

**Consorzio di Bonifica PIANURA di FERRARA**

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28  
 Codice Fiscale 93076450381  
 Tel.: 0532.218211 - Fax: 0532.211402  
 E-mail: info@bonificaferrara.it



**Comune di Copparo  
 Provincia di Ferrara**

**COSTRUZIONE NUOVA CHIAVICA COCCANILE  
 SUL CANALE NAVIGLIO  
 IN COMUNE DI COPPARO**

CUP: J65B18001370005

**Progetto esecutivo**

Oggetto dell'elaborato:

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

Redatta da SYNTHESIS Srl - Dr. Geol. Emanuele Stevanin

Elab. n°

**1.2**

Pos. arch.

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

Data:  
**18/7/2019**

IL PROGETTISTA  
 (Dott. Ing. Valeria Chierici)

Scala:



Elab.:

IL RESPONSABILE  
 DEL PROCEDIMENTO  
 (Geom. Marco Ardizzoni)

Aggiornamenti:

I COLLABORATORI TECNICI  
 Ing. Dario Bernardi

File:





**Synthesis** s.r.l.

Piazza del Popolo, 13 int. 5  
44034 Copparo (Ferrara)  
tel. 0039 0532 860546  
fax 0039 0532 091680  
info@synthesisr.com

**REGIONE EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI FERRARA  
COMUNE DI COPPARO**



**CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

**Via Borgo dei Leoni civ. 28**

**44121 - Ferrara**

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA  
SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE**

**- MODELLO GEOLOGICO E SISMICO -**

**- MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE -**

Tecnico incaricato

**Dr. Geol. Emanuele Stevanin**

Collaboratrice

**Dr. Geol. Emma Biondani**



Località

**Comune di Copparo (FE) – frazione Coccanile – Canale Naviglio**

Data


**8 gennaio 2019**

Rif. 100/18-ES-Rev00

## **INDICE**

<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>1. INQUADRAMENTO GENERALE</b>	<b>4</b>
1.1. Ubicazione del sito	4
1.2. Scopo dello studio	4
1.3. Normativa di riferimento	4
<b>2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICO</b>	<b>7</b>
2.1. Unità geologiche, litologiche e strutturali	7
2.2. Storia geologica del territorio	11
2.3. Sismotettonica e sezioni sismogeologiche	12
2.4. Forme del terreno e caratteri geomorfologici	15
2.5. Subsidenza	18
2.6. Rischio geologico	18
2.7. Caratteri idrogeologici e idrologici – Rilievo topografico	18
2.8. Campagna di indagini	24
2.8.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO E CON PIEZOCONO SISMICO (SCPTU E CPTU)	24
2.8.2. INDAGINE GEOFISICA	25
2.8.3. RILIEVO TOPOGRAFICO	25
2.9. Campagna geognostica - Risultati	31
2.9.1. CARATTERI LITOLOGICI – PROVE SCPTU/CPTU	31
2.9.1.1. <i>Modalità di valutazione</i>	31
2.9.1.2. <i>Definizione delle unità litotecniche</i>	33
2.9.2. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA	38
2.9.2.1. <i>Tecnica HVSR</i>	38
2.10. Analisi vincolistica	40
2.10.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO	40
2.10.2. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	40
2.10.3. PIANO TERRITORIALE PER IL COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.)	41
2.11. Pericolosità e Fattibilità del Piano Strutturale Comunale	44
2.12. Aspetti geodinamici e sismicità	46
2.12.1. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO – APPROCCIO SEMPLIFICATO	51
2.12.1.1. <i>Misura della velocità delle onde Vs e definizione categoria del suolo</i>	52
2.12.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	52
2.12.3. PARAMETRI SISMICI DEFINITI IN BASE ALLE “AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 (DM 17/01/2018)”	53
2.12.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI	58
2.12.4.1. <i>Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma</i>	59
2.12.4.2. <i>Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale</i>	61
2.12.4.3. <i>Fattori predisponenti: Profondità della falda</i>	62
2.12.4.4. <i>Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno</i>	62
2.12.4.5. <i>Fattori predisponenti: Composizione granulometrica</i>	63
2.12.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO	65
2.13. Note e prescrizioni	84
<b>3. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE</b>	<b>85</b>
3.1. Problemi geotecnici e programma di indagini	85



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

<b>3.2. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni</b>	<b>85</b>
<b>3.2.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE</b>	<b>85</b>
<b>3.3. Considerazioni conclusive</b>	<b>91</b>

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

## PREMESSA

Su incarico del **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**, con sede in Ferrara – Via Borgo dei Leoni civ. 28 e su indicazioni dei Tecnici **Ing. Valeria CHERICI** e **Ing. Dario BERNARDI**, è stato predisposto il presente studio a supporto del progetto per la realizzazione di una chiusa con paratoie piane sul Canale Naviglio presso Coccanile di Copparo (Fe).

Al fine di raccogliere informazioni specifiche del sito ed in linea con la normativa tecnica vigente, sono state effettuate alcune indagini geognostiche e sismiche in corrispondenza della futura chiavica.

Le indagini sono state effettuate anche al fine di integrare le conoscenze derivanti dai dati bibliografici a disposizione, con lo scopo di ricavare informazioni integrative in merito alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici ed alla pericolosità geologica del sito in esame, nonché per ricostruire il modello geologico, il modello sismico e il modello geotecnico preliminare relativo al sito.

Le modalità d'indagine condotte, ed i risultati ottenuti, sono descritti ed analizzati nel presente rapporto, costituito dalle seguenti parti principali:

- Parte Prima – Inquadramento generale
- Parte Seconda – Modello Geologico e Sismico
- Parte Terza – Modello Geotecnico Preliminare

Lo scrivente è stato incaricato da Synthesis s.r.l. per la consulenza e la predisposizione del presente elaborato.

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

## 1. INQUADRAMENTO GENERALE

### 1.1. Ubicazione del sito

La nuova chiavica sarà realizzata in corrispondenza di un tratto del Canale Naviglio, immediatamente a nord rispetto alla frazione di Coccanile, in Comune di Copparo (Fe).

Più precisamente la sezione d'intervento è posta circa 900 mt a nord rispetto alla chiesa di Coccanile, circa 80 mt ad est/sud-est dalla Strada Provinciale 2bis, circa 70 mt a valle rispetto alla confluenza nel Canal Bianco e circa 27 mt a valle rispetto ad una chiavica esistente, la quale sarà sostituita da quella in progetto.

Per quanto riguarda l'inquadramento catastale, il sito in esame è individuabile nel Foglio 23 del Comune di Copparo.

Coordinate WGS84: Latitudine 44.931223°; Longitudine 11.876115°.

#### Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 1.1-1. Foto da satellite – Google Earth
- Figura 1.1-2. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 1.1-3. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000
- Figura 1.1-4. Estratto mappa catastale – scala grafica

### 1.2. Scopo dello studio

Con il progetto si prevede la costruzione di una chiusa con paratoie piane sul canale Naviglio. Tale opera sarà realizzata su platea di fondazione, con dimensioni pari a mt 5.90 x mt 17.00, a sua volta poggiante su pali in legno, previsti con lo scopo principale di consolidare il terreno di fondazione. In corrispondenza della murata centrale, sarà inoltre infissa una palancolata, destinata ad interrompere eventuali moti di filtrazione. Tale palancolata proseguirà anche lateralmente, oltre le sponde, al fine di interrompere eventuali moti di aggiramento laterale.

Sono previste due luci di larghezza pari a mt 2.50, con paratoie in acciaio inox, a doppio diaframma.

Per quanto riguarda le specifiche caratteristiche progettuali, si rimanda alle tavole di progetto.

### 1.3. Normativa di riferimento

A.G.I. “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini” (Giugno 1977)

D.P.R. 380/01 Testo Unico per l'Edilizia.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Ordinanza n. 3274*” e successive modifiche.

Delibera Assemblea Legislativa Prog. N. 112 oggetto 2131 02/05/2007 “*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*”

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti “*Norme tecniche per le Costruzioni*”, D. M. 14/01/2008.

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – C.S.LL.PP: *Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.*

Atti e delibere della Regione Emilia Romagna, successivi agli eventi sismici del maggio 2012.

D.G.R. 2193/2015

Decreto 17 gennaio 2018, n. 8 “*Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”*”

D.G.R. 1184/2018

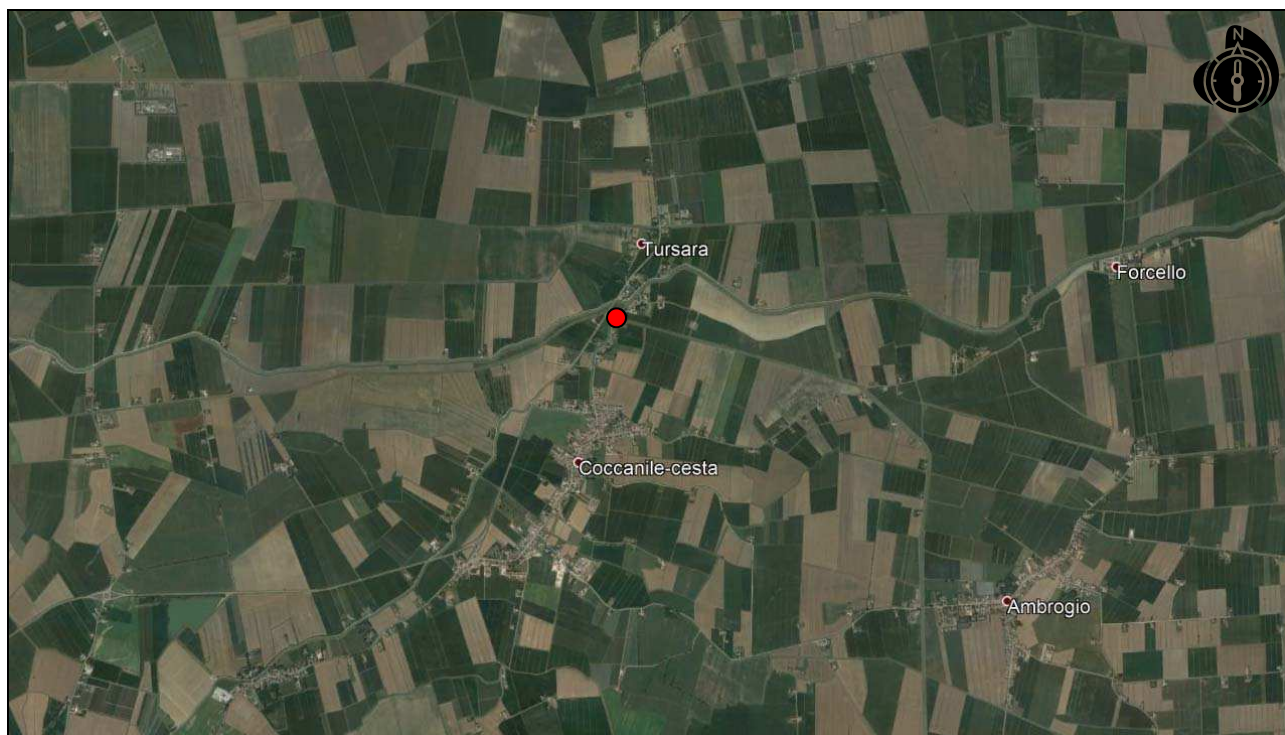


Immagine 1.1-1

Foto da satellite – Google Earth

● Ubicazione dell'area oggetto di studio

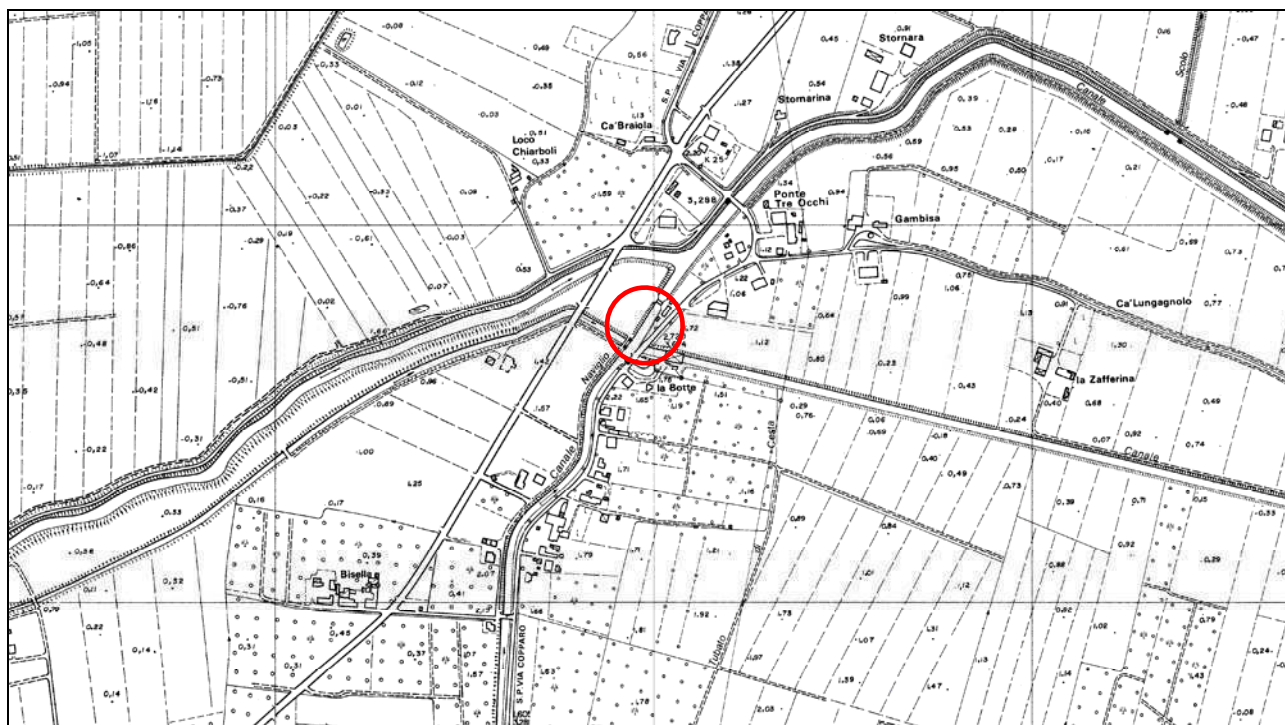


Figura 1.1-2

Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000

Ubicazione dell'area oggetto di studio (cartografia non aggiornata)



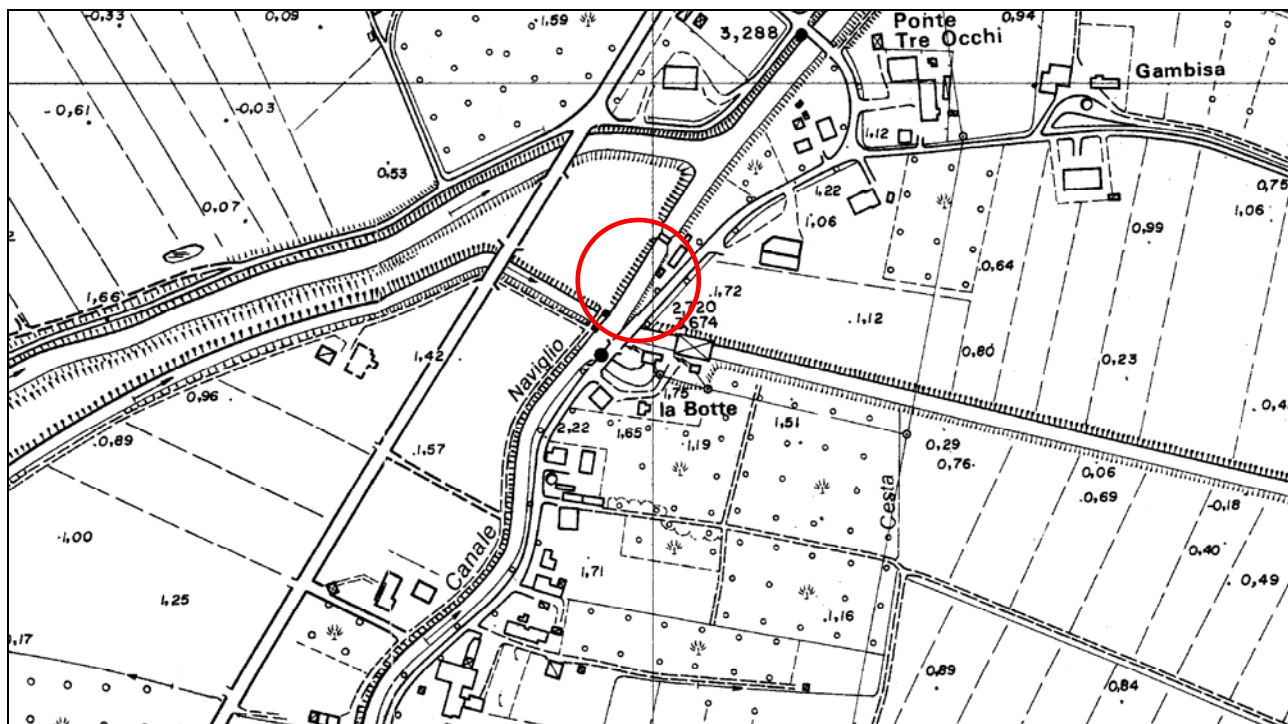


Figura 1.1-3  
**Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000**  
 Ubicazione dell'area in esame (cartografia non aggiornata)

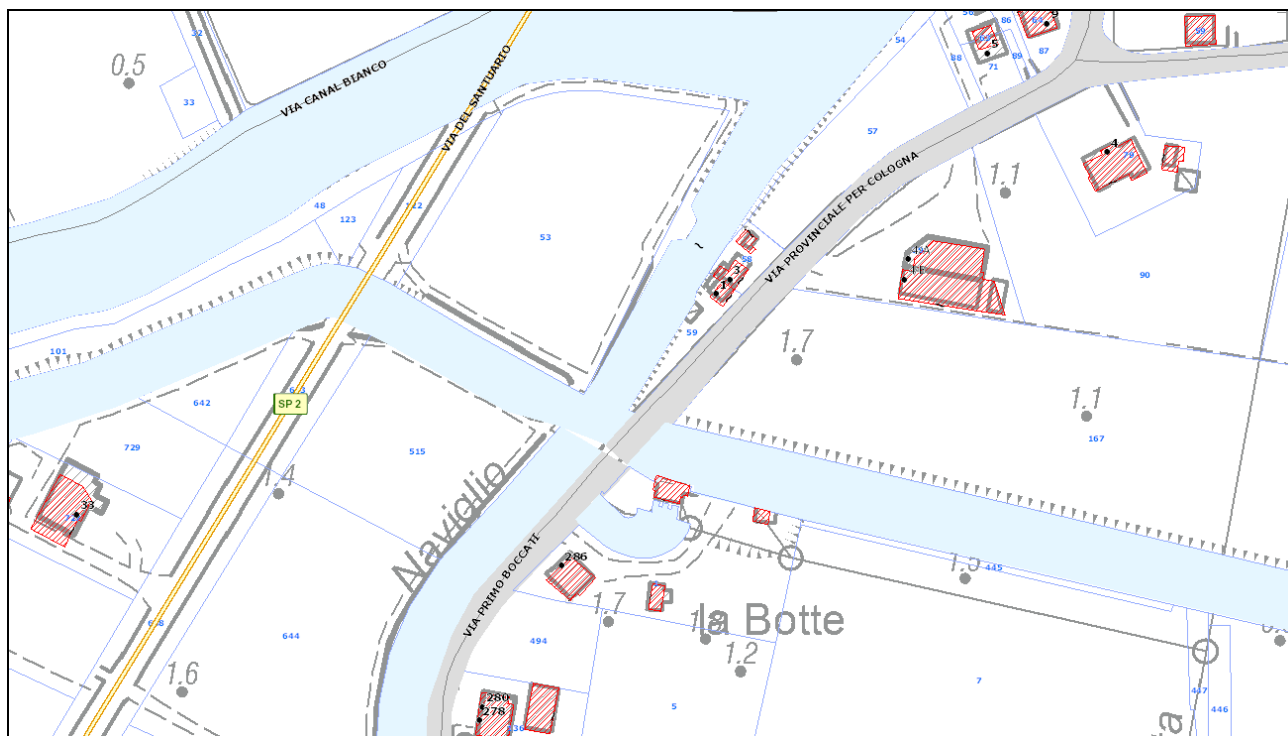


Figura 1.1-4  
**Estratto mappa catastale – scala grafica**  
 Comune di Copparo - Foglio 23

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

## 2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICO

L'analisi del contesto geologico in cui è inserita l'area in esame, è stata effettuata in primo luogo consultando gli studi, le cartografie esistenti a disposizione e le prove contenute nelle banche dati e, in secondo luogo, con le analisi e le elaborazioni delle prove effettuate nel corso del presente studio.

### 2.1. Unità geologiche, litologiche e strutturali

Il territorio dell'Emilia Romagna è costituito dal versante Padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a sud del Fiume Po; il limite regionale, infatti, coincide per lunghi tratti con lo spartiacque appenninico verso sud e con il corso del Po verso nord. Pur essendo due ambienti geomorfologici distinguibili, essi risultano strettamente correlati fra loro: il fronte della catena appenninica non coincide con il limite morfologico catena montuosa-pianura, ma è individuabile fra gli archi esterni delle Pieghe Emiliane e Ferraresi (Pieri & Groppi, 1981), sepolte dai sedimenti quaternari della Pianura Padana. Il fronte appenninico sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta, di conseguenza l'evoluzione del territorio dell'Emilia Romagna risulta strettamente legata ai cambiamenti del settore esterno della catena nord-appenninica (figura 2.1-1).

Come visibile dalla sezione geologica di figura 2.1-2, riportata nello schema tettonico dell'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2004) e che attraversa tutta la regione Emilia-Romagna, al di sotto dei depositi alluvionali della pianura sono presenti le stesse unità geologiche dell'Appennino, con il medesimo assetto tettonico a faglie e pieghe che caratterizza la catena.

In figura 2.1-3 si riporta il dettaglio della sezione di figura 2.1-2 dal quale si evince che al di sotto della pianura che si estende da Bologna a Ferrara, le faglie inverse profonde arrivano a dislocare anche le unità più recenti e superficiali. Queste faglie sono strutture tettonicamente attive e sono certamente accompagnate da altre faglie e fratture di importanza minore, come si deduce anche dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (figura 2.1-4).

Nel caso specifico, l'area in esame vede la presenza (Figura 2.1-5):

- di alcune isobate della base del Pliocene, poste alla profondità di mt 2.500, ubicate in direzione est/sud-est ed ovest;
- di alcuni sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dedotti, ubicati in direzione nord, est e sud-ovest.

Dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe si evince che l'area di studio, posta in corrispondenza di una zona delineata dalle isobate -250 mt e -300 s.l.m. della base del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore, vede una struttura tettonica attiva, nello specifico un fronte di sovrascorrimento sepolto in direzione sud-ovest e una struttura tettonica potenzialmente attiva, nello specifico una faglia sepolta in direzione est (Figura 2.1-4).

#### Supporti grafici:

- Figura 2.1-1. Schema tettonico dell'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2004)
- Figura 2.1-2. Sezione geologica profonda dal crinale appenninico al Po (traccia in figura 2.1-1)
- Figura 2.1-3. Dettaglio della sezione di figura 2.1-2
- Figura 2.1-4. Estratto della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna e aree limitrofe
- Figura 2.1-5. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna

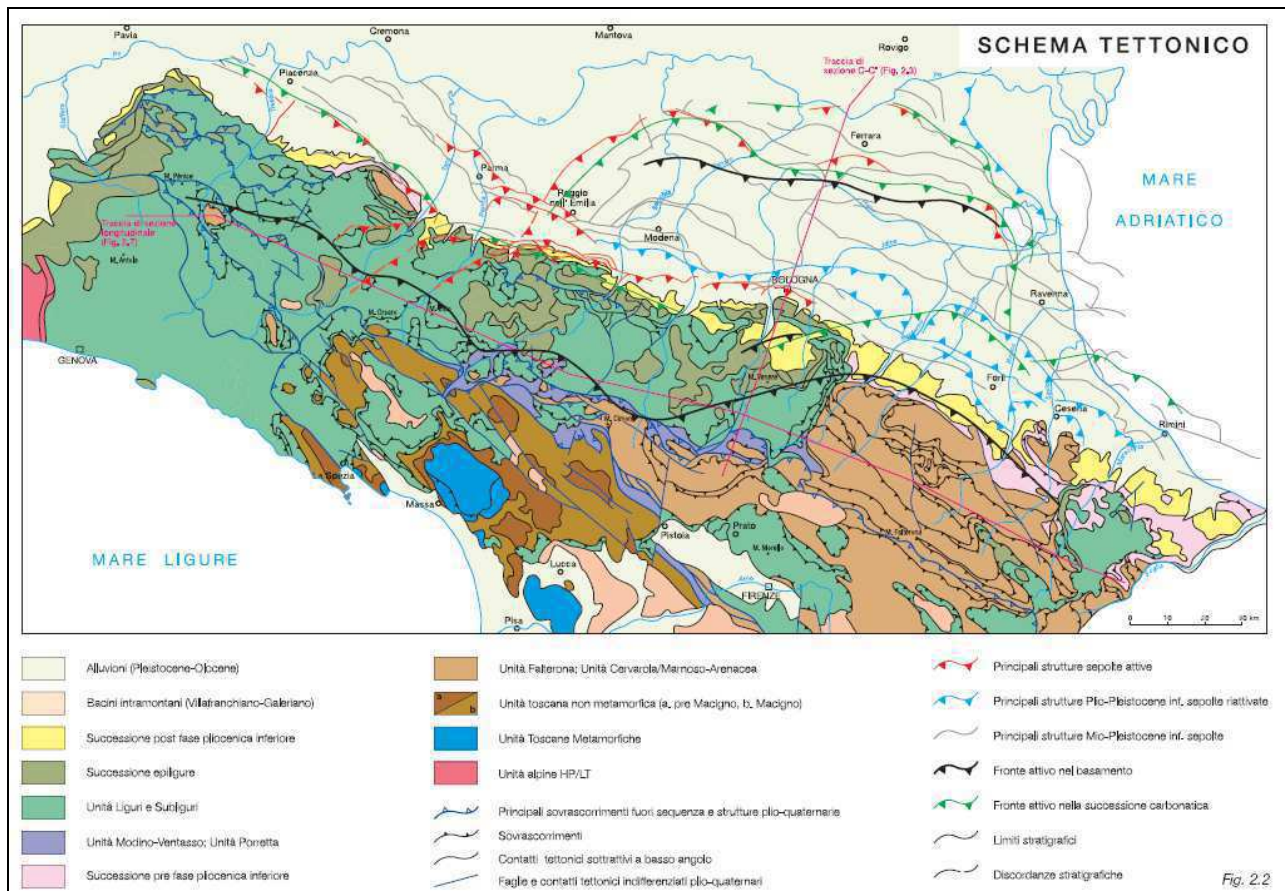


Figura 2.1-1  
 Schema tettonico dell'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2004)

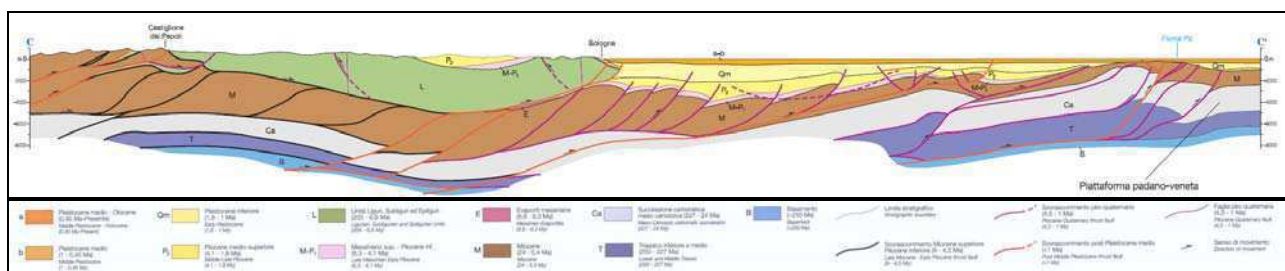


Figura 2.1-2  
 Sezione geologica profonda dal crinale appenninico al Po (traccia in figura 2.1-1)



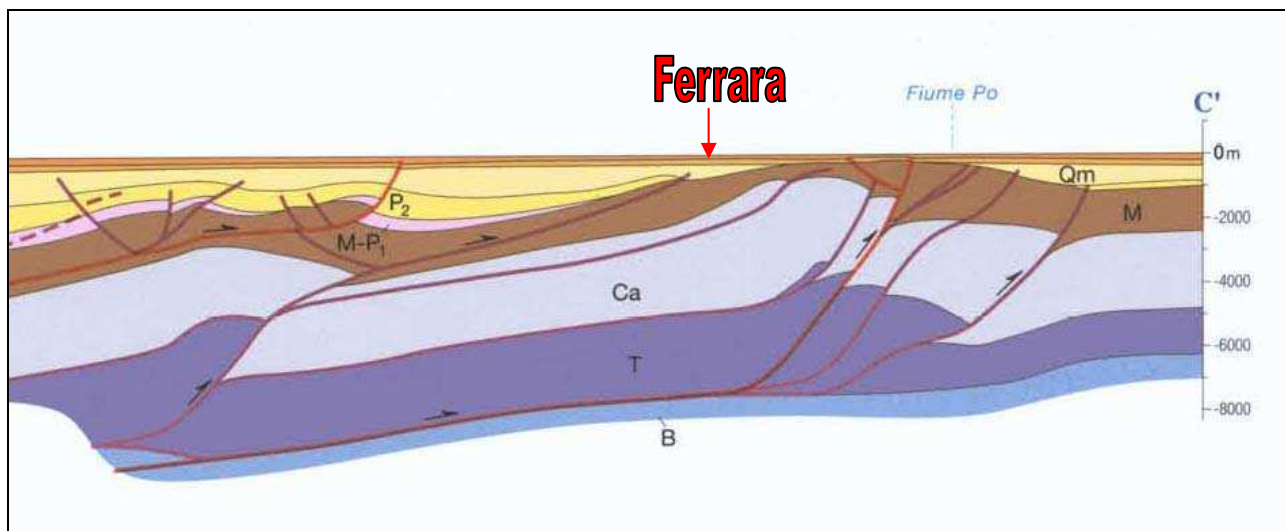


Figura 2.1-3  
 Dettaglio della sezione di figura 2.1-2

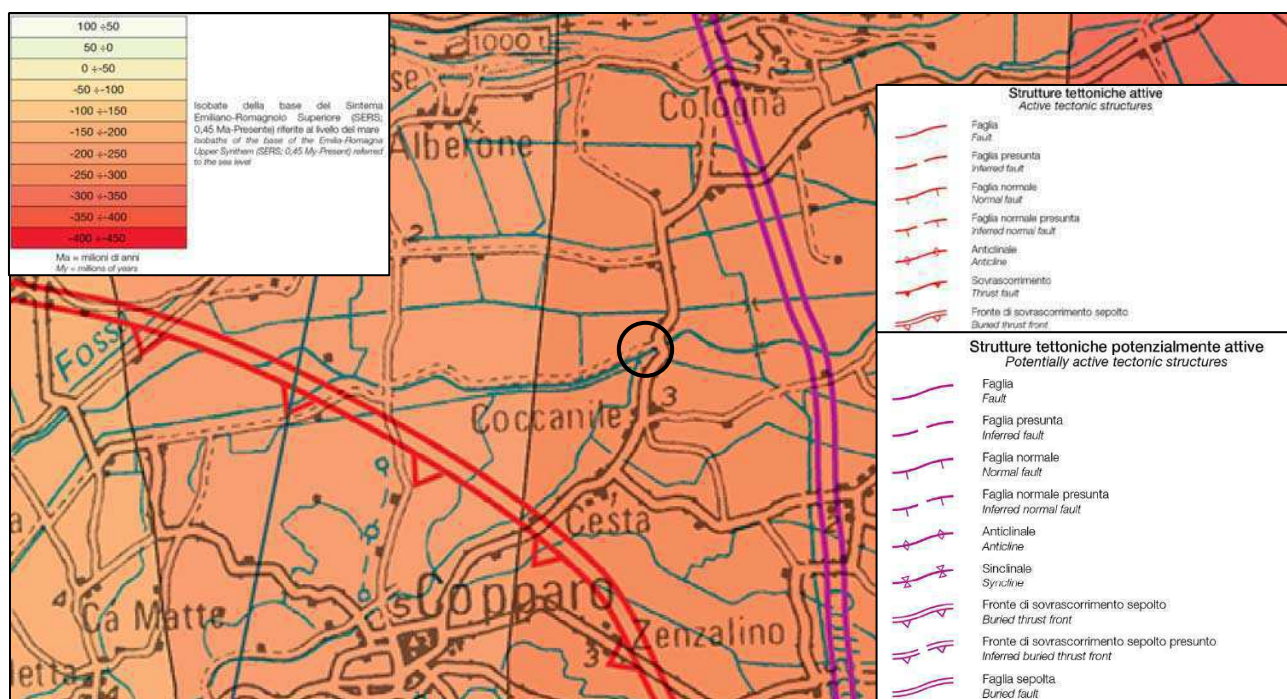


Figura 2.1-4  
 Estratto della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna e aree limitrofe



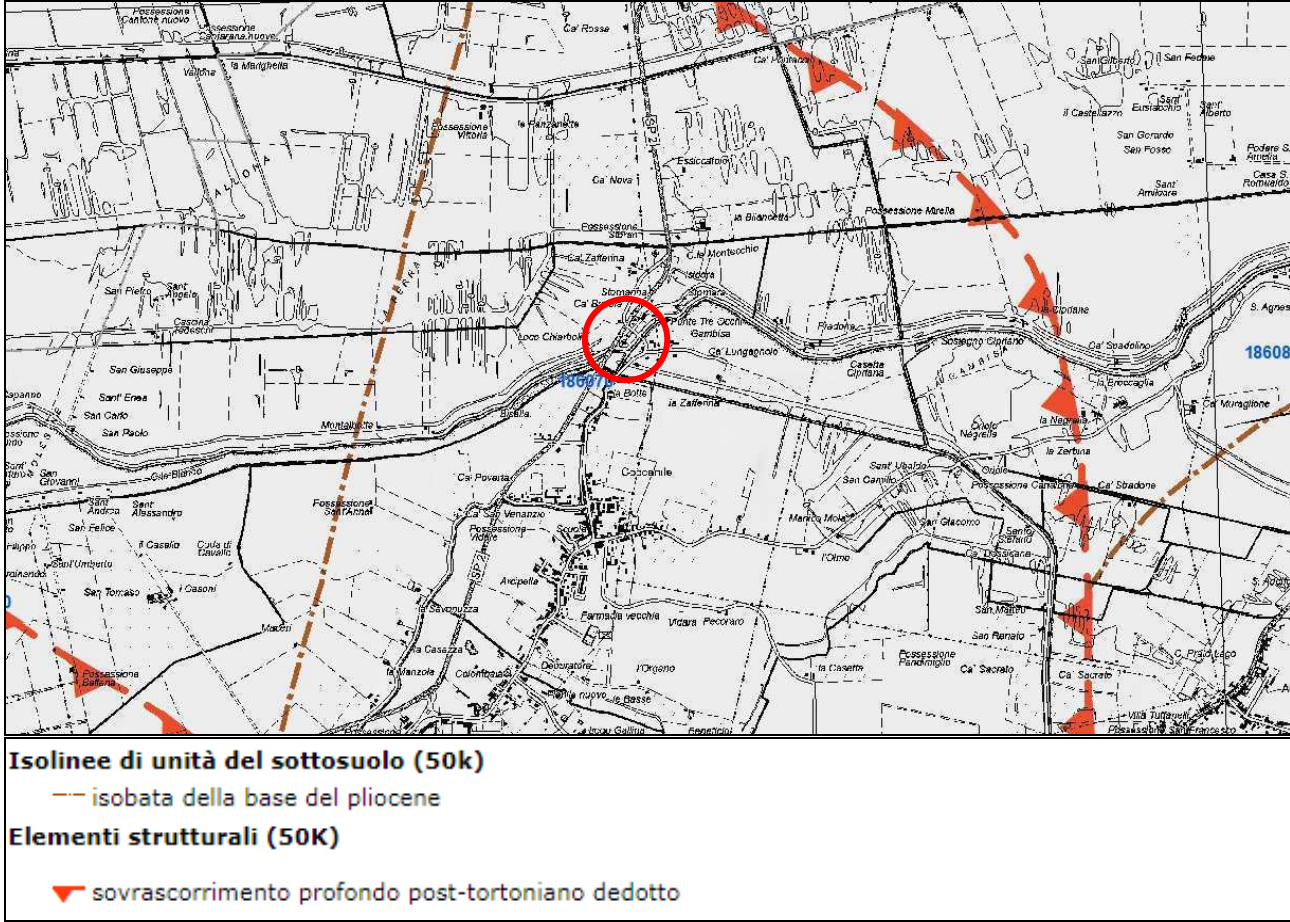


Figura 2.1-6  
**Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala grafica**  
 (da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna – Servizio geologico sismico e dei suoli)

## 2.2. Storia geologica del territorio

Per quanto riguarda la situazione geologica locale, i dati bibliografici, nello specifico la carta di pianura della Regione Emilia-Romagna, evidenziano come il sito sia ubicato in corrispondenza di depositi di canale distributore, argine e rotta.

In base a quanto riportato nelle note relative alla cartografia geologica interattiva del sito della Regione Emilia Romagna, dal punto di vista geologico l'area in esame è posta a nord del Sintema emiliano - romagnolo superiore - Subsistema di Ravenna – unità di Modena (AES8a), in un'area cartograficamente non coperta con gli stessi criteri.

### Supporti grafici:

- Figura 2.2-1. Sezione geologica del sottosuolo tra il margine appenninico e la Pianura Padana
- Figura 2.2-2. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna

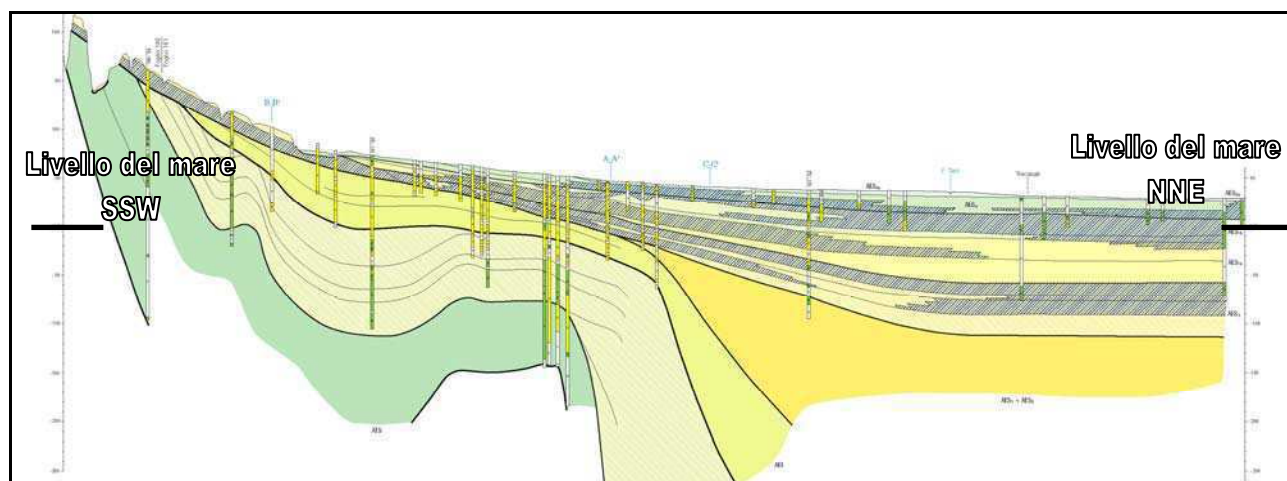


Figura 2.2-1  
**Sezione geologica del sottosuolo tra il margine appenninico e la Pianura Padana**  
(da Regione Emilia Romagna – Servizio geologico, sismico e dei suoli)

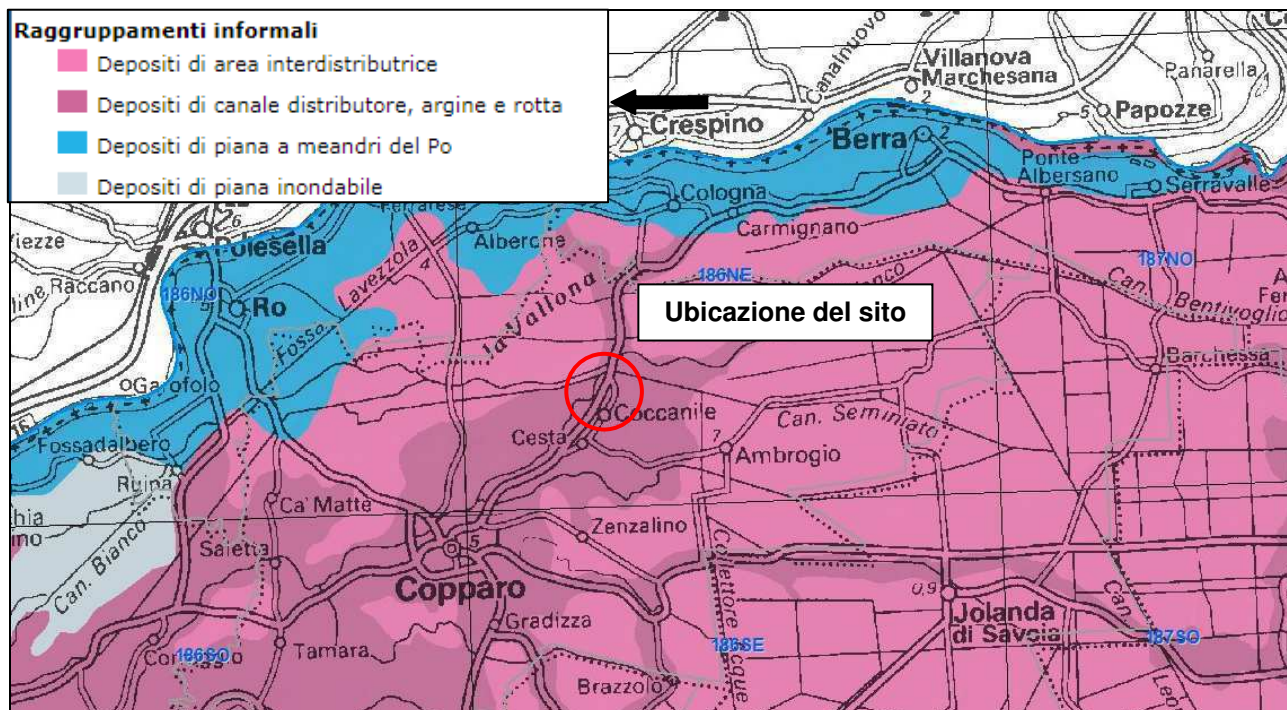


Figura 2.2-2

**Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala grafica**

(da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna – Servizio geologico sismico e dei suoli)

**2.3. Sismotettonica e sezioni sismogeologiche**

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, garantiscono l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive. L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna, evidenzia come questa sia costituita da strutture caratterizzate da attività da molto recenti ad attuali.

Le faglie derivanti dai movimenti dei sovrascorrimenti appenninici quindi, danno origine alle manifestazioni sismiche che interessano la Regione.

Il Comune di Copparo, in base alla più recente zonazione sismogenetica pubblicata ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), nella quale vengono individuate per tutto il territorio Italiano n. 42 zone – sorgente identificate con un numero da 901 a 936 o con una lettera da A a F, ricade all'esterno delle zone sismogenetiche. (Figura 2.3-1)

L'area in esame risulta individuabile sul sistema di pieghe ferraresi, in una zona posta all'esterno delle sorgenti sismogenetiche composte, come visibile in Figura 2.3-2.

La storia sismica del territorio si evince anche dalle immagini di seguito riportate, in particolare in fig. 2.3-4, e dalla lettura dei dati scaricabili da INGV Centro Nazionale Terremoti e relativi agli eventi sismici registrati, a partire da aprile 2005, in un raggio di 50 Km rispetto al comune di Copparo.

Supporti grafici:

- Figura 2.3-1. Zonazione sismogenetica ZS9
- Figura 2.3-2. Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su DISS 3.2.1
- Figura 2.3-3. Eventi registrati a partire dal 2005, in un raggio di 50 km rispetto al sito
- Figura 2.3-4. Grafico eventi della storia sismica di Copparo al 01.2012



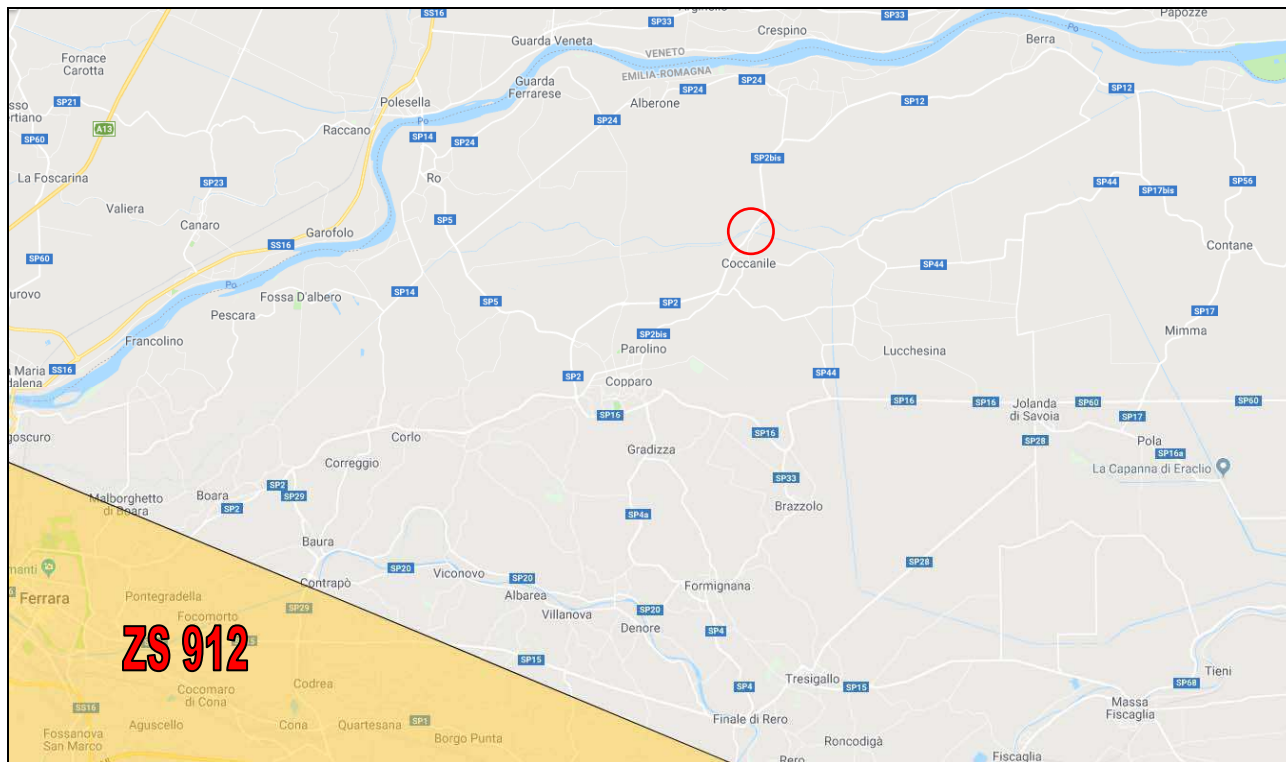


Figura 2.3–1  
 Zonazione sismogenetica ZS9

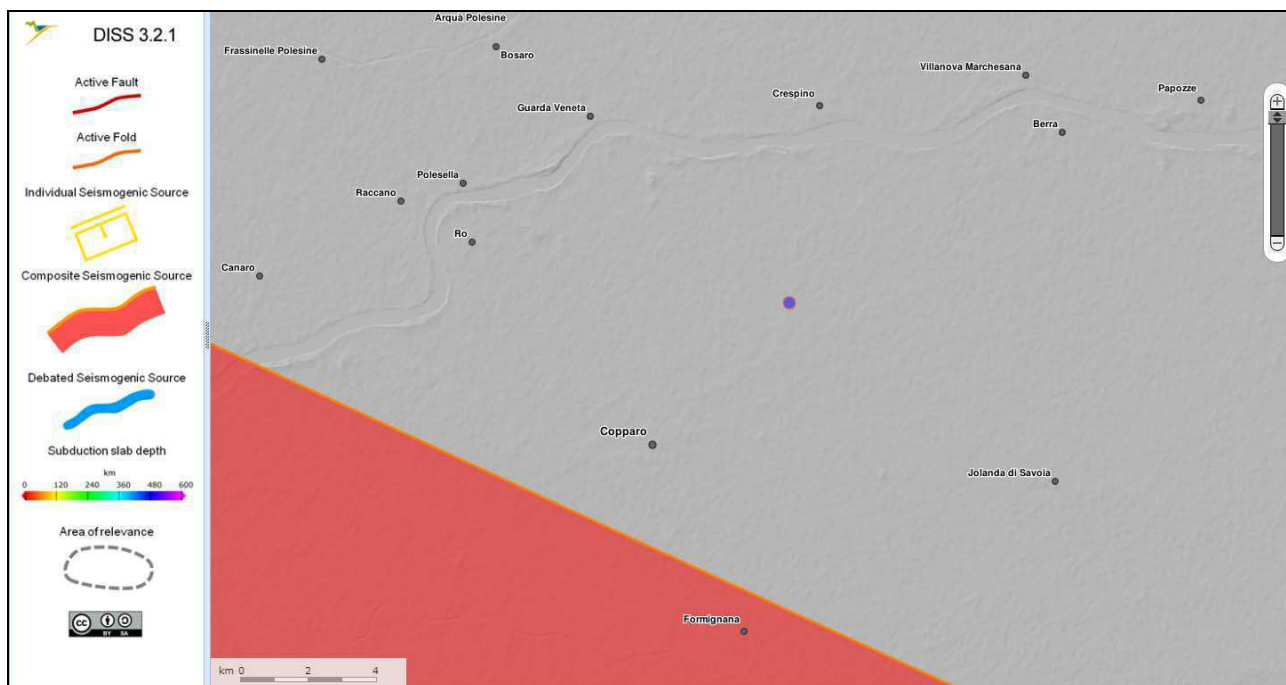


Figura 2.3–2  
 Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su DISS 3.2.1

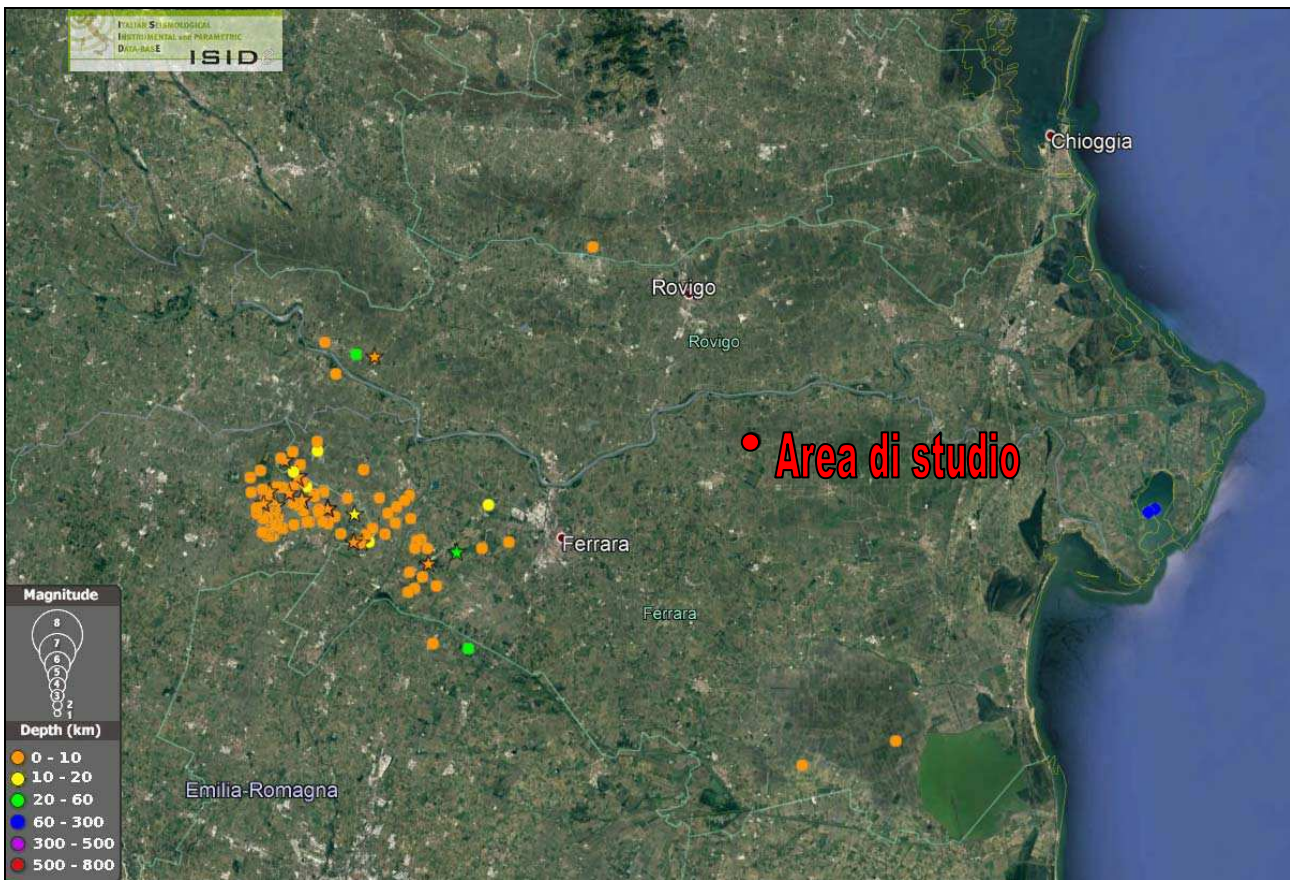


Figura 2.3-3  
 Eventi registrati in un raggio di 50 km rispetto al sito a partire dal 2005 - (Fonte INGV)

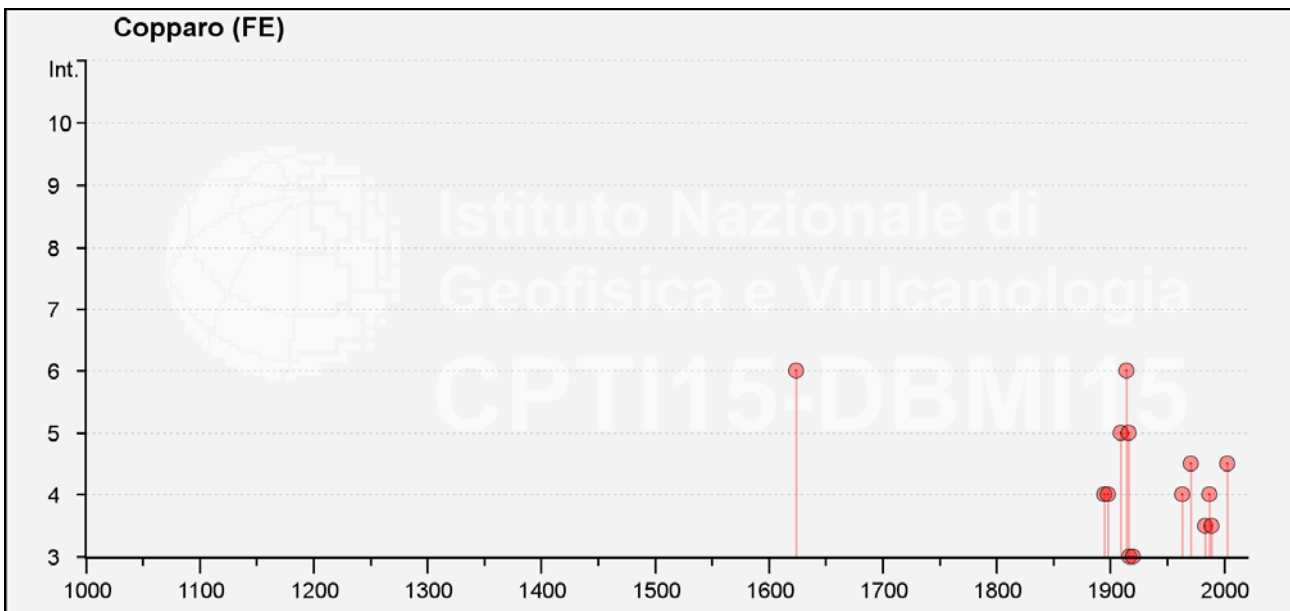


Figura 2.3-4  
**Grafico eventi della storia sismica di Copparo**  
 (da [http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_place/](http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/))

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

## 2.4. Forme del terreno e caratteri geomorfologici

L'area oggetto di studio è localizzata nella bassa Pianura Padana e, quindi, la lettura dei caratteri geomorfologici può essere effettuata utilizzando i supporti cartacei a disposizione, integrati dalla conoscenza della zona derivante dalle indagini riportate e descritte nella presente e di altre effettuate nei pressi.

Dall'analisi delle cartografie disponibili risulta che il sito di studio è localizzato all'interno di un'area suborizzontale, con quote prossime a circa +1.70 mt rispetto al l.m.m.

Come si vedrà in seguito, le analisi delle indagini geognostiche effettuate evidenziano la prevalenza di sedimenti originatisi in seguito ad eventi a bassa o nulla energia idrodinamica (depositi alluvionali), caratterizzati da terreni coesivi su sedimenti originatisi in seguito ad eventi a medio-alta energia idrodinamica (dinamica fluviale), caratterizzati da depositi di terreni coesivo-granulari, secondariamente granulari.

In figura 2.4-3 sono riportati i grafici degli andamenti delle resistenze alla punta delle due indagini eseguite, per un primo inquadramento litologico.

Le caratteristiche individuate si possono leggere in parte anche sulla Carta Geomorfologica della Pianura Padana, nella quale si rilevano le seguenti forme e depositi fluviali:

- tratti di pianura alluvionale sabbiosi;
- tracce di dossi fluviali poco pronunciati o a forte pendenza longitudinale.

Dallo stralcio della Carta Geomorfologica di dettaglio della Provincia di Ferrara si osserva come, nello specifico, il sito in oggetto risulti localizzato in corrispondenza di un'area priva di particolari elementi geomorfologici, al margine di un paleoalveo.

### Supporti cartografici

- Figura 2.4-1. Carta Geomorfologica della Pianura Padana – scala 1:250.000
- Figura 2.4-2. Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara - scala 1:10.000
- Figura 2.4-3. Grafici andamento resistenza alla punta – SCPTU1 e CPTU2



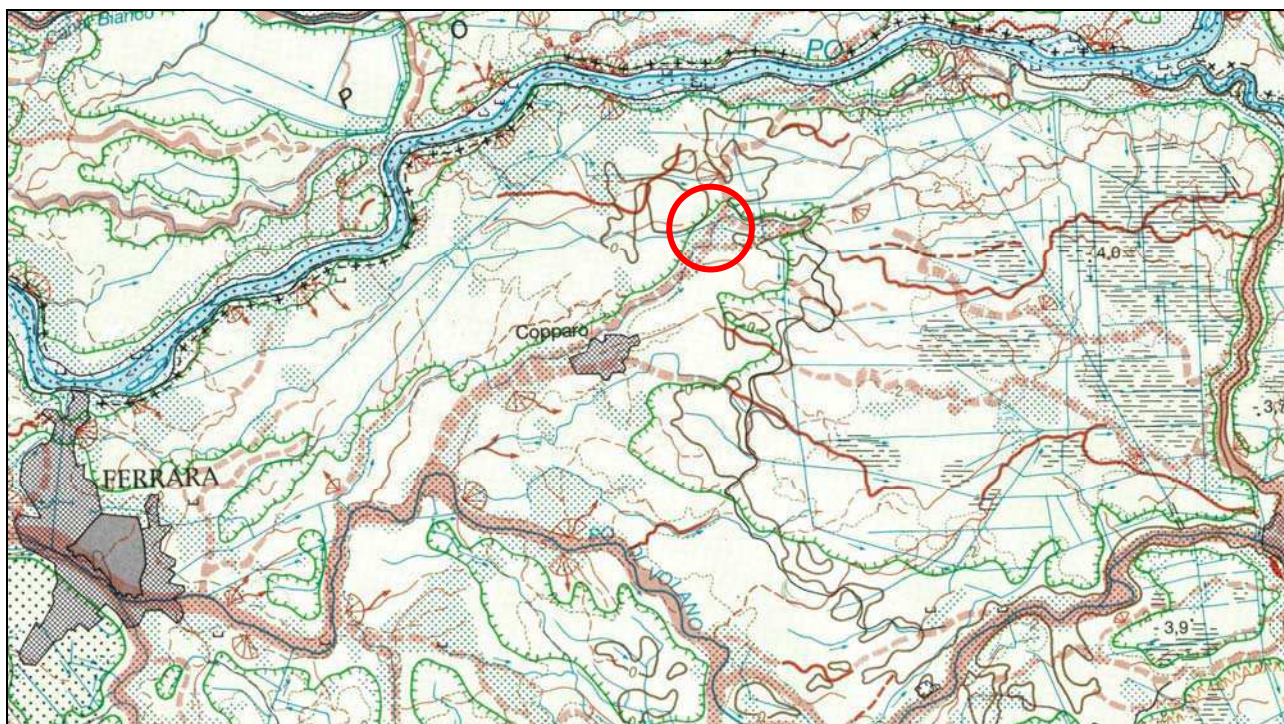


Figura 2.4-1  
**Stralcio della Carta Geomorfologica della Pianura Padana**  
Scala 1:250.000

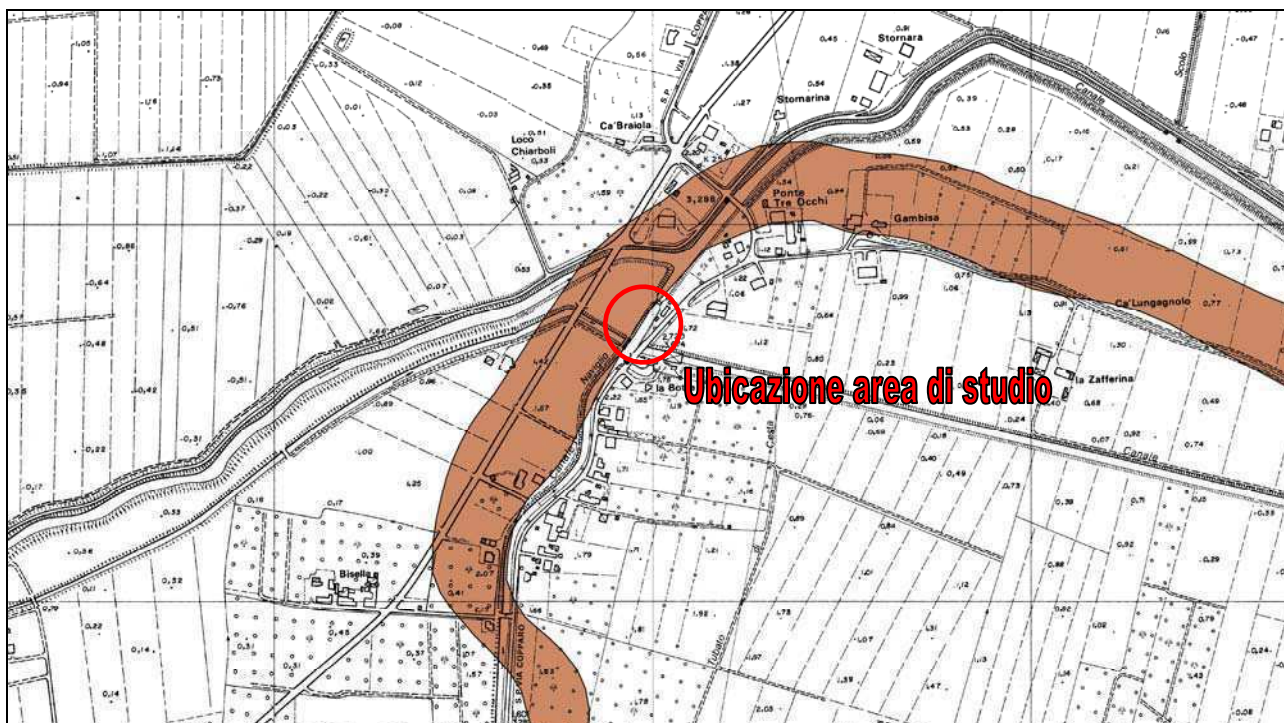


Figura 2.4-2  
**Stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara**  
Scala 1:10.000



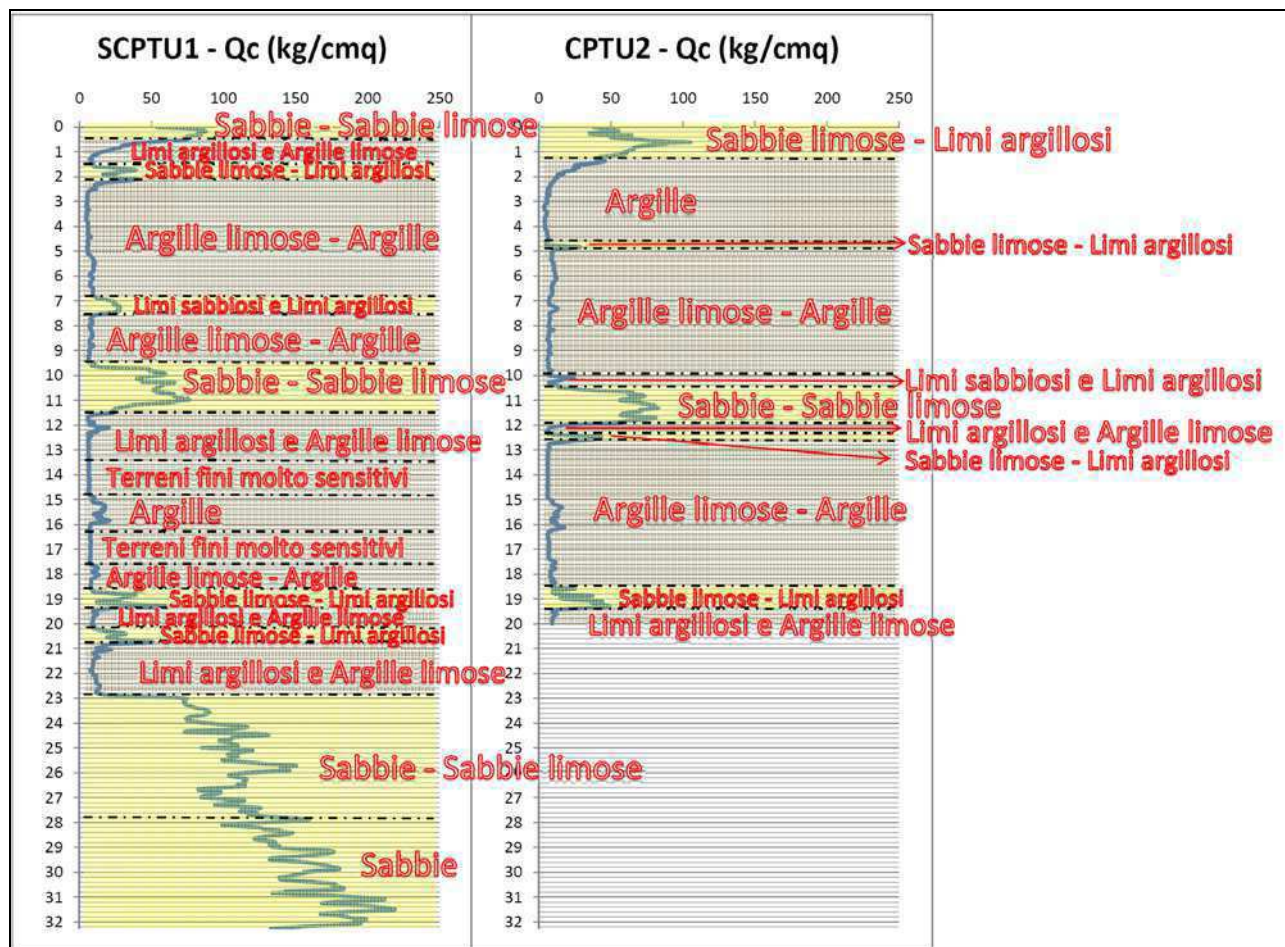


Figura 2.4-3

Grafici andamento resistenza alla punta – SCPTU1 e CPTU2



## 2.5. Subsidenza

In base agli studi messi a disposizione da Arpae, si evidenzia come l'area di studio ricada in corrispondenza di una zona con velocità di movimento verticale del suolo variabile da mm -2.5 a mm 0 all'anno, considerando le isocinetiche relative al periodo di tempo 2011/2016, come si evince dalla cartografia in figura 2.5-1.

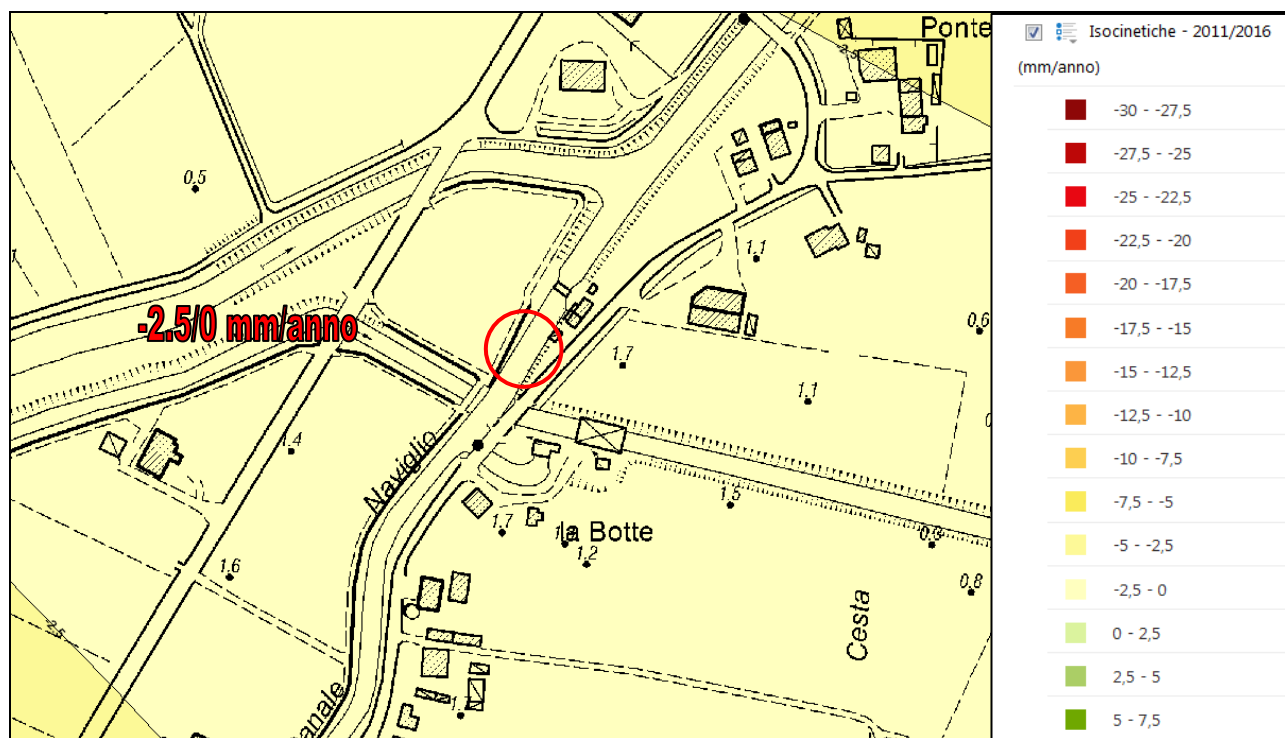


Figura 2.5-1

Stralcio della cartografia delle velocità di movimento verticale del suolo; elaborata dall'ARPAE Emilia-Romagna (<http://serviziqis.arpa.emr.it/Geovistaweb/default.aspx>)

## 2.6. Rischio geologico

L'area oggetto di studio ricade all'interno di un vasto territorio di pianura, nel quale non sussistono quindi rischi legati a movimenti di versante, erosioni o sismicità connessa a fenomeni vulcanici. Per quanto riguarda i rischi legati a problematiche di tipo idrogeologico e sismico, si rimanda ai paragrafi specifici di seguito riportati.

## 2.7. Caratteri idrogeologici e idrologici – Rilievo topografico

Ad interpretazione della situazione idrogeologica locale va innanzitutto segnalato come, dal punto di vista idrogeologico, si intenda acquifero *“una formazione idrogeologica permeabile che permette il deflusso significativo di una falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d'acqua con mezzi economici”*.

In base alla definizione sopra riportata, la falda deve quindi avere un deflusso, il quale dovrà essere caratterizzato da spostamenti a prevalente componente orizzontale. Tale definizione è assunta dalla

Delibera del 4 Febbraio 1977 che definisce “falda superficiale” un serbatoio d’acqua sotterranea che ha contatti diretti con le acque di superficie, presumendone quindi un flusso.

Nei fori residuali delle indagini eseguite, alla data di esecuzione delle stesse è stata misurata la quota della falda (o superficie di saturazione), alle profondità indicate in tabella:

TABELLA 2.7-1

PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 22 OTTOBRE 2018

Identificativo indagine	Profondità della sup. di saturazione
SCPTU1	1.60 mt da piano campagna
CPTU2	1.65 mt da piano campagna

Vista la situazione al contorno, in base alle risultanze delle prove penetrometriche, l’acqua più superficiale intercettata per mezzo di entrambe le prove, corrisponde ad acqua di saturazione, contenuta nei terreni coesivi.

Per quanto riguarda le acque di superficie, oltre al Canale Naviglio, in corrispondenza del quale sarà realizzata la chiusa, va evidenziata la presenza del Canale Acque Alte, ubicato immediatamente a sud ed il Canale Bianco nel quale si immette il Canale Naviglio, a circa mt 100 in direzione nord.

Va inoltre evidenziata la presenza di un impianto idrovoro di derivazione. I corsi d’acqua sopra elencati sono cartografati come promiscui e sono evidenziati nello stralcio della Corografia della sezione alto ferrarese – Rete dei canali e opere in gestione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara di Figura 2.7-4.

Vista la particolare localizzazione del sito, il canale Naviglio costituirà, nei confronti della falda, un limite idrodinamico a flusso imposto entrante, uscente o nullo, a seconda dei rapporti di quota. In generale è probabile che durante il periodo estivo sia alimentante e drenante durante il periodo invernale.

Dall’osservazione della Carta delle Aree storicamente allagate (Figura 2.7-5), ottenuta dall’elaborazione dei dati bibliografici a disposizione, si evince come l’area in esame sia stata soggetta ad allagamenti nel tempo, nello specifico durante la rotta del Po nel 1815 e a causa delle piogge prolungate nel tempo precipitate nel 1996.

Supporti Grafici e Cartografici:

- Figura 2.7-1. Schema di identificazione del sistema acquifero
- Figura 2.7-2. Schema movimento dell’acqua nel sottosuolo
- Figura 2.7-3. Schema acqua nel sottosuolo - USGS
- Figura 2.7-4. Corografia della sezione alto ferrarese – Rete dei canali e opere in gestione – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
- Figura 2.7-5. Stralcio Carta aree storicamente allagate – scala 1:10.000

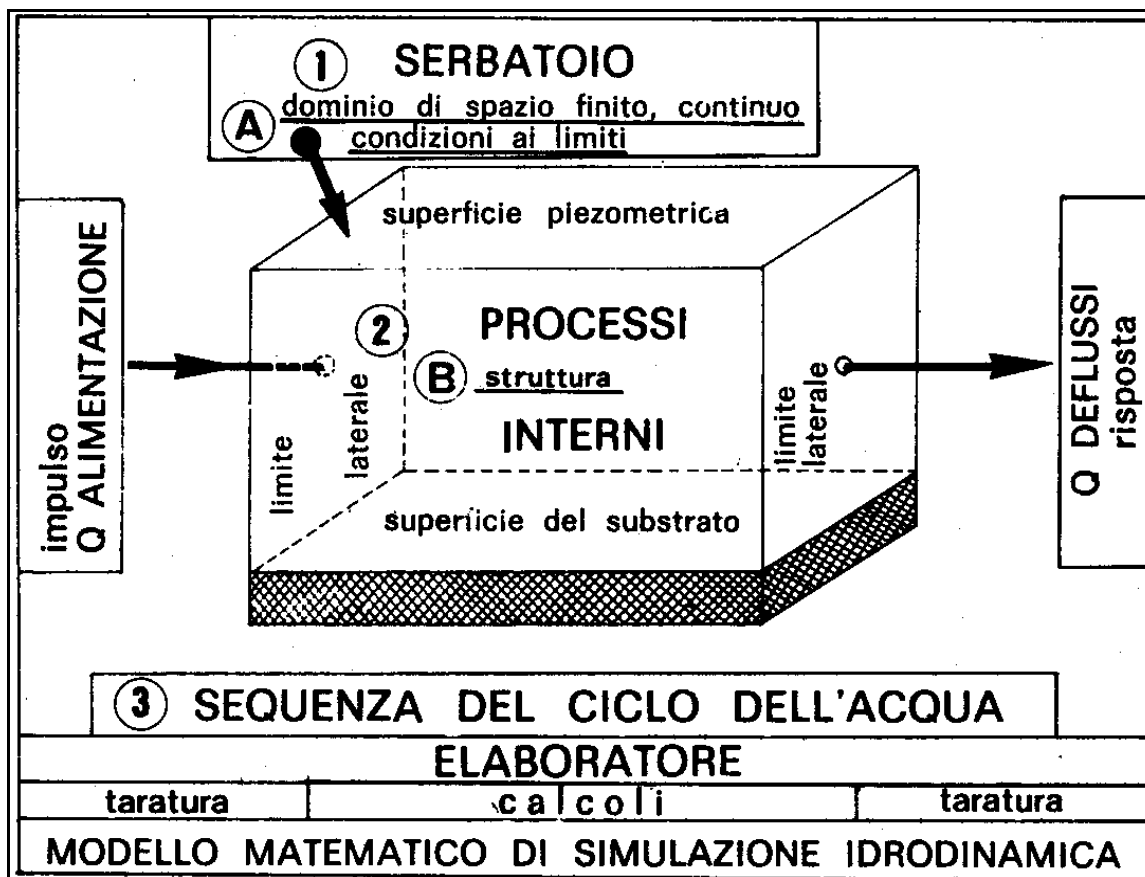


Figura 2.7-1  
 Schema di identificazione del sistema acquifero

<b>direzione</b>	<b>verso</b>	<b>fenomenologia</b>	<b>zone di umidità interessate</b>
prevalentemente verticale	discendente	percolazione verso la falda	zona di aerazione
	ascendente	ascensione capillare	
	alternato	oscillazioni del livello piezometrico	fascia di oscillazione
prevalentemente orizzontale	—	deflusso della falda	zona di saturazione

Figura 2.7-2  
 Movimento dell'acqua nel sottosuolo

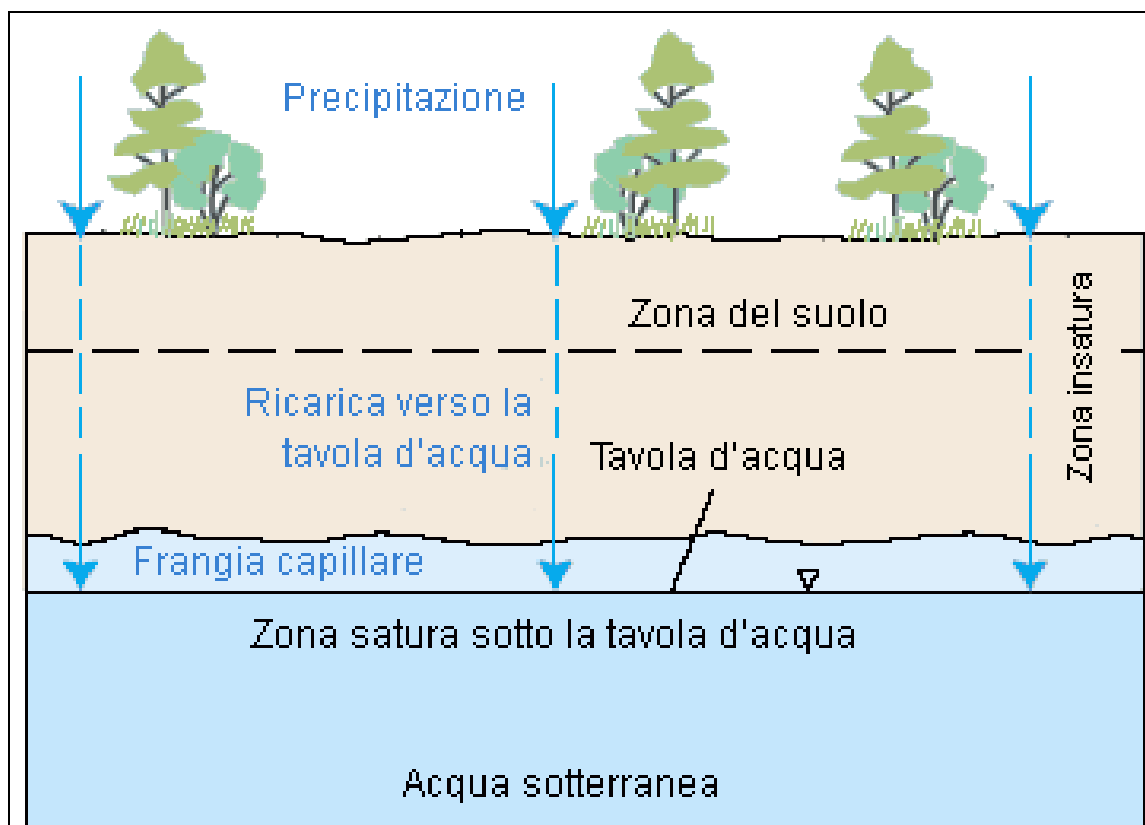
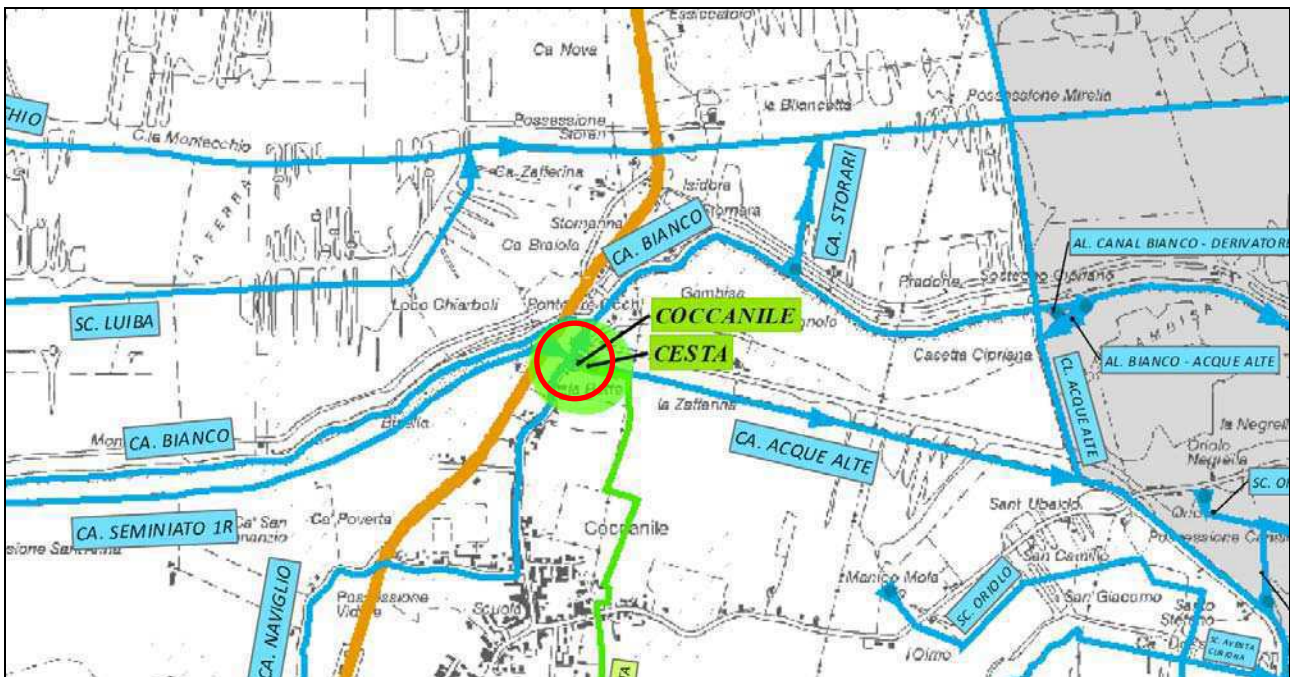


Figura 2.7-3  
Schema acqua nel sottosuolo – USGS



### CANALI E PRESE DI DERIVAZIONE PRINCIPALI

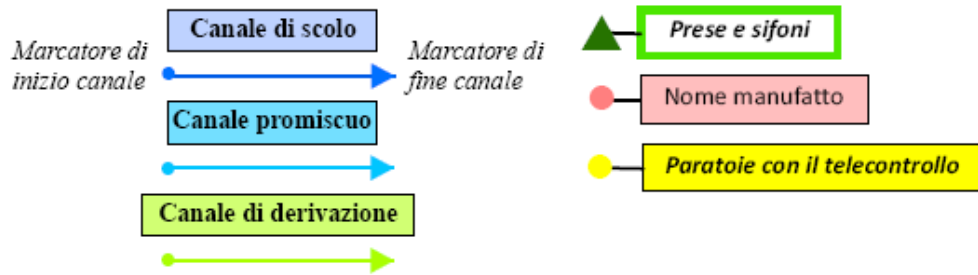


Figura 2.7-4

Corografia della sezione alto ferrarese – Rete dei canali e opere in gestione – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara



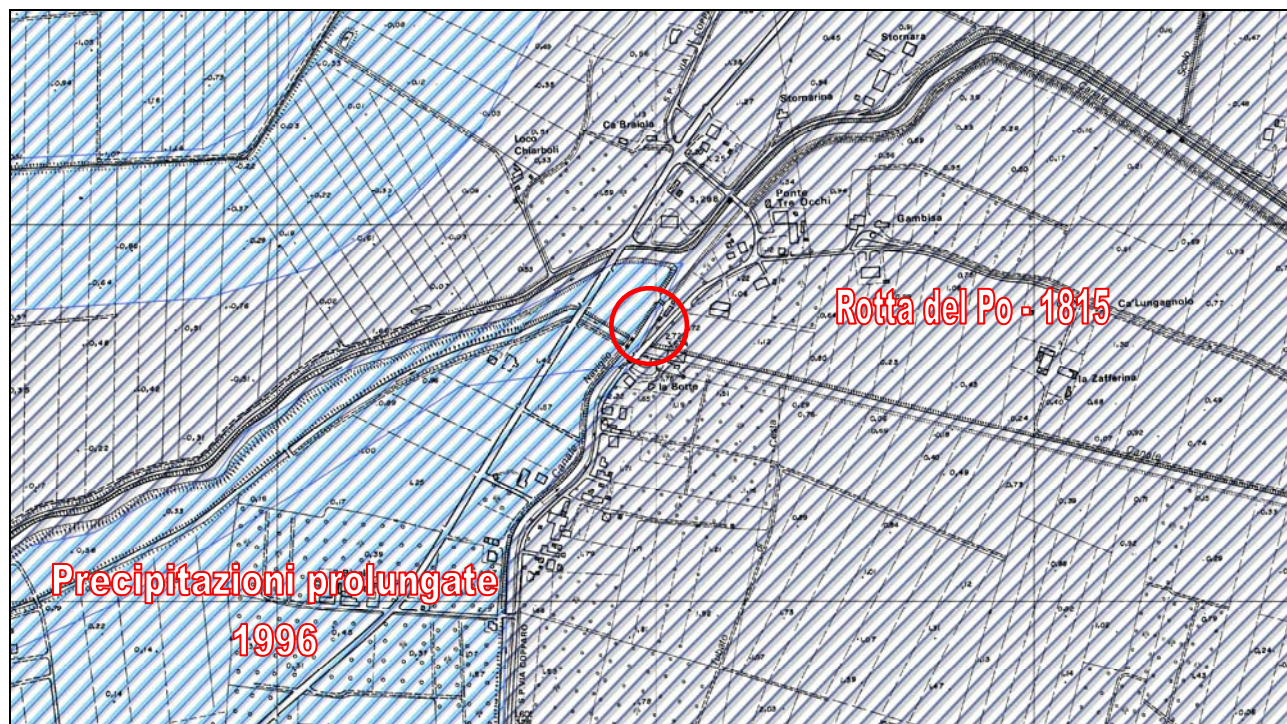


Figura 2.7-5  
**Stralcio Carta Aree Storicamente allagate**  
Scala 1:10.000

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

## 2.8. Campagna di indagini

Tipologia indagini eseguite: prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico, prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono e misura HVSR. E' stato inoltre effettuato un rilievo topografico, al fine di verificare il dislivello del piano campagna fra i due punti di indagine, dato utile per la ricostruzione di un profilo.

### 2.8.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO E CON PIEZOCONO SISMICO (SCPTU E CPTU)

Numero di indagini eseguite: 2.

In base alle NTC2018, paragrafo 6.2.1, *la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto. Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.*

Nella presente, oltre al modello geologico, viene fornito un modello geotecnico preliminare e quindi, vista la conoscenza della zona da parte dello scrivente, le indagini sono state programmate al fine di verificare il modello geologico e definire il modello geotecnico. In particolare, in base alle NTC2018, paragrafo 6.2.2, le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo del terreno, ovvero *“la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso”*. A tal proposito, in funzione delle caratteristiche dell'opera in progetto, degli scopi del presente lavoro, delle informazioni disponibili e del modello geologico della zona, in accordo con il Progettista sono stati definiti il numero e le profondità d'indagine.

Profondità d'indagine: SCPTU1, mt 32.30; CPTU2, mt 20.00.

In base alla conoscenza della zona da parte dello scrivente e in relazione all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, allegato 4, cap. 2.3, le profondità delle prove sono state programmate al fine di verificare l'eventuale presenza di strati spessi di sabbia potenzialmente liquefacibile. Nello specifico, per manufatti con fondazioni superficiali, se fosse presente terreno sabbioso saturo a profondità superiori a mt 15.00/20.00 dal piano campagna, si potrebbe omettere la verifica della suscettibilità a liquefazione, in quanto il carico litostatico costituisce un fattore contrastante rispetto all'innescò di tale fenomeno. *La liquefazione è un fenomeno che si verifica in formazioni sabbiose sature d'acqua, con superfici di falda entro pochissimi metri dalla superficie. Molto difficilmente essa arriva ad interessare strati che si trovino a profondità maggiori di mt 15-20 (“La liquefazione del terreno in condizioni sismiche”, da Crespellani, Nardi, Simoncini, 1988). Questa profondità corrisponde, in campo libero, a una pressione litostatica totale intorno a 0.3 – 0.4 Mpa. È molto difficile che un evento sismico riesca a produrre variazioni di pressione interstiziale  $\Delta u$  superiori a questo valore (“La liquefazione dei terreni” – Teoria, normativa e procedura di calcolo, Di Bernardo, 2011).*

Le profondità raggiunte e i metodi d'indagine sono inoltre sufficienti ad indagare il volume significativo dal punto di vista geotecnico in relazione al tipo di intervento previsto, e a fornire informazioni in merito alla categoria di suolo mediante approccio semplificato.

Ditta incaricata per le esecuzioni delle prove: Elletipi s.r.l. – Via A. Zucchini civ. 69 – Ferrara.

Supporti Grafici:

- Tavola Unica. Profilo Litostratigrafico e geotecnico

## 2.8.2. INDAGINE GEOFISICA

Al fine di definire la categoria di suolo del sito in esame congiuntamente all'indagine SCPTU e per ottenere la frequenza fondamentale dell'area di studio, è stata effettuata una misura a stazione singola con tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Strumentazione utilizzata: La misura a stazione singola è stata eseguita con tromografo digitale modello Tromino® Engy 3G+.

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è "GRILLA"© Release 2017 Rel. 7.2 (All rights reserved).

Ditta incaricata per l'esecuzione della misura HVSR: Synthesis s.r.l. – Piazza del Popolo civ. 13/5 – 44034 Copparo (FE).

## 2.8.3. RILIEVO TOPOGRAFICO

In data 22 novembre 2018, utilizzando un autolivello ottico, è stato effettuato un rilievo topografico, per mezzo del quale sono state determinate le quote di alcuni punti rispetto al basamento di una chiesa, ubicata nei pressi del sito. A tale piano di riferimento è stata arbitrariamente associata la quota + 10.000 mt. Le misure ricavate sono di seguito riepilogate in tabella.

TABELLA 2.8.3-1

RILIEVO DEL 22 NOVEMBRE 2018 – QUOTE

Punto quotato	Quota p.c. (mt)
Riferimento	+ 10.000
SCPTU1	+ 9.421
CPTU2	+ 9.608
Mezzeria strada sponda CPTU	+ 9.519

### Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 2.8-1. Foto da satellite - Ubicazioni indagini eseguite
- Immagine 2.8-2. Fase di esecuzione indagine SCPTU1
- Immagine 2.8-3. Fase di esecuzione indagine CPTU2
- Immagine 2.8-4. Fase di esecuzione HVSR
- Figura 2.8-5. Pianta ad opera ultimata
- Figura 2.8-6. Sezione longitudinale A-A
- Figura 2.8-7. Sezione B-B (prospetto a monte)
- Figura 2.8-8. Sezione C-C (prospetto a valle)
- Figura 2.8-9. Riferimento + 10.000 mt



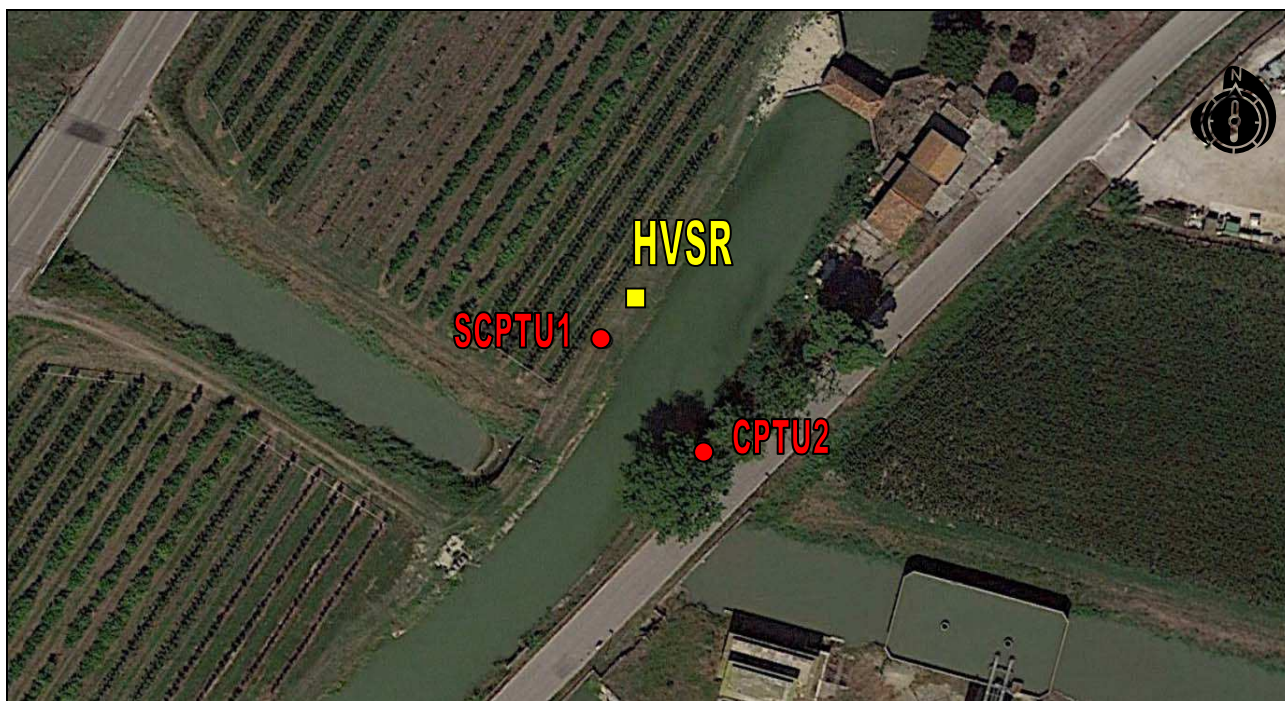


Immagine 2.8-1

**Foto da satellite**

Ubicazioni indagini eseguite



Immagine 2.8-2

**Fase di esecuzione SCPTU1**





Immagine 2.8-3

**Fase di esecuzione CPTU2**



Immagine 2.8-4

**Fase di esecuzione HVSR**

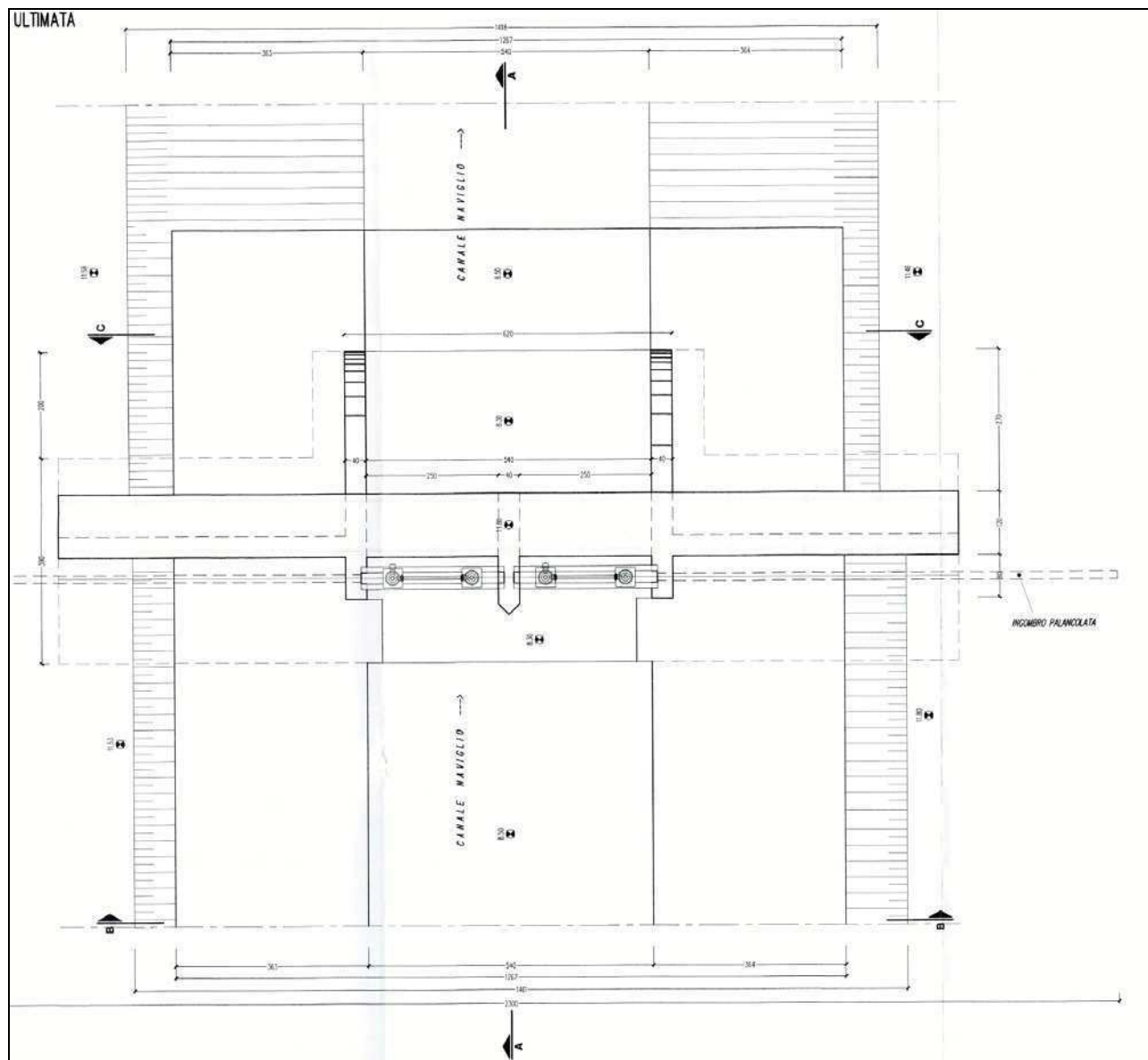


Figura 2.8-5  
**Pianta ad opera ultimata**



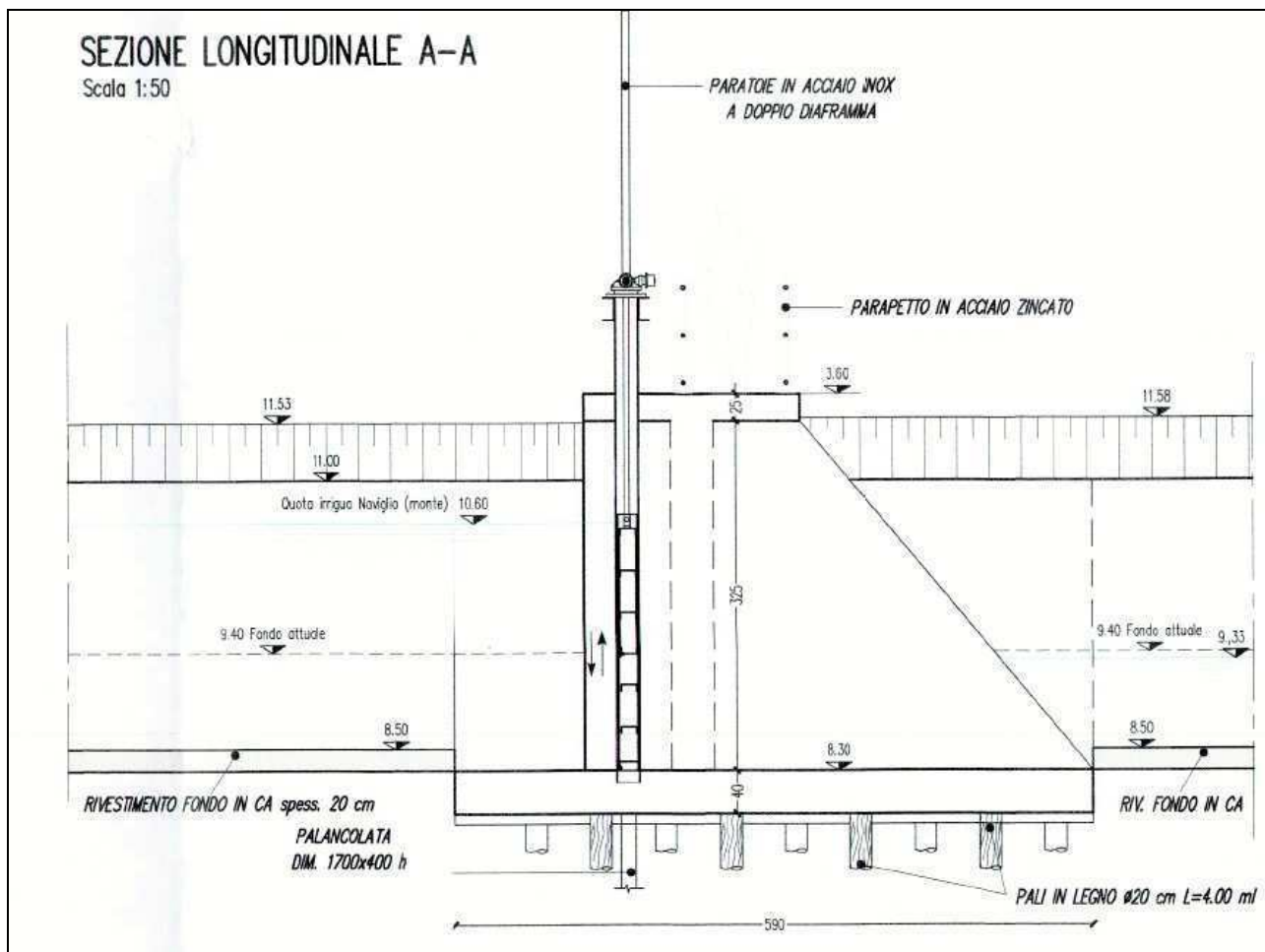


Figura 2.8-6  
**Sezione longitudinale A-A**

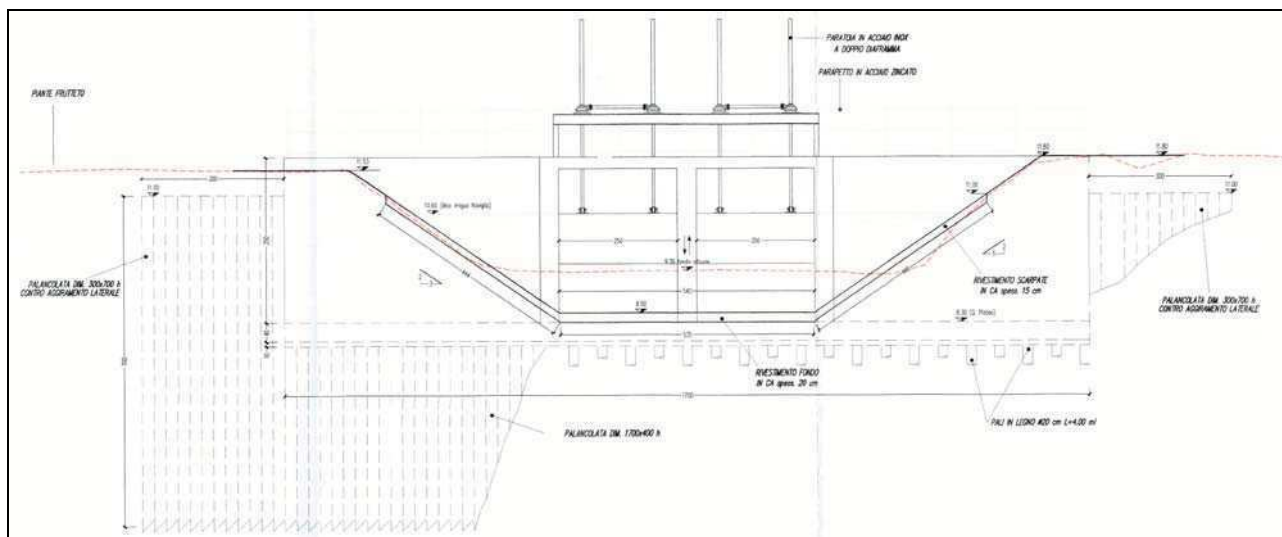


Figura 2.8-7  
**Sezione B-B (prospetto a monte)**

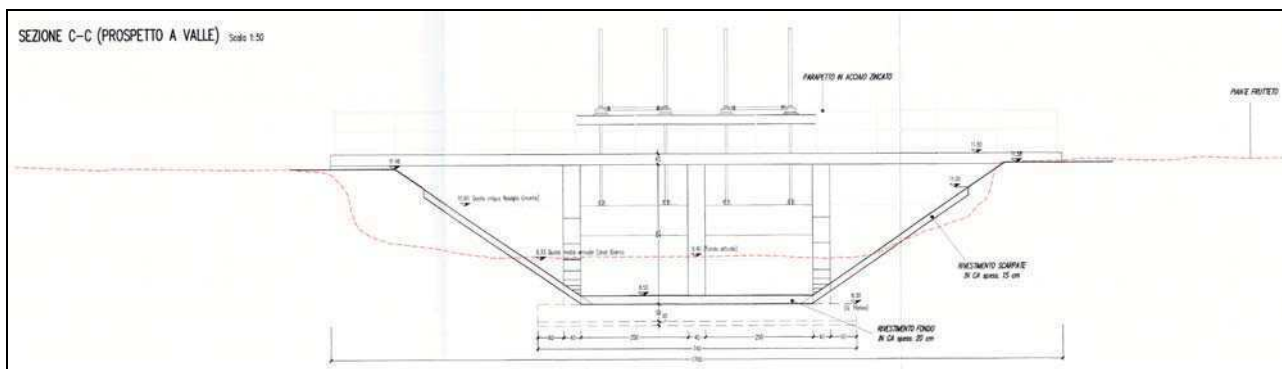


Figura 2.8-8  
 Sezione C-C (prospetto a valle)



Figura 2.8-9  
 Riferimento + 10.000 mt

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

## 2.9. Campagna geognostica - Risultati

Come accennato, al fine di acquisire dati specifici del sito sono state effettuate n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico spinta a mt 32.30, n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono spinta a mt 20.00 ed una misura HVSR.

### 2.9.1. CARATTERI LITOLOGICI – PROVE SCPTU/CPTU

#### 2.9.1.1. Modalità di valutazione

Per il riconoscimento delle successioni litostratigrafiche, è stato utilizzato il metodo di Robertson 1986, tramite applicazione di un pacchetto software Geostru. Tale metodo è uno dei consigliati per le elaborazioni delle CPTU nelle zone in cui ci si è trovati ad operare.

Si riporta di seguito il grafico del tipo di comportamento di terreno (SBT) utilizzato dal metodo di Robertson 1986. Esso utilizza 12 classi di tipo di suolo, a differenza del metodo Robertson 1990 che ne utilizza 9. Inoltre, il metodo è basato sulla resistenza alla punta  $q_c$  ed il rapporto di attrito  $R_f$ , mentre i grafici più recenti sono sviluppati sulla base di parametri normalizzati.

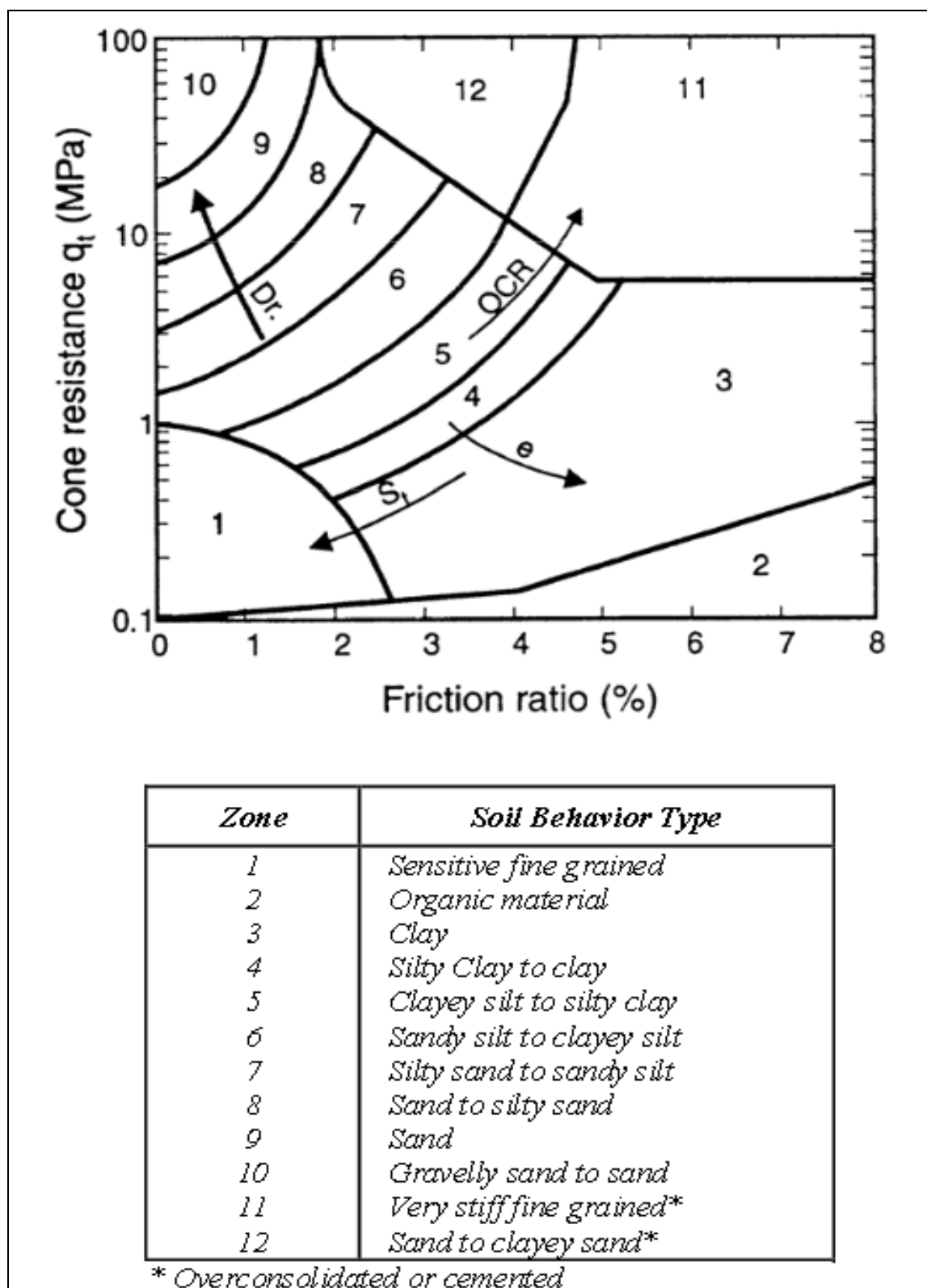


Figura 2.9.1.1-1

Grafico SBT di Robertson et al (1986) in base alla resistenza del cono CPT,  $q_t$ , e il rapporto di attrito,  $R_f$  (dove  $R_f = (f_s / q_t)$  il 100%)

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

### **2.9.1.2. Definizione delle unità litotecniche**

Come accennato, la zona in esame è situata all'interno della piana alluvionale originatasi in seguito alla deposizione dei materiali in sospensione nelle acque dei fiumi che attraversavano l'attuale Pianura Padana. I depositi fluviali che ne sono derivati, sono invariabilmente costituiti dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana. Per mezzo delle elaborazioni delle prove, è stato possibile definire le litologie e gli strati elencati nelle tabelle 2.9.1.2-1 e 2.9.1.2-2 descritti con riferimento alla prevalenza dei terreni in essi contenuti.

Le caratterizzazioni specifiche delle singole unità sono riportate nelle schede di elaborazione al paragrafo 3.2.1 della presente relazione.

Nelle figure 2.9.1.2-1 e 2.9.1.2-2 si riportano i grafici delle prove elaborate per mezzo del software Static Probing.

#### Supporti Grafici:

- Allegati 1/2. Schede di elaborazione prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico e prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono



TABELLA 2.9.1.2-1

SCPTU1 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore
	tetto (mt)	letto (mt)		(mt)
1	0.00	0.62	Sabbie – Sabbie limose	0.62
2	0.62	1.60	Limi argillosi e Argille limose	0.98
3	1.60	2.26	Sabbie limose – Limi argillosi	0.66
4	2.26	6.92	Argille limose – Argille	4.66
5	6.92	7.56	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.64
6	7.56	9.62	Argille limose – Argille	2.06
7	9.62	11.54	Sabbie – Sabbie limose	1.92
8	11.54	13.46	Limi argillosi e Argille limose	1.92
9	13.46	14.86	Terreni fini molto sensitivi	1.40
10	14.86	16.26	Argille	1.40
11	16.26	17.64	Terreni fini molto sensitivi	1.38
12	17.64	18.72	Argille limose – Argille	1.08
13	18.72	19.40	Sabbie limose – Limi argillosi	0.68
14	19.40	20.22	Limi argillosi e Argille limose	0.82
15	20.22	20.84	Sabbie limose – Limi argillosi	0.62
16	20.84	22.88	Limi argillosi e Argille limose	2.04
17	22.88	27.76	Sabbie - Sabbie limose	4.88
18	27.76	32.30	Sabbie	4.54

TABELLA 2.9.1.2-2

CPTU2 – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore
	tetto (mt)	letto (mt)		(mt)
1	0.00	1.40	Sabbie limose – Limi argillosi	1.40
2	1.40	4.76	Argille	3.36
3	4.76	4.94	Sabbie limose – Limi argillosi	0.18
4	4.94	10.02	Argille limose – Argille	5.08
5	10.02	10.54	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.52
6	10.54	11.94	Sabbie – Sabbie limose	1.40
7	11.94	12.40	Limi argillosi e Argille limose	0.46
8	12.40	12.68	Sabbie limose – Limi argillosi	0.28
9	12.68	18.54	Argille limose – Argille	5.86
10	18.54	19.40	Sabbie limose – Limi argillosi	0.86
11	19.40	20.00	Limi argillosi e Argille limose	0.60

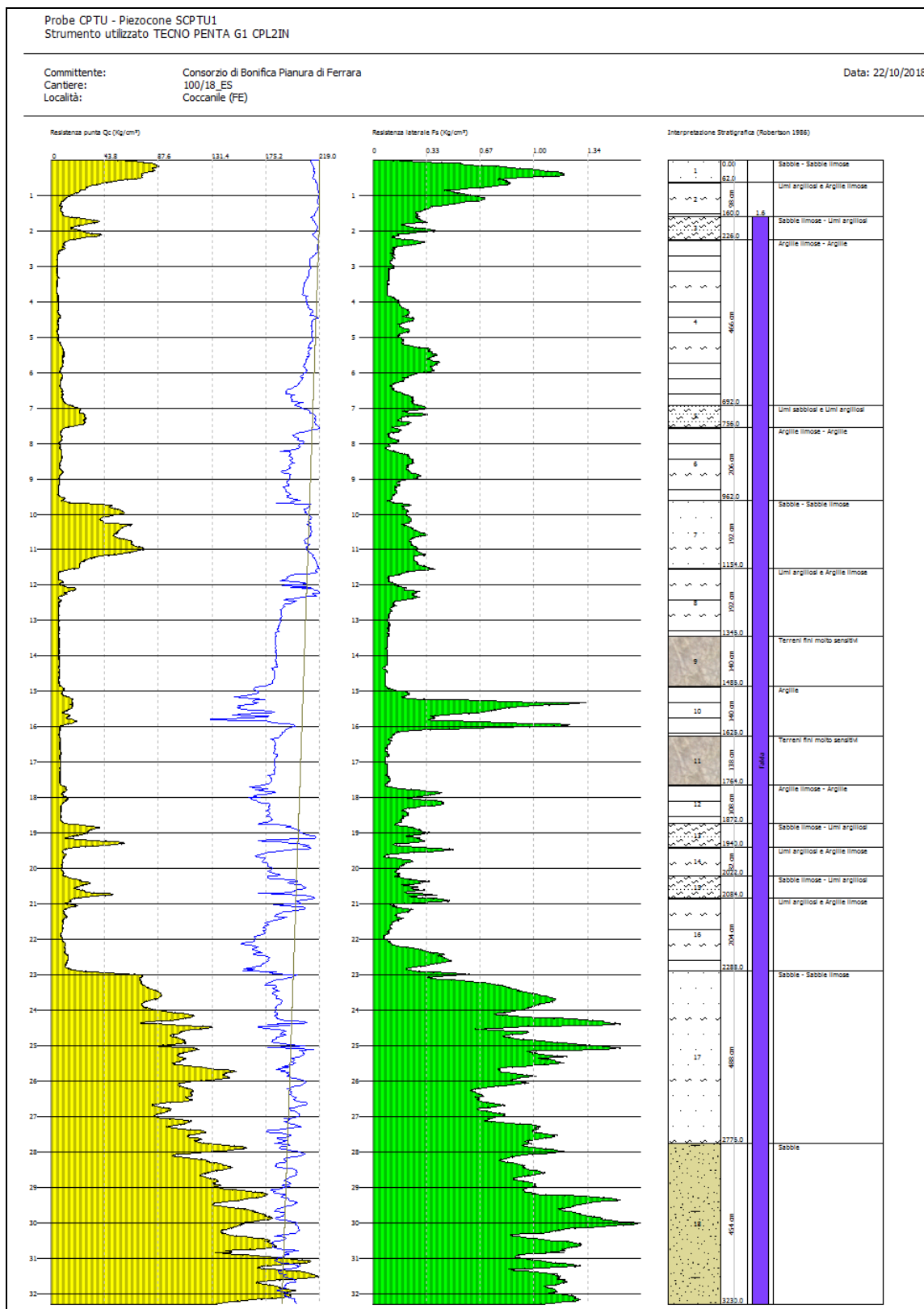


Figura 2.9.1.2-1  
 Grafico prova SCPTU1



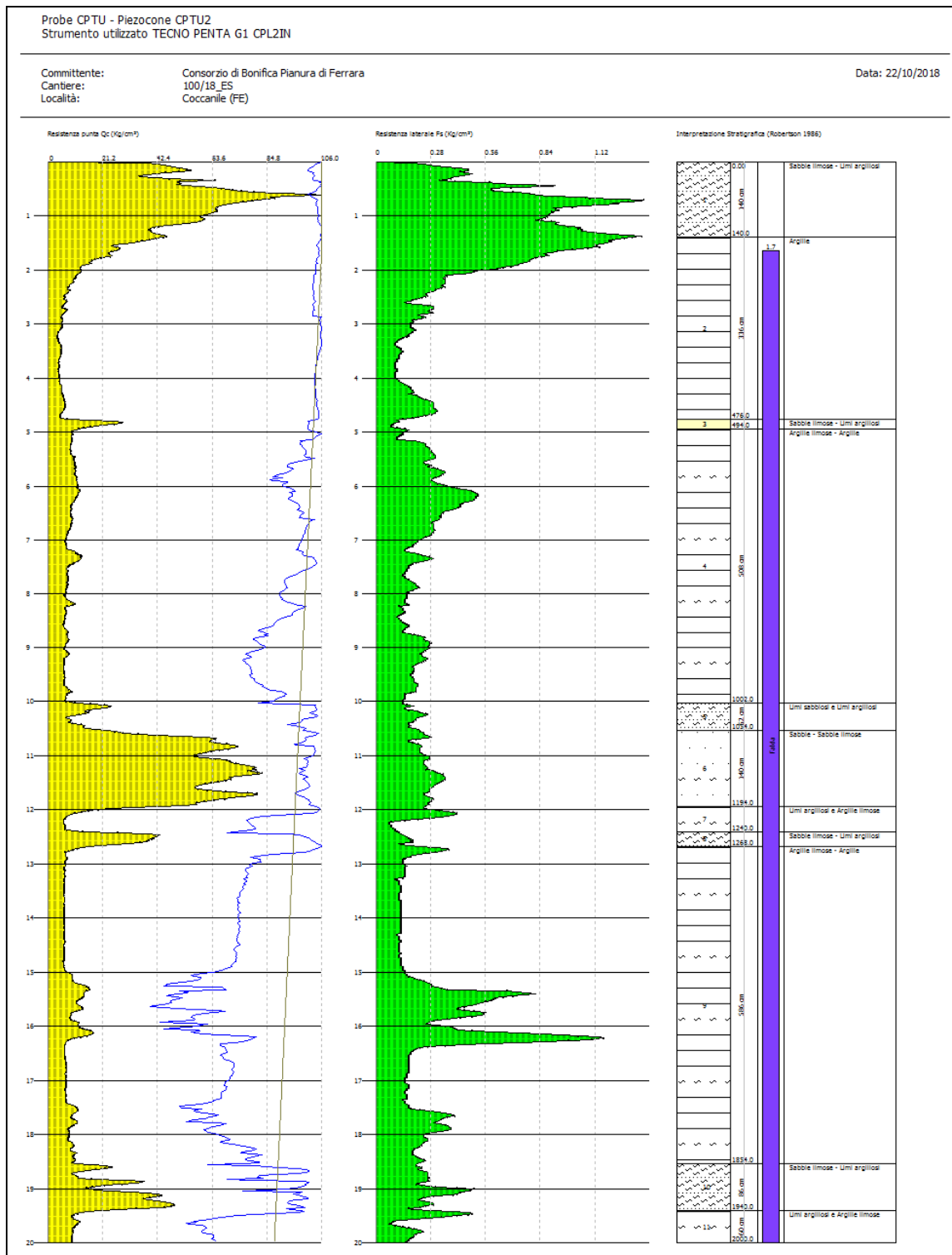


Figura 2.9.1.2-2  
**Grafico prova CPTU2**

## 2.9.2. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA

### 2.9.2.1. Tecnica HVSR

Di seguito si riporta la curva HVSR registrata il 5 dicembre 2018, ottenuta utilizzando un tromino modello Engy 3G+. La registrazione è durata 20 minuti, con una frequenza di campionamento di 128 Hz, una lunghezza delle finestre di 20 s, un tipo di lisciamento “triangular window” del 10%.

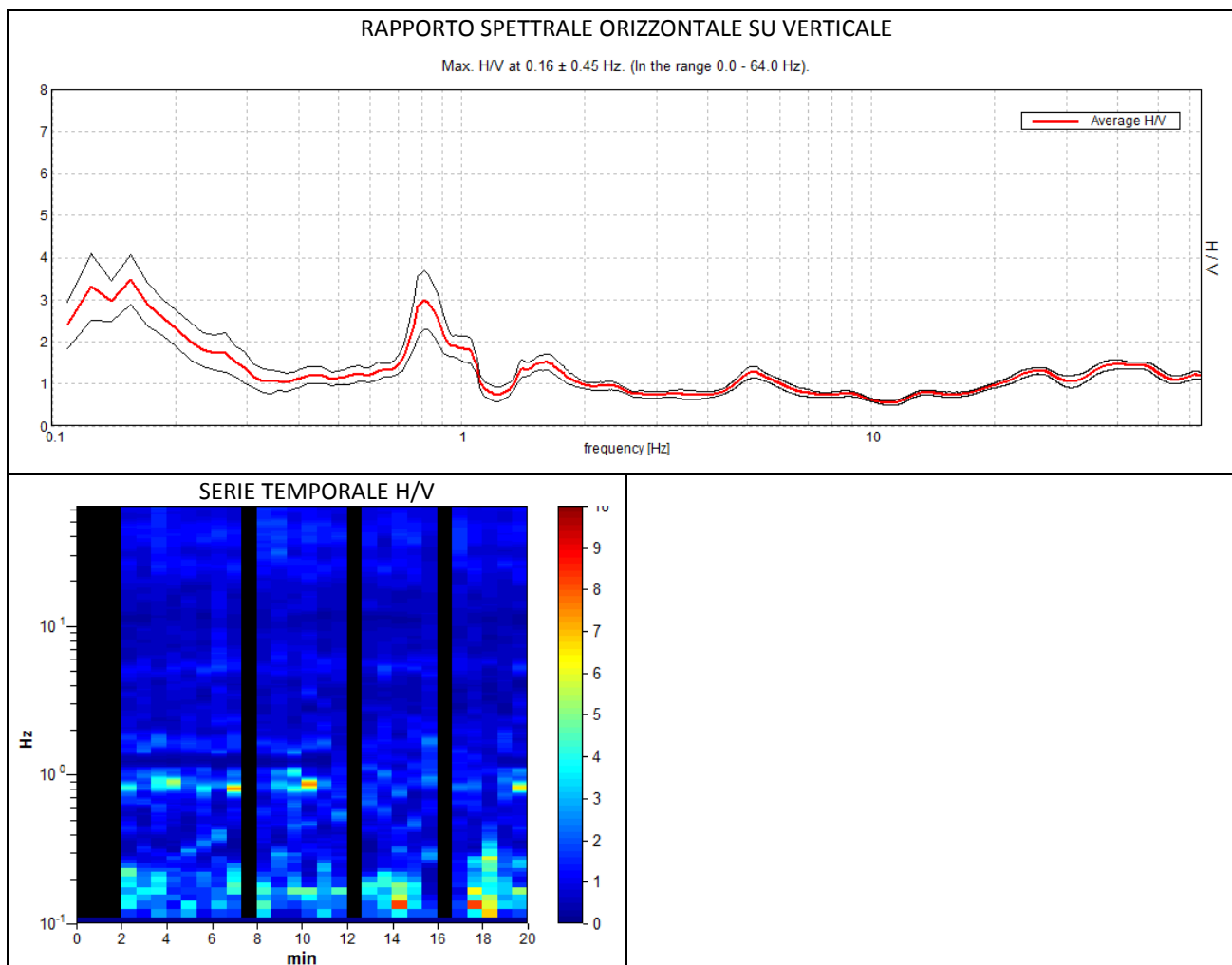


Figura 2.9.2.1-1

Curva H/V registrata nel sito in esame e serie temporale considerata nell'analisi.

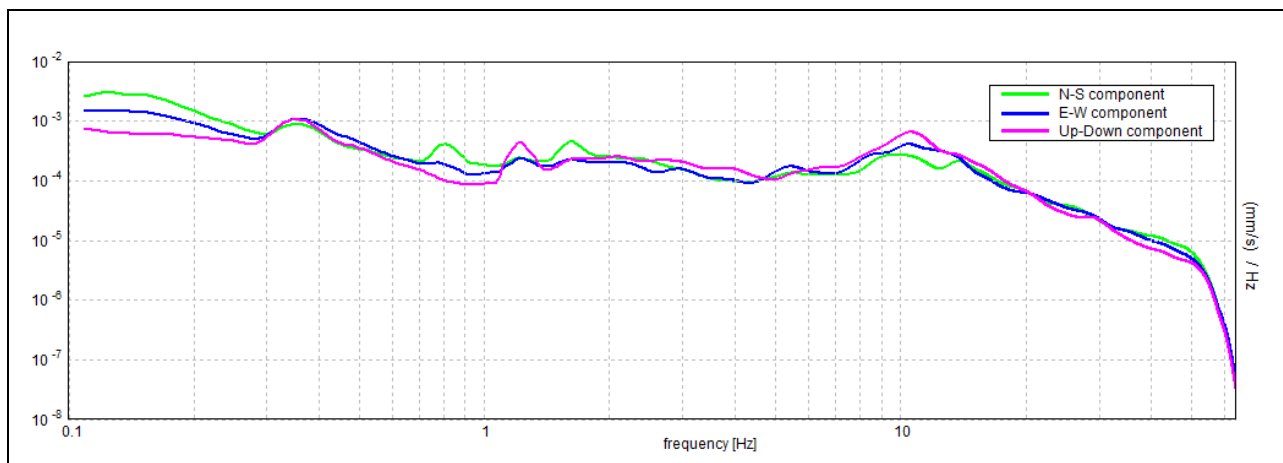


Figura 2.9.2.1-2

**Spettri delle tre componenti del moto in velocità**

Nel caso specifico la misura effettuata presenta numerosi artefatti nella registrazione. Si ritiene opportuno non considerare la registrazione nelle successive valutazioni, in quanto la curva H/V non presenta soddisfatti i criteri per essere determinata come affidabile.

## 2.10. Analisi vincolistica

### 2.10.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il Comune di Copparo non ricade in una zona soggetta a vincolo idrogeologico, come risulta dall'allegato 1 della Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1117/2000.

### 2.10.2. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Come si desume dall'estratto cartografico proposto in figura 2.10.2-1, la zona oggetto di studio ricade all'interno di un'area appartenente alla fascia fluviale C, area di inondazione per piena catastrofica e in corrispondenza di una zona classificata a rischio moderato R1, per la quale sono possibili danni sociali ed economici marginali, in seguito a dissesti di natura idraulica e idrogeologica.

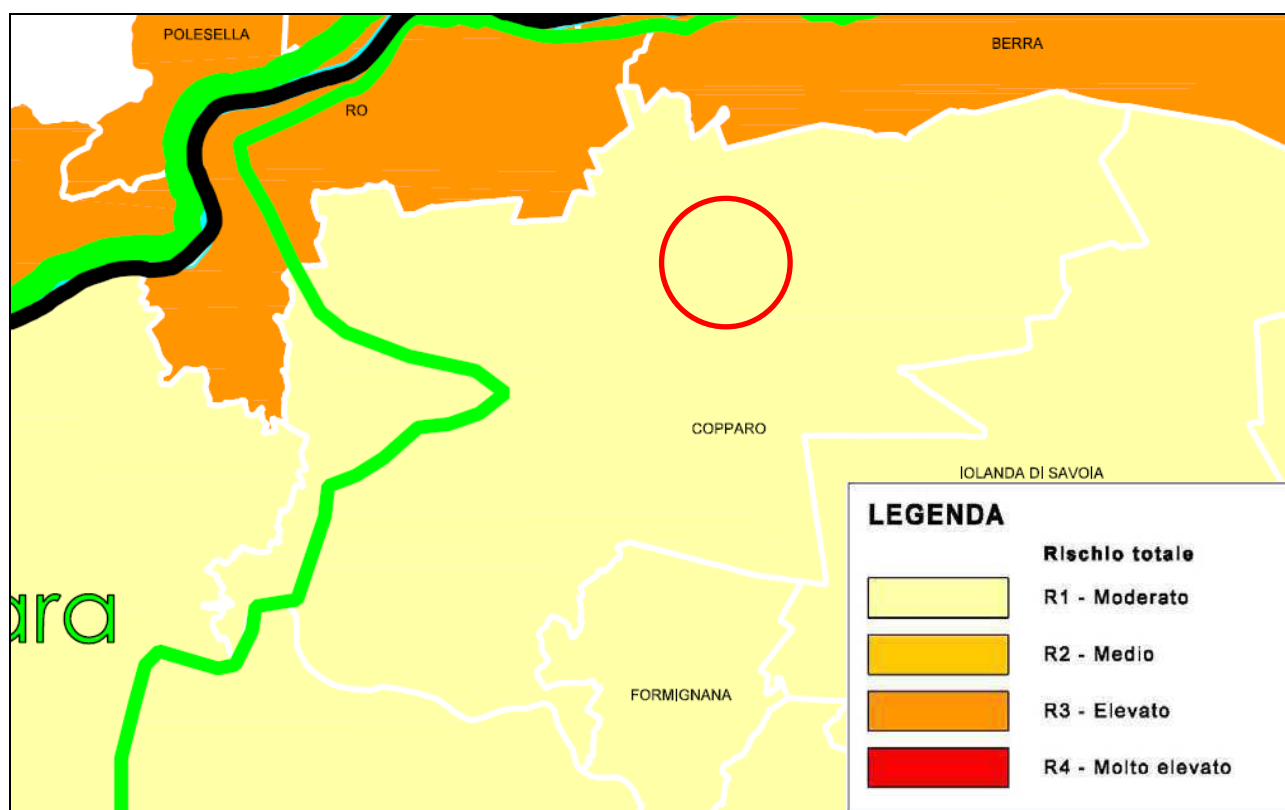


Figura 2.10.2-1

#### Estratto cartografia P.A.I. – scala grafica

(da Autorità di Bacino del Fiume Po – Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico P.A.I., - tav. 6 III, Rischio idraulico ed idrogeologico)



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

### 2.10.3. PIANO TERRITORIALE PER IL COORDINAMENTO PROVINCIALE (P.T.C.P.)

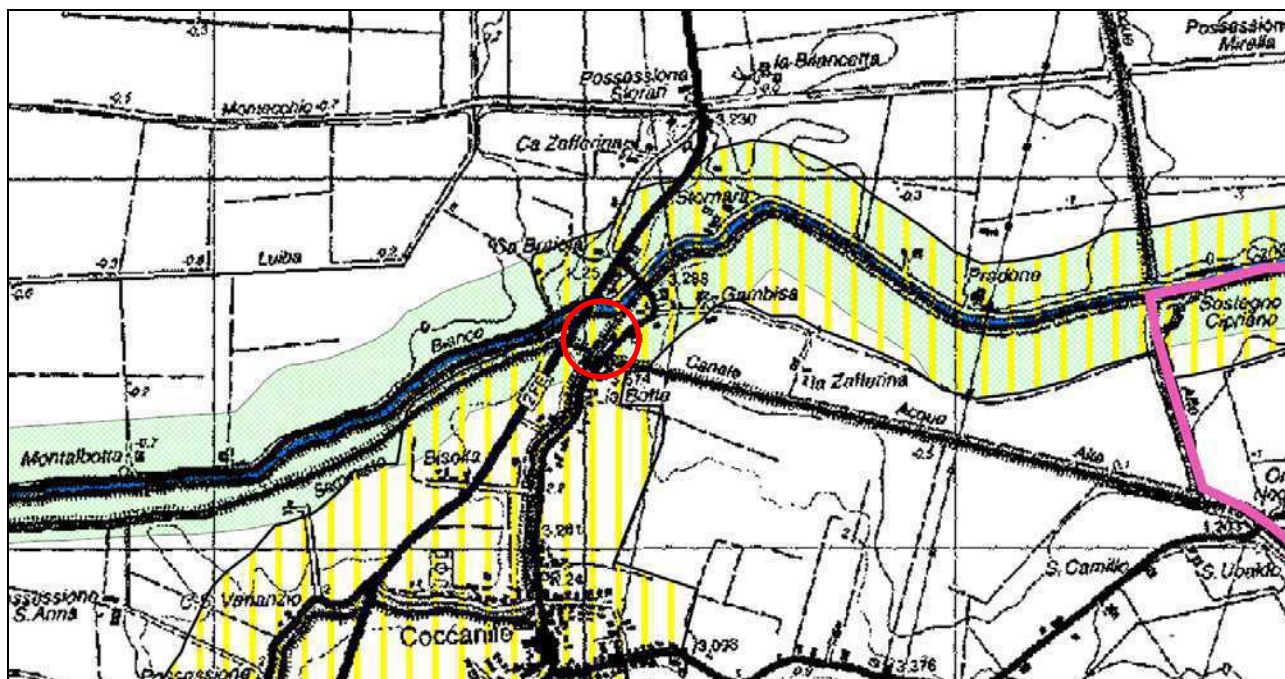
Come si evince dagli estratti cartografici nelle figure successivamente riportate, l'area oggetto di studio ricade in corrispondenza di:

- una zona di particolare interesse paesaggistico-ambientale (art. 19);
- un dosso di rilevanza storico documentale e paesistica (art. 20a);
- un corridoio secondario. *I Corridoi ecologici si suddividono in primari, secondari e locali. I Corridoi ecologici primari e secondari costituiscono elementi strutturanti la REP di primo livello; l'individuazione sistematica dei corridoi ecologici locali è affidata al livello comunale, in sede di redazione del PSC. I Corridoi ecologici comprendono normalmente le zone di cui agli artt. 17 e 18 del presente Piano, parte delle zone di cui agli artt. 19 e 20 del Piano stesso, nonché aree ad uso prevalentemente agricolo perimetrale ove possibile secondo il criterio del limite fisico rinvenibile sul territorio.*

Il comma 6, dell'art. 19 del P.T.C.P. cita: "... sono comunque consentiti:

- a. qualsiasi intervento sui manufatti edilizi esistenti, qualora definito ammissibile dagli strumenti regolamentari e di pianificazione generale comunali, formati ed approvati ai sensi della L.R. 20/2000;
- b. il completamento delle opere pubbliche in corso, purché interamente approvate al 29 giugno 1989, data di adozione del P.T.P.R.;
- c. la realizzazione di infrastrutture di difesa del suolo, di canalizzazioni, di difesa idraulica e simili, nonché le attività di esercizio e di manutenzione delle stesse; [...]"

Il comma 3, dell'art. 20 del P.T.C.P. cita: "Ai dossi di valore storico-documentale si applicano gli stessi indirizzi e prescrizioni di cui al precedente art.19, demandando alla pianificazione comunale generale l'eventuale emanazione di ulteriori norme di comportamento, volte ad una più puntuale valorizzazione dei singoli elementi di dosso nell'ambito delle Unità di Paesaggio di riferimento."



### Zone ed elementi di interesse paesaggistico-ambientale

#### AMBITI DI TUTELA



Zone di particolare interesse  
 paesaggistico ambientale (Art.19)



Dossi o dune di rilevanza storico documentale  
 e paesistica (Art. 20a)

Figura 2.10.3-1

**Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica**

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.3 – Il sistema ambientale)

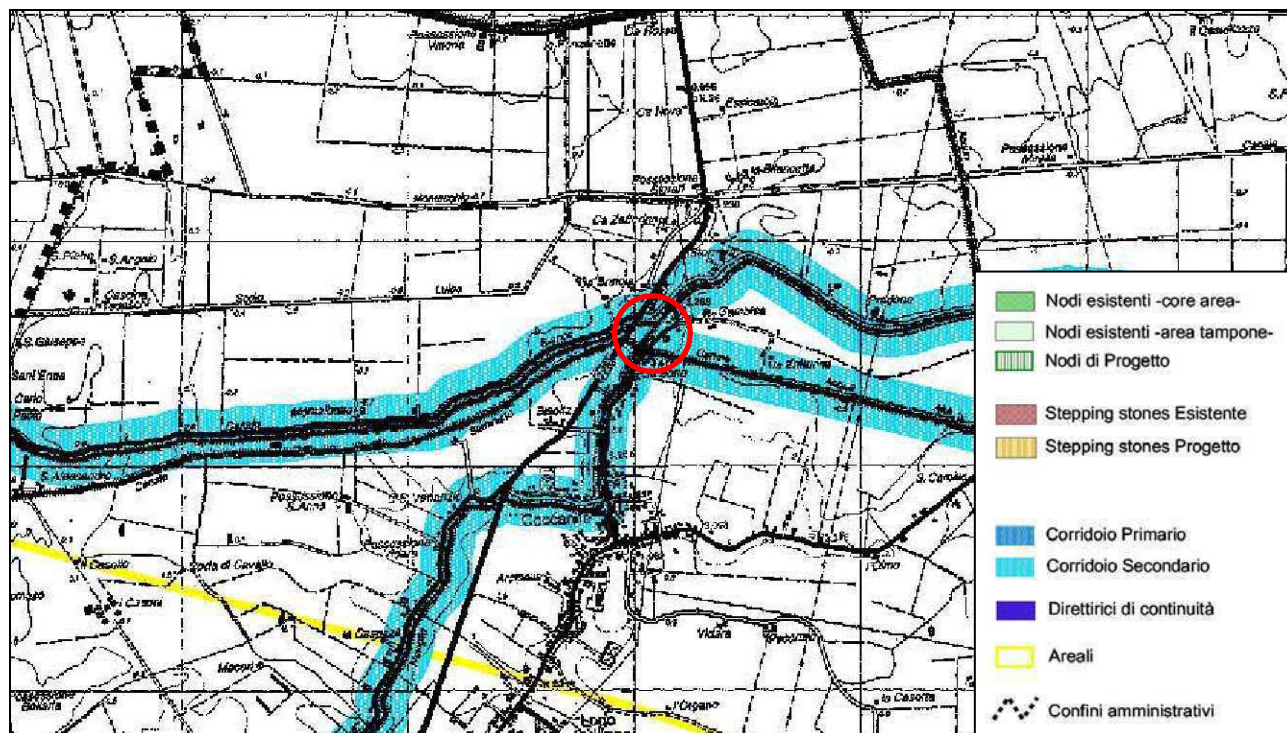


Figura 2.10.3-2

**Estratto cartografia P.T.C.P. – scala grafica**

(da Provincia di Ferrara – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – tav. 5.1.3 – Il sistema ambientale)



## 2.11. Pericolosità e Fattibilità del Piano Strutturale Comunale

Per quanto riguarda la pianificazione comunale, il sito oggetto di studio ricade in corrispondenza delle seguenti zonizzazioni:

- fascia di rispetto dei corsi d'acqua vincolati (art. 3.2.12);
- area bagnata – ABA\_GPGSA;
- Unità di Paesaggio delle Masserie;
- zona iscritta nel Sito UNESCO (art. 4.1.23);
- fascia di percezione visiva (art. 3.2.9 – 4.1.22 – 4.1.23);
- dosso di rilevanza storico-documentale (art. 3.2.8);
- rete dei canali del territorio dell'Unione dei Comuni Terre e Fiumi;
- zona di particolare interesse paesaggistico ambientale (art. 3.2);
- fascia di rispetto stradale (art. 4.2.4);
- area non idonea o idonea condizionata (art. 4.1.22);
- corridoio ecologico secondario (art. 3.1.2 – 3.1.4);
- fascia di rispetto dai centri abitati per emittenze radio-televisive.

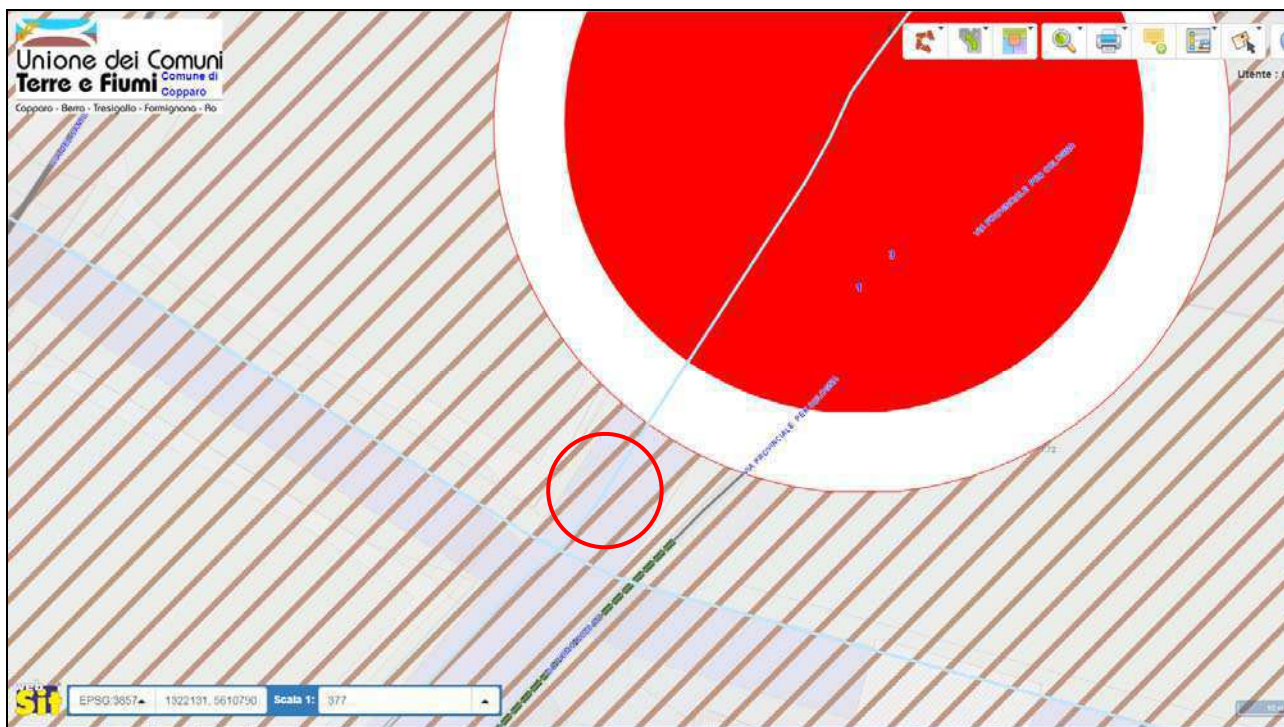


Figura 2.11-1

**P.S.C. Var. 1 2018– Unione dei Comuni Terre e Fiumi – Tavola 5 – Sistema del Paesaggio**

[https://websit.unioneterrefiumi.fe.it/WebSIT.aspx?CodProgetto=WS\\_038007#](https://websit.unioneterrefiumi.fe.it/WebSIT.aspx?CodProgetto=WS_038007#)



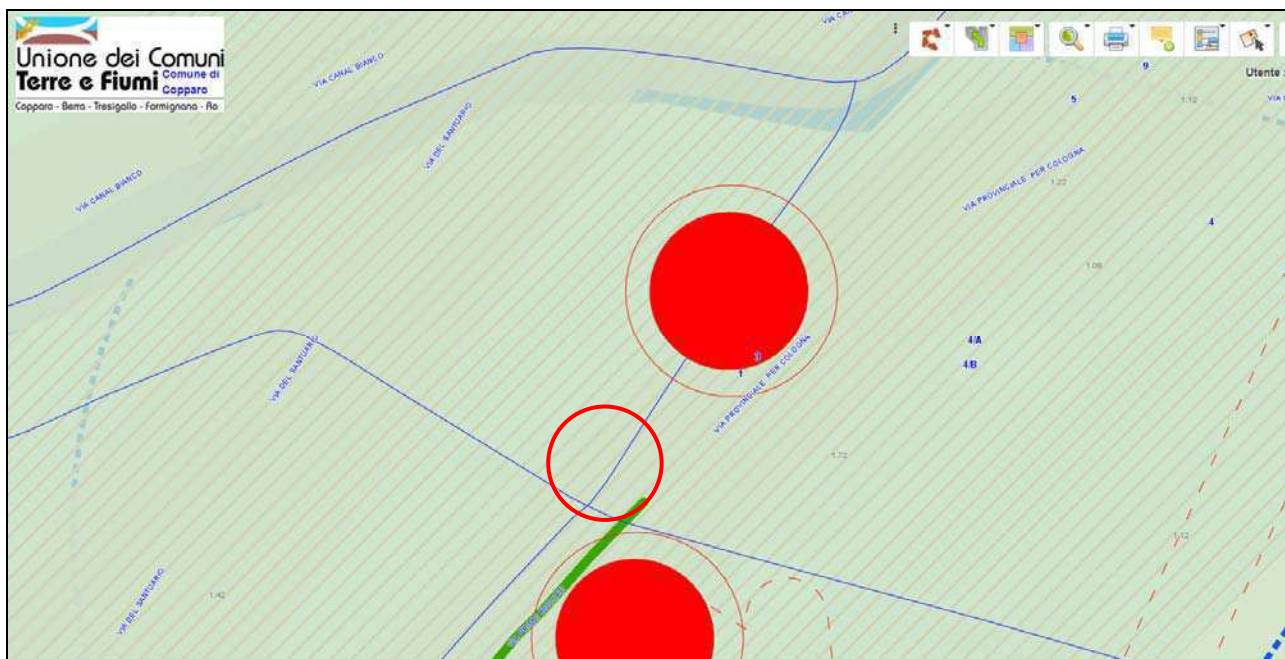


Figura 2.11-2

P.S.C. Var. 1 2018– Unione dei Comuni Terre e Fiumi – Tavola 12 - Tavola dei vincoli

[https://websit.unioneterrefiumi.fe.it/WebSIT.aspx?CodProgetto=WS\\_038007](https://websit.unioneterrefiumi.fe.it/WebSIT.aspx?CodProgetto=WS_038007)

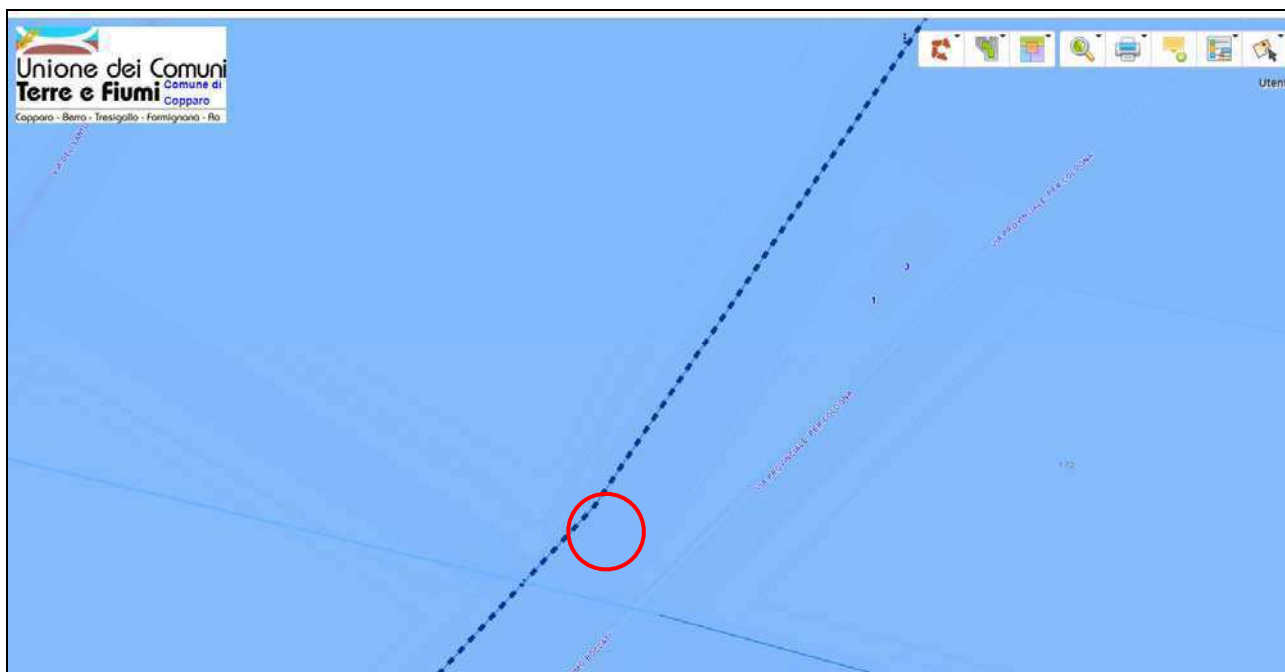


Figura 2.11-3

P.S.C. Var. 1 2018– Unione dei Comuni Terre e Fiumi – Tavola 13 - Ricognizione vincoli paesaggistici

[https://websit.unioneterrefiumi.fe.it/WebSIT.aspx?CodProgetto=WS\\_038007#](https://websit.unioneterrefiumi.fe.it/WebSIT.aspx?CodProgetto=WS_038007#)

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

## 2.12. Aspetti geodinamici e sismicità

Con il D.M. 14/09/2005 “Norme Tecniche per le costruzioni”, è entrata in vigore la classificazione sismica del territorio nazionale, il quale è stato suddiviso in zone, ciascuna caratterizzata da un diverso valore di  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo rigido.

In seguito all’Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03 e alla Delibera Num. 1164 del 23/07/2018 della Regione Emilia - Romagna, il Comune di Copparo è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3, alla quale corrisponde una sismicità bassa con PGA compreso fra 0.05g e 0.15g e nella quale però, in particolari contesti geologici, possono venire amplificati gli effetti. La classificazione è stata eseguita in base all’accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. (Figura 2.12-1).

Con l’OPCM 3519 del 28/04/2006, è stata definita una nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, della quale uno stralcio è riportato in figura 2.12-2. Tale mappa è espressa in termini di accelerazione massima al suolo  $a_{max}$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/sec; cat. A). In essa viene adottata una suddivisione con intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0.025 come previsto dal D.M. 14/09/2005. Da questa si desume che l’area di studio è compresa all’interno del range 0.075g – 0.100g.

Questa classificazione sismica rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti, in quanto le NTC 2008 hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali. Dal 1 luglio 2009, con l’entrata in vigore delle NTC del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche dell’area di progetto e in funzione della vita nominale dell’opera.

La pericolosità di un sito, oltre alla severità della sorgente sismica, dipende dalle caratteristiche geologiche, morfologiche e geotecniche.

In particolare, i possibili effetti di sito, intesi come associazione di caratteristiche geologiche e morfologiche che rendono un luogo più o meno soggetto a danni conseguenti ad una scossa sismica, sono i seguenti:

- fattori di amplificazione del moto sismico;
- liquefazione o addensamento dei terreni;
- instabilità dei pendii.

Con riferimento alle linee guida dell’A.G.I. pubblicate nell’anno 2005, i fattori di amplificazione delle onde sismiche, sono di seguito elencati:

- effetti stratigrafici: depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante;
- effetti di bordo: depositi di valle con bordi e morfologia del substrato irregolari, dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione, con generazione all’interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia;
- effetti topografici: la sommità di rilievi collinari, creste, promontori costituiti da formazioni rocciose, profili di versante, pendii, bordi di terrazzi.

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

Nel territorio comunale di Copparo, sono attesi effetti stratigrafici. Non sono attesi effetti di bordo; vengono esclusi anche gli effetti topografici.

Per quanto riguarda la liquefazione o addensamento, nel territorio in cui ricade il sito oggetto di studio, tali fenomeni possono essere attesi in corrispondenza di strati granulari saturi (liquefazione) o insaturi (addensamento), spessi e continui, eventualmente presenti a profondità non superiori a 15/20 metri dal piano campagna.

Relativamente all'instabilità dei pendii, si ribadisce come il territorio del Comune di Copparo ricada all'interno di una zona di pianura, nella quale tali fenomeni non possono essere attesi, se non in corrispondenza di rilevati artificiali o delle sponde dei corsi d'acqua di determinate altezze.

In base alla pianificazione vigente, della quale si riportano stralci di cartografie inerenti, risulta che l'area di studio ricade in corrispondenza di un'area di depositi di terreni coesivi, con valori di  $c_u$  compresi tra 0.05 kg/cm<sup>2</sup> e 0.70 kg/cm<sup>2</sup> (poco consistenti) ed effetti di sito attesi, quali eventuali cedimenti post-sismici (P.S.C.).

Supporti grafici:

- Figura 2.12-1. Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia Romagna – DGR 1164/2018
- Figura 2.12-2. Zonizzazione sismica Emilia Romagna
- Figura 2.12-3. Piano Strutturale Comune – Unione dei Comuni Terre e Fiumi - Quadro Conoscitivo – Tavola 14 – Carta delle aree suscettibili agli effetti locali

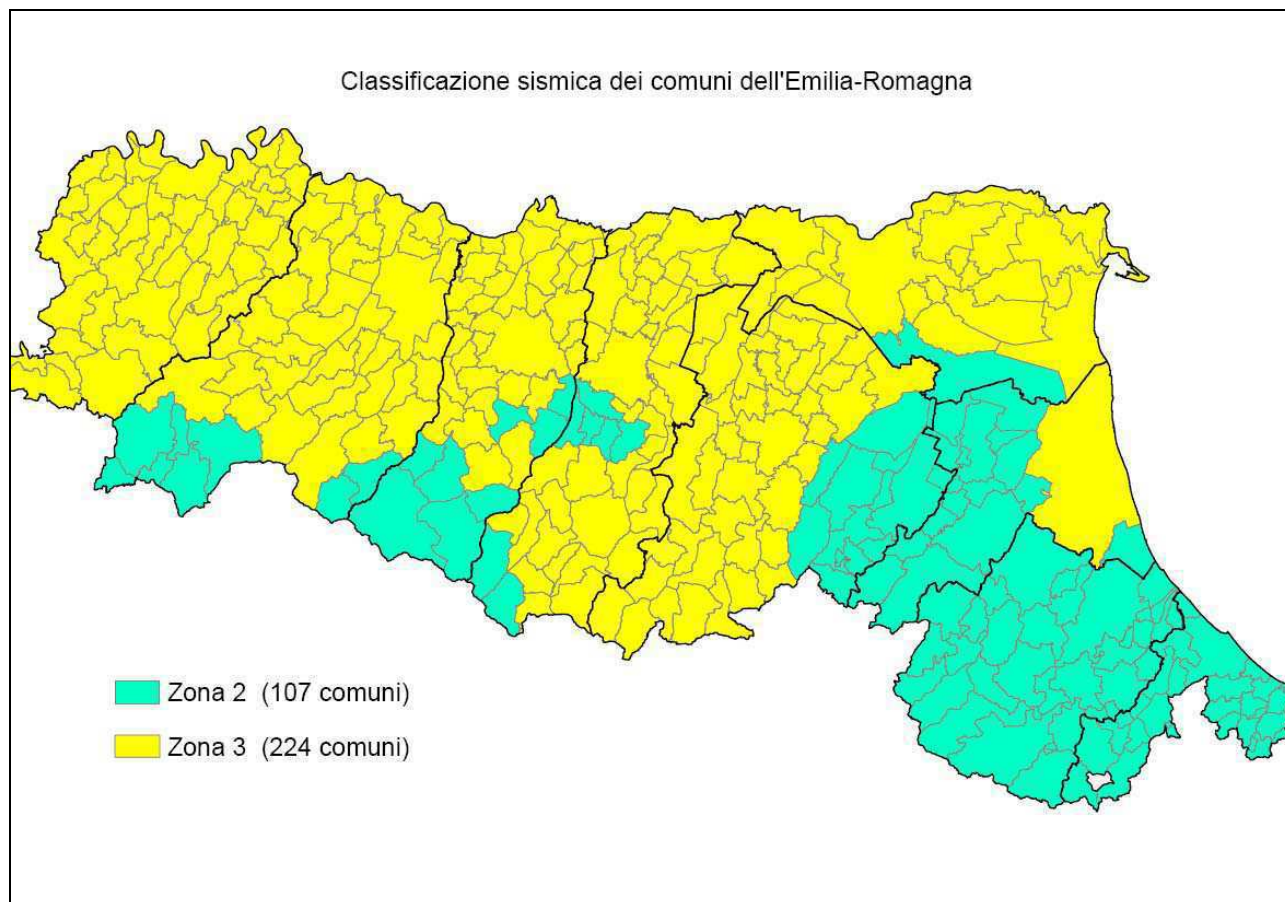


Figura 2.12-1

**Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia Romagna – DGR 1164/2018**



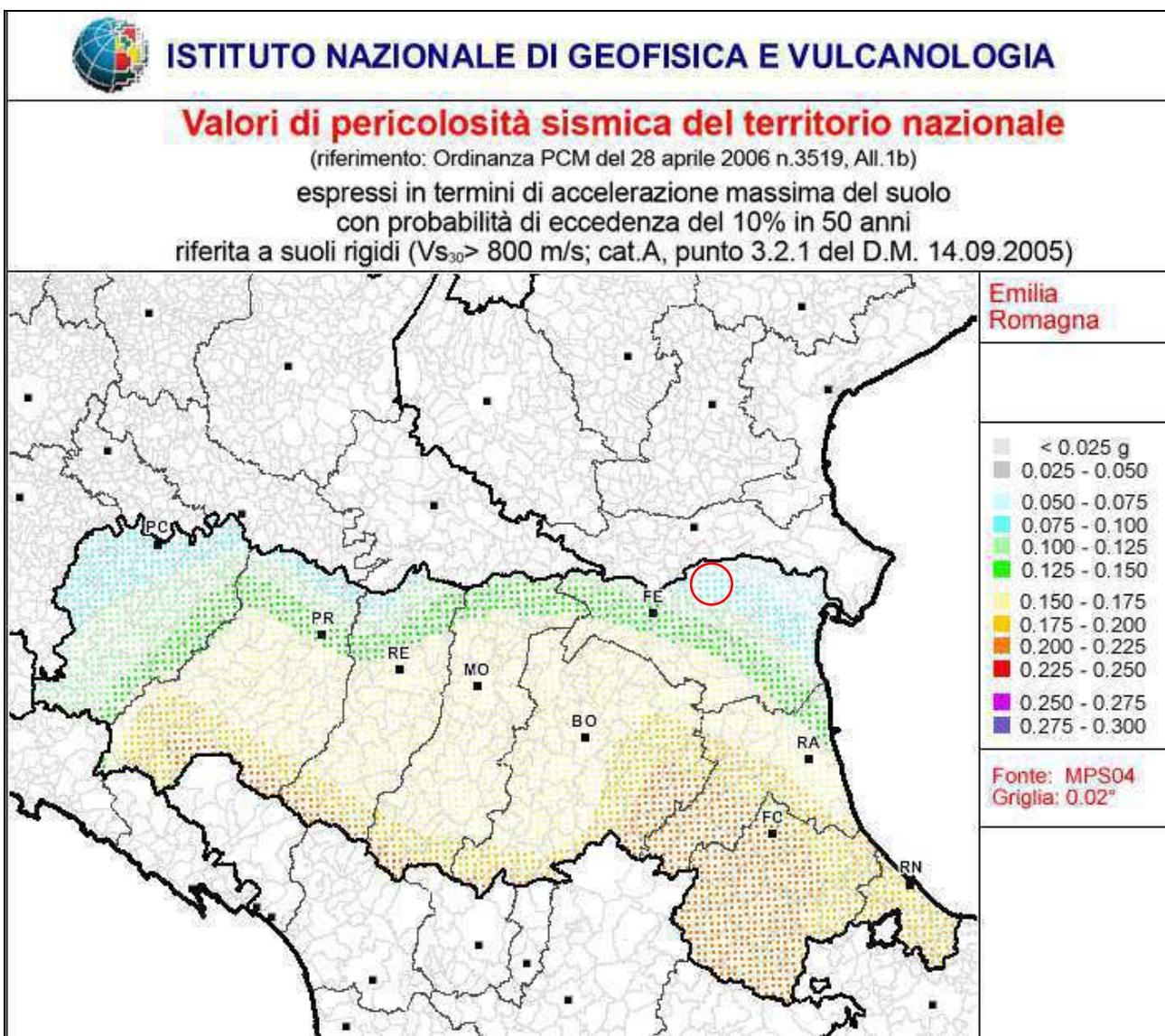


Figura 2.12-2  
 Zonizzazione sismica Emilia Romagna

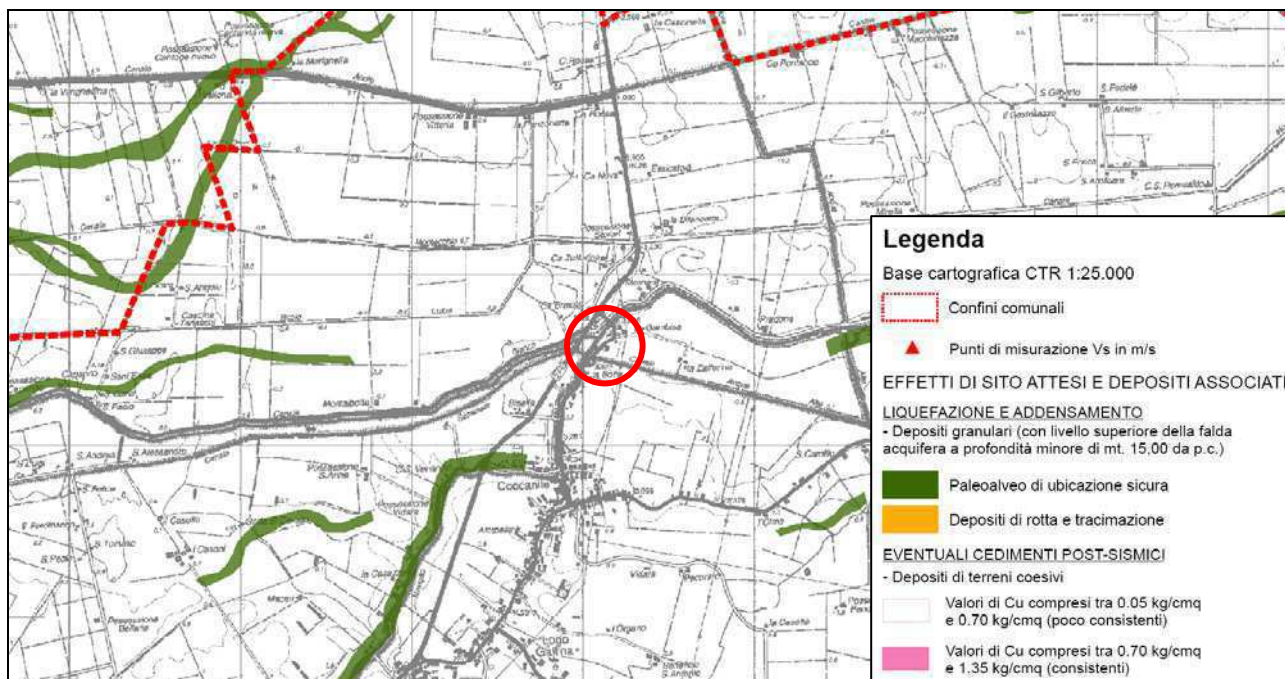


Figura 2.12-3

**Estratto cartografia P.S.C. Unione dei Comuni Terre e Fiumi – scala grafica**

(Quadro Conoscitivo – Tavola 14 – Carta delle aree suscettibili agli effetti locali)

### 2.12.1. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO – APPROCCIO SEMPLIFICATO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, così come definito nel testo della normativa NTC18, rif. 3.2.2.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

TABELLA 2.12.1-1 (TABELLA 3.2.II)  
DESCRIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO A-E

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

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo in base alla velocità delle onde di taglio nei primi 30 mt di profondità, si utilizza la seguente espressione:

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

dove:

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali,



la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H = 30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

### 2.12.1.1. Misura della velocità delle onde Vs e definizione categoria del suolo

Come precedentemente descritto, per la misura della velocità delle onde di taglio, è stata eseguita una prova penetrometrica SCPTU spinta sino a mt 32.30 da piano campagna.

Per mezzo della prova SCPTU (denominata SCPTU1), è stato possibile misurare il valore di  $V_{s30}$  per lo spessore compreso fra mt 1.00 e mt 31.00 di profondità, pari **164 mt/s**. Tenendo poi conto delle indicazioni normative, considerando che il piano di posa della platea è a circa 3.00 mt di profondità rispetto alla quota di esecuzione della SCPTU, la  $V_{s30}$  stimata per lo spessore compreso fra mt 4.00 e mt 34.00 da piano campagna, anche considerando le Vs più profonde determinate, risulta comunque inferiore a **180 mt/s**.

In base al criterio dell'analisi del parametro  $V_{s30}$ , mediante l'approccio semplificato la categoria di suolo viene definita come **D**, ovvero: *“Depositì di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.”*

In generale la valutazione e la possibilità di utilizzo dell'approccio semplificato, dovrà comunque essere verificata per mezzo delle successive analisi per confermare, ai sensi dell'NTC18, che il tipo di sottosuolo è classificabile in tale categoria.

#### Supporti Grafici:

- Allegato 1. Scheda di elaborazione prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico

### 2.12.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tabella 2.12.2-1):

TABELLA 2.12.2-1

CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le sopraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nell'area di studio si è in presenza di categoria topografica **T1**.



### 2.12.3. PARAMETRI SISMICI DEFINITI IN BASE ALLE “AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 (DM 17/01/2018)”

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 NTC18), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  come definite nel § 3.2.1 NTC18, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4 NTC18. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell’area della costruzione.

Ai fini delle NTC18 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , 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;

$T^*_c$  = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T^*_c$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Il progetto a cui si riferisce il presente studio, riguarda la realizzazione di una nuova chiesa con paratoie piane; ai fini della presente si è scelto di far rientrare il manufatto in Classe d’uso II, essendo classificabile come *ponte, opera infrastrutturale, rete viaria non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV. [...]*

Le azioni sismiche, per ogni costruzione, sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale  $V_N$  viene definita pari a 50 anni.

Il valore del coefficiente d’uso  $C_U$ , varia al variare della classe d’uso, così come riportato in tabella 2.12.3-1.

TABELLA 2.12.3-1

CLASSI D’USO E COEFFICIENTI D’USO  $C_U$

CLASSE D’USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Salvo valutazioni successive, l'area sulla quale insiste l'opera rientra nella **categoria di sottosuolo D**; i coefficienti  $S_s$  (amplificazione stratigrafica) e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori  $F_0$  e  $T_c^*$ , mediante le espressioni riportate in tabella 2.12.3-2, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

TABELLA 2.12.3-2  
 COEFFICIENTI  $S_s$  E  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{fg}}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{fg}}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{fg}}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{fg}}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Le condizioni topografiche vengono valutate in funzione dei valori  $S_T$  (amplificazione topografica) riportati in Tabella 2.12.3-3.

TABELLA 2.12.3-3  
 VALUTAZIONE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE SECONDO IL PARAMETRO  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

In questo caso, per il calcolo dei parametri sismici, è stato utilizzato il programma di calcolo, Spettri-NTC, ver.1.0.3, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

In figura 2.12.3-1 è rappresentata l'individuazione del sito di riferimento, in basso a sinistra la visualizzazione dei quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso. La modalità di interpolazione, scelta dei dati forniti per ciascuno di tali nodi, è la superficie rigata.

Il territorio italiano, come già accennato precedentemente, è suddiviso in un reticolo sovrapposto alla mappa probabilistica del rischio sismico sviluppata dal progetto S1 dell'INGV, e ad ogni nodo del reticolo corrisponde un set di parametri fondamentali o indipendenti, tabulati nella normativa:  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ; per i punti con coordinate intermedie tra i nodi del reticolo si utilizzano metodi di interpolazione.

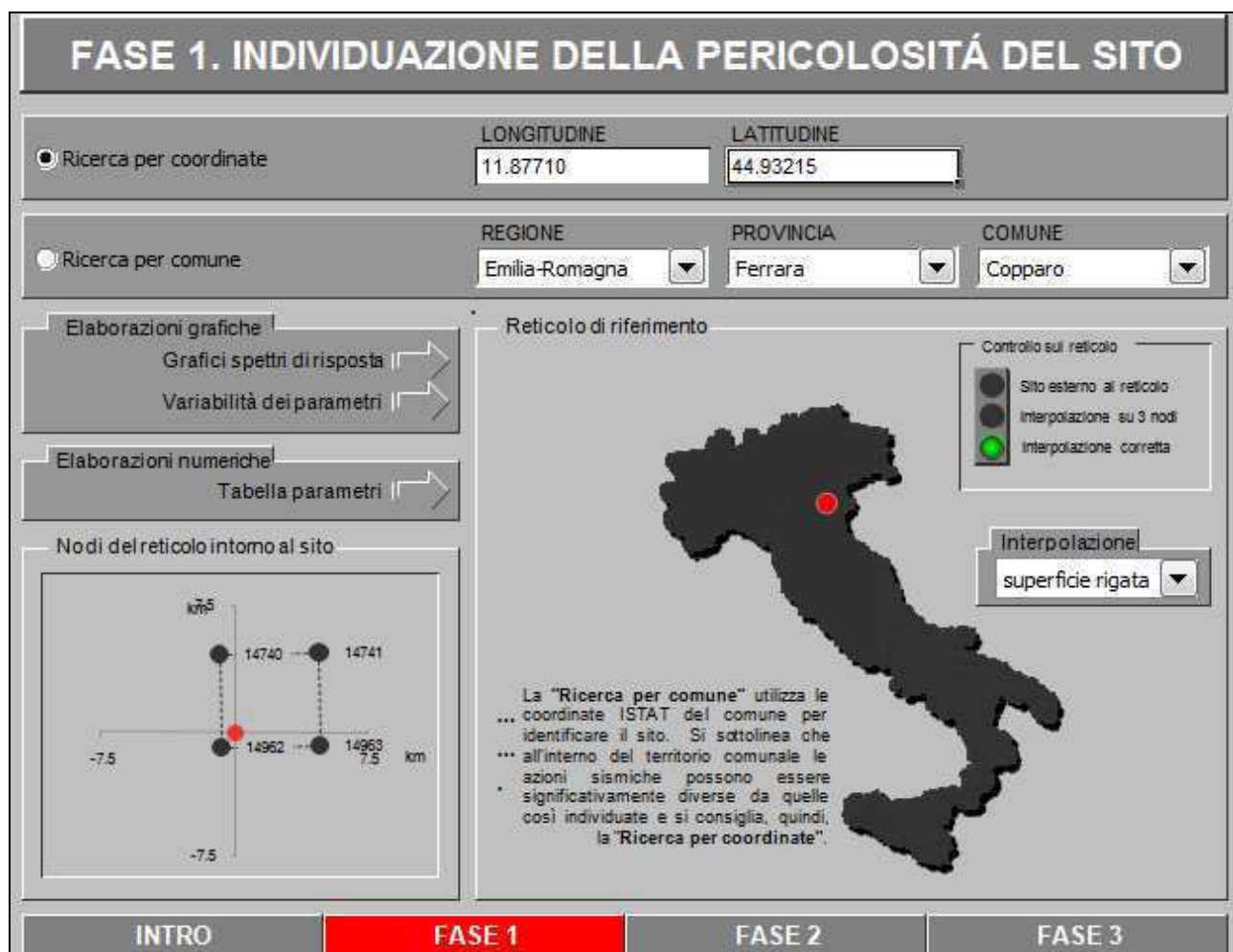


Figura 2.12.3-1  
**Finestra di lavoro relativa alla FASE 1**

In allegato 8 si riportano i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1 (zona sismica di Categoria S1 – OPCM2003); in allegato 5 i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_r$  ed in allegato 4 è inserita una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$  per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1; la scelta del tempo di ritorno dipende da quella che, nella fase 2, viene definita strategia di progettazione.

In figura 2.12.3-2 si descrive la considerazione dei dati specifici relativi al manufatto in oggetto.

In questo caso, come sopra riportato, si prevede di realizzare una chiusa con paratoie piane, con vita nominale  $V_n$  pari a 50 anni ed appartenente alla classe d'uso II, a cui corrisponde un coefficiente  $C_u = 1.0$ . In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per le costruzioni  $V_r$ , che risulta in questo caso pari a 50 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC18. I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati (Allegati 9, 7 e 6).

Si pone in evidenza il fatto che i dati riportati nella tabella dell'allegato 6 sono relativi ai parametri per la costruzione di spettri di risposta per i diversi stati limite e riguardano la pericolosità sismica di base del sito, ossia l'azione sismica attesa su suolo rigido e orizzontale; questi dati, nell'ottica di uno studio di RSL

mediante modellazione numerica, sono da intendere come la definizione delle forme spettrali dei terremoti di input.

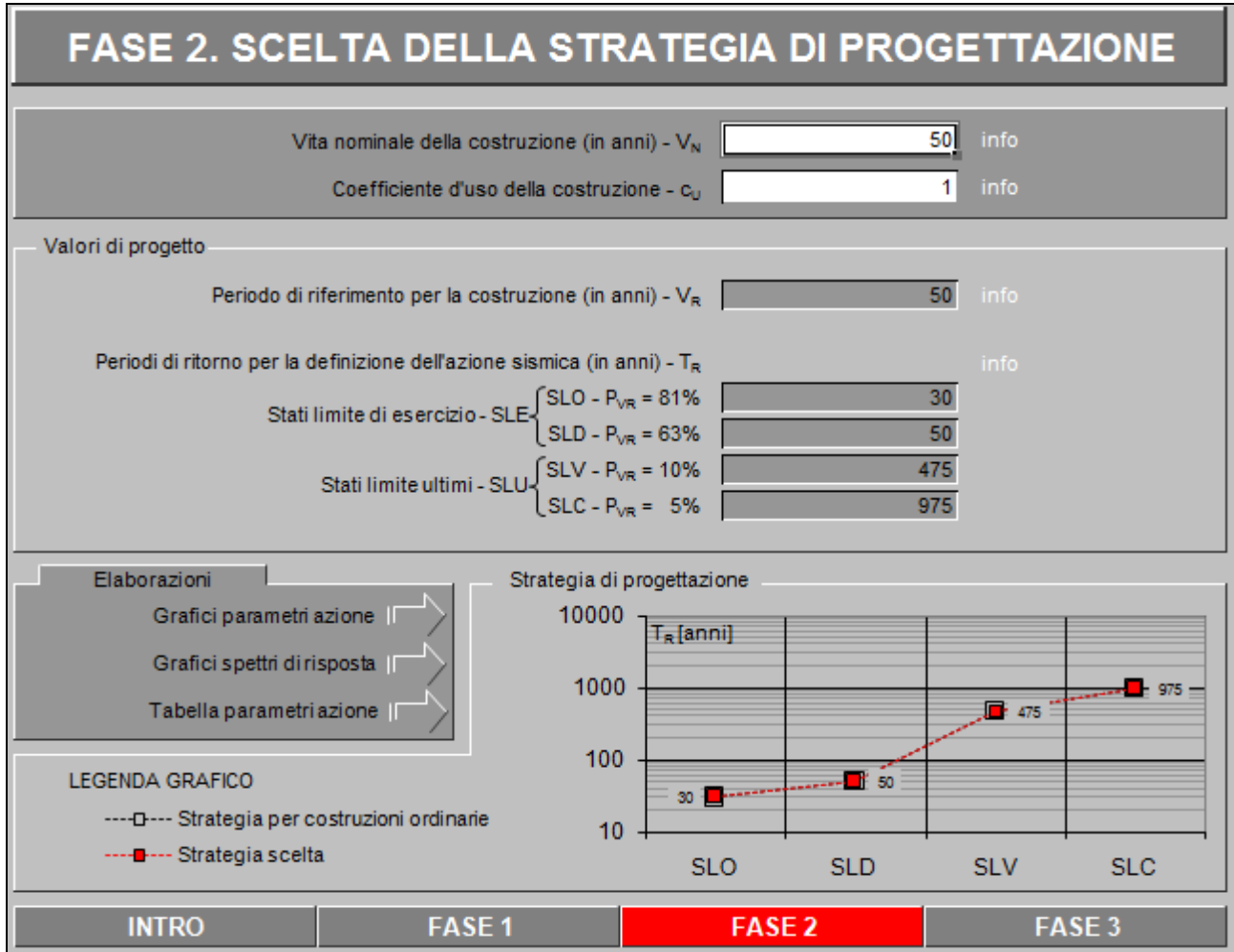


Figura 2.12.3-2

**Finestra di lavoro relativa alla FASE 2**

In figura 2.12.3-3 è raffigurata la determinazione dell'azione di progetto corrispondente a ciascuno Stato Limite.

Nello specifico si determina l'azione di progetto per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) ipotizzando: un sottosuolo di categoria D, una zona topografica di categoria T1 e infine una quota del sito della costruzione pari all'altezza del rilievo topografico (e pertanto  $h/H = 0$ ).

Inseriti questi dati vengono forniti i valori dei coefficienti SS, CC e ST necessari per la determinazione degli spettri.

In questo caso, per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), si seleziona l'opzione relativa allo spettro di progetto inelastico.

Non avendo ricevuto informazioni dal tecnico strutturista si ipotizzano i parametri di  $q$  e  $q_0$  e cautelativamente si assegna la non regolarità della struttura in altezza.

Si riportano infine negli allegati 10, 11 e 12, il grafico relativo agli spettri per lo stato limite SLV e le tabelle con i parametri corrispondenti.



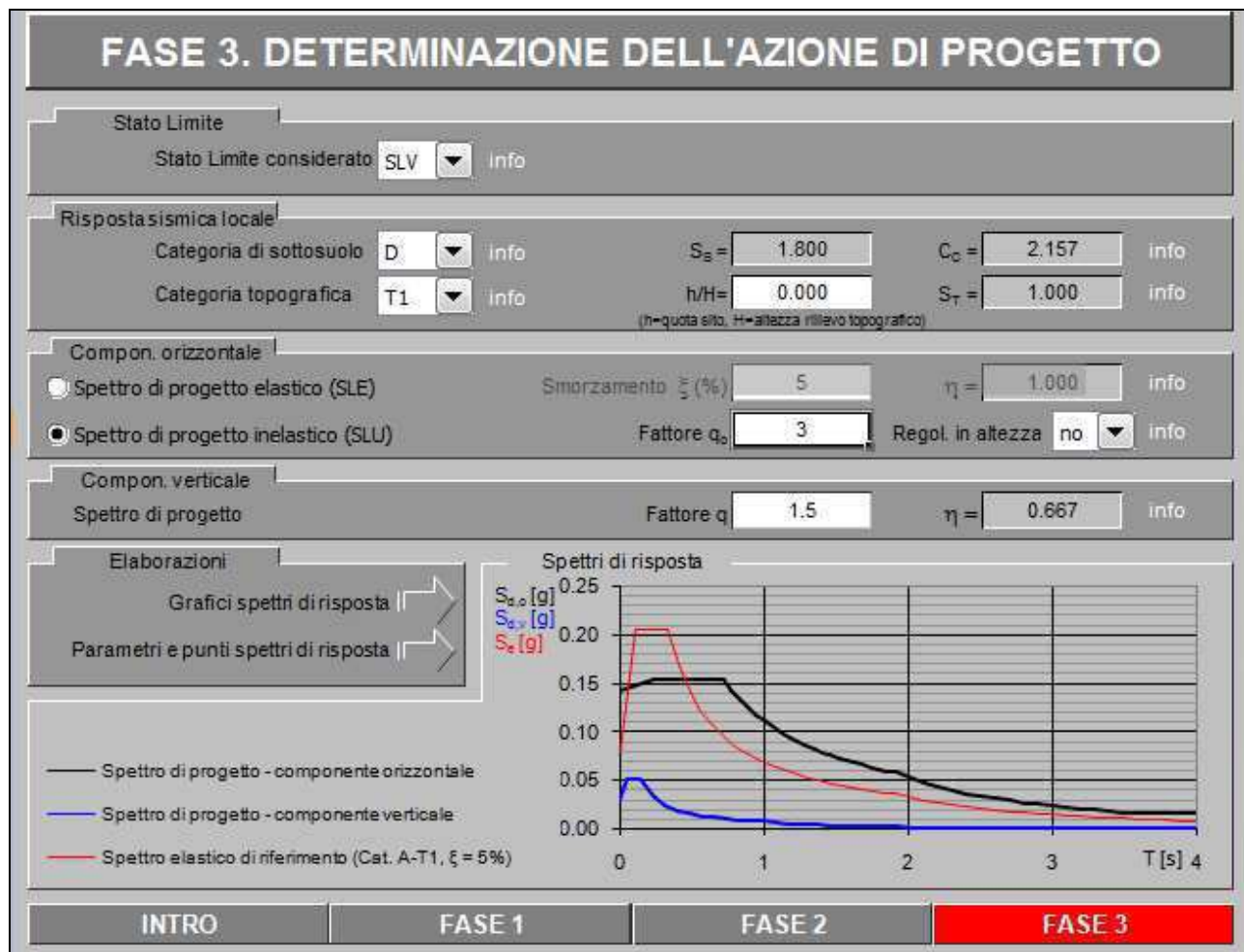


Figura 2.12.3-3  
**Spettri-NTC - SLV**

Supporti Grafici:

- Allegati 4-7. Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T^*_c$
- Allegati 8-12. Spettri di risposta – parametri SLV

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

#### 2.12.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI

È importante in questa fase distinguere fra terreni di fondazione incoerenti e terreni coesivi, i quali rispondono alle sollecitazioni di taglio in modo diverso.

Per prevedere il comportamento del terreno sottoposto ad azione sismica nei terreni incoerenti, è fondamentale conoscere il parametro densità relativa ( $D_r$ ); un terreno molto addensato ( $D_r \geq 70\%$ ) infatti, sottoposto a sollecitazioni di taglio, tende ad aumentare di volume (***fenomeno della dilatanza***) fino a raggiungere l'indice dei vuoti critico, oltre al quale cessa l'aumento di volume stesso. La densità relativa ( $D_r$ ) in corrispondenza di un aumento di volume diminuisce, come diminuisce l'angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ) legato direttamente ad essa.

Nei terreni di fondazione coesivi, nei quali la resistenza al taglio è espressa in condizioni drenate da un angolo di resistenza al taglio e da una coesione drenata e in condizioni non drenate, da una coesione non drenata, è dimostrato (Carroll, 1963) che l'azione sismica non produce variazioni negative nelle caratteristiche meccaniche.

*Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali d'indagine effettuate, sono stati rilevati sedimenti granulari e coesivo-granulari saturi. Per tali terreni sono stati determinati valori di densità relativa media inferiori al 70%. Pertanto, in virtù delle caratteristiche dei terreni e delle densità individuate, in caso di sollecitazione sismica non è previsto l'insorgere del fenomeno della dilatanza. A tale proposito si sottolinea inoltre come, in generale, tale fenomeno sia funzione anche della profondità alla quale si trova lo strato indagato: maggiore è la profondità dello strato, minore sarà la possibilità dell'insorgere del fenomeno.*

Per quanto riguarda il fenomeno della ***liquefazione***, definito come la diminuzione della resistenza al taglio e/o di rigidità, causata dall'aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo granulare durante una sollecitazione sismica, la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla, se si riscontra almeno una delle condizioni riportate di seguito. È sufficiente che solo uno di questi criteri sia soddisfatto per poter omettere ogni ulteriore tipo di verifica (decreto 17 gennaio 2018 – “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” – paragrafo 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. 2.12.4.5-1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 2.12.4.5-1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Da evidenziare come, per il punto 4, sia chiaramente necessario prelevare un campione di sabbia da sottoporre ad analisi di laboratorio.

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Quando nessuna delle condizioni sopra descritte risulta soddisfatta, è necessario procedere alla valutazione di un coefficiente di sicurezza alla liquefazione, alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

#### **2.12.4.1. Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma**

Come riportato nel “Gruppo di lavoro MS, 2008. - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica - Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd”, al paragrafo 2.8.2 – Valutazione della magnitudo: “la magnitudo è una grandezza molto importante per la definizione della pericolosità sismica e quindi dell’azione sismica. È una grandezza che ha carattere aleatorio e come tale viene trattata negli studi di pericolosità. Analogo carattere dovrebbe quindi conservare quando utilizzata per la definizione a fini di progettazione o di studio di MS.

Un metodo semplice e in favore di sicurezza che può essere utilizzato per stimare quale sia il valore di magnitudo da considerare ai fini delle valutazioni, preferibilmente per le verifiche di liquefazione, per il sito o la microzona di interesse, è il seguente:

1. si considera sempre la zonazione sismogenetica (ZS9), secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima  $M_{wmax50}$ .

2. per i siti che cadono in una delle 36 zone sismogenetiche predette si assume come  $M$  il valore di  $M_{wmax}$ .

3. ai fini della verifica a liquefazione e per i siti che non ricadono in alcuna zona sismogenetica si determinano le minime distanze ( $R_i$ ) dalle zone ( $i$ ) circostanti e si controlla per ciascuna di esse se la magnitudo  $M_i$  della zona è inferiore alla magnitudo fornita dalla relazione  $M_s = 1+3\log(R_i)$ .”

Nel caso in cui almeno una  $M_s(i)$ , calcolata rispetto alle zone sismogenetiche circostanti, risulti inferiore alla  $M_w(i)$  della stessa zona per la quale è stata calcolata  $M_s(i)$ , si assume per  $M_w$  il valore di magnitudo più alto tra le magnitudo delle zone sismogenetiche circostanti ( $M_{wmax}(i) = M_w$ ):

$$M_s(i) < M_{wmax}(i) \rightarrow M_{wmax}$$

Se invece tutte le  $M_s(i)$  sono superiori alle  $M_w(i)$ , si determina la  $M_w$  con il metodo di disaggregazione:

$$M_s(i) > M_{wmax}(i) \rightarrow \text{Metodo di disaggregazione}$$

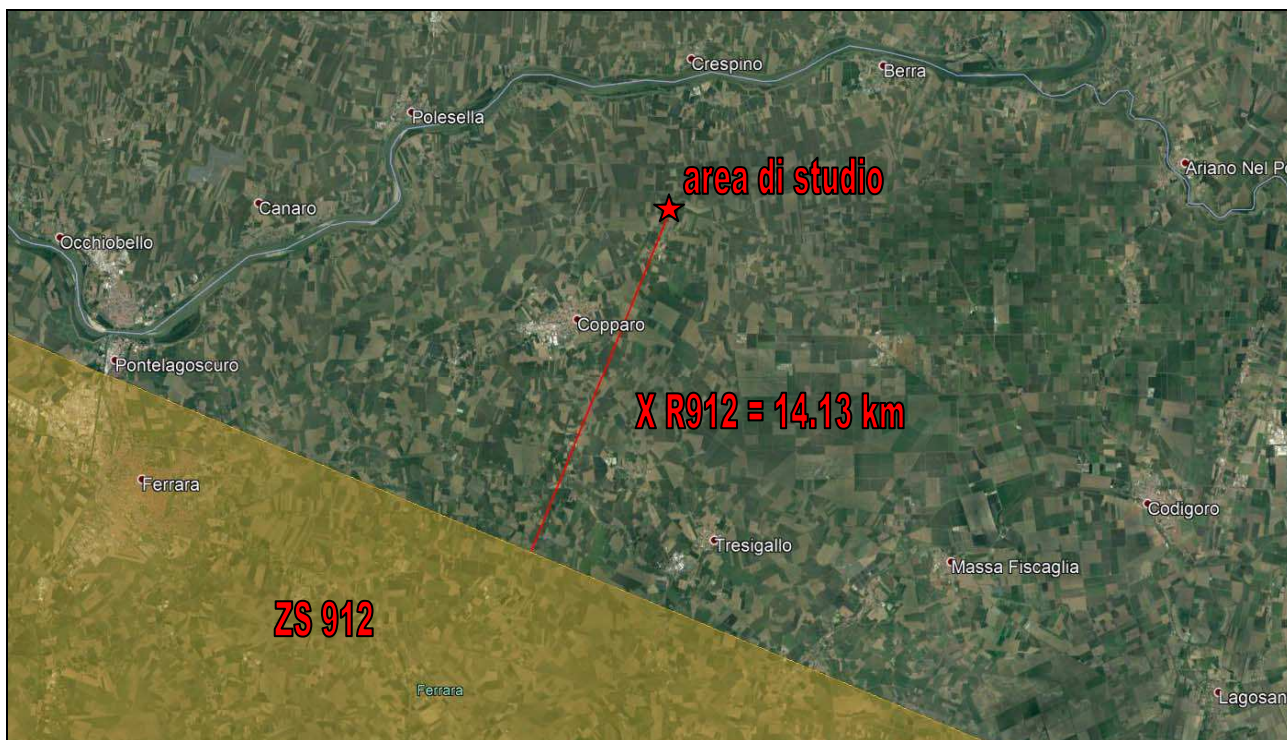


Figura 2.12.4.1-1  
**Ubicazione dell'area di studio rispetto alle zone sismogenetiche più prossime**

Per il caso specifico si considera solo una zona sismogenetica, essendo prossima all'area di studio. La zona sismogenetica esaminata con la relativa magnitudo è denominata "Dorsale Ferrarese" con  $M_w(912) = 6.14$ .

Si riportano di seguito le valutazioni effettuate:

TABELLA 2.12.4.1-1  
 MAGNITUDO CALCOLATA PER LA ZONA SISMOGENETICA CIRCOSTANTE L'AREA DI STUDIO

<b>X</b>
$M_w(912) = 6.14$
$R_{912} = 14.13 \text{ km}$
$M_s(912) = 4.45$

Visto che:  
 $M_s(912) < M_w(912)$

Allora  $M_{wmax}$  è pari a 6.14 e si procede alla verifica alla liquefazione.



#### 2.12.4.2. Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale

Nel 2018 sono state aggiornate le Norme Tecniche per le Costruzioni le quali prevedono che, per ogni luogo del territorio nazionale, l'azione sismica da considerare nella progettazione si basi sulla stima di pericolosità opportunamente corretta per tenere conto delle effettive caratteristiche del suolo a livello locale.

Nell'allegato 4 della DGR 2193/2015, la pericolosità sismica di base di ciascun punto del territorio regionale è definita sulla base di una griglia di nodi ai quali è associato un valore di  $a_{refg}$  determinato come l'accelerazione orizzontale di base espressa in frazioni percentuali dell'accelerazione di gravità ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ).

In figura 2.12.4.2-1 è riportato, nel dettaglio, il territorio nell'intorno dell'area di studio, con i nodi della griglia in cui è stato suddiviso il territorio regionale (allegato 4 - DGR 2193/2015), ricadenti nelle immediate vicinanze. A ciascun nodo corrisponde uno specifico valore di  $a_{refg}$ .

Per il caso specifico, i valori di accelerazione orizzontale di base diminuiscono da ovest verso est variando da 0.0822 g a 0.0751 g.

Questi valori di base, se moltiplicati per il fattore di amplificazione stratigrafica F.A. caratteristico del settore in esame (F.A. = 1.3 – ALLEGATO A2 – TABELLE A2.1.2 – AMBIENTE DI PIANURA 3 – DGR 2193/2015), sono prossimi al valore limite pari a 0.1 g indicato nelle NTC D.M. 14 gennaio 2008 e CIRCOLARE C.S.LL.PP. 2 febbraio 2009 n. 617 – paragrafo 7.11.3.4.2 e nella DGR2193/2015 al punto 2 del paragrafo 1 – Allegato A3.



Figura 2.12.4.2-1

Griglia dei nodi relativi alla pericolosità sismica di base  $a_{refg}$  nell'intorno dell'area di studio come da Allegato 4 DGR 2193/2015.

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

Riconducendo le valutazioni alle NTC18, in base a quanto riportato nel paragrafo 2.12.3 e alla definizione della accelerazione massima attesa in superficie ( $a_{gmax}$ ), nonché al calcolo dei fattori di amplificazione  $S_s$  e  $S_t$ , nel caso specifico:

- per lo stato limite SLU-SLV:  $S_s = 1.80$ , ( $a_g = 0.079g$ ) e  $S_t = 1$ , si definisce l'accelerazione massima orizzontale attesa al sito ( $a_{gmax}$ ) per SLU-SLV pari a **0.142g**.

Per lo stato limite SLU-SLV,  $S_s$  risulta pari a 2.093, ma dall'espressione relativa alla categoria di suolo D ( $0.90 \leq 2.40 - 1.50 f_0 a_g / g \leq 1.80$ ), utilizzando l'approccio semplificato, si evidenzia come in realtà il valore non possa essere superiore a 1.80.

Applicando questo criterio si conclude che la verifica non è soddisfatta, in quanto il valore stimato per lo stato limite SLU-SLV è superiore a 0.10 g, quindi è necessario procedere ad ulteriori verifiche ed elaborazioni relativamente al rischio di liquefazione.

A commento di quanto precedentemente determinato per mezzo del software distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, va segnalato come lo spettro di risposta che risulta sia uno spettro di ampiezza corrispondente allo spettro teorico del terremoto a cui riferirsi. È la forma standardizzata dello spettro dei terremoti. La forma di questo spettro dipende dallo smorzamento  $\xi$  (5%), ma così creato è la convoluzione di tutte le incertezze e quindi come tale si riferisce ad un sisma teorico.

#### **2.12.4.3. Fattori predisponenti: Profondità della falda**

(da "La liquefazione dei terreni" di Aldo di Bernardo)

Quando le sopraccitate condizioni non risultano soddisfatte, diventa necessario eseguire una prima valutazione geotecnica di tipo qualitativo e semi quantitativo sui terreni presenti nel sito indagato.

Il primo parametro da individuare è la posizione della falda rispetto al piano campagna. Se la profondità media stagionale del livello di falda è superiore a mt 15, in presenza di topografia orizzontale e di strutture con fondazioni superficiali, la verifica alla liquefazione può essere omessa. Questo limite coincide con quello indicato nell'Eurocodice 8. Si ammette quindi l'improbabilità che strutture con fondazioni superficiali in presenza di topografia suborizzontale, possano risentire degli effetti della liquefazione in livelli posti oltre i mt 15 di profondità.

Il DM 17/01/2018 parla di misura riferita al valore medio stagionale. Nell'Eurocodice 8 invece si fa riferimento alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell'opera. Nel primo caso si tratta di eseguire una valutazione sulla base di dati storici, nel secondo di fare una previsione a lungo termine, con i problemi che ciò comporta. Qualora non fossero disponibili misure precise del livello di falda, è possibile effettuare una valutazione approssimativa attraverso una stima di massima dell'oscillazione del livello.

Nel caso specifico la falda risulta comunque a profondità inferiori a mt 15.00 da p.c., nettamente più prossima al piano campagna, come definito nel capitolo dedicato.

#### **2.12.4.4. Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno**

Nel caso specifico non sono state effettuate le valutazioni speditive finalizzate a definire la resistenza mobilitabile nel terreno in quanto, come si vedrà più avanti, si è ritenuto opportuno procedere comunque alla verifica alla liquefazione tramite analisi delle intere colonne stratigrafiche della SCPTU1 e della CPTU2.

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

#### **2.12.4.5. Fattori predisponenti: Composizione granulometrica**

(da “La liquefazione dei terreni” di Aldo di Bernardo)

Facendo riferimento ai classici schemi di Tsuchida (1970), incorporati in numerose normative nazionali e procedure di valutazione del rischio, vengono definiti due fusi granulometrici corrispondenti a depositi con diverso valore del coefficiente di uniformità.

Si ricorda che per coefficiente di uniformità si intende il rapporto:

$$U = d_{60} / d_{10}$$

in cui  $d_{60}$  e  $d_{10}$  sono, rispettivamente, i diametri corrispondenti al 10% e al 60% del peso del campione letti sulla curva granulometrica.

Secondo le NTC2018, si può omettere la verifica alla liquefazione, quando la curva granulometrica del terreno risulta esterna alle zone indicate.

A livello operativo l’applicazione di questo criterio implica l’esecuzione di un sondaggio con prelievo di campioni di sabbia satura a diverse profondità, con le difficoltà e i costi che questo comporta.

Interpretativamente è necessario che un profilo ricada completamente nei limiti indicati per poter essere indicato liquefacibile.

Nel caso specifico, non è stato in questa fase previsto il prelievo di campioni di terreno sui quali effettuare analisi granulometriche. Tale verifica, se necessaria, sarà programmata in una successiva fase di studio.

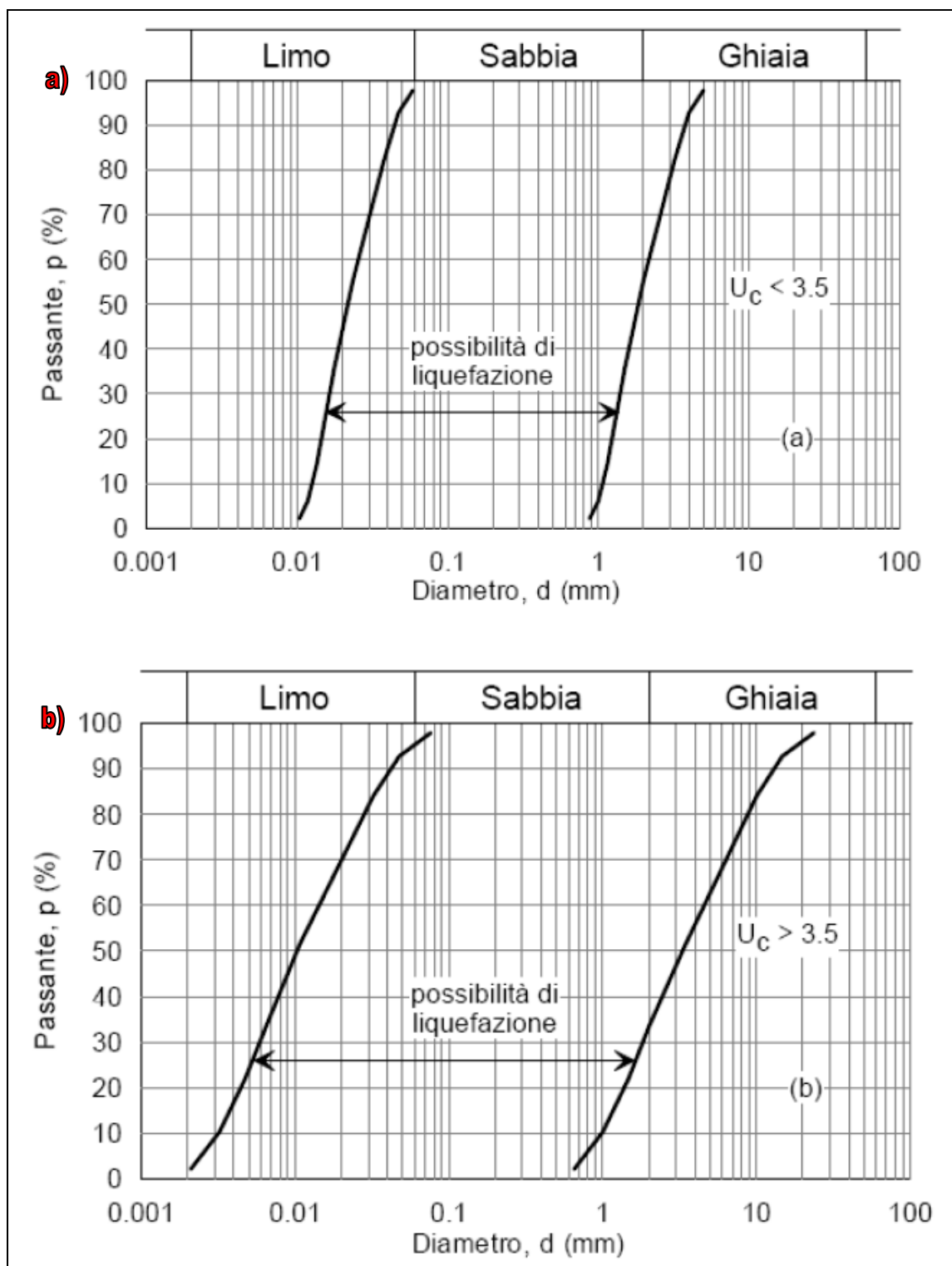


Figura 2.12.4.5-1

**Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione**



## 2.12.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO

Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali di indagine, sono stati individuati livelli coesivo-granulari e granulari saturi, considerando un livello della falda pari a mt. 1.60 e a mt 1.65 da piano campagna. Visti gli spessori, le caratteristiche e le profondità a cui si trovano, nella presente sono state effettuate le verifiche di seguito riportate, riferite al caso evento sismico.

Nello specifico, è stata valutata la **suscettibilità alla liquefazione** applicando cinque criteri indiretti, corrispondenti a:

- metodo di Robertson (NCEER 2001);
- metodo di Robertson (2009);
- metodo di Moss et al. (2006);
- metodo di Idriss & Boulanger (2008);
- metodo di Boulanger & Idriss (2014).

In base alla deliberazione dell'assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2 maggio 2007, è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione quando  $FL < 1$ . Le NTC2018 demandano invece al progettista la decisione in merito alla scelta del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione. Per quanto riguarda infine l'OPCM 3274 del 20 marzo 2003, un terreno deve essere considerato suscettibile a liquefazione, allorché lo sforzo di taglio generato dal terremoto ad una data profondità, supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato la liquefazione durante terremoti passati alla medesima profondità; il livello di sforzo di taglio implica un fattore di sicurezza pari a 1.25.

Utilizzando il software CLiq v.2.3.1.14 sono stati determinati gli Indici del Potenziale di Liquefazione, stimati considerando un valore di **ag** pari a **0.14 g** ed una **magnitudo** di **6.14**.

L'indice di liquefazione dal software CLiq v. 2.3.1.14 è determinato con la seguente equazione:

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0,5z) \times F_L \times d_x$$

Dove:

$$\begin{aligned}
 F_L &= 1 - F.S. && \text{quando } F.S. < 1 \\
 F_L &= 0 && \text{quando } F.S. \geq 1 \\
 F(z) &= 1 - F_L && \text{per } F_L \leq 0.95
 \end{aligned}$$

In base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  si definiscono le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

- $I_L = 0$ : non liquefacibile ( $F_L \geq 1.2$ )
- $0 < I_L \leq 2$ : potenziale basso
- $2 < I_L \leq 5$ : potenziale moderato
- $5 < I_L \leq 15$ : potenziale alto
- $15 < I_L$ : potenziale molto alto

Di seguito sono tabulati i valori di IPL valutati con gli approcci sopra elencati ed in figura 2.12.5-1 è riportato un diagramma ad istogrammi dei valori tabulati.

TABELLA 2.12.5-1

VALORI IPL VALUTATI CON VARI APPROCCI

Suscettibilità alla liquefazione	IPL	IPL – SCPTU1	IPL – CPTU2
Robertson (NCEER, R&W 1998, 2009)	Iwasaki	0.027	0.051
Moss et al. (2006)	Iwasaki	1.388	0.089
Idriss e Boulanger (2008)	Iwasaki	0.195	0.000
Boulanger e Idriss (2014)	Iwasaki	1.016	0.500

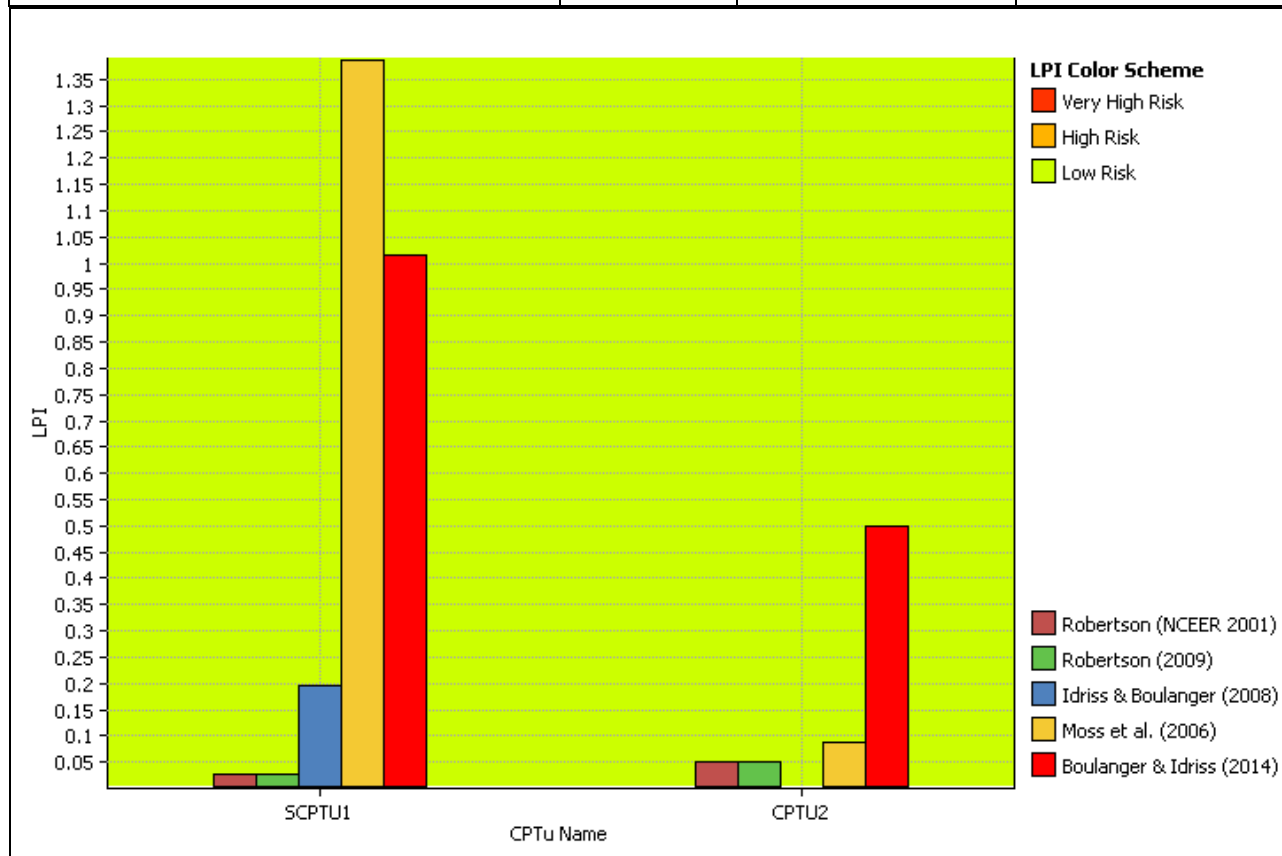


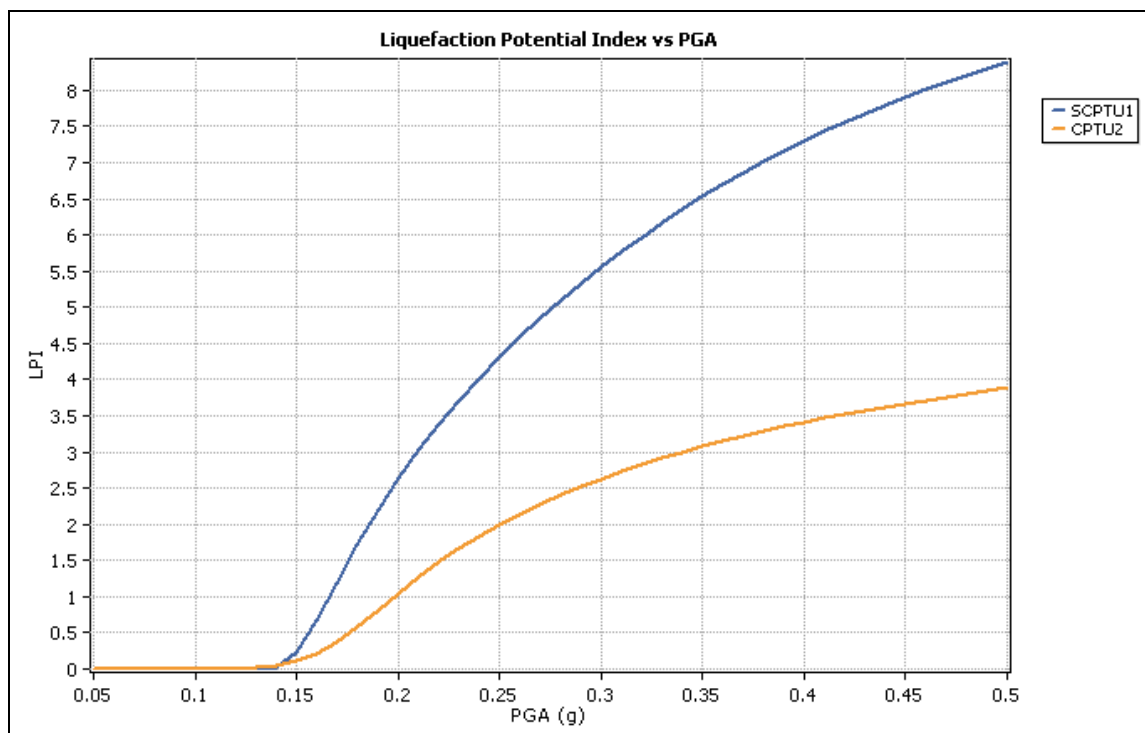
Figura 2.12.5-1

Istogrammi con calcolo valori LPI

In base agli Indici del Potenziale di Liquefazione stimati, le classi di pericolosità definite secondo Sonmez (2003), in corrispondenza di entrambe le prove eseguite, risultano essere a **potenziale basso ( $0 < I_L \leq 2$ )**, con tutti i metodi considerati (figura 2.12.5-1).

Di seguito si riportano i grafici ed i dati tabulari degli Indici di Potenziale Liquefazione stimati in base alle relative PGA, in corrispondenza di entrambe le prove.

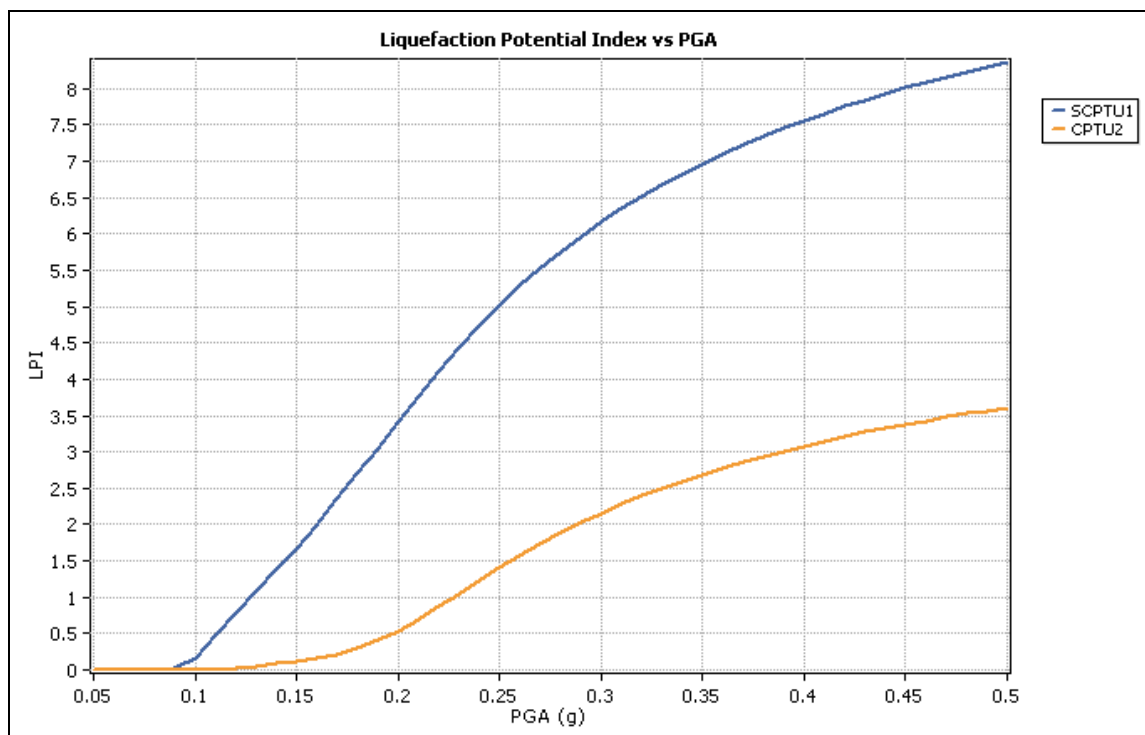
**1) Metodo di Robertson (NCEER, R&W 1998, 2009)**



PGA	SCPTU1	CPTU2
0.05	0	0
0.06	0	0
0.07	0	0
0.08	0	0
0.09	0	0
0.1	0	0
0.11	0	0
0.12	0	0.00135896088989525
0.13	3.47829850906779E-5	0.025667691261631
0.14	0.026923212777276	0.0506424271445186
0.15	0.241733293612036	0.107589715423335
0.16	0.673799658487483	0.207867219916791
0.17	1.18790153406725	0.363784561781997
0.18	1.71300367360464	0.572091564384527
0.19	2.19879295394123	0.804864129628486
0.2	2.63600330624417	1.05156329836035
0.21	3.0315745773754	1.2763364746289
0.22	3.39118482385834	1.48067572578213
0.23	3.71952461412537	1.6672463464003
0.24	4.0221468808254	1.83826941530029
0.25	4.31466226225093	1.99561063868828
0.26	4.59022909831821	2.14084869104642

0.27	4.85306584722318	2.27532836915581
<b>0.28</b>	<b>5.10252778125092</b>	2.40020235597168
0.29	5.33859405550586	2.51646434369679
0.3	5.561227586989	2.62497553224023
0.31	5.76949766482806	2.72648599894216
0.32	5.96882596967567	2.82165206147522
0.33	6.16309184938246	2.91105048385476
0.34	6.34593032440063	2.99519017550609
0.35	6.52702354294562	3.07452188477734
0.36	6.69973400008602	3.14944627686686
0.37	6.86310875684046	3.22032070181641
0.38	7.01788484218676	3.28746489387387
0.39	7.1647236923871	3.35116579403095
0.4	7.30422060007742	3.41168164918018
0.41	7.43691278056334	3.46924551139529
0.42	7.56328628578802	3.52406823731445
0.43	7.68378195356039	3.57634106900482
0.44	7.79880054552492	3.62623786289107
0.45	7.90870720006882	3.67391702149349
0.46	8.01383530441515	3.71952317320015
0.47	8.11448987240631	3.76318863760015
0.48	8.21095050006451	3.80503470765015
0.49	8.30347395924687	3.84517277484096
0.5	8.39229648006194	3.88370531934414

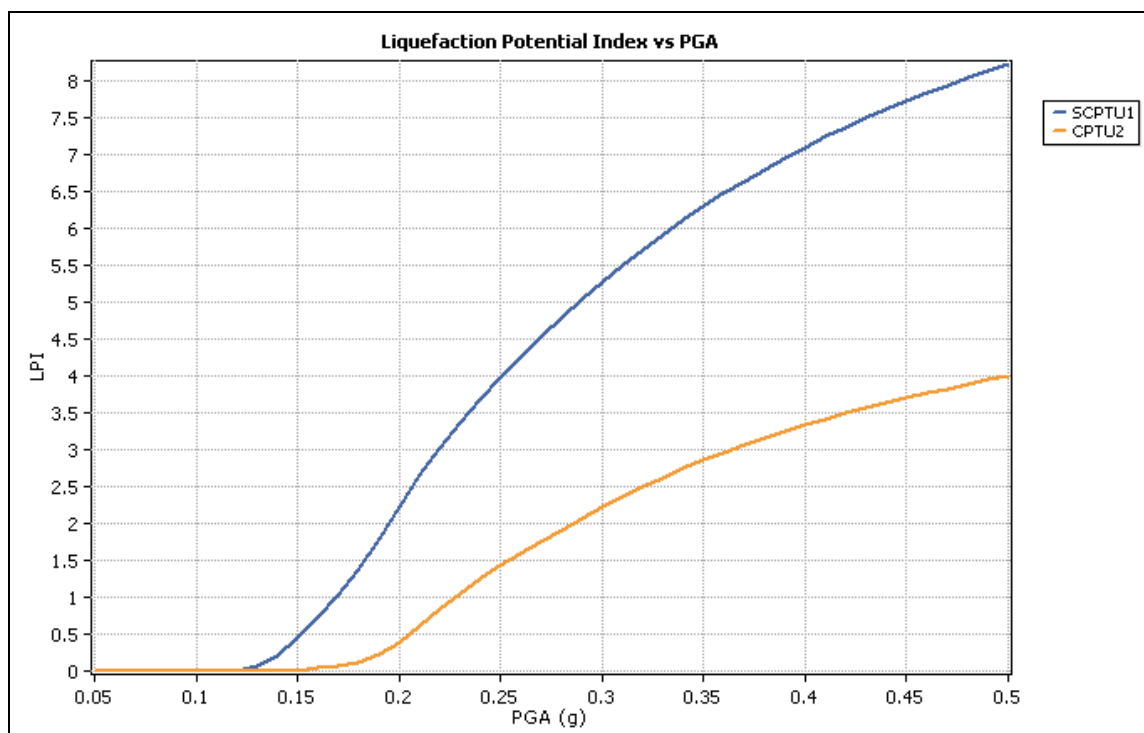
## 2) Metodo di Moss et al. (2006)





PGA	SCPTU1	CPTU2
0.05	0	0
0.06	0	0
0.07	0	0
0.08	0	0
0.09	0.017626857494619	0
0.1	0.165574093887631	0
0.11	0.491510714442313	0.00047478132267459
0.12	0.787880464375491	0.0124930829693201
0.13	1.09265021126201	0.0508623074166239
0.14	1.38752847472259	0.0885229202711663
0.15	1.67126601656394	0.121116848358801
0.16	1.99094130074248	0.150495301471629
0.17	2.34561669539269	0.216903371487664
0.18	2.71037489872783	0.304299126601775
0.19	3.05882823996684	0.409023938643816
0.2	3.41365001526997	0.529096688808533
0.21	3.76445578918717	0.692781148735021
0.22	4.10248470664045	0.872559921249478
0.23	4.42555137113665	1.05034651561627
0.24	4.73683486901181	1.22543077059958
<b>0.25</b>	<b>5.02300869340936</b>	1.40115650648845
0.26	5.28671206877095	1.57456053450231
0.27	5.53043272367926	1.73697638096461
0.28	5.75630274530308	1.88741252214282
0.29	5.96615988786982	2.02710007236593
0.3	6.16159661905055	2.15710575045856
0.31	6.34399967309581	2.27835838566555
0.32	6.51458218734947	2.39167045327399
0.33	6.67440999534216	2.49775569421515
0.34	6.82442327949919	2.59724362486064
0.35	6.96545451151701	2.69069155894787
0.36	7.09824340222711	2.77859462536052
0.37	7.22344942669503	2.86139416089861
0.38	7.3416623711967	2.93948477735302
0.39	7.45341125709304	3.01322034079953
0.4	7.55917192561829	3.08291905344237
0.41	7.65937351217809	3.14886779119756
0.42	7.75440399520907	3.21132582102498
0.43	7.84461497022181	3.27052799894419
0.44	7.93032577226097	3.32668753131486
0.45	8.01182704810607	3.37999836727886
0.46	8.0893838619125	3.43063727844984
0.47	8.16323840374331	3.47876567238721
0.48	8.23361235886444	3.52453117863126
0.49	8.3007089862249	3.5680690397427
0.5	8.36471494679299	3.60950333459484

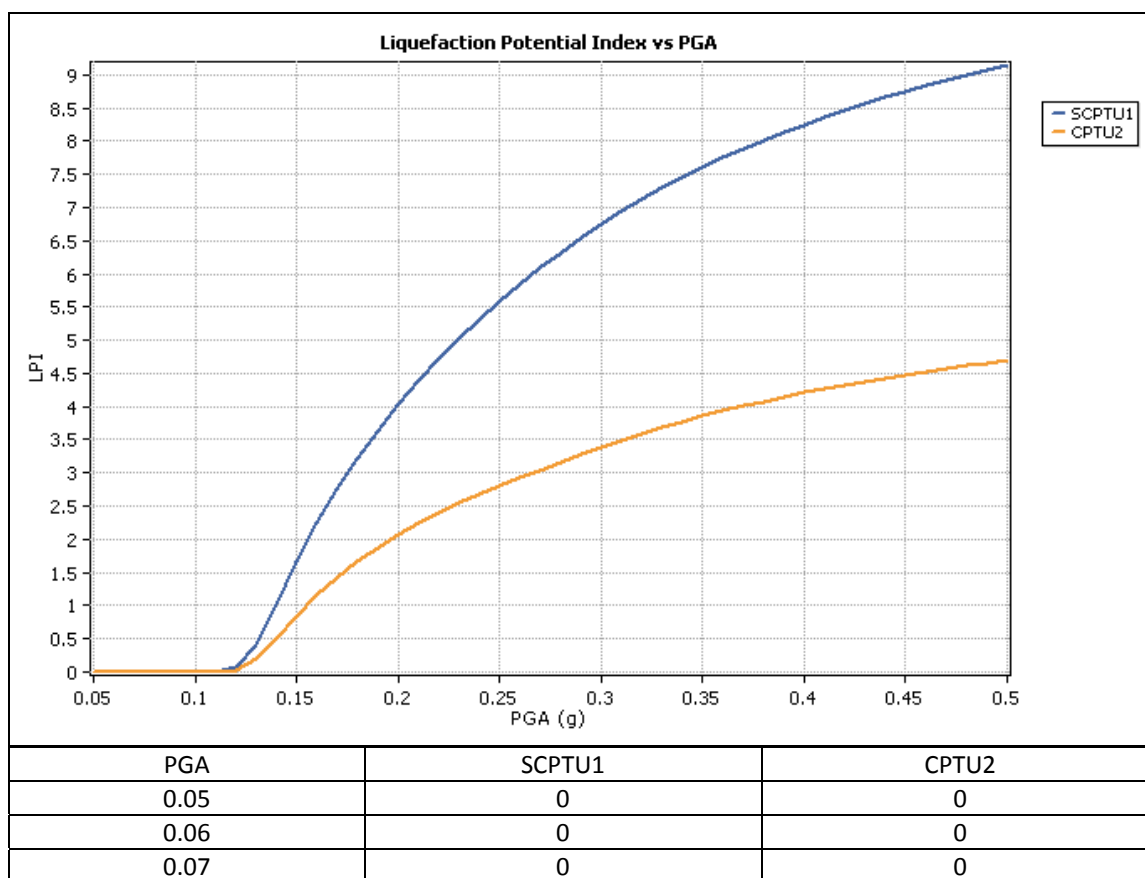
### 3) Metodo di Idriss & Boulanger (2008)



PGA	SCPTU1	CPTU2
0.05	0	0
0.06	0	0
0.07	0	0
0.08	0	0
0.09	0	0
0.1	0	0
0.11	0	0
0.12	0.00499238196556635	0
0.13	0.0633123048573465	0
0.14	0.195360022466294	0
0.15	0.443739953586396	0.00834475077791238
0.16	0.717185029713825	0.0424154524353963
0.17	1.01540285608944	0.0745477509189914
0.18	1.36944992467929	0.116627241134161
0.19	1.80466715745354	0.227628472398613
0.2	2.23682989548928	0.392996985518735
0.21	2.6507365413104	0.606913505078031
0.22	3.02765760761448	0.83466267020189
0.23	3.37180292902254	1.04871211932355
0.24	3.6872694736466	1.24492411435173
0.25	3.98189767749747	1.42543914977766
0.26	4.26556107898901	1.59206841324775
0.27	4.5328291871746	1.74635476831265
0.28	4.79052108995694	1.90703687977766
<b>0.29</b>	<b>5.04542127101843</b>	2.06964311766435

0.3	5.28382056198448	2.2230550137422
0.31	5.50683925353337	2.36656936813761
0.32	5.71903109567499	2.50111407538331
0.33	5.92086651701817	2.62750455794745
0.34	6.11434921718773	2.74646030624312
0.35	6.30378495383951	2.8586185832076
0.36	6.48269648289953	2.96454584478517
0.37	6.65193711849683	3.06474730843962
0.38	6.8122703522206	3.15967501084911
0.39	6.96438136883033	3.24973462595554
0.4	7.10888683460958	3.33529126030665
0.41	7.24634325327763	3.41667440029917
0.42	7.37725412819959	3.494182152673
0.43	7.50207612521821	3.56808489330851
0.44	7.62122439509962	3.63862841846059
0.45	7.73507718631962	3.70603667582813
0.46	7.84397985618224	3.77051413939709
0.47	7.94824836988049	3.83224788111204
0.48	8.04817236217465	3.89140938358888
0.49	8.14401782417108	3.94815613086257
0.5	8.23602946768766	4.00263300824532

#### 4) Metodo di Boulanger & Idriss (2014)

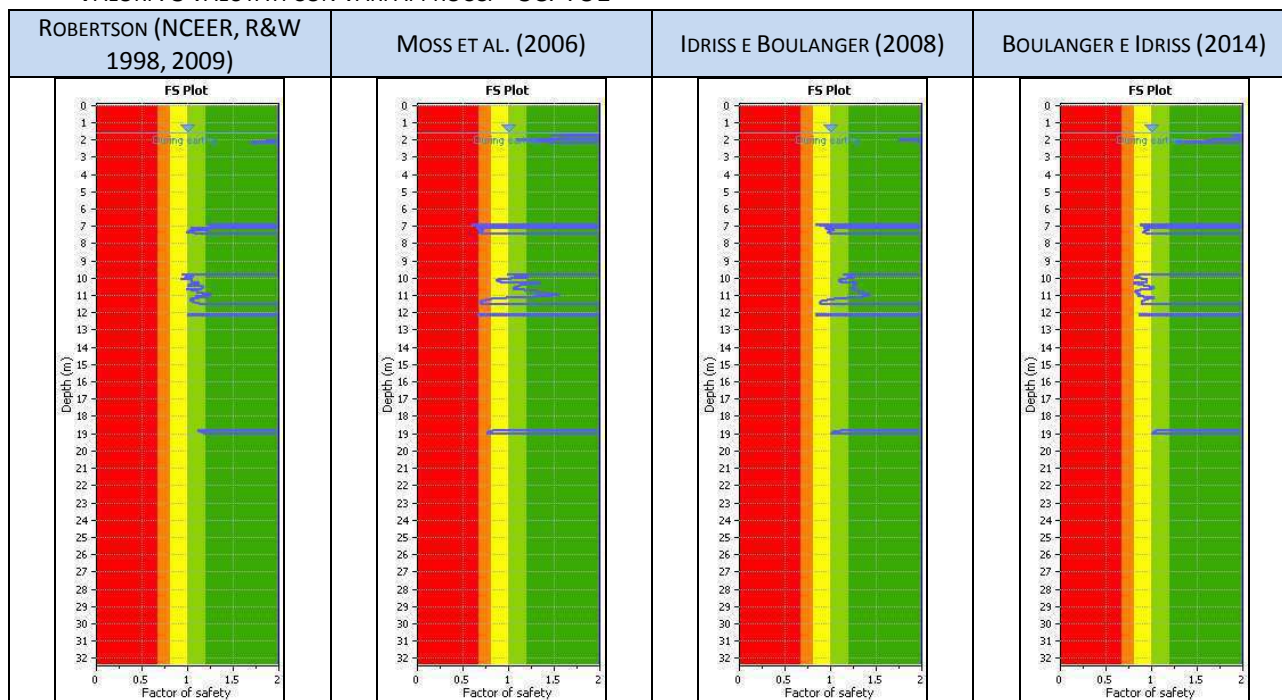


0.08	0	0
0.09	0	0
0.1	0	0
0.11	0	0
0.12	0.0753277891651389	0.0308784269216709
0.13	0.405051645910435	0.194656816347779
0.14	1.01572874563024	0.499893434474081
0.15	1.66446330965488	0.844379713844099
0.16	2.24437185280145	1.14977176003944
0.17	2.75605586146019	1.420832244743
0.18	3.21457337646424	1.66177489781283
0.19	3.64830983465068	1.877355166349
0.2	4.03986434291815	2.07137740803155
0.21	4.39412794563633	2.24692134098243
0.22	4.71618576628922	2.40650673457414
<b>0.23</b>	<b>5.01930118644401</b>	<b>2.55221513741874</b>
0.24	5.31480750391304	2.68578117335962
0.25	5.59011120375651	2.80866192642524
0.26	5.84423769591973	2.92209031387042
0.27	6.08441828081847	3.03120569365216
0.28	6.31916938475656	3.15379271209224
0.29	6.54073595769599	3.27511020477871
0.3	6.74753142577279	3.38833986461942
0.31	6.94098525074786	3.49426438511557
0.32	7.12234821166199	3.59356862308071
0.33	7.29271947797526	3.68685442238129
0.34	7.45306890509363	3.77465282172302
0.35	7.60425550780525	3.85743416967379
0.36	7.74704285481066	3.93561655384952
0.37	7.8821119668428	4.00957286320494
0.38	8.01007217824168	4.07963673522586
0.39	8.13147032751753	4.14610758816879
0.4	8.24679856932959	4.20925489846456
0.41	8.35650104324839	4.26932185216055
0.42	8.46097958983771	4.32652847472816
0.43	8.56059866914381	4.38107432415309
0.44	8.65568960848145	4.43314081678597
0.45	8.74655428384853	4.48289324307962
0.46	8.83346832115617	4.53048252040397
0.47	8.91668388879114	4.57604672209751
0.48	8.996432141108	4.61971241538714
0.49	9.07292536271804	4.66159583548128
0.5	9.14635885546368	4.70180391877166

Nelle tabelle 2.12.5-2 e 2.12.5-3 sono riportati i grafici dei Fattori di Sicurezza utili per individuare la potenziale suscettibilità di liquefazione degli spessori e le profondità interessate. Nelle tabelle 2.12.5-4 e 2.12.5-5 si riportano i grafici degli andamenti della probabilità di innesco liquefazione in corrispondenza delle due verticali di indagine eseguite e con tutti i metodi considerati.



**TABELLA 2.12.5-2**  
**VALORI FS VALUTATI CON VARI APPROCCI – SCPTU1**



**TABELLA 2.12.5-3**  
**VALORI FS VALUTATI CON VARI APPROCCI – CPTU2**

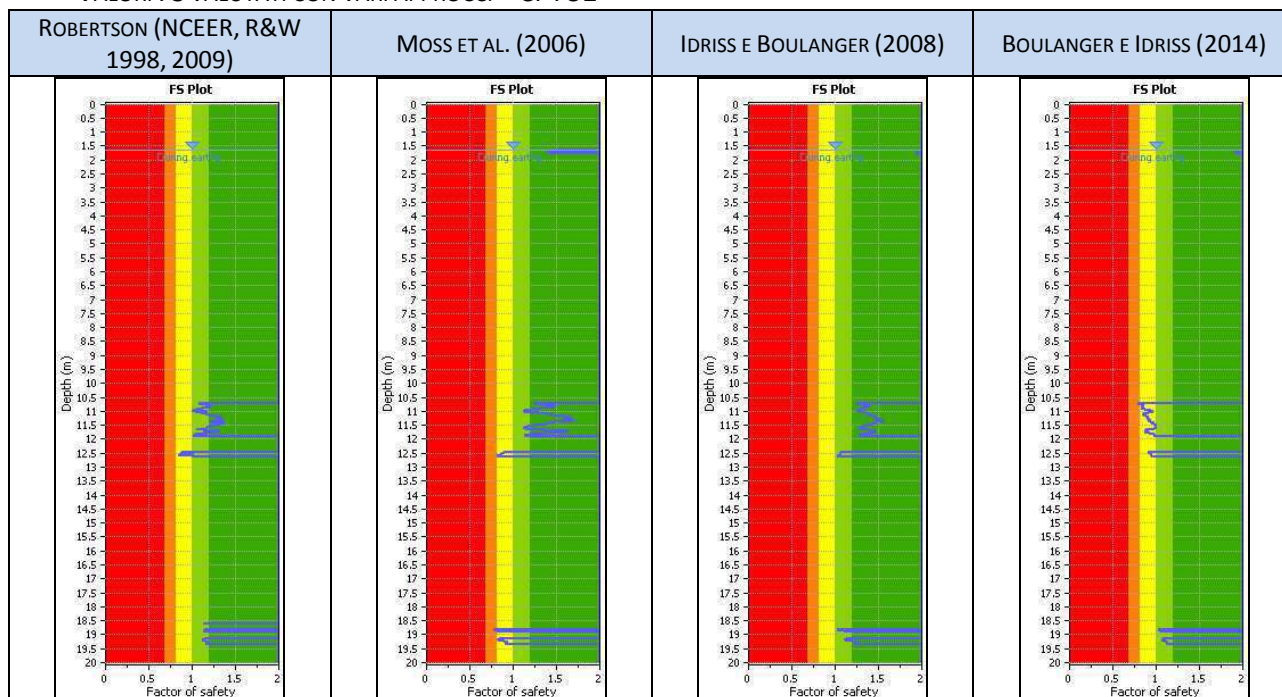


TABELLA 2.12.5-4

PROBABILITÀ DI INNESCO DELLA LIQUEFAZIONE VALUTATA CON VARI APPROCCI – SCPTU1

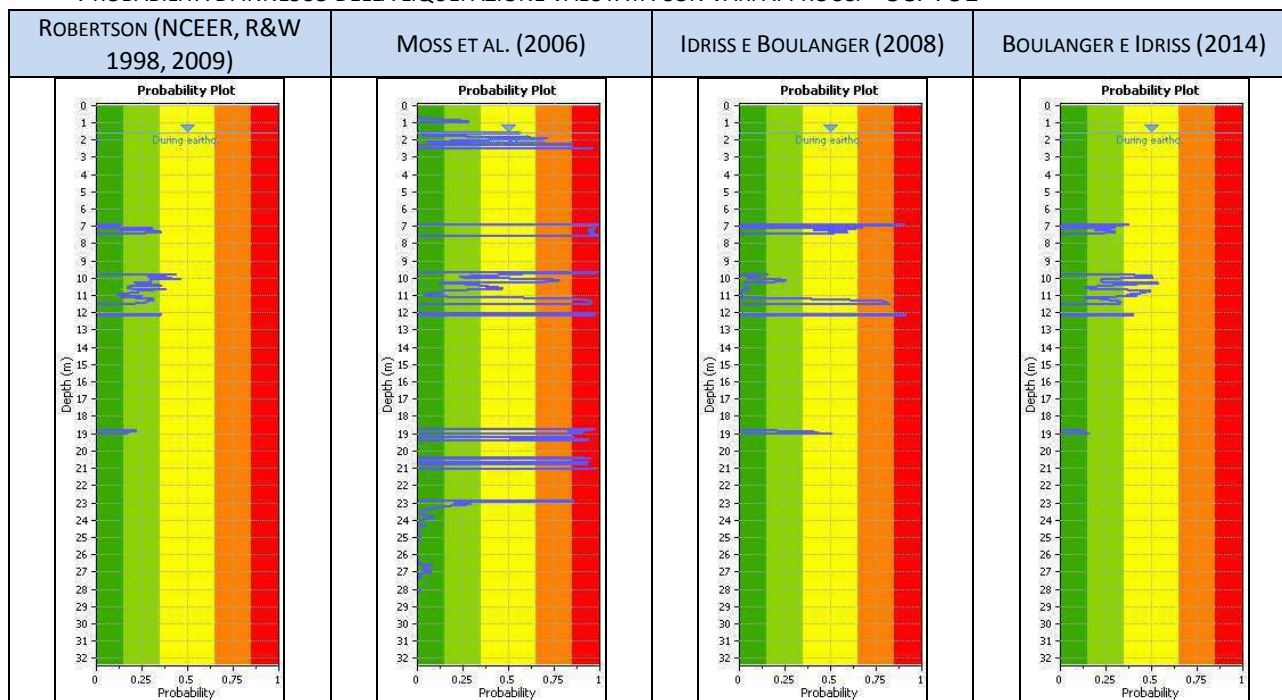
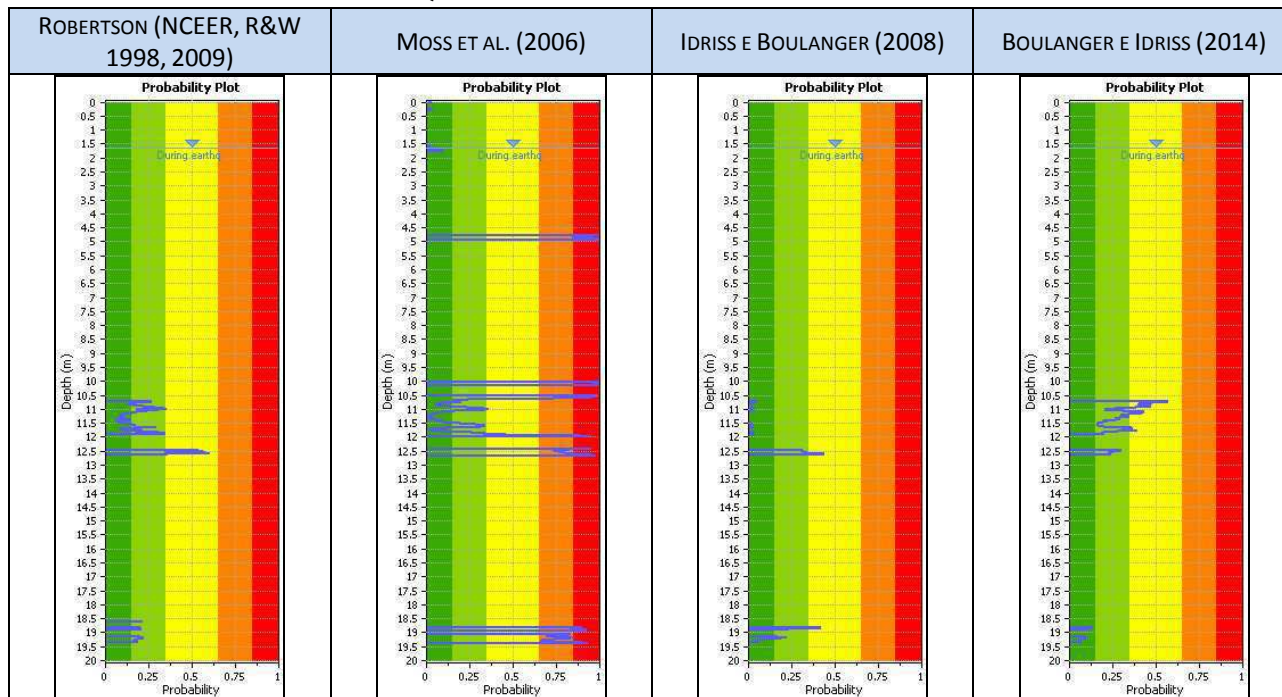


TABELLA 2.12.5-5

PROBABILITÀ DI INNESCO DELLA LIQUEFAZIONE VALUTATA CON VARI APPROCCI – CPTU2



Di seguito sono tabulati i singoli strati caratterizzati da  $F_s < 1$  e le relative probabilità di innescamento di liquefazione di seguito denominate  $P_L$ .

## 1) Metodo di Robertson (NCEER, R&W 1998, 2009)

### SCPTU1

TABELLA 2.12.5-6

VALORI SPESSORI, FS MEDIO E MEDIA PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE

PROFONDITÀ DA P.C. (MT)	SPESSORI (MT)	FS (MEDIO)	P <sub>L</sub> MEDIA
Da mt 9.78 a mt 9.84	0.06	0.96	0.41 – liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 10.00 a mt 10.06	0.06	0.96	0.42– liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 10.44 a mt 10.46	0.02	1.00	0.36– liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 10.64 a mt 10.66	0.02	0.98	0.38– liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 12.10 a mt 12.12	0.02	1.00	0.36– liq. e non liq. ugualmente probabili

### CPTU2

TABELLA 2.12.5-7

VALORI SPESSORI, FS MEDIO E MEDIA PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE

PROFONDITÀ DA P.C. (MT)	SPESSORI (MT)	FS (MEDIO)	P <sub>L</sub> MEDIA
Da mt 12.46 a mt 12.54	0.08	0.87	0.55– liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 12.56 a mt 12.60	0.04	0.92	0.48– liq. e non liq. ugualmente probabili

## 2) Metodo di Moss et al. (2006)

### SCPTU1

TABELLA 2.12.5-8

VALORI SPESSORI, FS MEDIO E MEDIA PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE

PROFONDITÀ DA P.C. (MT)	SPESSORI (MT)	FS (MEDIO)	P <sub>L</sub> MEDIA
Da mt 6.90 a mt 6.94	0.04	0.61	0.99 – liq. quasi certa
Da mt 7.08 a mt 7.44	0.36	0.70	0.95 – liq. quasi certa
Da mt 9.78 a mt 9.80	0.02	0.98	0.58 – liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 10.04 a mt 10.26	0.22	0.90	0.72 – liq. molto probabile
Da mt 11.14 a mt 11.52	0.38	0.75	0.90 – liq. quasi certa
Da mt 12.10 a mt 12.14	0.04	0.66	0.97– liq. quasi certa
Da mt 18.82 a mt 19.02	0.20	0.79	0.88– liq. quasi certa

### CPTU2

TABELLA 2.12.5-9

VALORI SPESSORI, FS MEDIO E MEDIA PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE

PROFONDITÀ DA P.C. (MT)	SPESSORI (MT)	FS (MEDIO)	P <sub>L</sub> MEDIA
Da mt 12.46 a mt 12.60	0.14	0.86	0.78 - liq. molto probabile
Da mt 18.82 a mt 18.88	0.06	0.81	0.86 – liq. quasi certa
Da mt 19.14 a mt 19.32	0.18	0.88	0.75 - liq. molto probabile

### 3) Metodo di Idriss & Boulanger (2008)

#### SCPTU1

TABELLA 2.12.5-10

VALORI SPESSORI, FS MEDIO E MEDIA PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE

PROFONDITÀ DA P.C. (MT)	SPESSORI (MT)	FS (MEDIO)	P <sub>L</sub> MEDIA
Da mt 6.90 a mt 6.94	0.04	0.86	0.88 – liq. quasi certa
Da mt 7.08 a mt 7.14	0.06	0.95	0.66 – liq. molto probabile
Da mt 7.30 a mt 7.38	0.08	0.98	0.57 – liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 7.42 a mt 7.44	0.02	0.99	0.52 – liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 11.24 a mt 11.52	0.28	0.92	0.75 – liq. molto probabile
Da mt 12.10 a mt 12.14	0.04	0.84	0.91 – liq. quasi certa
Da mt 19.00 a mt 19.02	0.02	1.00	0.51 - liq. e non liq. ugualmente probabili

### 4) Metodo di Boulanger & Idriss (2014)

#### SCPTU1

TABELLA 2.12.5-11

VALORI SPESSORI, FS MEDIO E MEDIA PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE

PROFONDITÀ DA P.C. (MT)	SPESSORI (MT)	FS (MEDIO)	P <sub>L</sub> MEDIA
Da mt 6.90 a mt 6.94	0.04	0.88	0.36 - liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 7.08 a mt 7.44	0.36	0.94	0.25 – liq. improbabile
Da mt 9.78 a mt 10.52	0.74	0.89	0.35 – liq. improbabile/ liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 10.60 a mt 11.10	0.50	0.87	0.38 - liq. e non liq. ugualmente probabili
Da mt 11.16 a mt 11.52	0.36	0.92	0.29 – liq. improbabile
Da mt 12.10 a mt 12.14	0.04	0.86	0.40 - liq. e non liq. ugualmente probabili

#### CPTU2

TABELLA 2.12.5-12

VALORI SPESSORI, FS MEDIO E MEDIA PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE

PROFONDITÀ DA P.C. (MT)	SPESSORI (MT)	FS (MEDIO)	P <sub>L</sub> MEDIA	
Da mt 10.70 a mt 11.52		0.82	0.90	0.34 – liq. improbabile
Da mt 11.54 a mt 11.88		0.34	0.94	0.26 – liq. improbabile
Da mt 12.46 a mt 12.60		0.14	0.94	0.25 – liq. improbabile



CLASSE	PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE, PL	GIUDIZIO DI PERICOLOSITÀ
5	$PL \geq 0.85$	Liquefazione quasi certa
4	$0.65 \leq PL < 0.85$	Liquefazione molto probabile
3	$0.35 \leq PL < 0.65$	Liquefazione e non liquefazione ugualmente probabili
2	$0.15 \leq PL < 0.35$	Liquefazione improbabile
1	$PL < 0.15$	Non liquefazione quasi certa

Figura 2.12.5-2

**Classi di probabilità di liquefazione secondo Chen e Juang (2000)**

In figura 2.12.5-3 si riportano gli istogrammi delle probabilità di innesco liquefazione, valutate in base a diversi approcci, in base ai quali si evidenziano le valutazioni generali di seguito sintetizzate.

- SCPTU1, probabilità di inizio del fenomeno variabile da circa il 4.4% a circa il 5.8%;
- CPTU2, probabilità di inizio del fenomeno variabile da circa il 4.38% a circa il 4.82%.

La probabilità di inizio liquefazione risulta essere bassa in corrispondenza di entrambe le prove e con tutte le metodiche analizzate.

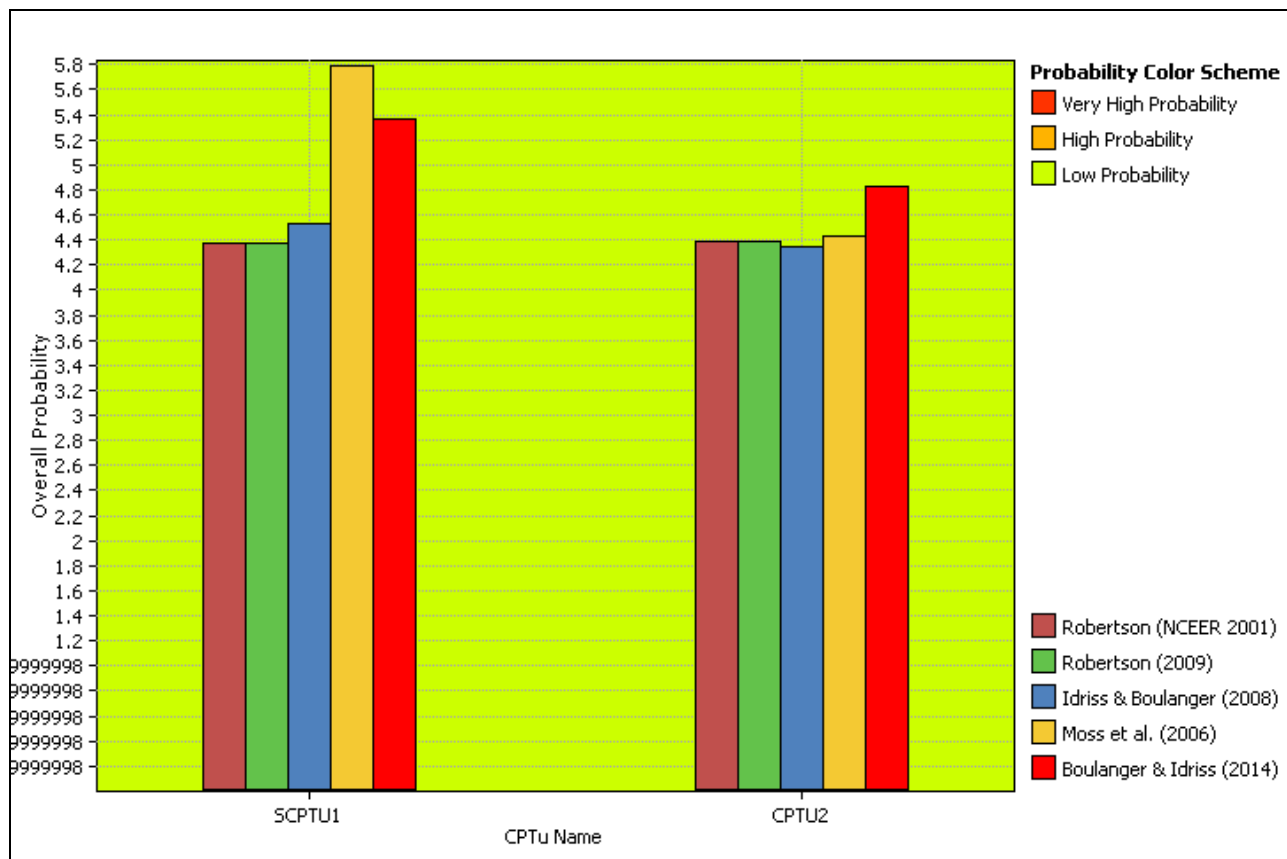


Figura 2.12.5-3

**Grafico Probabilità innesco**

E' stata infine effettuata una valutazione in merito all'entità teorica dei cedimenti post-sismici dovuti alla liquefazione delle sabbie. I relativi valori sono di seguito riportati in tabella.

TABELLA 2.12.5-13

VALORI CEDIMENTI POST-SISMICI VALUTATI CON VARI APPROCCI

SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	IPL	CEDIMENTI (CM) SCPTU1	CEDIMENTI (CM) CPTU2
Robertson (NCEER, R&W 1998, 2009)	Iwasaki	2.374	1.467
Moss et al. (2006)	Iwasaki	8.186	2.661
Idriss e Boulanger (2008)	Iwasaki	3.715	0.615
Boulanger e Idriss (2014)	Iwasaki	8.122	4.945

Da evidenziare come i valori indicati corrispondano di fatto a stime di massima, molto teoriche, basate su una serie di assunzioni che amplificano le approssimazioni, e comunque da valutarsi su base areale. Per una quantificazione più precisa sarebbe necessario effettuare analisi più approfondite sia in sito che in laboratorio geotecnico.

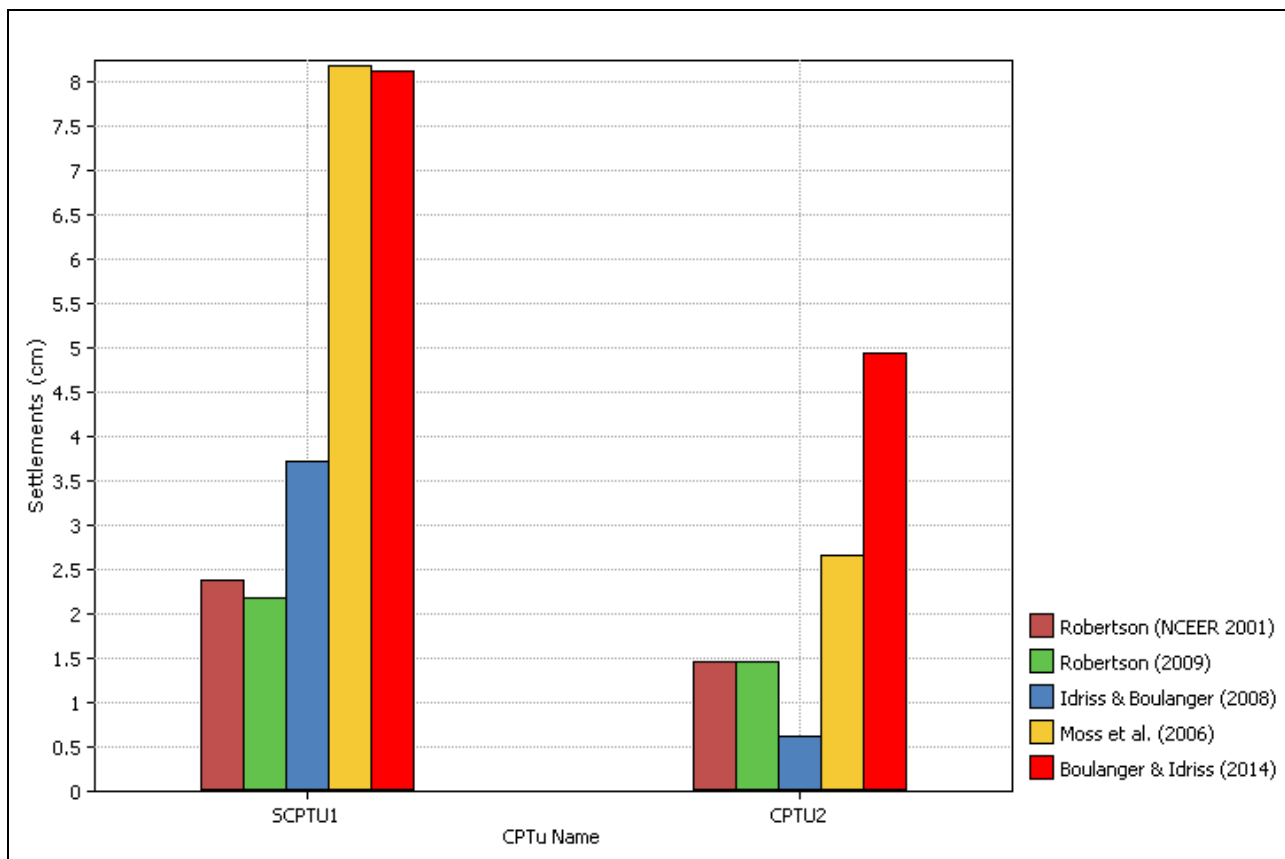


Figura 2.12.5-4

**Istogramma valutazioni con diversi approcci cedimenti teorici post-sismici per liquefazione**

Nelle immagini seguenti si riportano i grafici sovrapposti delle due indagini effettuate; nello specifico i grafici delle resistenze normalizzate alla punta e laterale, della pressione interstiziale normalizzata, dell'indice di comportamento del terreno (SBT), del rapporto di resistenza ciclica (CRR), del Fattore di Sicurezza, dell'Indice di Liquefazione e dei cedimenti verticali con tutti i metodi analizzati.

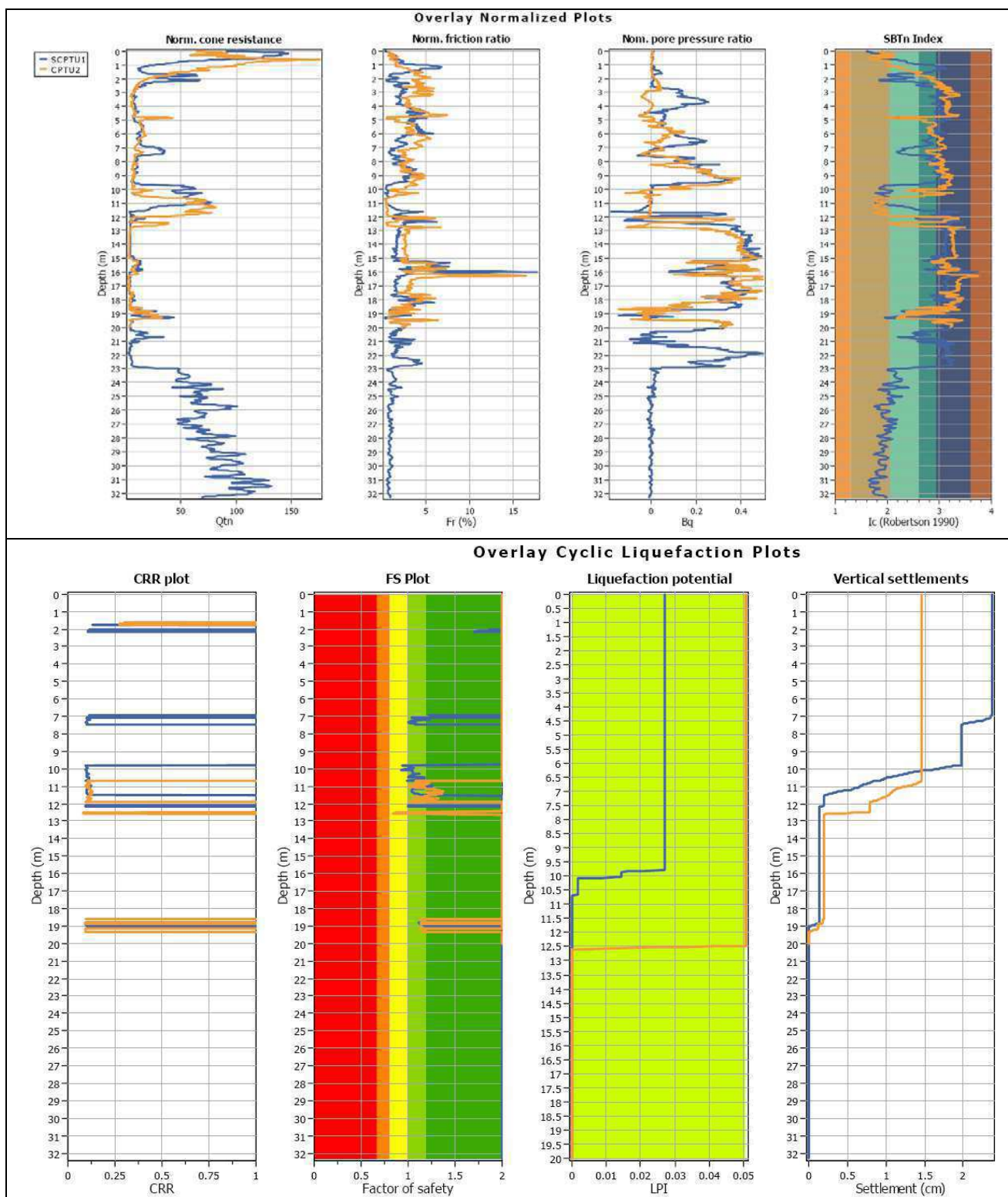


Figura 2.12.5-5

Sovrapposizione di grafici normalizzati e di grafici di liquefazione ciclica - Robertson (NCEER, R&W 1998, 2009)



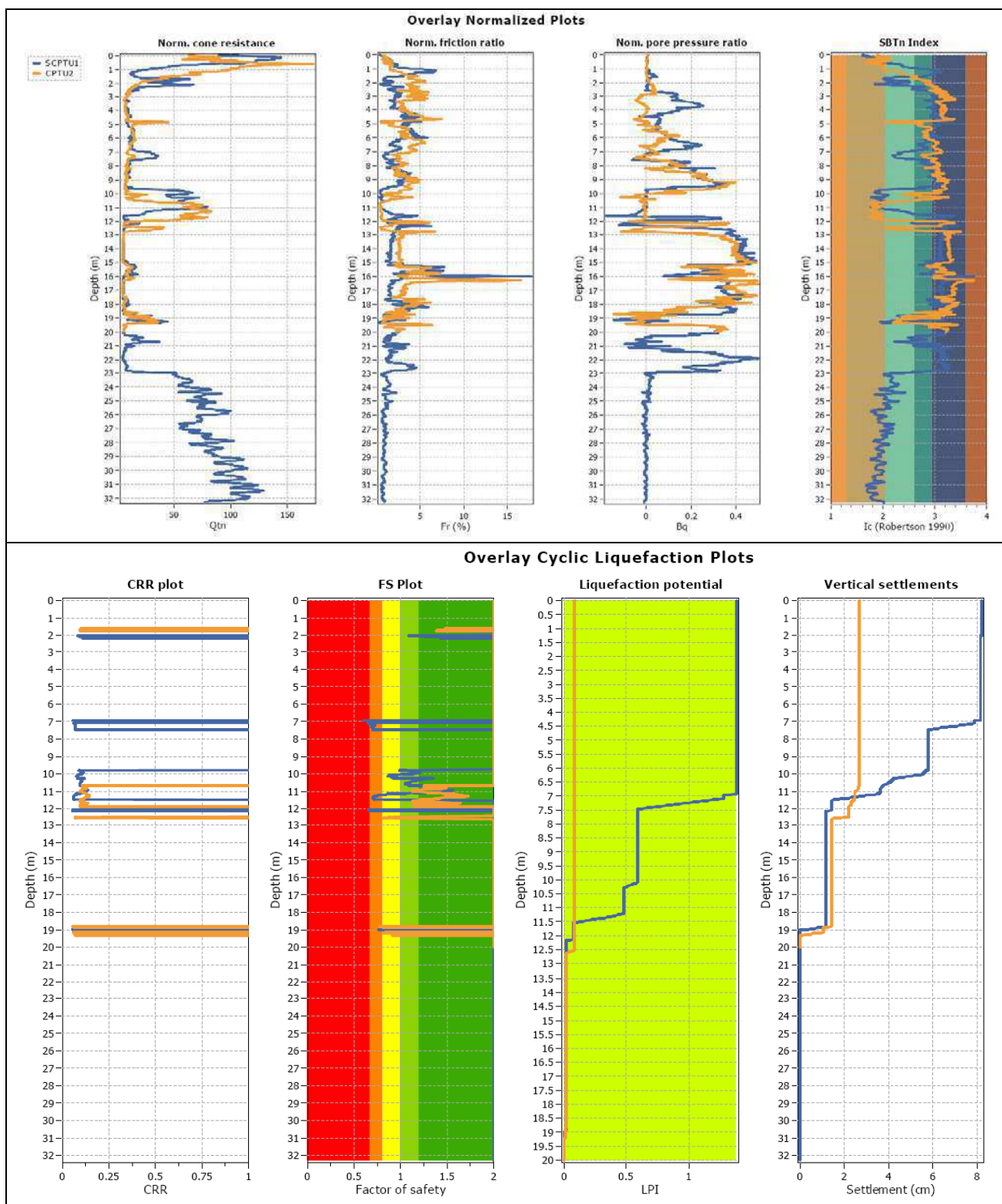


Figura 2.12.5-6  
 Sovrapposizione di grafici normalizzati e di grafici di liquefazione ciclica - Moss et al. (2006)

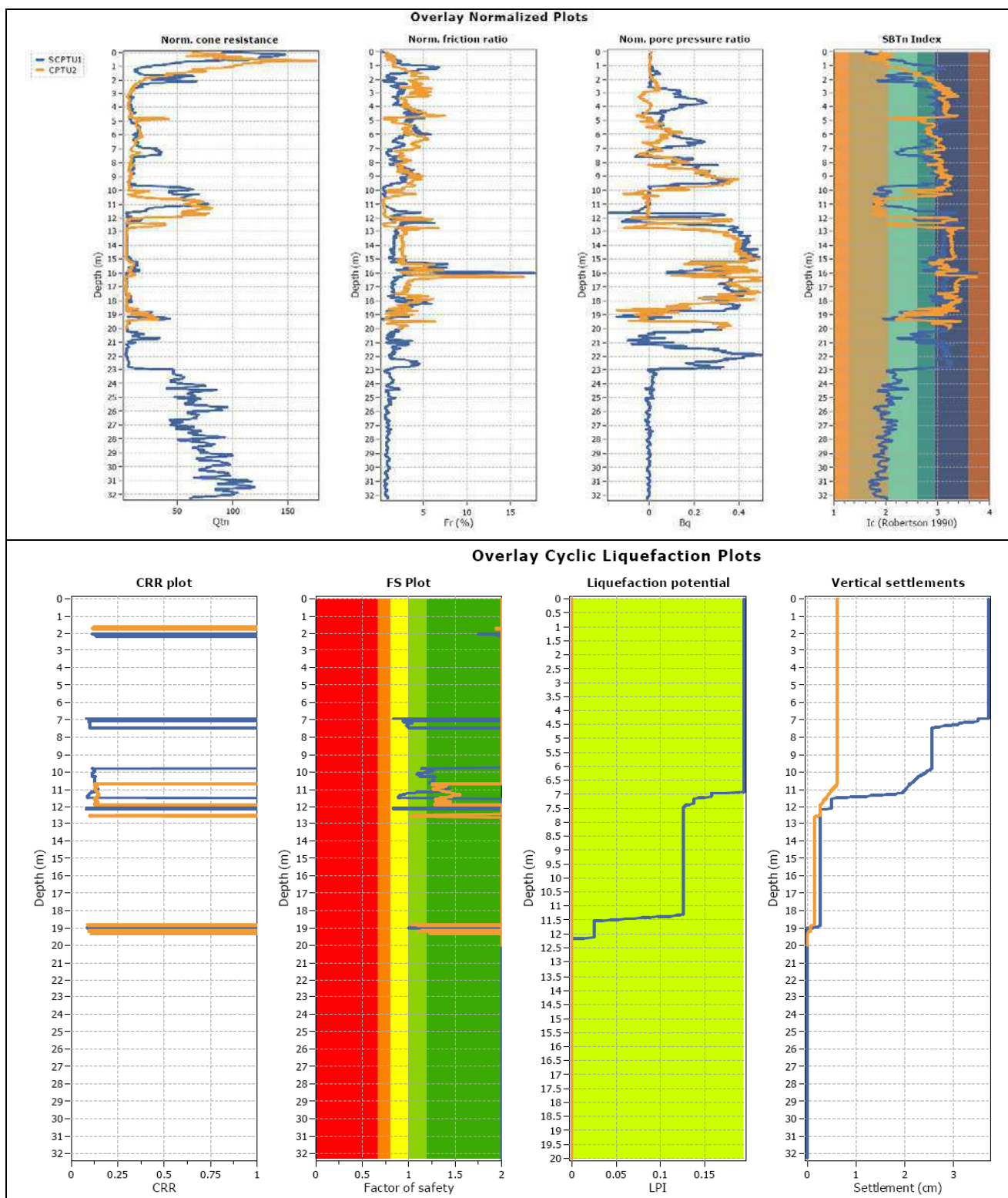


Figura 2.12.5-7  
 Sovrapposizione di grafici normalizzati e di grafici di liquefazione ciclica - Idriss e Boulanger (2008)

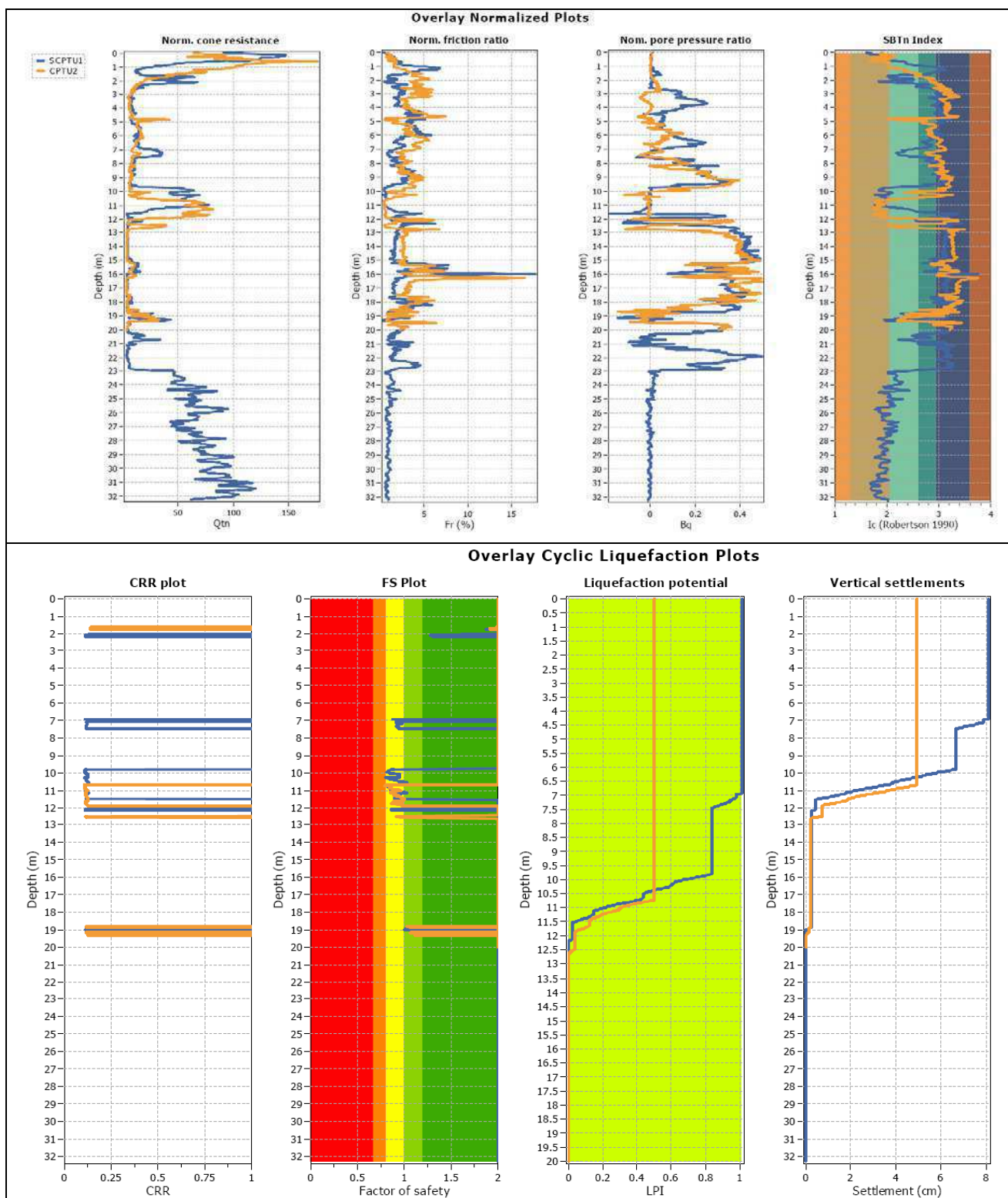


Figura 2.12.5-8  
 Sovrapposizione di grafici normalizzati e di grafici di liquefazione ciclica - Boulanger e Idriss (2014)

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

### 2.13. Note e prescrizioni

Nel sito, oggetto del presente studio, risultano presenti depositi di canale distributore, argine e rotta. In corrispondenza delle prove effettuate è stata rilevata la prevalenza di sedimenti caratterizzati da terreni coesivi (argille, argille limose, limi argillosi) localmente interrotti da terreni fini molto sensitivi (in corrispondenza della prova SCPTU1), da terreni coesivo-granulari (sabbie limose, limi sabbiosi, limi argillosi) e da terreni granulari (sabbie e sabbie limose).

In corrispondenza dei fori residuali delle indagini eseguite in data 22 ottobre 2018, è stata misurata la quota della falda (o superficie di saturazione), a circa mt 1.60 e a mt 1.65 dal piano di esecuzione delle prove.

In seguito all'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03 e alla Delibera Num. 1164 del 23/07/2018 della Regione Emilia-Romagna, il Comune di Copparo è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3.

Nella zona di studio l'innescò del fenomeno della **dilatanza** risulta **improbabile**. Per quanto riguarda la liquefazione, in base agli **indici di potenziale liquefazione** calcolati in corrispondenza di entrambe le prove, il sito è definibile a **potenziale basso ( $0 < I_L \leq 2$ )**, con tutti i metodi considerati.

La **categoria di suolo di fondazione** caratteristica del sito in esame, ottenuta elaborando la prova SCPTU effettuata e considerando la possibile profondità di posa delle fondazioni, in base all'approccio semplificato risulta essere la **D**.

Come da ipotesi dello scrivente, la determinazione dei parametri sismici è stata effettuata considerando una **vita nominale Vn di 50 anni**, ed una **classe d'uso II**, con coefficiente d'uso  $c_u$  di 1.0. Nel caso in cui, in sede progettuale, la vita nominale o la classe d'uso dovessero essere ridefinite, dovranno di conseguenza essere rideterminati i parametri sismici  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ .

Dai dati bibliografici disponibili risulta come l'area di studio sia stata soggetta ad allagamenti nel tempo, nello specifico durante la rotta del Po nel 1815 e a causa delle piogge prolungate nel tempo precipitate nel 1996.

In allegato 13 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e sismici relativi al sito in esame.



 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

### 3. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

#### 3.1. Problemi geotecnici e programma di indagini

Il presente studio è stato effettuato con lo scopo di fornire il modello geologico e geotecnico del sito, unitamente ad un profilo longitudinale, al fine di consentire una valutazione in merito alla realizzazione di una nuova chiusa con paratoie piane.

Per quanto riguarda nello specifico la campagna di indagini, si deve fare riferimento ai paragrafi 2.8 e 2.9 della presente.

#### 3.2. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni

##### 3.2.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE

Utilizzando i valori di resistenza misurati per mezzo delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono sismico e non eseguite a supporto del presente lavoro, sono stati determinati i parametri geotecnici dei terreni indagati.

Di seguito sono elencate le modalità di valutazione dei principali parametri, determinati tramite l'applicazione di un software Geostru. Si ricorda che, viste le modalità di valutazione, i valori ricavati hanno esclusivamente validità orientativa.

Parametri geotecnici (validità orientativa) – correlazioni, bibliografia:

##### - TERRENI COESIVI

**Coesione Non Drenata (Cu):** Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

**Modulo Edometrico (Eed)** - Metodo generale del modulo edometrico.

**Modulo di deformazione non drenato** - Modulo di deformazione non drenato  $E_u$  (Cancelli ed altri 1980)

##### **Peso unità di Volume Gamma**

- Peso unità di Volume terreni coesivi ( $t/m^3$ ) (Meyerhof)

- Peso unità di Volume saturo terreni coesivi ( $t/m^3$ ) (Meyerhof)

**OCR** - Grado di Sovraconsolidazione OCR (Stress-History)

##### - TERRENI INCOERENTI

**Angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ):** Koppejan (correlazione valida per sabbie N.C. non cementate per profondità > 2 mt terreni saturi o > 1 mt non saturi)

**Densità relativa (Dr %):** Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

**Modulo Edometrico (Ed):** Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

**Peso unità di Volume Gamma:**

- Peso unità di Volume Gamma ( $t/m^3$ ) (Meyerhof)
- Peso unità di Volume Gamma saturo ( $t/m^3$ ) (Meyerhof)

**OCR - Grado di Sovraconsolidazione OCR (Stress-History)**

Come ampiamente descritto, nei pressi del sito sono state effettuate una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico ed una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono, per mezzo delle quali è stato possibile individuare gli strati di seguito schematizzati. I dati nominali vengono fatti corrispondere in questo caso ai valori medi, riportati nelle tabelle seguenti.

TABELLA 3.2.1-1  
 SCPTU1 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	Letto (mt)		
1	0.00	0.62	Sabbie - sabbie limose su sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreno granulare molto denso</i>	$q_c = 75.07 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.84 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 100\%$ $\phi = 42.63^\circ$ $OCR > 9$ $E_d = 82.00 \text{ kg/cm}^2$
2	0.62	1.60	Limi sabbiosi e limi argillosi poggianti su argille. Puntuali livelletti di limi argillosi e argille limose e di argille limose – argille. <i>Terreno coesivo consistente</i>	$q_c = 17.12 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.53 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.86 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.77$ $E_u = 633.55 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 47.05 \text{ kg/cm}^2$
3	1.60	2.26	Fitta alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con sabbie limose - limi argillosi e con argille. Puntuale livello di sabbie - sabbie limose.	$q_c = 27.80 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 57.62\%$ $\phi = 28.50^\circ$ $OCR = 1.81$ $E_d = 45.81 \text{ kg/cm}^2$
4	2.26	6.92	Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille limose – argille e con argille. Locali livelletti di terreni fini molto sensitivi. <i>Terreno coesivo moderatamente consistente</i>	$q_c = 7.42 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.20 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.79 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.87 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.37 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$ $E_u = 256.02 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 36.63 \text{ kg/cm}^2$

5	6.92	7.56	Prevalenza di limi sabbiosi e limi argillosi su sabbie limose - limi argillosi.	$q_c = 24.04 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.23 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 16.95\%$ $\phi = 23.35^\circ$ $OCR = 0.68$ $E_d = 29.10 \text{ kg/cm}^2$
6	7.56	9.62	Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille limose – argille e con argille. Locali livelletti di terreni fini molto sensitivi. <i>Terreno coesivo moderatamente consistente</i>	$q_c = 7.89 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.17 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.88 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.39 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$ $E_u = 260.44 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 38.11 \text{ kg/cm}^2$
7	9.62	11.54	Prevalenza di sabbie - sabbie limose su sabbie limose - limi argillosi e su limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreno granulare sciolto</i>	$q_c = 49.06 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 26.50\%$ $\phi = 25.41^\circ$ $OCR = 1.00$ $E_d = 47.35 \text{ kg/cm}^2$
8	11.54	13.46	Alternanza di argille limose – argille con limi argillosi e argille limose. Secondaria presenza dai argille e di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreno coesivo moderatamente consistente</i>	$q_c = 8.09 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.15 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.79 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.87 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.40 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$ $E_u = 253.82 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 38.71 \text{ kg/cm}^2$
9	13.46	14.86	Terreni fini molto sensitivi.	$q_c = 6.73 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.09 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.83 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.34 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$ $E_u = 197.91 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 34.27 \text{ kg/cm}^2$
10	14.86	16.26	Alternanza di Limi argillosi e argille limose con argille limose – argille, limi sabbiosi e limi argillosi e con argille. <i>Terreno coesivo consistente</i>	$q_c = 12.64 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.53 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.87 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.63 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$ $E_u = 415.13 \text{ kg/cm}^2$

				$E_{ed} = 47.51 \text{ kg/cm}^2$
11	16.26	17.64	Limi argillosi e argille limose alternati con terreni fini molto sensitivi.	$qc = 7.59 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.09 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.77 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.85 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.38 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$ $E_u = 221.32 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 37.18 \text{ kg/cm}^2$
12	17.64	18.72	Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille e con argille limose – argille. <i>Terreno coesivo moderatamente consistente</i>	$qc = 9.84 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.26 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.82 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.49 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$ $E_u = 301.92 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 43.20 \text{ kg/cm}^2$
13	18.72	19.40	Sabbie limose - limi argillosi e sabbie - sabbie limose localmente interrotte da limi sabbiosi e limi argillosi e da limi argillosi e argille limose.	$qc = 31.98 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 5\%$ $\phi = 20.59^\circ$ $OCR < 0.50$ $Ed = 32.46 \text{ kg/cm}^2$
14	19.40	20.22	Limi argillosi e argille limose localmente interrotti da argille, argille limose – argille e da limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreno coesivo consistente</i>	$qc = 10.18 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.21 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.82 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.51 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$ $E_u = 308.97 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 43.91 \text{ kg/cm}^2$
15	20.22	20.84	Sabbie limose - limi argillosi alternati con limi sabbiosi e limi argillosi.	$qc = 27.57 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.27 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 5\%$ $\phi = 19.45^\circ$ $OCR < 0.50$ $Ed = 28.26 \text{ kg/cm}^2$
16	20.84	22.88	Limi argillosi e argille limose alternati con limi sabbiosi e limi argillosi, terreni fini molto sensitivi e con argille limose – argille. <i>Terreno coesivo consistente</i>	$qc = 12.02 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.22 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.93 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.60 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$



				$E_u = 371.03 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 46.86 \text{ kg/cm}^2$
17	22.88	27.76	Sabbie - sabbie limose localmente interrotte da sabbie limose - limi argillosi e da sabbie. <i>Terreno granulare sciolto</i>	$q_c = 102.11 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.91 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 22.39\%$ $\phi = 25.09^\circ$ $OCR = 0.94$ $E_d = 69.39 \text{ kg/cm}^2$
18	27.76	32.30	Sabbie localmente interrotte da sabbie - sabbie limose. <i>Terreno granulare sciolto</i>	$q_c = 160.27 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.12 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 29.63\%$ $\phi = 26.32^\circ$ $OCR = 1.20$ $E_d = 86.66 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 3.3.1-2

CPTU2 – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (mt)	Letto (mt)		
1	0.00	1.40	Sabbie limose - limi argillosi alternate con sabbie - sabbie limose e poggianti su limi sabbiosi e limi argillosi.	$q_c = 58.14 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.82 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 100\%$ $\phi = 36.88^\circ$ $OCR > 9$ $E_d = 82.49 \text{ kg/cm}^2$
2	1.40	4.76	Argille localmente interrotte da argille limose – argille. Al tetto puntuali livelli di limi argillosi e argille limose. <i>Terreno coesivo moderatamente          consistente</i>	$q_c = 9.08 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.34 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{da \text{ mt } 1.40 \text{ a mt } 1.65} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da mt } 1.40 \text{ a mt } 1.65} = 2.13 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{da \text{ mt } 1.65 \text{ a mt } 4.76} = 1.79 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da mt } 1.65 \text{ a mt } 4.76} = 1.87 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.45 \text{ kg/cm}^2$ $OCR < 0.50$ $E_u = 322.14 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 41.42 \text{ kg/cm}^2$
3	4.76	4.94	Sabbie limose - limi argillosi e limi sabbiosi e limi argillosi.	$q_c = 21.00 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.11 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 22.99\%$ $\phi = 23.79^\circ$

				OCR = 0.73 Ed = 27.86 kg/cm <sup>2</sup>
4	4.94	10.02	Alternanza di argille con argille limose – argille e con limi argillosi e argille limose. <i>Terreno coesivo moderatamente consistente</i>	qc = 8.38 kg/cm <sup>2</sup> fs = 0.24 kg/cm <sup>2</sup> γ = 1.81 t/m <sup>3</sup> γ <sub>sat</sub> = 1.89 t/m <sup>3</sup> C <sub>u</sub> = 0.42 kg/cm <sup>2</sup> OCR < 0.50 Eu = 280.52 kg/cm <sup>2</sup> E <sub>ed</sub> = 39.55 kg/cm <sup>2</sup>
5	10.02	10.54	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con sabbie limose - limi argillosi. Puntuali livelletti di argille, argille limose – argille e di limi argillosi e argille limose.	qc = 14.54 kg/cm <sup>2</sup> fs = 0.20 kg/cm <sup>2</sup> γ = 1.91 t/m <sup>3</sup> γ <sub>sat</sub> = 1.99 t/m <sup>3</sup> C <sub>u</sub> = 0.73 kg/cm <sup>2</sup> OCR < 0.50 Eu = 502.16 kg/cm <sup>2</sup> E <sub>ed</sub> = 48.42 kg/cm <sup>2</sup>
6	10.54	11.94	Sabbie - sabbie limose. Puntuali livelli di sabbie limose - limi argillosi al tetto e alla base. <i>Terreno granulare sciolto</i>	qc = 65.40 kg/cm <sup>2</sup> fs = 0.27 kg/cm <sup>2</sup> γ = 1.90 t/m <sup>3</sup> γ <sub>sat</sub> = 2.20 t/m <sup>3</sup> Dr = 32.33% φ = 26.40° OCR = 1.21 Ed = 55.43 kg/cm <sup>2</sup>
7	11.94	12.40	Argille e terreni fini molto sensitivi. Puntuali livelletti di argille limose – argille, limi argillosi e argille limose e di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreno coesivo consistente</i>	qc = 10.36 kg/cm <sup>2</sup> fs = 0.22 kg/cm <sup>2</sup> γ = 1.84 t/m <sup>3</sup> γ <sub>sat</sub> = 1.92 t/m <sup>3</sup> C <sub>u</sub> = 0.52 kg/cm <sup>2</sup> OCR < 0.50 Eu = 337.62 kg/cm <sup>2</sup> E <sub>ed</sub> = 44.27 kg/cm <sup>2</sup>
8	12.40	12.68	Prevalenza di sabbie limose - limi argillosi su sabbie - sabbie limose e su limi sabbiosi e limi argillosi.	qc = 34.29 kg/cm <sup>2</sup> fs = 0.16 kg/cm <sup>2</sup> γ = 1.90 t/m <sup>3</sup> γ <sub>sat</sub> = 2.20 t/m <sup>3</sup> Dr = 10.56% φ = 22.49° OCR = 0.57 Ed = 35.23 kg/cm <sup>2</sup>
9	12.68	18.54	Argille limose – argille localmente interrotte da argille e da limi argillosi e argille limose. <i>Terreno coesivo moderatamente consistente</i>	qc = 8.36 kg/cm <sup>2</sup> fs = 0.26 kg/cm <sup>2</sup> γ = 1.79 t/m <sup>3</sup> γ <sub>sat</sub> = 1.87 t/m <sup>3</sup> C <sub>u</sub> = 0.42 kg/cm <sup>2</sup>

				OCR < 0.50 $E_u = 251.53 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 39.50 \text{ kg/cm}^2$
10	18.54	19.40	Alternanza di sabbie limose - limi argillosi con sabbie - sabbie limose. Secondaria presenza di limi sabbiosi e limi argillosi e di limi argillosi e argille limose. Locale livello di argille limose – argille.	$q_c = 28.26 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.29 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $D_r = 5\%$ $\phi = 19.75^\circ$ OCR < 0.50 $E_d = 28.82 \text{ kg/cm}^2$
11	19.40	20.00	Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille limose – argille. Locale livello di argille e di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreno coesivo consistente</i>	$q_c = 10.31 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.22 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.83 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.91 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.52 \text{ kg/cm}^2$ OCR < 0.50 $E_u = 311.23 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 44.17 \text{ kg/cm}^2$

Note relative alle tabelle:

- i valori dei parametri geotecnici si riferiscono alle singole medie relative agli spessori corrispondenti;
- ove sintetizzabile, in corsivo è indicato il comportamento prevalente dello strato;
- per gli strati coesivo-granulari, sono inseriti i parametri della componente ritenuta prevalente.

#### Supporti Grafici:

- Allegato 3. Report prove SCPTU e CPTU

### **3.3. Considerazioni conclusive**

Le elaborazioni delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono sismico e non, hanno permesso di definire il modello geotecnico della zona di intervento, il quale risulta caratterizzato come di seguito schematizzato, con riferimento alle litologie prevalenti:

#### - SCPTU1

- da mt 0.00 a mt 0.62, terreni granulari molto addensati – sabbie e sabbie limose;
- da mt 0.62 a mt 1.60, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 1.60 a mt 2.26, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 2.26 a mt 6.92, terreni coesivi moderatamente consistenti – argille limose e argille;
- da mt 6.92 a mt 7.56, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 7.56 a mt 9.62, terreni coesivi moderatamente consistenti – argille limose e argille;
- da mt 9.62 a mt 11.54, terreni granulari sciolti – sabbie e sabbie limose;
- da mt 11.54 a mt 13.46, terreni coesivi moderatamente consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 13.46 a mt 14.86, terreni coesivo-granulari – terreni fini molto sensitivi;
- da mt 14.86 a mt 16.26, terreni coesivi consistenti – argille;
- da mt 16.26 a mt 17.64, terreni coesivo-granulari – terreni fini molto sensitivi;

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

- da mt 17.64 a mt 18.72, terreni coesivi moderatamente consistenti – argille limose e argille;
- da mt 18.72 a mt 19.40, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 19.40 a mt 20.22, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 20.22 a mt 20.84, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 20.84 a mt 22.88, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 22.88 a mt 27.76, terreni granulari sciolti – sabbie e sabbie limose;
- da mt 27.76 a mt 32.30, terreni granulari sciolti – sabbie.

- CPTU2

- da mt 0.00 a mt 1.40, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 1.40 a mt 4.76, terreni coesivi moderatamente consistenti – argille;
- da mt 4.76 a mt 4.94, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 4.94 a mt 10.02, terreni coesivi moderatamente consistenti – argille e argille limose;
- da mt 10.02 a mt 10.54, terreni coesivo-granulari – limi sabbiosi e limi argillosi;
- da mt 10.54 a mt 11.94, terreni granulari sciolti – sabbie e sabbie limose;
- da mt 11.94 a mt 12.40, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose;
- da mt 12.40 a mt 12.68, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 12.68 a mt 18.54, terreni coesivi moderatamente consistenti – argille limose e argille;
- da mt 18.54 a mt 19.40, terreni coesivo-granulari – sabbie limose e limi argillosi;
- da mt 19.40 a mt 20.00, terreni coesivi consistenti – limi argillosi e argille limose.

Come ampiamente descritto, le indagini geotecniche sono state realizzate con una metodologia che non permette l'analisi diretta dei litotipi e quindi, come si è visto, per tali indagini la ricostruzione litostratigrafica è stata eseguita empiricamente sulla base di teorie tratte da diversi studiosi ed esperienze, così come in base a relazioni empiriche, sono stati valutati tutti i parametri geotecnici. Da notare inoltre come la metodologia utilizzata sia caratterizzata da margini di approssimazione interpretativi per quanto riguarda la ricostruzione litologica e per la parametrizzazione geotecnica, per la quale è possibile ottenere valori indicativi, comunque senz'altro meno approssimativi rispetto a quanto ottenibile con le prove penetrometriche meccaniche.

In allegato 13 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e geotecnici relativi al sito in esame, utilizzabili per le successive valutazioni.

Concludendo, si sottolinea come la valutazione delle azioni trasmesse dalla struttura alla fondazione, debba derivare dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la struttura, alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche. Vista la complessità delle valutazioni da effettuarsi e la necessità di eseguirle unitamente al progettista, questo tipo di approccio specifico, se richiesto, potrà eventualmente essere affrontato in fase di progettazione esecutiva.

Copparo, 8 gennaio 2019

Dr. Geol. Emanuele Stevanin





	<b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	---	--	--

- Allegato 1 -

**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO SISMICO**



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality
Qualità Ambiente Sicurezza
UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007



@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)

CANTIERE: Strada Provinciale 2bis - Coccanile (FE)

CPT N° SCPTU 01 PROF. FALDA (m da p.c.) 1.60

DATA 22/10/18 PREFORO (m da p.c.)

COMMESSA 14589/15

S180740 del 14/11/18

sismocono G1 - CPL2IN LAT. (WGS 84): 44.931304°

LONG. (WGS 84): 11.876025°

Table with 50 columns: prof. m, qc Mpa, fs kPa, U kPa, incl. gradi, and 49 repeated columns for the same parameters. Rows contain numerical data for each parameter across the project profile.

Il Direttore Tecnico SOA: p.i. Riccardo Mazza

Il Responsabile Prove in Sito: dott. geol. Massimo Romagnoli





elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da CertQuality
Qualità Ambiente Sicurezza
UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007



@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)

CANTIERE: Strada Provinciale 2bis - Coccabile (FE)

CPT N° SCPTU 01 PROF. FALDA (m da p.c.) 1.60

DATA 22/10/18

COMMESSA 14589/15

sismocono G1 - CPL2IN

LAT. (WGS 84): 44.931304°

LONG. (WGS 84): 11.876025°

C. SITO N°: S180740 del 14/11/18

Table with 48 columns: prof. m, qc Mpa, fs kPa, U kPa, incl. gradi, and 43 repeated columns for each parameter. Contains 100 rows of data.

Il Direttore Tecnico SOA: p.i. Riccardo Mazza

Il Responsabile Prove in Sito: dott. geol. Massimo Romagnoli





**COMMITTENTE:** SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)

**CANTIERE:** Strada Provinciale 2bis - Coccanile (FE)

CPT N° SCPTU 01 PROF. FALDA (m da p.c.) 1.60

DATA 22/10/18 PREFORO (m da p.c.)

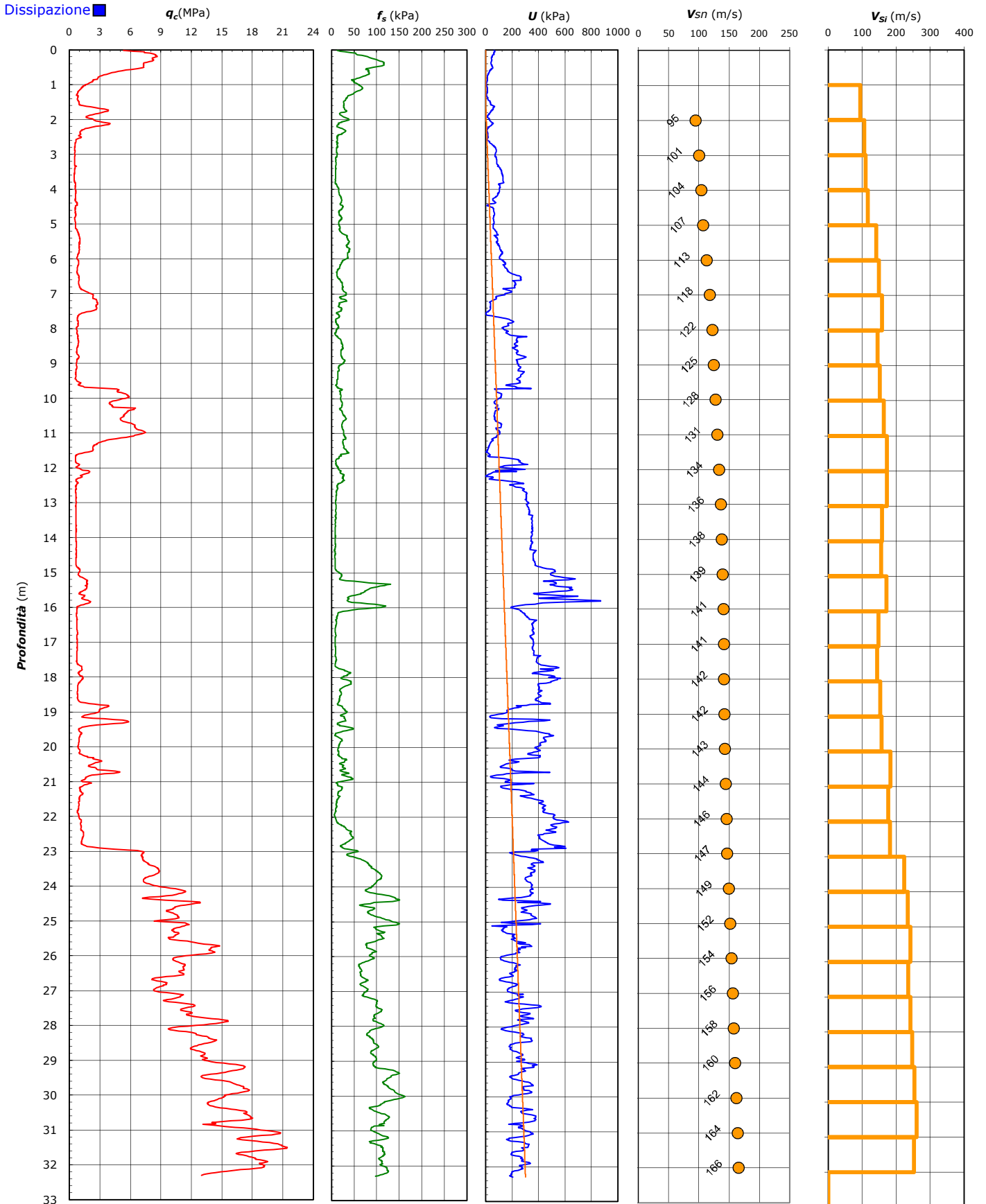
COMMESSA 14589/15

C. SITO N°: S180740 del 14/11/18

sismocono G1 - CPL2IN

LAT. (WGS 84): 44.931304°

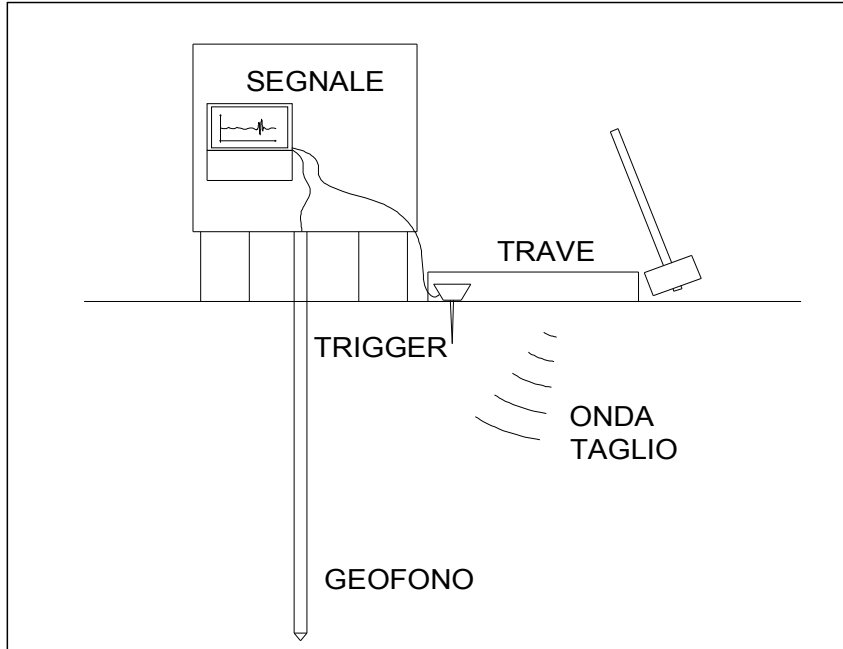
LONG. (WGS 84): 11.876025°



**COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)**
**CANTIERE: Strada Provinciale 2bis - Coccanile (FE)**

CPT N°	SCPTU 01	PROF. FALDA (m da p.c.)	1.60	sismocono G1 - CPL2IN
DATA	22/10/18	PREFORO (m da p.c.)		LAT. (WGS 84): 44.931304°
COMMESSA	14589/15	C. SITO N°:	S180740 del 14/11/18	LONG. (WGS 84): 11.876025°

### Prova Down Hole ASTM D 7400



Profondità (m)	Ts (ms)	L (m)	Vs (m/s)	Vis (m/s)
1.0	T0	1.41	-	-
2.0	8.67	2.23	95	95
3.0	17.33	3.15	101	107
4.0	26.00	4.11	104	111
5.0	34.36	5.08	107	116
6.0	41.26	6.06	113	142
7.0	47.86	7.05	118	149
8.0	54.07	8.03	122	159
9.0	60.87	9.02	125	145
10.0	67.37	10.01	128	152
11.0	73.41	11.00	131	164
12.0	79.15	11.99	134	173
13.0	84.89	12.98	136	173
14.0	91.13	13.98	138	159
15.0	97.47	14.97	139	156
16.0	103.23	15.96	141	172
17.0	109.89	16.94	141	148
18.0	116.75	17.93	142	144
19.0	123.21	18.92	142	153
20.0	129.47	19.90	143	157
21.0	134.83	20.89	144	183
22.0	140.40	21.87	146	176
23.0	145.76	22.85	147	183
24.0	150.13	23.83	149	224
25.0	154.30	24.80	152	234
26.0	158.33	25.78	154	242
27.0	162.46	26.75	156	236
28.0	166.49	27.72	158	241
29.0	170.42	28.70	160	248
30.0	174.25	29.67	162	254
31.0	177.86	30.61	164	261
32.0	181.56	31.55	166	253

CATEGORIA SOTTOSUOLO

**D**
**V<sub>s,30</sub> = 162 m/s**

Intervallo di profondità considerato per il calcolo della Vs30: m 3.0 - 32.0

D	=	Distanza centro trave generatrice onde di taglio - verticale di prova m	#
Profondità	=	Profondità punta da piano campagna	
Ts	=	Tempo percorrenza onda di taglio	
L	=	Lunghezza percorso onda di taglio	
Vs	=	Velocità onde di taglio da piano campagna alla profondità indic = 32.0 m	
Vis	=	Velocità onde di taglio nello strato di terreno compreso fra le due profondità indicate	

**COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)****CANTIERE: Strada Provinciale 2bis - Coccanile (FE)**

CPT N°	SCPTU 01	PROF. FALDA (m da p.c.)	1.60	sismocono G1 - CPL2IN
DATA	22/10/18	PREFORO (m da p.c.)		LAT. (WGS 84): 44.931304°
COMMESSA	14589/15	C. SITO N°:	S180740 del 14/11/18	LONG. (WGS 84): 11.876025°

## UBICAZIONE

Località: Strada Provinciale 2bis - Coccanile (FE)



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova



 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b></p>	<p>RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018</p>
---	---	--

- Allegato 2 -

**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO**





elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
Tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387



Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certigiury
Qualità Ambiente Sicurezza
UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)

CANTIERE: Via Primo Boccati - Coccanelle (FE)

PROVA N°: CPTU 02 PROF. FALDA (m da p.c.): 1.65

DATA: 22-10-18

PREFORO (m da p.c.):

PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

COMMESSA: 14589/15

C. SITO N°: S180739 del 14/11/18

OPERATORE: L. Zanirato

Table with 45 columns and 100 rows of geotechnical data. Columns include prof. m, qc, fs, U, incl. gradi for various tests and locations.

**COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)**

**CANTIERE: Via Primo Boccati - Coccanile (FE)**

PROVA N°: CPTU 02 PROF. FALDA (m da p.c.): 1.65

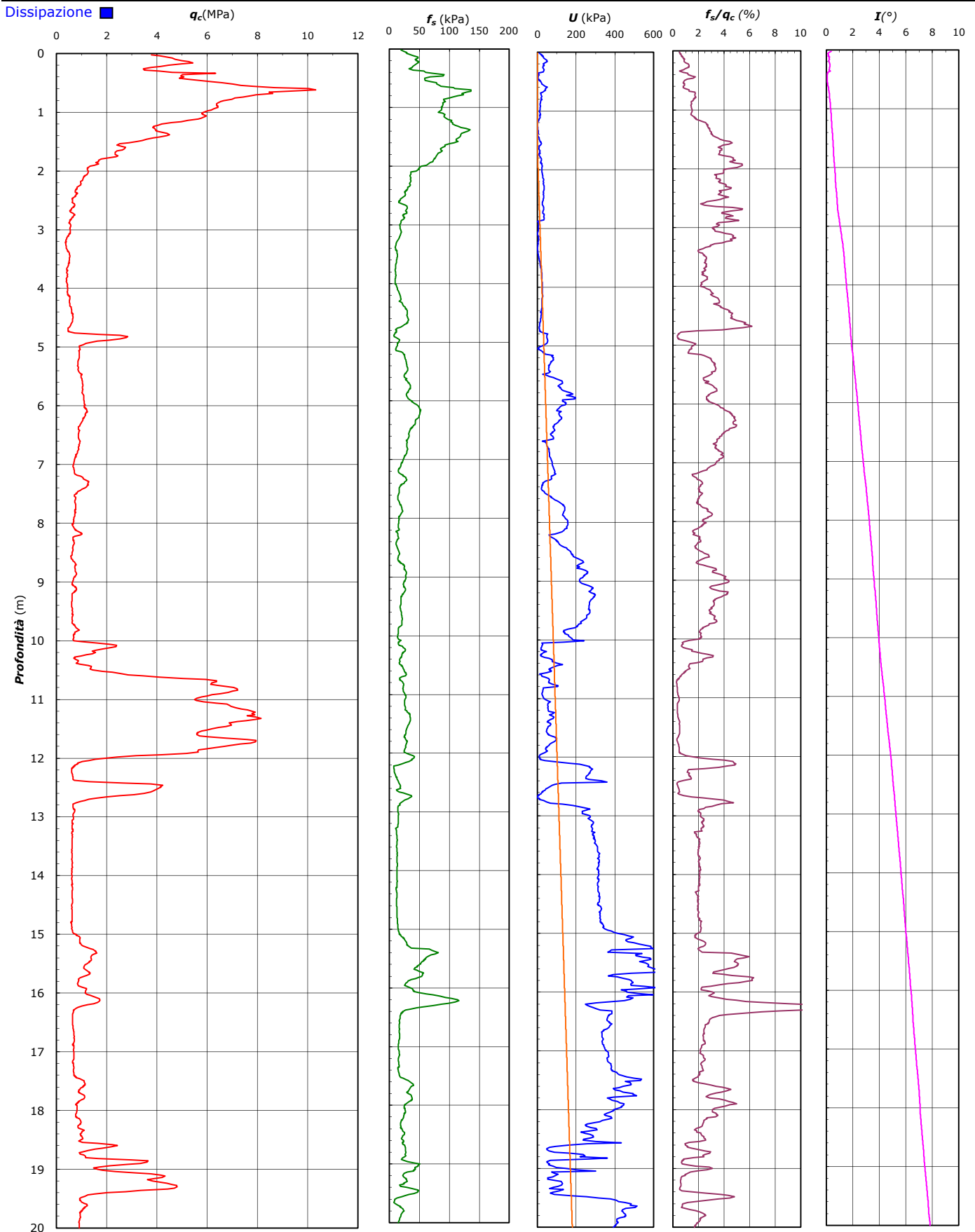
PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 22-10-18 PREFORO (m da p.c.):

LAT. (WGS 84): 44.931165° LONG. (WGS 84): 11.876196°

COMMESSA: 14589/15

C. SITO N°: S180739 del 14/11/18 OPERATORE: L. Zanirato





**COMMITTENTE: SYNTHESIS S.r.l. - p.zza del Popolo n. 13 int. 5 - Copparo (FE)****CANTIERE: Via Primo Boccati - Coccanile (FE)**

PROVA N°: CPTU 02 PROF. FALDA (m da p.c.): 1.65 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]

DATA: 22-10-18 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 44.931165° LONG. (WGS 84): 11.876196°

COMMESSA: 14589/15 C. SITO N°: S180739 del 14/11/18 OPERATORE: L. Zanirato

## UBICAZIONE

Località: Via Primo Boccati - Coccanile (FE)



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova

 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b></p>	<p>RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018</p>
---	---	--

- Allegato 3 -

**REPORT PROVE SCPTU E CPTU**

## SCPTU1 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1.60	17.12	0.53	0.23	0.23	Terzaghi	0.86
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Terzaghi	1.39
Strato 4	6.92	7.42	0.20	0.89	0.59	Terzaghi	0.37
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Terzaghi	1.20
Strato 6	9.62	7.89	0.17	1.64	0.94	Terzaghi	0.39
Strato 8	13.46	8.09	0.15	2.41	1.32	Terzaghi	0.40
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Terzaghi	0.34
Strato 10	16.26	12.64	0.53	2.97	1.57	Terzaghi	0.63
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Terzaghi	0.38
Strato 12	18.72	9.84	0.26	3.45	1.79	Terzaghi	0.49
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Terzaghi	1.60
Strato 14	20.22	10.18	0.21	3.76	1.94	Terzaghi	0.51
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Terzaghi	1.38
Strato 16	22.88	12.02	0.22	4.15	2.13	Terzaghi	0.60

## Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1.60	17.12	0.53	0.23	0.23	Metodo generale del modulo Edometrico	47.05
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Metodo generale del modulo Edometrico	55.60
Strato 4	6.92	7.42	0.20	0.89	0.59	Metodo generale del modulo Edometrico	36.63
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Metodo generale del modulo Edometrico	48.08
Strato 6	9.62	7.89	0.17	1.64	0.94	Metodo generale del modulo Edometrico	38.11
Strato 8	13.46	8.09	0.15	2.41	1.32	Metodo generale del modulo Edometrico	38.71
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Metodo generale del modulo Edometrico	34.27
Strato 10	16.26	12.64	0.53	2.97	1.57	Metodo generale del modulo Edometrico	47.51
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Metodo generale del modulo Edometrico	37.18
Strato 12	18.72	9.84	0.26	3.45	1.79	Metodo generale del modulo Edometrico	43.20
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Metodo generale del modulo Edometrico	63.96
Strato 14	20.22	10.18	0.21	3.76	1.94	Metodo generale del modulo Edometrico	43.91
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Metodo generale del modulo Edometrico	55.14
Strato 16	22.88	12.02	0.22	4.15	2.13	Metodo generale del modulo Edometrico	46.86

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	1.60	17.12	0.53	0.23	0.23	Cancelli 1980	633.55
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Cancelli 1980	1029.13
Strato 4	6.92	7.42	0.20	0.89	0.59	Cancelli 1980	256.02
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Cancelli 1980	870.47
Strato 6	9.62	7.89	0.17	1.64	0.94	Cancelli 1980	260.44
Strato 8	13.46	8.09	0.15	2.41	1.32	Cancelli 1980	253.82
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Cancelli 1980	197.91
Strato 10	16.26	12.64	0.53	2.97	1.57	Cancelli 1980	415.13
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Cancelli 1980	221.32
Strato 12	18.72	9.84	0.26	3.45	1.79	Cancelli 1980	301.92
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Cancelli 1980	1129.09
Strato 14	20.22	10.18	0.21	3.76	1.94	Cancelli 1980	308.97
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Cancelli 1980	958.61
Strato 16	22.88	12.02	0.22	4.15	2.13	Cancelli 1980	371.03

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	1.60	17.12	0.53	0.23	0.23	Stress-History	1.77
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Stress-History	1.81
Strato 4	6.92	7.42	0.20	0.89	0.59	Stress-History	<0.5
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Stress-History	0.68
Strato 6	9.62	7.89	0.17	1.64	0.94	Stress-History	<0.5
Strato 8	13.46	8.09	0.15	2.41	1.32	Stress-History	<0.5
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Stress-History	<0.5
Strato 10	16.26	12.64	0.53	2.97	1.57	Stress-History	<0.5
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Stress-History	<0.5
Strato 12	18.72	9.84	0.26	3.45	1.79	Stress-History	<0.5
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Stress-History	<0.5
Strato 14	20.22	10.18	0.21	3.76	1.94	Stress-History	<0.5
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Stress-History	<0.5
Strato 16	22.88	12.02	0.22	4.15	2.13	Stress-History	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1.60	17.12	0.53	0.23	0.23	Meyerhof	1.94
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Meyerhof	2.03
Strato 4	6.92	7.42	0.20	0.89	0.59	Meyerhof	1.79
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Meyerhof	2.00
Strato 6	9.62	7.89	0.17	1.64	0.94	Meyerhof	1.80
Strato 8	13.46	8.09	0.15	2.41	1.32	Meyerhof	1.79
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Meyerhof	1.75
Strato 10	16.26	12.64	0.53	2.97	1.57	Meyerhof	1.87
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Meyerhof	1.77
Strato 12	18.72	9.84	0.26	3.45	1.79	Meyerhof	1.82
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Meyerhof	2.04
Strato 14	20.22	10.18	0.21	3.76	1.94	Meyerhof	1.82
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Meyerhof	2.01
Strato 16	22.88	12.02	0.22	4.15	2.13	Meyerhof	1.85



## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	1.60	17.12	0.53	0.23	0.23	Meyerhof	2.02
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Meyerhof	2.11
Strato 4	6.92	7.42	0.20	0.89	0.59	Meyerhof	1.87
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Meyerhof	2.08
Strato 6	9.62	7.89	0.17	1.64	0.94	Meyerhof	1.88
Strato 8	13.46	8.09	0.15	2.41	1.32	Meyerhof	1.87
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Meyerhof	1.83
Strato 10	16.26	12.64	0.53	2.97	1.57	Meyerhof	1.95
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Meyerhof	1.85
Strato 12	18.72	9.84	0.26	3.45	1.79	Meyerhof	1.90
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Meyerhof	2.12
Strato 14	20.22	10.18	0.21	3.76	1.94	Meyerhof	1.90
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Meyerhof	2.09
Strato 16	22.88	12.02	0.22	4.15	2.13	Meyerhof	1.93

## SCPTU1 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI

## Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.62	75.07	0.84	0.06	0.06	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Jamiolkowski 1985	57.62
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Jamiolkowski 1985	16.95
Strato 7	11.54	49.06	0.25	2.04	1.14	Jamiolkowski 1985	26.50
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Jamiolkowski 1985	5.00
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Jamiolkowski 1985	5.00
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Jamiolkowski 1985	5.00
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Jamiolkowski 1985	5.00
Strato 17	27.76	102.11	0.91	4.89	2.52	Jamiolkowski 1985	22.39
Strato 18	32.30	160.27	1.12	5.96	3.12	Jamiolkowski 1985	29.63

## Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.62	75.07	0.84	0.06	0.06	Koppejan	42.63
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Koppejan	28.50
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Koppejan	23.35
Strato 7	11.54	49.06	0.25	2.04	1.14	Koppejan	25.41
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Koppejan	13.79
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Koppejan	13.63
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Koppejan	20.59
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Koppejan	19.45
Strato 17	27.76	102.11	0.91	4.89	2.52	Koppejan	25.09
Strato 18	32.30	160.27	1.12	5.96	3.12	Koppejan	26.32

## Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.62	75.07	0.84	0.06	0.06	Robertson & Campanella da Schmertmann	82.00
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Robertson & Campanella da Schmertmann	45.81
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Robertson & Campanella da Schmertmann	29.10
Strato 7	11.54	49.06	0.25	2.04	1.14	Robertson & Campanella da Schmertmann	47.35
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Robertson & Campanella da Schmertmann	21.14
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Robertson & Campanella da Schmertmann	23.93
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Robertson & Campanella da Schmertmann	32.46
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Robertson & Campanella da Schmertmann	28.26
Strato 17	27.76	102.11	0.91	4.89	2.52	Robertson & Campanella da Schmertmann	69.39
Strato 18	32.30	160.27	1.12	5.96	3.12	Robertson & Campanella da Schmertmann	86.66

## Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.62	75.07	0.84	0.06	0.06	Stress-History	>9
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Stress-History	1.81
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Stress-History	0.68
Strato 7	11.54	49.06	0.25	2.04	1.14	Stress-History	1.00
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Stress-History	<0.5
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Stress-History	<0.5
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Stress-History	<0.5
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Stress-History	<0.5
Strato 17	27.76	102.11	0.91	4.89	2.52	Stress-History	0.94
Strato 18	32.30	160.27	1.12	5.96	3.12	Stress-History	1.20

## Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.62	75.07	0.84	0.06	0.06	Meyerhof	1.90
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Meyerhof	1.90
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Meyerhof	1.90
Strato 7	11.54	49.06	0.25	2.04	1.14	Meyerhof	1.90
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Meyerhof	1.90
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Meyerhof	1.90
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Meyerhof	1.90
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Meyerhof	1.90
Strato 17	27.76	102.11	0.91	4.89	2.52	Meyerhof	1.90
Strato 18	32.30	160.27	1.12	5.96	3.12	Meyerhof	1.90

## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.62	75.07	0.84	0.06	0.06	Meyerhof	2.20
Strato 3	2.26	27.80	0.25	0.39	0.36	Meyerhof	2.20
Strato 5	7.56	24.04	0.23	1.39	0.83	Meyerhof	2.20
Strato 7	11.54	49.06	0.25	2.04	1.14	Meyerhof	2.20
Strato 9	14.86	6.73	0.09	2.71	1.45	Meyerhof	2.20
Strato 11	17.64	7.59	0.09	3.22	1.69	Meyerhof	2.20
Strato 13	19.40	31.98	0.25	3.62	1.87	Meyerhof	2.20
Strato 15	20.84	27.57	0.27	3.90	2.01	Meyerhof	2.20
Strato 17	27.76	102.11	0.91	4.89	2.52	Meyerhof	2.20
Strato 18	32.30	160.27	1.12	5.96	3.12	Meyerhof	2.20



**CPTU2 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**

## Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Terzaghi	2.91
Strato 2	4.76	9.08	0.34	0.63	0.49	Terzaghi	0.45
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Terzaghi	1.05
Strato 4	10.02	8.38	0.24	1.48	0.90	Terzaghi	0.42
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Terzaghi	0.73
Strato 7	12.40	10.36	0.22	2.41	1.36	Terzaghi	0.52
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Terzaghi	1.71
Strato 9	18.54	8.36	0.26	3.05	1.65	Terzaghi	0.42
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Terzaghi	1.41
Strato 11	20.00	10.31	0.22	3.82	2.01	Terzaghi	0.52

## Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Metodo generale del modulo Edometrico	116.28
Strato 2	4.76	9.08	0.34	0.63	0.49	Metodo generale del modulo Edometrico	41.42
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Metodo generale del modulo Edometrico	42.00
Strato 4	10.02	8.38	0.24	1.48	0.90	Metodo generale del modulo Edometrico	39.55
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Metodo generale del modulo Edometrico	48.42
Strato 7	12.40	10.36	0.22	2.41	1.36	Metodo generale del modulo Edometrico	44.27
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Metodo generale del modulo Edometrico	68.58
Strato 9	18.54	8.36	0.26	3.05	1.65	Metodo generale del modulo Edometrico	39.50
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Metodo generale del modulo Edometrico	56.52
Strato 11	20.00	10.31	0.22	3.82	2.01	Metodo generale del modulo Edometrico	44.17

## Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Cancelli 1980	2174.66
Strato 2	4.76	9.08	0.34	0.63	0.49	Cancelli 1980	322.14
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Cancelli 1980	762.58
Strato 4	10.02	8.38	0.24	1.48	0.90	Cancelli 1980	280.52
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Cancelli 1980	502.16
Strato 7	12.40	10.36	0.22	2.41	1.36	Cancelli 1980	337.62
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Cancelli 1980	1233.69
Strato 9	18.54	8.36	0.26	3.05	1.65	Cancelli 1980	251.53
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Cancelli 1980	986.94
Strato 11	20.00	10.31	0.22	3.82	2.01	Cancelli 1980	311.23

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Stress-History	>9
Strato 2	4.76	9.08	0.34	0.63	0.49	Stress-History	<0.5
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Stress-History	0.73
Strato 4	10.02	8.38	0.24	1.48	0.90	Stress-History	<0.5
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Stress-History	<0.5
Strato 7	12.40	10.36	0.22	2.41	1.36	Stress-History	<0.5
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Stress-History	0.57
Strato 9	18.54	8.36	0.26	3.05	1.65	Stress-History	<0.5
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Stress-History	<0.5
Strato 11	20.00	10.31	0.22	3.82	2.01	Stress-History	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Meyerhof	2.15
Strato 2	4.76	9.08	0.34	0.63	0.49	Meyerhof	1.83
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Meyerhof	1.98
Strato 4	10.02	8.38	0.24	1.48	0.90	Meyerhof	1.81
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Meyerhof	1.91
Strato 7	12.40	10.36	0.22	2.41	1.36	Meyerhof	1.84
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Meyerhof	2.06
Strato 9	18.54	8.36	0.26	3.05	1.65	Meyerhof	1.79
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Meyerhof	2.02
Strato 11	20.00	10.31	0.22	3.82	2.01	Meyerhof	1.83

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Meyerhof	2.23
Strato 2	4.76	9.08	0.34	0.63	0.49	Meyerhof	1.91
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Meyerhof	2.06
Strato 4	10.02	8.38	0.24	1.48	0.90	Meyerhof	1.89
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Meyerhof	1.99
Strato 7	12.40	10.36	0.22	2.41	1.36	Meyerhof	1.92
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Meyerhof	2.14
Strato 9	18.54	8.36	0.26	3.05	1.65	Meyerhof	1.87
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Meyerhof	2.10
Strato 11	20.00	10.31	0.22	3.82	2.01	Meyerhof	1.91

**CPTU2 - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Jamiolkowski 1985	22.99
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Jamiolkowski 1985	5.00
Strato 6	11.94	65.40	0.27	2.21	1.25	Jamiolkowski 1985	32.33
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Jamiolkowski 1985	10.56
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Jamiolkowski 1985	5.00

## Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Koppejan	36.88
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Koppejan	23.79
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Koppejan	19.02
Strato 6	11.94	65.40	0.27	2.21	1.25	Koppejan	26.40
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Koppejan	22.49
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Koppejan	19.75

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Robertson & Campanella da Schmertmann	82.49
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Robertson & Campanella da Schmertmann	27.86
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Robertson & Campanella da Schmertmann	17.83
Strato 6	11.94	65.40	0.27	2.21	1.25	Robertson & Campanella da Schmertmann	55.43
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Robertson & Campanella da Schmertmann	35.23
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Robertson & Campanella da Schmertmann	28.82

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Stress-History	>9
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Stress-History	0.73
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Stress-History	<0.5
Strato 6	11.94	65.40	0.27	2.21	1.25	Stress-History	1.21
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Stress-History	0.57
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Stress-History	<0.5


Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Meyerhof	1.90
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Meyerhof	1.90
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Meyerhof	1.90
Strato 6	11.94	65.40	0.27	2.21	1.25	Meyerhof	1.90
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Meyerhof	1.90
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Meyerhof	1.90

## Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.40	58.14	0.82	0.15	0.15	Meyerhof	2.20
Strato 3	4.94	21.00	0.11	0.98	0.66	Meyerhof	2.20
Strato 5	10.54	14.54	0.20	2.01	1.15	Meyerhof	2.20
Strato 6	11.94	65.40	0.27	2.21	1.25	Meyerhof	2.20
Strato 8	12.68	34.29	0.16	2.48	1.39	Meyerhof	2.20
Strato 10	19.40	28.26	0.29	3.67	1.94	Meyerhof	2.20



 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b></p>	<p>RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018</p>
---	---	--

- Allegati 4/7 -

**VALORI DEI PARAMETRI  $A_G$ ,  $F_O$ ,  $T^*_C$**

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

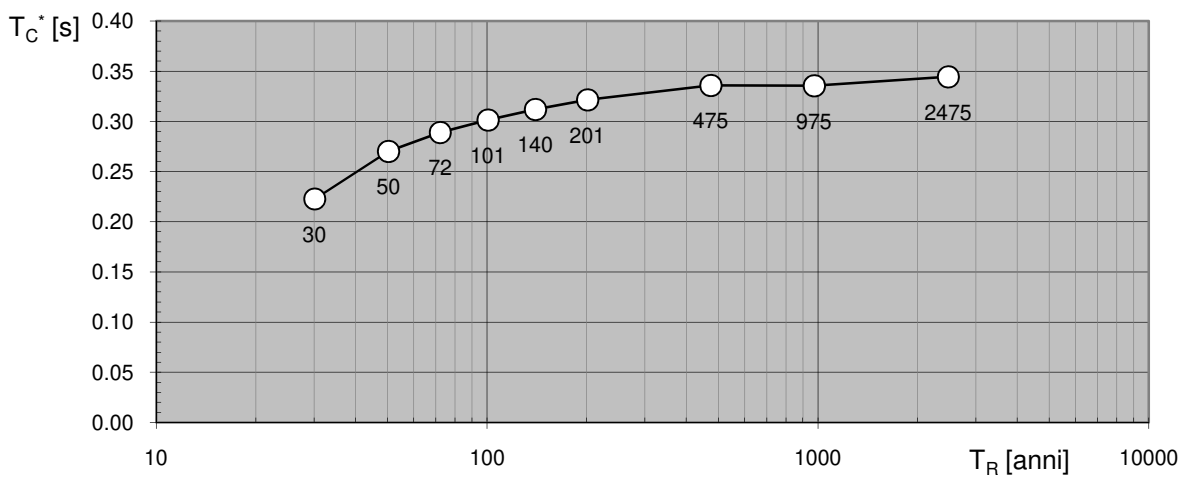
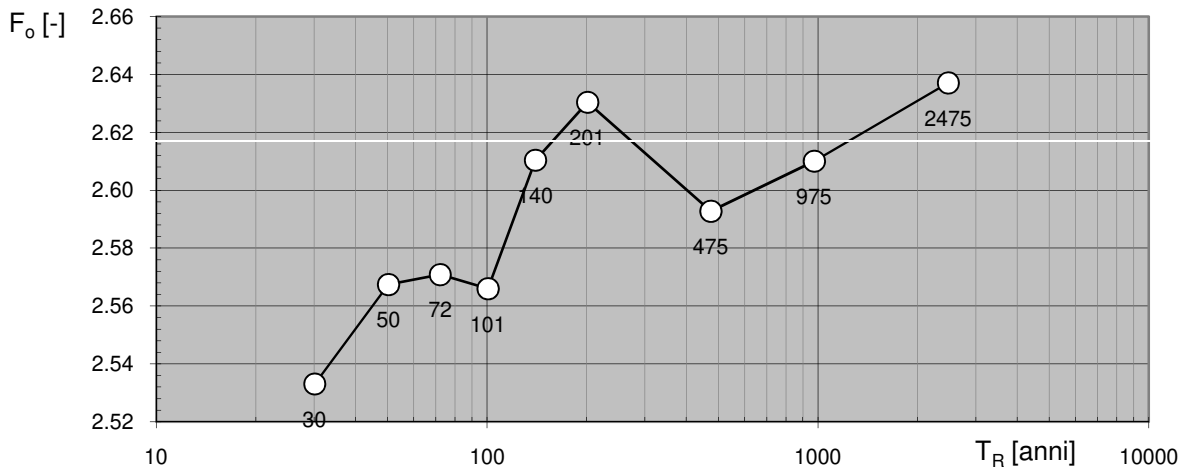
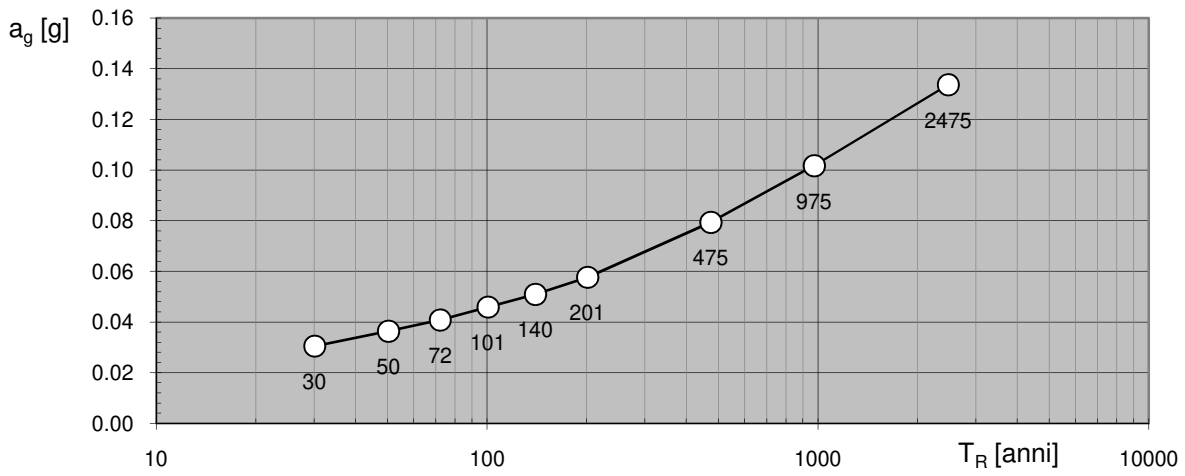
---

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.031	2.533	0.223
50	0.036	2.567	0.270
72	0.041	2.571	0.289
101	0.046	2.566	0.302
140	0.051	2.610	0.312
201	0.058	2.630	0.321
475	0.079	2.593	0.336
975	0.102	2.610	0.335
2475	0.134	2.637	0.344

---

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**



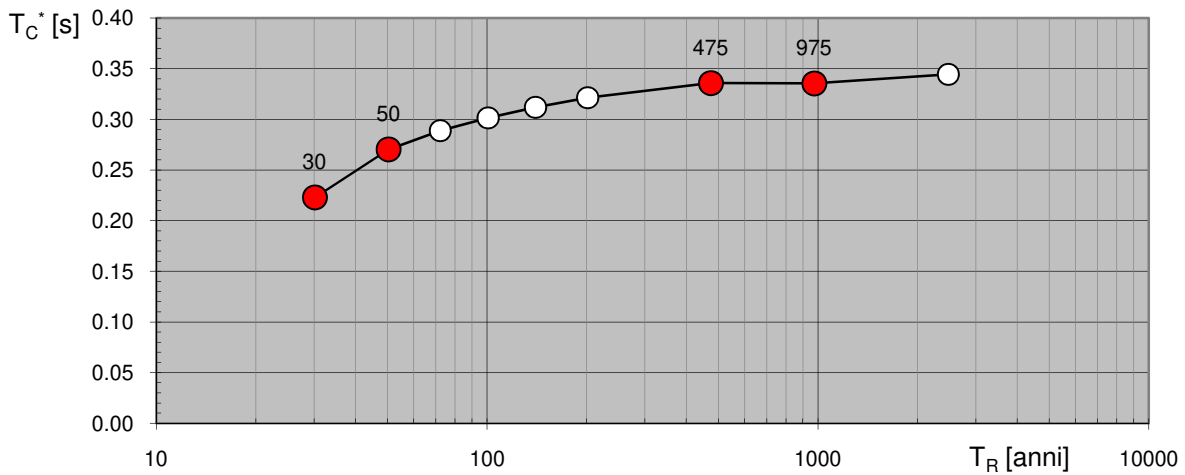
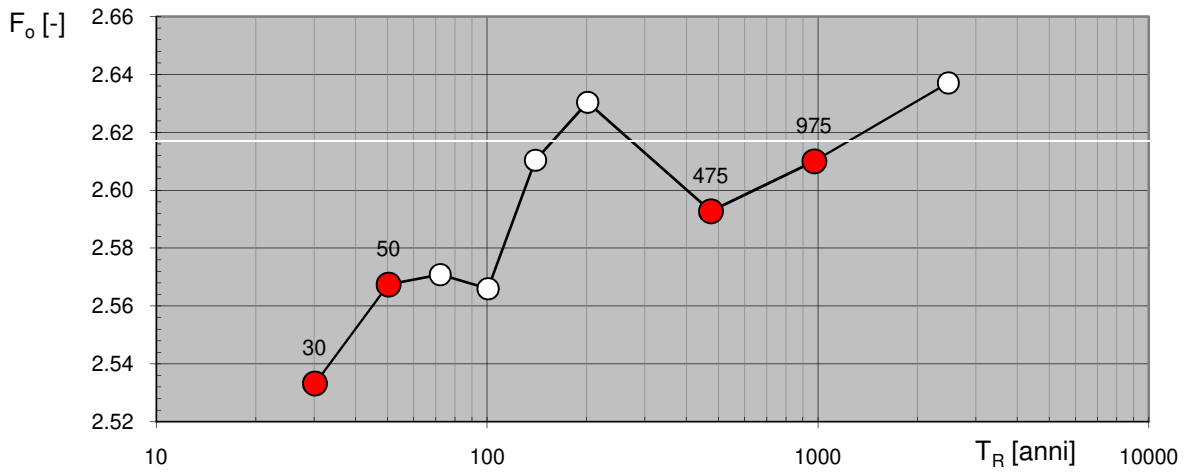
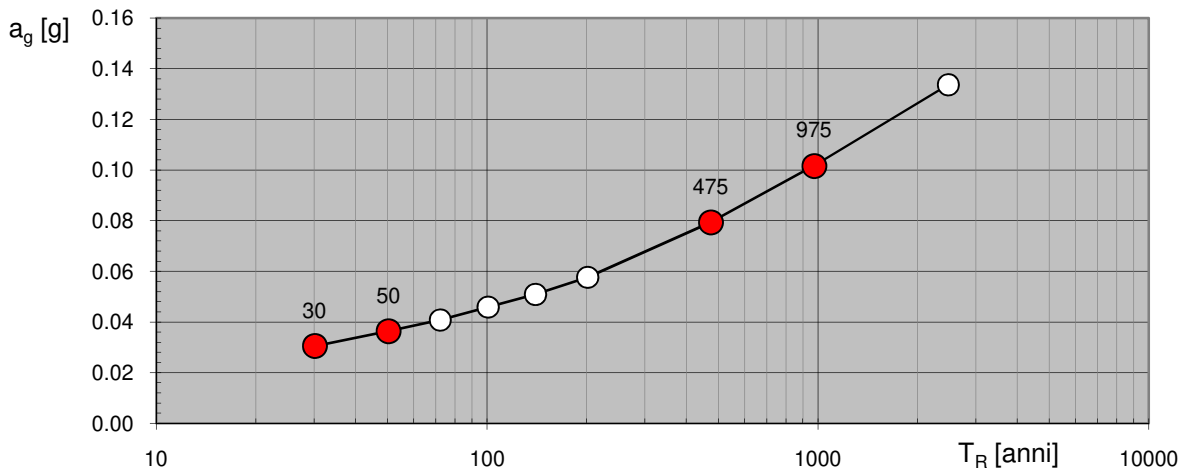
La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.031	2.533	0.223
SLD	50	0.036	2.567	0.270
SLV	475	0.079	2.593	0.336
SLC	975	0.102	2.610	0.335


La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$**



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

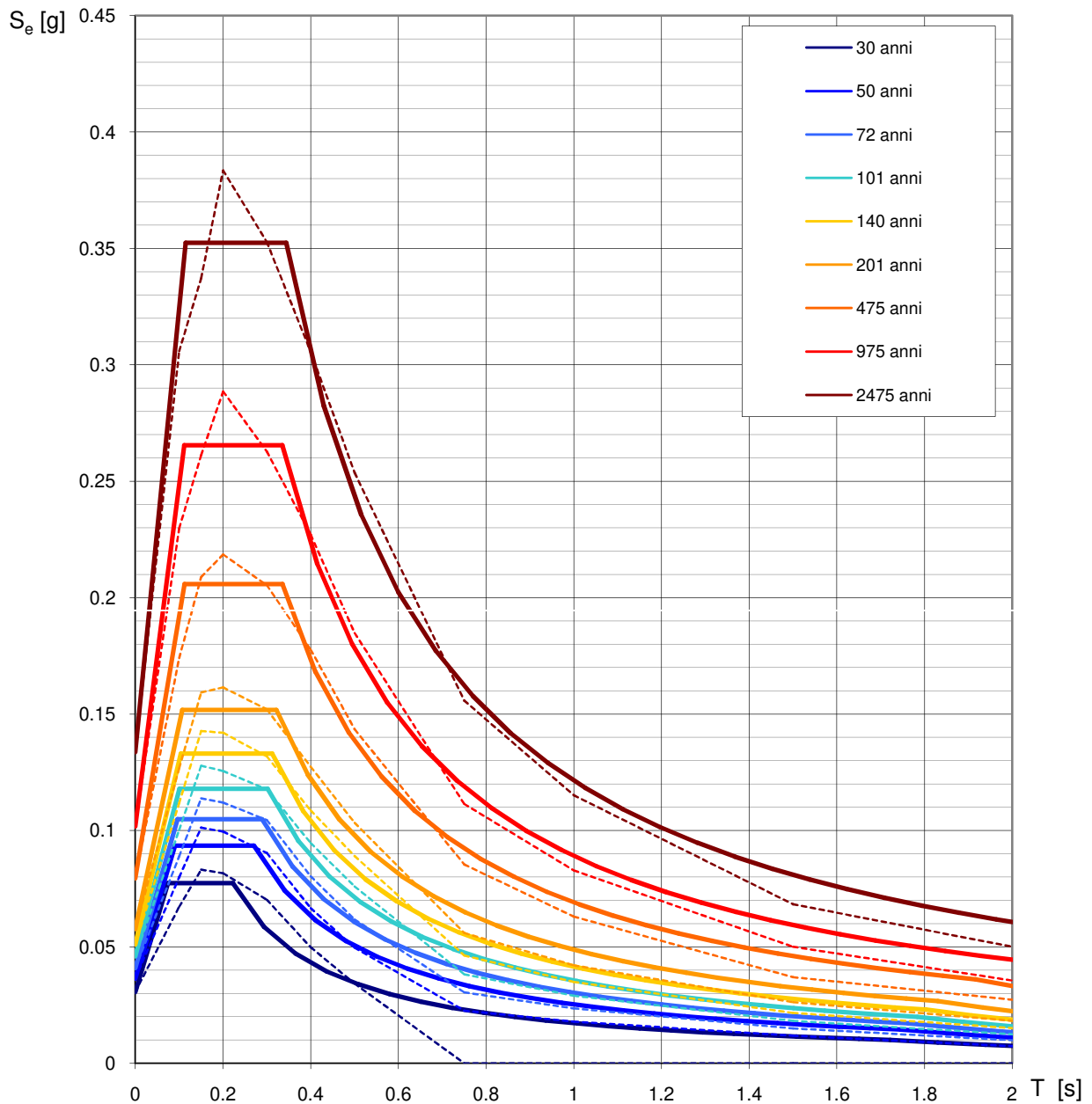


 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b></p>	<p>RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018</p>
---	---	--

- Allegati 8/12 -

**SPETTRI DI RISPOSTA E PARAMETRI  
STATO LIMITE SLV**

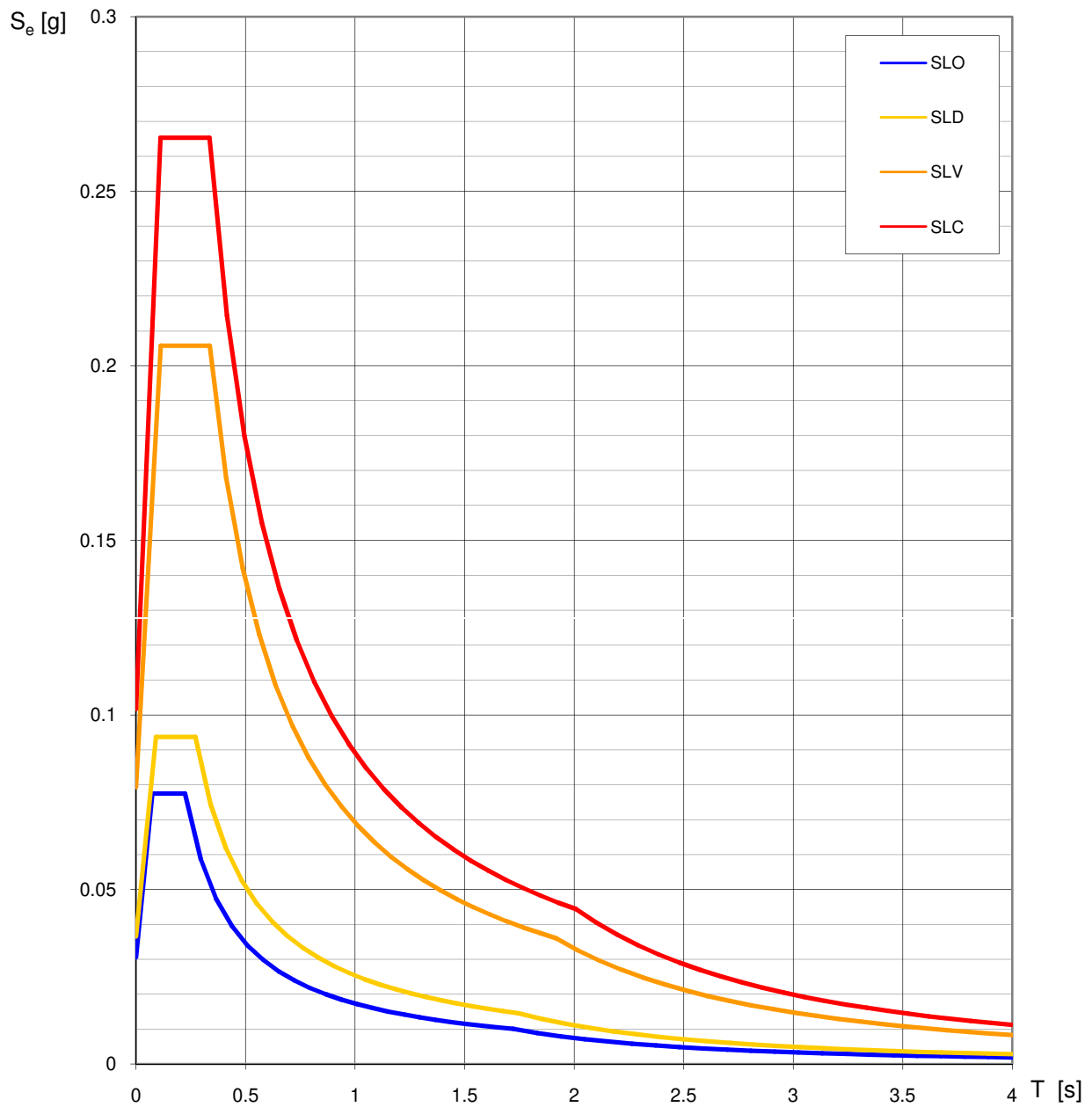
## Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento



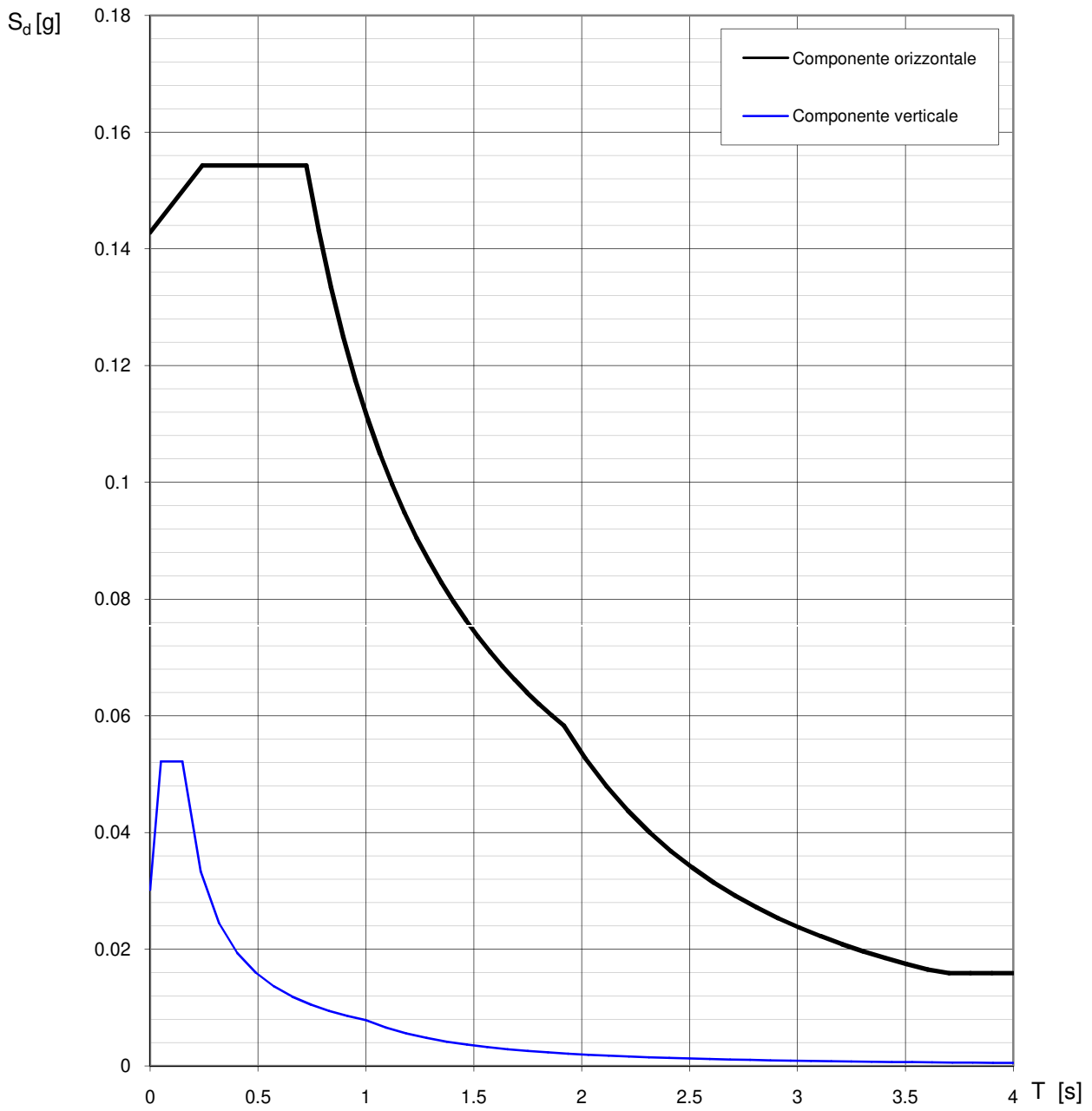
**NOTA:**

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.079 g
$F_o$	2.593
$T_c^*$	0.336 s
$S_s$	1.800
$C_c$	2.157
$S_T$	1.000
$q$	2.400

**Parametri dipendenti**

$S$	1.800
$\eta$	0.417
$T_B$	0.241 s
$T_C$	0.724 s
$T_D$	1.917 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.143
$T_B$ ←	0.241	0.154
$T_C$ ←	0.724	0.154
	0.781	0.143
	0.838	0.133
	0.895	0.125
	0.952	0.117
	1.008	0.111
	1.065	0.105
	1.122	0.100
	1.179	0.095
	1.236	0.090
	1.293	0.086
	1.349	0.083
	1.406	0.079
	1.463	0.076
	1.520	0.074
	1.577	0.071
	1.633	0.068
	1.690	0.066
	1.747	0.064
	1.804	0.062
	1.861	0.060
$T_D$ ←	1.917	0.058
	2.017	0.053
	2.116	0.048
	2.215	0.044
	2.314	0.040
	2.413	0.037
	2.512	0.034
	2.612	0.031
	2.711	0.029
	2.810	0.027
	2.909	0.025
	3.008	0.024
	3.107	0.022
	3.207	0.021
	3.306	0.020
	3.405	0.018
	3.504	0.017
	3.603	0.017
	3.702	0.016
	3.802	0.016
	3.901	0.016
	4.000	0.016

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell



**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{qv}$	0.030 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0.986
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta** (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.030
$T_B \leftarrow$	0.050	0.052
$T_C \leftarrow$	0.150	0.052
	0.235	0.033
	0.320	0.024
	0.405	0.019
	0.490	0.016
	0.575	0.014
	0.660	0.012
	0.745	0.011
	0.830	0.009
	0.915	0.009
$T_D \leftarrow$	1.000	0.008
	1.094	0.007
	1.188	0.006
	1.281	0.005
	1.375	0.004
	1.469	0.004
	1.563	0.003
	1.656	0.003
	1.750	0.003
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.002
	2.219	0.002
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.000

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

 <p><b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com</p>	<p>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b></p>	<p>RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018</p>
---	---	--

- Allegato 13 -

**SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA**

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

### SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA

<b>Ubicazione sito</b>	Canale Naviglio presso Coccanile di Copparo (Fe)
<b>Coordinate WGS84</b>	Lat. 44.931223° – Long. 11.876115°
<b>Intervento previsto</b>	Costruzione di una chiusa con paratoie piane sul canale Naviglio
<b>Profondità falda in data 22/10/2018</b>	mt 1.60 – SCPTU1 mt 1.65 – CPTU2
<b>Tipologia indagini eseguite</b>	SCPTU – CPTU – HVSR
<b>Numero indagini eseguite</b>	1 + 1 + 1
<b>Profondità raggiunta con SCPTU e CPTU</b>	32.30 mt – SCPTU1 20.00 mt – CPTU2
<b>Zona sismica</b>	3 (0.05 < PGA < 0.15 g)
<b>Categoria di sottosuolo</b>	D
<b>Categoria topografica</b>	T1
<b>Dilatanza</b>	Non attesa - si veda capitolo dedicato
<b>Liquefazione</b>	Potenziale basso - si veda capitolo dedicato
<b>Classe d'uso</b>	II
<b>Coefficiente <math>c_u</math></b>	1.0
<b><math>a_g</math> - SLV</b>	0.079 g
<b><math>F_0</math> - SLV</b>	2.593
<b><math>T^*_c</math> - SLV</b>	0.336 sec
<b>Coefficiente <math>S_s</math> – SLV</b>	1.800
<b>Coefficiente <math>C_c</math> – SLV</b>	2.157
<b>Vita nominale</b>	50 anni
<b>Stati limite</b>	SLV

 <b>Synthesis s.r.l.</b> Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	<b>CONSORZIO BONIFICA PIANURA FERRARA</b> <b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CHIAVICA</b> <b>SUL CANALE NAVIGLIO IN LOCALITÀ COCCANILE</b> <b>Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare</b>	RIF. 100/18-ES-REV00 DEL 08/01/2019 P125/18-ES-REV00 DEL 06/09/2018
--	--	--

- Tavola Unica -

**PROFILO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO**



Synthesis s.r.l.  
 Piazza del Popolo, 13 int.5 - 44034 COPPARO (FE)  
 Tel. 0532 860546 Fax 0532 091680  
 www.synthesisr.com - info@synthesisr.com



Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara  
 Via Borgo dei Leoni, 28 - 44121 FERRARA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE  
 DI UNA NUOVA CHIAVICA SUL CANALE NAVIGLIO  
 IN LOCALITA' COCCANILE

TAVOLA UNICA  
 Scala 1:100

Modello geologico e sismico  
 Modello geotecnico  
 Profilo litostratigrafico  
 e principali parametri geotecnici

tecnico incaricato:  
 Dr. Geol. Emanuele Stevanin

elaborazioni grafiche:  
 Massimiliano Stevanin

data elaborazione:  
 12 dicembre 2018

referimento interno:  
 100/18-ES-Rev00

nome file:  
 Tavola\_100\_18\_ES\_Rev00.dwg

