369,71	3,96																	
19,46	1,25	30,02	350,18	3,96																	
19,48	1,17	28,36	348,55	3,97																	
19,50	0,98	27,91	310,29	3,97																	
19,52	0,84	25,13	312,73	3,98																	
19,54	0,81	22,36	339,60	3,96																	
19,56	0,84	22,80	363,21	4,02																	
19,58	0,82	22,35	374,60	3,99																	
19,60	0,81	21,47	377,04	3,99																	
19,62	0,79	22,80	387,63	3,99																	
19,64	0,80	22,80	402,27	4,01																	
19,66	0,81	22,35	418,55	4,02																	
19,68	0,84	22,35	436,47	4,02																	
qc = resist. alla punta (Mpa)										Inc. = inclinazione dalla verticale (°)											
fs = resist. per attrito lat. (kPa)										Diametro punta: 3.57 cm											
U = pressione neutra (kPa)										Area punta: 10 cm <sup>2</sup>										Punta: Tecnopenta G1 CPL2In	

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA: CPTU n°:

U01-20

CPTU2

COMMITTENTE: F.lli Benazzi s.r.l.

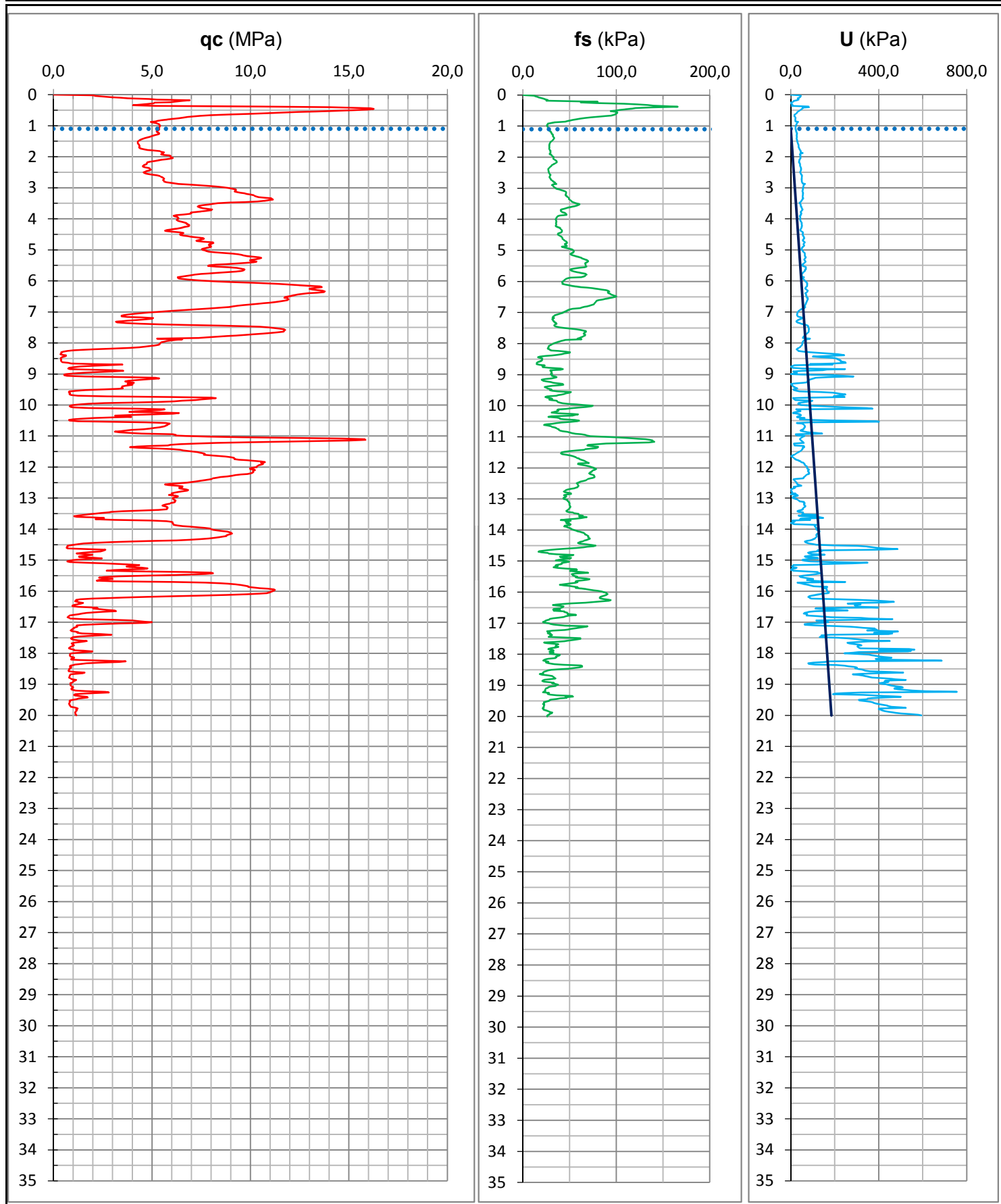
CANTIERE: cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)

DATA: 13/01/2020

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 20,00

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,10

PREFORO (m da p.c.): 0,00

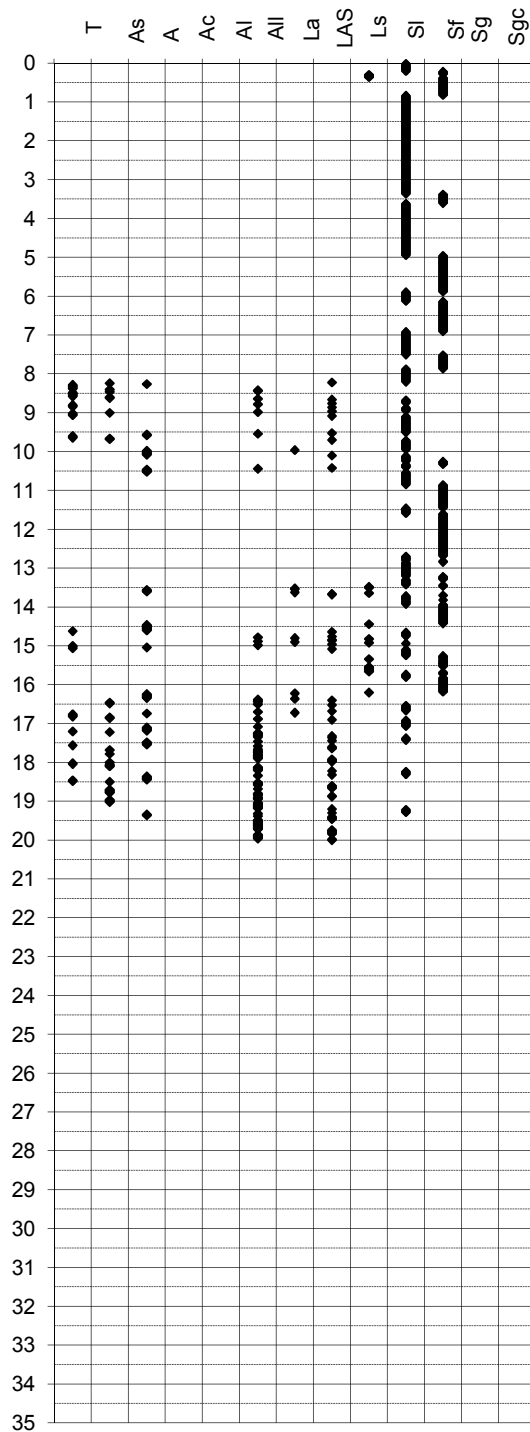
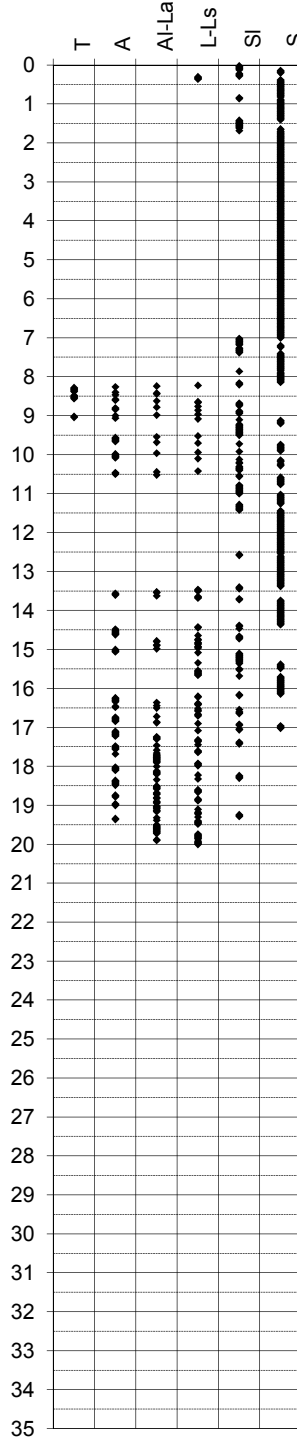
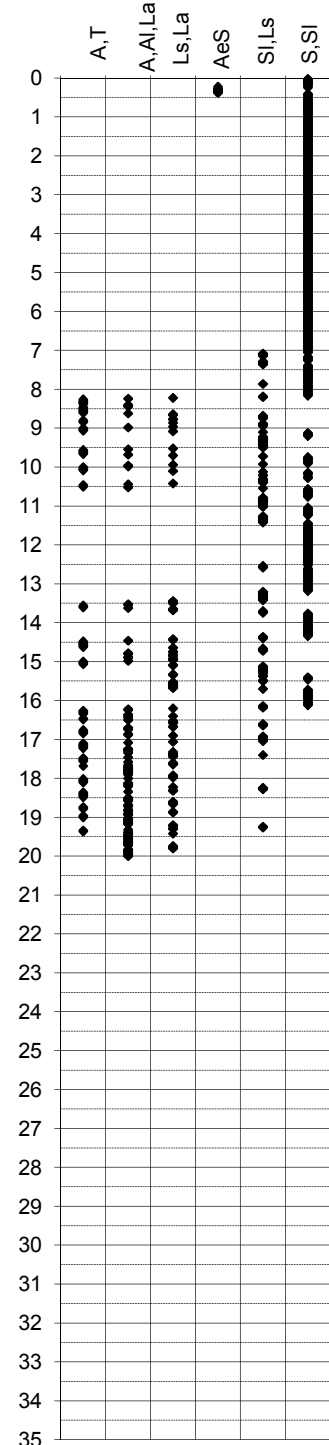


**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U01-20</b>
Emissione	gen-20
Pagina	1 di

**INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE**

-Committente	<b>F.lli Benazzi s.r.l.</b>	-Prova n°	<b>CPTU2</b>
-Cantiere	<b>cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)</b>	-Data prova	<b>13/01/2020</b>
-Quota p.c.	m s.l.m.	-Prof. preforo	m
-Livello di falda	1,10 m da p.c.	-Prof. finale	<b>20,00 m</b>
-Attrezzatura	Punta elettrica con piezocono		

**Douglas-Olsen (1981)****Robertson-Campanella(1983)****Olsen-Farr (1986)**

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U01-20</b>
Emissione	gen-20
Pagina	1 di 0

**PARAMETRI GEOTECNICI**

-Committente	<b>F.lli Benazzi s.r.l.</b>	-Prova n°	<b>CPTU2</b>
-Cantiere	<b>cia Caprile Centro 6, Caprile (Fe)</b>	-Data prova	<b>13/01/2020</b>
-Quota p.c.	<b>0,00</b> m s.l.m.	-Prof. preforo	<b>0,00</b> m
-Livello di falda	<b>1,10</b> m da p.c.	-Prof. finale	<b>20,00</b> m

							MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI									
DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	FI' <sub>DM</sub>	FI' <sub>Bottom</sub>	FI'Schm.				E'25	M <sub>0</sub>	
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	(°)				MPa	MPa	
0,0	8,2	7,42	0,05	0,02	S	20,00	-	-	-	-	-	-	73	37	33	38	40	42	44	18,60	29,03	
8,2	8,7	0,78	0,03	0,09	Al-La	18,00	25	1	4	1,85	9,997	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8,7	10,5	3,09	0,04	0,00	SI	19,00	-	-	-	-	-	-	31	31	28	32	34	37	40	10,13	16,21	
10,5	16,2	6,20	0,06	-0,04	S	20,00	-	-	-	-	-	-	43	32	29	33	36	38	41	16,73	26,42	
16,2	20,0	1,37	0,04	0,17	Al-La	18,00	52	2	5	4,25	28,59	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

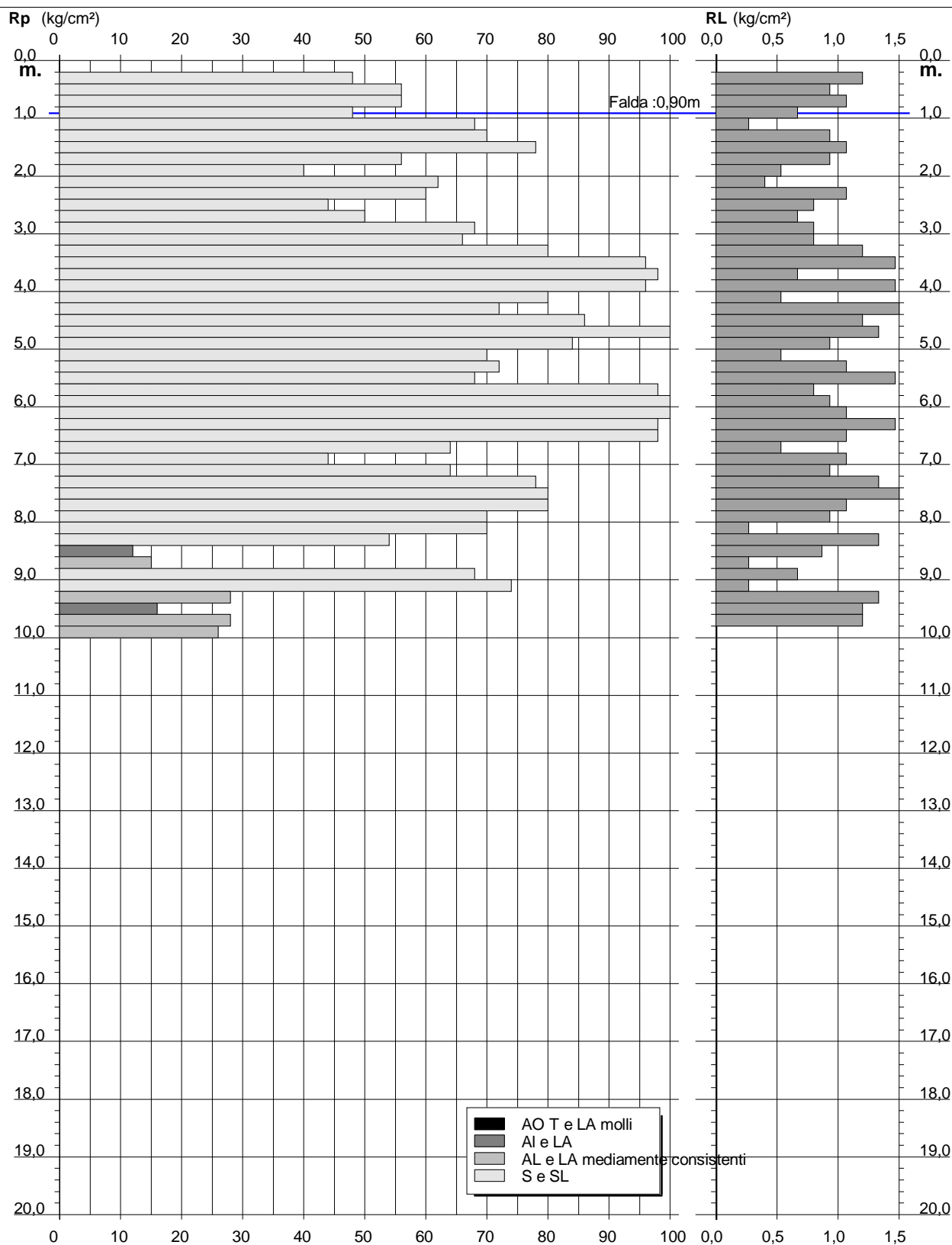
## DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : Fratelli Benazzi s.r.l.  
 - lavoro : Capannone  
 - località : Caprile

- data : 02/10/2003  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 0,90 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

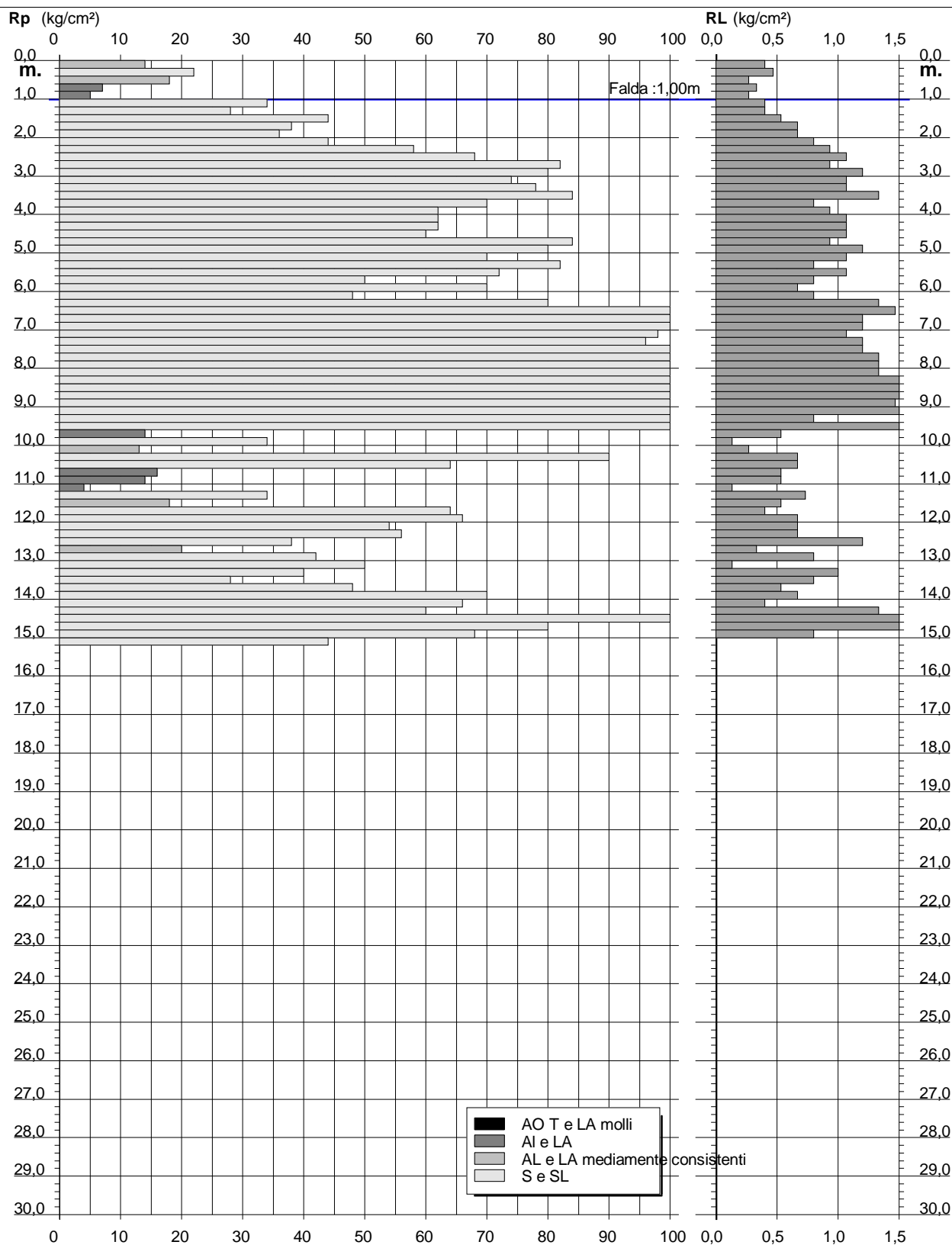
## DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : F.lli Benazzi  
 - lavoro : Capannone  
 - località : Caprile -FE-  
 - note : presenza di torbe a -1,0/1,2 m da p.c.

- data : 30/03/2007  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,00 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 150

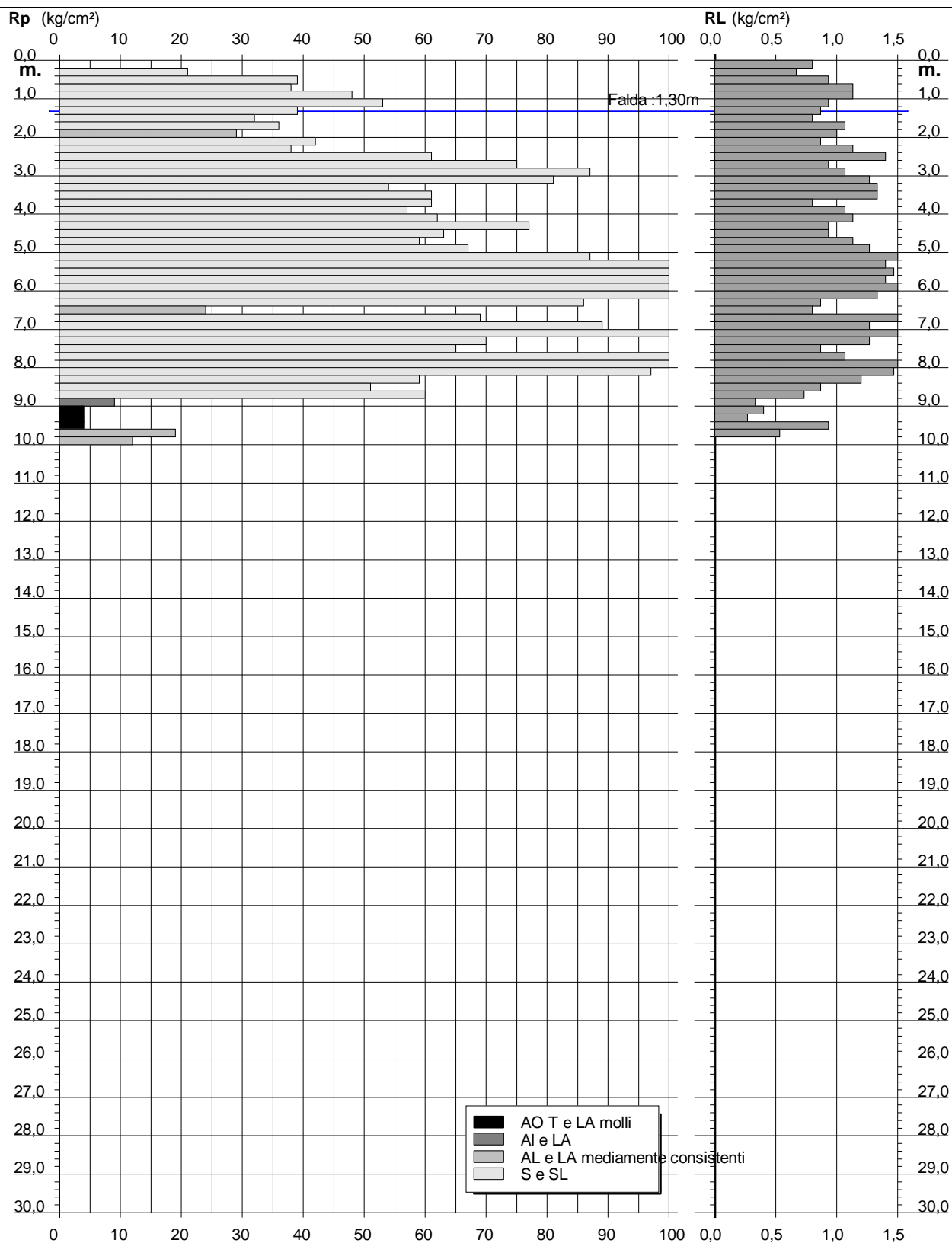


**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 2**

2.010496-028

- committente : F.lli Benazzi  
- lavoro : Capannone  
- località : Caprile -FE-

- data : 18/04/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 150

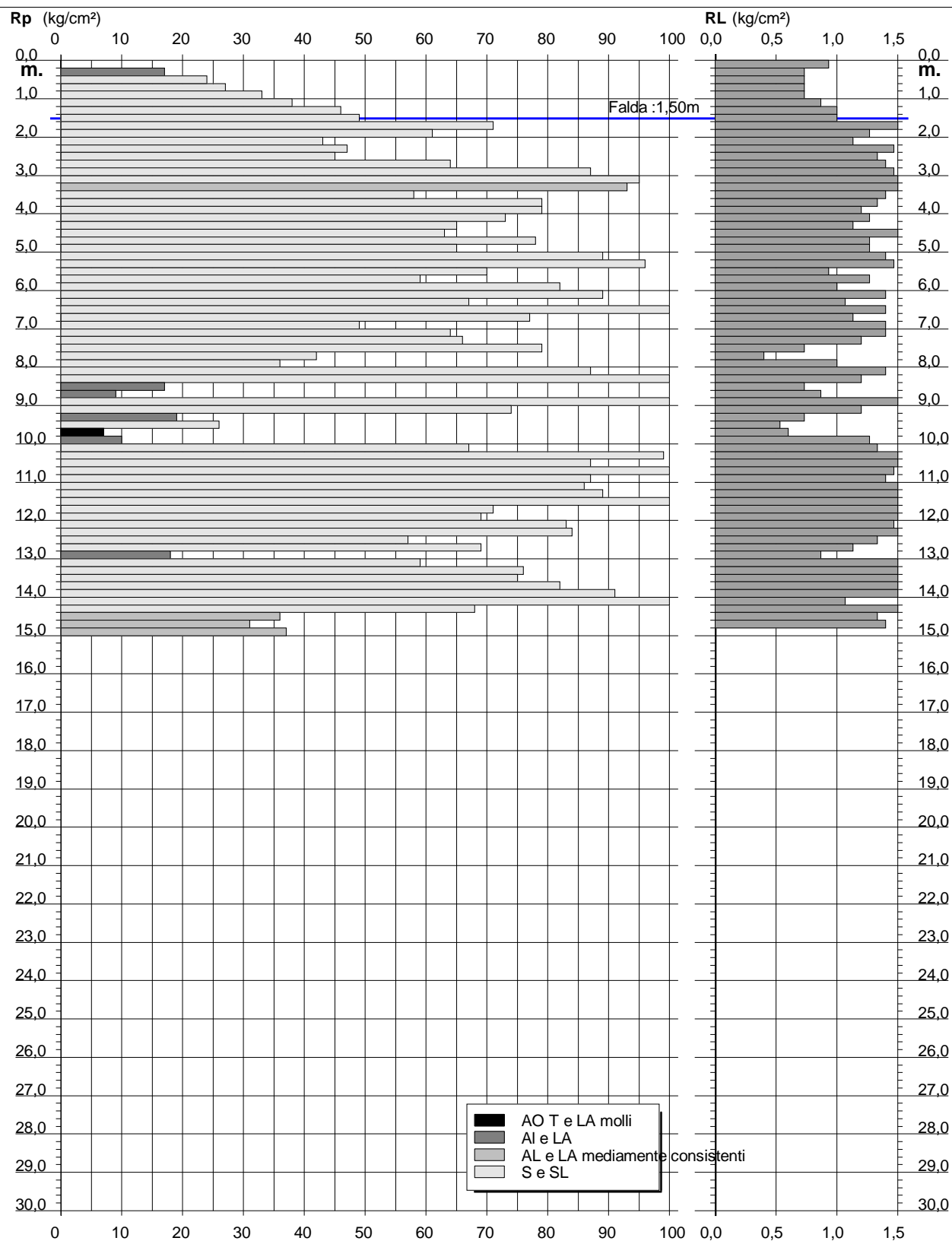


**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 3**

2.010496-028

- committente : F.lli Benazzi  
- lavoro : Capannone  
- località : Caprile -FE-

- data : 18/04/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 150

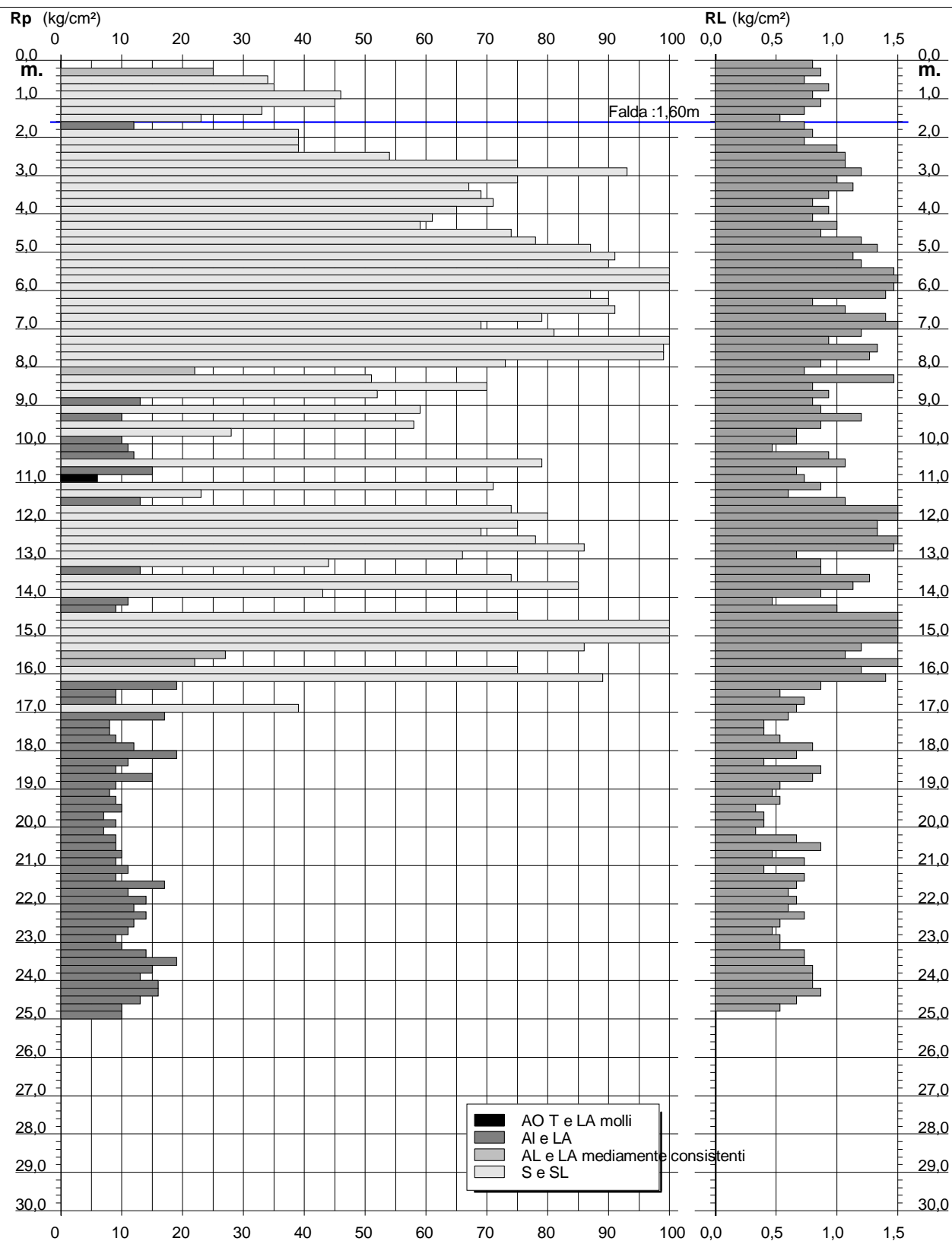


**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 4**

2.010496-028

- committente : F.lli Benazzi  
- lavoro : Capannone  
- località : Caprile -FE-

- data : 18/04/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,60 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 150



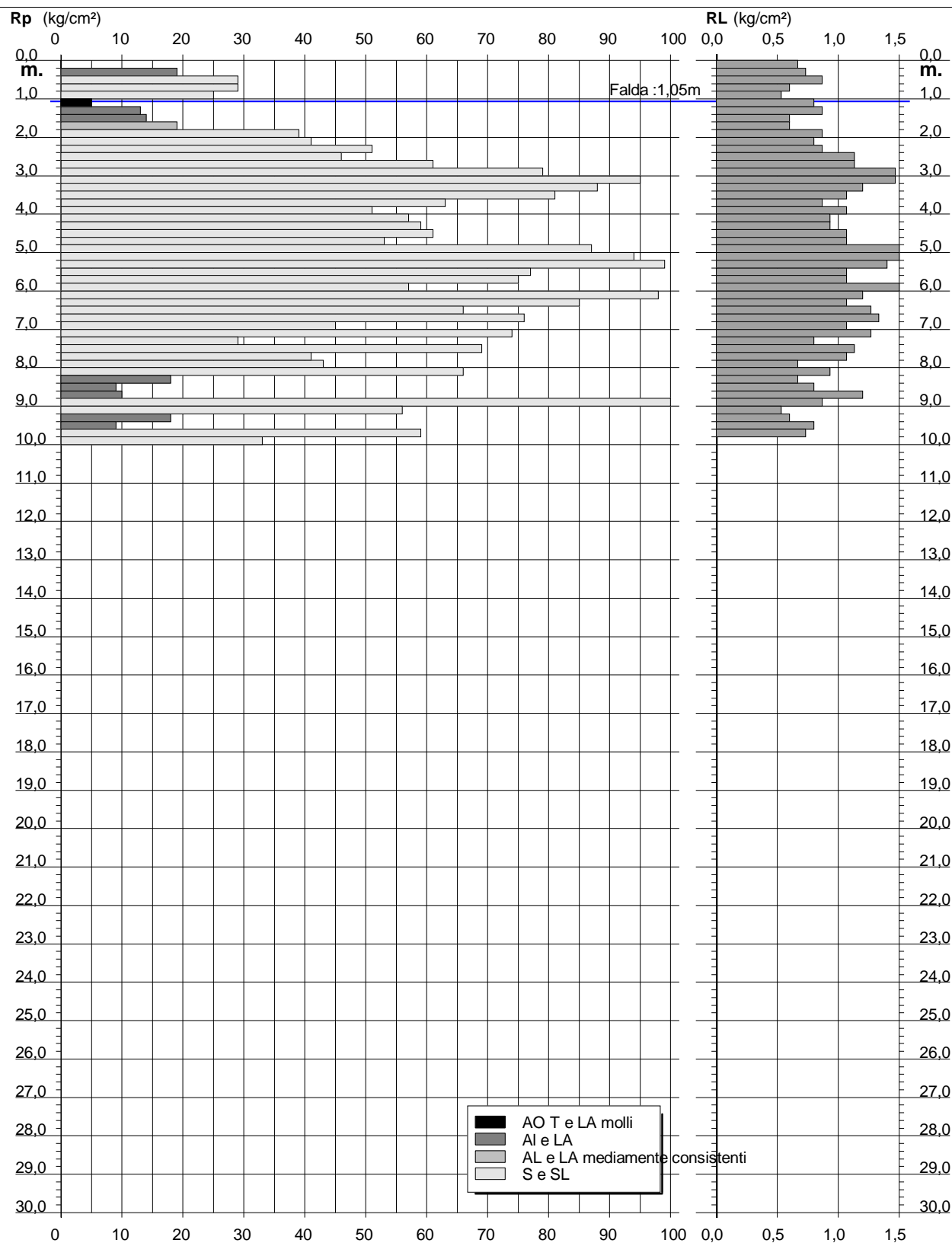


**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 5**

2.010496-028

- committente : F.lli Benazzi  
- lavoro : Capannone  
- località : Caprile -FE-

- data : 18/04/2007  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,05 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 150



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-028

- committente : F.lli Benazzi  
 - lavoro : Capannone  
 - località : Caprile Fe  
 - note : possibile rimaneggiamento fino a 2,40

- data : 10/11/2011  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,10 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 150

