



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Sede legale e recapito postale:

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28 - C.F. 93076450381

web: www.bonificaferrara.it - e-mail: info@bonificaferrara.it

pec: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it

aderente all'

Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari

PROGETTO CENTO 2

PROGETTO ESECUTIVO

Opere di competenza della Regione Emilia Romagna
Delibera Num. 1917 del 04/11 /2019 - PRESA D'ATTO DEL "PROGRAMMA DI INTERVENTI FINALIZZATI A FRONTEGGIARE IL FENOMENO DELLA SUBSIDENZA NELLE PROVINCE DI FERRARA, RAVENNA E ROVIGO, E NEI TERRITORI DEL DELTA DEL PO PROPOSTO DALLE REGIONI VENETO ED EMILIA ROMAGNA"
APPROVATO CON DECRETO MIPAAFT N. 11168
E SUCCESSIVAMENTE MODIFICATO CON DECRETO N. 8874/2019
INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO
Comune di Cento
CUP J35J18000320002

RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA E GEOTECNICA CON ALLEGATI

Data: **05.10.2022**

Elab.:

1.3.2

IL PROGETTISTA

(Dott. Ing. Valeria Chierici)



I COLLABORATORI

Dott. Ing. Laura Montanari

Geom. Cesare Formignani

Geom. Federico Sarto

Geom. Pietro Ghisellini

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Dott. Ing. Mauro Monti)

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Codice Intervento OC83
00	Progetto Esecutivo	Stevanin E.	05.10.2022	
01	Progetto Esecutivo	Stevanin E.	Agosto 2025	



Synthesis s.r.l.

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

www.synthesisrll.com

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA DI FERRARA

COMUNE DI CENTO

CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Via Borgo dei Leoni civ. 28 - Ferrara



INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE

2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE,

VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R.

- MODELLO GEOLOGICO E SISMICO -

- MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE -

Tecnico incaricato

Dr. Geol. Emanuele Stevanin

Collaboratori

Dr. Geol. Emma Biondani

Dr. Geol. Luca Gregori

Dr.ssa Alice Pozzati



Località

Comune di Cento

Via del Curato – Via Rigone – Via Giovannina – Sottopasso C.E.R.

Data

17 marzo 2022

Rif. 023/22-ES-Rev01

INDICE

PREMESSA	4
1. INQUADRAMENTO GENERALE	5
1.1. Ubicazioni dei siti	5
1.1.1. VIA DEL CURATO	5
1.1.2. VIA RIGONE	7
1.1.3. VIA GIOVANNINA	9
1.1.4. SOTTOPASSO CER - VIA DELLE PECORE	11
1.2. Interventi previsti	13
1.3. Normativa di riferimento	13
2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICO	14
2.1. Unità geologiche, litologiche e strutturali	14
2.2. Storia geologica del territorio	19
2.3. Sismotettonica e sezioni sismogeologiche	20
2.4. Forme del terreno e caratteri geomorfologici	26
2.4.1. VIA DEL CURATO	27
2.4.2. VIA RIGONE	29
2.4.3. VIA GIOVANNINA	30
2.4.4. SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE	32
2.5. Subsidenza	34
2.5.1. VIA DEL CURATO	34
2.5.2. VIA RIGONE	35
2.5.3. VIA GIOVANNINA	36
2.5.4. SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE	37
2.6. Rischio geologico	38
2.7. Caratteri idrogeologici e idrologici	38
2.7.1. VIA DEL CURATO	40
2.7.2. VIA RIGONE	42
2.7.3. VIA GIOVANNINA	44
2.7.4. SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE	46
2.8. Campagna di indagini	49
2.8.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO (CPTU)	49
2.8.2. RILIEVO TOPOGRAFICO	50
2.8.3. INDAGINI GEOFISICHE	50
2.9. Campagna geognostica - Risultati	70
2.9.1. CARATTERI LITOLOGICI	70
2.9.1.1. <i>Modalità di valutazione</i>	70
2.9.1.2. <i>Definizione delle unità litotecniche</i>	72
2.9.2. INDAGINI GEOFISICHE	89
2.9.2.1. <i>Misura a stazione singola con metodo HVSR</i>	89
2.9.2.2. <i>Misurazione con stazione multipla con tecnica pseudo-multicanale di tipo MASW</i>	89
2.9.2.3. <i>Risultati delle indagini geofisiche</i>	89
2.9.2.3.1. <i>TECNICA HVSR – VIA DEL CURATO</i>	90
2.9.2.3.2. <i>TECNICA MASW – VIA DEL CURATO</i>	91
2.9.2.3.3. <i>MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE Vs – VIA DEL CURATO</i>	92
2.9.2.3.4. <i>TECNICA HVSR – VIA RIGONE</i>	94

2.9.2.3.5. TECNICA MASW – VIA RIGONE	95
2.9.2.3.6. MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE VS – VIA RIGONE	96
2.9.2.3.7. TECNICA HVSR – VIA GIOVANNINA	98
2.9.2.3.8. TECNICA MASW – VIA GIOVANNINA	99
2.9.2.3.9. MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE VS – VIA GIOVANNINA	100
2.9.2.3.10. TECNICA HVSR – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE	102
2.9.2.3.11. TECNICA MASW – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE	103
2.9.2.3.12. MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE VS – VIA PECORE	104
2.10. Analisi vincolistica	106
2.10.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO	106
2.10.2. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) – AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO	106
2.10.3. DIRETTIVA ALLUVIONI REGIONE EMILIA-ROMAGNA (P.G.R.A.)	107
2.10.3.1. Via del Curato	107
2.10.3.2. Via Rigone	111
2.10.3.3. Via Giovannina	116
2.10.3.4. Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore	121
2.11. Aspetti geodinamici e sismicità	124
2.12. Aspetti sismici di dettaglio	127
2.12.1. DEFINIZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	127
2.12.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	127
2.12.3. CLASSE D'USO	127
2.12.4. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI INCOERENTI	128
2.12.4.1. Fattori scatenanti: Definizione della Magnitudo attesa del sisma	129
2.12.4.2. Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale	129
2.12.4.3. Fattori predisponenti: Profondità della falda	130
2.12.4.4. Fattori predisponenti: Resistenza mobilitabile dal terreno	130
2.12.4.5. Fattori predisponenti: Composizione granulometrica	130
2.12.5. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE PER IL CASO SPECIFICO	132
2.12.6. NOTE IN MERITO ALLE VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE	150
2.13. Note e prescrizioni	151
3. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE	153
3.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche	153
3.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche	153
3.3. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni	153
3.3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE – SCPTU, CPTU	153
3.4. Considerazioni conclusive	171

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	--	--

Documentazione allegata:

- Allegato 1. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU1 Via del Curato
- Allegato 2. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU2 Via del Curato
- Allegato 3. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU3 Via Rigone
- Allegato 4. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU4 Via Rigone
- Allegato 5. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU7 Via Giovannina
- Allegato 6. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU8 Via Giovannina
- Allegato 7. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU5 Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore
- Allegato 8. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU6 Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore
- Allegato 9. Report CPTU
- Allegato 10. Analisi di Risposta Sismica Locale – Via del Curato
- Allegato 11. Analisi di Risposta Sismica Locale – Via Giovannina
- Allegato 12. Scheda tecnica riassuntiva
- Tavole. Profili litostratigrafici

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	--	--

PREMESSA

Su incarico del **Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara** e in base alle indicazioni ricevute dal referente **Ing. Laura Montanari** e dalla Progettista **Ing. Beatrice Bergamini**, è stato effettuato il presente studio a supporto del progetto per la realizzazione di alcuni interventi strutturali per la sicurezza idraulica dell'area centese – 2° stralcio. Nello specifico, si tratta della realizzazione di manufatti di attraversamento in via del Curato, in via Rigone, in via Giovannina e del C.E.R.

Al fine di raccogliere informazioni specifiche ed in linea con la normativa tecnica vigente, sono state effettuate indagini geognostiche e sismiche in corrispondenza e nei pressi delle quattro aree dove saranno realizzati i manufatti di attraversamento. Per i siti ubicati in via del Curato e in via Giovannina, al termine della prima fase di studio, sono stati condotti studi di Risposta Sismica Locale mediante approccio numerico non semplificato.

Le indagini sono state eseguite al fine di integrare le conoscenze derivanti dai dati bibliografici a disposizione, allo 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 ai siti.

Le modalità d'indagine 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.

CUP: J35J18000320002

CIG: Z2A34ECB3C

1. INQUADRAMENTO GENERALE

1.1. Ubicazioni dei siti

I siti in corrispondenza dei quali sono previsti gli interventi ricadono nel settore occidentale dell'abitato di Cento, in Provincia di Ferrara.

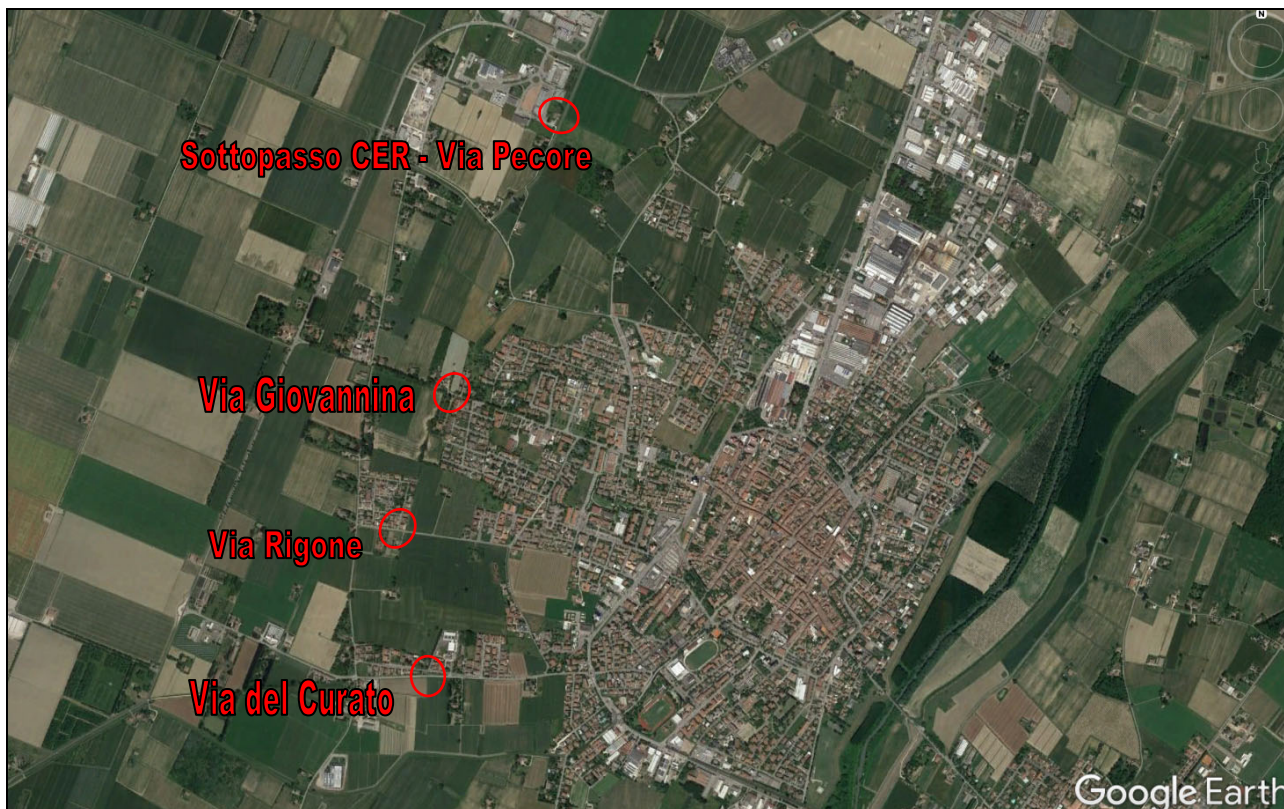


Immagine 1.1-1

Foto da satellite – Google Earth

Ubicazioni dei siti oggetto di studio

1.1.1. VIA DEL CURATO

L'area in oggetto ricade all'interno di una zona urbanizzata, a cavallo di Via del Curato.

Più specificatamente, quest'area è posta circa 1.30 km ad ovest/sud-ovest rispetto a Piazzale della Rocca di Cento, circa 1.00 km in direzione est/sud-est dalla Strada Provinciale 66.

Coordinate WGS84 centrali all'area di studio: Latitudine 44.722365°; Longitudine 11.271028°.

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 1.1.1-1. Foto da satellite – Google Earth
- Figura 1.1.1-2. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 1.1.1-3. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000



Immagine 1.1.1-1
Foto da satellite – Google Earth
Ubicazione del manufatto – Via del Curato

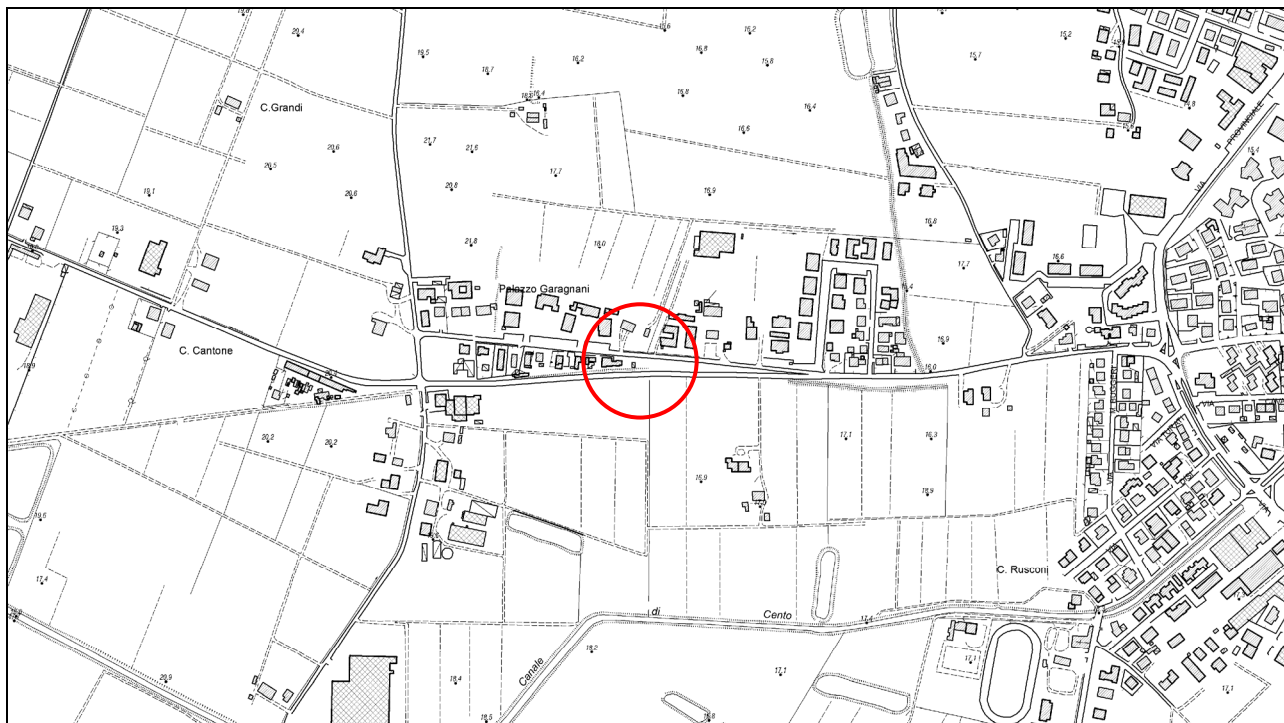


Figura 1.1.1-2
Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
Ubicazione manufatto – Via del Curato

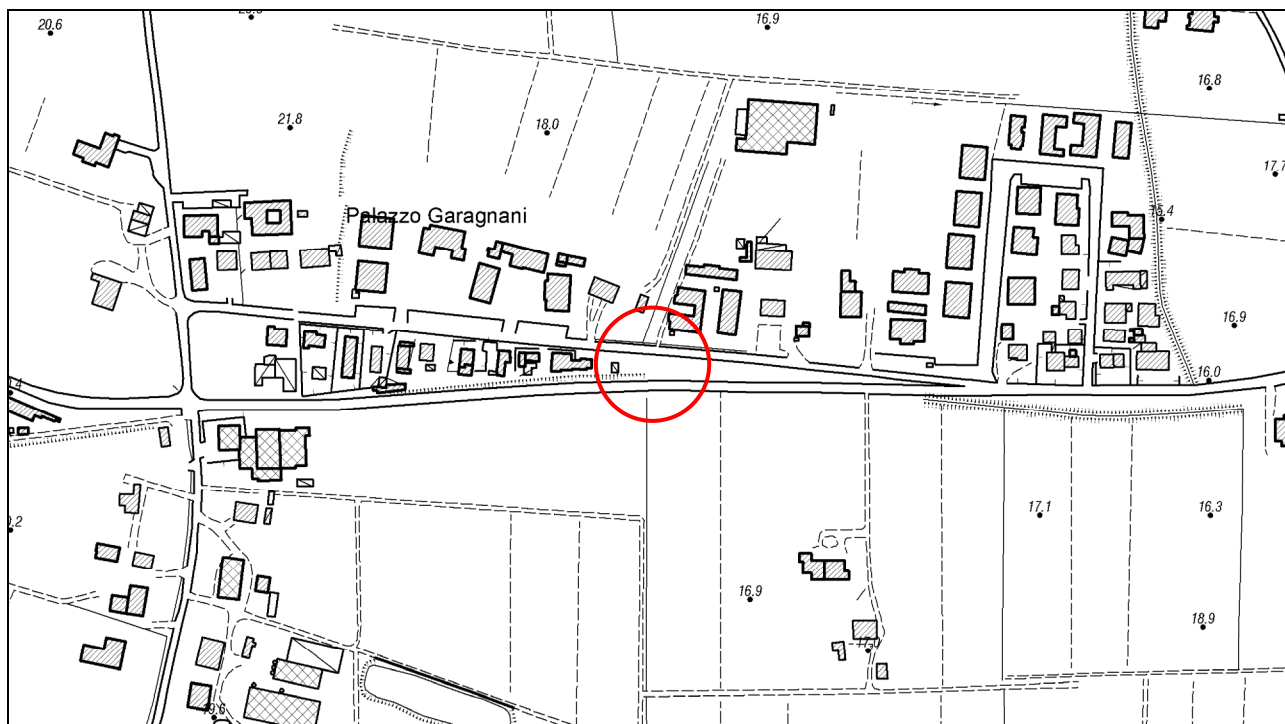


Figura 1.1.1-3

Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000

Ubicazione manufatto – Via del Curato

1.1.2. VIA RIGONE

L'area in oggetto ricade in una zona di transizione tra un'area urbanizzata e un'area agricola, a cavallo di via Rigone.

Più specificatamente, l'area di studio è posta circa 730 m ad est/sud-est dalla Strada Provinciale 66 e circa 1.40 km ad ovest rispetto a Piazzale della Rocca di Cento.

Coordinate WGS84 centrali all'area di studio: Latitudine 44.727703°; Longitudine 11.269847°.

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 1.1.2-1. Foto da satellite – Google Earth
- Figura 1.1.2-2. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 1.1.2-3. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000



Immagine 1.1.2-1
Foto da satellite – Google Earth
Ubicazione del manufatto – Via Rigone

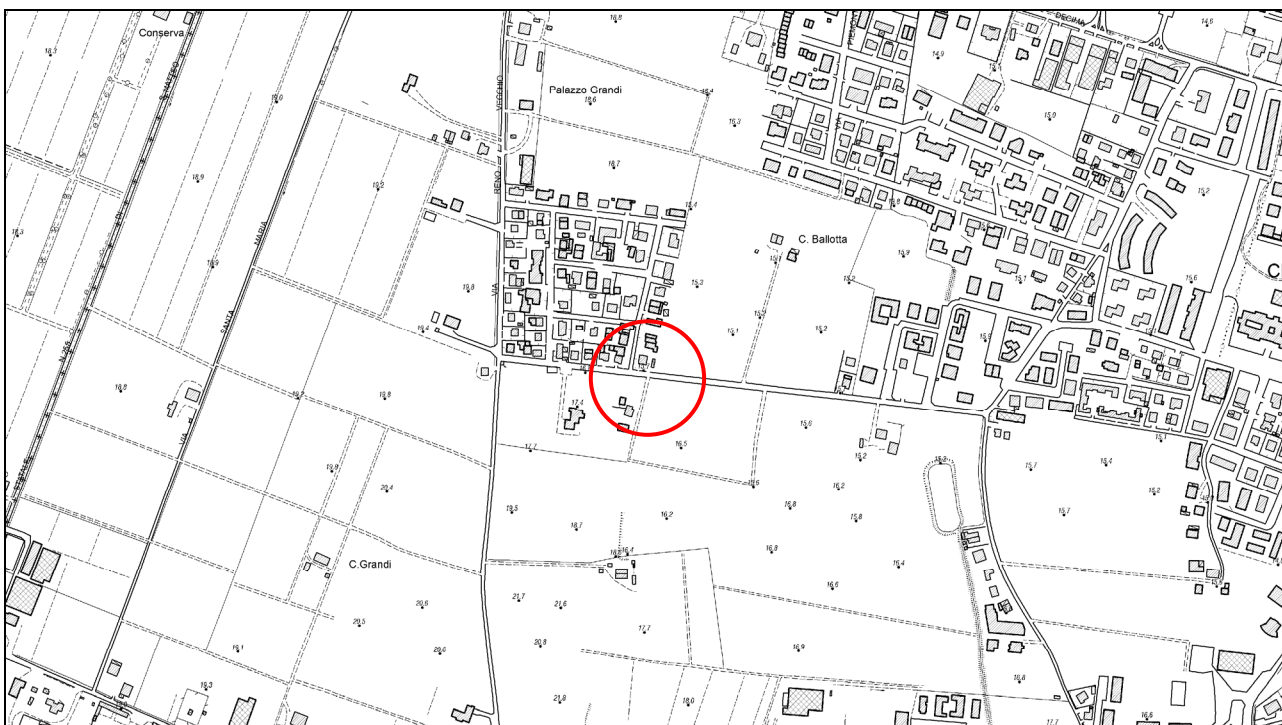


Figura 1.1.2-2
Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
Ubicazione manufatto – Via Rigone

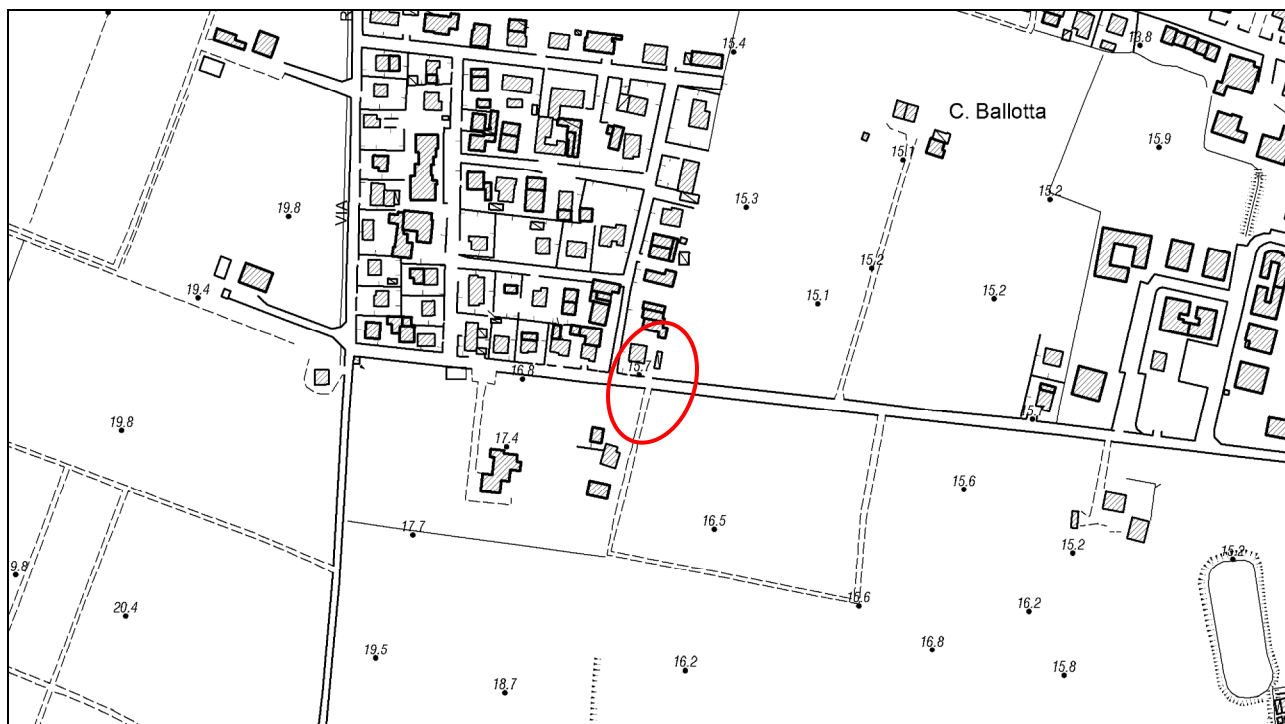


Figura 1.1.2-3

Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000

Ubicazione manufatto – Via Rigone

1.1.3. VIA GIOVANNINA

L'area in oggetto ricade in una zona di transizione tra un'area urbanizzata e un'area agricola, perpendicolare a via Giovannina.

Più specificatamente, l'area di studio è posta circa 680 m ad est/sud-est dalla Strada Provinciale 66 e circa 1.50 km a nord-ovest rispetto a Piazzale della Rocca di Cento.

Coordinate WGS84 centrali all'area di studio: Latitudine 44.732910°; Longitudine 11.272251°.

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 1.1.3-1. Foto da satellite – Google Earth
- Figura 1.1.3-2. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 1.1.3-3. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000



Immagine 1.1.3-1

Foto da satellite – Google Earth

Ubicazione manufatto – Via Giovannina

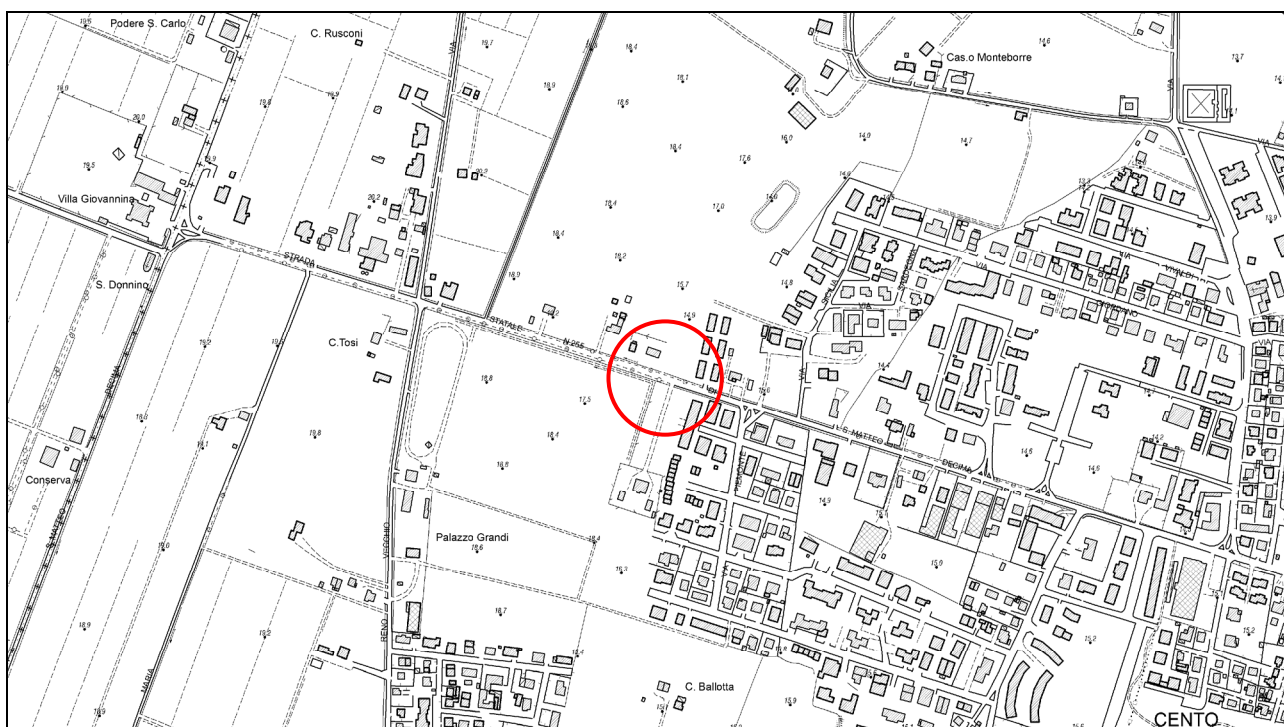


Figura 1.1.3-2

Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000

Ubicazione manufatto – Via Giovannina

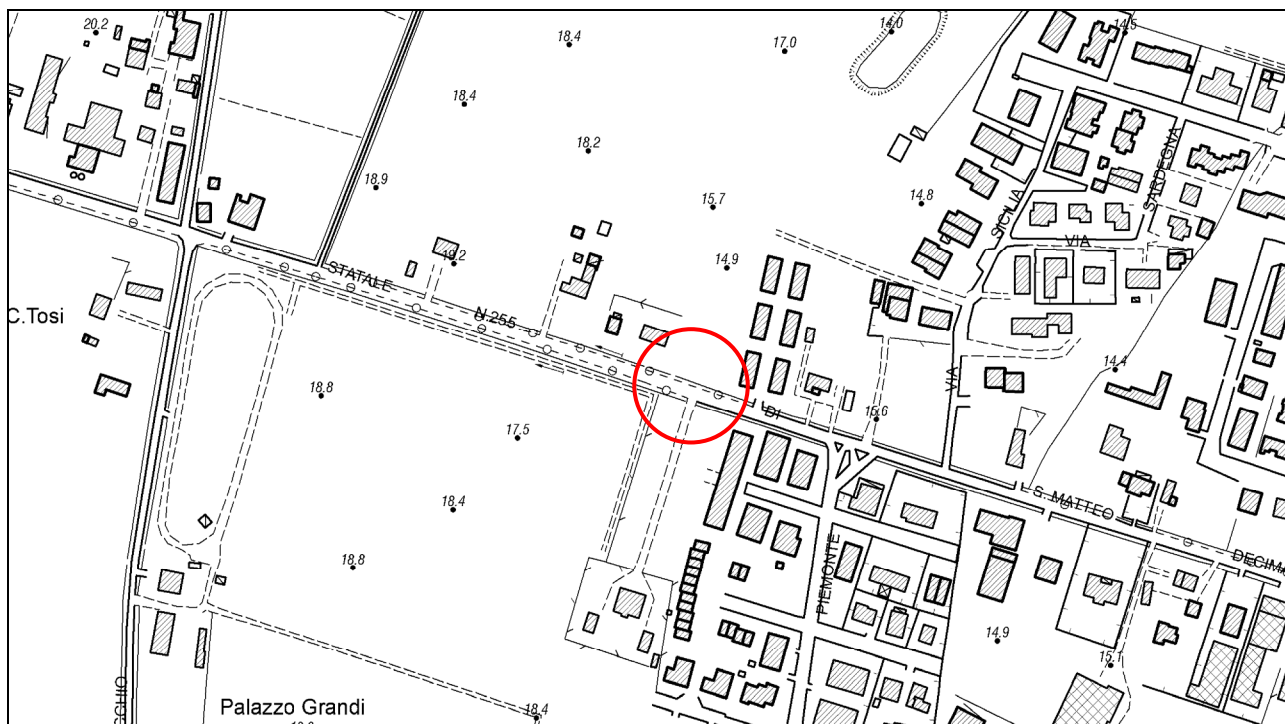


Figura 1.1.3-3

Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000

Ubicazione manufatto – Via Giovannina

1.1.4. SOTTOPASSO CER - VIA DELLE PECORE

L'area in oggetto ricade in una zona di transizione tra un'area urbanizzata e un'area agricola, a cavallo di via delle Pecore.

Più specificatamente, l'area di studio è posta circa 250 m a sud dalla Strada Provinciale 66 e circa 2.00 km in direzione nord-ovest da Corso del Guercino.

Coordinate WGS84 centrali all'area di studio: Latitudine 44.742948°; Longitudine 11.278002°.

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 1.1.4-1. Foto da satellite – Google Earth
- Figura 1.1.4-2. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 1.1.4-3. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000



Immagine 1.1.4-1

Foto da satellite – Google Earth

Ubicazione del sottopasso CER – Via delle Pecore

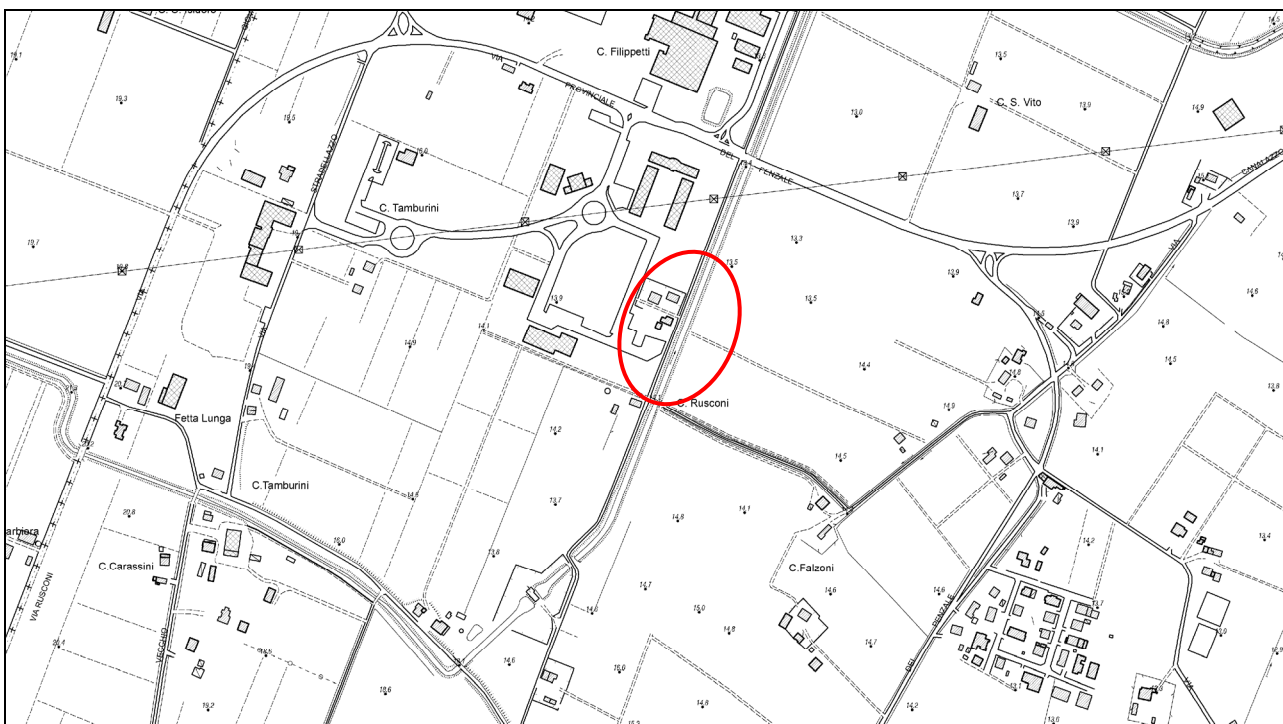


Figura 1.1.4-2

Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000

Ubicazione del sottopasso CER – Via delle Pecore

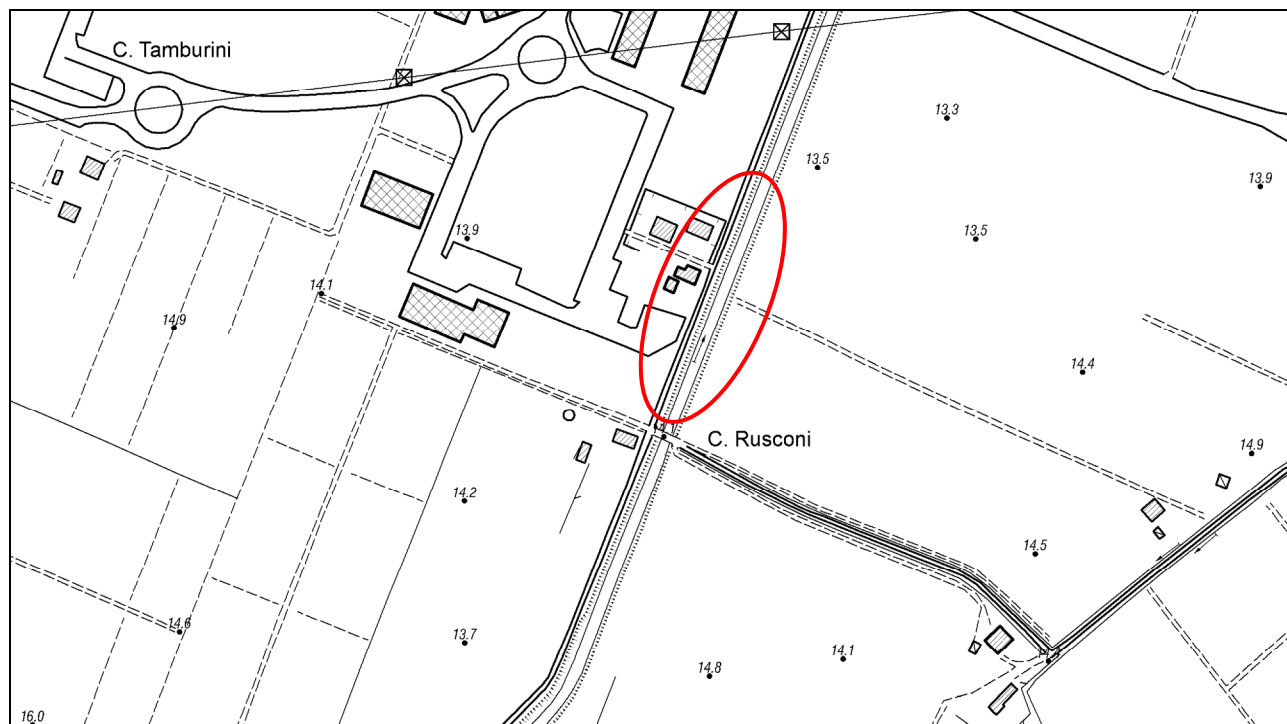


Figura 1.1.4-3

Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:5.000

Ubicazione del sottopasso CER – Via delle Pecore

1.2. Interventi previsti

Con il progetto si prevede la realizzazione di alcuni interventi strutturali per la sicurezza idraulica dell'area centese – 2° stralcio.

Nello specifico, gli interventi previsti dal progetto per i quali è redatta la presente relazione riguardano la realizzazione di alcuni manufatti di attraversamento ubicati in:

- via del Curato;
- via Rigone;
- via Giovannina;
- sottopasso C.E.R., via delle Pecore.

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. 476/2021 Aggiornamento dell' *"Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)"* di cui alla deliberazione della Giunta regionale 29 aprile 2019, n. 630

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

Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 – C.S.LL.PP: *Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018".*

2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICO

Le analisi dei contesti geologici in cui sono inserite le aree in esame, sono state effettuate in primo luogo consultando gli studi e la cartografia esistente a disposizione e in secondo luogo con le analisi e le elaborazioni delle prove effettuate.

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 e aree limitrofe (figura 2.1-4).

Dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe (figura 2.1-4) si evince che:

- le aree di studio di Via del Curato e di Via Rigone sono poste in corrispondenza di una zona delineata dalle isobate -150 m e -200 m riferite al livello del mare della base del Sistema Emiliano-Romagnolo superiore;

- le aree di studio di Via Giovannina e del sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore sono poste in corrispondenza di una zona delineata dalle isobate -100 m e -150 m riferite al livello del mare della base del Sistema Emiliano-Romagnolo superiore.

Tutte e quattro le aree di studio sono inoltre poste ad ovest di una struttura tettonica attiva, nello specifico un fronte di sovrascorrimento sepolto e a nord-ovest di una struttura tettonica potenzialmente attiva, nello specifico una discontinuità presunta.

Nel caso specifico, in base ai dati cartografati, tutti e quattro i manufatti di attraversamento risultano essere posti in corrispondenza di sabbia limosa di piana alluvionale e vedono la presenza di diversi elementi strutturali (figura 2.1-5).

Di seguito l'inquadramento strutturale dei singoli siti.

- L'area di studio di Via del Curato vede la presenza di:

- alcune isobate della base del Pliocene, poste alle profondità comprese tra 5.500 m e 7.500 m, ubicate in corrispondenza ed in direzione nord, nord-est, nord-ovest, sud ed ovest;
- alcune faglie profonde indeterminate dedotte, ubicate in direzione nord;
- alcune faglie profonde dirette dedotte, ubicate in direzione nord-est ed est;
- alcuni sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dedotti, ubicati in direzione est, nord-est e nord-ovest.

- L'area di studio di Via Rigone vede la presenza di:

- alcune isobate della base del Pliocene, poste alle profondità comprese tra 5.500 m e 7.500 m, ubicate in direzione nord, nord-est, nord-ovest, est, sud ed ovest;
- alcune faglie profonde indeterminate dedotte, ubicate in direzione nord;
- alcune faglie profonde dirette dedotte, ubicate in direzione nord-est ed est;
- alcuni sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dedotti, ubicati in direzione est e nord-ovest.

- L'area di studio di Via Giovannina, posta in corrispondenza di una traccia di alveo fluviale abbandonato certa, vede la presenza di:

- alcune isobate della base del Pliocene, poste alle profondità comprese tra 5.500 m e 7.500 m, ubicate in direzione sud-est, sud, sud-ovest ed ovest;
- alcune isobate della base del Pliocene, poste alle profondità comprese tra 1.000 m e 500 m, ubicate in direzione nord-est;
- alcune faglie profonde indeterminate dedotte, ubicate in direzione nord e nord-ovest;
- alcune faglie profonde dirette dedotte, ubicate in direzione nord-est ed est;
- alcuni sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dedotti, ubicati in direzione est ed ovest/nord-ovest.

- L'area di studio del sottopasso C.E.R – via delle Pecore vede la presenza di:

- alcune isobate della base del Pliocene, poste alle profondità comprese tra 1.000 m e 2.000 m, ubicate in direzione nord, nord-est, nord-ovest ed ovest;
- alcune isobate della base del Pliocene, poste alle profondità comprese tra 5.500 m e 7.000 m, ubicate in direzione sud e sud-ovest;
- alcune isobate della base del Pliocene, poste alle profondità comprese tra 1.000 m e 500 m, ubicate in direzione est;
- alcune faglie profonde indeterminate dedotte, ubicate in direzione nord-est, est, sud, sud-ovest, ovest e nord-ovest;
- alcune faglie profonde dirette dedotte, ubicate in direzione nord, sud e sud-est;
- alcuni sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dedotti, ubicati in direzione nord-est, est ed ovest.

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. Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe
- Figura 2.1-5. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna

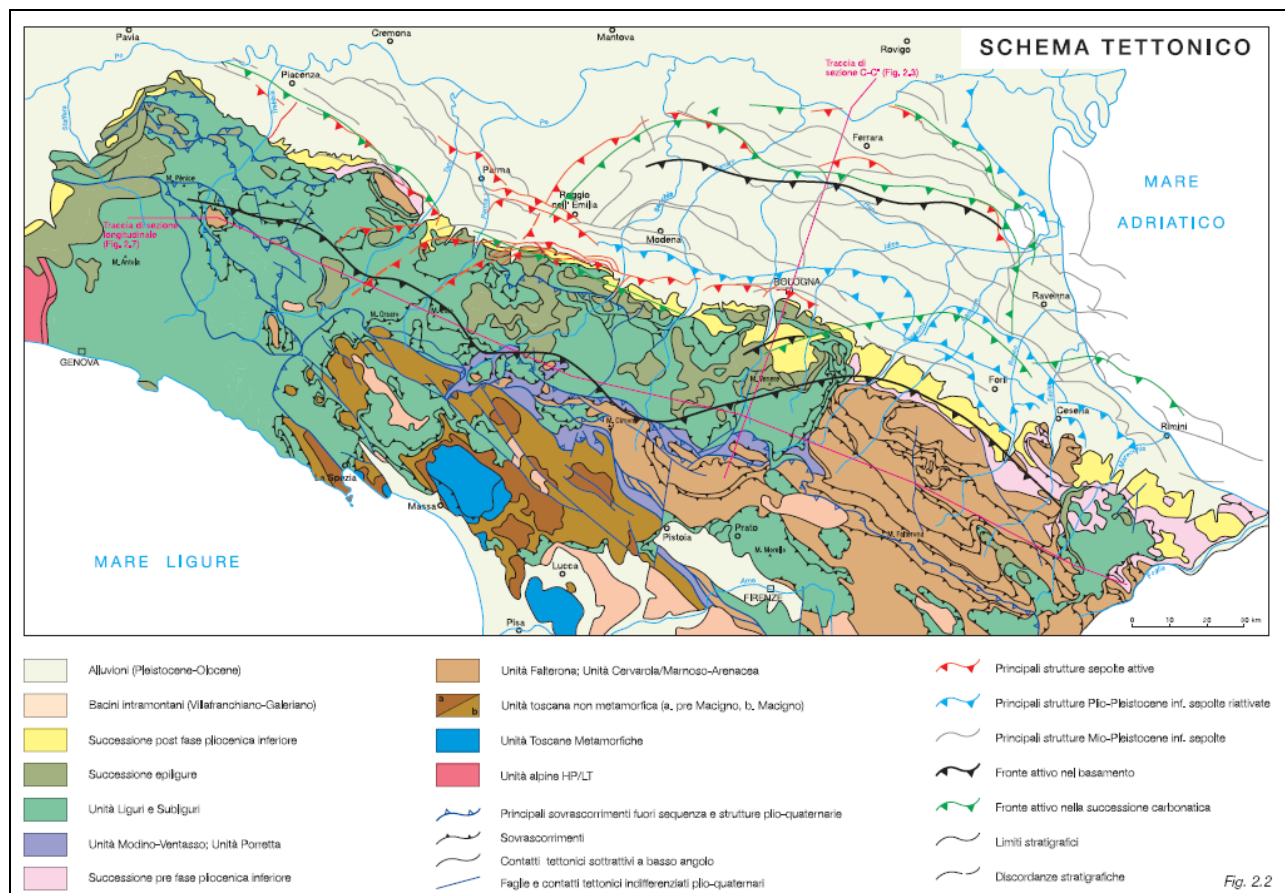


Figura 2.1-1
Schema tettonico dell'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2004)

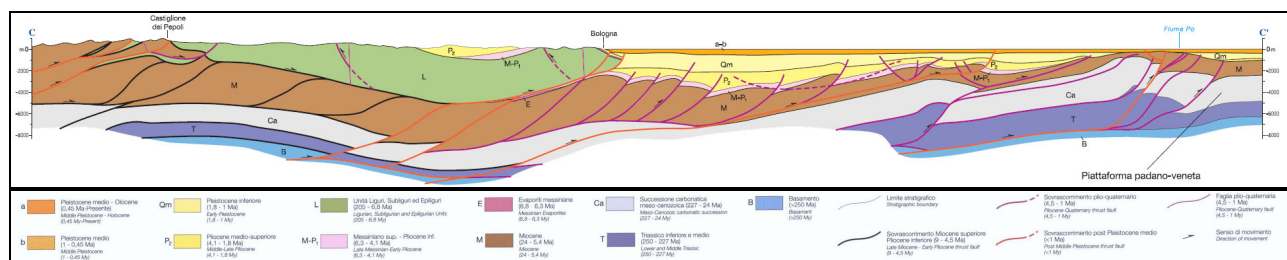


Figura 2.1-2
Sezione geologica profonda dal crinale appenninico al Po (traccia in figura 2.1-1)

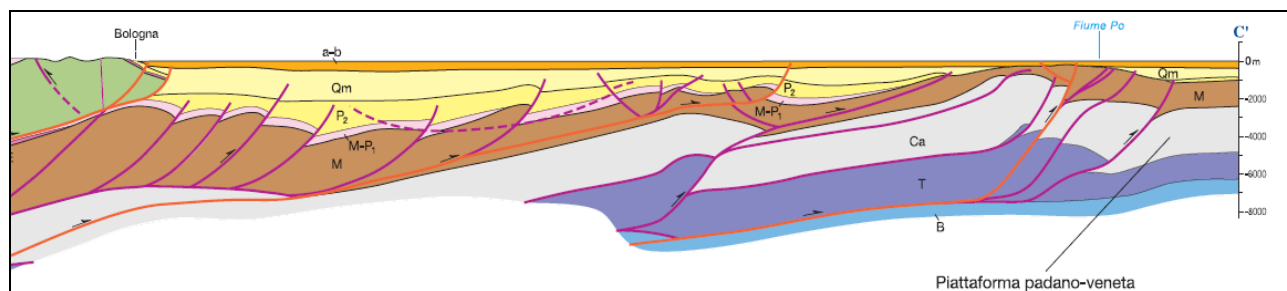


Figura 2.1-3
Dettaglio della sezione di figura 2.1-2

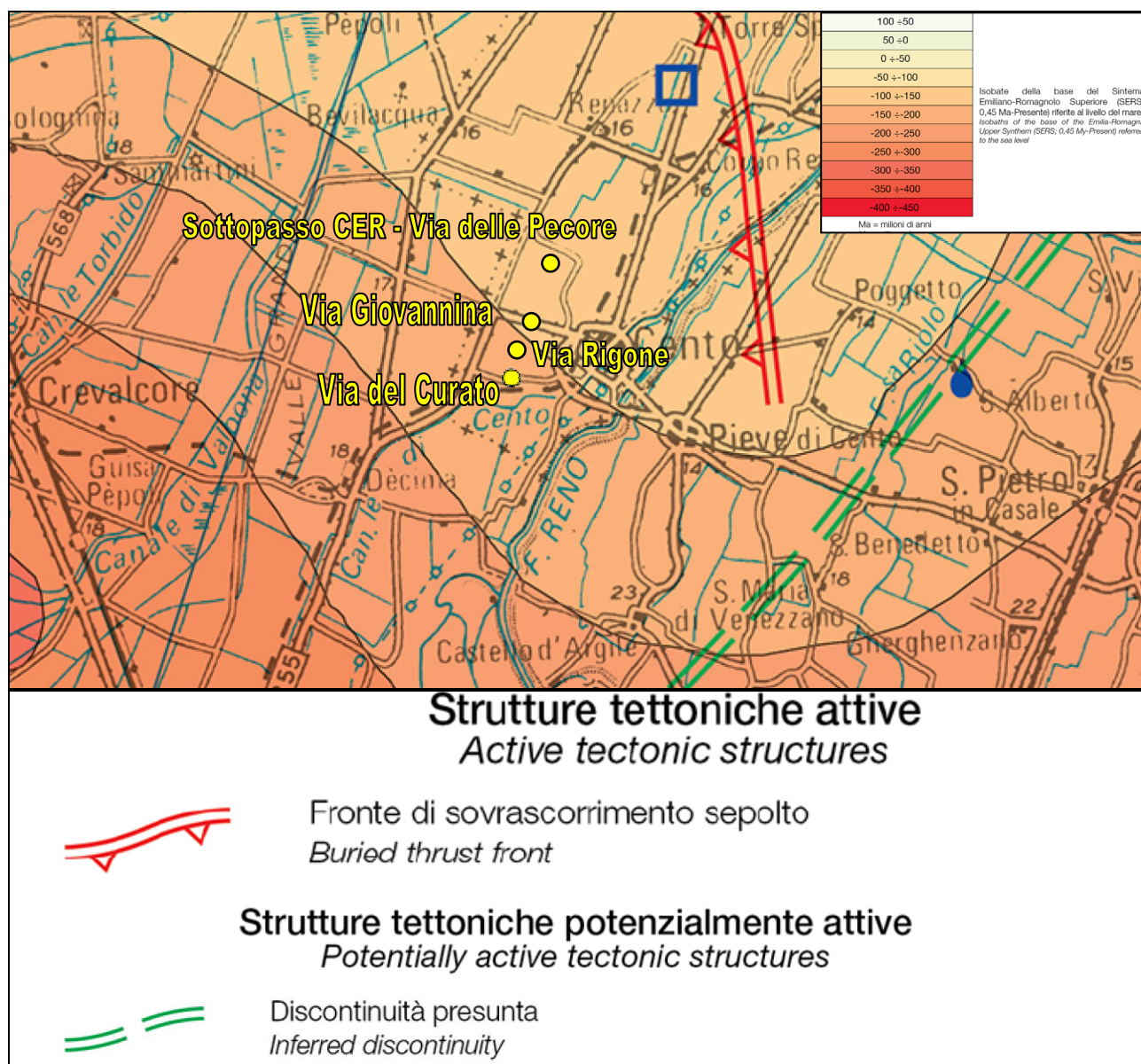


Figura 2.1-4

Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe

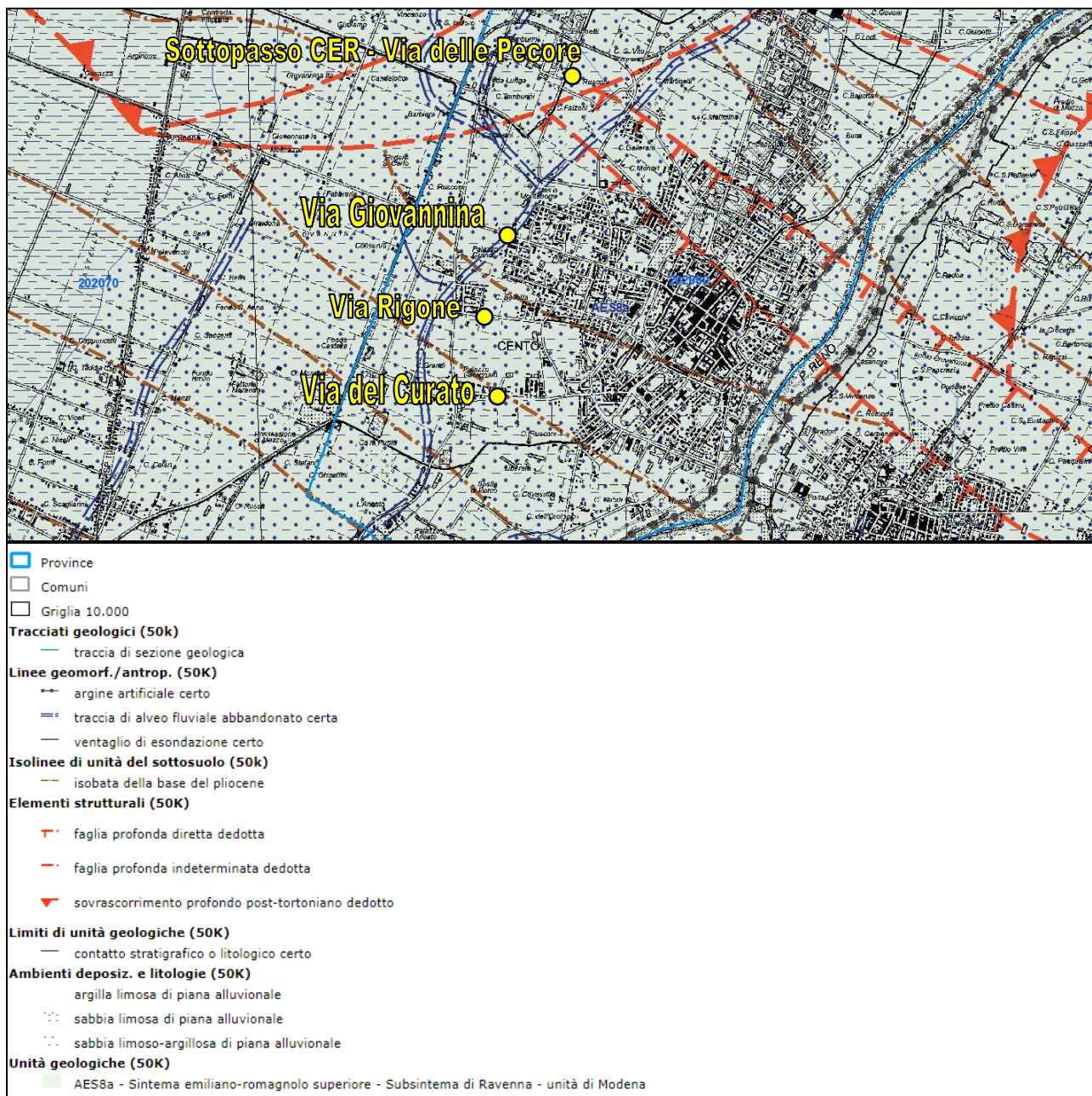


Figura 2.1-5

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 tutte e quattro le aree di studio siano ubicate in corrispondenza di zone caratterizzate da depositi di argine, canale e rotta fluviale.

In base a quanto riportato nelle note relative alla cartografia geologica interattiva del sito della Regione Emilia-Romagna, dal punto di vista geologico tutte e quattro le aree in esame sono poste in corrispondenza del Sintema emiliano – romagnolo superiore – Subsintema di Ravenna – unità di Modena (AES8a). Questa unità è costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro.

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

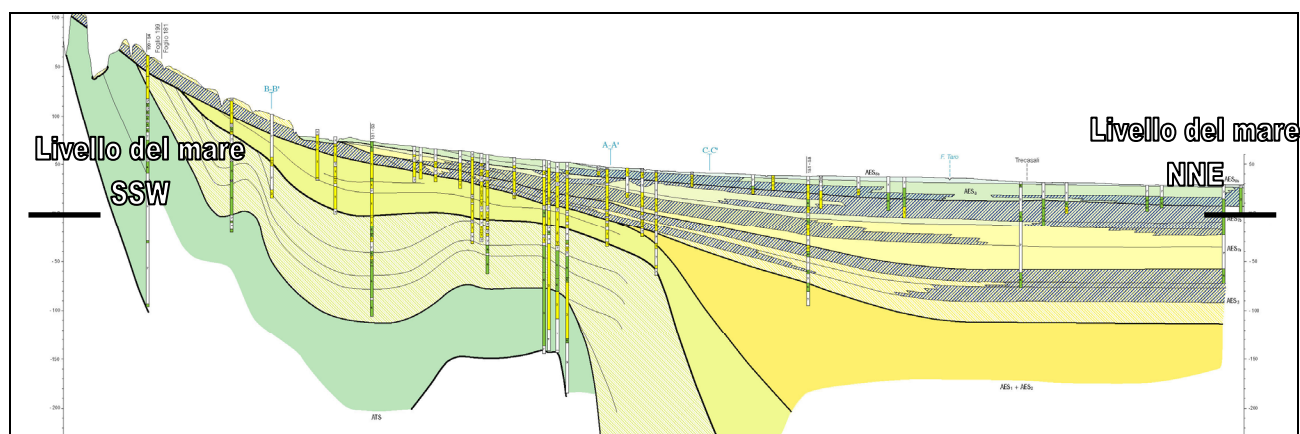


Figura 2.2-1

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

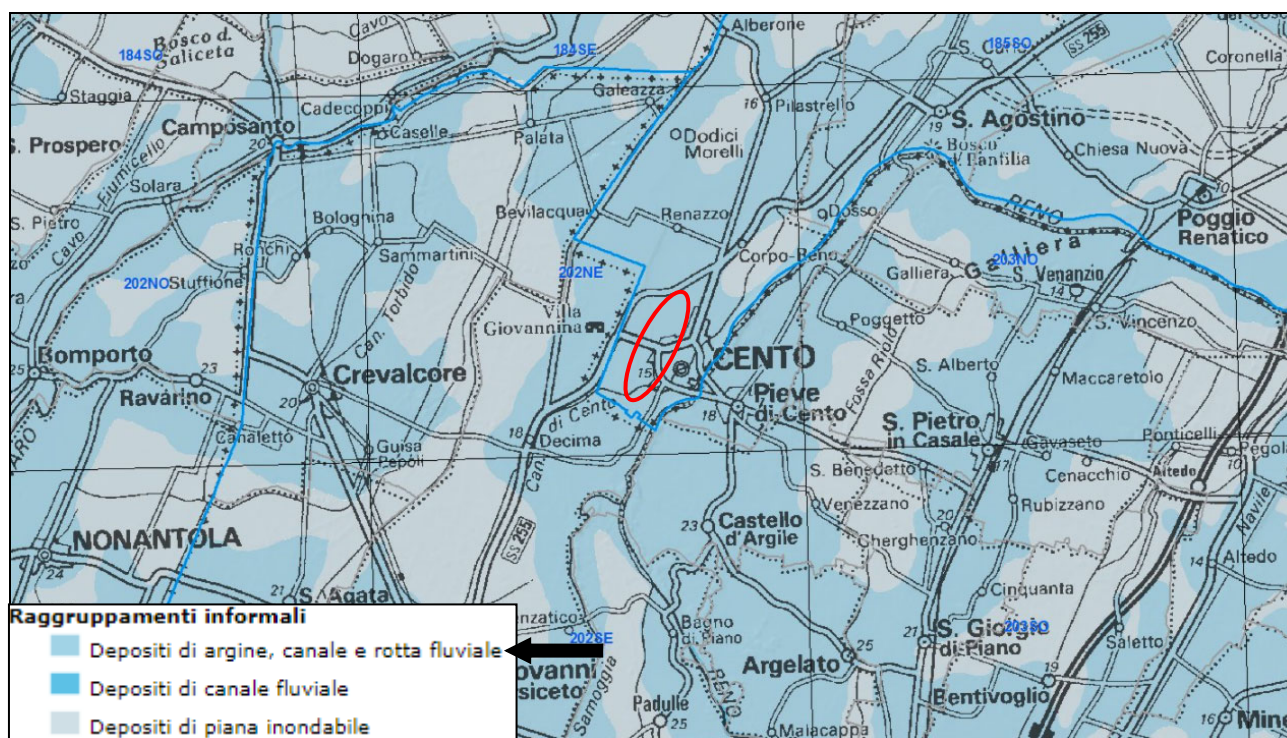


Figura 2.2-2

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 danno origine alle manifestazioni sismiche che interessano la Regione.

Le quattro aree di studio appartenenti al Comune di Cento, in base all'ultima 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, ricadono all'interno della zona sismogenetica 912 (Figura 2.3-1).

La zona sismogenetica 912 viene caratterizzata dallo studio, come zona a regime tettonico debolmente compressivo con strutture compressive tipo thrust e con meccanismi di fagliazione prevalente inversa e corrisponde al settore di pianura compreso tra il fronte delle pieghe ferraresi e il margine appenninico padano. In tale zona i terremoti storici hanno raggiunto valori di Magnitudo pari a $M = 5.9$ e le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 5 e 8 Km, con profondità efficace di 7 Km. Nella zona sismogenetica 912 è prevista, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo $M_{max} = 6.14$.

A partire dal 2000 l'INGV mediante il *Progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources)* ha realizzato un database che contiene dati relativi alle "sorgenti sismogenetiche individuali" ritenute responsabili di eventi sismici di magnitudo ≥ 5.5 . Si tratta di faglie ritenute capaci di dislocarsi

significativamente durante i grandi eventi sismici; esse vengono analizzate nel loro andamento tridimensionale e ne viene definito il comportamento caratteristico (entità della fratturazione) e la magnitudo attesa del sisma associato a tale fratturazione. Il database integra il quadro conoscitivo fornito dalla *Zonazione sismogenetica ZS9*.

Le aree di studio ricadono all'interno di una sorgente sismogenica composta definita ITCS051 – Carpi – Poggio Renatico e di una sorgente di subduzione definita ITSD002 – Arco dell'Appennino Settentrionale (Figura 2.3-2), le cui caratteristiche vengono riportate nelle Figure 2.3-3 e 2.3-4.

La storia sismica del territorio si evince anche dalle immagini di seguito riportate, in particolare in figura 2.3-6, e dalla lettura dei dati scaricati da INGV Centro Nazionale Terremoti e relativi agli eventi sismici registrati, a partire dal gennaio 2005, in un raggio di 50 Km rispetto alle aree in studio situate nel Comune di Cento.

Supporti grafici:

- Figura 2.3-1. Zonazione sismogenetica ZS9
- Figura 2.3-2. Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione - DISS 3.3.0
- Figura 2.3-3. Sorgente sismogenica composta ITCS051 – Carpi – Poggio Renatico
- Figura 2.3-4. Sorgente di subduzione ITSD002 – Arco dell'Appennino Settentrionale
- Figura 2.3-5. Eventi registrati a partire dal 2005, in un raggio di 50 km rispetto al sito
- Figura 2.3-6. Grafico eventi della storia sismica di Cento al 01.2012



Figura 2.3–1
Zonazione sismogenetica ZS9

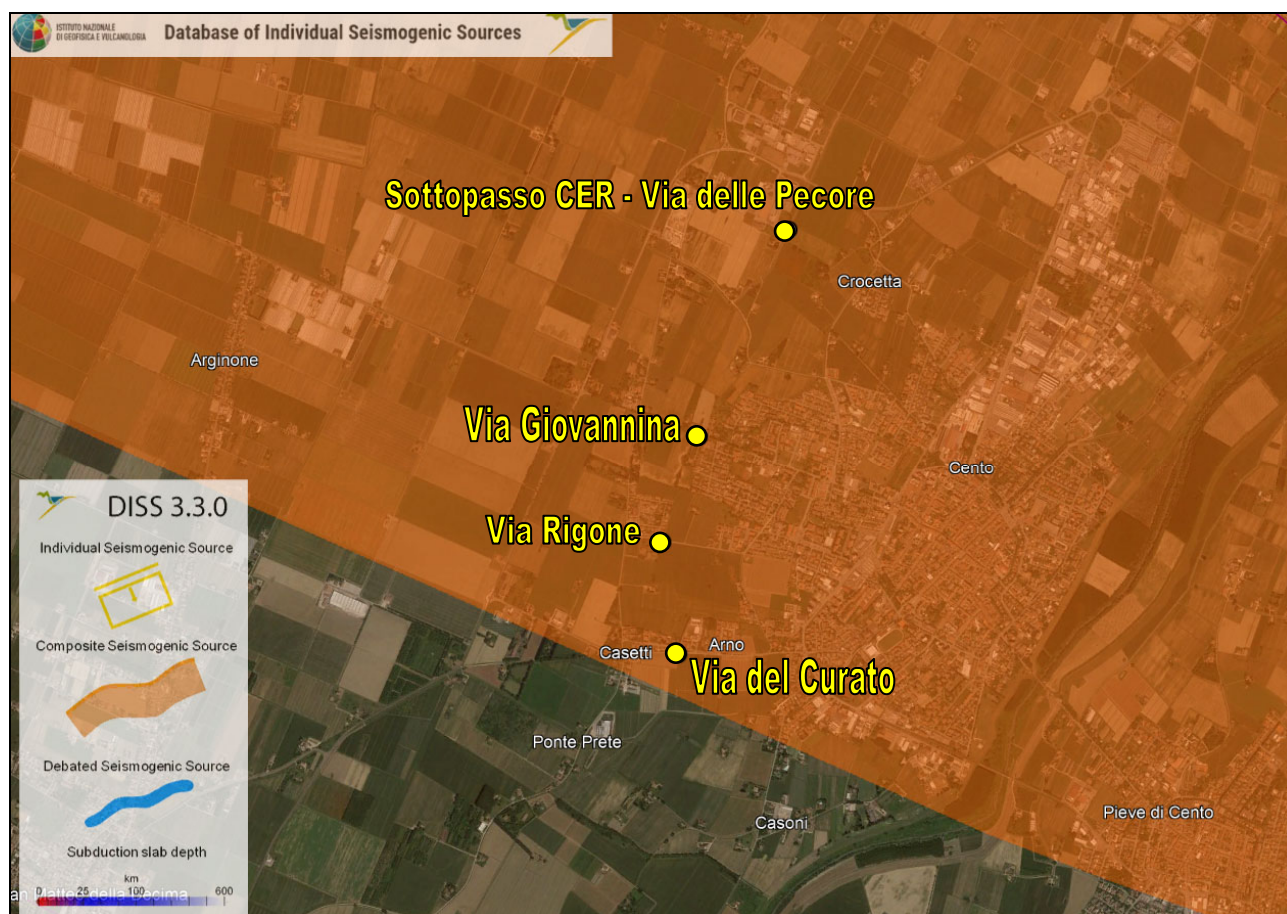


Figura 2.3–2
Individuazione delle strutture compressive e di fagliazione su DISS 3.3.0

INFORMAZIONE GENERALE			
DISS-ID	ITCS051		
Nome	Carpi-Poggio Renatico		
Compilatore/i	Burrato P.(1)		
Contributori)	Burrato P.(1), D'Ambrogio C.(2), Maesano FE(1), Toscani G.(3)		
Affiliazione/i	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italia 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italia 3) Università di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italia		
Creato	16/10/2013		
Aggiornato	01/04/2015		
Visualizza mappa			
Fonti correlate	ITIS107		
INFORMAZIONI PARAMETRICHE			
Parametro	Qualità	Evidenza	
Profondità minima [km]	2.0	OD	Basato su dati geologici e geofisici del sottosuolo di vari autori.
Profondità massima [km]	10.0	OD	Basato su dati geologici e geofisici del sottosuolo di vari autori.
Colpo [gradi] min... max	50...120	OD	Basato su dati geologici e geofisici del sottosuolo di vari autori.
Dip [gradi] min... max	25...45	OD	Basato su dati geologici e geofisici del sottosuolo di vari autori.
Rastrello [gradi] min... max	80...100	OD	Dedotto da dati di stress geologici e attivi.
Velocità di scorrimento [mm/a] min... max	0,5000... 1,0400	LD	Sulla base dei dati geologici di Maesano et al. (2015).
Magnitudine massima [Mw]	6.9	E.R	Stimato dalle relazioni di scala di Leonard (2014).
LD=Dati Della Letteratura; OD=Dati Originali; ER=Relazione Empirica; AR=Relazione Analitica; EJ=Giudizio Di Esperti			

Figura 2.3–3

Sorgente sismogenica composta ITCS051 – Carpi – Poggio Renatico

INFORMAZIONE GENERALE			
DISS-ID	ITSD002		
Nome	Arco dell'Appennino Settentrionale		
Compilatore/i	Maesano FE(1)		
Contributori)	GL DISS(1)		
Affiliazione/i	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italia		
Creato	11/11/2019		
Aggiornato	02/12/2021		
Visualizza mappa			
INFORMAZIONI PARAMETRICHE			
Parametro		Qualità	Prova
Profondità sismogenica min [km]	12.0	LD	Basato su vari profili geologici pubblicati
Profondità sismogenica massima [km]	20.0	LD	Sulla base dei profili reologici di Carafa et al. (2015).
Direzione di immersione	SW	LD	Basato su dati geofisici e geologici di vari autori
Azimut di convergenza [gradi in senso orario da nord]	30...70	LD	Basato su dati geodetici di vari autori.
Tasso di convergenza [mm/a]	0,5...1,5	LD	Basato su dati geodetici di vari autori.
Magnitudine massima [Mw]	8.1	E.R	Stimato dalla relazione di scala di Allen & Hayes (2017) applicata all'area della più grande area di rottura che si inserisce all'interno dell'interfaccia sismica.
LD=Dati Della Letteratura; OD=Dati Originali; ER=Relazione Empirica; AR=Relazione Analitica; EJ=Giudizio Di Esperti			

Figura 2.3–4

Fonte di subduzione ITSD002 – Arco dell'Appennino Settentrionale

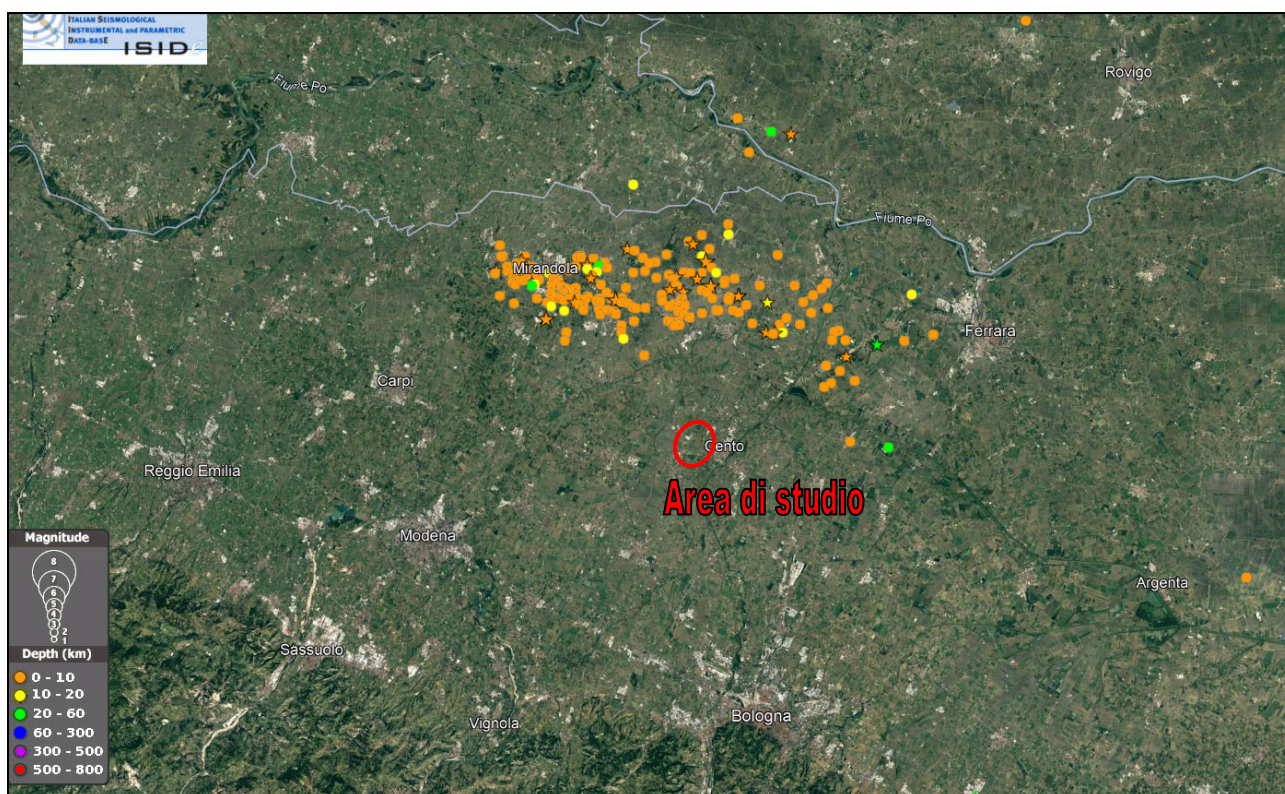


Figura 2.3-5
Eventi registrati in un raggio di 50 km rispetto al sito a partire dal 2005 - (Fonte INGV)

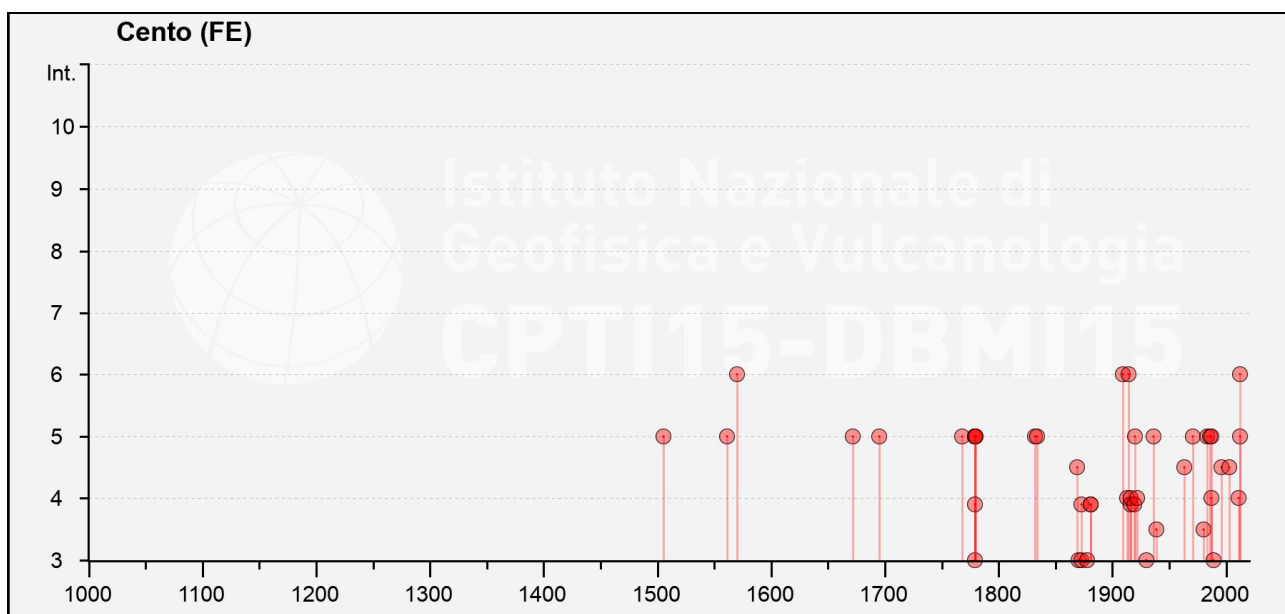


Figura 2.3-6
Grafico eventi della storia sismica di Cento
(da http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

2.4. Forme del terreno e caratteri geomorfologici

Le aree oggetto di studio sono localizzate nella bassa Pianura Padana e, quindi, la lettura dei caratteri geomorfologici può essere effettuata utilizzando i supporti cartacei a disposizione, integrati dalla conoscenza delle zone derivante dall'analisi delle indagini effettuate in corrispondenza e nei pressi delle aree di studio.

Le caratteristiche geomorfologiche si possono leggere in parte e a piccola scala anche sulla Carta Geomorfologica della Pianura Padana (figura 2.4-1), nella quale oltre alla principale area urbanizzata, si rilevano:

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

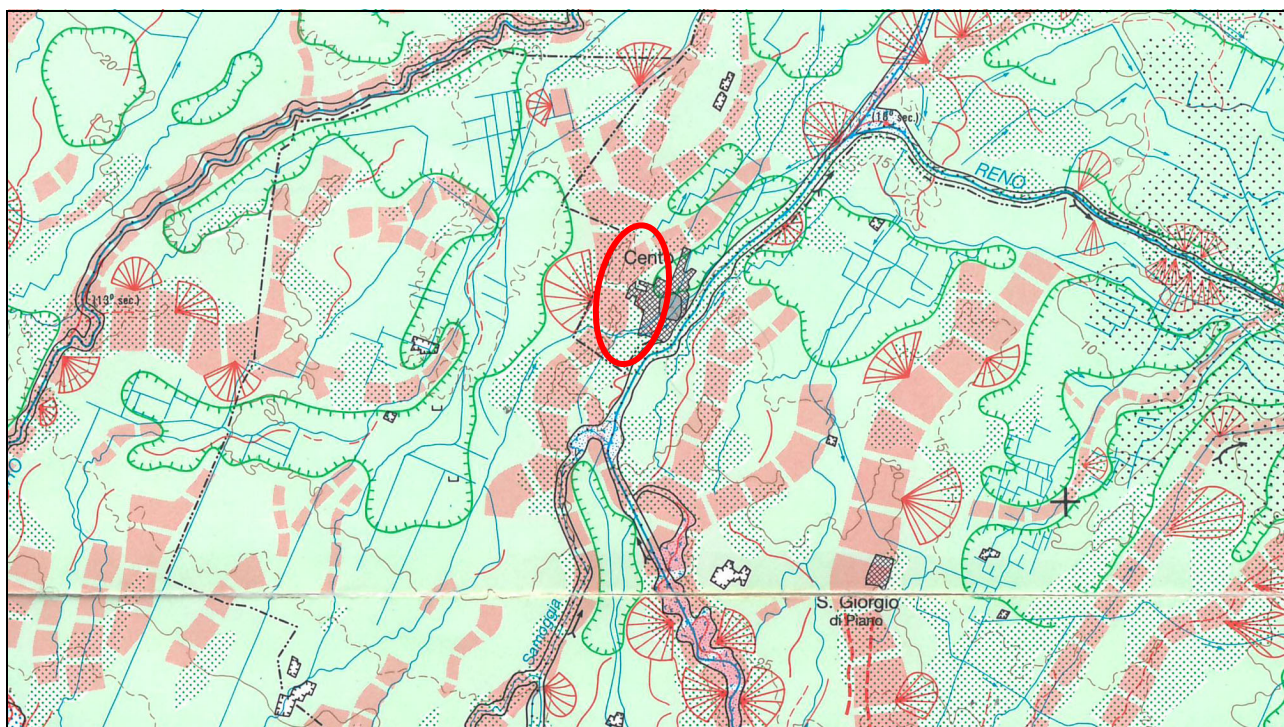


Figura 2.4-1
Stralcio della Carta Geomorfologica della Pianura Padana
Scala 1:250.000

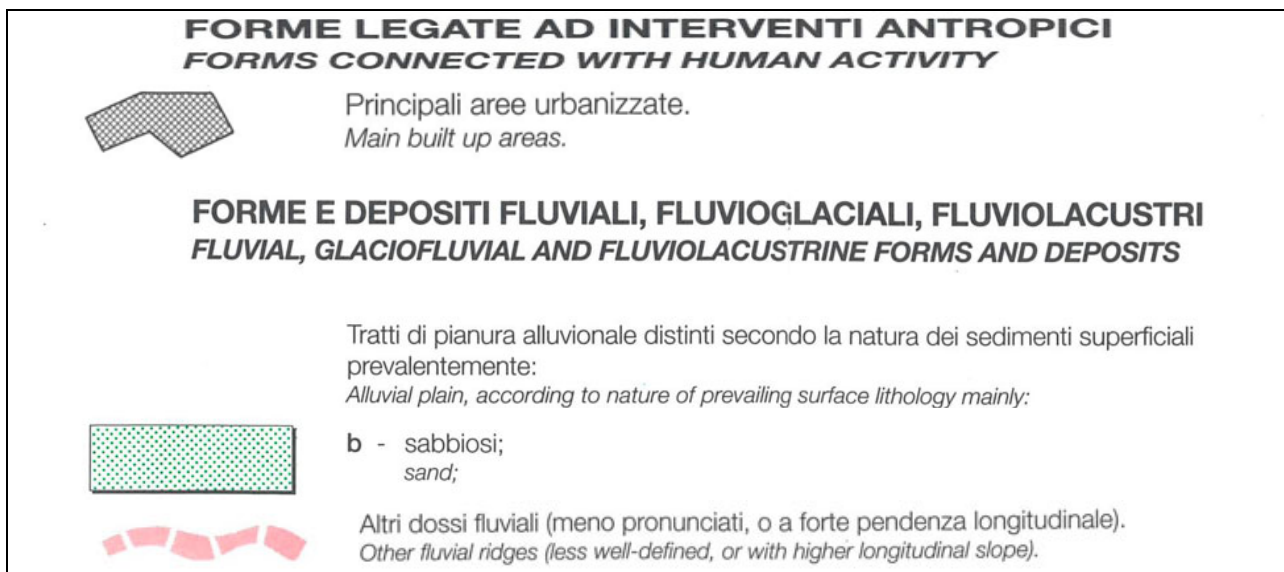


Figura 2.4-2

Legenda della Carta Geomorfologica della Pianura Padana

2.4.1. VIA DEL CURATO

Dall'analisi delle cartografie disponibili risulta che il sito di studio è localizzato all'interno di un'area suborizzontale, con quote del piano campagna circostante il sito, variabili da circa + 18.00 m a + 16.90 m rispetto al l.m.m.

Come si vedrà in seguito, dall'analisi delle indagini geognostiche eseguite, si evidenzia una alternanza di sedimenti originatisi in seguito ad eventi a bassa o nulla energia idrodinamica (depositi alluvionali) prevalenti, caratterizzati da depositi coesivi, con sedimenti originatisi in seguito ad eventi a media energia idrodinamica di deposizione fluviale, caratterizzati da depositi prevalentemente coesivo-granulari e, secondariamente, granulari.

Dallo stralcio della Carta Geomorfologica di dettaglio della Provincia di Ferrara (figura 2.4.1-1) si osserva come, nello specifico, l'area in oggetto risulti localizzata in corrispondenza di un'area priva di particolari elementi geomorfologici.

Infine, dallo stralcio della Carta Geologico-Geomorfologica inserita all'interno della Carta Geografica Unica ANCI Emilia-Romagna (figura 2.4.1-2), risulta che l'area di studio ricade in corrispondenza della facies 'piana alluvionale di fiumi appenninici' con elementi deposizionali di 'argine e ventaglio da rotta' e litologia prevalente di 'limi con sabbie'.

Supporti cartografici

- Figura 2.4.1-1. Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara – scala 1:10.000.
- Figura 2.4.1-2. Carta Geologico-Geomorfologica - Carta Geografica Unica ANCI Emilia-Romagna

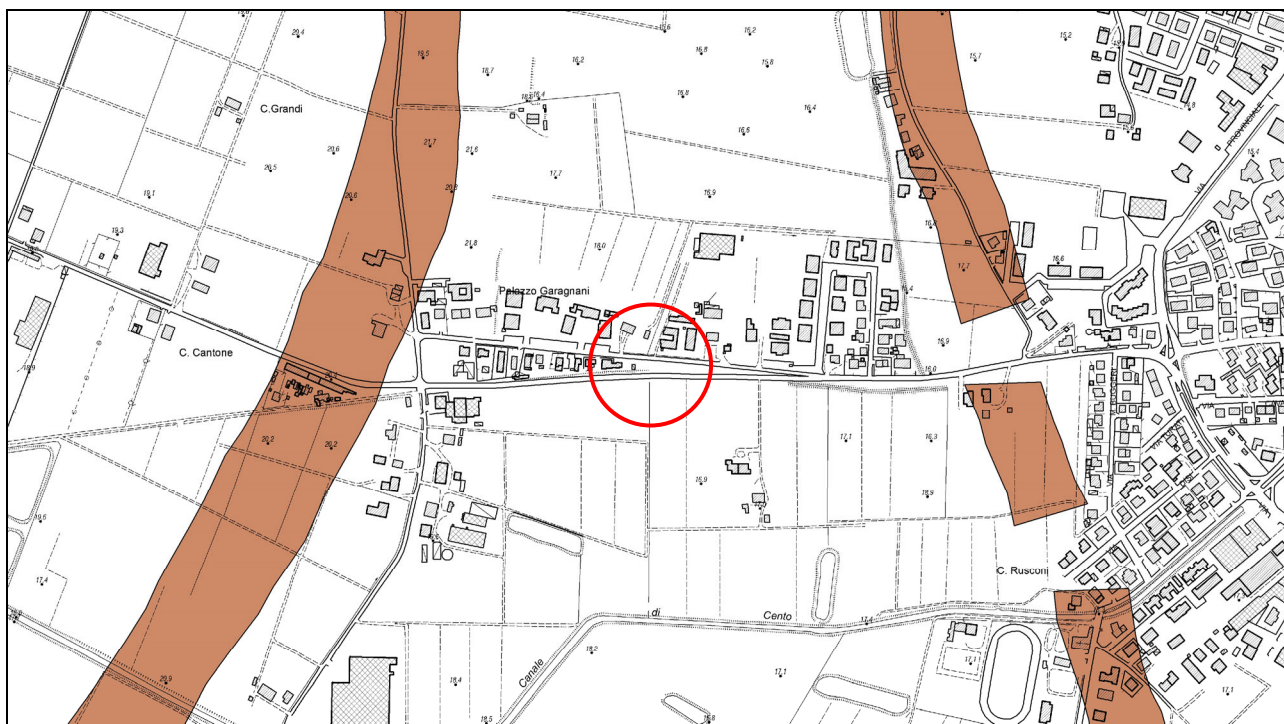


Figura 2.4.1-1
Stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara
Scala 1:10.000

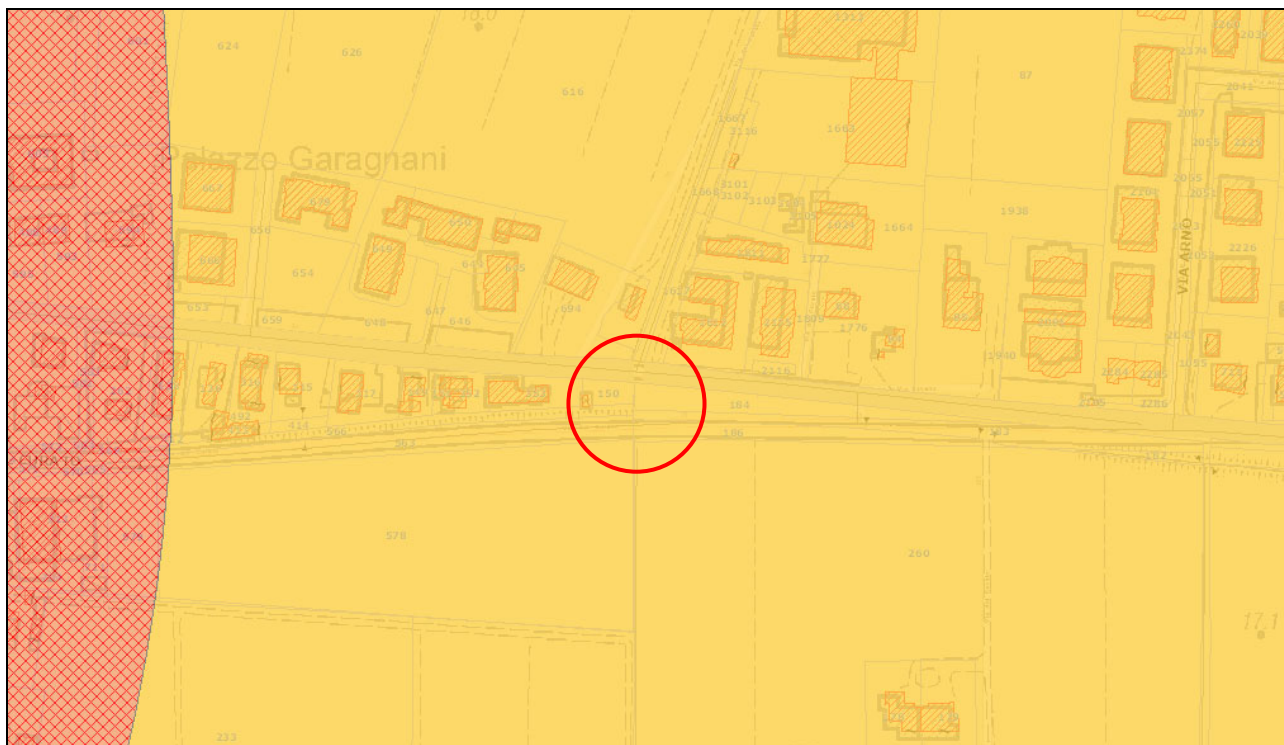


Figura 2.4.1-2
Carta Geologico-Geomorfologica - Carta Geografica Unica (CGU) ANCI Emilia-Romagna
(<http://www.cgu-ferrara.it/it/home-page>)

2.4.2. VIA RIGONE

Dall'analisi delle cartografie disponibili risulta che il sito di studio è localizzato all'interno di un'area suborizzontale, con quote del piano campagna circostante il sito, variabili da circa + 16.50 m a + 15.30 m rispetto al l.m.m.

Come si vedrà in seguito, dall'analisi delle indagini geognostiche eseguite, si evidenzia la presenza quasi totale di sedimenti originatisi in seguito ad eventi a bassa o nulla energia idrodinamica (depositi alluvionali), caratterizzati da depositi coesivi.

Dallo stralcio della Carta Geomorfologica di dettaglio della Provincia di Ferrara (figura 2.4.2-1) si osserva come, nello specifico, l'area in oggetto risulti localizzata in corrispondenza di un'area priva di particolari elementi geomorfologici, nell'immediato est di un paleoalveo.

Infine, dallo stralcio della Carta Geologico-Geomorfologica inserita all'interno della Carta Geografica Unica ANCI Emilia-Romagna (figura 2.4.2-2), risulta che l'area di studio ricade in corrispondenza della facies 'piana alluvionale di fiumi appenninici' con elementi deposizionali di 'argine e ventaglio da rotta' e litologia prevalente di 'limi con sabbie'.

Supporti cartografici

- Figura 2.4.2-1. Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara – scala 1:10.000.
- Figura 2.4.2-2. Carta Geologico-Geomorfologica - Carta Geografica Unica ANCI Emilia-Romagna

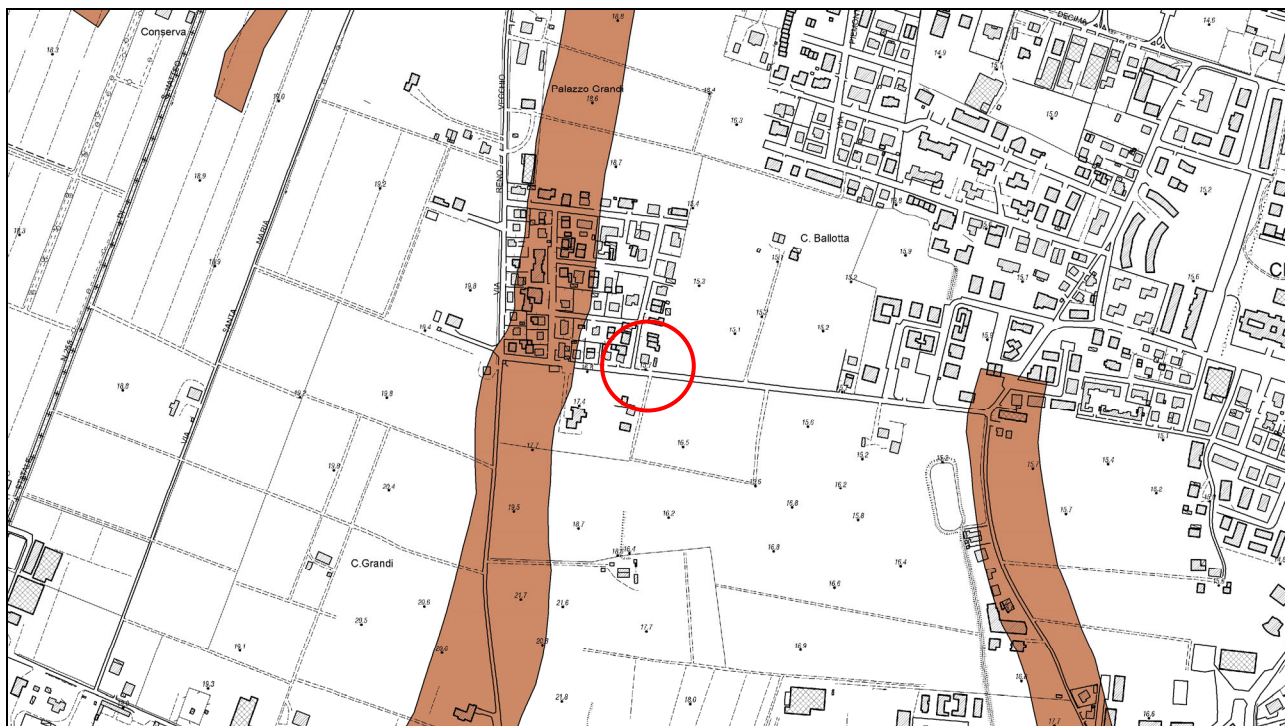


Figura 2.4.2-1
Stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara
Scala 1:10.000

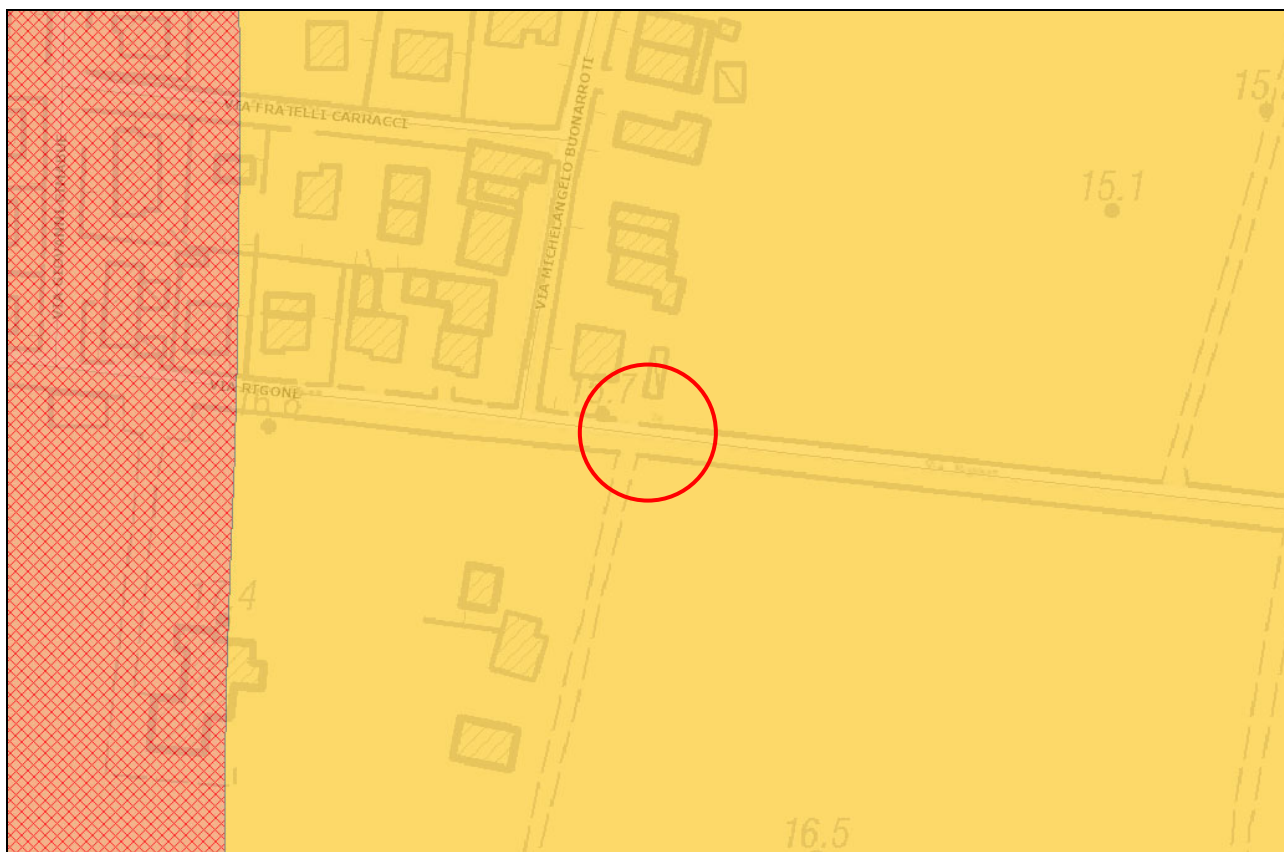


Figura 2.4.2-2

Carta Geologico-Geomorfologica - Carta Geografica Unica (CGU) ANCI Emilia-Romagna

(<http://www.cgu-ferrara.it/it/home-page>)

2.4.3. VIA GIOVANNINA

Dall'analisi delle cartografie disponibili risulta che il sito di studio è localizzato all'interno di un'area suborizzontale, con quote del piano campagna circostante il sito, variabili da circa + 17.50 m a + 16.60 m rispetto al l.m.m.

Come si vedrà in seguito, dall'analisi delle indagini geognostiche eseguite, si evidenzia:

- in corrispondenza della CPTU7 la presenza totale di sedimenti originatisi in seguito ad eventi a bassa o nulla energia idrodinamica (depositi alluvionali), caratterizzati da depositi coesivi;
- in corrispondenza della CPTU8 una prevalenza di sedimenti originatisi in seguito ad eventi a bassa o nulla energia idrodinamica (depositi alluvionali), caratterizzati da depositi coesivi, localmente interrotti, da circa 3.00 m a circa 9.40 m, da sedimenti originatisi in seguito ad eventi a media energia idrodinamica di deposizione fluviale, caratterizzati da depositi prevalentemente granulari.

Dallo stralcio della Carta Geomorfologica di dettaglio della Provincia di Ferrara (figura 2.4.3-1) si osserva come, nello specifico, l'area in oggetto risulti localizzata in corrispondenza di un'area priva di particolari elementi geomorfologici.

Infine, dallo stralcio della Carta Geologico-Geomorfologica inserita all'interno della Carta Geografica Unica ANCI Emilia-Romagna (figura 2.4.3-2), risulta che l'area di studio ricade in corrispondenza di diverse facies, nello specifico:

- facies di 'piana alluvionale di fiumi appenninici' con elementi deposizionali di 'riempimento di canale fluviale' e litologia prevalente corrispondente a 'limi sabbiosi';

- facies di 'piana alluvionale di fiumi appenninici' con elementi deposizionali di 'area interalvea' e litologia prevalente corrispondente a 'argille e limi';
- un piccolo tratto con facies di 'piana alluvionale di fiumi appenninici' con elementi deposizionali di 'argine e ventaglio di rotta' e litologia prevalente corrispondente a 'limi con sabbie'.

Supporti cartografici

- Figura 2.4.3-1. Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara – scala 1:10.000
- Figura 2.4.3-2. Carta Geologico-Geomorfologica - Carta Geografica Unica ANCI Emilia-Romagna

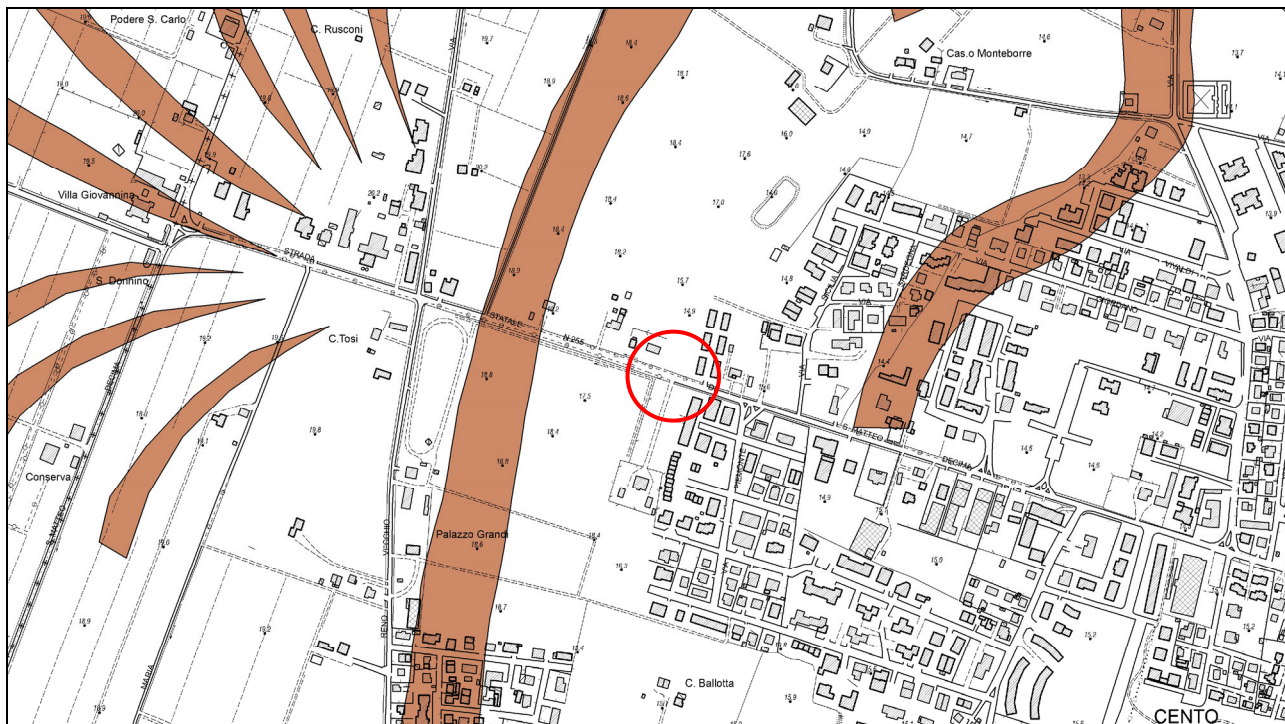


Figura 2.4.3-1
Stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara
Scala 1:10.000

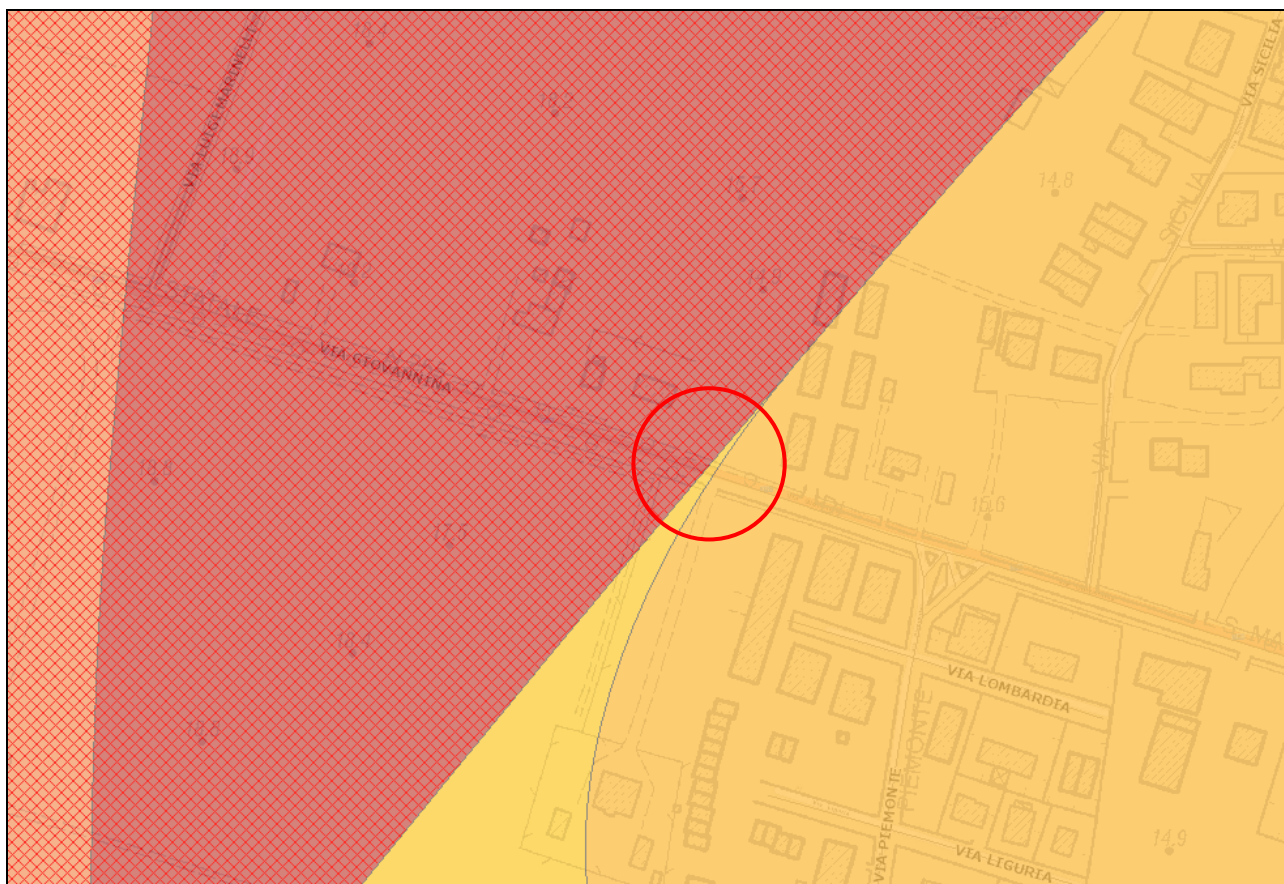


Figura 2.4.3-2

Carta Geologico-Geomorfologica - Carta Geografica Unica (CGU) ANCI Emilia-Romagna

(<http://www.cgu-ferrara.it/it/home-page>)

2.4.4. SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE

Dall'analisi delle cartografie disponibili risulta che il sito di studio è localizzato all'interno di un'area suborizzontale, con quote del piano campagna circostante il sito, variabili da circa + 14.10 m a + 13.50 m rispetto al l.m.m.

Come si vedrà in seguito, dall'analisi delle indagini geognostiche eseguite, si evidenzia:

- in corrispondenza della CPTU5 la presenza totale di sedimenti originatisi in seguito ad eventi a bassa o nulla energia idrodinamica (depositi alluvionali), caratterizzati da depositi coesivi;
- in corrispondenza della CPTU6 una prevalenza di sedimenti originatisi in seguito ad eventi a bassa o nulla energia idrodinamica (depositi alluvionali), caratterizzati da depositi coesivi, localmente interrotti da sottili spessori di sedimenti originatisi in seguito ad eventi a media energia idrodinamica di deposizione fluviale, caratterizzati da depositi prevalentemente granulari, secondariamente coesivo-granulari.

Dallo stralcio della Carta Geomorfologica di dettaglio della Provincia di Ferrara (figura 2.4.3-1) si osserva come, nello specifico, l'area in oggetto risulti localizzata in corrispondenza di un'area priva di particolari elementi geomorfologici.

Dalla Carta Geologico-Geomorfologica inserita all'interno della Carta Geografica Unica ANCI Emilia-Romagna (figura 2.4.3-2), risulta che l'area di studio ricade in corrispondenza della facies 'piana alluvionale di fiumi appenninici' con elementi deposizionali di 'area intervalvea' e litologia prevalente di 'argille e limi'.

Supporti cartografici

- Figura 2.4.4-1. Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara – scala 1:10.000
- Figura 2.4.4-2. Carta Geologico-Geomorfologica - Carta Geografica Unica ANCI Emilia-Romagna

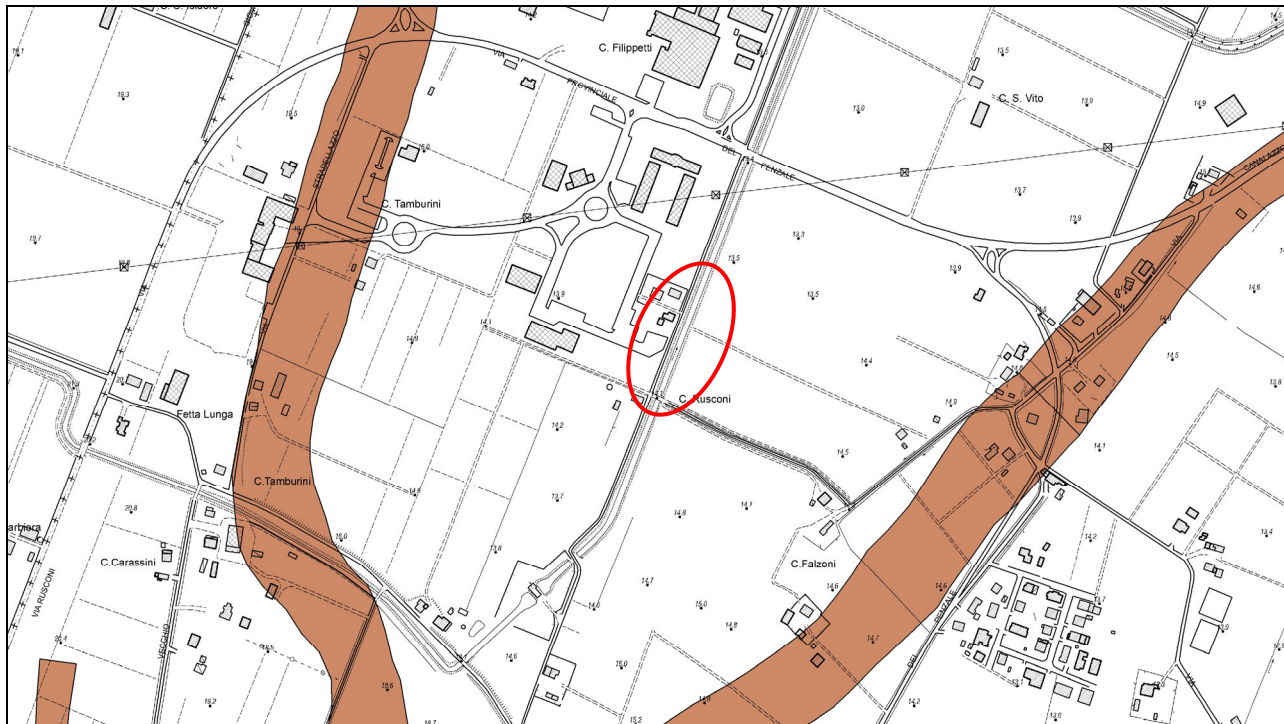


Figura 2.4.3-1
Stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara
Scala 1:10.000

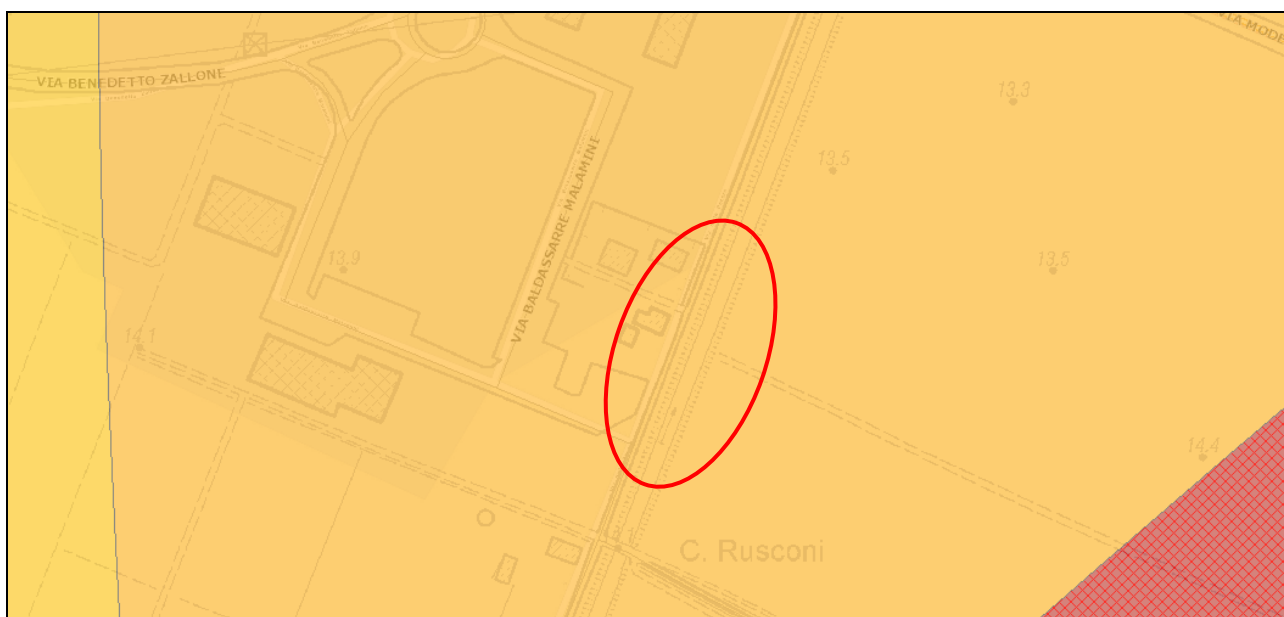


Figura 2.4.4-2
Carta Geologico-Geomorfologica - Carta Geografica Unica (CGU) ANCI Emilia-Romagna
(<http://www.cgu-ferrara.it/it/home-page>)

2.5. Subsidenza

2.5.1. VIA DEL CURATO

In base agli studi messi a disposizione da Arpa, si evidenzia come l'area di studio ricada in corrispondenza di una zona con velocità di movimento verticale del suolo variabile da mm -7.5 a mm -5.0 all'anno, considerando le isocinetiche relative al periodo di tempo 2011/2016, come si evince dalla cartografia in figura 2.5.1-1.

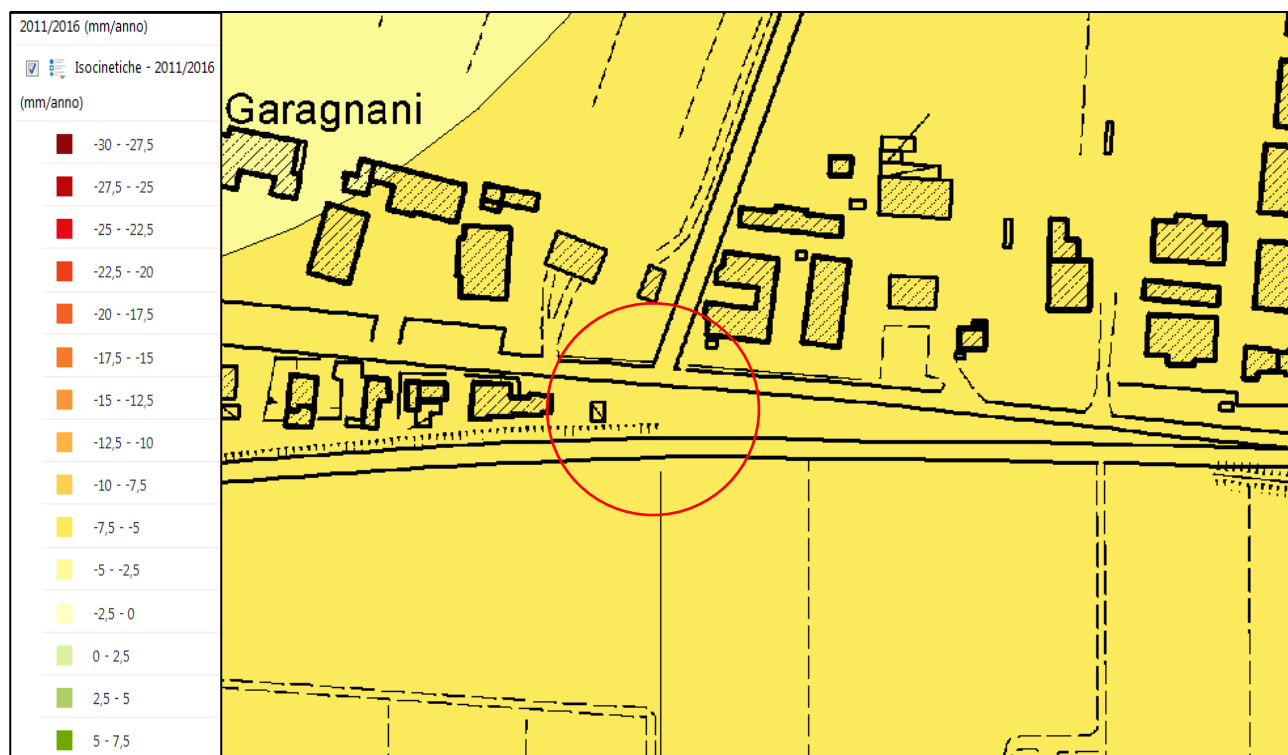


Figura 2.5.1-1

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

2.5.2. VIA RIGONE

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 -5.0 a mm -2.5 all'anno, considerando le isocinetiche relative al periodo di tempo 2011/2016, come si evince dalla cartografia in figura 2.5.2-1.

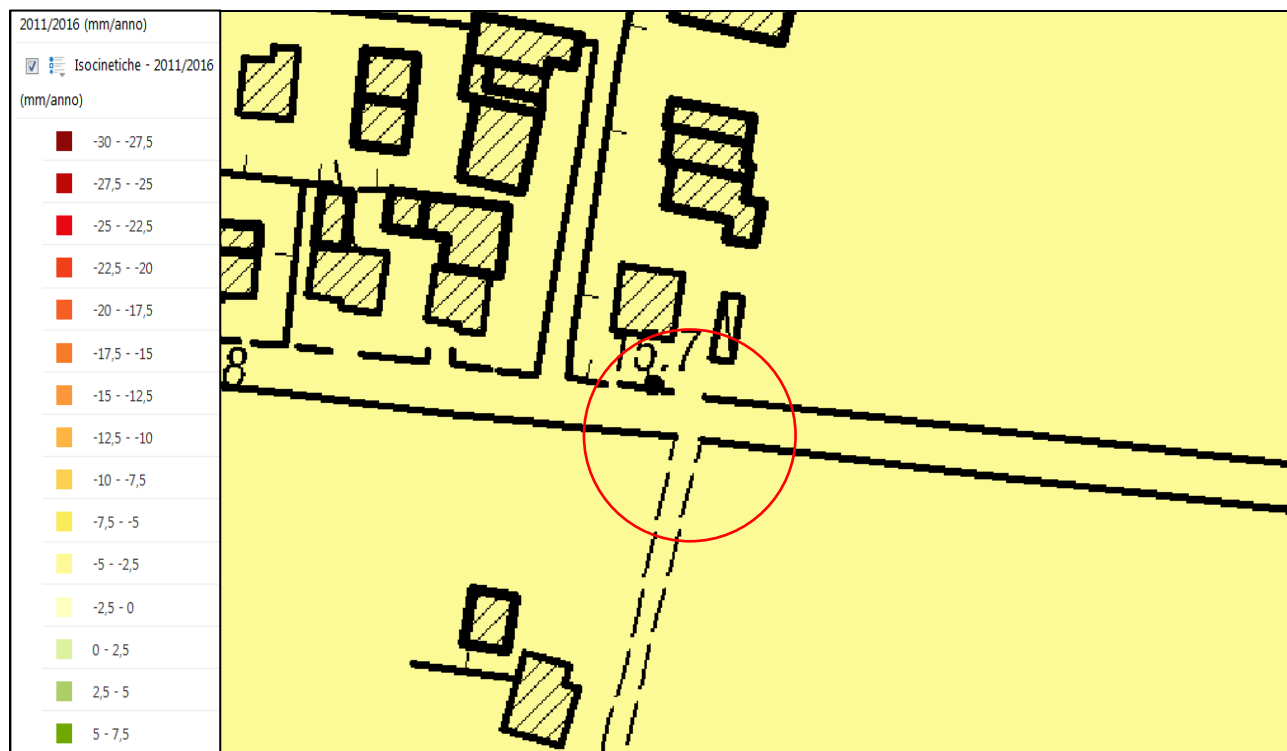


Figura 2.5.2-1

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

2.5.3. VIA GIOVANNINA

In base agli studi messi a disposizione da Arpa, si evidenzia come l'area di studio ricada in corrispondenza di una zona con velocità di movimento verticale del suolo variabile da mm -5 a mm -2.5 all'anno, considerando le isocinetiche relative al periodo di tempo 2011/2016, come si evince dalla cartografia in figura 2.5.3-1.

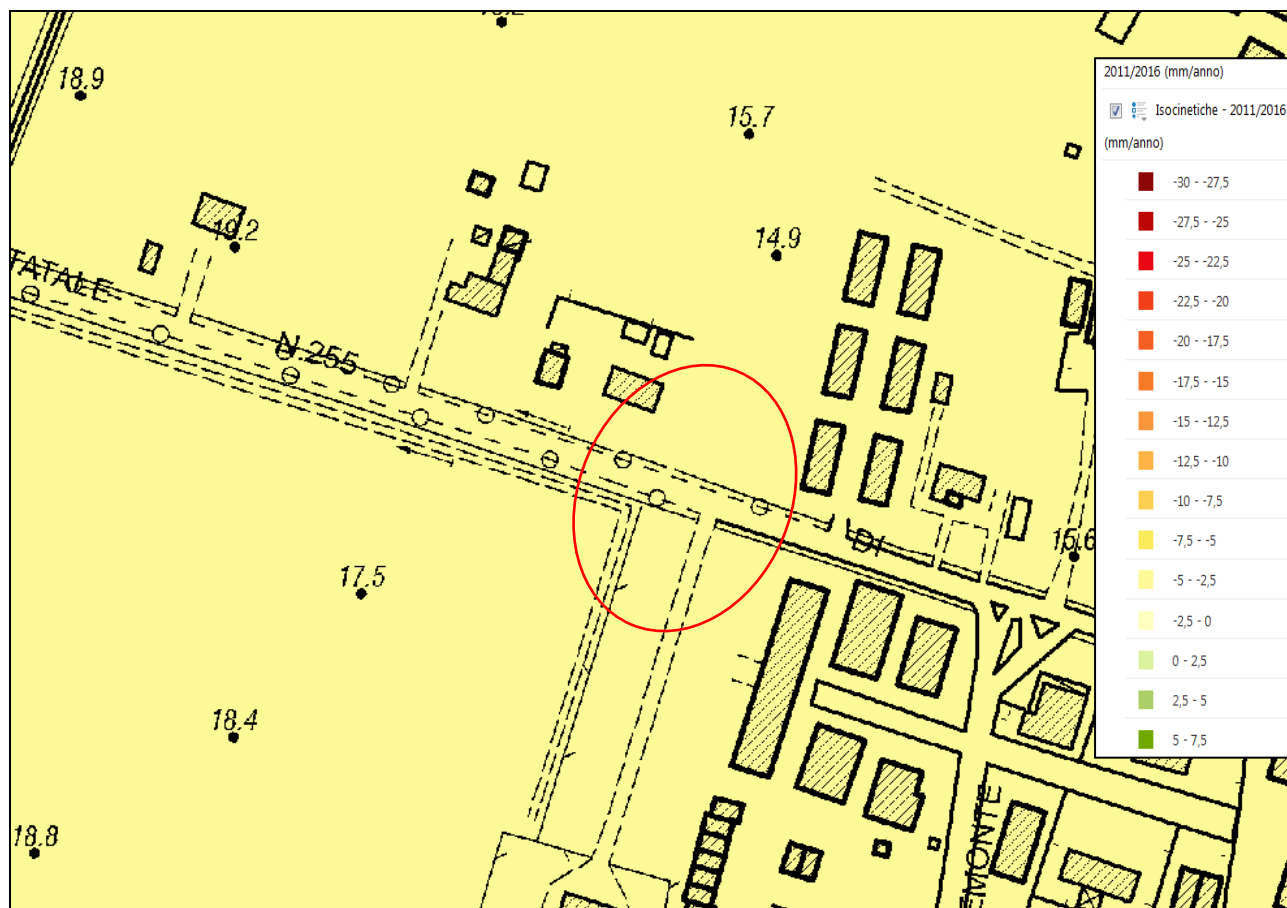


Figura 2.5.3-1

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

2.5.4. SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE

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 2.5.4-1.

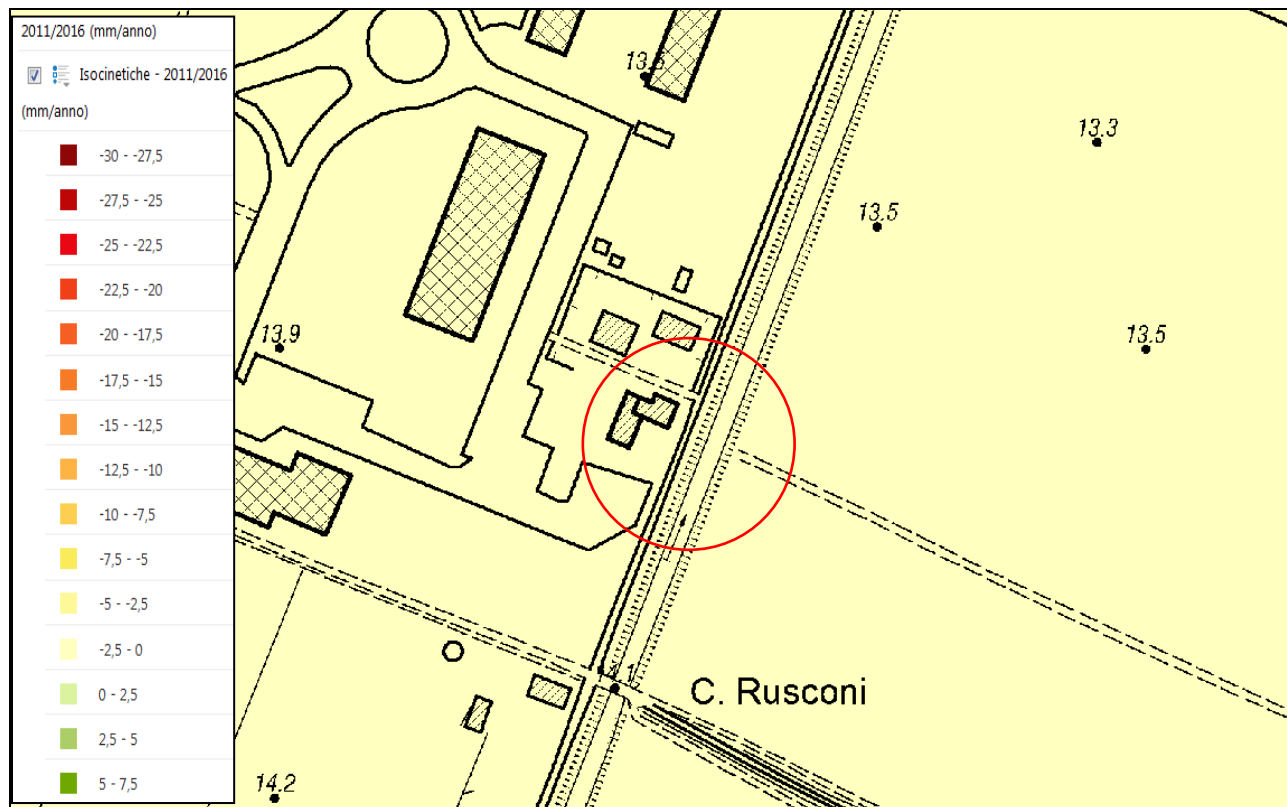


Figura 2.5.4-1

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

2.6. Rischio geologico

Le aree oggetto di studio ricadono 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

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.

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

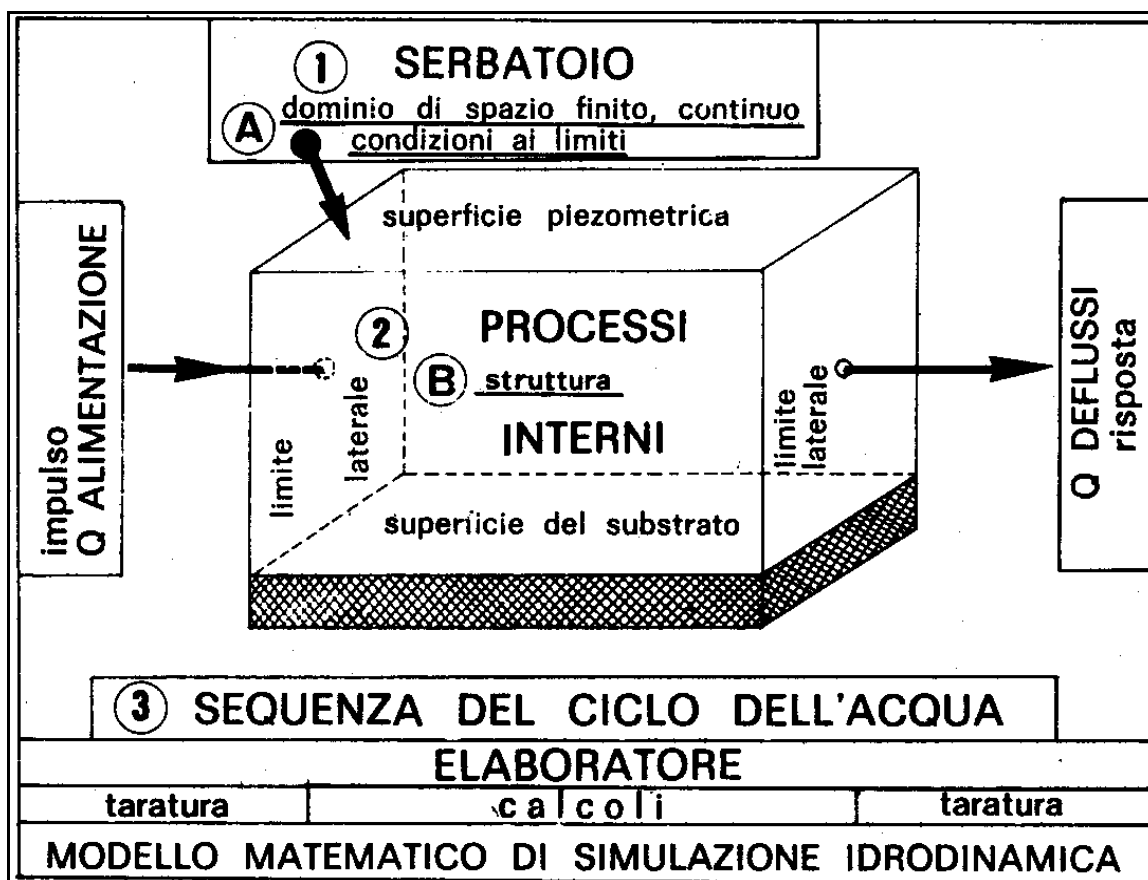


Figura 2.7-1

Schema di identificazione del sistema acquifero

direzione	verso	fenomenologia	zone di umidità interessate
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

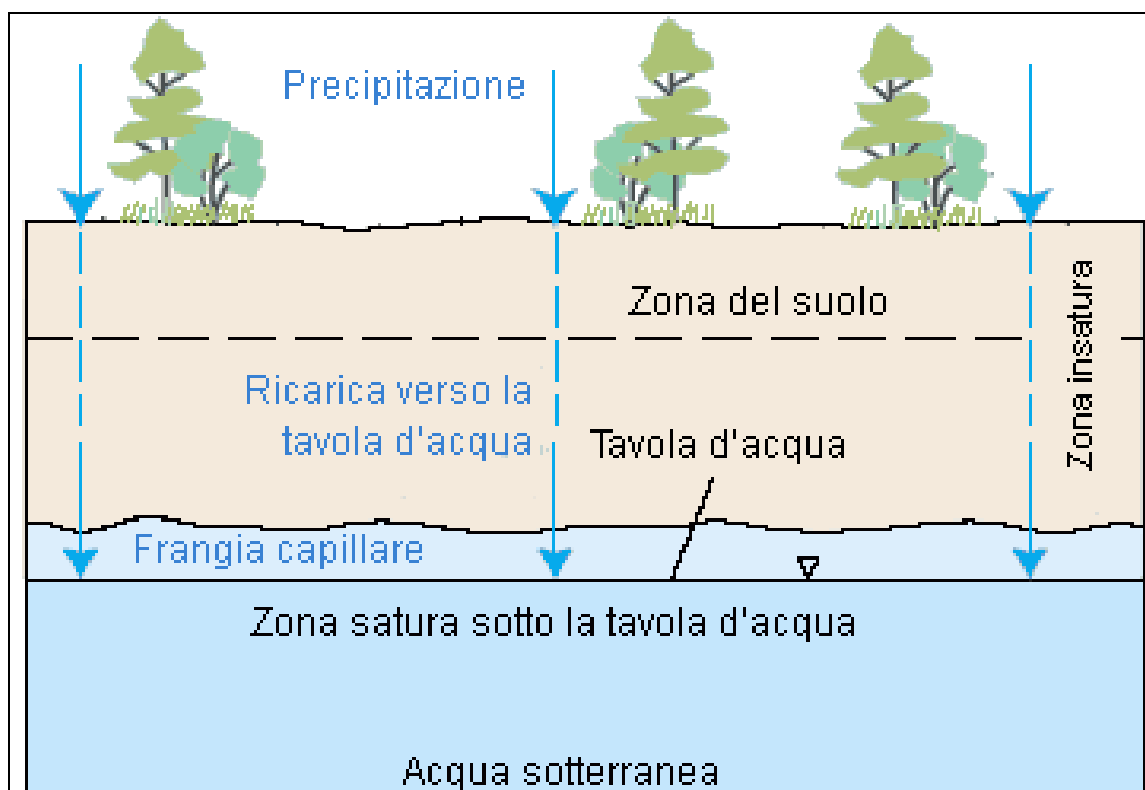


Figura 2.7-3

Schema acqua nel sottosuolo – USGS

2.7.1. VIA DEL CURATO

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

TABELLA 2.7.1-1

PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 07 FEBBRAIO 2022

Identificativo indagine	Profondità della falda dal p.c. (m)
CPTU1	2.00
CPTU2	1.50

Vista la situazione al contorno, in base alle risultanze delle prove penetrometriche, l'acqua rilevata all'interno dei fori residuali delle indagini effettuate, corrisponde ad acqua di saturazione rilevata in litotipi coesivi (manca la componente serbatoio granulare e il movimento prevalente orizzontale). Di fatto non vi sono quindi le caratteristiche locali per identificare la presenza di una falda freatica. Nonostante questo, in ragione di una consuetudine comune, l'acqua di saturazione superficiale verrà comunque di seguito indicata come falda.

In base al contesto nel quale si inserisce l'area oggetto di studio, è possibile definire che i principali fattori di regimazione della falda corrispondono all'evapotraspirazione e all'infiltrazione efficace, condizionate dalle zone impermeabilizzate e dalla regimazione delle acque superficiali. Al fine di ottenere informazioni più precise e correlabili, in data 18 febbraio 2022 è stato effettuato un rilievo topografico, per mezzo del quale sono state determinate le quote dei punti di indagine, rispetto al livello medio mare. Tali misure sono di seguito riepilogate in tabella.

TABELLA 2.7.1-2

RILIEVO DEL 18 FEBBRAIO 2022 – ELENCO QUOTE

Identificativo indagine	Quote piani di esecuzione delle prove (m s.l.m.m.)	Profondità della sup. di saturazione dal p.c. (m)	Quote sup. di saturazione (m s.l.m.m.)
CPTU1	+ 15.493	2.00	+ 13.493
CPTU2	+ 14.964	1.50	+ 13.464

Per quanto riguarda le acque di superficie, va evidenziata la presenza del Canale di Cento, ubicato in direzione sud ad una distanza di circa 330 m e dello Scolo Canalazzo Inferiore, ubicato in direzione est ad una distanza circa 390 m. I corsi d'acqua sono visibili nello stralcio della Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali, di Figura 2.7.1-1. Viste le distanze dal sito in esame e le caratteristiche litologiche, si ritiene che tali corsi non possano concorrere direttamente nella regimazione della falda o acqua di saturazione, ma possano contribuire a tale regimazione solo in maniera secondaria per effetto dello scolo delle acque superficiali e, in genere, della regimazione delle acque meteoriche.

Dall'osservazione della Carta delle Aree storicamente allagate, ottenuta dall'elaborazione dei dati bibliografici a disposizione, si evince come l'area in esame sia stata soggetta ad allagamenti nel tempo, nello specifico a causa di precipitazioni intense e prolungate avvenute nel 2005.

Supporti Grafici e Cartografici:

- Figura 2.7.1-1. Stralcio Carta Tecnica Regionale con evidenza dei corsi d'acqua – scala 1:10.000
- Figura 2.7.1-2. Stralcio Carta aree storicamente allagate – scala 1:10.000

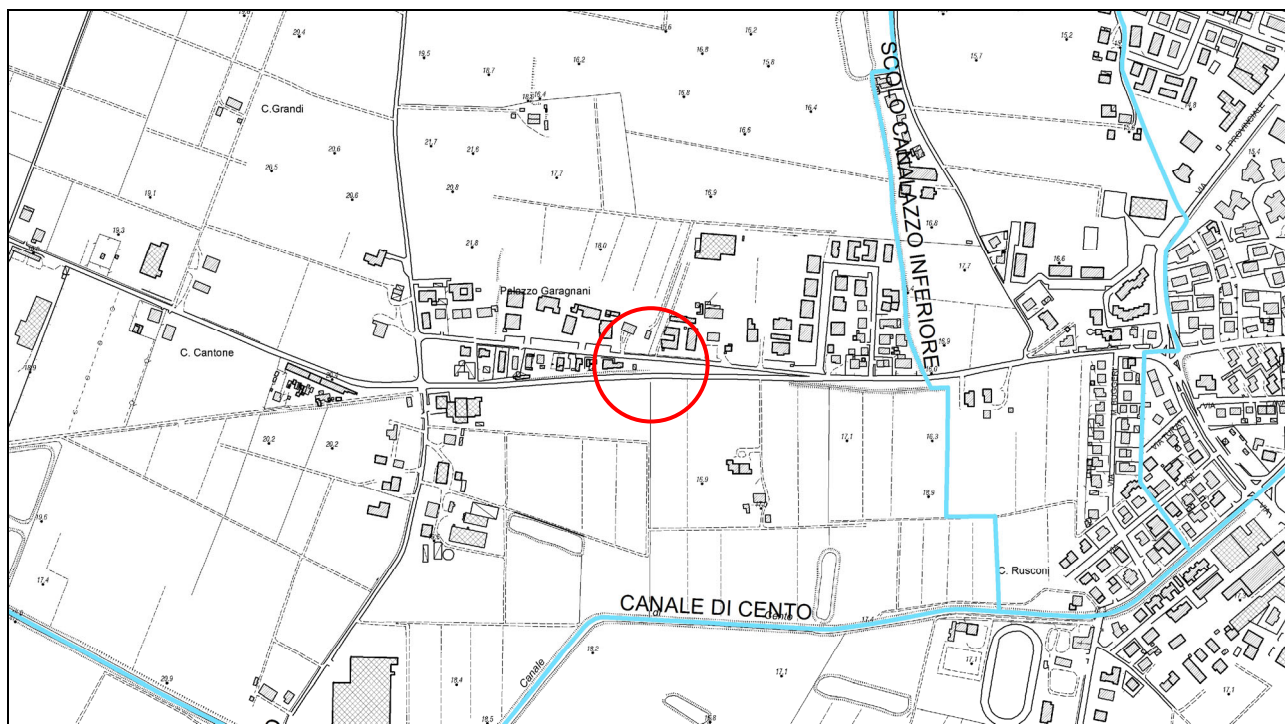


Figura 2.7.1-1
Stralcio Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali
scala 1:10.000

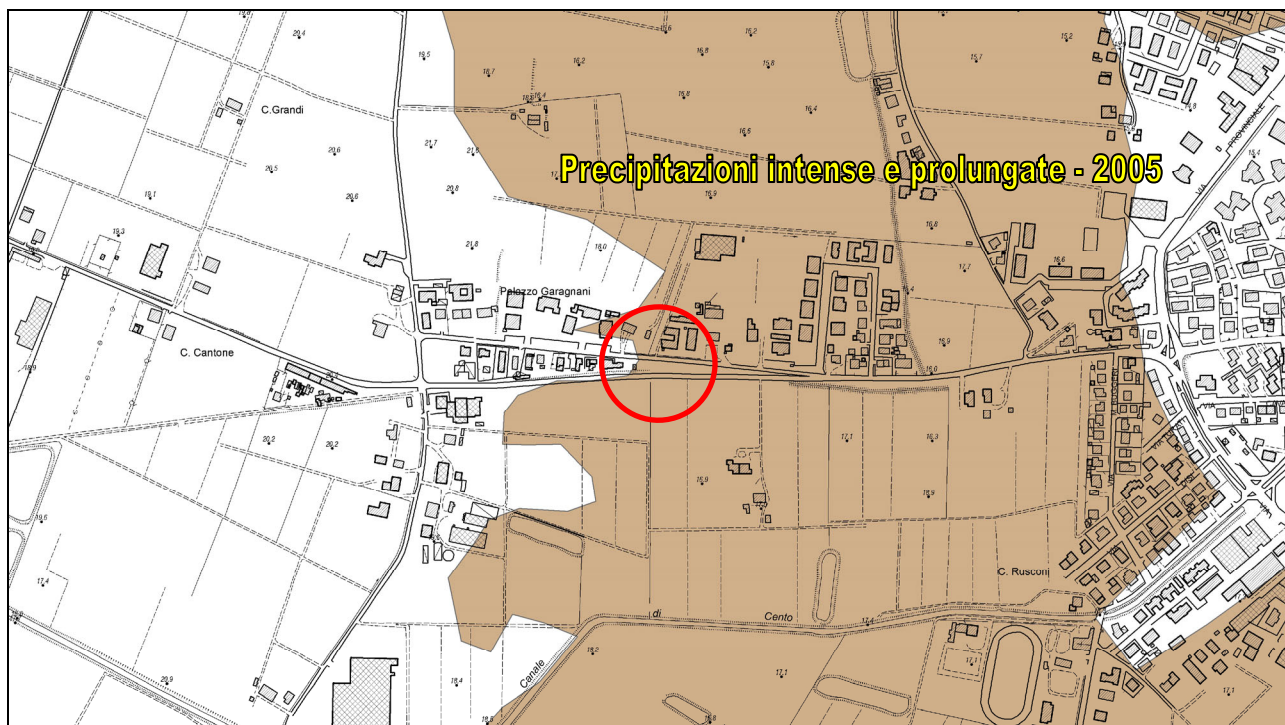


Figura 2.7.1-2
Stralcio Carta Aree Storicamente allagate
Scala 1:10.000

2.7.2. VIA RIGONE

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

TABELLA 2.7.2-1

PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 07 FEBBRAIO 2022

Identificativo indagine	Profondità della falda dal p.c. (mt)
CPTU3	1.50
CPTU4	1.50

Vista la situazione al contorno, in base alle risultanze delle prove penetrometriche, l'acqua rilevata all'interno dei fori residuali delle indagini effettuate, corrisponde ad acqua di saturazione rilevata in litotipi coesivi (manca la componente serbatoio granulare e il movimento prevalente orizzontale). Di fatto non vi sono quindi le caratteristiche locali per identificare la presenza di una falda freatica. Nonostante questo, in ragione di una consuetudine comune, l'acqua di saturazione superficiale verrà comunque di seguito indicata come falda.

In base al contesto nel quale si inserisce l'area oggetto di studio, è possibile definire che i principali fattori di regimazione della falda corrispondono all'evapotraspirazione e all'infiltrazione efficace, condizionate dalle zone impermeabilizzate e dalla regimazione delle acque superficiali. Al fine di ottenere informazioni più precise e correlabili, in data 18 febbraio 2022 è stato effettuato un rilievo topografico, per mezzo del quale sono state determinate le quote dei punti di indagine, rispetto al livello medio mare. Tali misure sono di seguito riepilogate in tabella.

TABELLA 2.7.2-2

RILIEVO DEL 18 FEBBRAIO 2022 – ELENCO QUOTE

Identificativo indagine	Quote piani di esecuzione delle prove (m s.l.m.m.)	Profondità della sup. di saturazione dal p.c. (m)	Quote sup. di saturazione (m s.l.m.m.)
CPTU3	+ 14.169	1.50	+ 12.669
CPTU4	+ 14.021	1.50	+ 12.521

Per quanto riguarda le acque di superficie, va evidenziata la presenza dello Scolo Canalazzo Inferiore, ubicato in direzione est ad una distanza di circa 440 m. Il corso d'acqua è visibile nello stralcio della Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali, di Figura 2.7.2-1. Viste la distanza dal sito in esame e le caratteristiche litologiche, si ritiene che tale corso non possa concorrere direttamente nella regimazione della falda o acqua di saturazione, ma possa contribuire a tale regimazione solo in maniera secondaria per effetto dello scolo delle acque superficiali e, in genere, della regimazione delle acque meteoriche.

Dall'osservazione della Carta delle Aree storicamente allagate, ottenuta dall'elaborazione dei dati bibliografici a disposizione, si evince come l'area in esame non sia stata soggetta ad allagamenti nel tempo.

Supporti Grafici e Cartografici:

- Figura 2.7.2-1. Stralcio Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali – scala 1:10.000
- Figura 2.7.2-2. Stralcio Carta aree storicamente allagate – scala 1:10.000

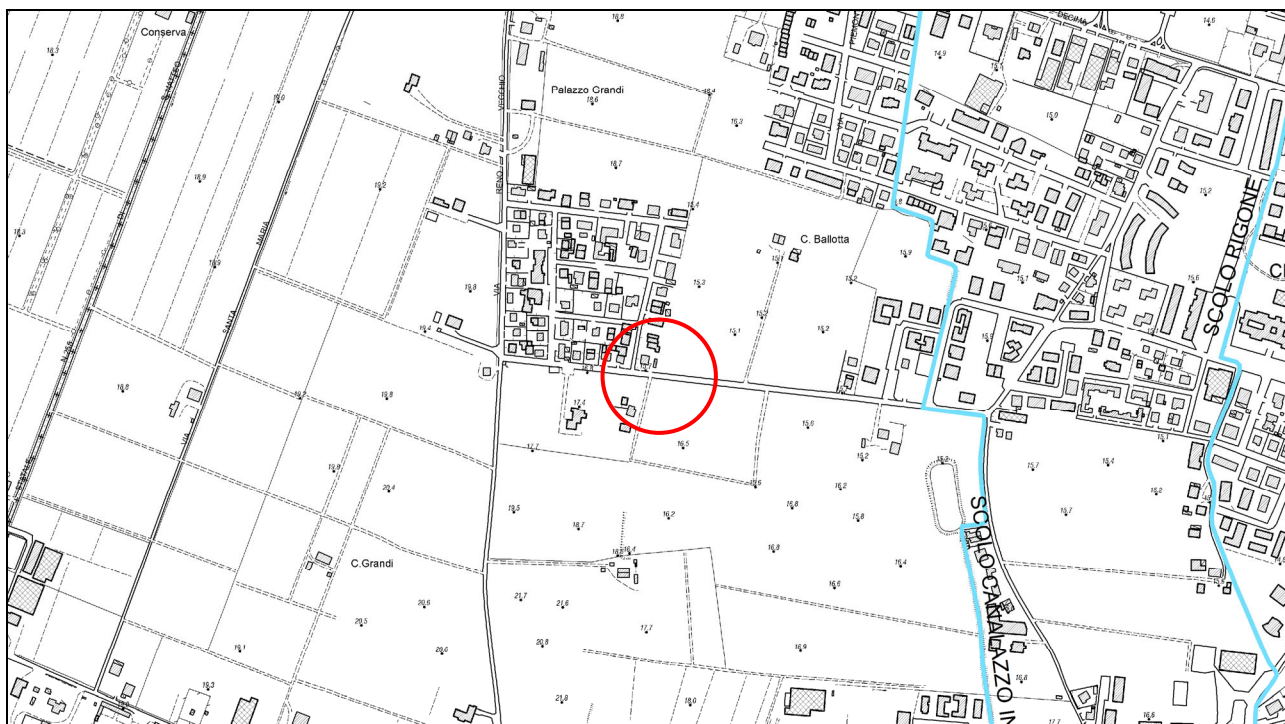


Figura 2.7.2-1
Stralcio Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali
scala 1:10.000

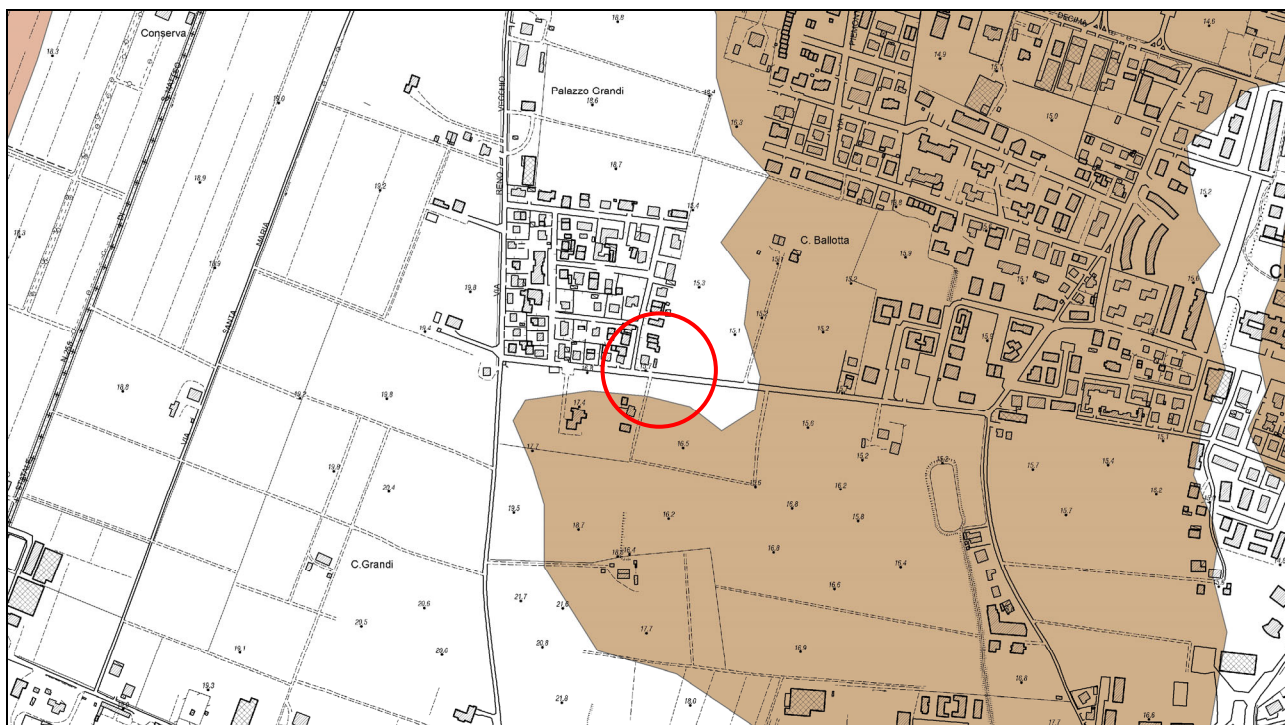


Figura 2.7.2-2
Stralcio Carta Aree Storicamente allagate
Scala 1:10.000

2.7.3. VIA GIOVANNINA

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

TABELLA 2.7.3-1

PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 11 FEBBRAIO 2022

Identificativo indagine	Profondità della falda dal p.c. (mt)
CPTU7	0.80
CPTU8	2.65

Vista la situazione al contorno, in base alle risultanze delle prove penetrometriche, l'acqua rilevata all'interno dei fori residuali delle indagini effettuate, corrisponde ad acqua di saturazione rilevata in litotipi coesivi (manca la componente serbatoio granulare e il movimento prevalente orizzontale). Di fatto non vi sono quindi le caratteristiche locali per identificare la presenza di una falda freatica. Nonostante questo, in ragione di una consuetudine comune, l'acqua di saturazione superficiale verrà comunque di seguito indicata come falda.

In base al contesto nel quale si inserisce l'area oggetto di studio, è possibile definire che i principali fattori di regimazione della falda corrispondono all'evapotraspirazione e all'infiltrazione efficace, condizionate dalle zone impermeabilizzate e dalla regimazione delle acque superficiali. Al fine di ottenere informazioni più precise e correlabili, in data 18 febbraio 2022 è stato effettuato un rilievo topografico, per mezzo del quale sono state determinate le quote dei punti di indagine, rispetto al livello medio mare. Tali misure sono di seguito riepilogate in tabella.

TABELLA 2.7.3-2

RILIEVO DEL 18 FEBBRAIO 2022 – ELENCO QUOTE

Identificativo indagine	Quote piani di esecuzione delle prove (m s.l.m.m.)	Profondità della sup. di saturazione dal p.c. (m)	Quote sup. di saturazione (m s.l.m.m.)
CPTU7	+ 13.389	0.80	+ 12.589
CPTU8	+ 13.832	2.65	+ 11.182

Diversamente dalle misure effettuate nei due precedenti punti, in questo caso i livelli appaiono anomali, in quanto è molto elevata la differenza di quota assoluta. Va però anche evidenziato come le prove siano state effettuate in punti relativamente distanti, condizione che in parte potrebbe giustificare la differenza misurata. In particolare, la prova n. 8 è stata eseguita in corrispondenza di un punto che appare depresso e privo di scoline superficiali e ciò può comportare il non allontanamento delle acque meteoriche le quali, ad eccezione della frazione evapotraspirata, tenderebbero totalmente ad infiltrarsi.

Per quanto riguarda le acque di superficie, va evidenziata la presenza dello Scolo Canalazzo Inferiore, ubicato in direzione nord-est ad una distanza di circa 520 m e del Derivatore C.E.R., ubicato in direzione nord ad una distanza circa 720 m. I corsi d'acqua sono visibili nello stralcio della Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali, di Figura 2.7.3-1. Viste le distanze dal sito in esame, le caratteristiche litologiche e le opere di urbanizzazione esistenti, si ritiene che tali corsi non possano concorrere direttamente nella regimazione della falda o acqua di saturazione, ma possano contribuire a tale regimazione solo in maniera secondaria per effetto dello scolo delle acque superficiali e, in genere, della regimazione delle acque meteoriche.

Dall'osservazione della Carta delle Aree storicamente allagate, ottenuta dall'elaborazione dei dati bibliografici a disposizione, si evince come, solamente l'area a sud di Via Giovannina sia stata soggetta ad allagamenti nel tempo, nello specifico a causa di precipitazioni intense e prolungate avvenute nel 2005.

Supporti Grafici e Cartografici:

- Figura 2.7.3-1. Stralcio Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali – scala 1:10.000
- Figura 2.7.3-2. Stralcio Carta aree storicamente allagate – scala 1:10.000

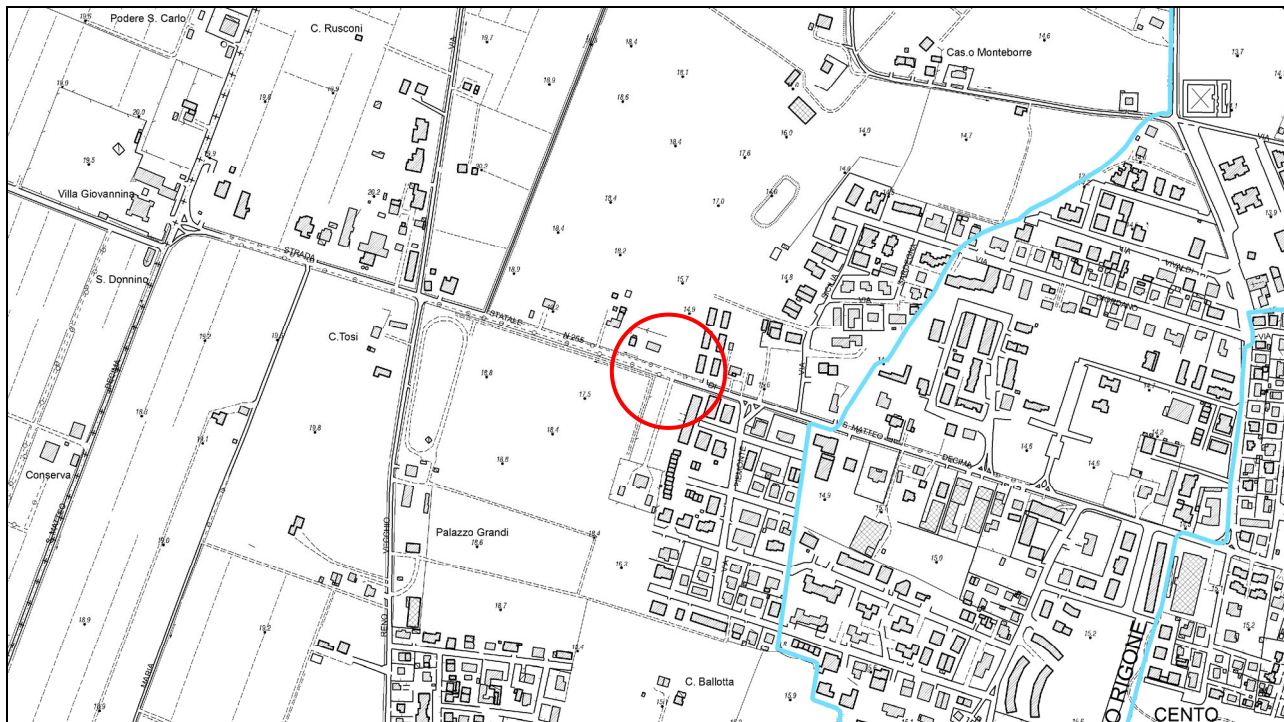


Figura 2.7.3-1
Stralcio Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali
scala 1:10.000

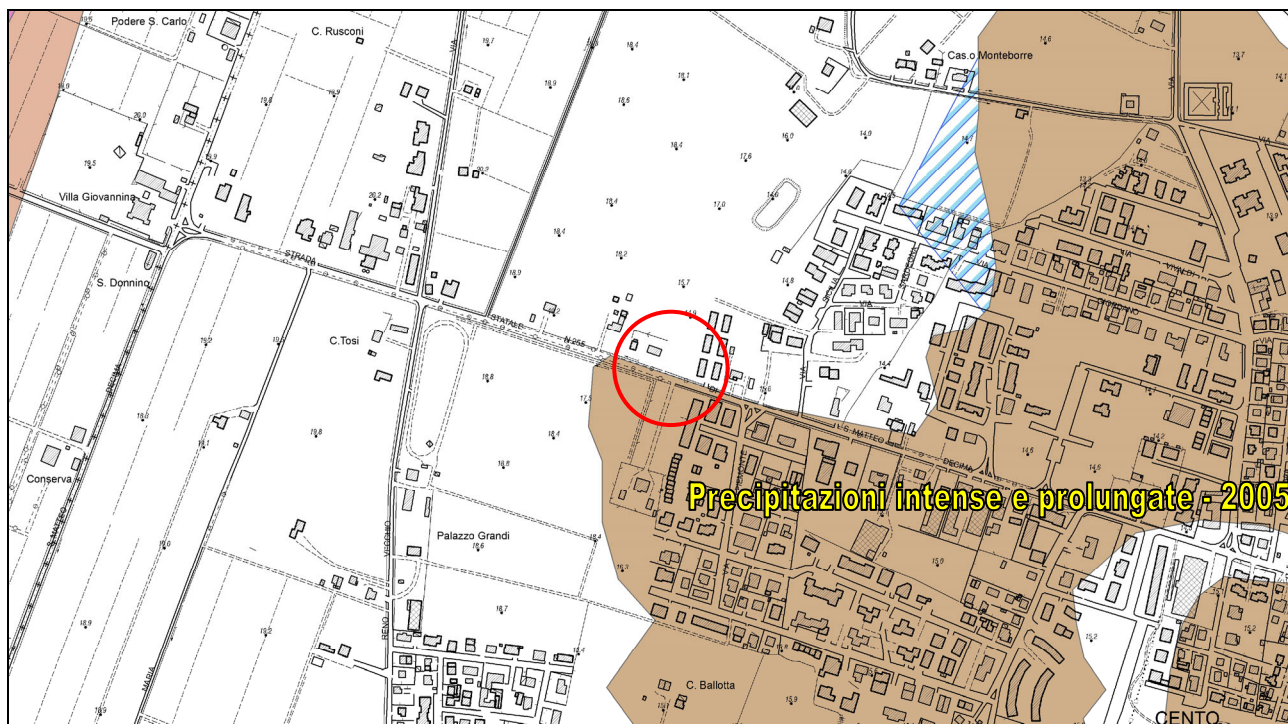


Figura 2.7.3-2
Stralcio Carta Aree Storicamente allagate
Scala 1:10.000

2.7.4. SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE

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

TABELLA 2.7.4-1

PROFONDITÀ SUPERFICIE FREATICA DAL P.C. IN DATA 11 FEBBRAIO 2022

Identificativo indagine	Profondità della falda dal p.c. (mt)
CPTU5	3.10
CPTU6	2.10

Vista la situazione al contorno, in base alle risultanze delle prove penetrometriche, l'acqua rilevata all'interno dei fori residuali delle indagini eseguite, corrisponde ad acqua di saturazione rilevata in litotipi coesivi (manca la componente serbatoio granulare e il movimento prevalente orizzontale). Di fatto non vi sono quindi le caratteristiche locali per identificare la presenza di una falda freatica. Nonostante questo, in ragione di una consuetudine comune, l'acqua di saturazione superficiale verrà comunque di seguito indicata come falda.

In base al contesto nel quale si inserisce l'area oggetto di studio, è possibile definire che i principali fattori di regimazione della falda corrispondono all'evapotraspirazione e all'infiltrazione efficace, condizionate dalle zone impermeabilizzate e dalla regimazione delle acque superficiali. L'influenza del Canale Emiliano Romagnolo è praticamente nulla, in quanto le sponde sono impermeabilizzate. Al fine di ottenere informazioni più precise e correlabili, in data 18 febbraio 2022 è stato effettuato un rilievo

topografico, per mezzo del quale sono state determinate le quote dei punti di indagine, rispetto al livello medio mare. Tali misure sono di seguito riepilogate in tabella.

TABELLA 2.7.4-2

RILIEVO DEL 18 FEBBRAIO 2022 – ELENCO QUOTE

Identificativo indagine	Quote piani di esecuzione delle prove (m s.l.m.m.)	Profondità della sup. di saturazione dal p.c. (m)	Quote sup. di saturazione (m s.l.m.m.)
CPTU5	+ 13.092	3.10	+ 9.992
CPTU6	+ 12.607	2.10	+ 10.507

Analogo al punto precedente, anche in questo caso i livelli appaiono anomali, in quanto è elevata la differenza di quota assoluta. Le prove sono state effettuate in punti relativamente distanti e, comunque, deve essere in tutti i casi evidenziato come le misure effettuate all'interno dei fori residui delle prove penetrometriche, dopo l'esecuzione delle prove stesse, siano caratterizzate da un grado di approssimazione che tende ad essere elevato in terreni coesivi come nei casi oggetto della presente. Misure precise si potrebbero ottenere mediante strumenti di monitoraggio, quali piezometri a tubo aperto, anche di diametro ridotto.

Dall'osservazione della Carta delle Aree storicamente allagate, ottenuta dall'elaborazione dei dati bibliografici a disposizione, si evince come l'area in esame non sia stata soggetta ad allagamenti nel tempo.

Supporti Grafici e Cartografici:

- Figura 2.7.4-1. Stralcio Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali – scala 1:10.000
- Figura 2.7.4-2. Stralcio Carta aree storicamente allagate – scala 1:10.000

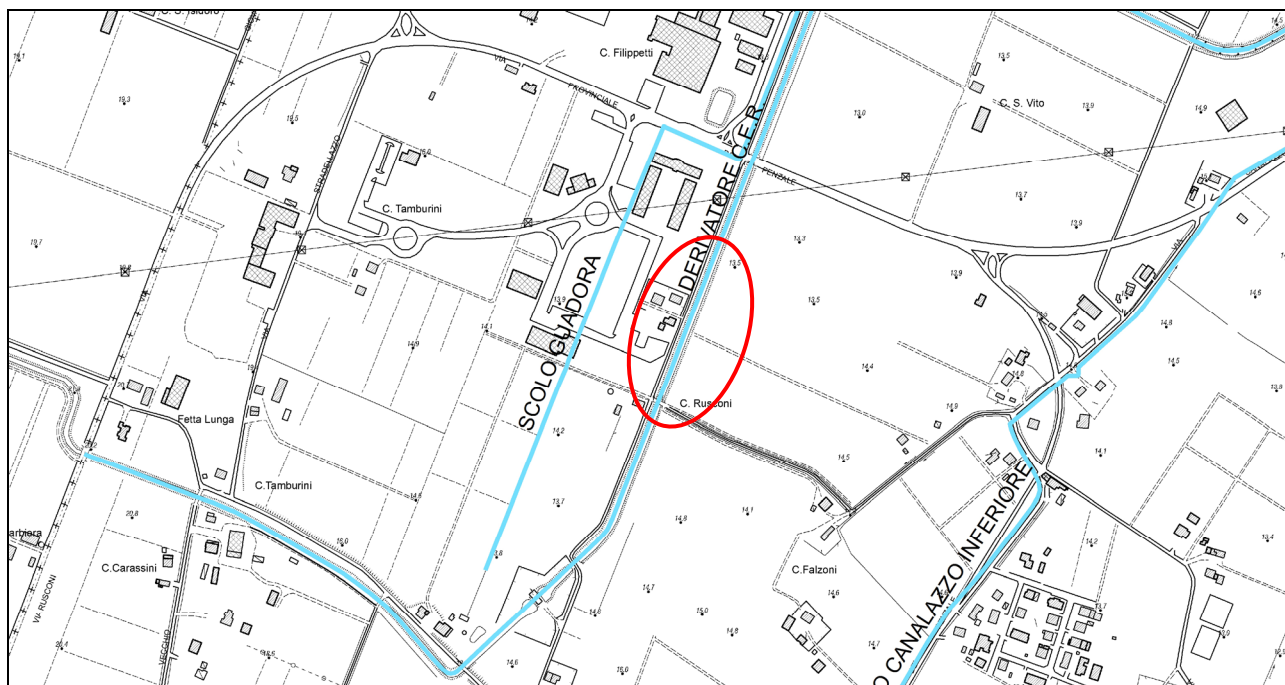


Figura 2.7.4-1
Stralcio Carta Tecnica Regionale – Corsi d'acqua superficiali
scala 1:10.000

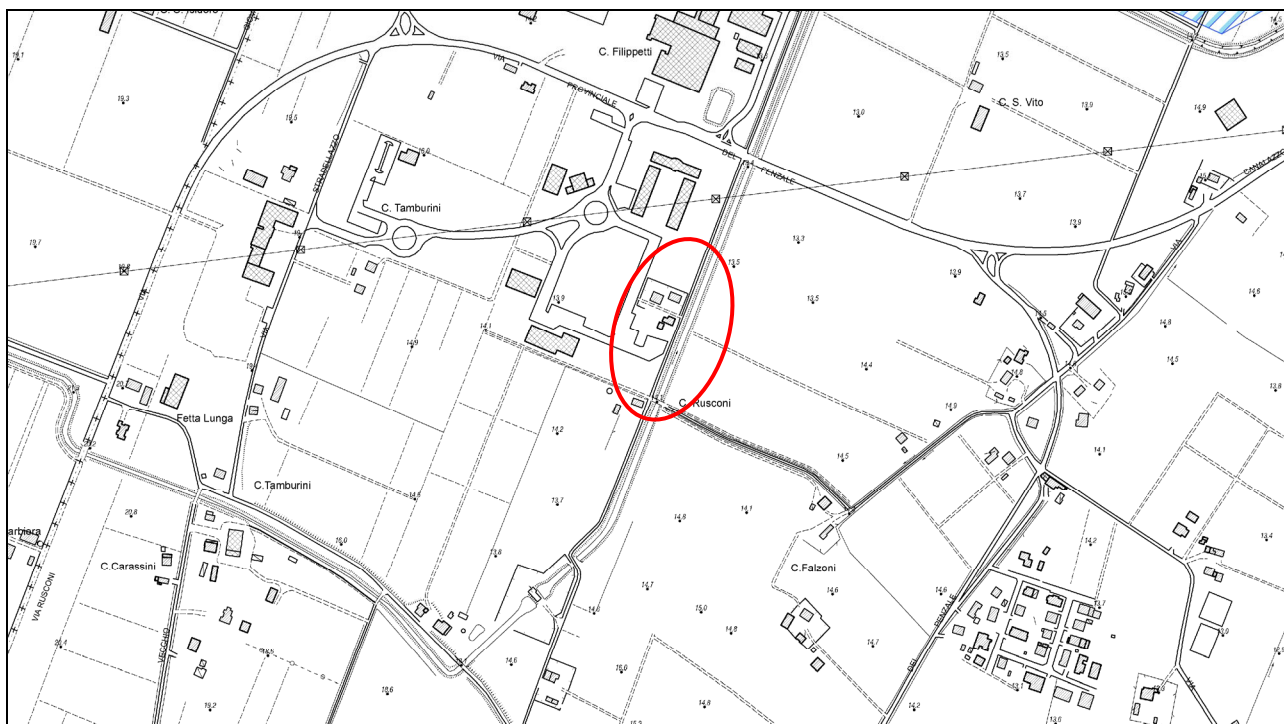


Figura 2.7.4-2
Stralcio Carta Aree Storicamente allagate
Scala 1:10.000

2.8. Campagna di indagini

Tipologie indagini e rilievi eseguiti: prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono, rilievo topografico, indagine sismica di tipo MASW, misura a stazione singola con tecnica HVSR.

2.8.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO (CPTU)

Numero di indagini eseguite: 8.

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 basata su altri studi effettuati in zona dallo 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 delle opere e degli interventi in progetto, degli scopi del presente lavoro, delle informazioni disponibili e del modello geologico della zona, in accordo con la Committenza sono stati definiti il numero e le profondità d'indagine.

Profondità d'indagine:

Identificativo indagine	Località	Profondità d'indagine (m)
CPTU1	Via del Curato	16.24
CPTU2	Via del Curato	17.94
CPTU3	Via Rigone	16.01
CPTU4	Via Rigone	15.09
CPTU5	Via Pecore	16.23
CPTU6	Via Pecore	15.96
CPTU7	Via Giovannina	13.98
CPTU8	Via Giovannina	17.90

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 anche 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 m 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'innescio 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 m 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 Δu 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 sufficienti ad indagare i volumi significativi dal punto di vista geotecnico in relazione ai tipi di interventi previsti, oltre a fornire le informazioni necessarie per la determinazione della categoria di sottosuolo.

In tutti i casi trattati nella presente, la profondità delle prove è stata programmata a m 20.00 e sono poi state interrotte a causa delle elevate resistenze incontrate.

Ditta incaricata per le esecuzioni delle prove: Geotea s.r.l. – Via della Tecnica civ. 57/A4 – 44068 San Lazzaro di Savena (BO).

2.8.2 RILIEVO TOPOGRAFICO

Al fine di determinare e restituire l'ubicazione dei punti di indagine, sono stati effettuati n. 4 rilievi topografici con GPS.

Ditta incaricata per le esecuzioni dei rilievi topografici: Synthesis s.r.l. – Piazza del Popolo civ. 13/5 – 44034 Copparo (FE)

Note: i rilievi topografici sono stati eseguiti con strumentazione a stazione singola e, in quanto tali, sono condizionati da un grado di approssimazione dipendente da una serie di variabili.

2.8.3 INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di ottenere la frequenza fondamentale delle aree di studio e per condurre analisi di Risposta Sismica Locale con approccio numerico non semplificato, sono state effettuate quattro indagini geofisiche mediante prova in array con tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) e quattro misure a stazione singola con tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

Ditta incaricata per le esecuzioni delle prove: Synthesis s.r.l. – Copparo – Piazza del Popolo civ. 13/5.

Ditta incaricata per le analisi delle prove: Geotea s.r.l. – San Lazzaro di Savena – Via della Tecnica civ. 57/A4

Supporti cartografici e grafici:

- Immagine 2.8-1. Foto da satellite - Ubicazioni indagini eseguite - Via del Curato
- Immagine 2.8-2. Foto da satellite - Ubicazioni indagini eseguite - Via Rigone
- Immagine 2.8-3. Foto da satellite - Ubicazioni indagini eseguite - Via Giovannina
- Immagine 2.8-4. Foto da satellite - Ubicazioni indagini eseguite - Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore
- Immagine 2.8-5. Fase di esecuzione indagine CPTU1 – Via del Curato
- Immagine 2.8-6. Fase di esecuzione indagine CPTU2 - Via del Curato
- Immagine 2.8-7. Fase di esecuzione indagine CPTU3 – Via Rigone
- Immagine 2.8-8. Fase di esecuzione indagine CPTU4 - Via Rigone
- Immagine 2.8-9. Fase di esecuzione indagine CPTU7 – Via Giovannina
- Immagine 2.8-10. Fase di esecuzione indagine CPTU8 - Via Giovannina
- Immagine 2.8-11. Fase di esecuzione indagine CPTU5 – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore
- Immagine 2.8-12. Fase di esecuzione indagine CPTU6 - Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore
- Immagine 2.8-13. Fase di esecuzione misure MASW e HVSR - Via del Curato
- Immagine 2.8-14. Fase di esecuzione misure MASW e HVSR – Via Rigone
- Immagine 2.8-15. Fase di esecuzione misure MASW e HVSR – Via Giovannina
- Immagine 2.8-16. Fase di esecuzione misure MASW e HVSR – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore
- Figura 2.8-17. Pianta ad opera ultimata – Tombinamento Via del Curato
- Figura 2.8-18. Sezioni longitudinali – Nodi A, B e C – Tombinamento Via del Curato
- Figura 2.8-19. Pianta – Nodi A, B e C – Tombinamento Via del Curato
- Figura 2.8-20. Sezione longitudinale – Tombinamento Via Rigone

- Figura 2.8-21. Prospetti frontina a monte e frontina a valle – Tombinamento Via Rigone
- Figura 2.8-22. Pianta – Tombinamento Via Rigone
- Figura 2.8-23. Prospetti frontina a monte e frontina a valle – Tombinamento Via Giovannina
- Figura 2.8-24. Sezione trasversale – Tombinamento Via Giovannina
- Figura 2.8-25. Sezione trasversale A-A – Tombinamento Via Giovannina
- Figura 2.8-26. Sezioni longitudinali a monte e a valle – Tombinamento Via Giovannina
- Figura 2.8-27. Sezione trasversale – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

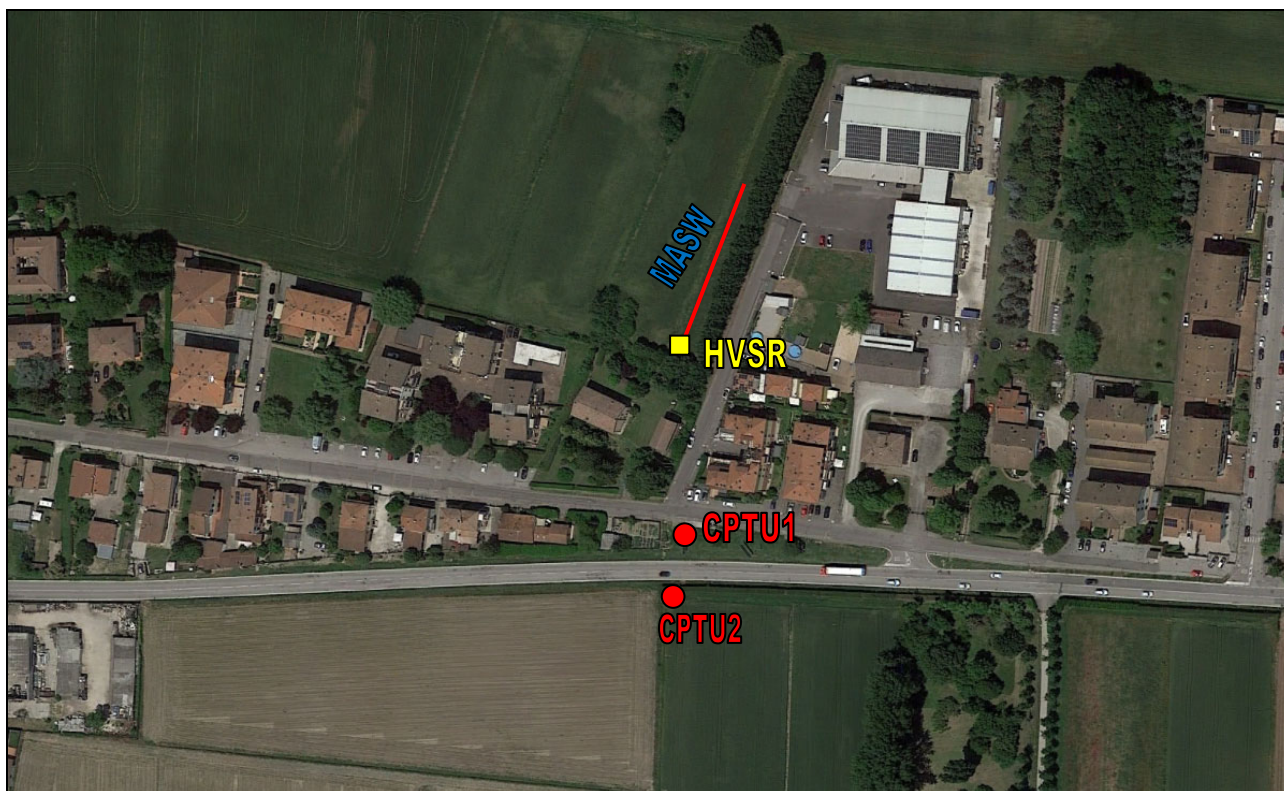


Immagine 2.8-1

Foto da satellite – Google Earth

Ubicazioni indagini eseguite – Via del Curato

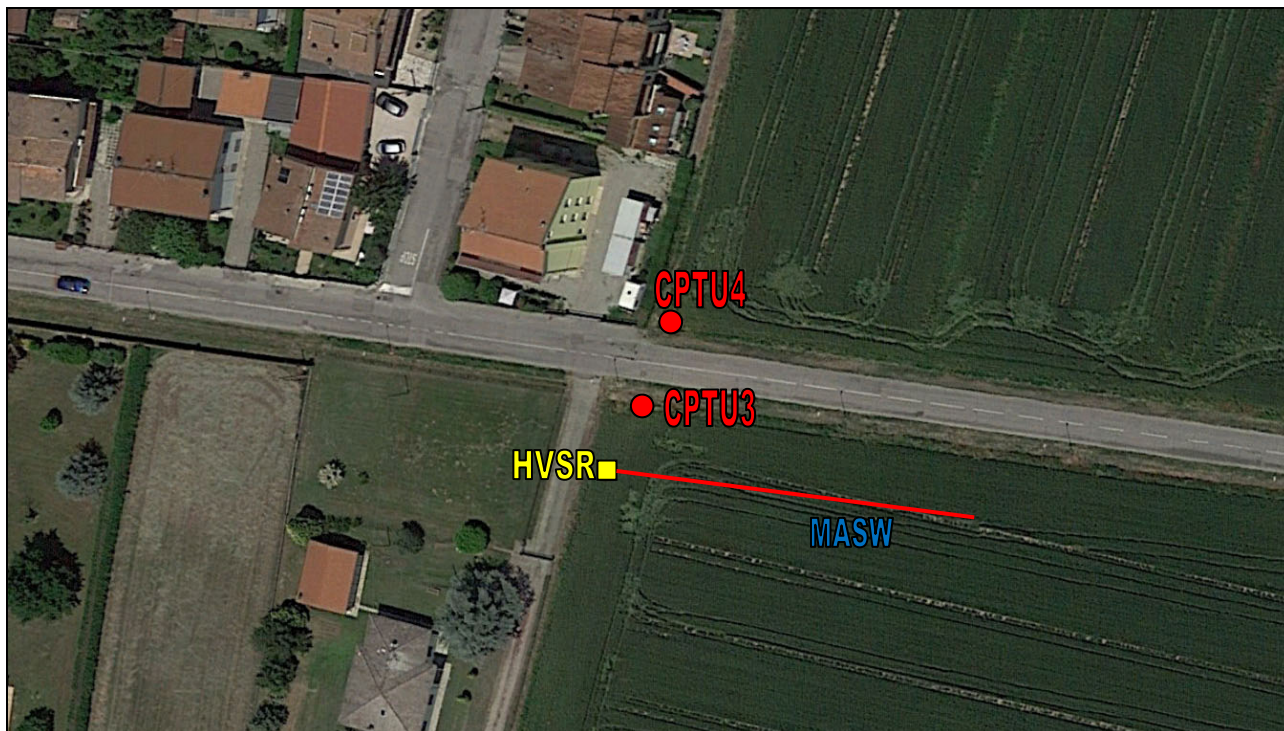


Immagine 2.8-2

Foto da satellite – Google Earth

Ubicazioni indagini eseguite – Via Rigone

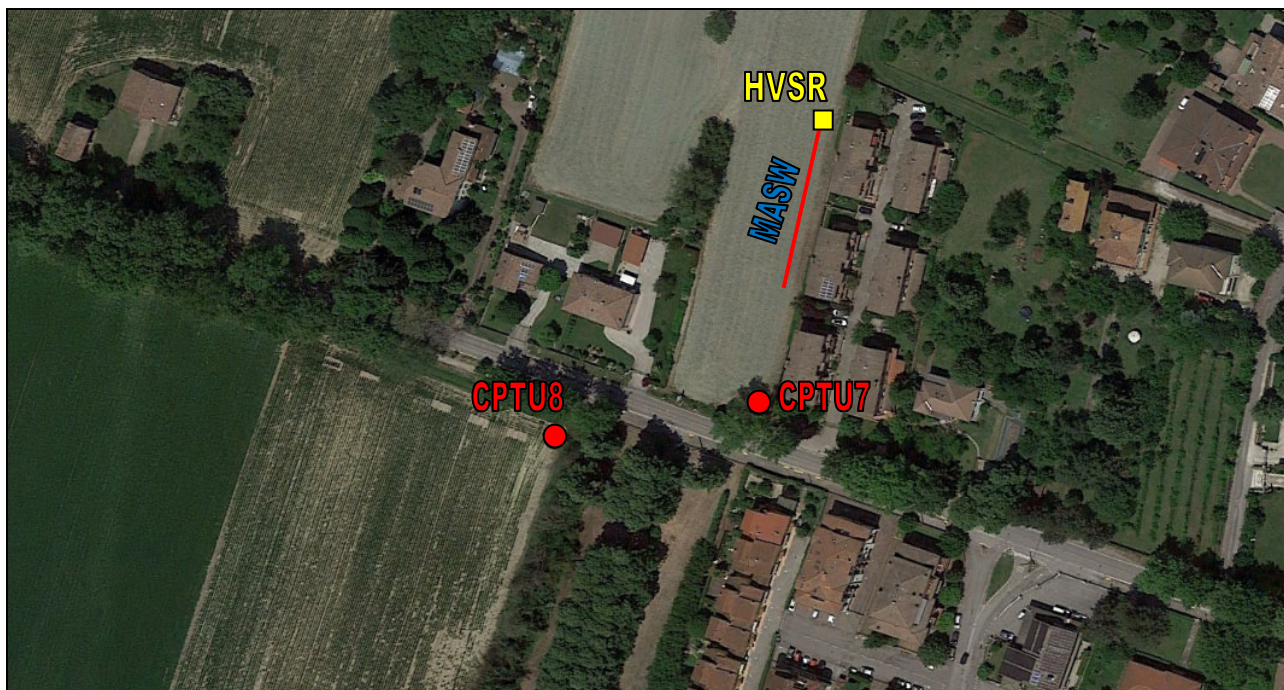


Immagine 2.8-3

Foto da satellite – Google Earth

Ubicazioni indagini eseguite – Via Giovannina

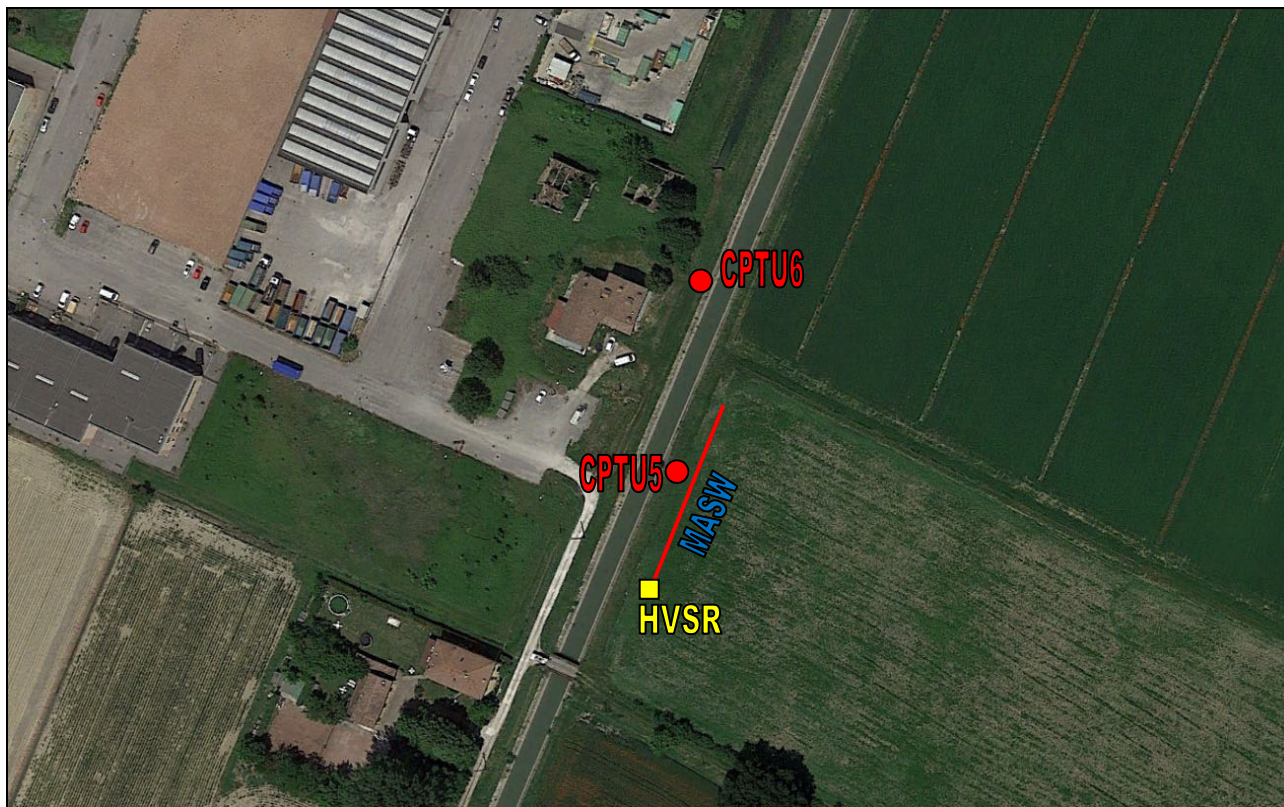


Immagine 2.8-4

Foto da satellite – Google Earth

Ubicazioni indagini eseguite – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore



Immagine 2.8-5

Fase di esecuzione indagine CPTU1 – Via del Curato



Immagine 2.8-6

Fase di esecuzione indagine CPTU2 – Via del Curato



Immagine 2.8-7
Fase di esecuzione indagine CPTU3 – Via Rigone



Immagine 2.8-8

Fase di esecuzione indagine CPTU4 – Via Rigone



Immagine 2.8-9
Fase di esecuzione indagine CPTU7 – Via Giovannina



Immagine 2.8-10

Fase di esecuzione indagine CPTU8 – Via Giovannina



Immagine 2.8-11

Fase di esecuzione indagine CPTU5 – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore



Immagine 2.8-12

Fase di esecuzione indagine CPTU6 – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore



Immagine 2.8-13
Fase di esecuzione misure MASW e HVSR – Via del Curato



Immagine 2.8-14
Fase di esecuzione misure MASW e HVSR – Via Rigone



Immagine 2.8-15

Fase di esecuzione misure MASW e HVSr – Via Giovannina



Immagine 2.8-16

Fase di esecuzione misure MASW e HVSr – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

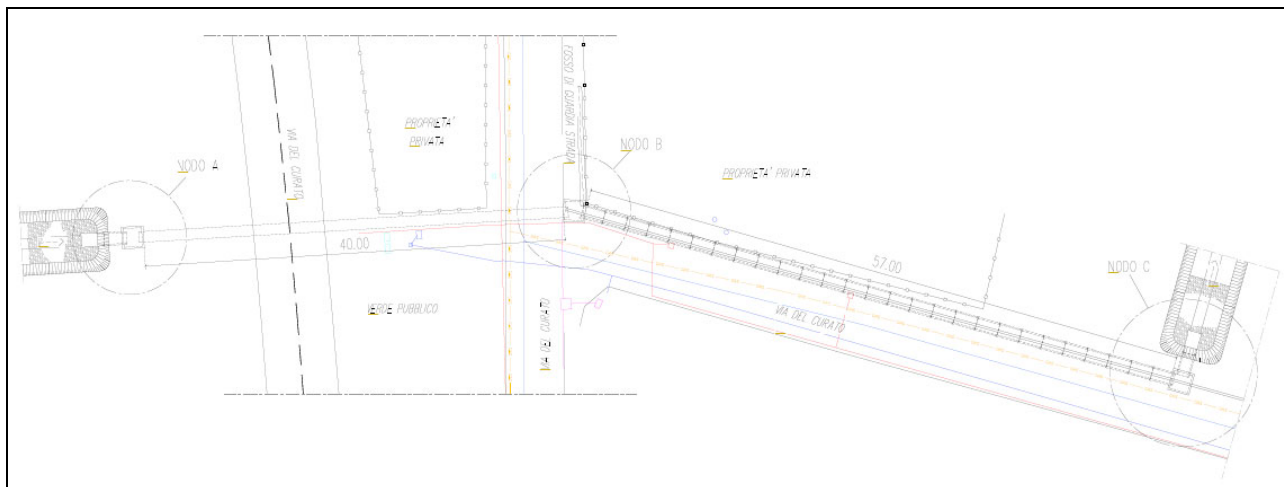


Figura 2.8-17
Pianta ad opera ultimata – Tombinamento Via del Curato

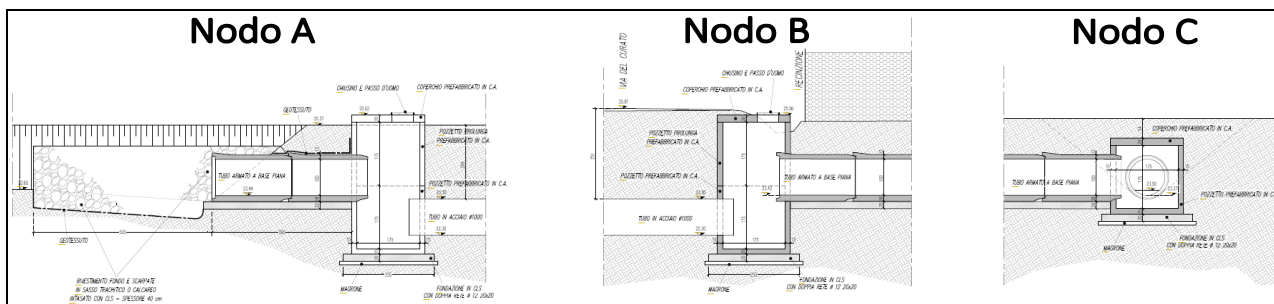


Figura 2.8-18
Sezioni longitudinali – Nodi A, B e C – Tombinamento Via del Curato

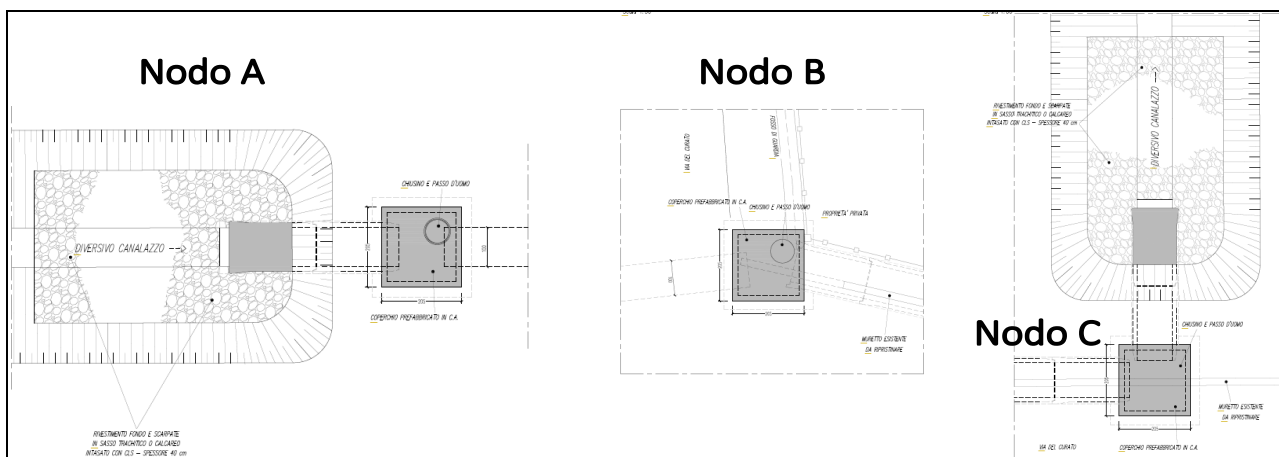


Figura 2.8-19
Piante – Nodi A, B e C – Tombinamento Via del Curato

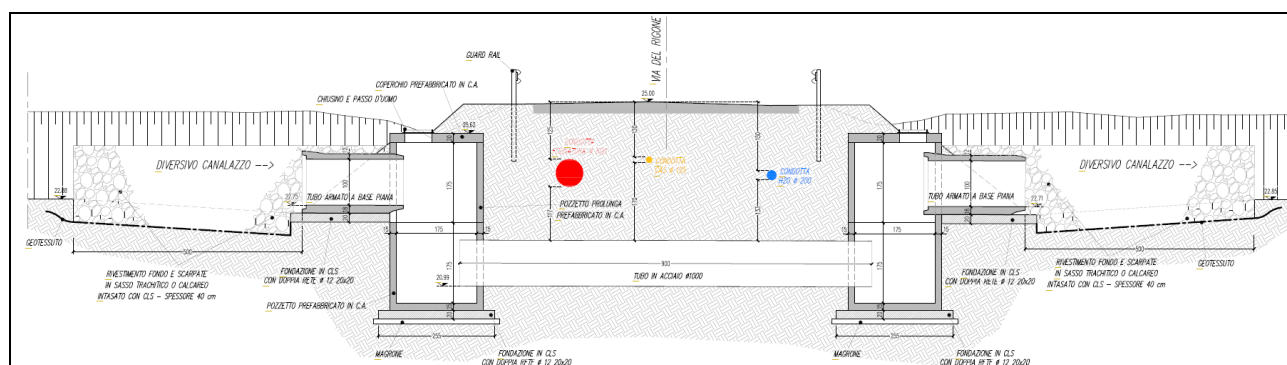


Figura 2.8-20
Sezione longitudinale – Tombinamento Via Rigone

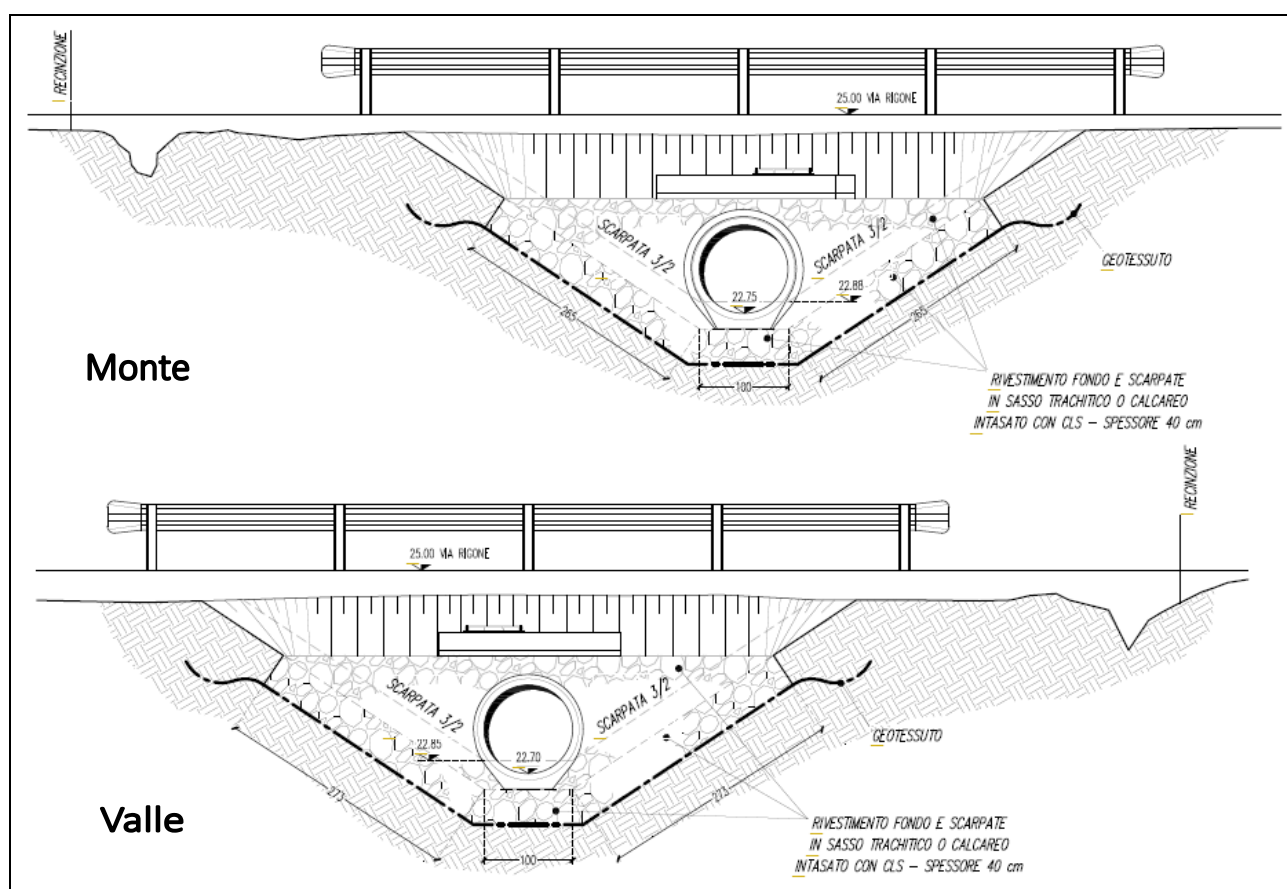


Figura 2.8-21
Prospetti frontina a monte e frontina a valle – Tombinamento Via Rigone

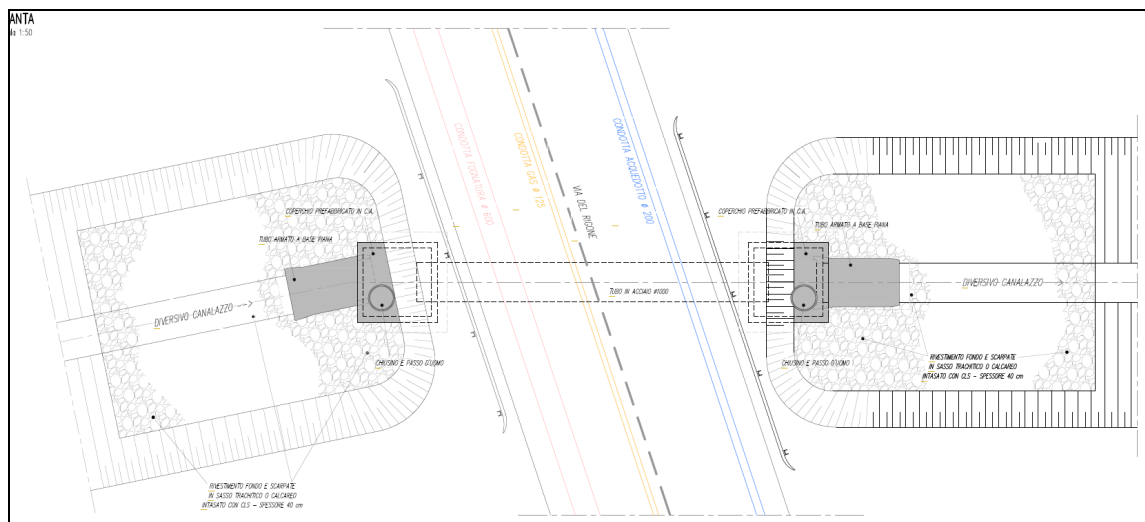


Figura 2.8-22

Pianta – Tombinamento Via Rigone

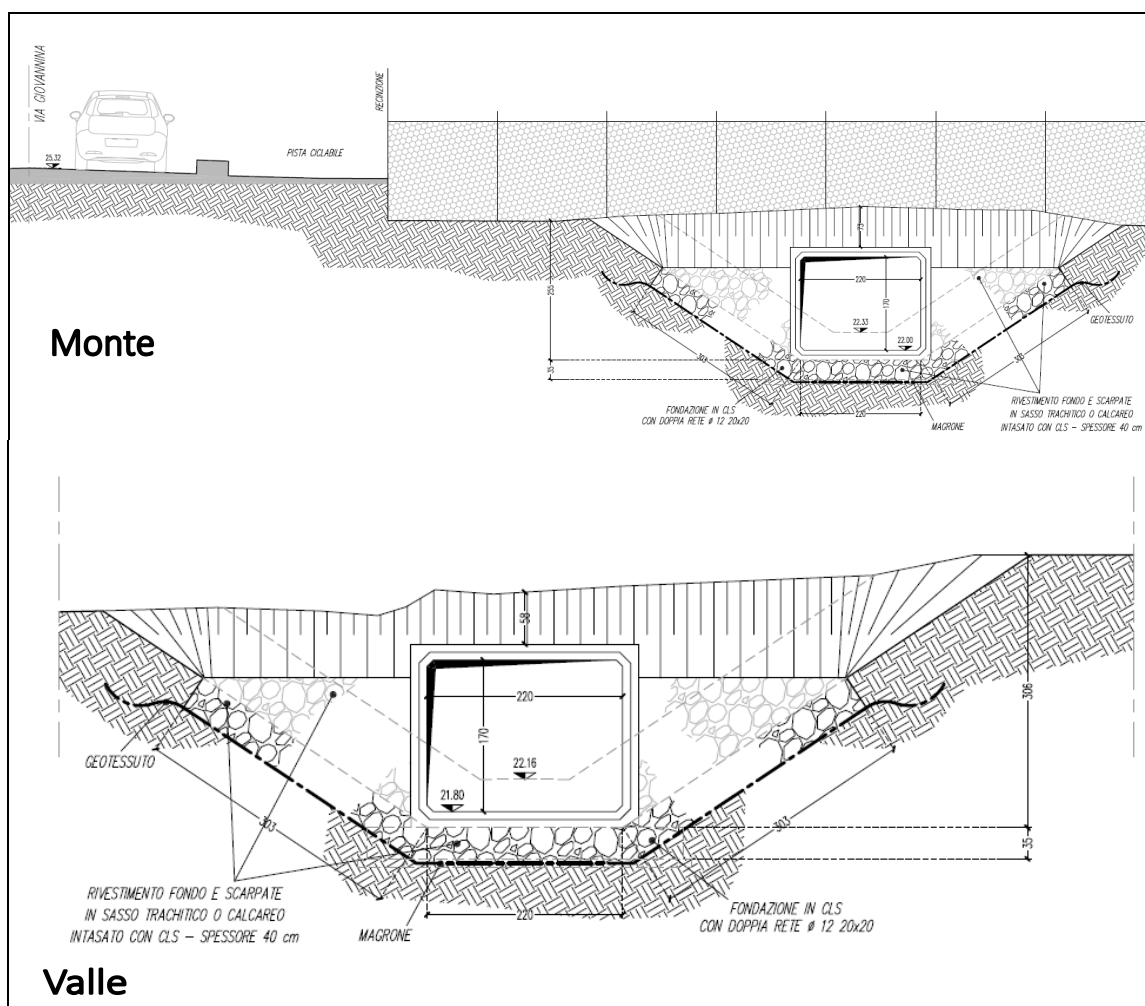


Figura 2.8-23
Prospetti frontina a monte e frontina a valle – Tombinamento Via Giovannina

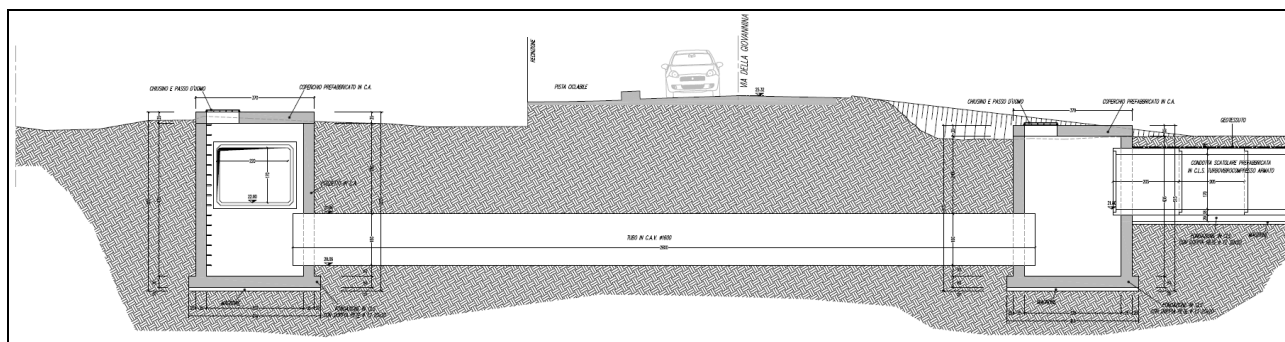


Figura 2.8-24
Sezione trasversale – Tombinamento Via Giovannina

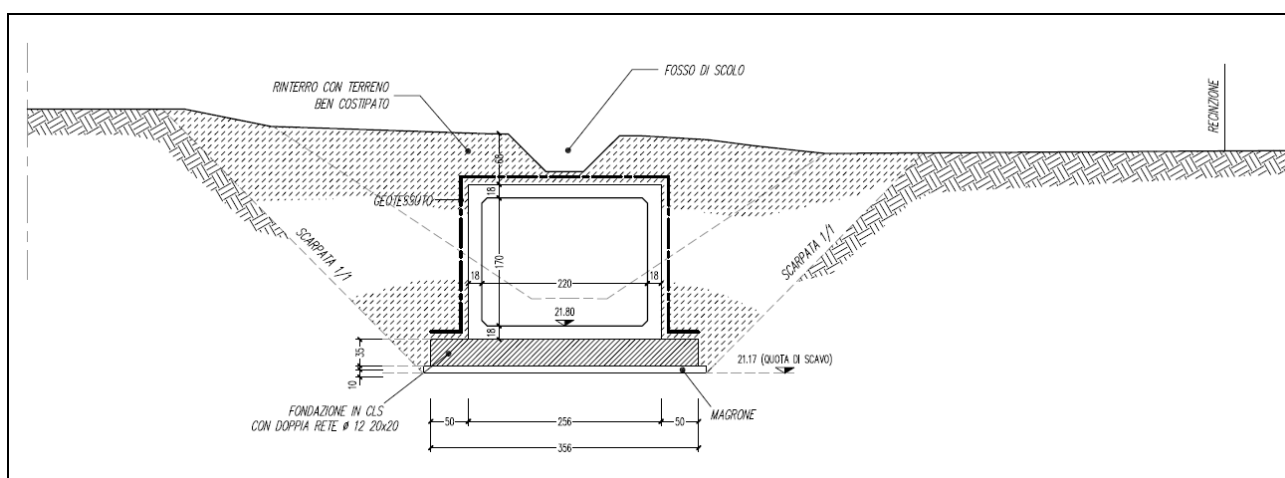
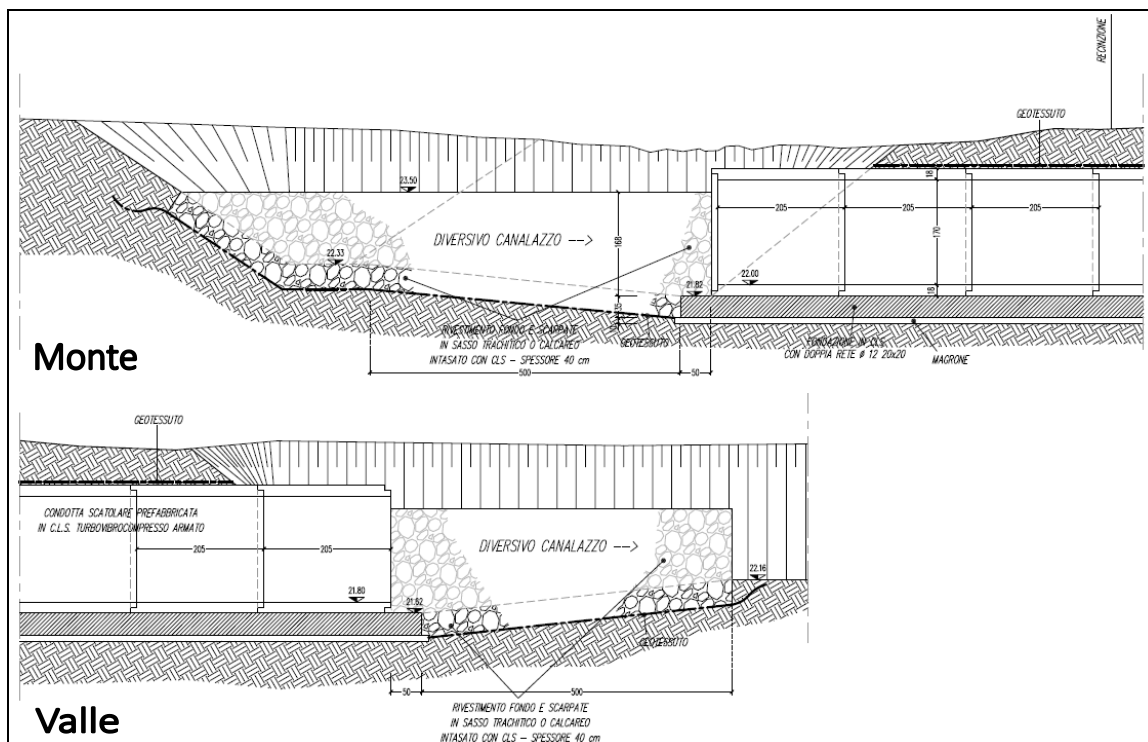


Figura 2.8-25
Sezione trasversale A-A – Tombinamento Via Giovannina



Sezioni longitudinali a monte e a valle – Tombinamento Via Giovannina

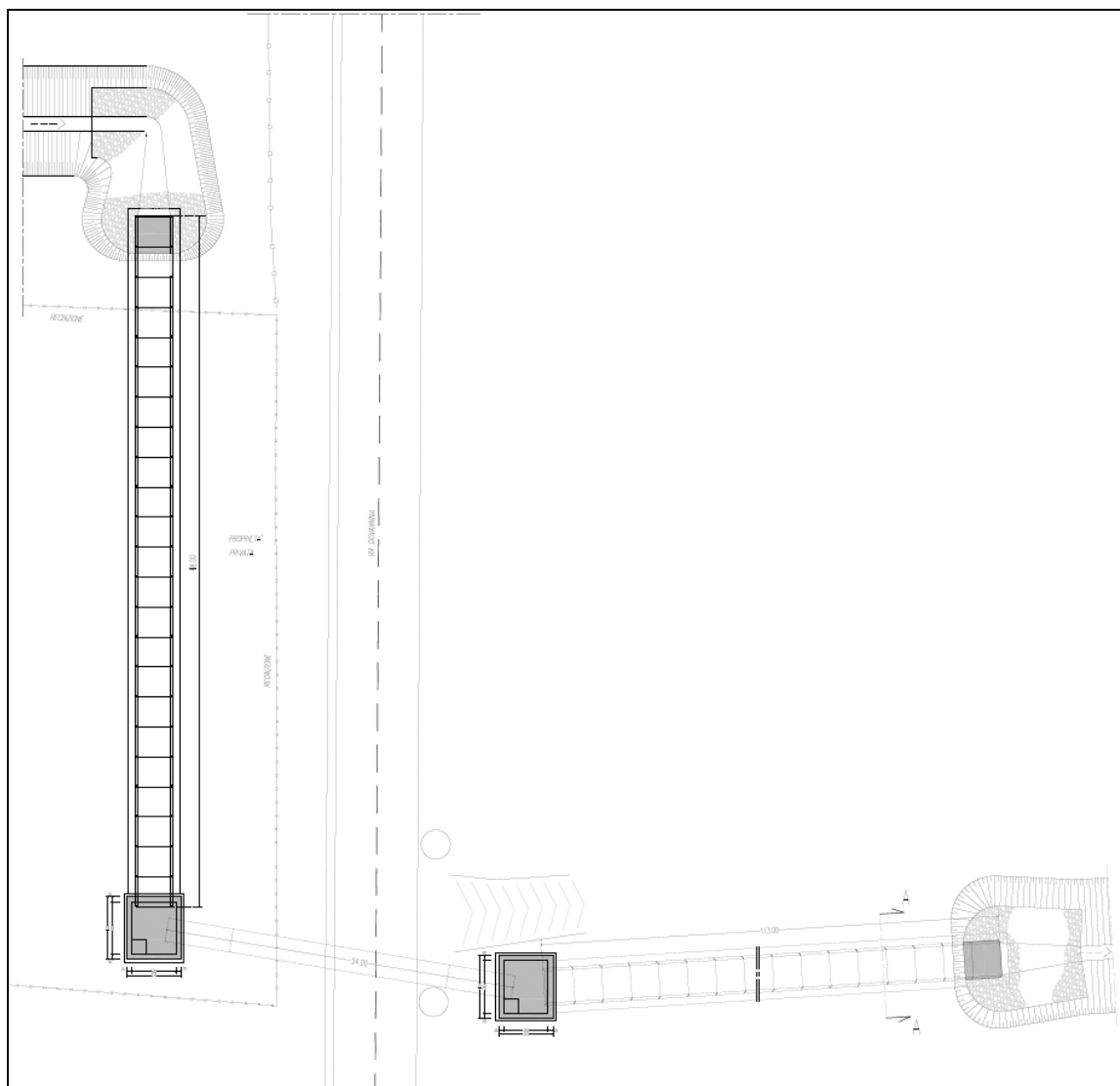


Figura 2.8-27
Pianta ad opera ultimata – Tombinamento Via Giovannina

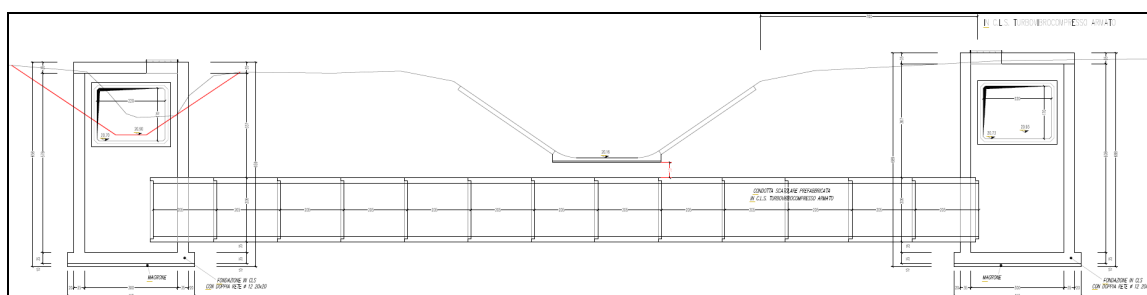


Figura 2.8-28
Sezione trasversale – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

2.9. Campagna geognostica - Risultati

Come accennato, al fine di acquisire dati specifici del sito, sono state eseguite n. 8 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono spinte a profondità variabili comprese tra m 13.98 e m 17.94 dal piano campagna, n. 4 indagini MASW e n. 4 misura HVSR.

2.9.1. CARATTERI LITOLOGICI

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 CPTe 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.

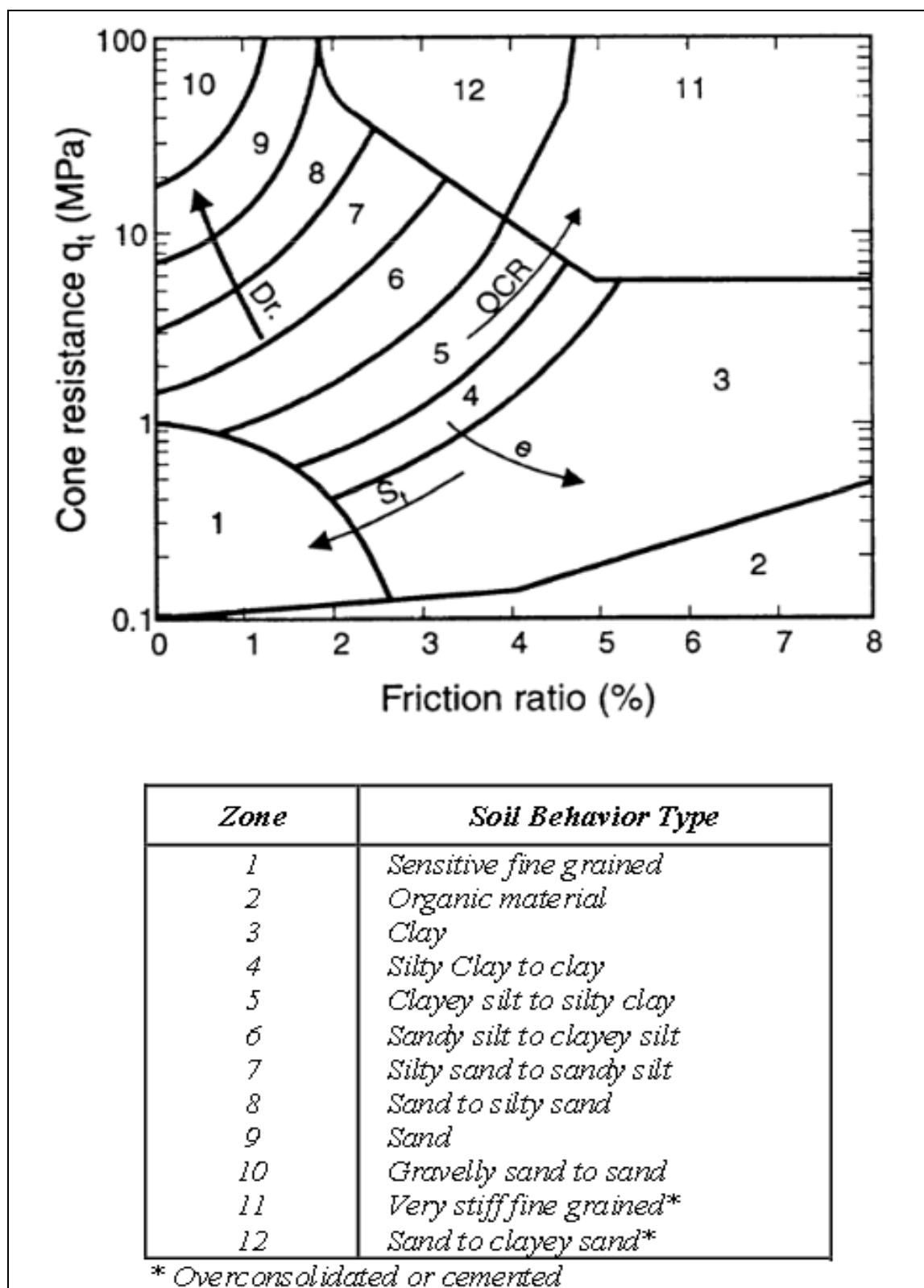


Figura 2.9.1.1-1

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

2.9.1.2. Definizione delle unità litotecniche

Come accennato, le zone in esame sono situate 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 seguenti tabelle, descritti con riferimento alla prevalenza dei terreni in essi contenuti.

Le caratterizzazioni specifiche delle singole unità sono riportate nelle schede di elaborazione al paragrafo 3.3.1 della presente relazione.

Di seguito si riportano i grafici delle prove elaborate per mezzo del software Static Probing.

Documentazione allegata:

- Allegato 1. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU1 Via del Curato
- Allegato 2. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU2 Via del Curato
- Allegato 3. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU3 Via Rigone
- Allegato 4. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU4 Via Rigone
- Allegato 5. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU7 Via Giovannina
- Allegato 6. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU8 Via Giovannina
- Allegato 7. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU5 Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore
- Allegato 8. Certificato prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono – CPTU6 Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

TABELLA 2.9.1.2-1

CPTU1 VIA DEL CURATO— DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (m)
	tetto (m)	letto (m)		
1	0.00	0.31	Sabbie limose – Limi argillosi	0.31
2	0.31	1.08	Argille limose – Argille	0.77
3	1.08	1.49	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.41
4	1.49	2.56	Limi argillosi e Argille limose	1.07
5	2.56	3.09	Sabbie limose – Limi argillosi	0.53
6	3.09	3.66	Terreni fini molto sensitivi	0.57
7	3.66	6.30	Limi sabbiosi e Limi argillosi	2.64
8	6.30	9.70	Argille	3.40
9	9.70	12.59	Argille	2.89
10	12.59	12.94	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.35
11	12.94	15.12	Argille	2.18
12	15.12	16.24	Argille limose - Argille	1.12

TABELLA 2.9.1.2-2

CPTU2 VIA DEL CURATO— DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (m)
	tetto (m)	letto (m)		
1	0.00	0.15	Terreni fini molto sensitivi	0.15
2	0.15	0.32	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.17
3	0.32	1.80	Argille limose – Argille	1.48
4	1.80	2.68	Sabbie limose – Limi argillosi	0.88
5	2.68	3.08	Argille limose – Argille	0.40
6	3.08	4.86	Limi sabbiosi e Limi argillosi	1.78
7	4.86	5.13	Sabbie limose – Limi argillosi	0.27
8	5.13	5.52	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.39
9	5.52	7.54	Argille	2.02
10	7.54	7.65	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.11
11	7.65	12.19	Argille	4.54
12	12.19	14.50	Sabbie limose – Limi argillosi	2.31
13	14.50	17.94	Argille	3.44

TABELLA 2.9.1.2-3

CPTU3 VIA RIGONE— DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (m)
	tetto (m)	letto (m)		
1	0.00	1.89	Argille limose - Argille	1.89
2	1.89	2.66	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.77
3	2.66	2.87	Sabbie limose – Limi argillosi	0.21
4	2.87	3.17	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.30
5	3.17	5.40	Limi argillosi e Argille limose	2.23
6	5.40	8.94	Argille	3.54
7	8.94	10.71	Argille	1.77
8	10.71	11.22	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.51
9	11.22	16.00	Argille	4.78

TABELLA 2.9.1.2-4

CPTU4 VIA RIGONE— DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (m)
	tetto (m)	letto (m)		
1	0.00	0.23	Terreni fini molto sensitivi	0.23
2	0.23	1.99	Limi argillosi e Argille limose	1.76
3	1.99	2.87	Sabbie limose – Limi argillosi	0.88
4	2.87	4.25	Terreni fini molto sensitivi	1.38
5	4.25	4.72	Limi argillosi e Argille limose	0.47
6	4.72	5.10	Terreni fini molto sensitivi	0.38
7	5.10	5.70	Argille limose – Argille	0.60
8	5.70	8.65	Terreni fini molto sensitivi	2.95
9	8.65	10.60	Argille	1.95
10	10.60	11.09	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.49
11	11.09	15.09	Argille	4.00

TABELLA 2.9.1.2-5

CPTU7 VIA GIOVANNINA – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (m)
	tetto (m)	letto (m)		
1	0.00	0.08	-	0.08
2	0.08	1.08	Limi argillosi e Argille limose	1.00
3	1.08	5.75	Terreni fini molto sensitivi	4.67
4	5.75	6.32	Limi argillosi e Argille limose	0.57
5	6.32	8.54	Terreni fini molto sensitivi	2.22
6	8.54	9.63	Argille	1.09
7	9.63	10.62	Limi argillosi e Argille limose	0.99
8	10.62	13.98	Argille	3.36

TABELLA 2.9.1.2-6

CPTU8 VIA GIOVANNINA – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (m)
	tetto (m)	letto (m)		
1	0.00	0.08	-	0.08
2	0.08	0.27	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.19
3	0.27	0.80	Argille limose - Argille	0.53
4	0.80	1.70	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.90
5	1.70	3.13	Limi argillosi e Argille limose	1.43
6	3.13	6.45	Sabbie – Sabbie limose	3.32
7	6.45	9.39	Sabbie – Sabbie limose	2.94
8	9.39	10.72	Terreni fini molto sensitivi	1.33
9	10.72	12.33	Limi argillosi e Argille limose	1.61
10	12.33	14.21	Argille	1.88
11	14.21	16.15	Argille	1.94
12	16.15	17.90	Argille limose - Argille	1.75

TABELLA 2.9.1.2-7

CPTU5 SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore (m)
	tetto (m)	letto (m)		
1	0.00	0.09	-	0.09
2	0.09	2.28	Argille limose – Argille	2.19
3	2.28	3.70	Terreni fini molto sensitivi	1.42
4	3.70	4.19	Limi argillosi e Argille limose	0.49
5	4.19	4.51	Terreni fini molto sensitivi	0.32
6	4.51	6.00	Argille limose – Argille	1.49
7	6.00	7.08	Terreni fini molto sensitivi	1.08
8	7.08	7.99	Limi argillosi e Argille limose	0.91
9	7.99	14.08	Argille	6.09
10	14.08	16.23	Limi argillosi e Argille limose	2.15

TABELLA 2.9.1.2-8

CPTU6 SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE – DESCRIZIONI LITOLOGICHE

N. strati	Profondità		Descrizione	Spessore	
	tetto (m)	letto (m)		(m)	
1	0.00	0.08	-	0.08	
2	0.08	0.51	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.43	
3	0.51	1.44	Argille	0.93	
4	1.44	3.28	Terreni fini molto sensitivi	1.84	
5	3.28	4.99	Argille	1.71	
6	4.99	6.89	Argille limose – Argille	1.90	
7	6.89	7.05	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.16	
8	7.05	13.98	Argille	6.93	
9	13.98	14.65	Argille limose – Argille	0.67	
10	14.65	15.18	Limi sabbiosi e Limi argillosi	0.53	
11	15.18	15.96	Argille limose – Argille	0.78	

Probe CPTU - Piezocone CPTU1
Strumento utilizzato PAGANI MKS915

CPTU1_023_22_ES
Via del Curato

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Cantiere:
Località: Cento (FE)

Data: 07/02/2022

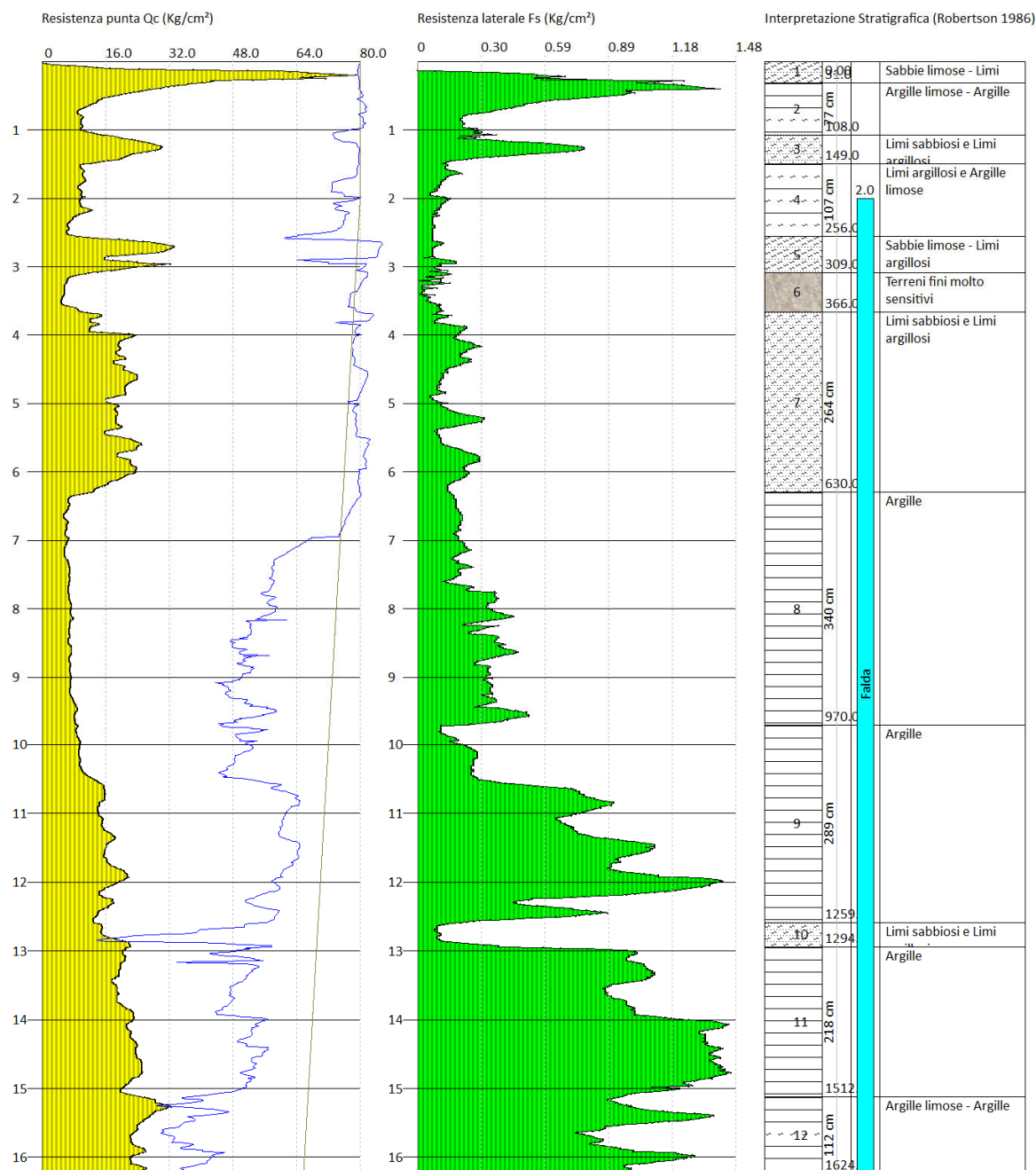


Figura 2.9.1.2-1
Grafici prova CPTU1 Via del Curato

Probe CPTU - Piezocone CPTU2
Strumento utilizzato PAGANI MKS915

CPTU2_023_22_ES
Via del Curato

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Cantiere:
Località: Cento (FE)

Data: 07/02/2022

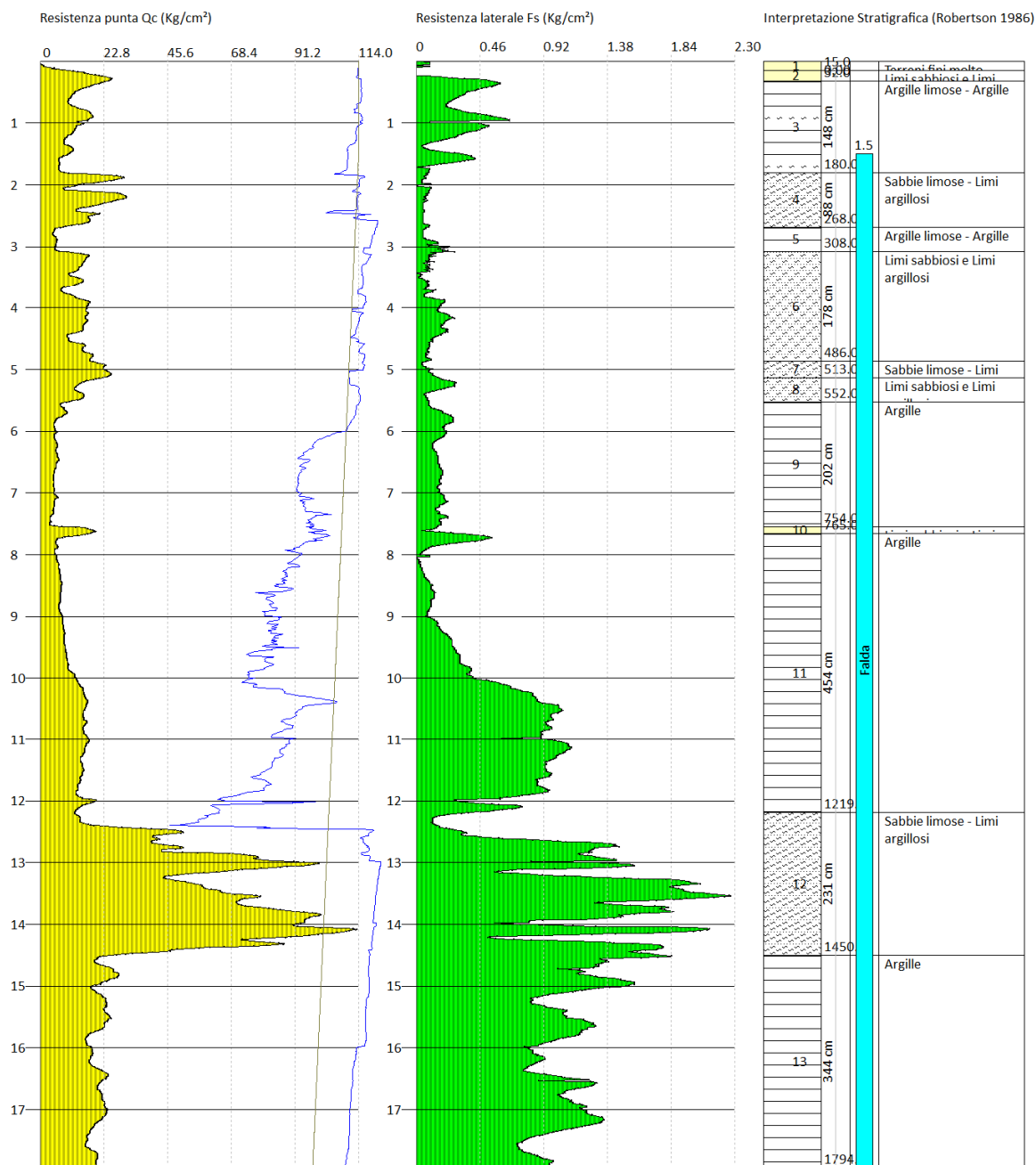


Figura 2.9.1.2-2
Grafici prova CPTU2 Via del Curato

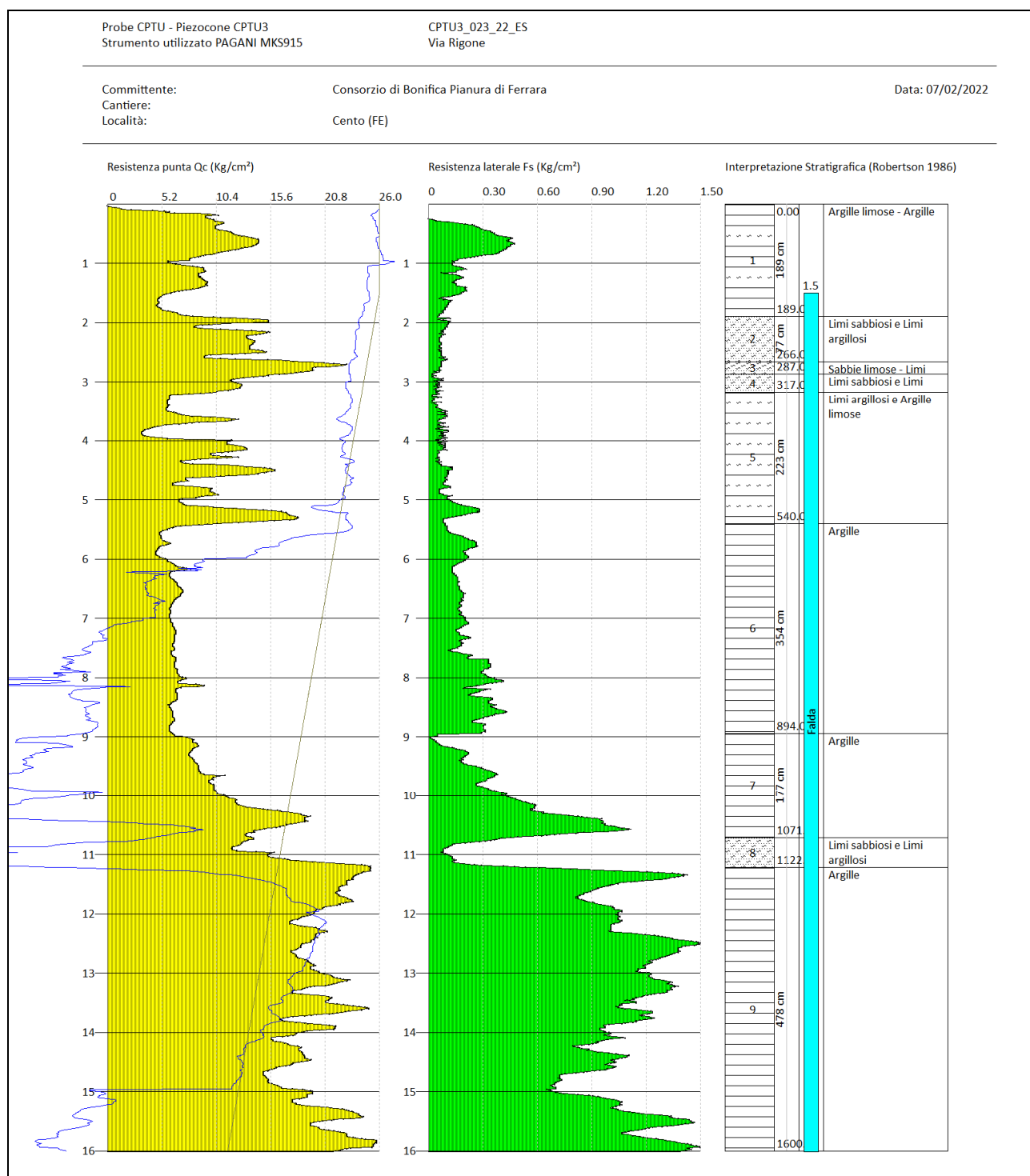


Figura 2.9.1.2-3
Grafici prova CPTU3 Via Rigone



Probe CPTU - Piezocone CPTU4
Strumento utilizzato PAGANI MKS915

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Cantiere:
Località: Cento (FE)

Data: 07/02/2022

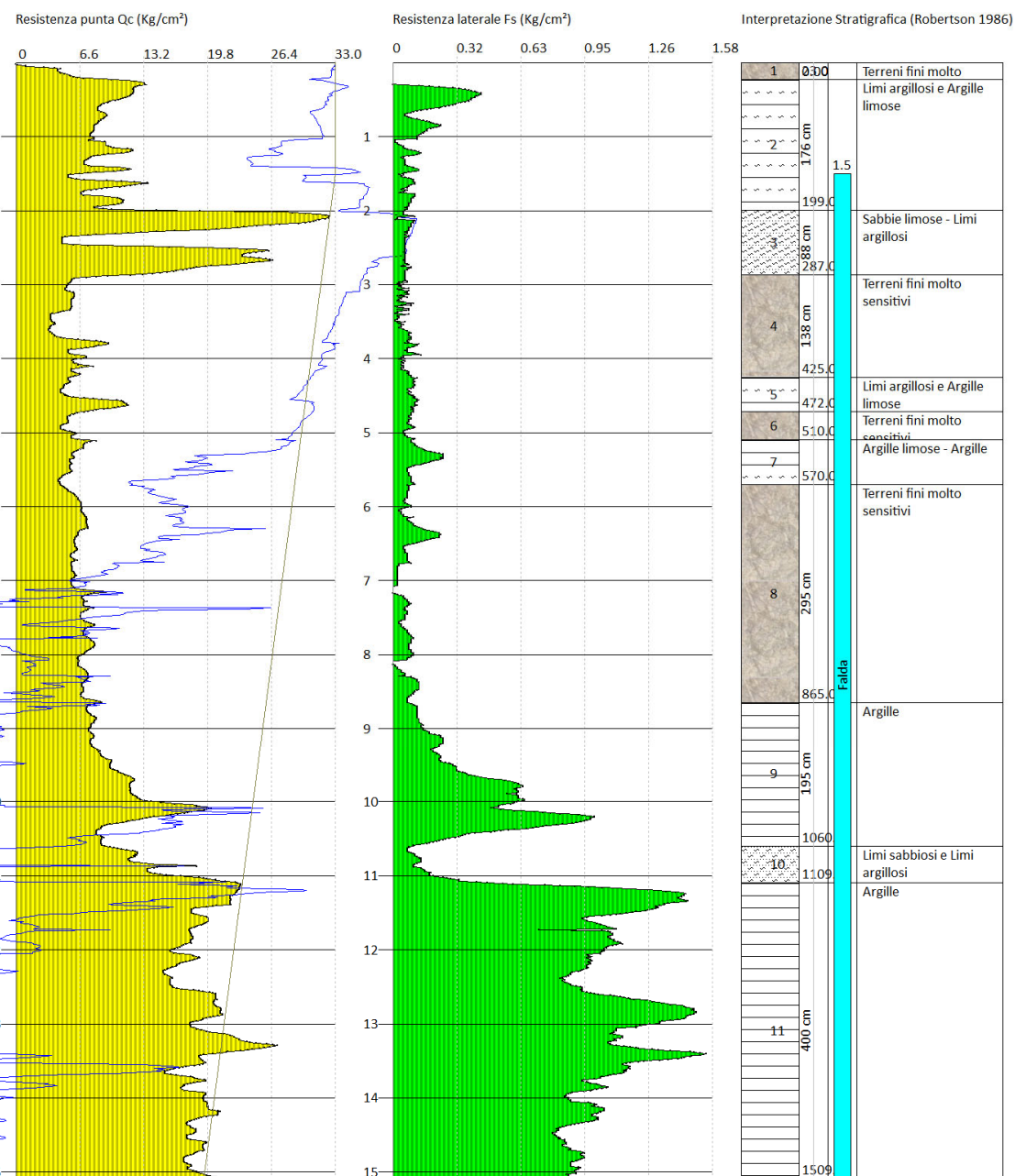


Figura 2.9.1.2-4
Grafici prova CPTU4 Via Rigone

Probe CPTU - Piezocone CPTU7
Strumento utilizzato PAGANI MKS915

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Cantiere: Cento (FE)
Località: Cento (FE)

Data: 11/02/2022

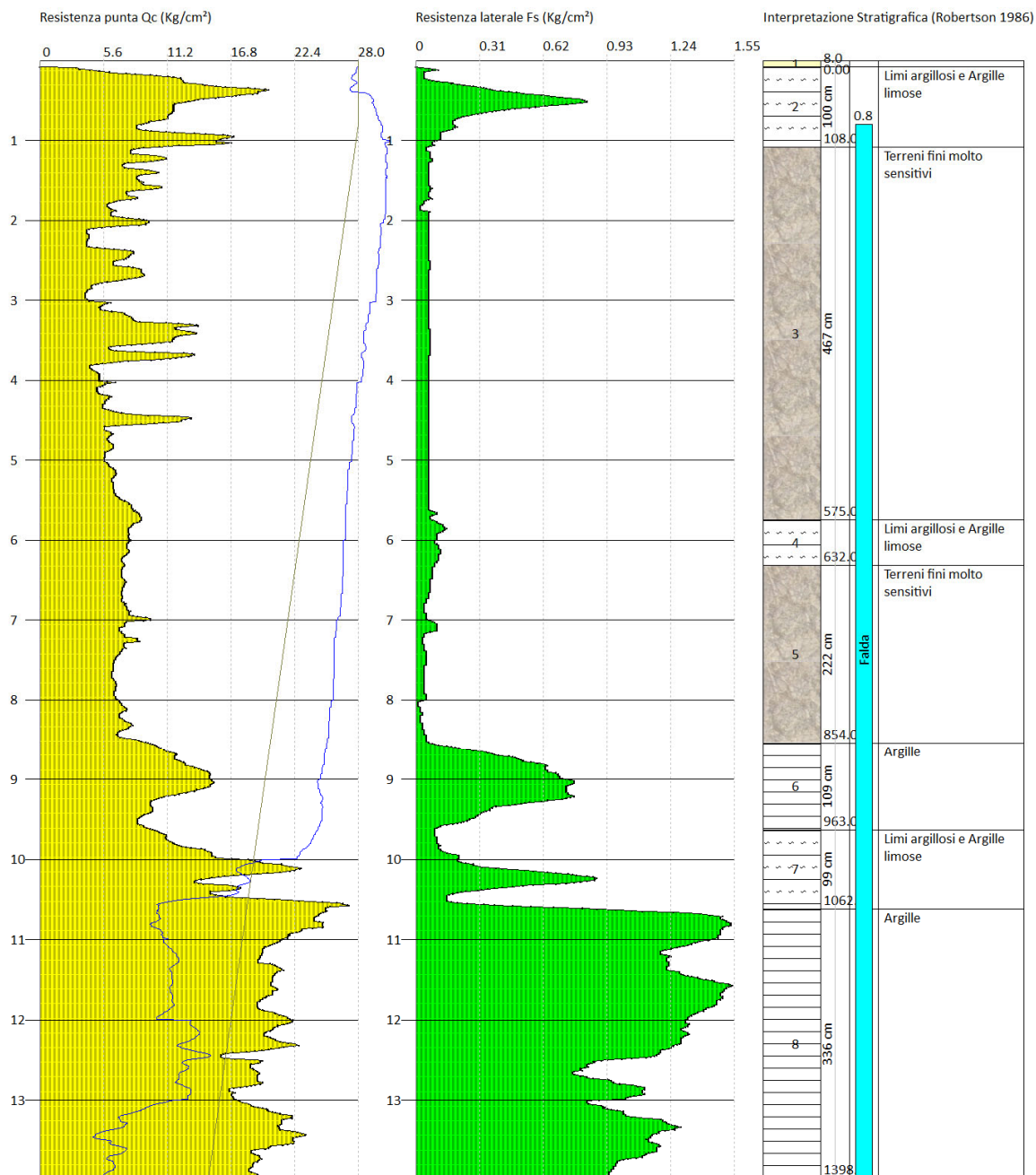


Figura 2.9.1.2-5
Grafici prova CPTU7 Via Giovannina

Probe CPTU - Piezocone CPTU8
Strumento utilizzato PAGANI MKS915

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Cantiere:
Località: Cento (FE)

Data: 07/02/2022

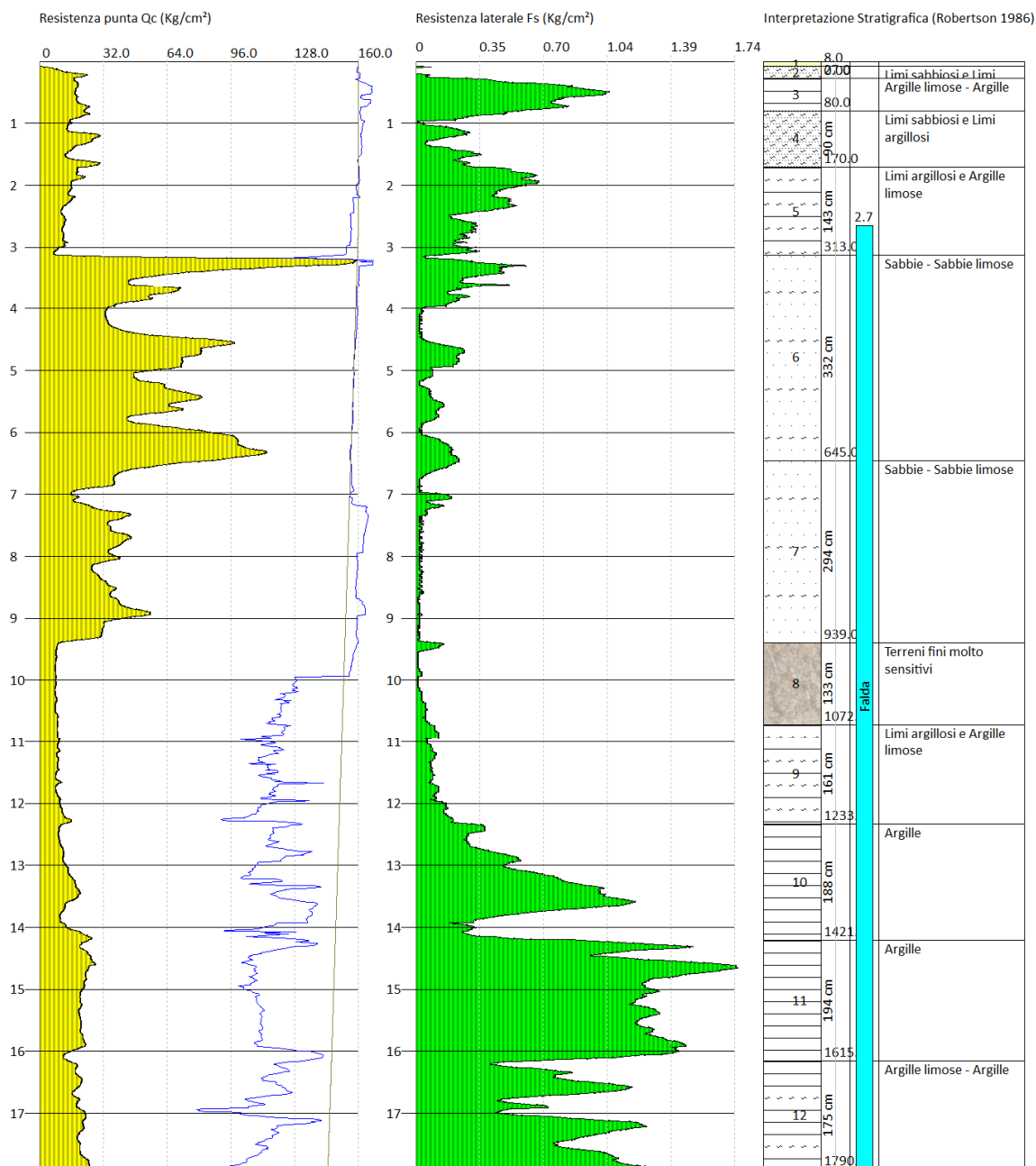


Figura 2.9.1.2-6
Grafici prova CPTU8 Via Giovannina

Probe CPTU - Piezocone CPTU5
Strumento utilizzato PAGANI MKS915

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Cantiere:
Località: Cento (FE)

Data: 11/02/2022

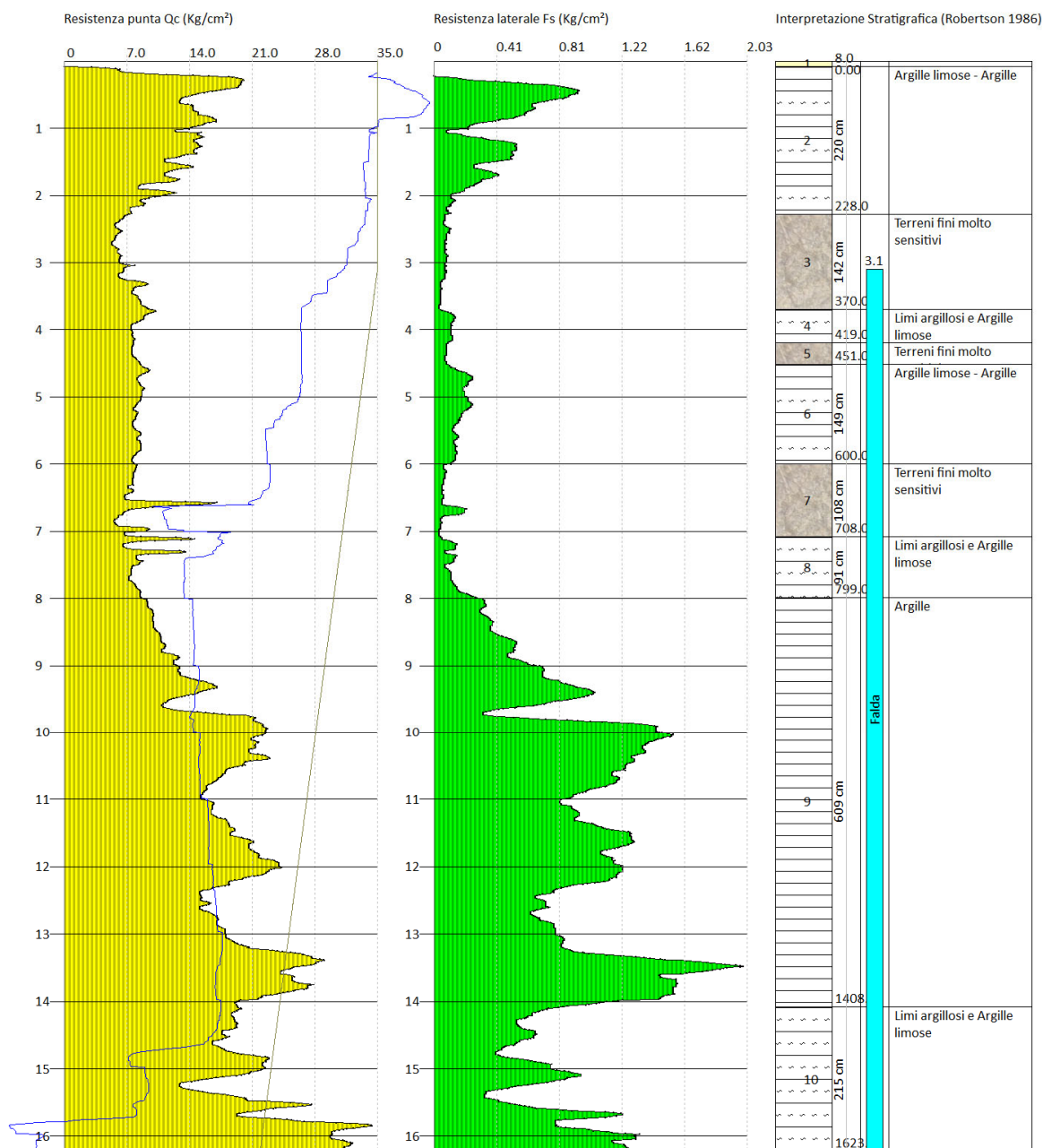


Figura 2.9.1.2-7
Grafici prova CPTU5 Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

Probe CPTU - Piezocone CPTU6
Strumento utilizzato PAGANI MKS915

Committente: Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
Cantiere:
Località: Cento (FE)

Data: 14/02/2022

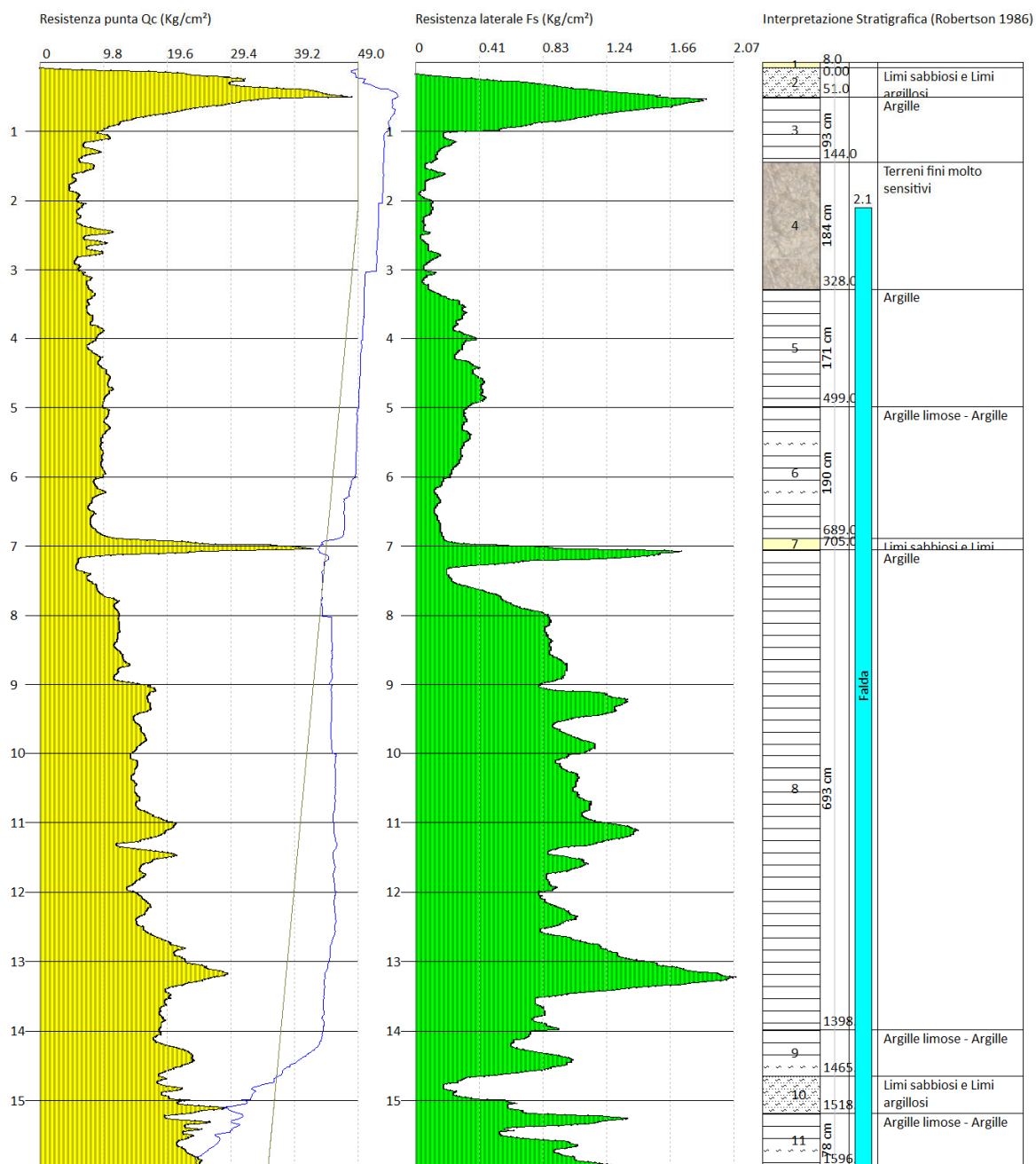


Figura 2.9.1.2-8
Grafici prova CPTU6 Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

2.9.2. INDAGINI GEOFISICHE

2.9.2.1. Misura a stazione singola con metodo HVSR

Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) proposto da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente modificato da Nakamura (1989), si basa sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del rumore sismico registrato in un sito. Il rumore sismico è presente ovunque ed è generato sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) che dall'attività antropica. Il rumore sismico è indicato spesso come microtremore poiché è caratterizzato da oscillazioni molto deboli (dell'ordine dei $\mu\text{m/s}$). I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma soprattutto da onde superficiali, la cui velocità è comunque prossima a quella delle onde S (Mulargia et al., 2007).

La tecnica di misura del rumore sismico richiede tempi di registrazione pari a 10-30 minuti e necessita di sensori triassiali da sismologia con messa in bolla, digitalizzatore 24 bit con elevata dinamica, elevato guadagno ed elevata frequenza di campionamento nativo, con minimizzazione del rumore elettro/meccanico.

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un tromografo digitale, TROMINO® ENG 3G (MoHo s.r.l.) dotato di:

- tre canali velocimetrici (N-S, E-W, Up-Down) ad alto guadagno per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a 1.2 mm/s);
- un canale per l'antenna GPS;
- un canale che permette il collegamento con il trigger
- modulo radio ricevente/trasmittente (per la sincronizzazione tra diverse unità)

Il sistema opera nell'intervallo di frequenze 0.1–1024 Hz.

2.9.2.2. Misurazione con stazione multipla con tecnica pseudo-multicanale di tipo MASW

Il metodo MASW (Park et al., 1999) è un miglioramento del metodo SASW (Nazarian e Stokoe, 1984), denominato metodo d'indagine geofisica a onde di superficie (Rayleigh e Love) di tipo attivo, che registra simultaneamente la propagazione di un'onda che viene creata appositamente, tramite l'impiego di una sorgente sismica (mazza, caduta grave, seismic gun, vibrodina).

La strumentazione utilizzata per l'esecuzione della prova si discosta dalla solita realizzazione di un comune profilo sismico con stendimento lineare multicanale con geofoni verticali (4.5 Hz), ma bensì consiste in un'acquisizione pseudo-multicanale con l'utilizzo di un trigger wireless e di un TROMINO® ENG 3G.

Il trigger wireless è un dispositivo che trasmette, via radio, un impulso a TROMINO® ENG 3G nell'istante esatto in cui viene rilasciato il colpo dalla sorgente sismica. Il trigger wireless è usato per segnare il tempo di origine nelle tecniche sismiche multicanale.

La prova viene effettuata mantenendo il ricevitore, TROMINO® ENG 3G che altro non è che un geofono triassiale, in una posizione fissa mentre si provvede allo spostamento della sorgente e del trigger wireless a diverse distanze da TROMINO® ENG 3G, il software Grilla permette la ricostruzione delle tracce multicanali equivalenti in 3 direzioni ortogonali.

2.9.2.3. Risultati delle indagini geofisiche

Le VS₃₀ sono state determinate attraverso le elaborazioni delle prove sismiche effettuate, tramite il software Grilla release 9.7.0.2 beta.

2.9.2.3.1. TECNICA HVSR – VIA DEL CURATO

Di seguito si riporta la curva HVSR registrata in data 03 febbraio 2022, ottenuta utilizzando un TROMINO® ENGY 3G. La registrazione è durata 30 minuti, con una frequenza di campionamento di 128 Hz, una lunghezza delle finestre di 20 s, un tipo di liscio "triangular window" del 10%.

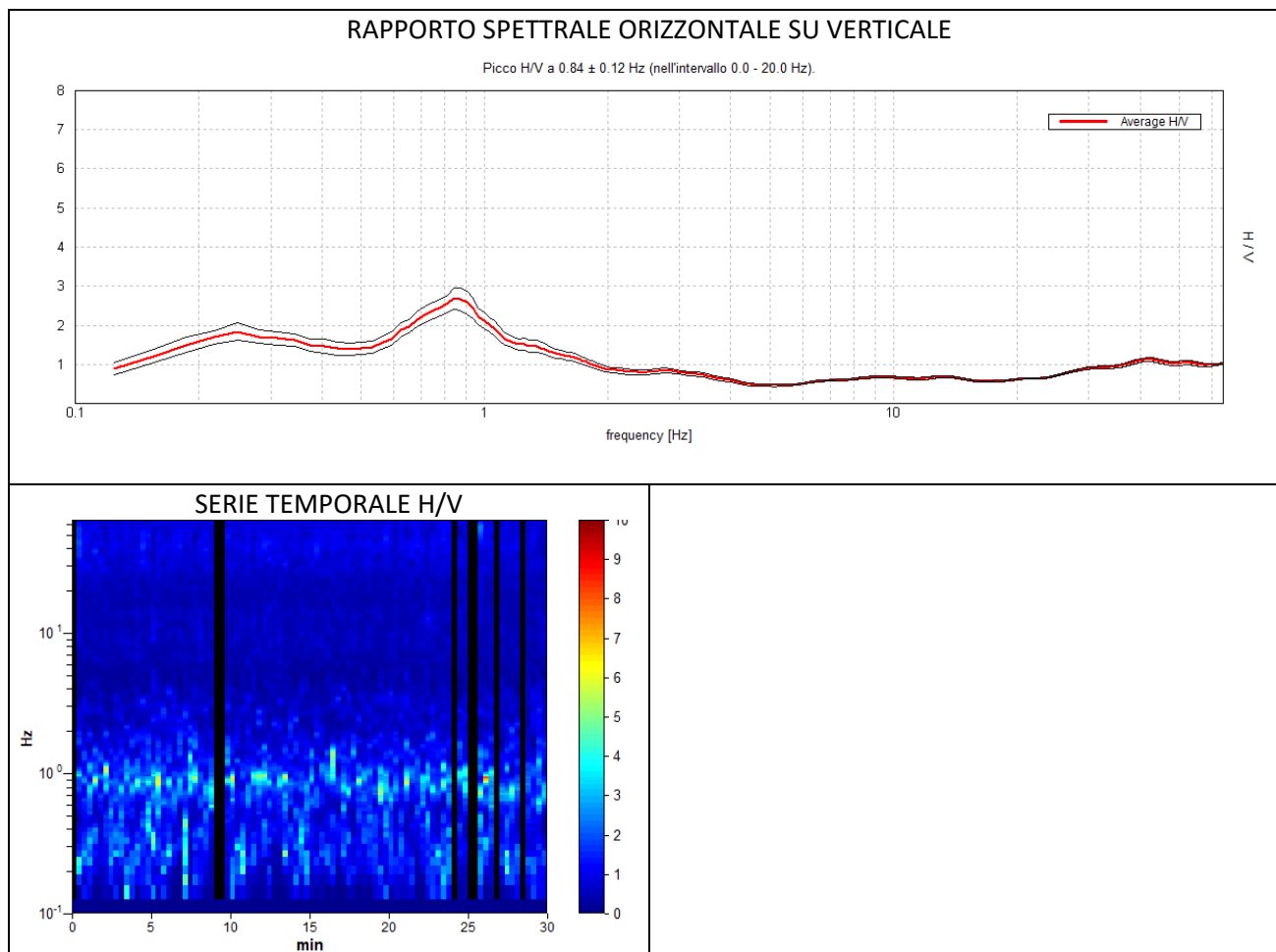


Figura 2.9.2.3.1-1

Curva HVSR registrata nel sito in esame con serie temporale considerata nell'analisi

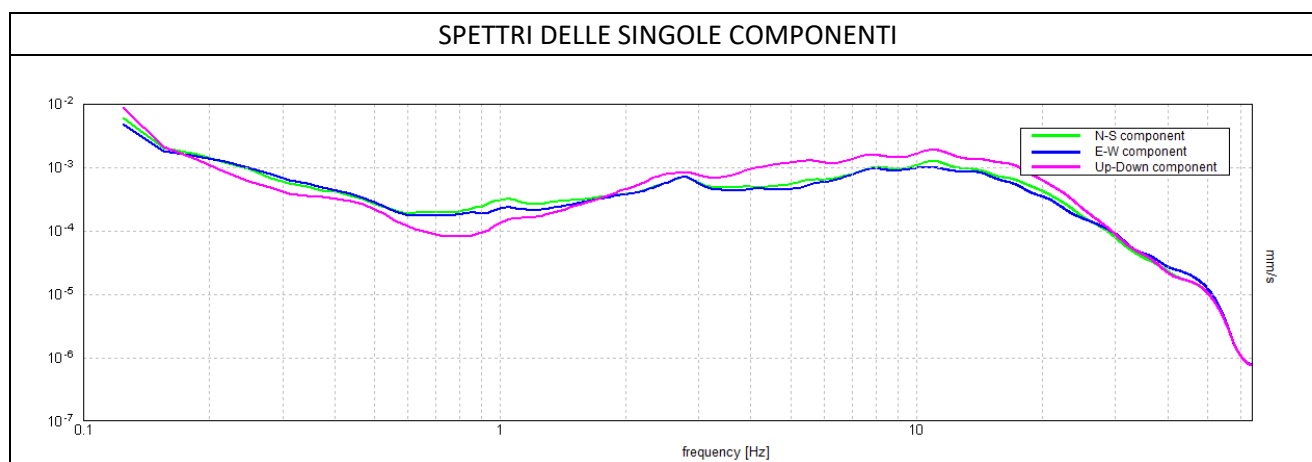


Figura 2.9.2.3.1-2

Componenti del moto - HVSR

2.9.2.3.2. TECNICA MASW – VIA DEL CURATO

Di seguito si riporta lo spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito con tecnica MASW in corrispondenza dell'area di studio. Per l'acquisizione pseudo-multicanale la spaziatura di ogni battuta del trigger wireless è stata di 3.00 m per i primi 30 m e di 4 m da 30 m a 50 m per un totale di 15 battute, con una frequenza di campionamento pari a 512 Hz. La sorgente consiste in una mazza (5 Kg).

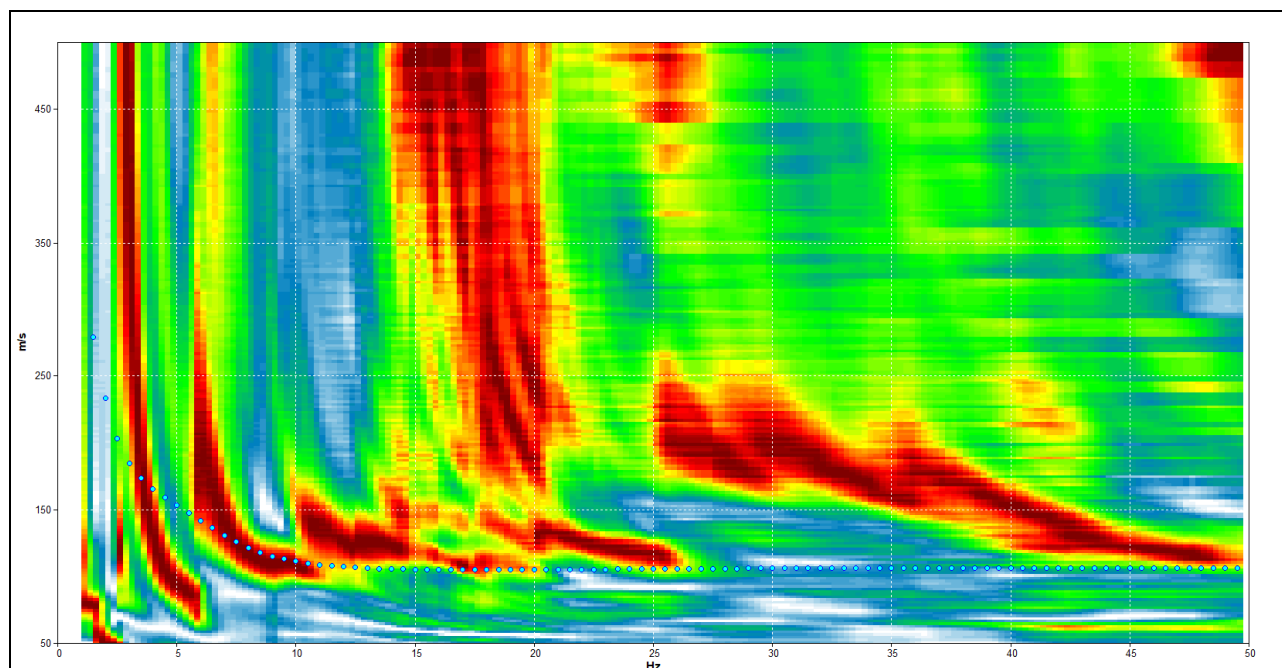


Figura 2.9.2.3.2-1

Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh e picking per il profilo con tecnica MASW.

2.9.2.3.3. **MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE VS – VIA DEL CURATO**

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti, il modello di sottosuolo considerato per il sito in studio, in termini di curva H/V e di profilo verticale di Vs, è riportato nelle figure e nella tabella sottostanti.

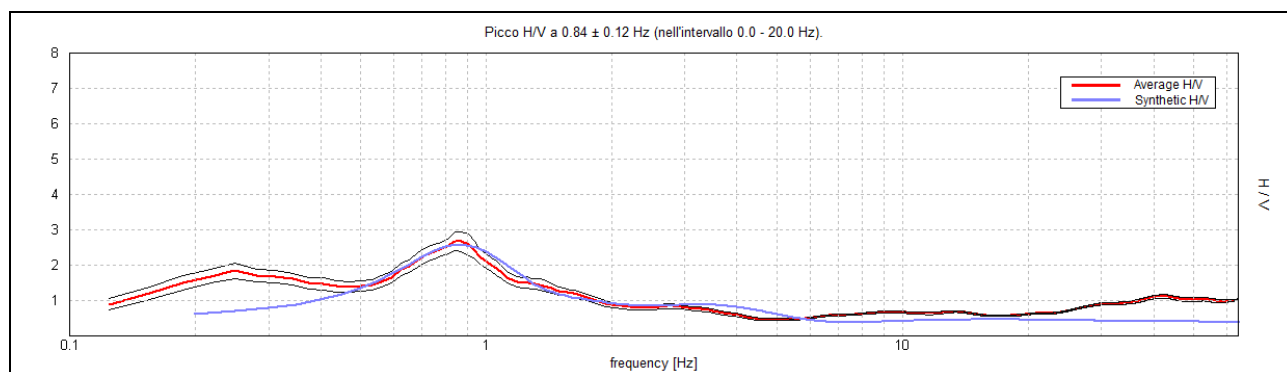


Figura 2.9.2.3.3-1

Curva H/V sperimentale (rosso) a confronto con curva H/V teorica (azzurro) per il modello di sottosuolo proposto sotto

TABELLA 2.9.2.3.3-1

MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

PROFONDITÀ ALLA BASE DELLO STRATO [M]	SPESSORE [M]	Vs [m/s]
1.00	1.00	110
2.00	1.00	120
5.00	3.00	105
7.00	2.00	125
17.00	10.00	170
37.00	20.00	200
87.00	50.00	290
inf.	inf.	400

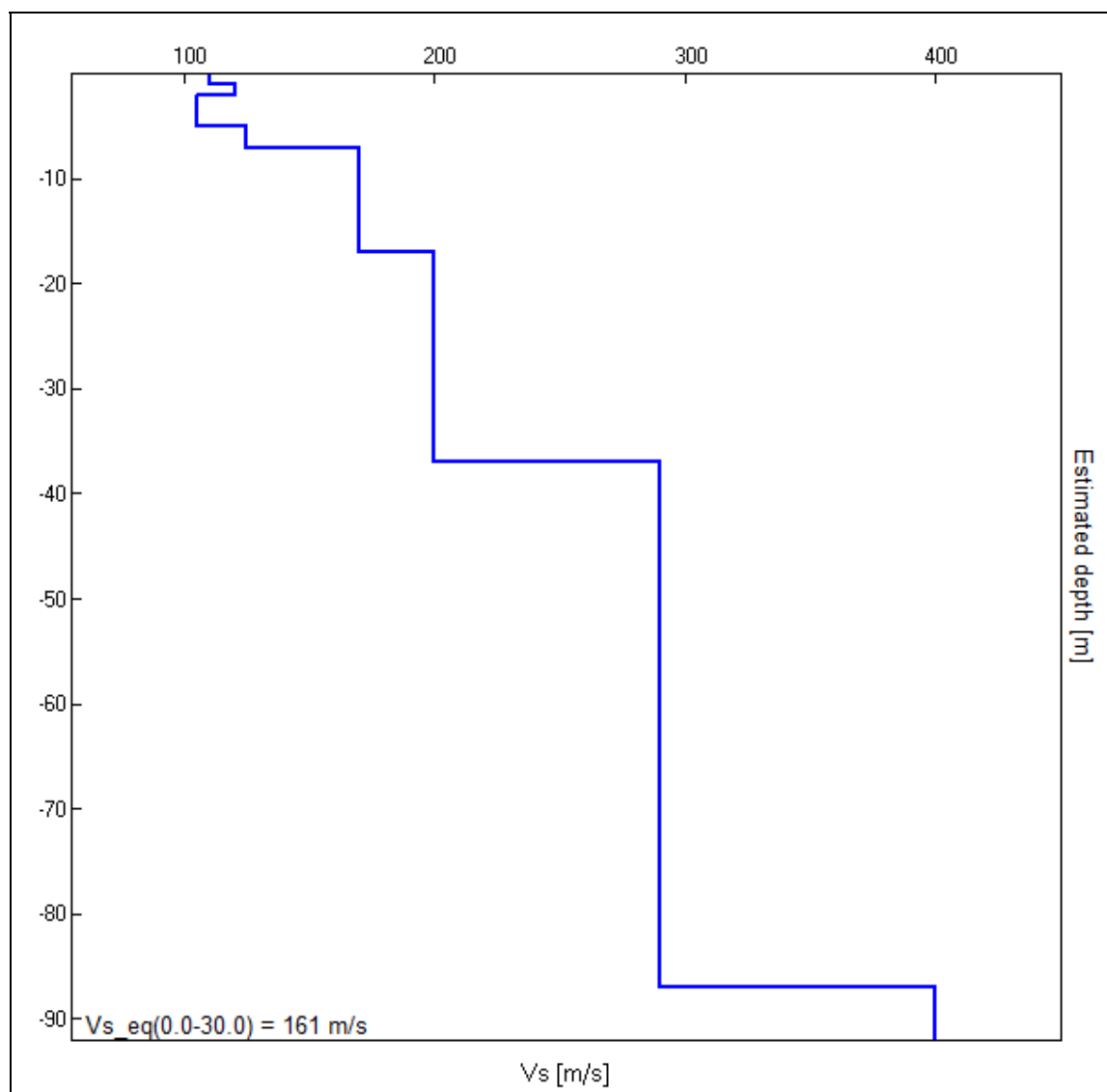


Figura 2.9.2.3.3-2

Modello di velocità delle onde di taglio S

La curva sperimentale HVSR indica la presenza di deboli amplificazioni locali del moto del suolo per risonanza stratigrafica a basso contrasto d'impedenza in tutto il *range* analizzato (0.1 - 20 Hz).

Il massimo valore del rapporto H/V si registra nel range 0.6-1.0 Hz circa, con massimo a 0.84 Hz.

2.9.2.3.4. TECNICA HVSR – VIA RIGONE

Di seguito si riporta la curva HVSR registrata in data 03 febbraio 2022, ottenuta utilizzando un TROMINO® ENGY 3G. La registrazione è durata 30 minuti, con una frequenza di campionamento di 128 Hz, una lunghezza delle finestre di 20 s, un tipo di liscio "triangular window" del 10%.

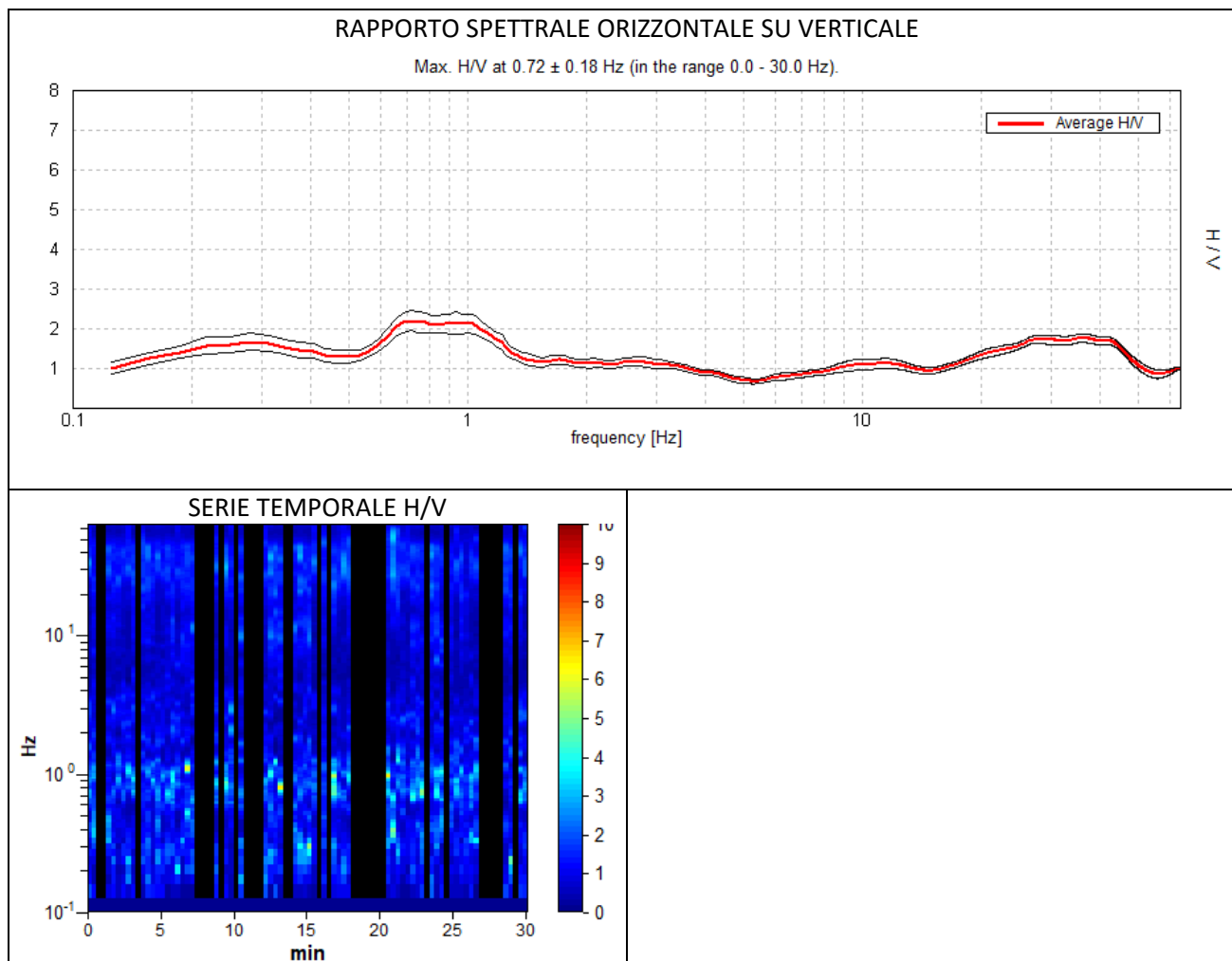


Figura 2.9.2.3.4-1

Curva HVSR registrata nel sito in esame con serie temporale considerata nell'analisi

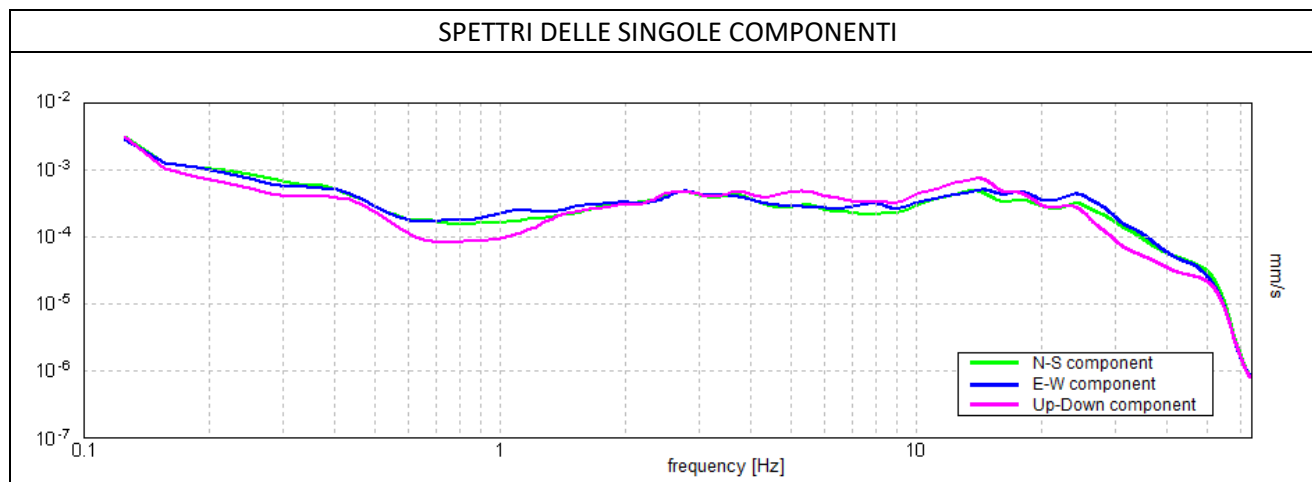


Figura 2.9.2.3.4-2

Componenti del moto - HVSR

2.9.2.3.5. TECNICA MASW – VIA RIGONE

Di seguito si riporta lo spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito con tecnica MASW in corrispondenza dell'area di studio. Per l'acquisizione pseudo-multicanale la spaziatura di ogni battuta del trigger wireless è stata di 3.00 m per i primi 30 m e di 4 m da 30 m a 50 m per un totale di 15 battute, con una frequenza di campionamento pari a 512 Hz. La sorgente consiste in una mazza (5 Kg).

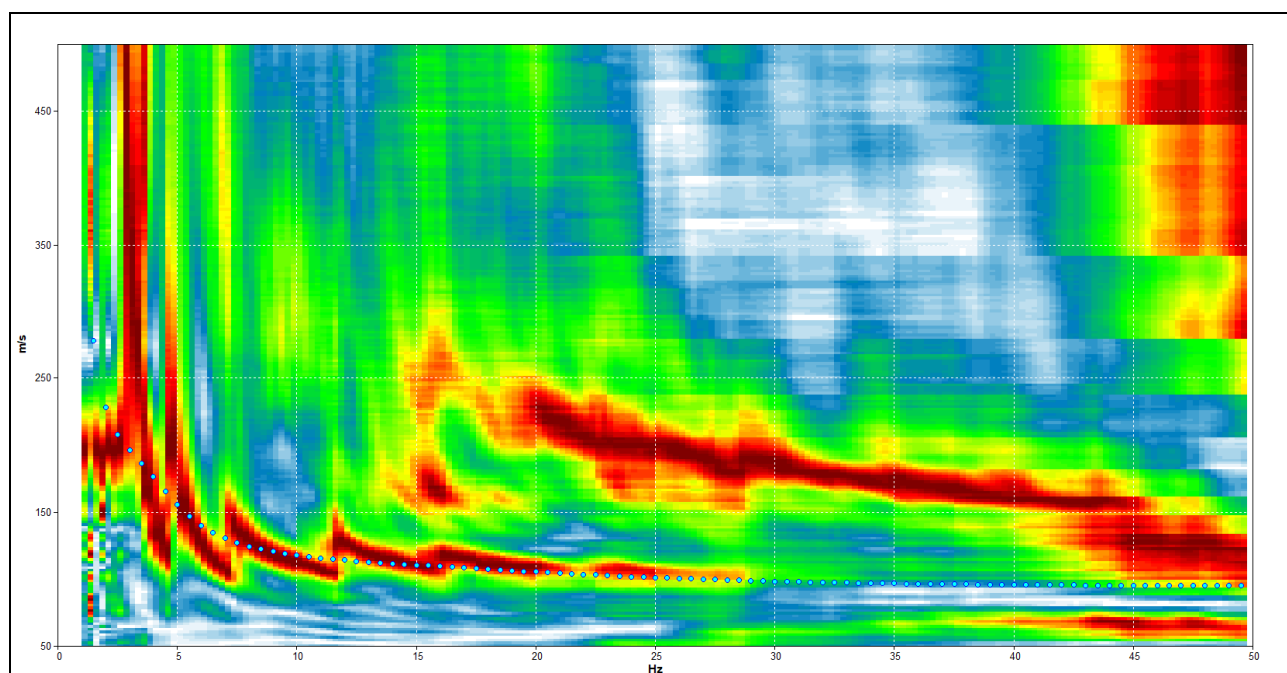


Figura 2.9.2.3.5-1

Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh e picking per il profilo con tecnica MASW.

2.9.2.3.6. MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE VS – VIA RIGONE

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti, il modello di sottosuolo considerato per il sito in studio, in termini di curva H/V e di profilo verticale di Vs, è riportato nelle figure e nella tabella sottostanti.

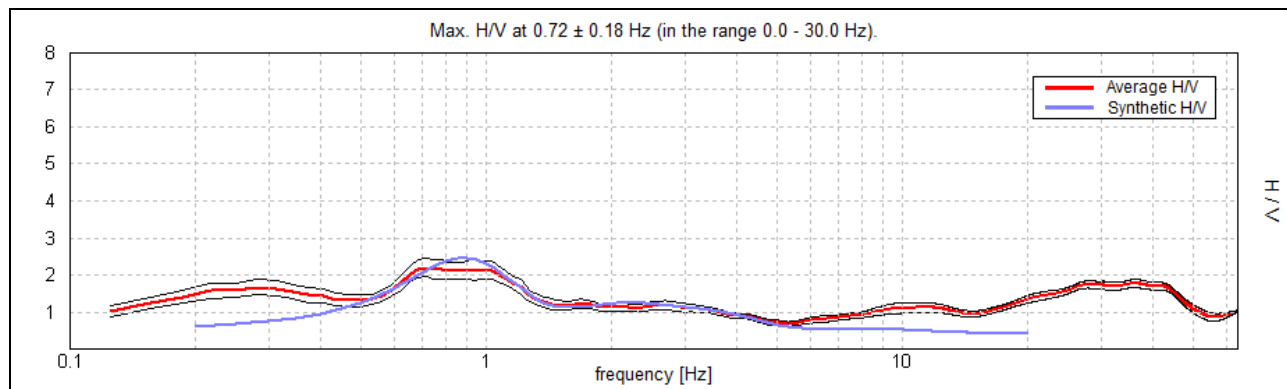


Figura 2.9.2.3.6-1

Curva H/V sperimentale (rosso) a confronto con curva H/V teorica (azzurro) per il modello di sottosuolo proposto sotto

TABELLA 2.9.2.3.6-1

MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

PROFONDITÀ ALLA BASE DELLO STRATO [m]	SPESSORE [m]	Vs [m/s]
2.00	2.00	100
8.00	6.00	125
15.00	7.00	165
35.00	20.00	220
70.00	35.00	250
inf.	inf.	390

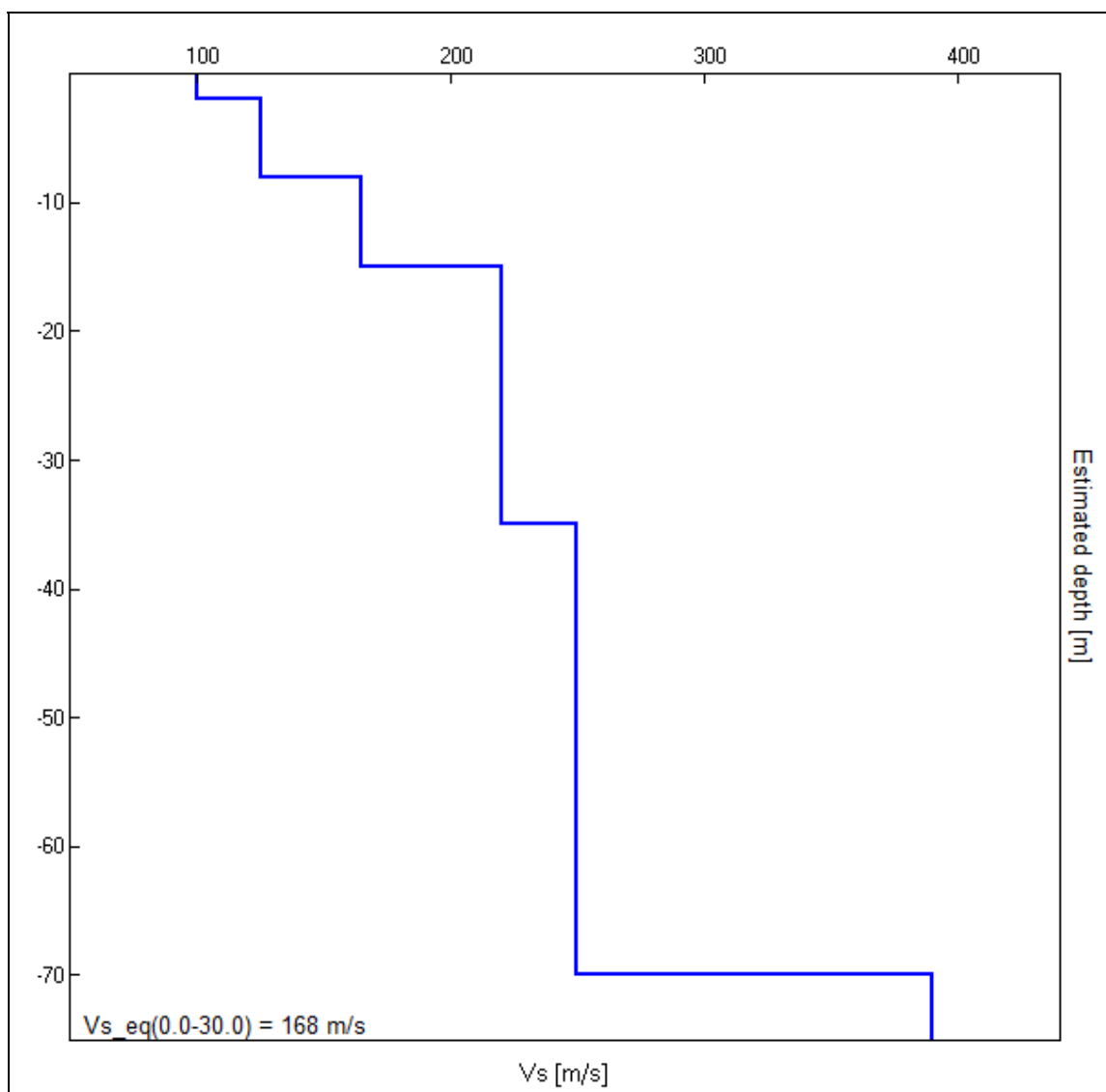


Figura 2.9.2.3.3-2

Modello di velocità delle onde di taglio S

La curva sperimentale HVSR indica la presenza di deboli amplificazioni locali del moto del suolo per risonanza stratigrafica a basso contrasto d'impedenza in tutto il range analizzato (0.1 - 20 Hz).

Il massimo valore del rapporto H/V si registra nel range 0.6-1.0 Hz circa con massimo a 0.72 Hz.

2.9.2.3.7. TECNICA HVSR – VIA GIOVANNINA

Di seguito si riporta la curva HVSR registrata in data 03 febbraio 2022, ottenuta utilizzando un TROMINO® ENGY 3G. La registrazione è durata 30 minuti, con una frequenza di campionamento di 128 Hz, una lunghezza delle finestre di 20 s, un tipo di lisciamento “triangular window” del 10%.

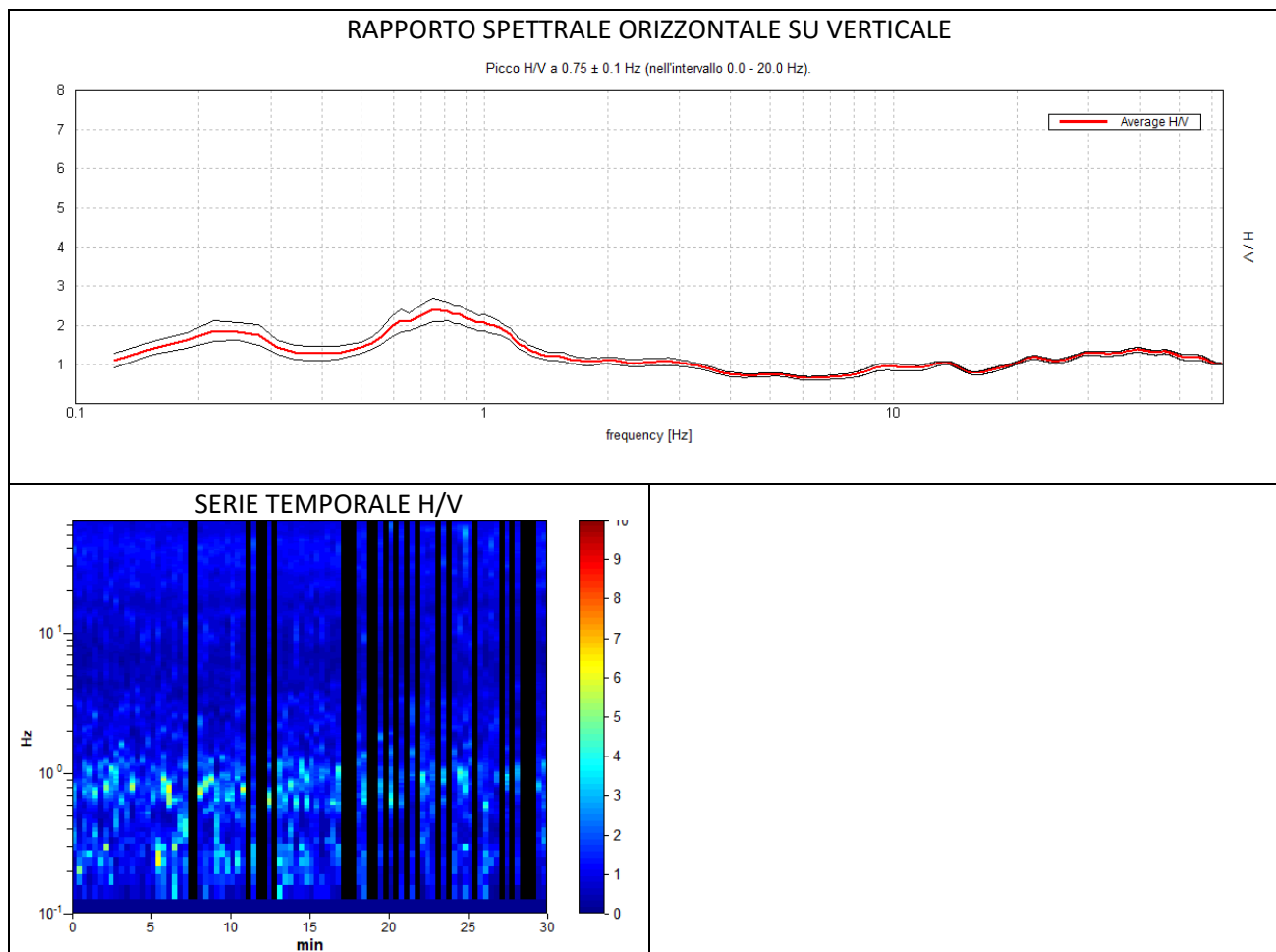


Figura 2.9.2.3.7-1

Curva HVSR registrata nel sito in esame con serie temporale considerata nell'analisi

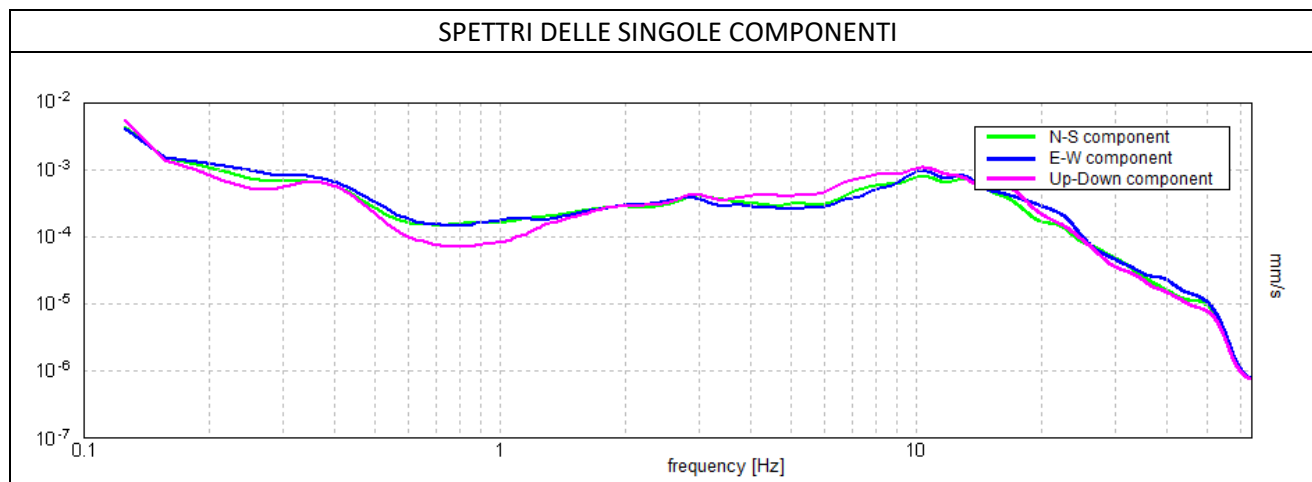


Figura 2.9.2.3.7-2

Componenti del moto - HVSR

2.9.2.3.8. TECNICA MASW – VIA GIOVANNINA

Di seguito si riporta lo spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito con tecnica MASW in corrispondenza dell'area di studio. Per l'acquisizione pseudo-multicanale la spaziatura di ogni battuta del trigger wireless è stata di 3.00 m per i primi 30 m e di 4 m da 30 m a 50 m per un totale di 15 battute, con una frequenza di campionamento pari a 512 Hz. La sorgente consiste in una mazza (5 Kg).

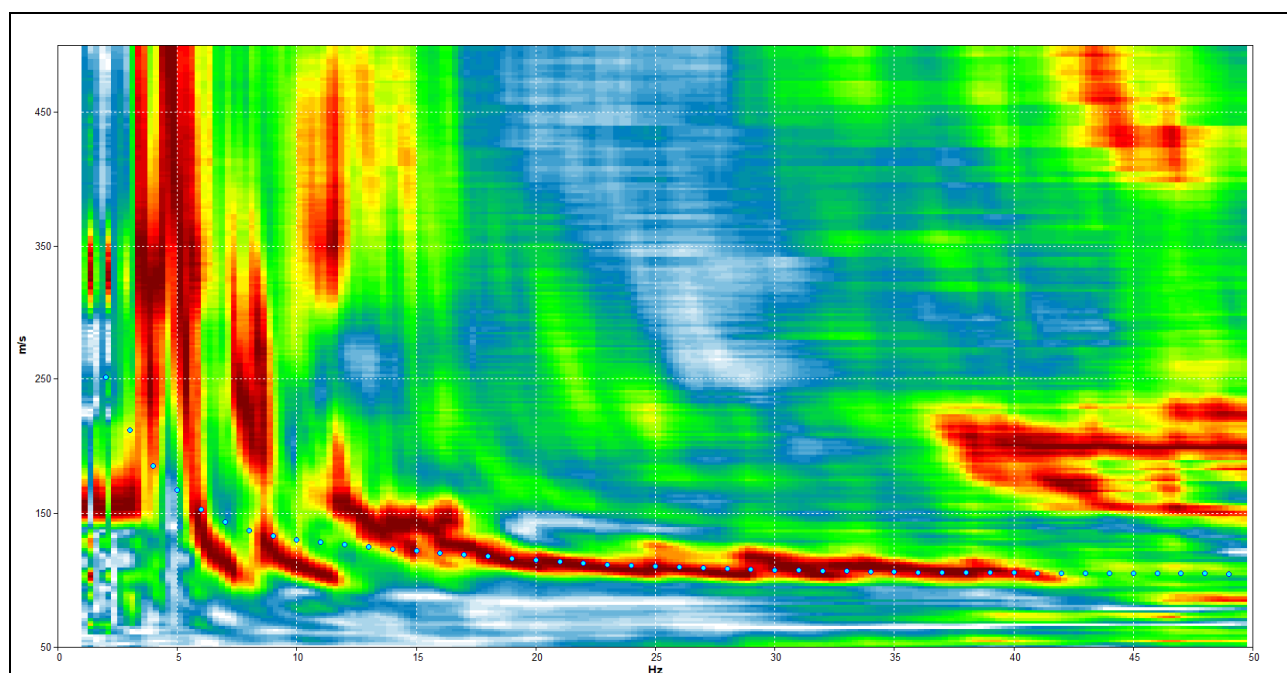


Figura 2.9.2.3.8-1

Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh e picking per il profilo con tecnica MASW.

2.9.2.3.9. MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE VS – VIA GIOVANNINA

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti, il modello di sottosuolo considerato per il sito in studio, in termini di curva H/V e di profilo verticale di Vs, è riportato nelle figure e nella tabella sottostanti.

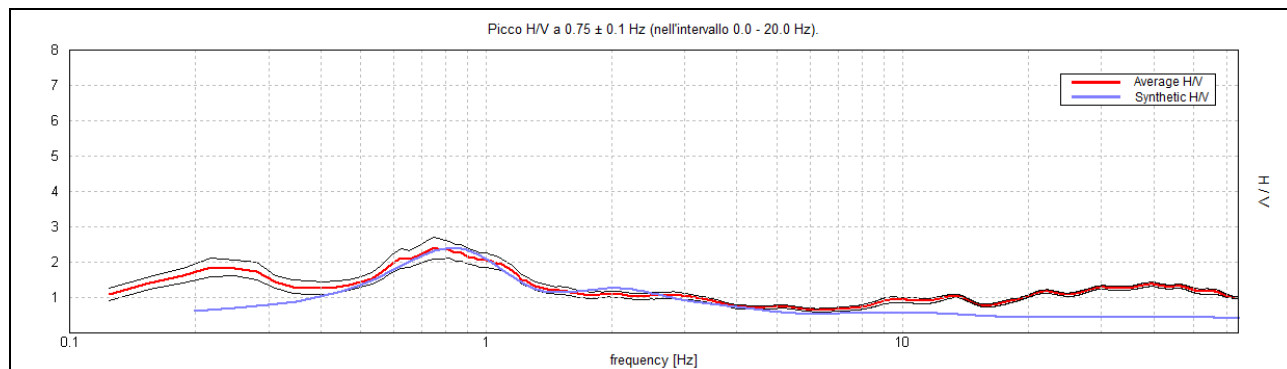


Figura 2.8.2.3.9-1

Curva H/V sperimentale (rosso) a confronto con curva H/V teorica (azzurro) per il modello di sottosuolo proposto sotto

TABELLA 2.9.2.3.9-1

MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

PROFONDITÀ ALLA BASE DELLO STRATO [M]	SPESSORE [M]	Vs [M/s]
2.50	2.50	110
9.50	7.00	140
12.50	3.00	170
30.50	18.00	205
85.50	55.00	280
inf.	inf.	420

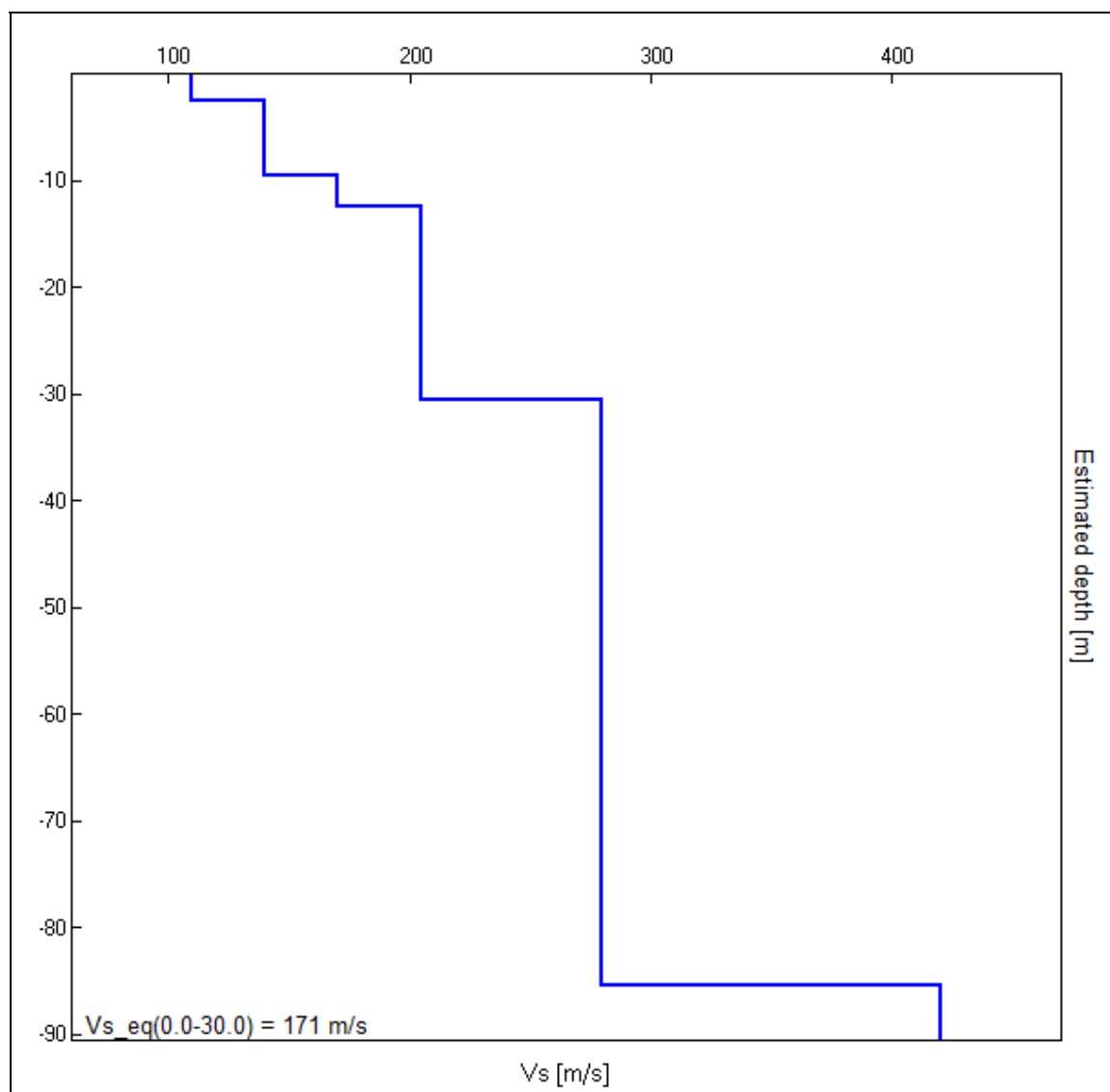


Figura 2.9.2.3.9-2

Modello di velocità delle onde di taglio S

La curva sperimentale HVSR indica la presenza di deboli amplificazioni locali del moto del suolo per risonanza stratigrafica a basso contrasto d'impedenza in tutto il *range* analizzato (0.1 - 20 Hz).

Il massimo valore del rapporto H/V si registra nel range 0.6-1.0 Hz circa con massimo a 0.75 Hz.

2.9.2.3.10. TECNICA HVSR – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE

Di seguito si riporta la curva HVSR registrata in data 03 febbraio 2022, ottenuta utilizzando un TROMINO® ENGY 3G. La registrazione è durata 30 minuti, con una frequenza di campionamento di 128 Hz, una lunghezza delle finestre di 20 s, un tipo di lisciamento “triangular window” del 10%.

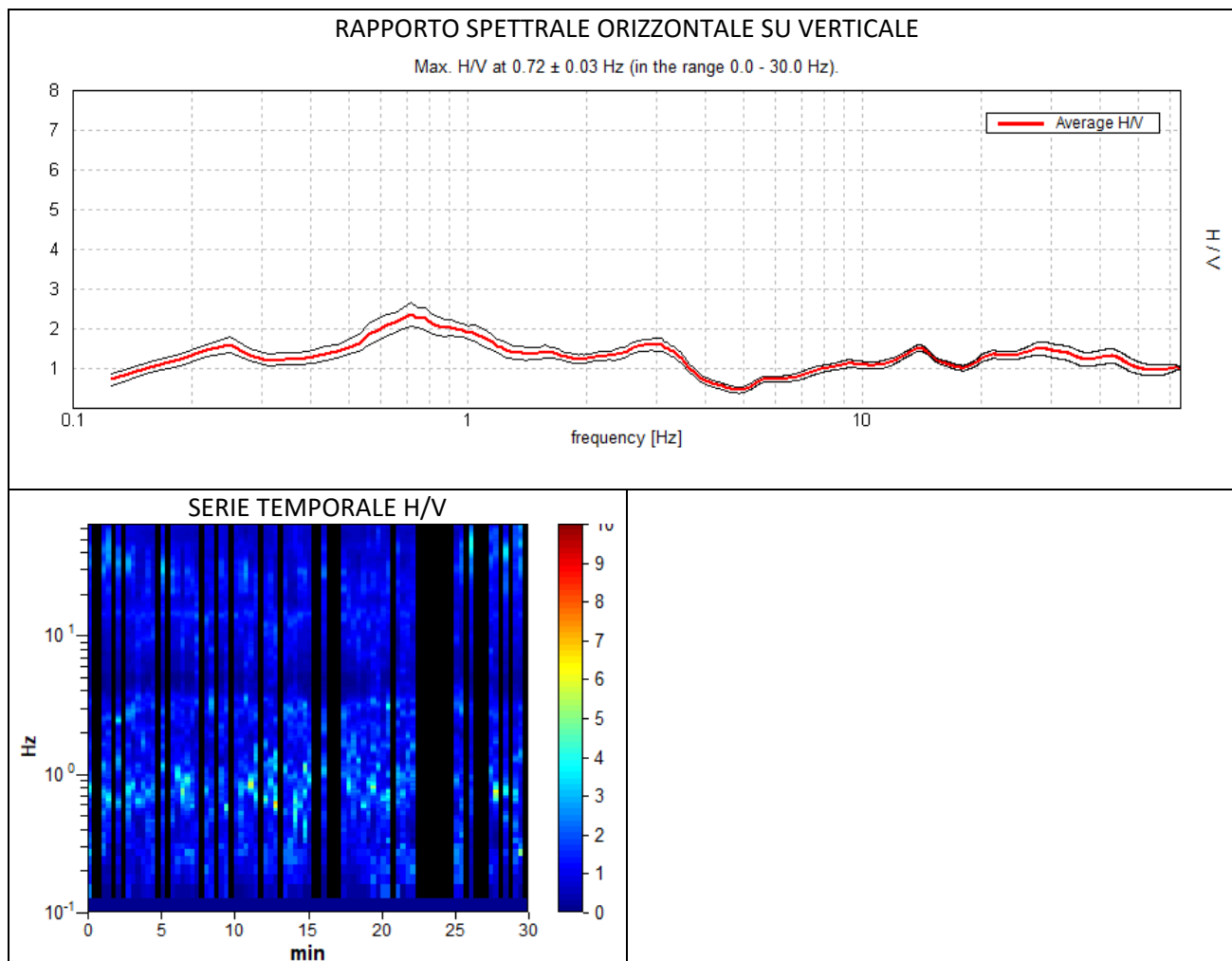


Figura 2.9.2.3.10-1

Curva HVSR registrata nel sito in esame con serie temporale considerata nell'analisi

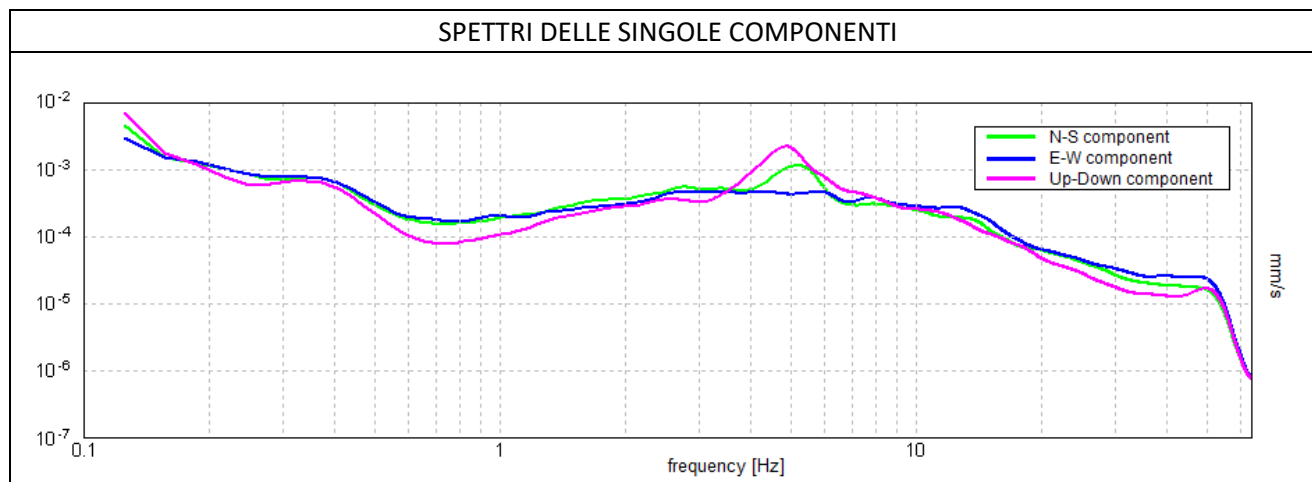


Figura 2.9.2.3.10-2

Componenti del moto - HVSR

2.9.2.3.11. TECNICA MASW – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE

Di seguito si riporta lo spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito con tecnica MASW in corrispondenza dell'area di studio. Per l'acquisizione pseudo-multicanale la spaziatura di ogni battuta del trigger wireless è stata di 3.00 m per i primi 30 m e di 4 m da 30 m a 50 m per un totale di 15 battute, con una frequenza di campionamento pari a 512 Hz. La sorgente consiste in una mazza (5 Kg).

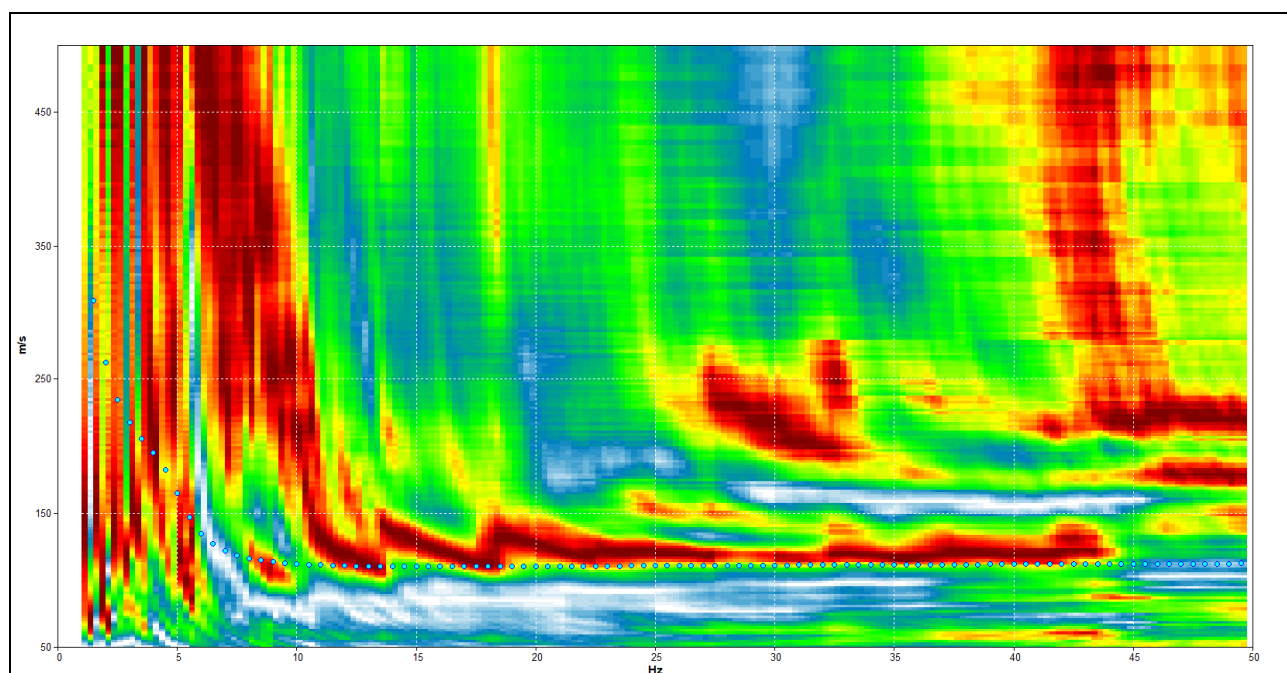


Figura 2.9.2.3.11-1

Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh e picking per il profilo con tecnica MASW.

2.9.2.3.12. MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO IN BASE ALLE MISURE VS – VIA PECORE

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti, il modello di sottosuolo considerato per il sito in studio, in termini di curva H/V e di profilo verticale di Vs, è riportato nelle figure e nella tabella sottostanti.

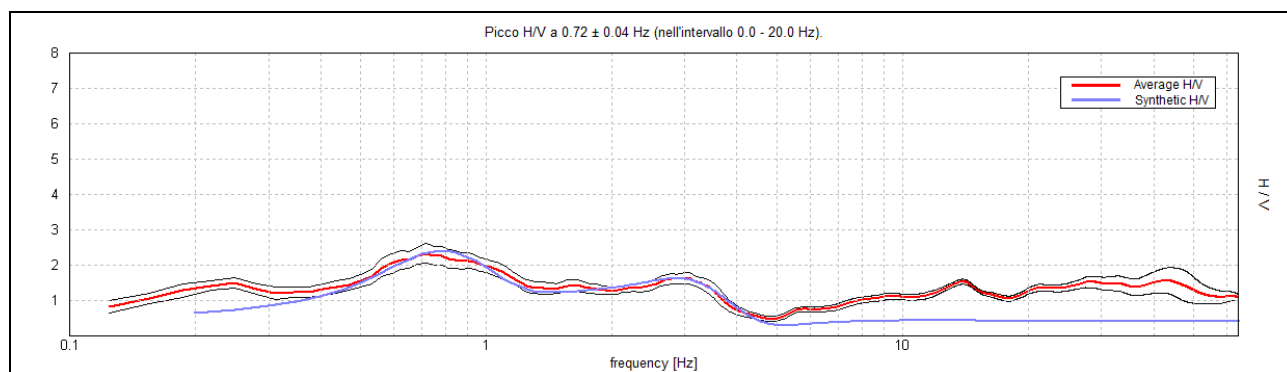


Figura 2.9.2.3.12-1

Curva H/V sperimentale (rosso) a confronto con curva H/V teorica (azzurro) per il modello di sottosuolo proposto sotto

TABELLA 2.9.2.3.12-1

MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

PROFONDITÀ ALLA BASE DELLO STRATO [M]	SPESSORE [M]	Vs [M/s]
1.50	1.50	120
9.50	8.00	115
29.50	20.00	230
49.50	20.00	250
109.50	60.00	330
inf.	inf.	470

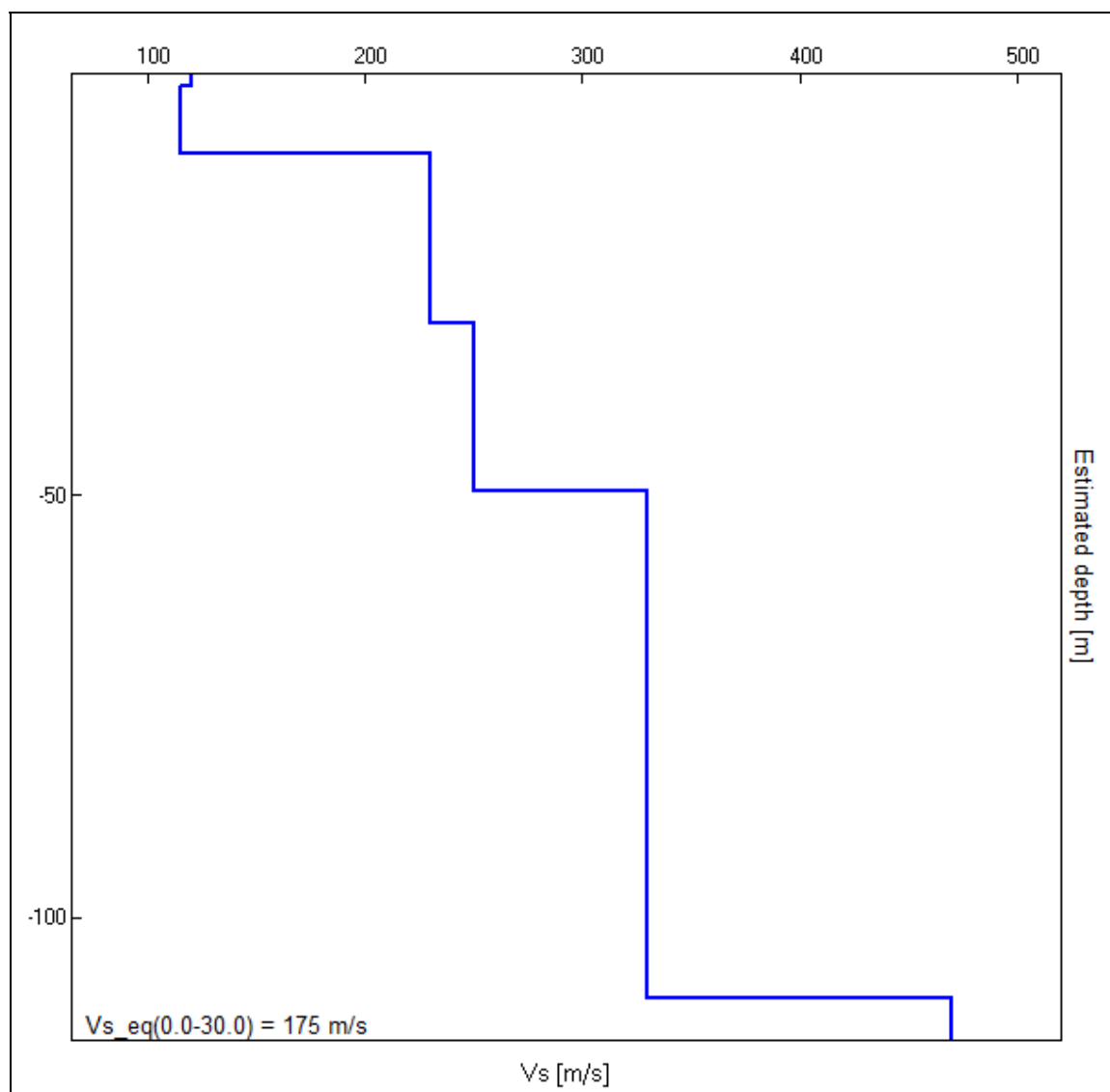


Figura 2.9.2.3.12-2

Modello di velocità delle onde di taglio S

La curva sperimentale HVSR indica la presenza di deboli amplificazioni locali del moto del suolo per risonanza stratigrafica a basso contrasto d'impedenza in tutto il *range* analizzato (0.1 - 20 Hz).

Il massimo valore del rapporto H / V si registra nel range 0.6-1.0 Hz circa, con massimo a 0.72 Hz.

2.10. Analisi vincolistica

2.10.1. VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il comune di Cento 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.) – AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

Come si desume dall'estratto cartografico proposto in figura 2.10.2-1, le zone oggetto di studio ricadono all'interno di un'area classificata a rischio moderato R1, per la quale sono possibili danni sociali ed economici marginali, in seguito a dissesti di natura idraulica e idrogeologica.

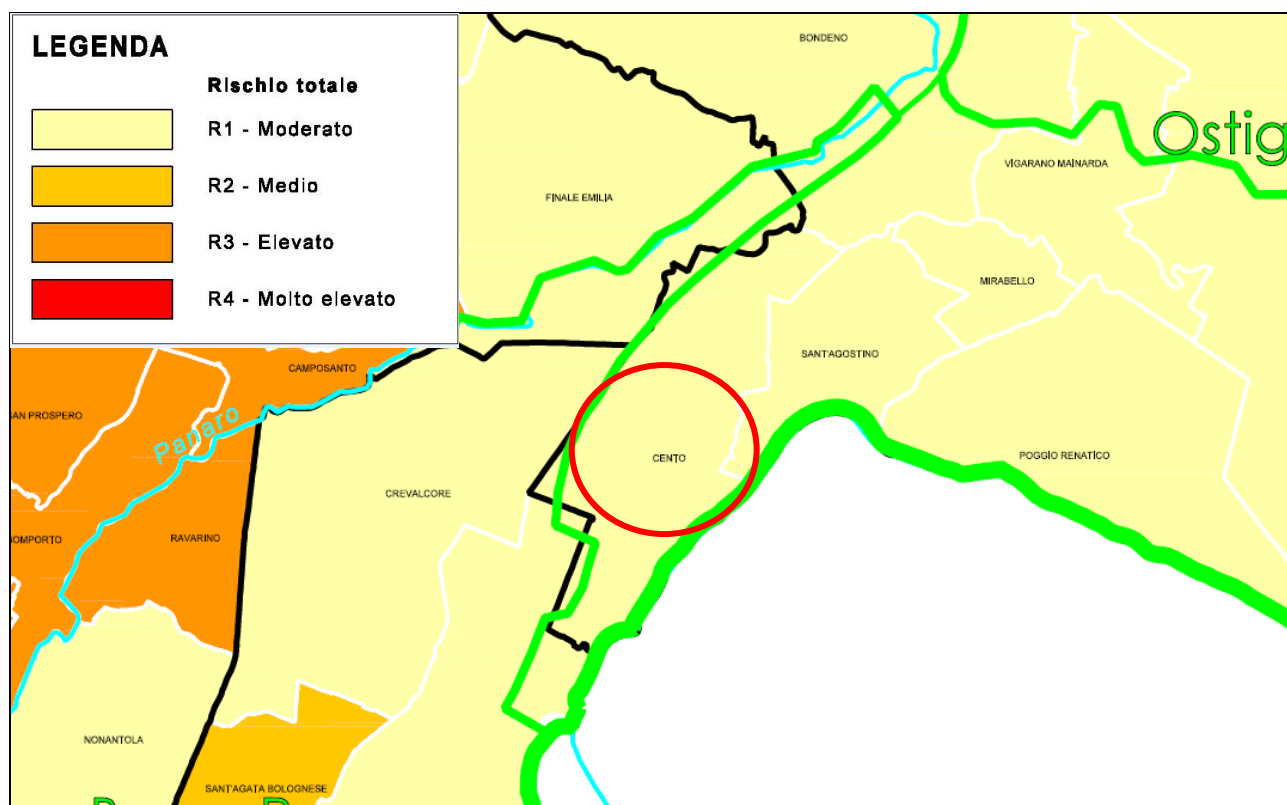


Figura 2.10.2-1

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)

2.10.3. DIRETTIVA ALLUVIONI REGIONE EMILIA-ROMAGNA (P.G.R.A.)

Di seguito si riportano le descrizioni delle informazioni reperite dalla cartografia interattiva della Direttiva Alluvioni – Regione Emilia – Romagna, interrogando unicamente i punti centrali degli attraversamenti.

2.10.3.1. Via del Curato

Di seguito si riportano stralci delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni 2019, tratte da Moka Direttiva Alluvioni e predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D. Lgs. 49/2010 – Secondo Ciclo.

Dalle varie mappe di pericolosità e rischio si evince che gli elementi esposti sono:

- Macrocategoria europea. Attività economica e sociali
- Tipologia attività economiche: B41
- Macrocategoria italiana: zone urbanizzate
- Macrocategoria distretto: tessuto residenziale
- Classe di danno 1: D4
- Classe di danno 2: D4

Dalle Mappe della Pericolosità - Vestizione per UoM 2019 (figura 2.10.3.1-1) e Vestizione Pericolosità Massima 2019 (figura 2.10.3.1-2), l'area di studio risulta ricadere in corrispondenza di:

RETICOLO PRINCIPALE

- Denominazione corso acqua: Fiume Reno
- Codice corso acqua: 06000000000000
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: M (Alluvioni poco frequenti)
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice origine alluvione: A11

RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

- Ambito territoriale: RSP
- Codice scenario di alluvione: M (Alluvioni poco frequenti)
- Codice scenario di alluvione: H (Alluvioni frequenti)
- Codice origine alluvione: A11

Dalla Mappa del Rischio - Vestizione per UoM 2019 e dalla Mappa del Rischio Massimo 2019 (figura 2.10.3.1-3), l'area di studio risulta ricadere in corrispondenza:

RETICOLO PRINCIPALE

- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: M
- Classe di rischio: R3

RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

- Ambito territoriale: RSP
- Codice scenario di alluvione: H
- Classe di rischio: R3



Figura 2.10.3.1-1

Mappa della Pericolosità – Vestizione per UoM 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)

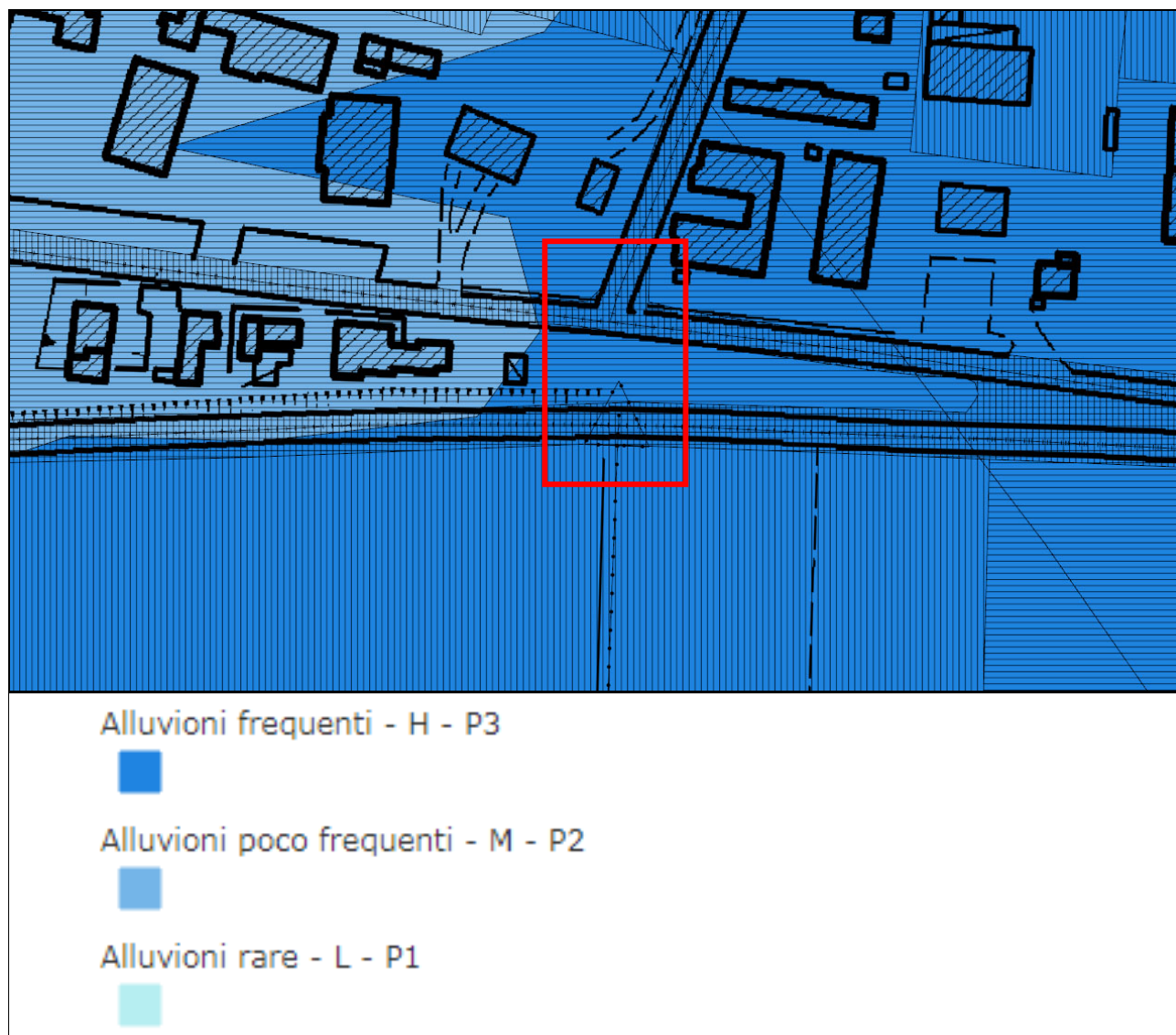


Figura 2.10.3.1-2

Mapa della Pericolosità – Vestizione per pericolosità massima 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)



Figura 2.10.3.1-3

Mappe del Rischio – Vestizione per UoM 2019 – Vestizione Rischio Massimo 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)

2.10.3.2. Via Rigone

Di seguito si riportano stralci delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni 2019, tratte da Moka Direttiva Alluvioni e predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D. Lgs. 49/2010 – Secondo Ciclo.

Dalle varie mappe di pericolosità e rischio si evince che gli elementi esposti sono:

- Macrocategoria europea. Attività economica e sociali
- Tipologia attività economiche: B42
- Macrocategoria italiana: infrastrutture strategiche
- Macrocategoria distretto: reti stradali secondarie e spazi accessori
- Classe di danno 1: D3
- Macrocategoria distretto: reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori
- Classe di danno 1: D3
- Classe di danno 2: D3

Dalle Mappe della Pericolosità - Vestizione per UoM 2019 (figura 2.10.3.2-1) e Vestizione Pericolosità Massima 2019 (figura 2.10.3.2-2), l'area di studio risulta ricadere in corrispondenza di:

RETICOLI PRINCIPALI

- Denominazione corso acqua: Fiume Reno
- Codice corso acqua: 0600000000000
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice scenario di alluvione: M (Alluvioni poco frequenti)
- Codice origine alluvione: A11

- Denominazione corso acqua: Po
- Codice corso acqua: N008
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice origine alluvione: A11

- Denominazione corso acqua: Panaro
- Codice corso acqua: 0122000000000
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice origine alluvione: A11

RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

- Ambito territoriale: RSP
- Codice scenario di alluvione: M (Alluvioni poco frequenti)
- Codice origine alluvione: A11

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	--	--

Dalla Mappa del Rischio - Vestizione per UoM 2019 e dalla Mappa del Rischio Massimo 2019 (figura 2.10.3.2-3), l'area di studio risulta ricadere in corrispondenza:

RETICOLO PRINCIPALE – FIUME RENO

- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: M
- Classe di rischio: R3

RETICOLO PRINCIPALE – PO E PANARO

- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L
- Classe di rischio: R2

RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

- Ambito territoriale: RSP
- Codice scenario di alluvione: M
- Classe di rischio: R1



Figura 2.10.3.2-1

Mappa della Pericolosità – Vestizione per UoM 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)



Figura 2.10.3.2-2

Mappa della Pericolosità – Vestizione per pericolosità massima 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)



Figura 2.10.3.2-3

Mappe del Rischio – Vestizione per UoM 2019 – Vestizione Rischio Massimo 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)

2.10.3.3. Via Giovannina

Di seguito si riportano stralci delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni 2019, tratte da Moka Direttiva Alluvioni e predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D. Lgs. 49/2010 – Secondo Ciclo.

Dalle varie mappe di pericolosità e rischio si evince che gli elementi esposti sono:

- Macrocategoria europea. Attività economica e sociali
- Tipologia attività economiche: B42
- Macrocategoria italiana: infrastrutture strategiche
- Macrocategoria distretto: reti stradali secondarie e spazi accessori
- Classe di danno 1: D3
- Macrocategoria distretto: reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori
- Classe di danno 1: D3
- Classe di danno 2: D3

- Tipologia attività economiche: B41
- Macrocategoria italiana: zone urbanizzate
- Macrocategoria distretto: tessuto residenziale
- Classe di danno 1: D4
- Classe di danno 2: D4

Dalle Mappe della Pericolosità - Vestizione per UoM 2019 (figura 2.10.3.3-1) e Vestizione Pericolosità Massima 2019 (figura 2.10.3.3-2), l'area di studio risulta ricadere in corrispondenza di:

RETICOLO PRINCIPALE

- Denominazione corso acqua: Fiume Reno
- Codice corso acqua: 0600000000000
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: M (Alluvioni poco frequenti)
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice origine alluvione: A11

- Denominazione corso acqua: Po
- Codice corso acqua: N008
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice origine alluvione: A11

- Denominazione corso acqua: Panaro
- Codice corso acqua: 012200000000
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice origine alluvione: A11

RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

- Ambito territoriale: RSP
- Codice scenario di alluvione: H (Alluvioni frequenti)
- Codice scenario di alluvione: M (Alluvioni poco frequenti)
- Codice origine alluvione: A11

Dalla Mappa del Rischio - Vestizione per UoM 2019 e dalla Mappa del Rischio Massimo 2019 (figura 2.10.3.3-3), l'area di studio risulta ricadere in corrispondenza:

RETICOLO PRINCIPALE – FIUME RENO

- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: M
- Classe di rischio: R3

RETICOLO PRINCIPALE – PO E PANARO

- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L
- Classe di rischio: R2

RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

- Ambito territoriale: RSP
- Codice scenario di alluvione: H
- Classe di rischio: R3

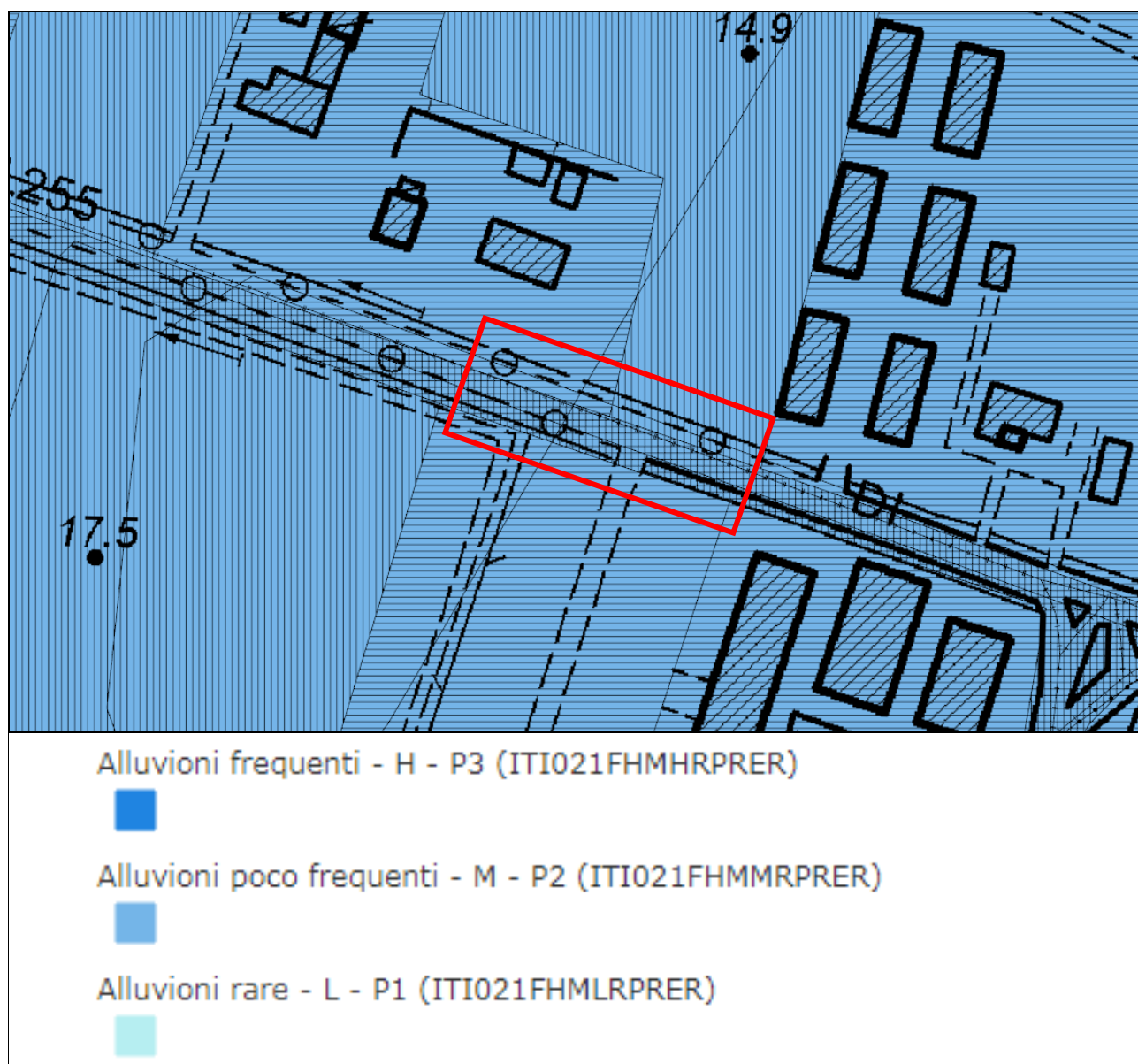


Figura 2.10.3.3-1

Mappa della Pericolosità – Vestizione per UoM 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)

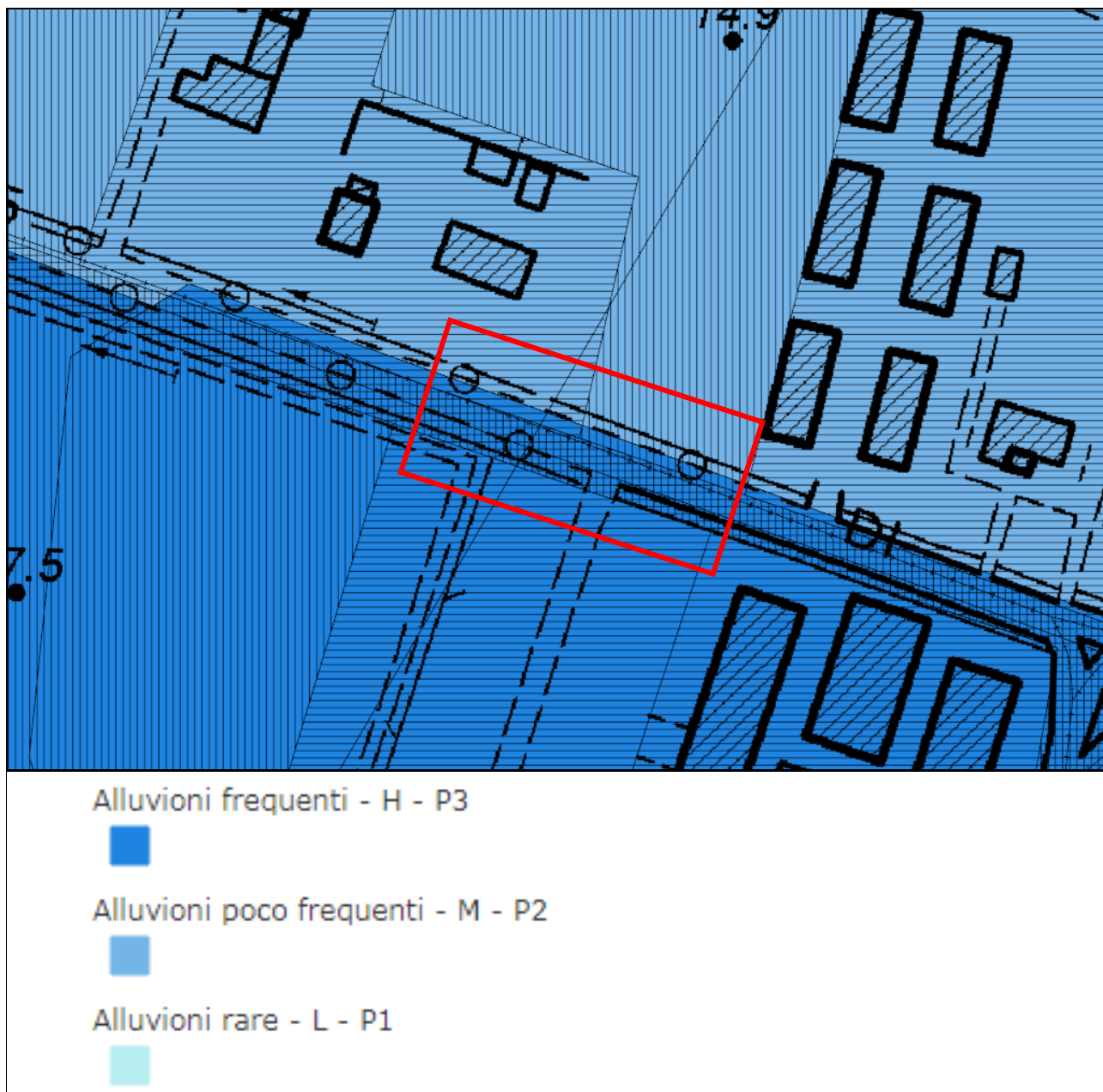


Figura 2.10.3.3-2

Mapa della Pericolosità – Vestizione per pericolosità massima 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)

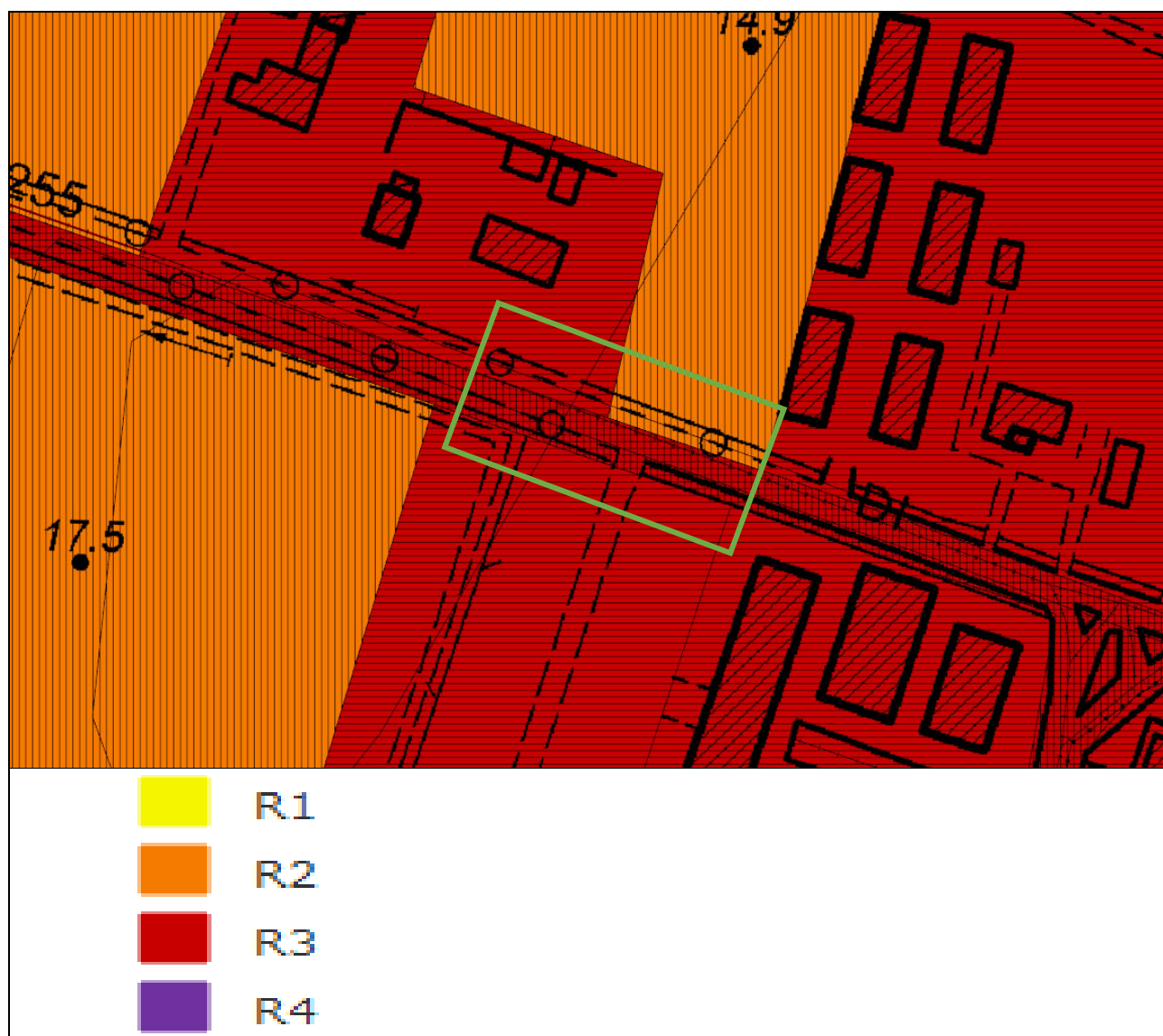


Figura 2.10.3.3-3

Mappe del Rischio – Vestizione per UoM 2019 – Vestizione Rischio Massimo 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)

2.10.3.4. Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

Di seguito si riportano stralci delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni 2019, tratte da Moka Direttiva Alluvioni e predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D. Lgs. 49/2010 – Secondo Ciclo.

Dalle varie mappe di pericolosità e rischio si evince che gli elementi esposti sono:

- Tipologia attività economiche: B46
- Macrocategoria italiana: infrastrutture strategiche
- Macrocategoria distretto: aree naturali
- Classe di danno 1: D1
- Classe di danno 2: D1

Dalla Mappa della Pericolosità - Vestizione per UoM 2019 e dalla Mappa del Rischio Massimo 2019 (figura 2.10.3.4-1), l'area di studio risulta ricadere in corrispondenza:

RETICOLI PRINCIPALI

- Denominazione corso acqua: Fiume Reno
- Codice corso acqua: 0600000000000
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice scenario di alluvione: M (Alluvioni poco frequenti)
- Codice origine alluvione: A11

- Denominazione corso acqua: Po
- Codice corso acqua: N008
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice origine alluvione: A11

- Denominazione corso acqua: Panaro
- Codice corso acqua: 0122000000000
- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L (Alluvioni rare)
- Codice origine alluvione: A11

RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

- Ambito territoriale: RSP
- Codice scenario di alluvione: M (Alluvioni poco frequenti)
- Codice origine alluvione: A11

Dalla Mappa del Rischio - Vestizione per UoM 2019 e dalla Mappa del Rischio Massimo 2019 (figura 2.10.3.4-2), l'area di studio risulta ricadere in corrispondenza:

RETICOLO PRINCIPALE – FIUME RENO

- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: M
- Classe di rischio: R1

RETICOLO PRINCIPALE – PO E PANARO

- Ambito territoriale: RP
- Codice scenario di alluvione: L
- Classe di rischio: R1

RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

- Ambito territoriale: RSP
- Codice scenario di alluvione: M
- Classe di rischio: R1

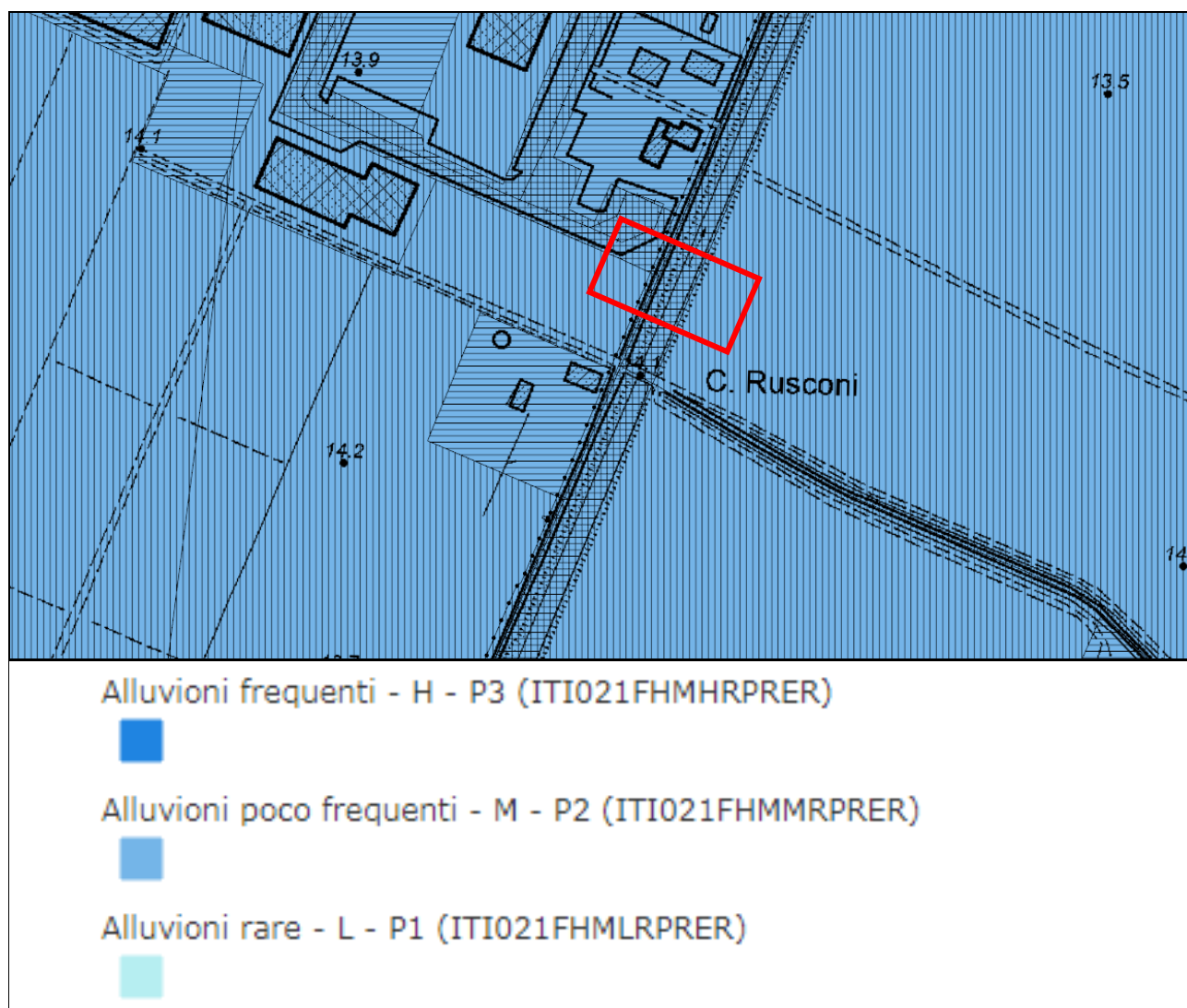


Figura 2.10.3.4-1

Mappa della Pericolosità – Vestizione per UoM 2019 – Vestizione per pericolosità massima 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)



Figura 2.10.3.4-2

Mappe del Rischio – Vestizione per UoM 2019 – Vestizione Rischio Massimo 2019

(<https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>)

2.11. 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 Cento 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 (Figura 2.11-1). 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.

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 2.11-2. 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 i siti in studio sono compresi all’interno del range 0.150g – 0.175g.

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. Tale approccio è stato confermato dalle NTC18.

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.

Nel territorio comunale di Cento, sono attesi effetti stratigrafici dovuti in particolare a forti variazioni delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche. Non sono attesi effetti di bordo; vengono esclusi anche gli effetti topografici, salvo nelle aree ubicate nei pressi o in corrispondenza di rilevati.

Per quanto riguarda la liquefazione o addensamento, nei territori in cui ricadono i siti 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 Cento ricada all'interno di zone di pianura, nelle quali tali fenomeni non possono essere attesi, se non in corrispondenza di rilevati artificiali o delle sponde dei corsi d'acqua di determinate altezze.

Supporti grafici:

- Figura 2.11-1. Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna – DGR 1164/2018
- Figura 2.11-2. Zonizzazione sismica Emilia-Romagna

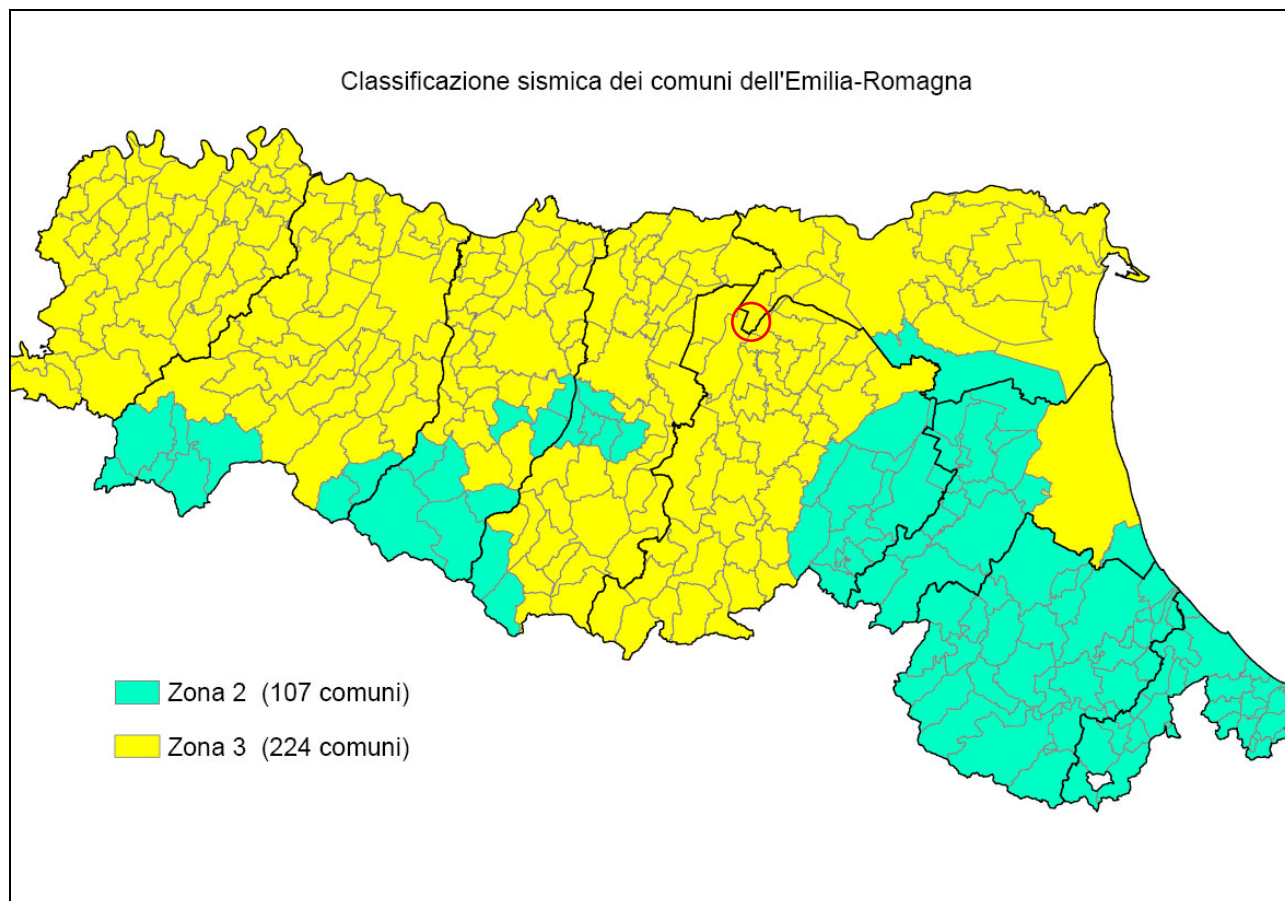


Figura 2.11-1
Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna – DGR 1164/2018



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

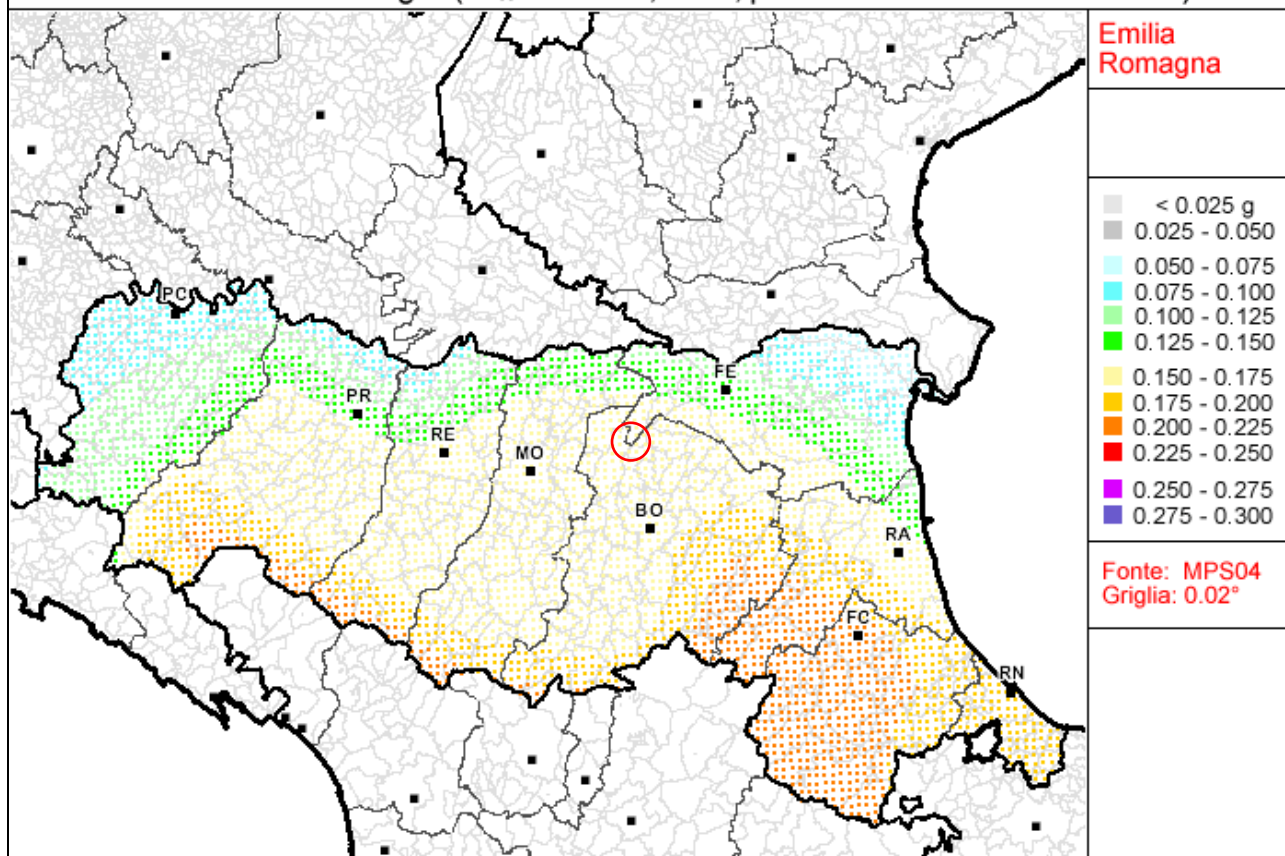


Figura 2.11-2

Zonizzazione sismica Emilia-Romagna

2.12. Aspetti sismici di dettaglio

2.12.1. DEFINIZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Ai fini della progettazione e della verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche, nonché dei requisiti che devono essere soddisfatti dai siti di costruzione e dai terreni interagenti con le opere in presenza di tali azioni, come indicato dalla normativa NTC18, sono stati valutati gli effetti della risposta sismica locale. Nello specifico, sono state condotte n.2 analisi di Risposta Sismica Locale con approccio numerico non semplificato, una per l'area sita presso via del Curato e una per l'area sita presso via Giovannina, riportate negli allegati 10 e 11.

Nonostante, nel presente studio, vengano analizzate n. 4 aree diverse vi è una grande omogeneità nelle misure HVSR, come riportato nel capitolo 2.9.2. Questo indica come il suolo abbia amplificazioni tra 0.6 – 1.0 Hz, con periodi compresi tra 1.0 – 1.6 secondi, che corrispondono ad un'interfaccia di contrasto posta a circa 150 m di profondità (base del sintema superiore – Unità Idrostratigrafica A).

In ragione dell'omogeneità dei dati e dei risultati delle analisi di Risposta Sismica Locale, per le successive verifiche alla liquefazione sarà utilizzata un'accelerazione pari a 0.21g per tutte e quattro le aree indagate, ad eccezione di via Giovannina per la quale sarà utilizzata un'accelerazione pari a 0.20g.

Documentazione allegata:

- Allegato 10. Analisi di Risposta Sismica Locale – Via del Curato
- Allegato 11. Analisi di Risposta Sismica Locale – Via Giovannina

2.12.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per configurazioni superficiali semplici si considera la seguente classificazione riportata in Tabella 2.12.2-1.

TABELLA 2.12.2-1

CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA

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

Nei quattro siti in studio si è in presenza di categoria topografica **T1**.

2.12.3. CLASSE D'USO

I progetti a cui si riferisce il presente studio riguardano la realizzazione di manufatti di attraversamento; come da indicazioni ricevute dalla committenza, gli interventi rientrano tutti in Classe d'uso II, essendo assimilabili a *costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali*. [...].

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

Ai fini del calcolo è stata scelta una vita nominale V_n di 50 anni, ed una classe d'uso II, con coefficiente d'uso c_u di 1.0.

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 (ϕ) 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 (Carrol, 1963) che l'azione sismica non produce variazioni negative nelle caratteristiche meccaniche.

Nel caso in esame, in corrispondenza delle verticali d'indagine, sono stati rilevati sedimenti 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'innesco 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'innesco del fenomeno. I dati sono riferiti alle sole verticali d'indagine, ma si ritiene che in zona siano difficilmente presenti terreni granulari superficiali, con una densità relativa superiore al 70%.

Per quanto riguarda il fenomeno della **liquefazione**, definito come la diminuzione della resistenza al taglio e/o di rigidezza, 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.

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

La definizione della magnitudo attesa, utilizzata di seguito per le valutazioni sulla liquefazione, farà riferimento, alla massima magnitudo attesa relativa alla zona sismogenetica di riferimento (912) che risulta pari a $M = 6.14$. Tale assunzione viene anche suggerita dalla determinazione della Regione Emilia-Romagna n. 1105 del 03/02/2014.

2.12.4.2. Fattori scatenanti: Definizione dell'accelerazione sismica orizzontale

Nel caso specifico, come descritto e commentato, sono stati effettuati due studi di **Risposta Sismica Locale** per mezzo dei quali è risultato che le accelerazioni sismiche di progetto corrispondano a quelle sito specifiche calcolate come descritto negli allegati 10 e 11, ovvero:

- **PGA = 0.21 g – Via del Curato**
- **PGA = 0.20 g – Via Giovannina**

In base ai valori delle accelerazioni sopra riportati, si conclude che la verifica non è soddisfatta, ovvero è necessario procedere ad ulteriori verifiche ed elaborazioni relativamente al rischio liquefazione in quanto le accelerazioni risultano superiori a 0.10 g.

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 m 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 m 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 è risultata comunque a profondità inferiori a m 15.00 da p.c., nettamente più prossima al piano campagna, come definito nel paragrafo 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, vista la sequenza stratigrafica e le accelerazioni attese, si è ritenuto opportuno procedere comunque alla verifica alla liquefazione tramite analisi delle intere colonne stratigrafiche delle CPTU.

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 necessario, sarà programmata in una successiva fase di studio.

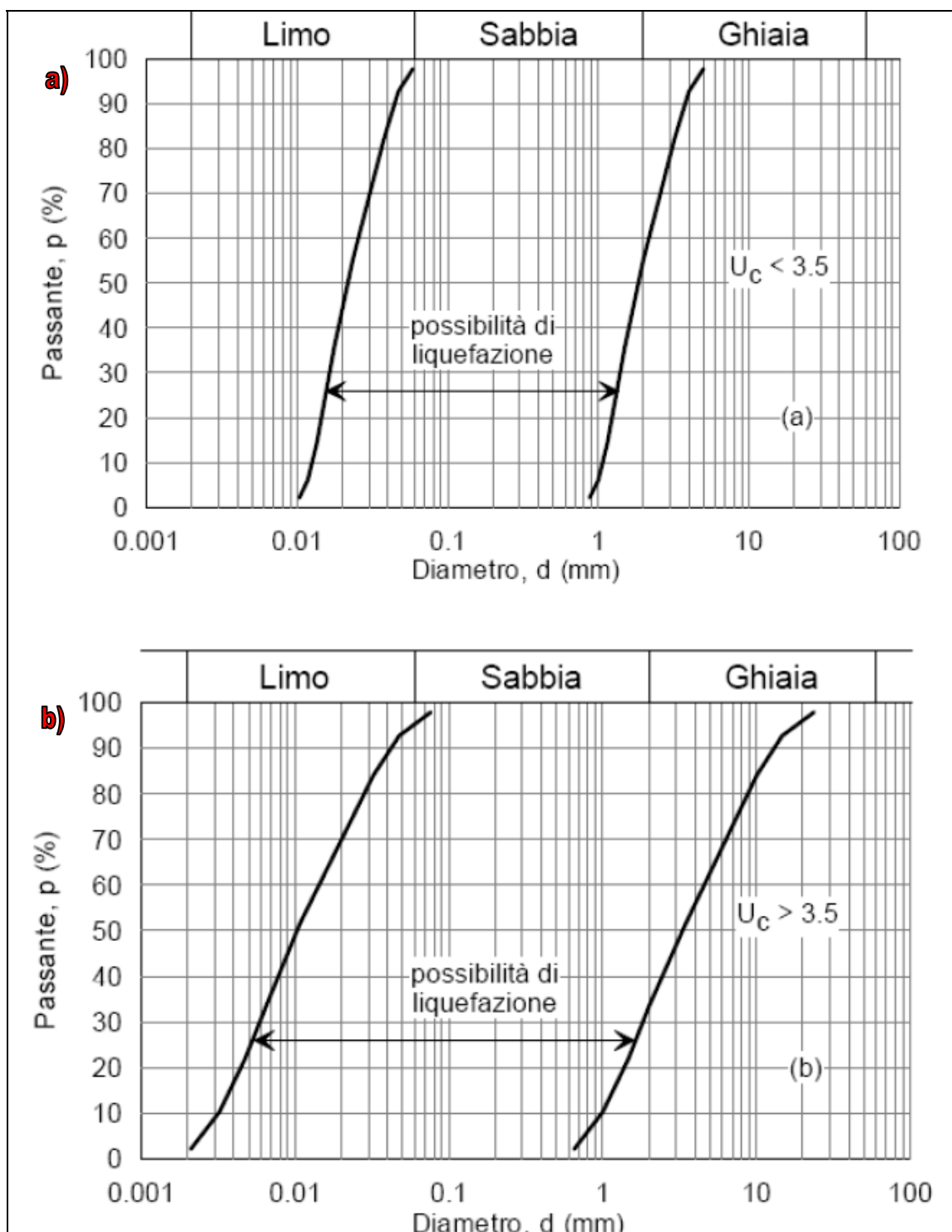


Figura 2.12.4.5-1

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 granulari saturi, considerando i seguenti livelli di falda:

- m 2.00 da p.c. – CPTU1, Via del Curato;
- m 1.50 da p.c. – CPTU2, Via del Curato;
- m 1.50 da p.c. – CPTU3, Via Rigone;
- m 1.50 da p.c. – CPTU4, Via Rigone;
- m 0.80 da p.c. – CPTU7, Via Giovannina;
- m 2.65 da p.c. – CPTU8, Via Giovannina;
- m 3.10 da p.c. – CPTU5, Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore;
- m 2.10 da p.c. – CPTU6, Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore.

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.

Utilizzando il software CLiq v.2.3.1.15 sono stati determinati gli Indici di Severità di Liquefazione, stimati considerando una **magnitudo** di **6.14** e valori di **ag** pari a **0.21 g** per tutte le indagini eseguite, ad eccezione delle CPTU7 e CPTU8 (via Giovannina) per le quali sarà considerata un'accelerazione pari a **0.20g**.

Nello specifico, di seguito, viene valutato un indice di severità di liquefazione:

- Indice del potenziale di liquefazione, LPI ("Liquefaction Potential Index")

Questo indice è valutato 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).

**(la valutazione della liquefazione ciclica per il metodo di Robertson è effettuata dal software tramite l'impostazione predefinita del metodo NCEER (Youd et al. 2001))*

L'intensità del fenomeno della liquefazione e degli effetti prodotti sulla stabilità del terreno di fondazione e delle strutture e infrastrutture che su di esso insistono, sono tanto maggiori quanto più:

- FSL è vicino a 0 o PL è vicino a 1;
- lo strato interessato è superficiale (e quindi piccola è la sua profondità z dal piano di campagna);
- lo spessore di tale strato è elevato e maggiore è il numero di strati liquefacibili, anche non adiacenti.

L'indice del potenziale di liquefazione dal software CLiq v. 2.3.1.15 è determinato con la seguente equazione:

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

Dove:

$F_L = 1 - F.S.$ quando $F.S. < 1$

$F_L = 0$ quando $F.S. \geq 1$

z = profondità di misura in metri

Iwasaki propone quattro classi di rischio di liquefazione basate sul valore numerico di LPI:

- $LPI = 0$: il rischio di liquefazione è molto basso
- $0 < LPI \leq 5$: il rischio di liquefazione è basso
- $5 < LPI \leq 15$: il rischio di liquefazione è alto
- $LPI > 15$: il rischio di liquefazione è molto alto

Sonmez (2003) le suddivide in cinque:

- $LPI = 0$: il rischio di liquefazione è nullo
- $0 < LPI \leq 2$: il rischio di liquefazione è basso
- $2 < LPI \leq 5$: il rischio di liquefazione è moderato
- $5 < LPI \leq 15$: il rischio di liquefazione è alto
- $LPI > 15$: il rischio di liquefazione è molto alto

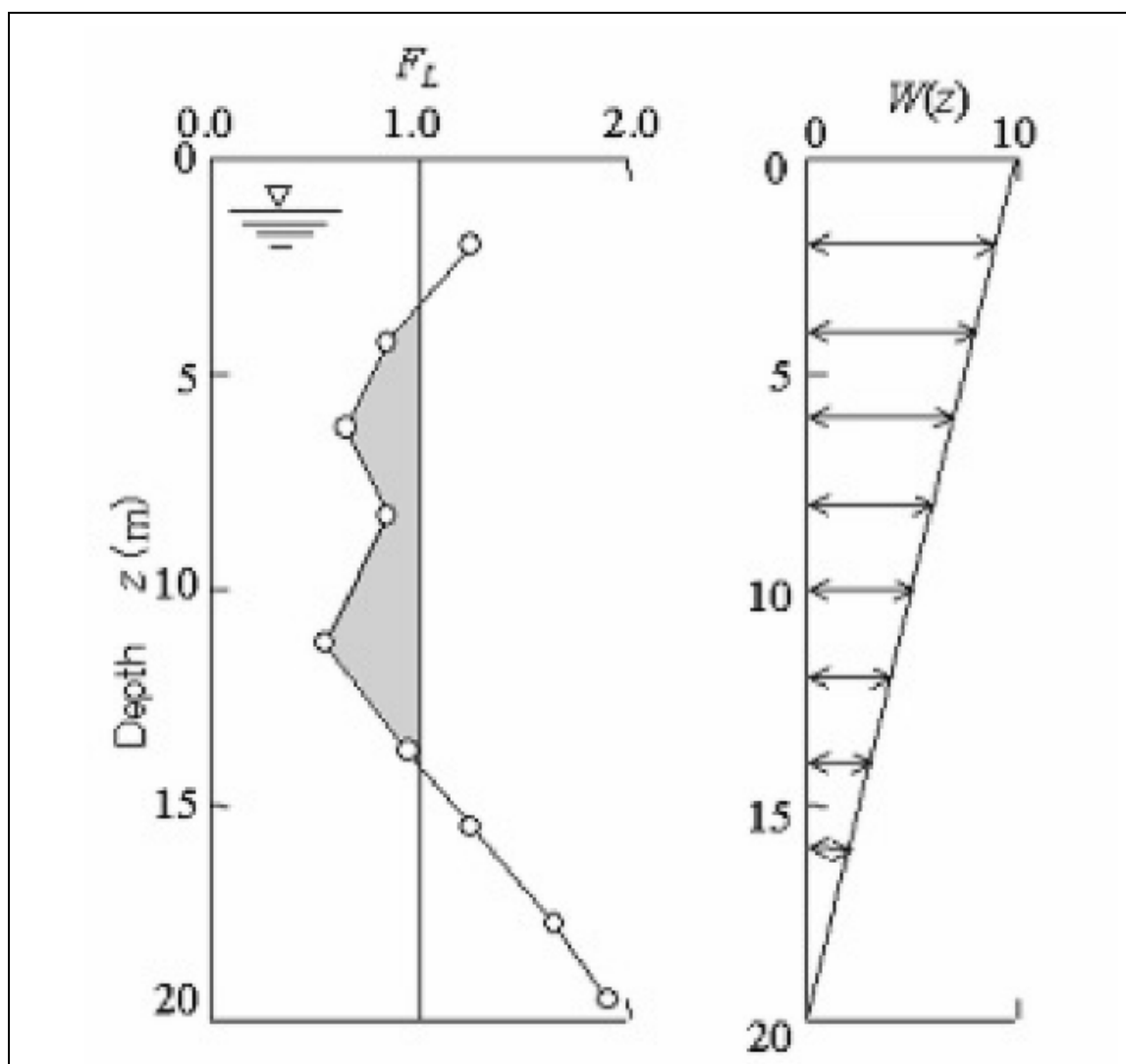


Figura 2.12.5-1

Rappresentazione grafica della procedura di calcolo di LPI

Di seguito sono tabulati i valori di LPI valutati con gli approcci sopra elencati e nelle figure 2.12.5-2, 2.12.5-3, 2.12.5-4 e 2.12.5-5 sono riportati i diagrammi ad istogrammi dei valori calcolati in corrispondenza delle verticali d'indagine analizzate.

Preme sottolineare come viste le particolari caratteristiche degli interventi, le valutazioni sono state effettuate considerando gli spessori di terreno compresi fra la base delle singole fondazioni e le massime profondità di indagine. Le profondità, indicate dalla Progettista, Ing. Beatrice Bergamini, sono di seguito elencate:

- via Rigone - profondità posa fondazione pozzettoni a -4.90 dalla quota del piano stradale;
- via Giovannina - profondità posa fondazione a -6.06 dalla quota del piano stradale;
- via Curato - profondità posa fondazione a -4.40 dalla quota del piano stradale;
- Cer - profondità posa fondazione a -6.90 dalla quota di piano campagna a lato cer.

Gli approfondimenti in merito alla liquefazione sono stati effettuati dopo avere eseguite prove e rilievi e, non disponendo delle quote dei piani stradali, visti comunque i limitati dislivelli, le profondità sono state riferite anche ai punti di indagine.

TABELLA 2.12.5-1

VALORI LPI VALUTATI CON VARI APPROCCI – VIA DEL CURATO

CRITERIO INDIRETTO (METODO)	STIMA CLASSI DI RISCHIO	LPI CPTU1	LPI CPTU2
NCEER (Youd et al. 2001)	Iwasaki	3.459	1.961
Moss et al. (2006)	Iwasaki	7.836	2.877
Idriss e Boulanger (2008)	Iwasaki	4.715	1.963
Boulanger e Idriss (2014)	Iwasaki	4.977	2.226

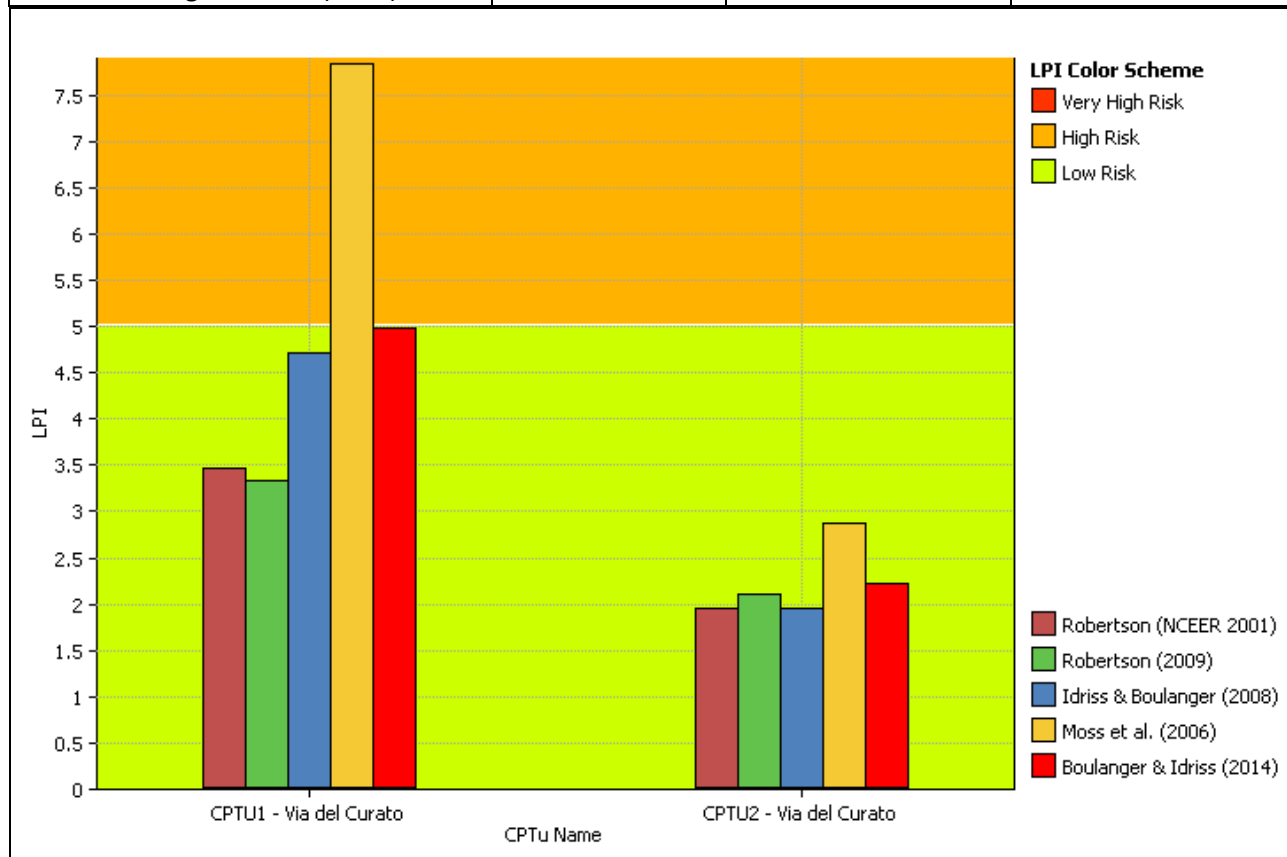


Figura 2.12.5-2

Istogrammi con calcolo valori LPI – Via del Curato

In base agli Indici del Potenziale di Liquefazione stimati, **le classi di pericolosità** definite secondo Sonmez (2003) (figura 2.12.5-2), per mezzo delle prove eseguite risultano essere:

- a **potenziale basso** ($0 < I_L \leq 2$), in corrispondenza della CPTU2, con il metodo di NCEER (Youd et al. 2001) e il metodo di Idriss e Boulanger (2008);
- a **potenziale moderato** ($2 < I_L \leq 5$), in corrispondenza della CPTU1, con i metodi di NCEER (Youd et al. 2001), di Idriss e Boulanger (2008) e di Boulanger e Idriss (2014); in corrispondenza della CPTU2, con i metodi di Moss et al. (2006) e di Boulanger e Idriss (2014);
- a **potenziale alto** ($5 < I_L \leq 15$), in corrispondenza della CPTU1, con il metodo di Moss et al. (2006).

TABELLA 2.12.5-2

VALORI LPI VALUTATI CON VARI APPROCCI – VIA RIGONE

CRITERIO INDIRETTO (METODO)	STIMA CLASSI DI RISCHIO	LPI CPTU3	LPI CPTU4
NCEER (Youd et al. 2001)	Iwasaki	0.957	1.149
Moss et al. (2006)	Iwasaki	1.537	1.528
Idriss e Boulanger (2008)	Iwasaki	1.156	1.272
Boulanger e Idriss (2014)	Iwasaki	1.134	1.200

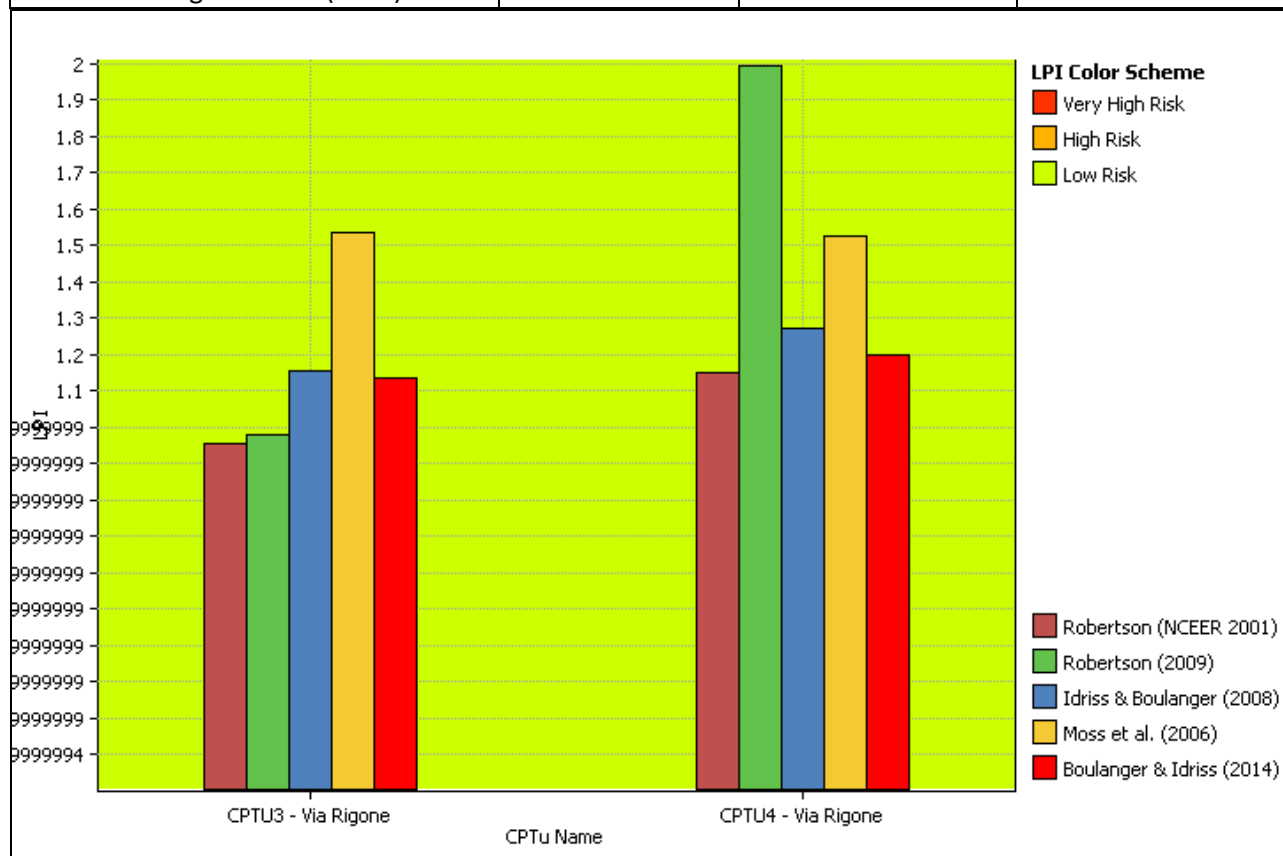


Figura 2.12.5-3

Istogrammi con calcolo valori LPI – Via Rigone

In base agli Indici del Potenziale di Liquefazione stimati, **la classe di pericolosità** definita secondo Sonmez (2003) (figura 2.12.5-3), in corrispondenza di entrambe le prove eseguite risulta essere a **potenziale basso** ($0 < I_L \leq 2$), con tutti i metodi considerati.

TABELLA 2.12.5-3

VALORI LPI VALUTATI CON VARI APPROCCI – VIA GIOVANNINA

CRITERIO INDIRETTO (METODO)	STIMA CLASSI DI RISCHIO	LPI CPTU7	LPI CPTU8
NCEER (Youd et al. 2001)	Iwasaki	1.668	5.788
Moss et al. (2006)	Iwasaki	2.267	6.215
Idriss e Boulanger (2008)	Iwasaki	1.875	5.100
Boulanger e Idriss (2014)	Iwasaki	1.802	7.810

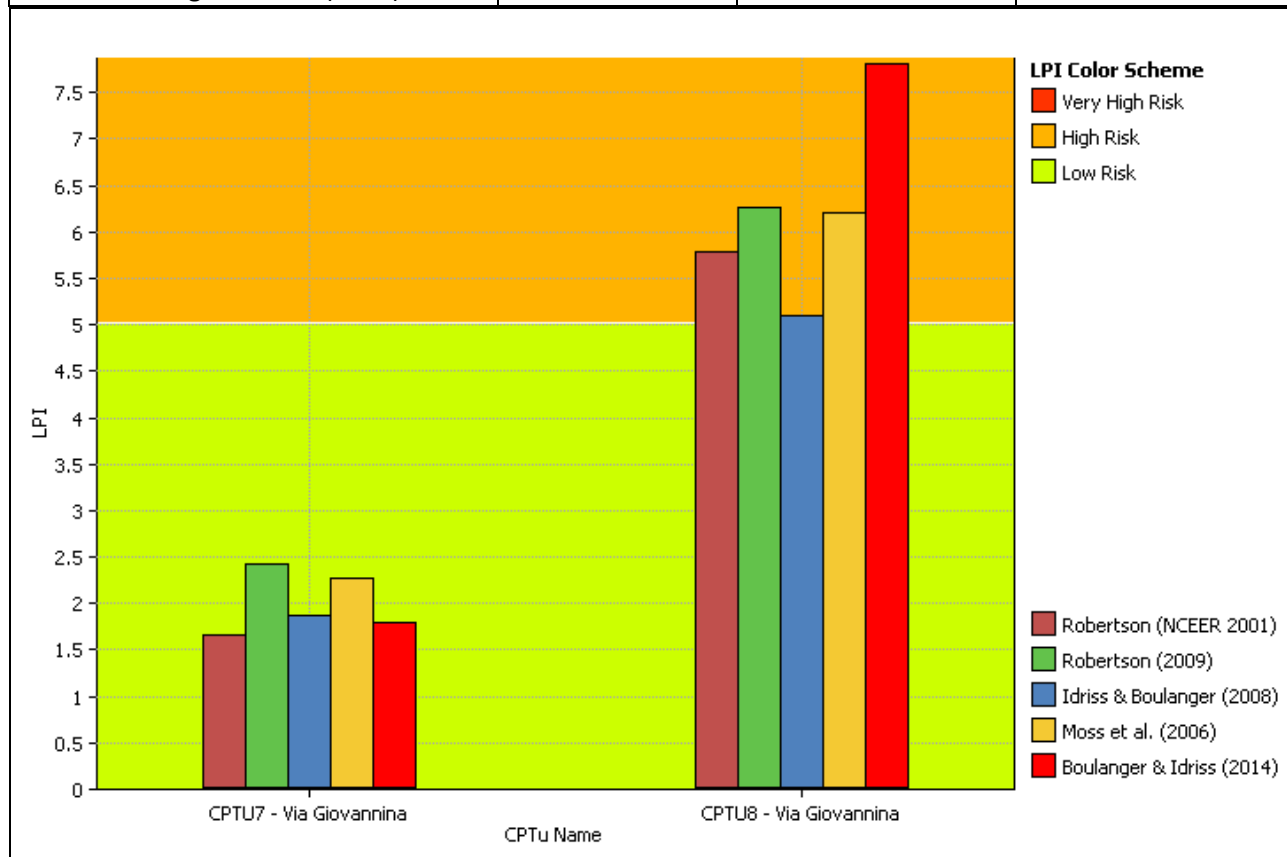


Figura 2.12.5-4

Istogrammi con calcolo valori LPI – Via Giovannina

In base agli Indici del Potenziale di Liquefazione stimati, **le classi di pericolosità** definite secondo Sonmez (2003) (figura 2.12.5-4), per mezzo delle prove eseguite risultano essere:

- a **potenziale basso** ($0 < I_L \leq 2$), in corrispondenza della CPTU7, con il metodo di NCEER (Youd et al. 2001), con il metodo di Idriss e Boulanger (2008) e con il metodo di Boulanger e Idriss (2014);
- a **potenziale moderato** ($2 < I_L \leq 5$), in corrispondenza della CPTU7, con il metodo di Moss et al. (2006);
- a **potenziale alto** ($5 < I_L \leq 15$), in corrispondenza della CPTU8, con tutti i metodi considerati.

TABELLA 2.12.5-4

VALORI LPI VALUTATI CON VARI APPROCCI – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE

CRITERIO INDIRETTO (METODO)	STIMA CLASSI DI RISCHIO	LPI CPTU5	LPI CPTU6
NCEER (Youd et al. 2001)	Iwasaki	0.088	0.051
Moss et al. (2006)	Iwasaki	0.156	0.281
Idriss e Boulanger (2008)	Iwasaki	0.111	0.150
Boulanger e Idriss (2014)	Iwasaki	0.099	0.175

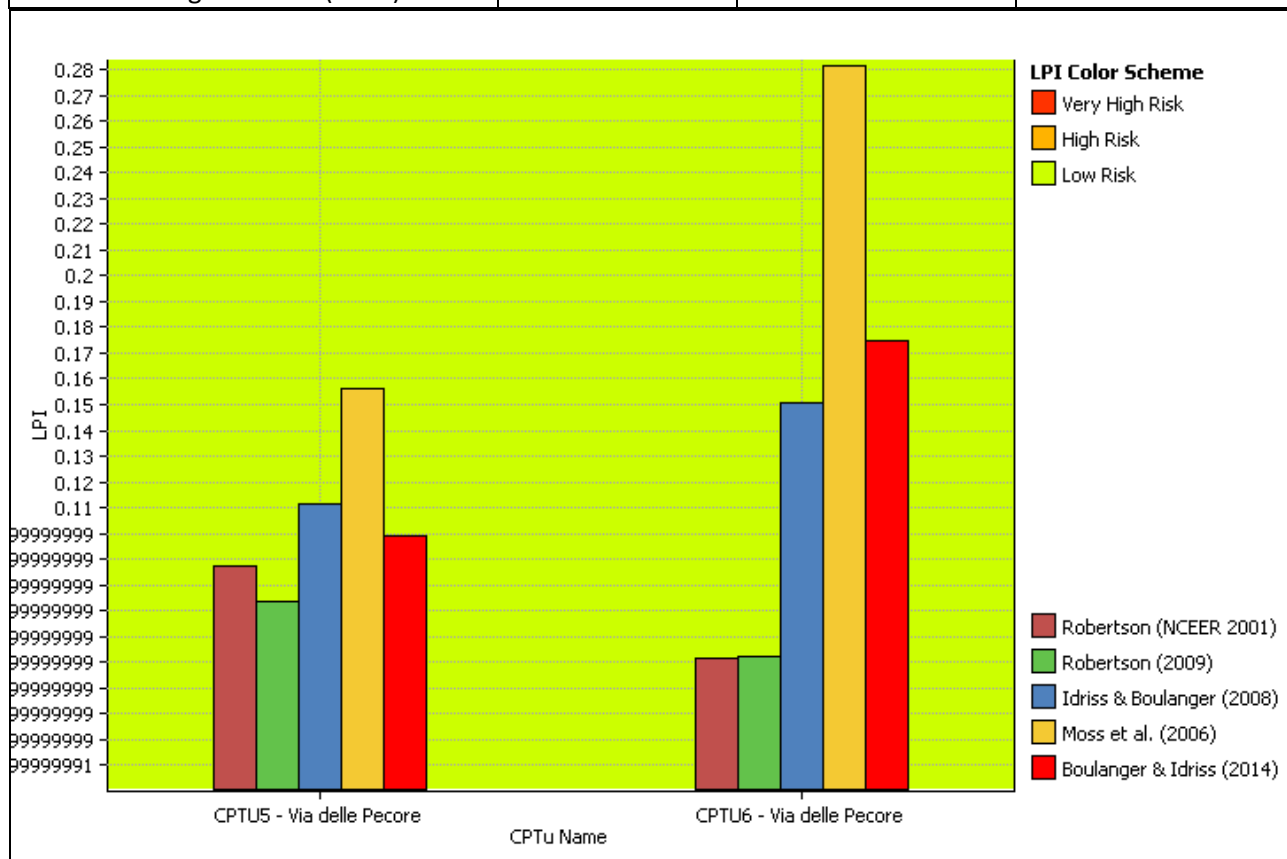


Figura 2.12.5-5

Istogrammi con calcolo valori LPI – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

In base agli Indici del Potenziale di Liquefazione stimati, **la classe di pericolosità** definita secondo Sonmez (2003) (figura 2.12.5-5), in corrispondenza delle prove eseguite, risulta essere a **potenziale basso** ($0 < I_L \leq 2$), con tutti i metodi considerati.

Nelle tabelle 2.12.5-5, 2.12.5-6, 2.12.5-7 e 2.12.5-8 sono riportati i grafici dei Fattori di Sicurezza utili per individuare la potenziale suscettibilità di liquefazione degli spessori e le profondità interessate.

TABELLA 2.12.5-5

VALORI FS VALUTATI CON VARI APPROCCI – VIA DEL CURATO

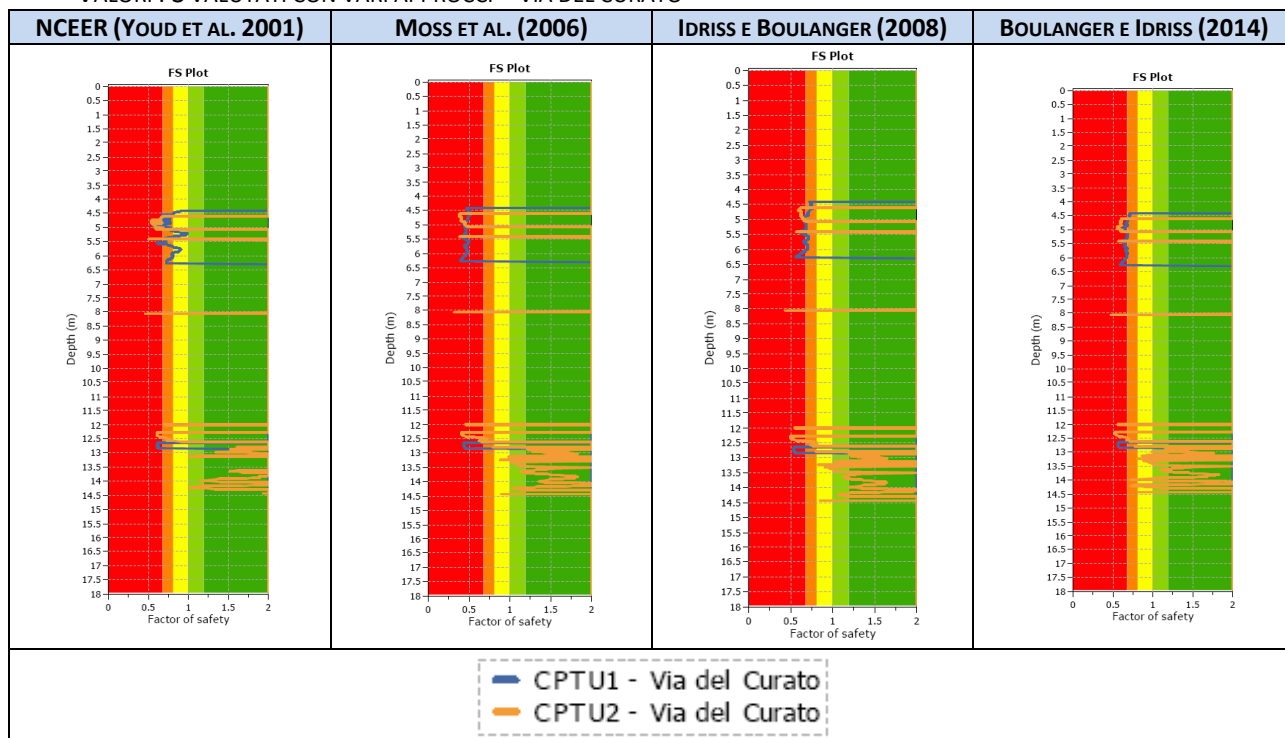


TABELLA 2.12.5-6

VALORI FS VALUTATI CON VARI APPROCCI – VIA RIGONE

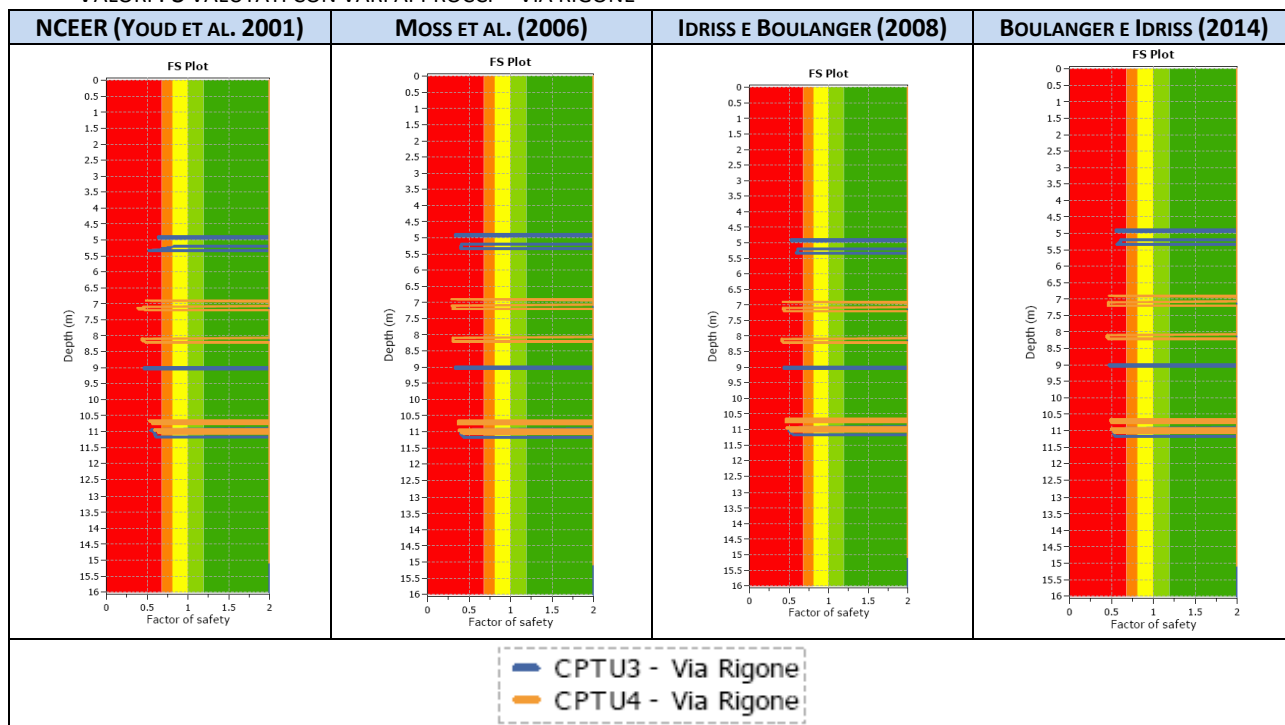


TABELLA 2.12.5-7

VALORI FS VALUTATI CON VARI APPROCCI – VIA GIOVANNINA

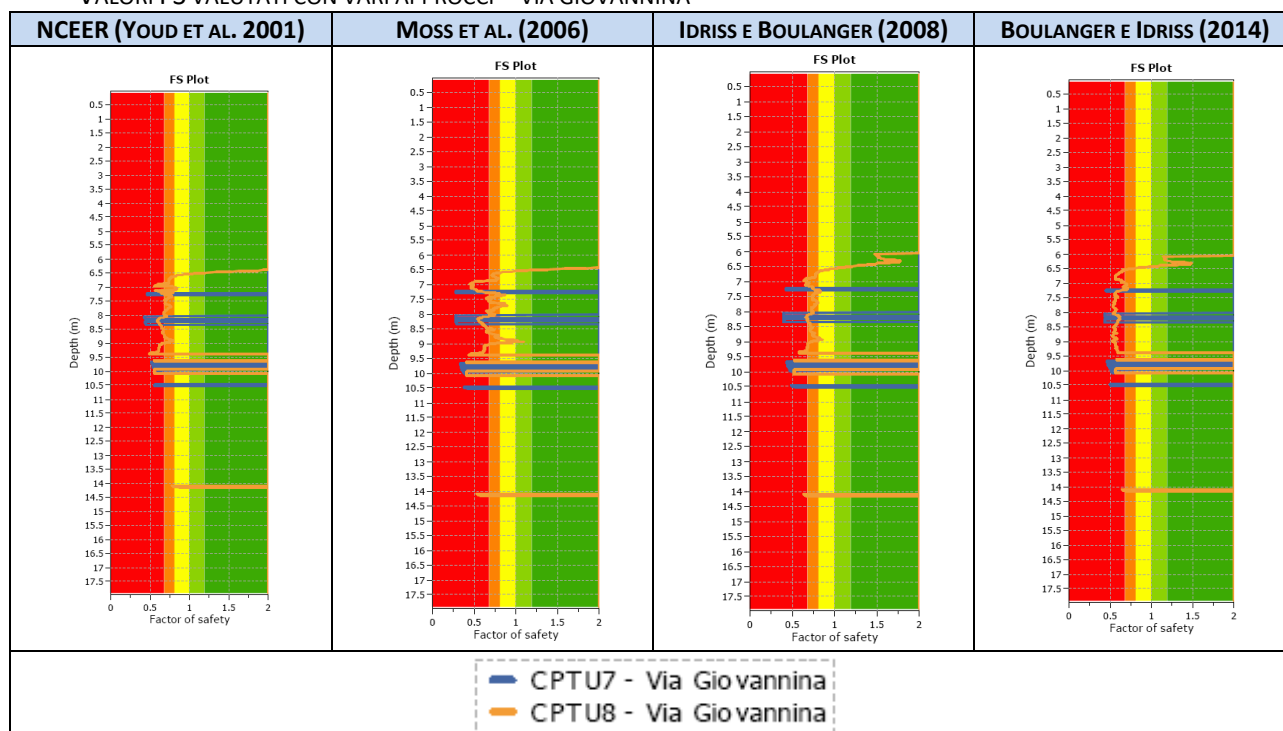
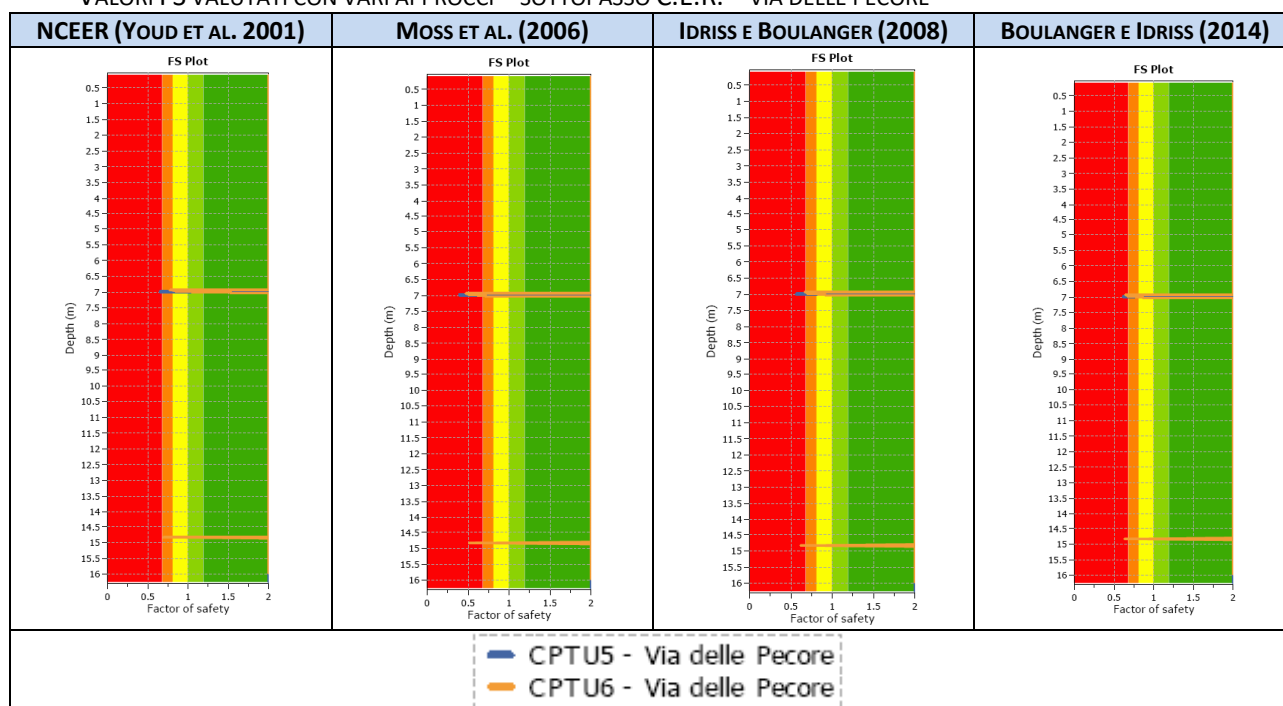


TABELLA 2.12.5-8

VALORI FS VALUTATI CON VARI APPROCCI – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE



L'indice di probabilità liquefazione LPbl ("Liquefaction Probability Index") è una grandezza determinata con la seguente equazione:

$$LPbI = \int_0^{z_{ent}} LP(z) \cdot dz = \int_0^{z_{ent}} P_L(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

Le classi di probabilità di liquefazione, secondo Chen e Juang (2000), si suddividono in:

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

Il profilo di P_L con la profondità consente di distinguere:

- gli strati non suscettibili di liquefazione (per i quali P_L non è stato calcolato);
- gli strati per i quali la liquefazione può verificarsi ($P_L \leq 1$);
- gli strati che, pur essendo suscettibili di liquefazione, non subiscono liquefazione ($P_L = 0$), in quanto l'azione sismica non è sufficiente a innescare la liquefazione.

Nelle tabelle 2.12.5-9, 2.12.5-10, 2.12.5-11 e 2.12.5-12 si riportano i grafici degli andamenti della probabilità di inizio liquefazione in corrispondenza delle verticali di indagine eseguite e con tutti i metodi considerati.

TABELLA 2.12.5-9

PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE VALUTATA CON VARI APPROCCI – VIA DEL CURATO

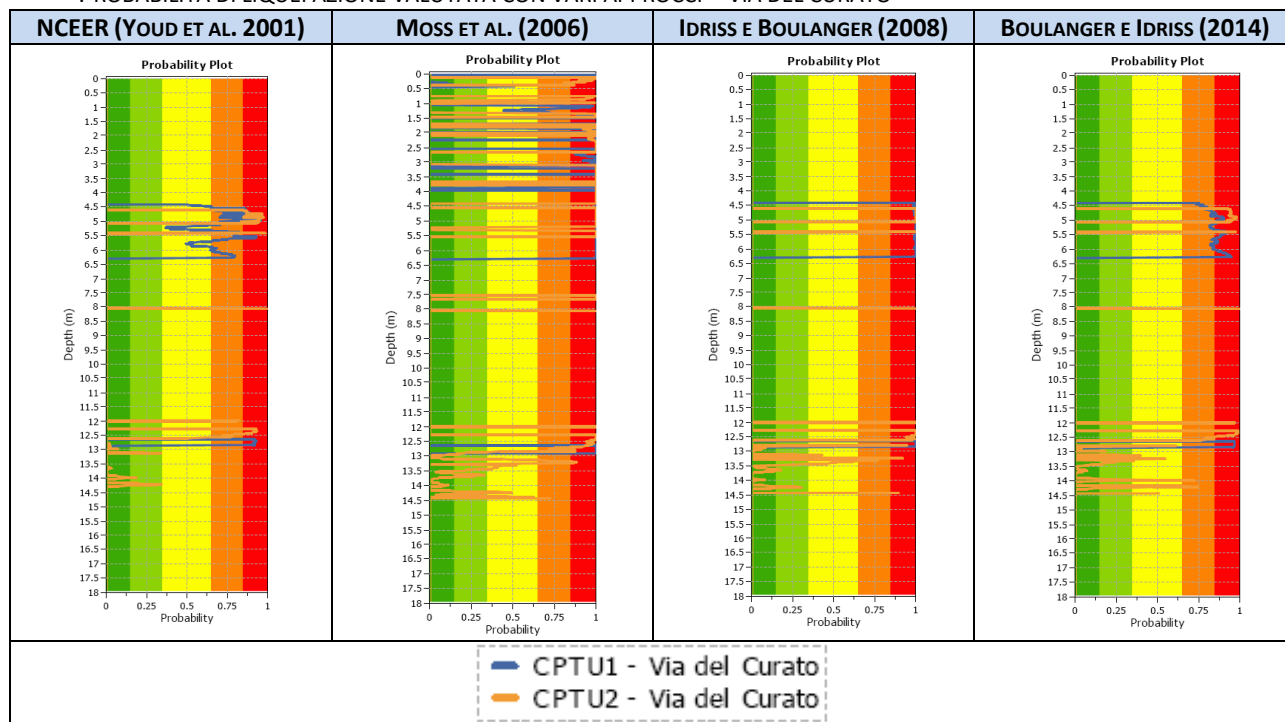


TABELLA 2.12.5-10

PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE VALUTATA CON VARI APPROCCI – VIA RIGONE

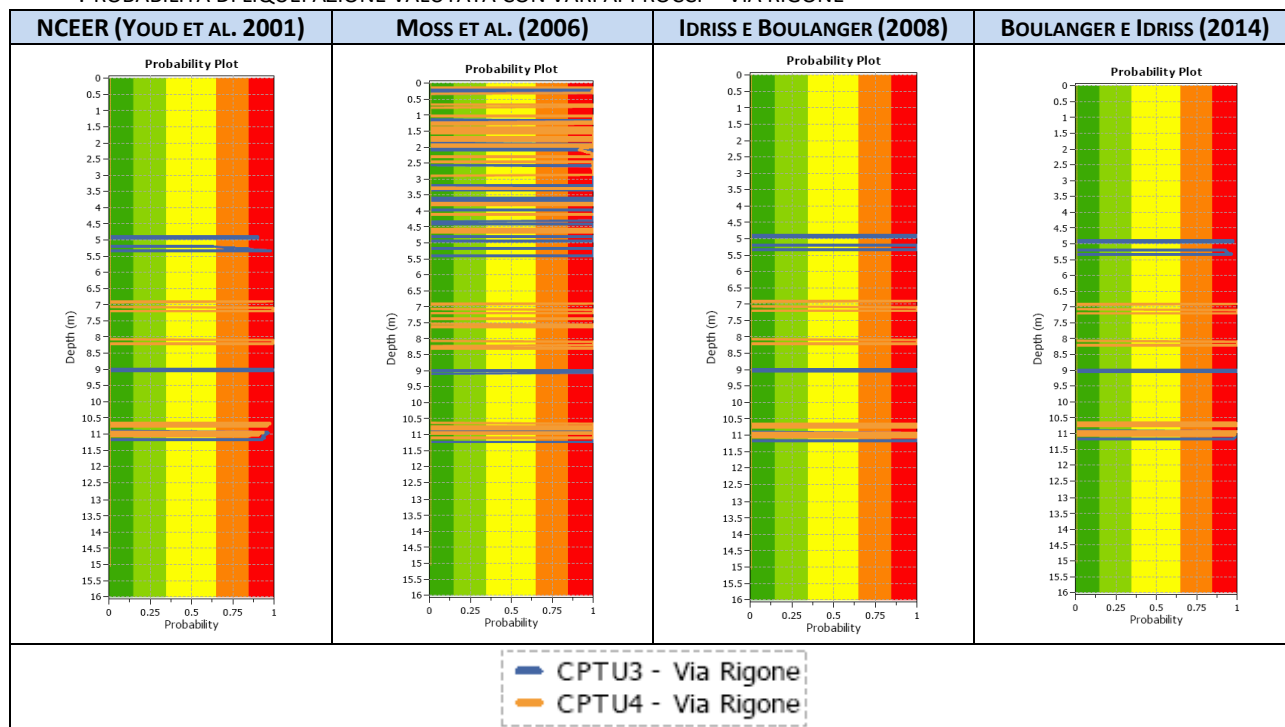


TABELLA 2.12.5-11

PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE VALUTATA CON VARI APPROCCI – VIA GIOVANNINA

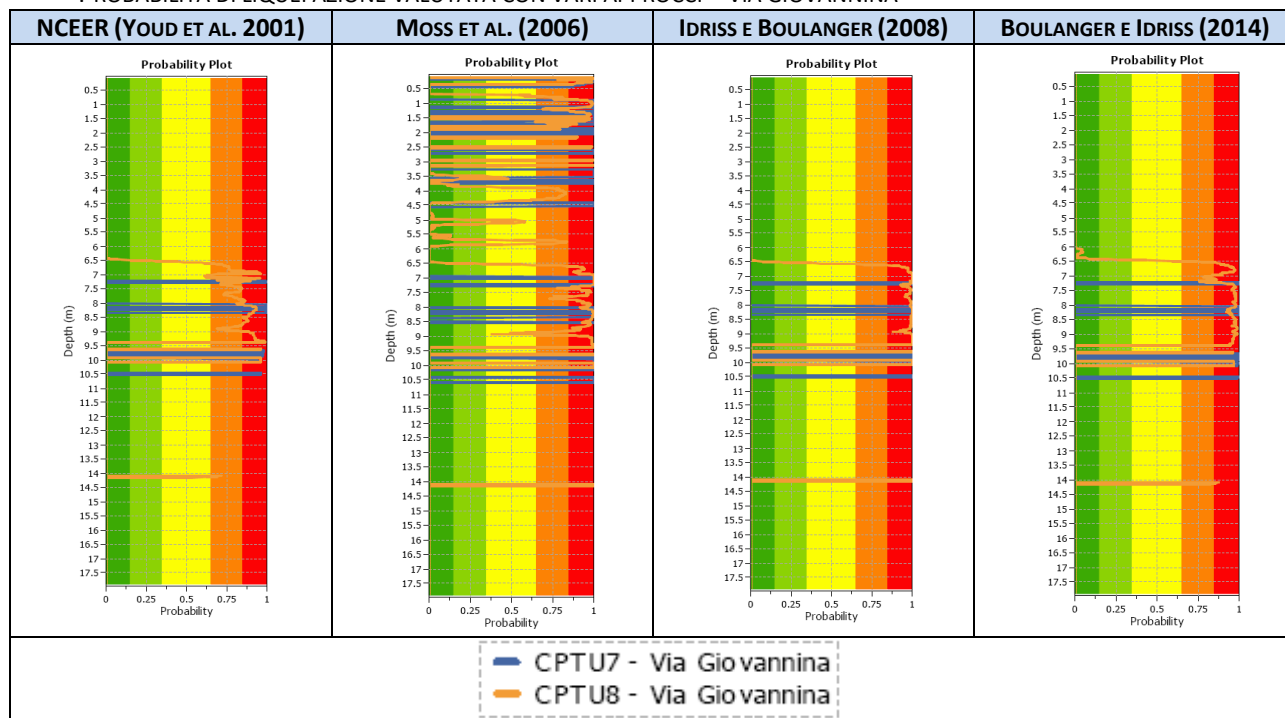
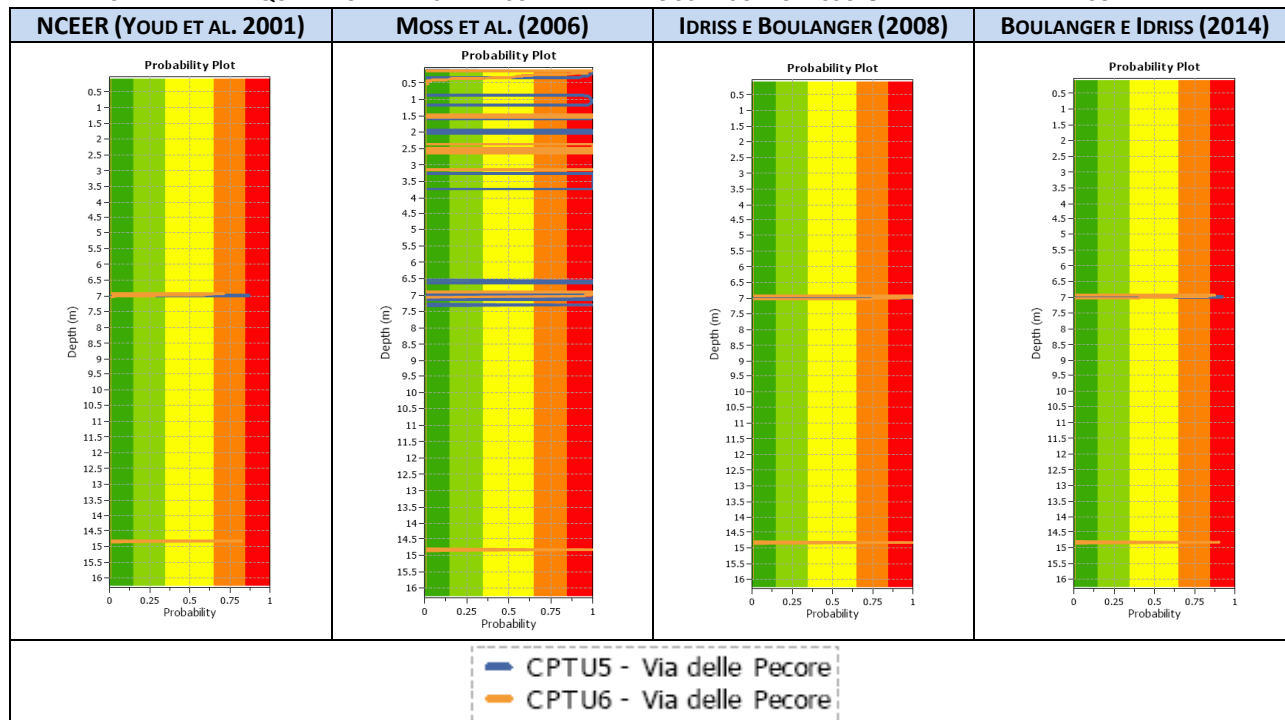


TABELLA 2.12.5-12

PROBABILITÀ DI LIQUEFAZIONE VALUTATA CON VARI APPROCCI – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE



Nei supporti grafici 2.12.5-6, 2.12.5-7, 2.12.5-8 e 2.12.5-9 si riportano gli istogrammi della probabilità di inizio liquefazione valutate in base a diversi approcci in base ai quali, in corrispondenza delle prove effettuate, si evincono i seguenti valori:

VIA DEL CURATO

- 8.804% (CPTU1) e 6.511% (CPTU2), con il metodo di NCEER (Youd et al. 2001);
- 20.041% (CPTU1) e 7.836% (CPTU2), con il metodo di Moss et al. (2006);
- 11.264% (CPTU1) e 6.513% (CPTU2), con il metodo di Idriss & Boulanger (2008);
- 11.847% (CPTU1) e 6.871% (CPTU2), con il metodo di Boulanger & Idriss (2014).

VIA RIGONE

- 5.298% (CPTU3) e 5.512% (CPTU4), con il metodo di NCEER (Youd et al. 2001);
- 5.969% (CPTU3) e 5.958% (CPTU4), con il metodo di Moss et al. (2006);
- 5.520% (CPTU3) e 5.653% (CPTU4), con il metodo di Idriss & Boulanger (2008);
- 5.495% (CPTU3) e 5.570% (CPTU2), con il metodo di Boulanger & Idriss (2014).

VIA GIOVANNINA

- 6.132% (CPTU7) e 13.821% (CPTU8), con il metodo di NCEER (Youd et al. 2001);
- 6.928% (CPTU7) e 14.969% (CPTU8), con il metodo di Moss et al. (2006);
- 6.397% (CPTU7) e 12.129% (CPTU8), con il metodo di Idriss & Boulanger (2008);
- 6.302% (CPTU7) e 19.951% (CPTU8), con il metodo di Boulanger & Idriss (2014).

SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE

- 4.424% (CPTU5) e 4.391% (CPTU6), con il metodo di NCEER (Youd et al. 2001);
- 4.487% (CPTU5) e 4.606% (CPTU6), con il metodo di Moss et al. (2006);
- 4.446% (CPTU5) e 4.482% (CPTU6), con il metodo di Idriss & Boulanger (2008);
- 4.435% (CPTU5) e 4.505% (CPTU6), con il metodo di Boulanger & Idriss (2014).

Le probabilità di liquefazione risultano essere alte:

- in corrispondenza della prova CPTU1 di Via del Curato con il metodo di Moss et al. (2006);
- in corrispondenza della prova CPTU8 di Via Giovannina, con tutti i metodi considerati.

Le probabilità di liquefazione risultano essere basse:

- in corrispondenza della prova CPTU1 di Via del Curato con il metodo di NCEER (Youd et al. 2001), di Idriss & Boulanger (2008) e di Boulanger & Idriss (2014);
- in corrispondenza della prova CPTU2 di Via del Curato con tutti i metodi considerati;
- in corrispondenza di entrambe le prove di Via Rigone con tutti i metodi considerati;
- in corrispondenza della prova CPTU7 di Via Giovannina, con tutti i metodi considerati;
- in corrispondenza di entrambe le prove del sottopasso C.E.R., con tutti i metodi considerati.

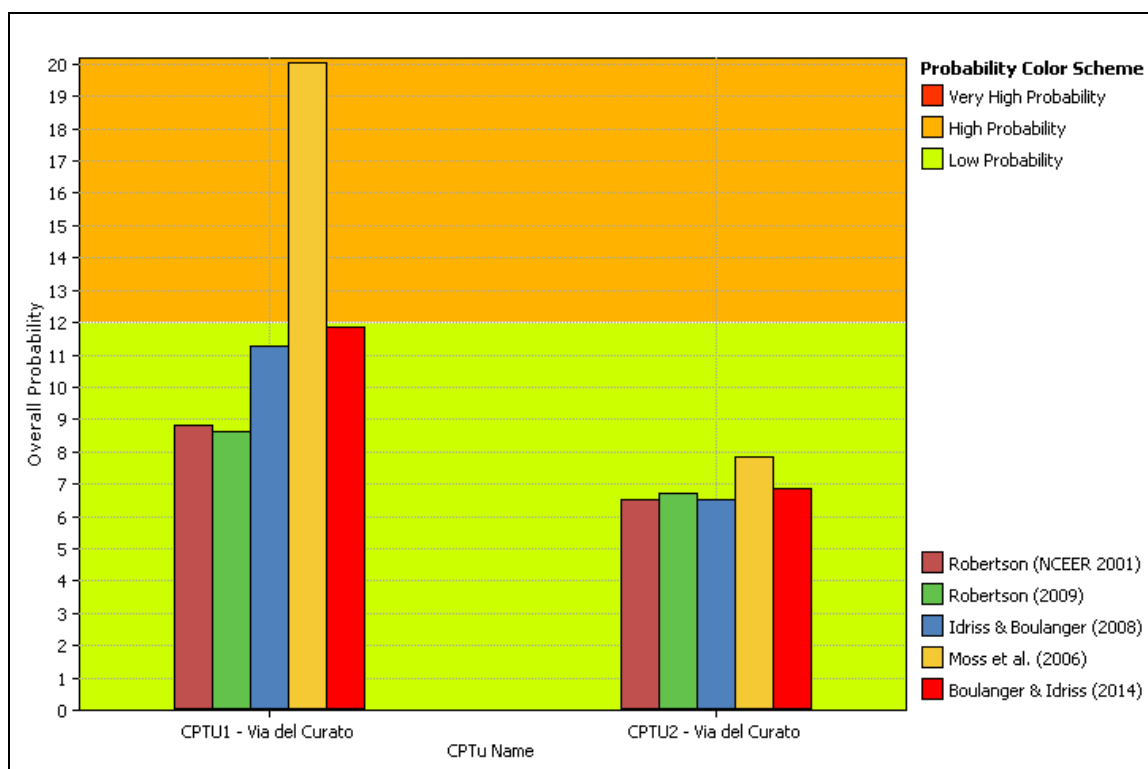


Figura 2.12.5-6

Grafico Probabilità innesco – Via del Curato

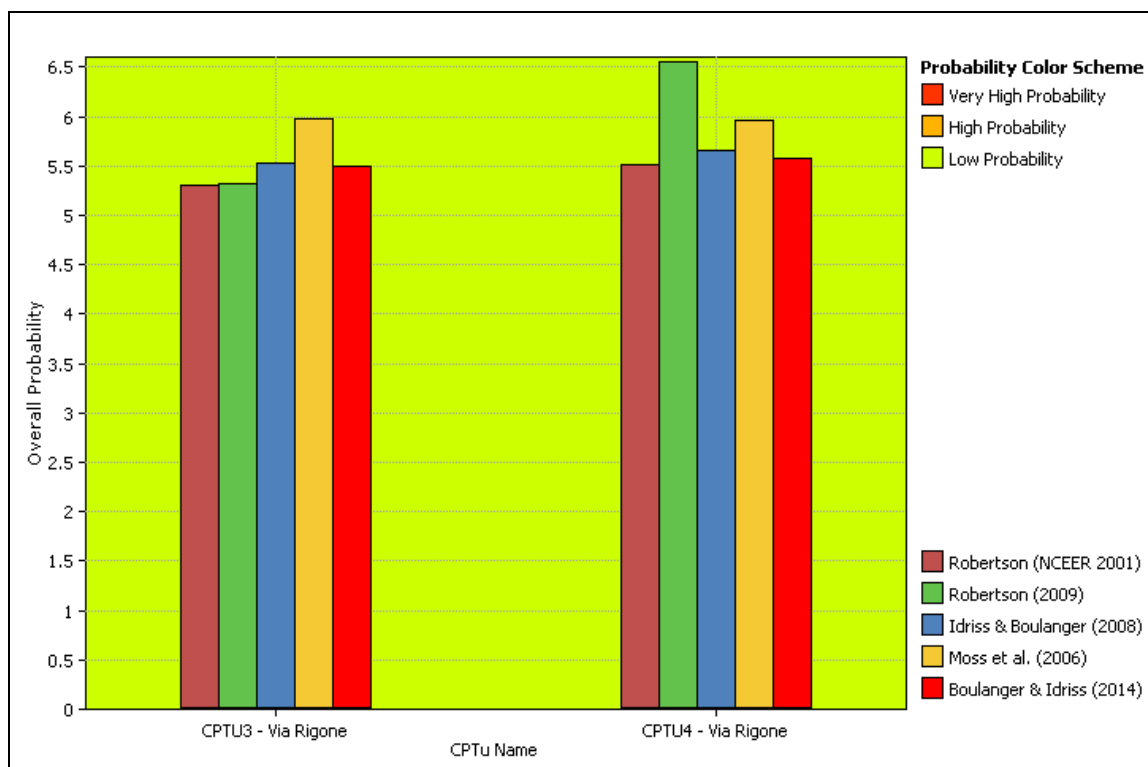


Figura 2.12.5-7

Grafico Probabilità innesco – Via Rigone

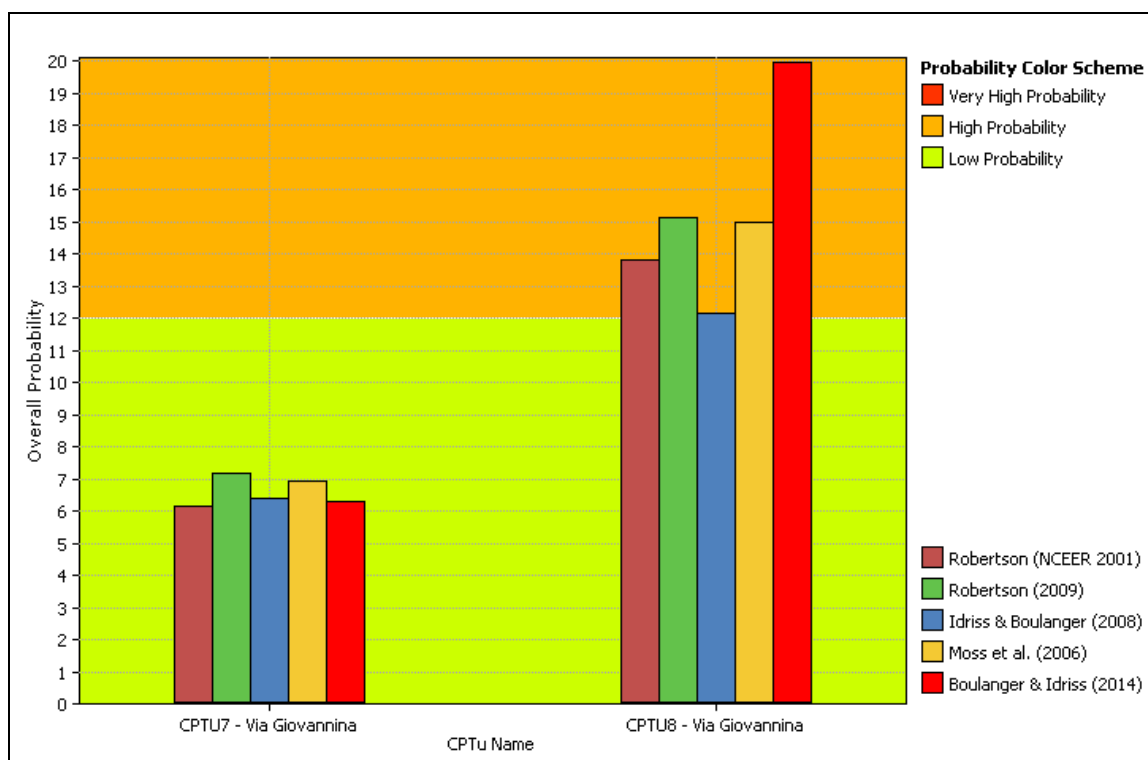


Figura 2.12.5-8
Grafico Probabilità innesco – Via Giovannina

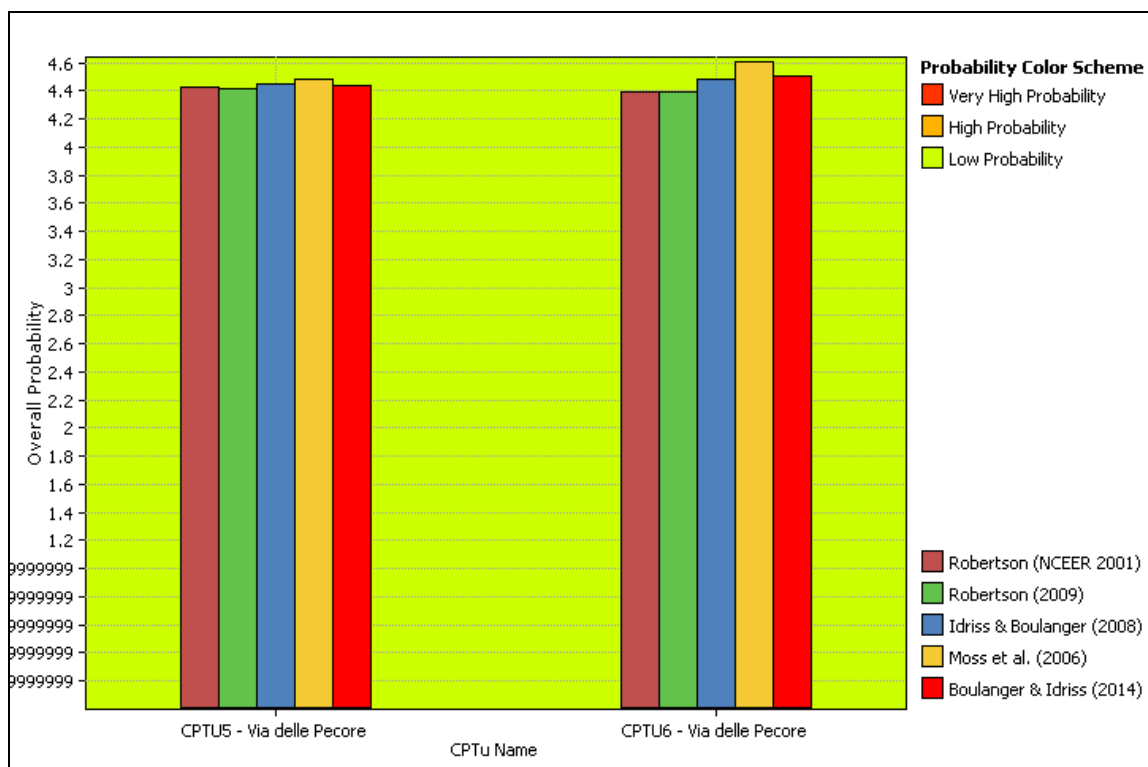


Figura 2.12.5-9
Grafico Probabilità innesco – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

È 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 nelle tabelle.

TABELLA 2.12.5-13

VALORI CEDIMENTI POST-SISMICI VALUTATI CON VARI APPROCCI – VIA DEL CURATO

CRITERIO INDIRETTO (METODO)	CEDIMENTI TEORICI (CM) CPTU1	CEDIMENTI TEORICI (CM) CPTU2
NCEER (Youd et al. 2001)	8.121	3.976
Moss et al. (2006)	12.122	5.816
Idriss e Boulanger (2008)	10.645	5.193
Boulanger e Idriss (2014)	8.638	4.674

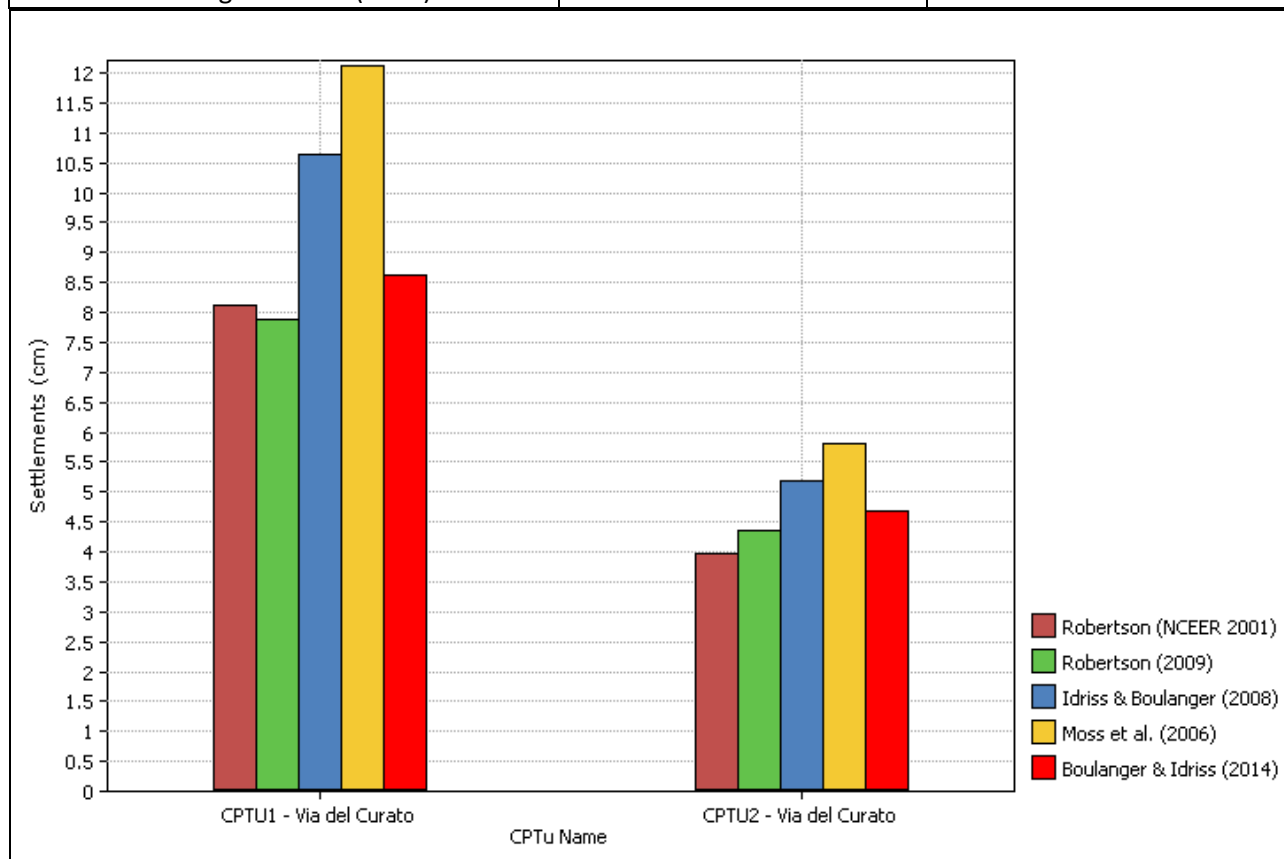


Figura 2.12.5-10

Istogrammi valutazioni con diversi approcci cedimenti teorici post-sismici per liquefazione – Via del Curato

TABELLA 2.12.5-14

VALORI CEDIMENTI POST-SISMICI VALUTATI CON VARI APPROCCI – VIA RIGONE

CRITERIO INDIRETTO (METODO)	CEDIMENTI TEORICI (CM) CPTU3	CEDIMENTI TEORICI (CM) CPTU4
NCEER (Youd et al. 2001)	1.946	2.072
Moss et al. (2006)	2.610	2.378
Idriss e Boulanger (2008)	2.573	2.707
Boulanger e Idriss (2014)	1.982	1.996

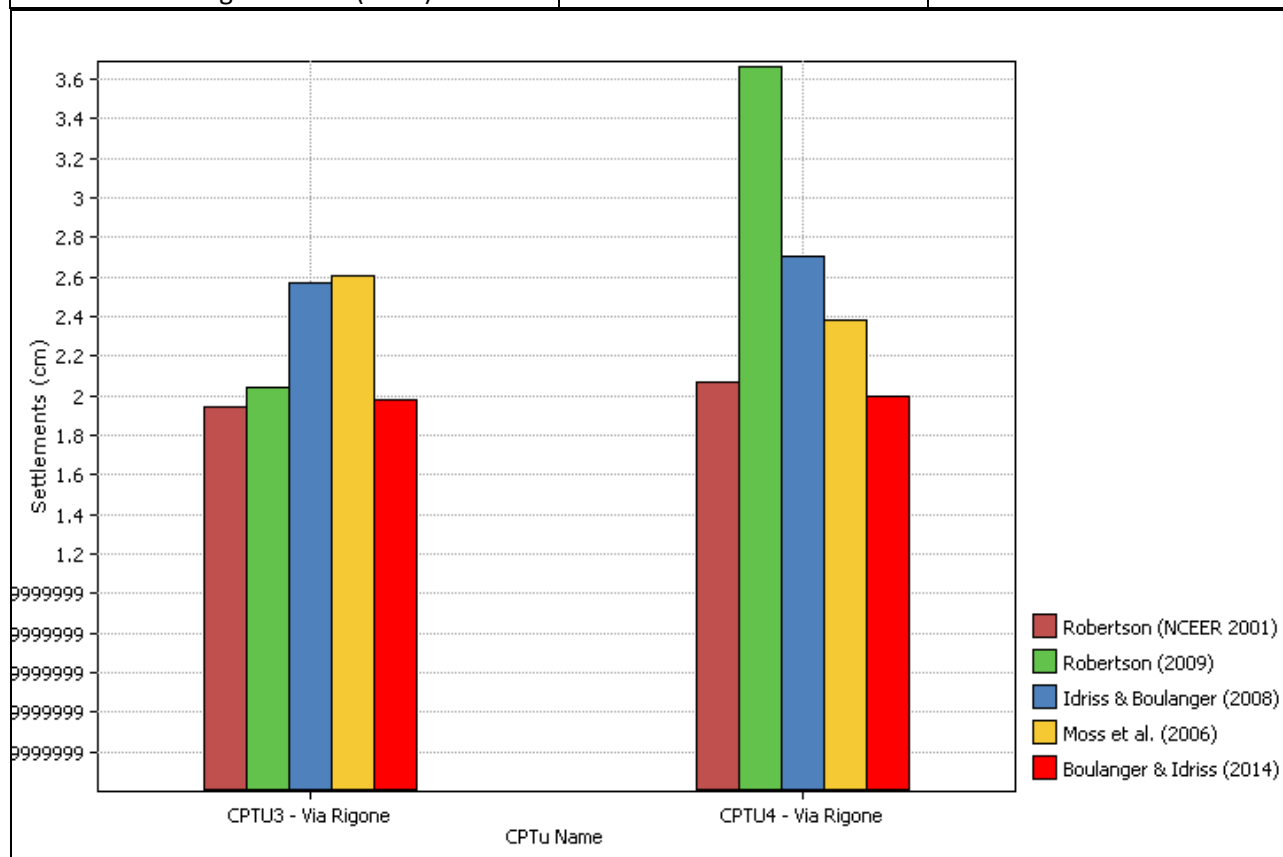


Figura 2.12.5-11

Istogrammi valutazioni con diversi approcci cedimenti teorici post-sismici per liquefazione –Via Rigone

TABELLA 2.12.5-15

VALORI CEDIMENTI POST-SISMICI VALUTATI CON VARI APPROCCI – VIA GIOVANNINA

CRITERIO INDIRETTO (METODO)	CEDIMENTI TEORICI (CM) CPTU7	CEDIMENTI TEORICI (CM) CPTU8
NCEER (Youd et al. 2001)	2.875	15.509
Moss et al. (2006)	3.596	17.912
Idriss e Boulanger (2008)	3.739	15.998
Boulanger e Idriss (2014)	2.817	17.336

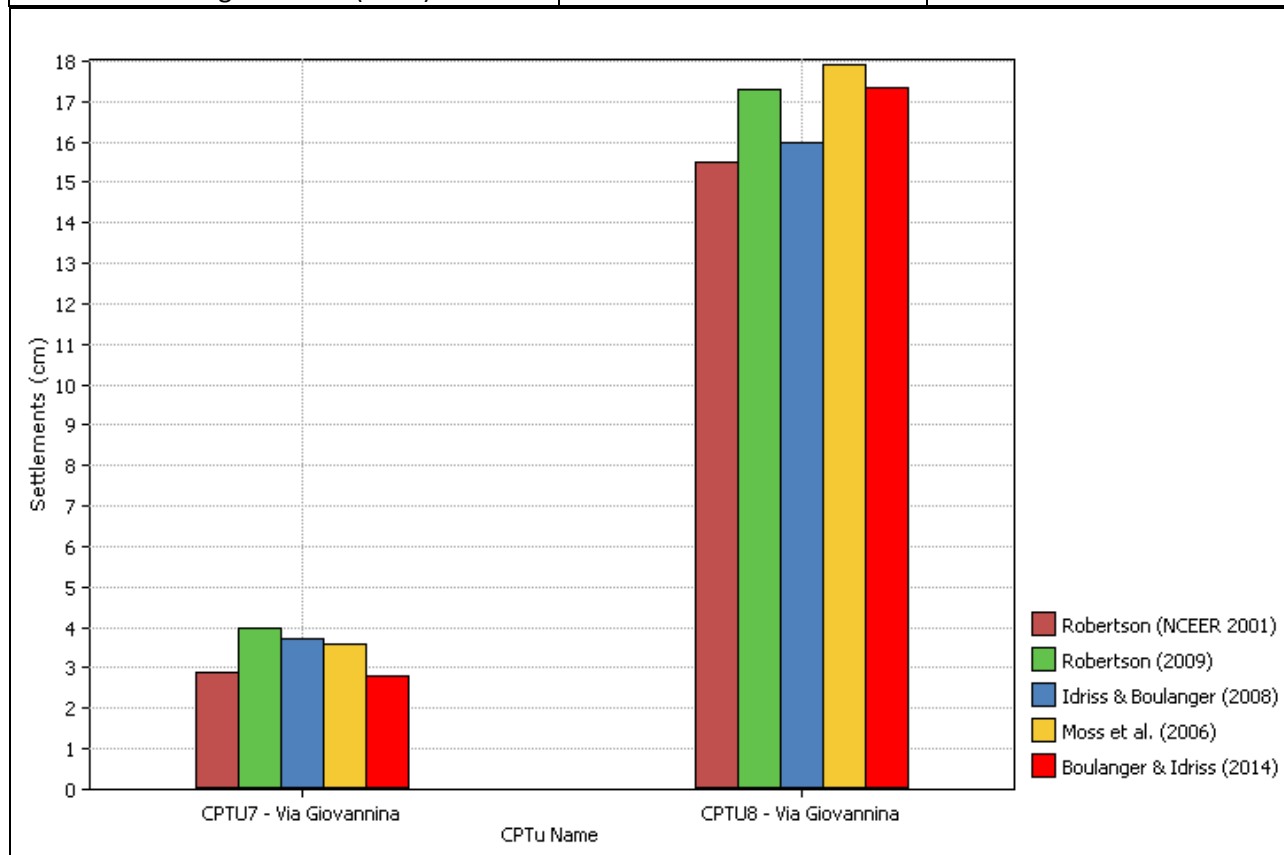


Figura 2.12.5-12

Istogrammi valutazioni con diversi approcci cedimenti teorici post-sismici per liquefazione – Via Giovannina

TABELLA 2.12.5-16

VALORI CEDIMENTI POST-SISMICI VALUTATI CON VARI APPROCCI – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE

CRITERIO INDIRETTO (METODO)	CEDIMENTI TEORICI (CM) CPTU5	CEDIMENTI TEORICI (CM) CPTU6
NCEER (Youd et al. 2001)	0.225	0.178
Moss et al. (2006)	0.232	0.696
Idriss e Boulanger (2008)	0.271	0.545
Boulanger e Idriss (2014)	0.197	0.439

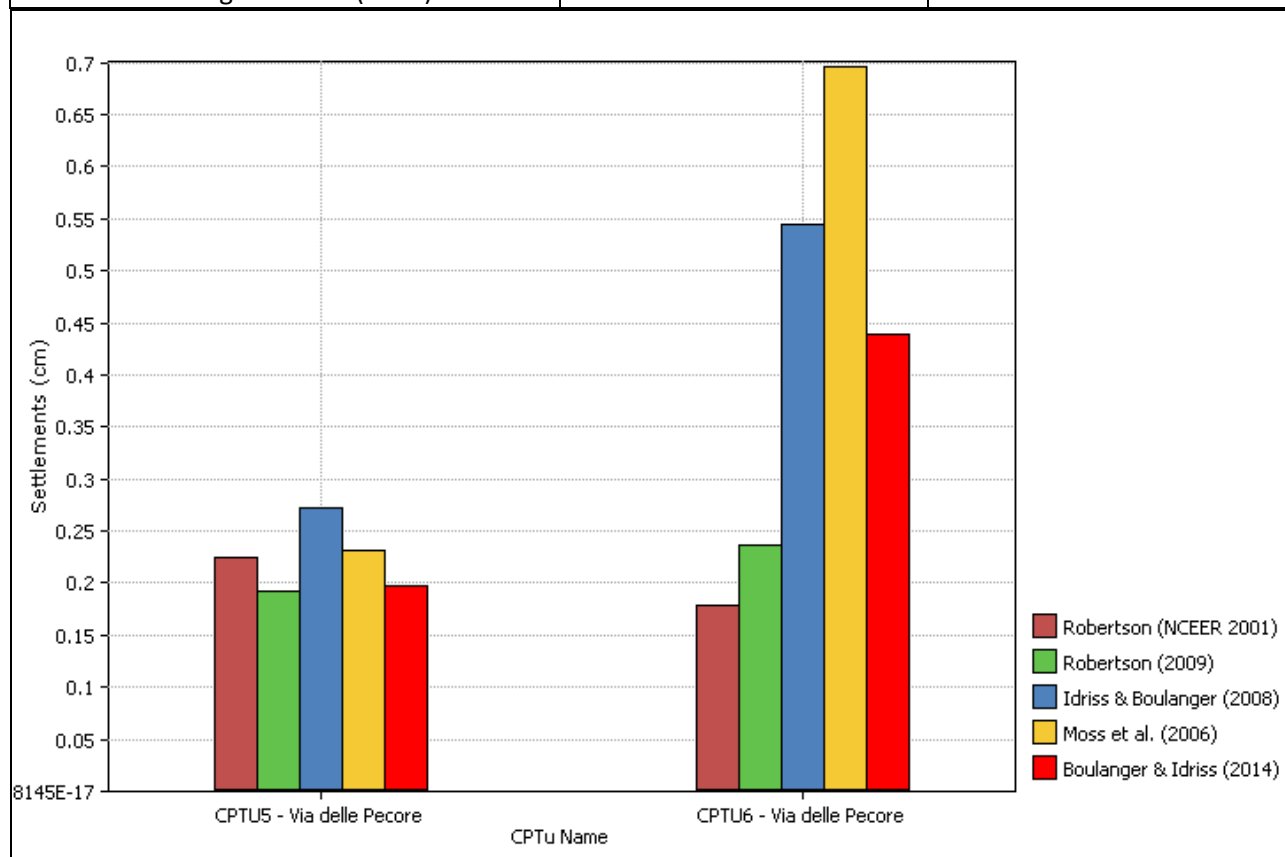


Figura 2.12.5-13

Istogrammi valutazioni con diversi approcci cedimenti teorici post-sismici per liquefazione – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore

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 quantificazioni più precise sarebbe necessario effettuare analisi più approfondite sia in sito che in laboratorio geotecnico.

2.12.6. NOTE IN MERITO ALLE VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE

In ragione delle particolari caratteristiche dei terreni risultati liquefacibili, così come descritte nel capitolo successivo e per certi versi anomale nella zona di studio, a parere dello scrivente sarebbe opportuno in alcuni casi, come ad esempio in corrispondenza della CPTU1 e della CPTU8, prelevare campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio terre e verificare se i relativi fusi ricadono all'interno dei fusi dei terreni liquefacibili, così come indicato nel paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018.

2.13. Note e prescrizioni

In corrispondenza delle quattro aree, oggetto del presente studio, si rilevano depositi di argine, canale e rotta fluviale.

Il sito presso Via del Curato risulta caratterizzato da una alternanza di terreni coesivi, con terreni prevalentemente coesivo-granulari e, secondariamente, granulari.

Il sito presso Via Rigone risulta caratterizzato dalla presenza quasi totale di terreni coesivi.

Il sito presso Via Giovannina risulta caratterizzato:

- in corrispondenza della CPTU7 dalla presenza totale di terreni coesivi;
- in corrispondenza della CPTU8 dalla prevalenza di terreni coesivi, localmente interrotti, da circa 3.00 m a circa 9.40 m, da terreni prevalentemente granulari.

Il sito presso il sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore risulta caratterizzato:

- nel punto di indagine CPTU5 dalla presenza totale di terreni coesivi;
- nel punto di indagine CPTU6 dalla prevalenza di terreni coesivi, localmente interrotti da sottili spessori di terreni prevalentemente granulari, secondariamente coesivo-granulari.

In corrispondenza dei fori residuali delle indagini analizzate ed eseguite è stata misurata la quota della superficie di saturazione alle seguenti profondità:

Identificativo indagine		Data di rilevamento	Profondità della sup. di saturazione dal p.c. (m)
CPTU1	Via del Curato	07/02/2022	2.00
CPTU2	Via del Curato	07/02/2022	1.50
CPTU3	Via Rigone	07/02/2022	1.50
CPTU4	Via Rigone	07/02/2022	1.50
CPTU7	Via Giovannina	11/02/2022	0.80
CPTU8	Via Giovannina	11/02/2022	2.65
CPTU5	Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore	11/02/2022	3.10
CPTU6	Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore	11/02/2022	2.10

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 Cento è stato inserito, in base alla classificazione sismica, nella zona 3.

Nell'area di studio, alle condizioni attuali, non è previsto l'innescio del fenomeno della dilatanza. Per quanto riguarda la liquefazione, in base agli indici di potenziale liquefazione rilevati è risultato quanto di seguito riepilogato.

Via del Curato, il sito è definibile a **potenziale basso ($0 < I_L \leq 2$)**, in corrispondenza della CPTU2, con il metodo di NCEER (Youd et al. 2001) e il metodo di Idriss e Boulanger (2008); a **potenziale moderato ($2 < I_L \leq 5$)**, in corrispondenza della CPTU1, con i metodi di NCEER (Youd et al. 2001), di Idriss e Boulanger (2008) e di Boulanger e Idriss (2014); in corrispondenza della CPTU2, con i metodi di Moss et al. (2006) e di Boulanger e Idriss (2014); a **potenziale alto ($5 < I_L \leq 15$)**, in corrispondenza della CPTU1, con il metodo di Moss et al. (2006).

Via Rigone e Sottopasso C.E.R – Via delle Pecore, i siti sono definibili a **potenziale basso ($0 < I_L \leq 2$)**, con tutti i metodi considerati.

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	--	--

Via Giovannina, il sito è definibile a **potenziale basso** ($0 < I_L \leq 2$), in corrispondenza della CPTU7, con il metodo di NCEER (Youd et al. 2001), con il metodo di Idriss e Boulanger (2008) e con il metodo di Boulanger e Idriss (2014); a **potenziale moderato** ($2 < I_L \leq 5$), in corrispondenza della CPTU7, con il metodo di Moss et al. (2006); a **potenziale alto** ($5 < I_L \leq 15$), in corrispondenza della CPTU8, con tutti i metodi considerati.

Ai fini della progettazione e della verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche, nonché dei requisiti che devono essere soddisfatti dai siti di costruzione e dai terreni interagenti con le opere in presenza di tali azioni, come indicato dalla normativa NTC18 è stato valutato l'effetto della risposta sismica locale per le aree presenti in Via del Curato e in Via Giovannina. Negli allegati 10 e 11 sono riportate le analisi di Risposta Sismica Locale con approccio numerico non semplificato.

Per le verifiche alla liquefazione, in base alle risultanze delle analisi di Risposta Sismica Locale e dell'omogeneità dei dati ottenuti per mezzo delle indagini geofisiche, è stata applicata un'accelerazione pari a 0.21g, ad eccezione delle analisi effettuate per il sito di via Giovannina per le quali è stata considerata un'accelerazione pari a 0.20g. Sono stati inoltre esclusi i terreni compresi indicativamente fra il piano campagna e la profondità di posa delle fondazioni.

Come da indicazioni ricevute dal Progettista, la determinazione dei parametri sismici è stata effettuata ipotizzando una vita nominale V_n 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 tutte le aree di studio non siano state soggette ad allagamenti nel tempo ad eccezione del sito di Via del Curato e dell'area a sud di Via Giovannina che sono soggette ad allagamenti nel tempo, nello specifico a causa di precipitazioni intense e prolungate avvenute nel 2005.

In allegato 12 è riportata una Scheda Tecnica riassuntiva dei principali parametri geologici e geotecnici relativi al sito in esame, utilizzabili per le successive valutazioni.

3. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

3.1. Problemi geotecnici e scelte tipologiche

Come da accordi con il Progettista, nella presente viene fornita l'interpretazione geotecnica in base alle prove effettuate. Valutazioni in merito alle tipologie di fondazione, ai carichi trasmessi, etc... in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni, saranno eventualmente fornite in seguito, o effettuate direttamente dal Progettista.

3.2. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche

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

3.3. Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni

3.3.1. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE – SCPTU, CPTU

Utilizzando i valori di resistenza misurati per mezzo delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono eseguite, 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 INCOERENTI

Angolo di resistenza al taglio (ϕ): Koppejan (correlazione valida per sabbie N.C. non cementate per profondità > 2 m terreni saturi o > 1 m non saturi)

Densità relativa (D_r %): Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

Modulo Edometrico (E_d): 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 (Piacentini Righi 1978)

- TERRENI COESIVI

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

Modulo Edometrico (E_{ed}) - 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 (Piacentini Righi 1978)

Come ampiamente descritto, sono state effettuate n. 8 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono per la progettazione dei manufatti di attraversamento. Per mezzo di queste prove 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 3.3.1-1

CPTU1 VIA DEL CURATO – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (m)	Letto (m)		
1	0.00	0.31	Sabbie - sabbie limose. Al tetto e alla base puntuali livelli di limi sabbiosi e limi argillosi e di sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni granulari molto densi</i>	$q_c = 41.60 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.37 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 100\%$ $\phi = 43.12^\circ$ $OCR > 9$ $Ed = 80.63 \text{ kg/cm}^2$
2	0.31	1.08	Alternanza di argille con argille limose – argille e con limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 15.39 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.56 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.93 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.01 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.77 \text{ kg/cm}^2$ $OCR > 9$ $Eu = 571.89 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.30 \text{ kg/cm}^2$
3	1.08	1.49	Limi sabbiosi e limi argillosi. Locale livello di limi argillosi e argille limose.	$q_c = 23.13 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $Dr = 64.44\%$ $\phi = 29.28^\circ$ $OCR > 9$ $Ed = 46.25 \text{ kg/cm}^2$
4	1.49	2.56	Limi argillosi e argille limose localmente interrotte da limi sabbiosi e limi argillosi. Alla base presenza di terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 9.21 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.10 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{da \text{ m } 1.49 \text{ a m } 2.00} = 1.85 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da m } 1.49 \text{ a m } 2.00} = 1.93 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{da \text{ m } 2.00 \text{ a m } 2.56} = 1.82 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da m } 2.00 \text{ a m } 2.56} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.77$

				Eu = 330.69 kg/cm ² E _{ed} = 41.75 kg/cm ²
5	2.56	3.09	Sabbie limose - limi argillosi localmente interrotte da limi sabbiosi e limi argillosi.	qc = 23.63 kg/cm ² fs = 0.09 kg/cm ² γ = 1.90 t/m ³ γ _{sat} = 2.20 t/m ³ Dr = 43.34% φ = 26.30° OCR < 0.50 Ed = 36.69 kg/cm ²
6	3.09	3.66	Prevalenza di terreni fini molto sensitivi su argille limose – argille e su limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	qc = 6.43 kg/cm ² fs = 0.07 kg/cm ² γ = 1.77 t/m ³ γ _{sat} = 1.85 t/m ³ C _u = 0.32 kg/cm ² OCR = 0.91 Eu = 221.98 kg/cm ² E _{ed} = 33.18 kg/cm ²
7	3.66	6.30	Limi sabbiosi e limi argillosi prevalenti alternati con sabbie limose - limi argillosi. Secondaria presenza di limi argillosi e argille limose.	qc = 19.20 kg/cm ² fs = 0.17 kg/cm ² γ = 1.96 t/m ³ γ _{sat} = 2.04 t/m ³ C _u = 0.96 kg/cm ² OCR = 1.79 Eu = 695.28 kg/cm ² E _{ed} = 43.76 kg/cm ²
8	6.30	9.70	Argille. Locali e secondarie interruzioni di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	qc = 6.97 kg/cm ² fs = 0.29 kg/cm ² γ = 1.77 t/m ³ γ _{sat} = 1.85 t/m ³ C _u = 0.35 kg/cm ² OCR = 2.12 Eu = 225.72 kg/cm ² E _{ed} = 35.11 kg/cm ²
9	9.70	12.59	Argille. Locali interruzioni di limi argillosi e argille limose e di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	qc = 14.33 kg/cm ² fs = 0.67 kg/cm ² γ = 1.90 t/m ³ γ _{sat} = 1.98 t/m ³ C _u = 0.72 kg/cm ² OCR = 3.76 Eu = 490.45 kg/cm ² E _{ed} = 48.40 kg/cm ²
10	12.59	12.94	Limi sabbiosi e limi argillosi.	qc = 17.32 kg/cm ² fs = 0.14 kg/cm ² γ = 1.93 t/m ³ γ _{sat} = 2.01 t/m ³ C _u = 0.87 kg/cm ²

				OCR = 0.66 $E_u = 596.86 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 46.82 \text{ kg/cm}^2$
11	12.94	15.12	Argille. Puntuali e sporadici livelli di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 21.52 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.17 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.08 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 5.34 $E_u = 749.66 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 43.04 \text{ kg/cm}^2$
12	15.12	16.24	Alternanza di argille limose – argille con limi argillosi e argille limose e con argille. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 25.20 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.02 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.08 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.26 \text{ kg/cm}^2$ OCR = 4.20 $E_u = 881.47 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 50.40 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 3.3.1-2

CPTU2 VIA DEL CURATO – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (m)	Letto (m)		
1	0.00	0.15	Terreni organici e torbosi e terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi poco consistenti</i>	$q_c = 2.72 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.05 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.64 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.72 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.14 \text{ kg/cm}^2$ OCR > 9 $E_u = 101.46 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 16.31 \text{ kg/cm}^2$
2	0.15	0.32	Sabbie limose - limi argillosi poggianti su limi sabbiosi e limi argillosi.	$q_c = 20.71 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.18 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 100\%$ $\phi = 37.70^\circ$ OCR > 9 $E_d = 77.23 \text{ kg/cm}^2$
3	0.32	1.80	Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille limose – argille. Secondaria presenza di argille, di terreni fini molto sensitivi e di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 11.94 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.32 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{da \text{ m } 0.32 \text{ a m } 1.50} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da m } 0.32 \text{ a m } 1.50} = 1.98 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{da \text{ m } 1.50 \text{ a m } 1.80} = 1.79 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat \text{ da m } 1.50 \text{ a m } 1.80} = 1.87 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.60 \text{ kg/cm}^2$

				OCR > 9 Eu = 440.15 kg/cm ² E _{ed} = 46.77 kg/cm ²
4	1.80	2.68	Alternanza di sabbie limose - limi argillosi con limi sabbiosi e limi argillosi. Secondaria presenza di limi argillosi e argille limose.	qc = 19.54 kg/cm ² fs = 0.06 kg/cm ² γ = 1.90 t/m ³ γ _{sat} = 2.20 t/m ³ Dr = 44.73% φ = 26.68° OCR < 0.50 Ed = 35.42 kg/cm ²
5	2.68	3.08	Terreni fini molto sensitivi poggianti su argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	qc = 5.56 kg/cm ² fs = 0.11 kg/cm ² γ = 1.74 t/m ³ γ _{sat} = 1.82 t/m ³ C _u = 0.28 kg/cm ² OCR = 1.85 Eu = 193.00 kg/cm ² E _{ed} = 29.78 kg/cm ²
6	3.08	4.86	Limi sabbiosi e limi argillosi. Locali e sporadiche interruzioni di sabbie limose - limi argillosi, limi argillosi e argille limose e di terreni fini molto sensitivi.	qc = 14.34 kg/cm ² fs = 0.12 kg/cm ² γ = 1.91 t/m ³ γ _{sat} = 1.99 t/m ³ C _u = 0.72 kg/cm ² OCR = 1.62 Eu = 518.60 kg/cm ² E _{ed} = 48.40 kg/cm ²
7	4.86	5.13	Sabbie limose - limi argillosi.	qc = 23.15 kg/cm ² fs = 0.09 kg/cm ² γ = 1.90 t/m ³ γ _{sat} = 2.20 t/m ³ Dr = 26.67% φ = 24.79° OCR < 0.50 Ed = 32.03 kg/cm ²
8	5.13	5.52	Limi sabbiosi e limi argillosi localmente interrotti da limi argillosi e argille limose.	qc = 14.56 kg/cm ² fs = 0.16 kg/cm ² γ = 1.91 t/m ³ γ _{sat} = 1.99 t/m ³ C _u = 0.73 kg/cm ² OCR = 1.74 Eu = 522.14 kg/cm ² E _{ed} = 48.43 kg/cm ²
9	5.52	7.54	Argille localmente interrotte da argille limose – argille. Al tetto presenza di limi argillosi e argille limose.	qc = 5.59 kg/cm ² fs = 0.18 kg/cm ² γ = 1.73 t/m ³ γ _{sat} = 1.81 t/m ³

			<i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$C_u = 0.28 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.66$ $E_u = 181.54 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 29.90 \text{ kg/cm}^2$
10	7.54	7.65	Limi sabbiosi e limi argillosi.	$q_c = 17.68 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.15 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.88 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.19$ $E_u = 631.16 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 46.36 \text{ kg/cm}^2$
11	7.65	12.19	Alternanza di terreni fini molto sensitivi con argille limose – argille e con limi argillosi e argille limose, poggianti su argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 11.53 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.52 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.86 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.94 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.58 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 3.46$ $E_u = 392.68 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 46.23 \text{ kg/cm}^2$
12	12.19	14.50	Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con sabbie limose - limi argillosi e con sabbie - sabbie limose. secondaria presenza di limi argillosi e argille. <i>Terreni granulari sciolti</i>	$q_c = 64.03 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.25 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $Dr = 27.35\%$ $\phi = 25.74^\circ$ $OCR > 9$ $E_d = 54.17 \text{ kg/cm}^2$
13	14.50	17.94	Argille localmente interrotte da argille limose – argille e, secondariamente, da limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 20.96 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.09 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.05 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 4.47$ $E_u = 722.32 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 41.92 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 3.3.1-3

CPTU3 VIA RIGONE – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (m)	Letto (m)		
1	0.00	1.89	Argille limose – argille localmente interrotte da limi argillosi e argille limose, da argille e da terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 8.52 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.19 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma \text{ da m } 0.00 \text{ a m } 1.50 = 1.84 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} \text{ da m } 0.00 \text{ a m } 1.50 = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma \text{ da m } 1.50 \text{ a m } 1.89 = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} \text{ da m } 1.50 \text{ a m } 1.89 = 1.83 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.43 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 7.89$ $E_u = 312.94 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 39.94 \text{ kg/cm}^2$
2	1.89	2.66	Limi sabbiosi e limi argillosi. Locali livelli di limi argillosi e argille limose.	$q_c = 13.02 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.08 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.98 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.65 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.60$ $E_u = 475.35 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 47.83 \text{ kg/cm}^2$
3	2.66	2.87	Sabbie limose - limi argillosi.	$q_c = 19.89 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.06 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.99 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.03$ $E_u = 731.27 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 42.24 \text{ kg/cm}^2$
4	2.87	3.17	Limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 12.53 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.05 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.89 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.97 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.63 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 0.81$ $E_u = 454.39 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 47.41 \text{ kg/cm}^2$
5	3.17	5.40	Terreni fini molto sensitivi alternati con limi sabbiosi e limi argillosi, con limi argillosi e argille limose e con argille limose – argille. Secondaria presenza di argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 9.46 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.09 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.84 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.92 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.47 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.17$ $E_u = 335.25 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 42.34 \text{ kg/cm}^2$
6	5.40	8.94	Argille prevalenti alternate con	$q_c = 6.26 \text{ kg/cm}^2$

			argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$f_s = 0.23 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.76 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.84 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.31 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 2.05$ $E_u = 205.50 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 32.54 \text{ kg/cm}^2$
7	8.94	10.71	Alternanza di argille con argille limose – argille. Al tetto presenza di terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 11.43 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.43 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.86 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.94 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.57 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 2.94$ $E_u = 390.12 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 46.08 \text{ kg/cm}^2$
8	10.71	11.22	Limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 16.11 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.19 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.81 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.12$ $E_u = 561.72 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 47.95 \text{ kg/cm}^2$
9	11.22	16.00	Argille localmente interrotte da argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti/molto consistenti</i>	$q_c = 20.07 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.10 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.96 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.04 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.00 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 5.53$ $E_u = 700.38 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 41.81 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 3.3.1-4

CPTU4 VIA RIGONE – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (m)	Letto (m)		
1	0.00	0.23	Terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi poco consistenti</i>	$q_c = 4.32 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.00 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.71 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.79 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.22 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} < 0.50$ $E_u = 161.23 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 24.35 \text{ kg/cm}^2$
2	0.23	1.99	Alternanza di limi sabbiosi e limi argillosi con terreni fini molto sensitivi e con limi argillosi e argille	$q_c = 9.42 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.14 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.84 \text{ t/m}^3$

			limose. Secondaria presenza di argille limose – argille e di argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$\gamma_{sat} = 1.92 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.47 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 4.95$ $Eu = 345.60 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 42.25 \text{ kg/cm}^2$
3	1.99	2.87	Sabbie limose - limi argillosi localmente interrotte da terreni fini molto sensitivi. Secondaria presenza di limi sabbiosi e limi argillosi.	$qc = 19.82 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.07 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.20 \text{ t/m}^3$ $Dr = 43.64\%$ $\phi = 26.70^\circ$ $OCR < 0.50$ $Ed = 35.65 \text{ kg/cm}^2$
4	2.87	4.25	Terreni fini molto sensitivi. Puntuali livelli di argille, di argille limose – argille e di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$qc = 5.61 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.06 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.83 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.28 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 0.88$ $Eu = 193.39 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 29.98 \text{ kg/cm}^2$
5	4.25	4.72	Argille limose – argille poggianti su limi argillosi e argille limose e su limi sabbiosi e limi argillosi. Locale interruzione di terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$qc = 7.06 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.10 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.79 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.87 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.35 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.30$ $Eu = 245.12 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 35.42 \text{ kg/cm}^2$
6	4.72	5.10	Terreni fini molto sensitivi. Puntuali livelli di argille e di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$qc = 5.48 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.08 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.74 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.82 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.27 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 0.96$ $Eu = 184.65 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 29.45 \text{ kg/cm}^2$
7	5.10	5.70	Argille limose – argille alternate con argille e con terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$qc = 5.73 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.13 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.74 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.82 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.29 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.50$ $Eu = 192.53 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 30.47 \text{ kg/cm}^2$
8	5.70	8.65	Terreni fini molto sensitivi localmente interrotti da limi	$qc = 6.75 \text{ kg/cm}^2$ $fs = 0.07 \text{ kg/cm}^2$

			argillosi e argille limose, da argille limose – argille e da argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$\gamma = 1.77 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.85 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.34 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 0.63$ $E_u = 225.51 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 34.34 \text{ kg/cm}^2$
9	8.65	10.60	Alternanza di argille con argille limose – argille e con limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 10.29 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.39 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.93 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.51 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 2.92$ $E_u = 350.65 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 44.13 \text{ kg/cm}^2$
10	10.60	11.09	Limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 14.44 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.16 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.91 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.99 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.72 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.01$ $E_u = 502.16 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.42 \text{ kg/cm}^2$
11	11.09	15.09	Argille. Puntuali livelli di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 19.13 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.08 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.03 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.96 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 5.97$ $E_u = 669.71 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 43.91 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 3.3.1-5

CPTU5 VIA PECORE – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (m)	Letto (m)		
1	0.00	0.09	-	-
2	0.09	2.28	Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille e con argille limose – argille. Secondaria presenza di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 13.02 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.38 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.98 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.65 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 479.78 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 47.83 \text{ kg/cm}^2$
3	2.28	3.70	Terreni fini molto sensitivi. Locali e sporadiche interruzioni di argille limose – argille.	$q_c = 6.83 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.06 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{da m } 2.28 \text{ a m } 3.10} = 1.76 \text{ t/m}^3$

			<i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	γ_{sat} da m 2.28 a m 3.10 = 1.84 t/m ³ γ da m 3.10 a m 3.70 = 1.80 t/m ³ γ_{sat} da m 3.10 a m 3.70 = 1.88 t/m ³ C_u = 0.34 kg/cm ² OCR = 0.71 E_u = 234.99 kg/cm ² E_{ed} = 34.62 kg/cm ²
4	3.70	4.19	Limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	q_c = 8.21 kg/cm ² f_s = 0.11 kg/cm ² γ = 1.81 t/m ³ γ_{sat} = 1.89 t/m ³ C_u = 0.41 kg/cm ² OCR = 1.14 E_u = 283.51 kg/cm ² E_{ed} = 39.06 kg/cm ²
5	4.19	4.51	Terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	q_c = 7.81 kg/cm ² f_s = 0.08 kg/cm ² γ = 1.80 t/m ³ γ_{sat} = 1.88 t/m ³ C_u = 0.39 kg/cm ² OCR = 0.78 E_u = 267.29 kg/cm ² E_{ed} = 37.87 kg/cm ²
6	4.51	6.00	Limi argillosi e argille limose alternati con argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	q_c = 8.28 kg/cm ² f_s = 0.17 kg/cm ² γ = 1.81 t/m ³ γ_{sat} = 1.89 t/m ³ C_u = 0.41 kg/cm ² OCR = 1.54 E_u = 282.17 kg/cm ² E_{ed} = 39.27 kg/cm ²
7	6.00	7.08	Terreni fini molto sensitivi. Locale interruzione di limi sabbiosi e limi argillosi e argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	q_c = 7.85 kg/cm ² f_s = 0.07 kg/cm ² γ = 1.80 t/m ³ γ_{sat} = 1.88 t/m ³ C_u = 0.39 kg/cm ² OCR = 0.54 E_u = 262.16 kg/cm ² E_{ed} = 37.99 kg/cm ²
8	7.08	7.99	Limi argillosi e argille limose alternati con limi sabbiosi e limi argillosi e con argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	q_c = 8.44 kg/cm ² f_s = 0.13 kg/cm ² γ = 1.81 t/m ³ γ_{sat} = 1.89 t/m ³ C_u = 0.42 kg/cm ² OCR = 0.92 E_u = 281.28 kg/cm ² E_{ed} = 39.72 kg/cm ²

9	7.99	14.08	Argille. Locali e secondarie interruzioni di argille limose – argille e di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 17.79 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.97 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.94 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.02 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.89 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 5.34$ $E_u = 619.22 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 46.21 \text{ kg/cm}^2$
10	14.08	16.23	Argille limose – argille alternate con limi argillosi e argille limose, con limi sabbiosi e limi argillosi e con argille. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 21.84 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.75 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.09 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 3.10$ $E_u = 755.84 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 43.68 \text{ kg/cm}^2$

TABELLA 3.3.1-6

CPTU6 VIA PECORE – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (m)	Letto (m)		
1	0.00	0.08	-	-
2	0.08	0.51	Limi argillosi e argille limose alternati con limi sabbiosi e limi argillosi. Secondaria presenza di sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni granulari molto densi</i>	$q_c = 30.79 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.70 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $D_r = 100\%$ $\phi = 38.53^\circ$ $\text{OCR} > 9$ $E_d = 80.60 \text{ kg/cm}^2$
3	0.51	1.44	Argille. Secondaria presenza di argille limose – argille e di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 14.05 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.71 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.91 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.99 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.70 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} > 9$ $E_u = 519.71 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.35 \text{ kg/cm}^2$
4	1.44	3.28	Terreni fini molto sensitivi localmente interrotti da argille limose – argille, da limi argillosi e argille limose e da limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 6.74 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.08 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{da m } 1.44 \text{ a m } 2.10} = 1.76 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat da m } 1.44 \text{ a m } 2.10} = 1.84 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{da m } 2.10 \text{ a m } 3.28} = 1.79 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat da m } 2.10 \text{ a m } 3.28} = 1.87 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.34 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 1.30$ $E_u = 237.02 \text{ kg/cm}^2$



				$E_{ed} = 34.30 \text{ kg/cm}^2$
5	3.28	4.99	Argille. Secondaria presenza di limi argillosi e argille limose e di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 8.96 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.32 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.83 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.91 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.45 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 3.97$ $E_u = 314.46 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 41.12 \text{ kg/cm}^2$
6	4.99	6.89	Argille limose – argille prevalenti, alternate con limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$q_c = 9.22 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.23 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.83 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1.91 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.46 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 2.18$ $E_u = 318.14 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 41.77 \text{ kg/cm}^2$
7	6.89	7.05	Limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni granulari sciolti</i>	$q_c = 29.96 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.54 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.10 \text{ t/m}^3$ $Dr = 24.96\%$ $\phi = 24.52^\circ$ $OCR = 7.04$ $E_d = 35.69 \text{ kg/cm}^2$
8	7.05	13.98	Argille. Sporadici livelli di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 15.57 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.99 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.92 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.00 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.78 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 5.93$ $E_u = 539.79 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 48.24 \text{ kg/cm}^2$
9	13.98	14.65	Alternanza di argille limose – argille prevalenti con limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 20.45 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.77 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.96 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.04 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.02 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 3.47$ $E_u = 708.71 \text{ kg/cm}^2$ $E_{ed} = 40.90 \text{ kg/cm}^2$
10	14.65	15.18	Limi sabbiosi e limi argillosi. Locali livelletti di limi argillosi e argille limose.	$q_c = 21.31 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.40 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.07 \text{ kg/cm}^2$ $OCR = 1.70$

				Eu = 738.77 kg/cm ² E _{ed} = 42.62 kg/cm ²
11.	15.18	15.96	Alternanza di argille con limi argillosi e argille limose e con argille limose – argille. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	qc = 22.75 kg/cm ² fs = 0.95 kg/cm ² γ = 1.98 t/m ³ γ _{sat} = 2.06 t/m ³ C _u = 1.14 kg/cm ² OCR = 3.95 Eu = 790.33 kg/cm ² E _{ed} = 45.50 kg/cm ²

TABELLA 3.3.1-7

CPTU7 VIA GIOVANNINA – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (m)	Letto (m)		
1	0.00	0.08	-	-
2	0.08	1.08	Limi sabbiosi e limi argillosi localmente interrotti da limi argillosi e argille limose da argille limose – argille e da argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	qc = 12.51 kg/cm ² fs = 0.28 kg/cm ² γ da m 0.08 a m 0.80 = 1.89 t/m ³ γ _{sat} da m 0.08 a m 0.80 = 1.97 t/m ³ γ da m 0.80 a m 1.08 = 1.90 t/m ³ γ _{sat} da m 0.80 a m 1.08 = 1.98 t/m ³ C _u = 0.63 kg/cm ² OCR > 9 Eu = 465.12 kg/cm ² E _{ed} = 47.39 kg/cm ²
3	1.08	5.75	Terreni fini molto sensitivi. Locali interruzioni di limi sabbiosi e limi argillosi e, secondariamente, di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	qc = 7.28 kg/cm ² fs = 0.06 kg/cm ² γ = 1.79 t/m ³ γ _{sat} = 1.87 t/m ³ C _u = 0.36 kg/cm ² OCR = 1.12 Eu = 259.55 kg/cm ² E _{ed} = 36.17 kg/cm ²
4	5.75	6.32	Limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	qc = 7.74 kg/cm ² fs = 0.11 kg/cm ² γ = 1.80 t/m ³ γ _{sat} = 1.88 t/m ³ C _u = 0.39 kg/cm ² OCR = 1.32 Eu = 269.02 kg/cm ² E _{ed} = 37.65 kg/cm ²
5	6.32	8.54	Terreni fini molto sensitivi. Locale livello di limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	qc = 7.24 kg/cm ² fs = 0.05 kg/cm ² γ = 1.79 t/m ³ γ _{sat} = 1.87 t/m ³ C _u = 0.36 kg/cm ²

				OCR < 0.50 Eu = 246.13 kg/cm ² E _{ed} = 36.03 kg/cm ²
6	8.54	9.63	Argille. Al tetto e alla base presenza di limi argillosi e argille limose e di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	qc = 11.66 kg/cm ² fs = 0.49 kg/cm ² γ = 1.87 t/m ³ γ _{sat} = 1.95 t/m ³ C _u = 0.58 kg/cm ² OCR = 4.26 Eu = 406.67 kg/cm ² E _{ed} = 46.41 kg/cm ²
7	9.63	10.62	Prevalenza di limi sabbiosi e limi argillosi su limi argillosi e argille limose, su argille limose – argille e su argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	qc = 16.85 kg/cm ² fs = 0.33 kg/cm ² γ = 1.93 t/m ³ γ _{sat} = 2.01 t/m ³ C _u = 0.84 kg/cm ² OCR = 2.53 Eu = 597.63 kg/cm ² E _{ed} = 47.34 kg/cm ²
8	10.62	13.98	Argille. Locali livelli di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	qc = 20.26 kg/cm ² fs = 1.20 kg/cm ² γ = 1.97 t/m ³ γ _{sat} = 2.05 t/m ³ C _u = 1.01 kg/cm ² OCR = 7.48 Eu = 717.46 kg/cm ² E _{ed} = 41.34 kg/cm ²

TABELLA 3.3.1-8

CPTU8 VIA GIOVANNINA – PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA UNITÀ LITOTECNICHE

N. strato	Profondità		Descrizione	Parametrizzazione geotecnica
	tetto (m)	Letto (m)		
1	0.00	0.08	-	-
2	0.08	0.27	Limi sabbiosi e limi argillosi e sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	qc = 14.62 kg/cm ² fs = 0.04 kg/cm ² γ = 1.92 t/m ³ γ _{sat} = 2.00 t/m ³ C _u = 0.73 kg/cm ² OCR > 9 Eu = 547.04 kg/cm ² E _{ed} = 48.43 kg/cm ²
3	0.27	0.80	Argille. Al tetto e alla base argille limose – argille e limi argillosi e argille limose. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	qc = 19.56 kg/cm ² fs = 0.76 kg/cm ² γ = 1.97 t/m ³ γ _{sat} = 2.05 t/m ³ C _u = 0.98 kg/cm ² OCR > 9



				Eu = 729.64 kg/cm ² E _{ed} = 43.00 kg/cm ²
4	0.80	1.70	Limi sabbiosi e limi argillosi alternati con limi argillosi e argille limose e con sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti/molto consistenti</i>	qc = 20.00 kg/cm ² fs = 0.21 kg/cm ² γ = 1.97 t/m ³ γ _{sat} = 2.05 t/m ³ C _u = 1.00 kg/cm ² OCR = 6.23 Eu = 740.86 kg/cm ² E _{ed} = 41.98 kg/cm ²
5	1.70	3.13	Alternanza di limi argillosi e argille limose con argille limose – argille e con argille. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	qc = 13.67 kg/cm ² fs = 0.39 kg/cm ² γ da m 1.70 a m 2.65 = 1.92 t/m ³ γ _{sat} da m 1.70 a m 2.65 = 2.00 t/m ³ γ da m 2.65 a m 3.13 = 1.86 t/m ³ γ _{sat} da m 2.65 a m 3.13 = 1.94 t/m ³ C _u = 0.68 kg/cm ² OCR = 5.97 Eu = 495.03 kg/cm ² E _{ed} = 48.21 kg/cm ²
6	3.13	6.45	Sabbie - sabbie limose localmente interrotte da sabbie e, secondariamente, da sabbie limose - limi argillosi. <i>Terreni granulari sciolti</i>	qc = 69.62 kg/cm ² fs = 0.15 kg/cm ² γ = 1.90 t/m ³ γ _{sat} = 2.20 t/m ³ Dr = 57.87% φ = 29.39° OCR < 0.50 Ed = 62.35 kg/cm ²
7	6.45	9.39	Sabbie - sabbie limose localmente interrotte da sabbie limose - limi argillosi e, secondariamente, da limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni granulari sciolti</i>	qc = 35.80 kg/cm ² fs = 0.04 kg/cm ² γ = 1.90 t/m ³ γ _{sat} = 2.20 t/m ³ Dr = 23.84% φ = 23.93° OCR < 0.50 Ed = 38.09 kg/cm ²
8	9.39	10.72	Terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	qc = 8.24 kg/cm ² fs = 0.04 kg/cm ² γ = 1.79 t/m ³ γ _{sat} = 1.87 t/m ³ C _u = 0.41 kg/cm ² OCR < 0.50 Eu = 259.81 kg/cm ² E _{ed} = 39.15 kg/cm ²
9	10.72	12.33	Limi argillosi e argille limose localmente interrotti da limi sabbiosi e limi argillosi e,	qc = 9.71 kg/cm ² fs = 0.11 kg/cm ² γ = 1.82 t/m ³



			secondariamente, da terreni fini molto sensitivi. <i>Terreni coesivi moderatamente consistenti</i>	$\gamma_{\text{sat}} = 1.90 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.49 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 0.51$ $E_u = 310.47 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 42.92 \text{ kg/cm}^2$
10	12.33	14.21	Argille alternate con argille limose – argille. Secondaria presenza di limi argillosi e argille limose e di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi consistenti</i>	$q_c = 14.15 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.57 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.89 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1.97 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0.71 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 2.49$ $E_u = 471.14 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 48.37 \text{ kg/cm}^2$
11	14.21	16.15	Argille. Locali livelli di argille limose – argille. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 21.23 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 1.28 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.05 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.06 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 5.02$ $E_u = 729.66 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 42.46 \text{ kg/cm}^2$
12	16.15	17.90	Prevalente alternanza di argille con argille limose – argille. Secondaria presenza di limi argillosi e argille limose e di limi sabbiosi e limi argillosi. <i>Terreni coesivi molto consistenti</i>	$q_c = 20.44 \text{ kg/cm}^2$ $f_s = 0.85 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1.96 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2.04 \text{ t/m}^3$ $C_u = 1.02 \text{ kg/cm}^2$ $\text{OCR} = 3.01$ $E_u = 693.18 \text{ kg/cm}^2$ $E_{\text{ed}} = 40.88 \text{ kg/cm}^2$

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 secondo le classificazioni di seguito riportate:

TABELLA 3.3.1-9

CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI COESIVI

RP (KG/CM ²)	Cu (KG/CM ²)	CLASSIFICAZIONE
Rp < 2.5	Cu < 0.125	Molle
2.5 < Rp < 5.0	0.125 < Cu < 0.25	Poco consistente
5.0 < Rp < 10	0.25 < Cu < 0.50	Moderatamente consistente
10 < Rp < 20	0.50 < Cu < 1.00	Consistente
20 < Rp < 40	1.00 < Cu < 2.00	Molto consistente
Rp > 40	Cu > 2.00	Estremamente consistente

TABELLA 3.3.1-10

STATI DI ADDENSAMENTO – TERRENI GRANULARI

DENSITÀ RELATIVA (%)	STATO DI ADDENSAMENTO
0 – 15	Molto sciolto
15 – 35	Sciolto
35 – 65	Medio
65 – 85	Denso
85 - 100	Molto denso

- per gli strati coesivo-granulari, sono inseriti i parametri della componente ritenuta prevalente;
- il valore di OCR non può essere inferiore ad 1, ove diversamente indicato a causa di un limite di calcolo deve essere considerato 1.

Supporti Grafici:

- Allegato 9. Report CPTU

3.4. Considerazioni conclusive

Le elaborazioni delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono hanno permesso di definire i modelli geotecnici delle zone di intervento, i quali risultano caratterizzati come riportato al capitolo 3.3.1.

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

In allegato sono riportate inoltre tavole con ricostruzione di massima dei profili litostratigrafici e geotecnici delle quattro zone di studio.

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, 17 marzo 2022

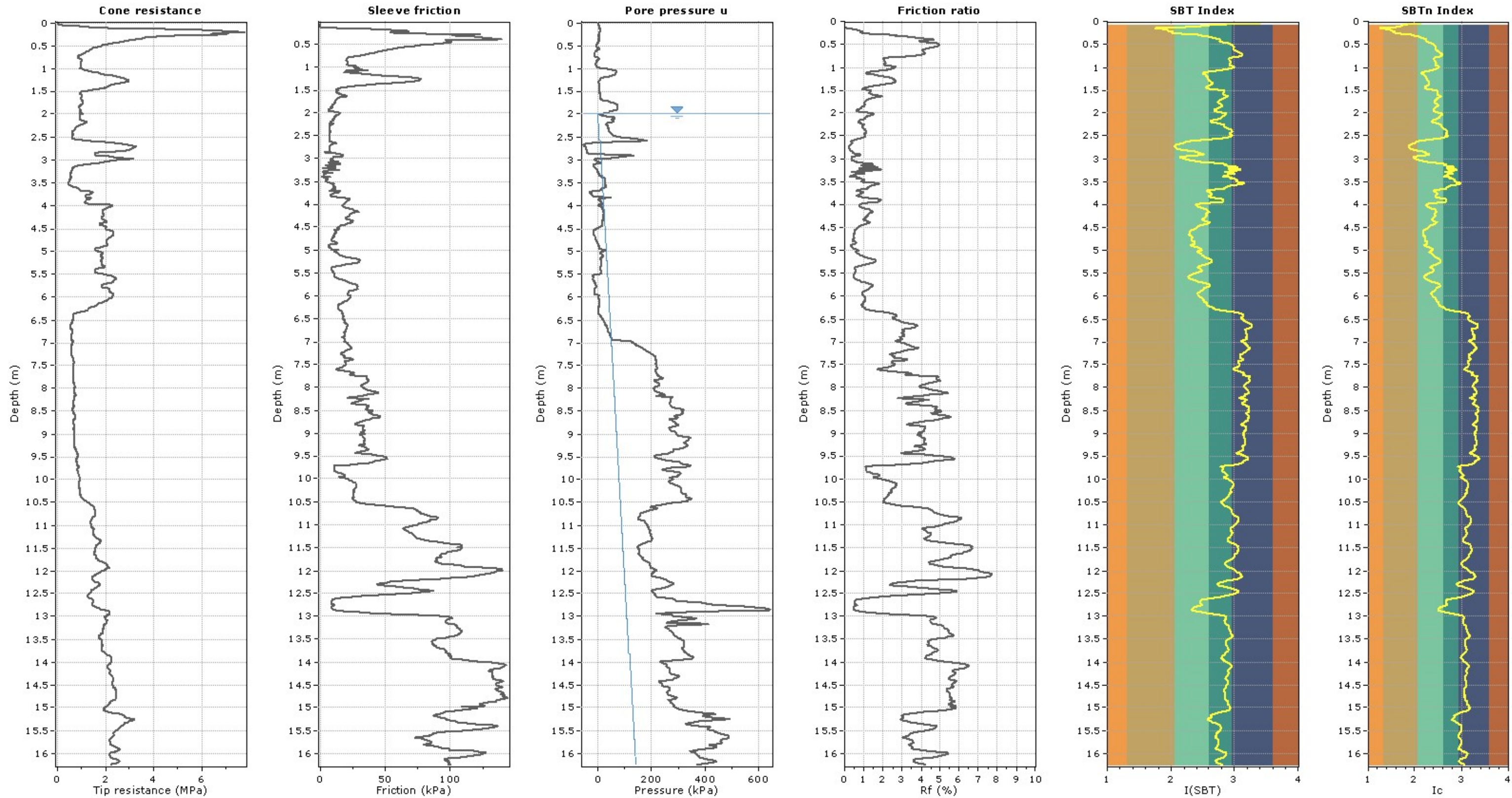
Dr. Geol. Emanuele Stevanin



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 1 -

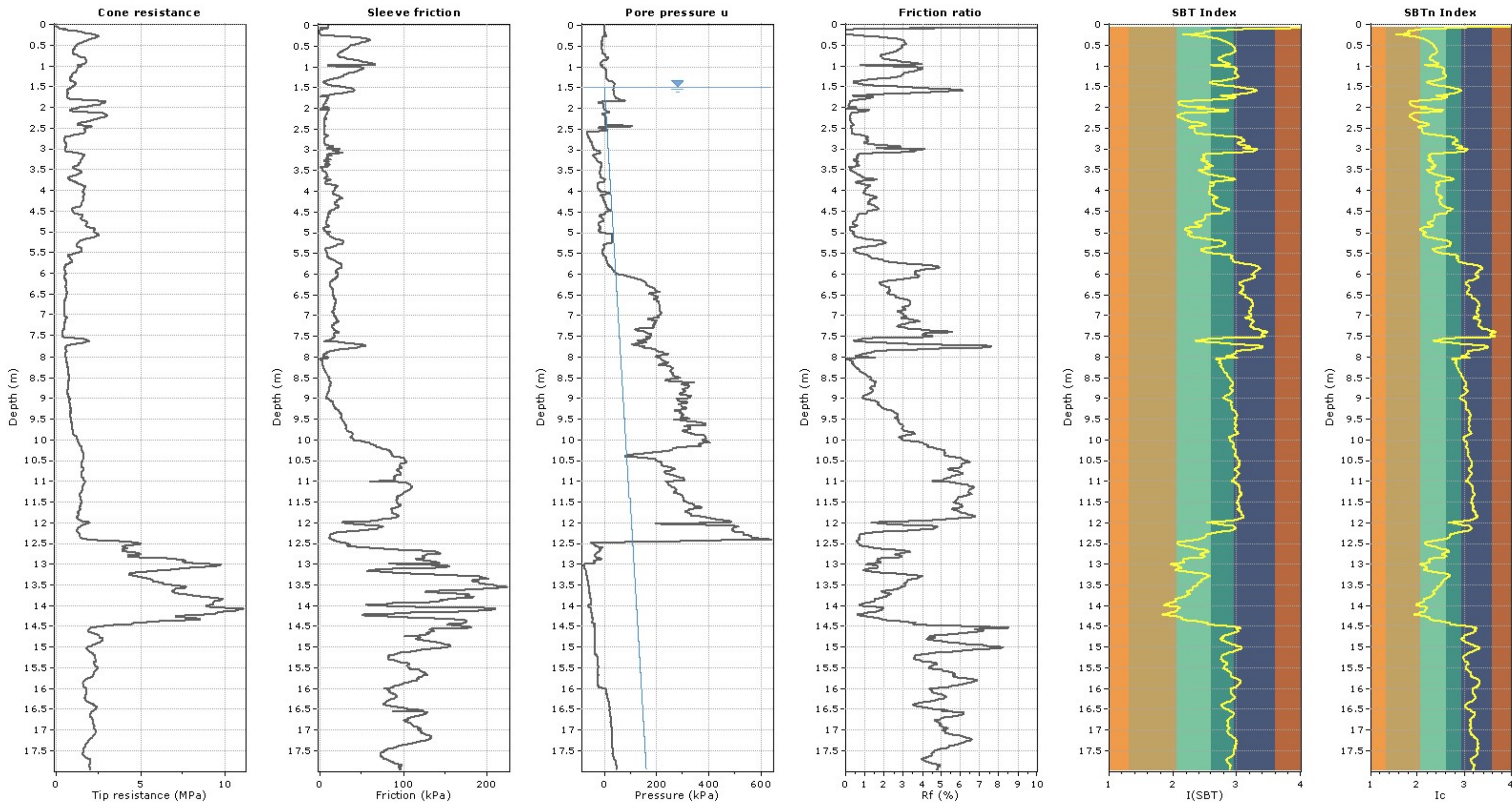
**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO
CPTU1 – VIA DEL CURATO**



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 2 -

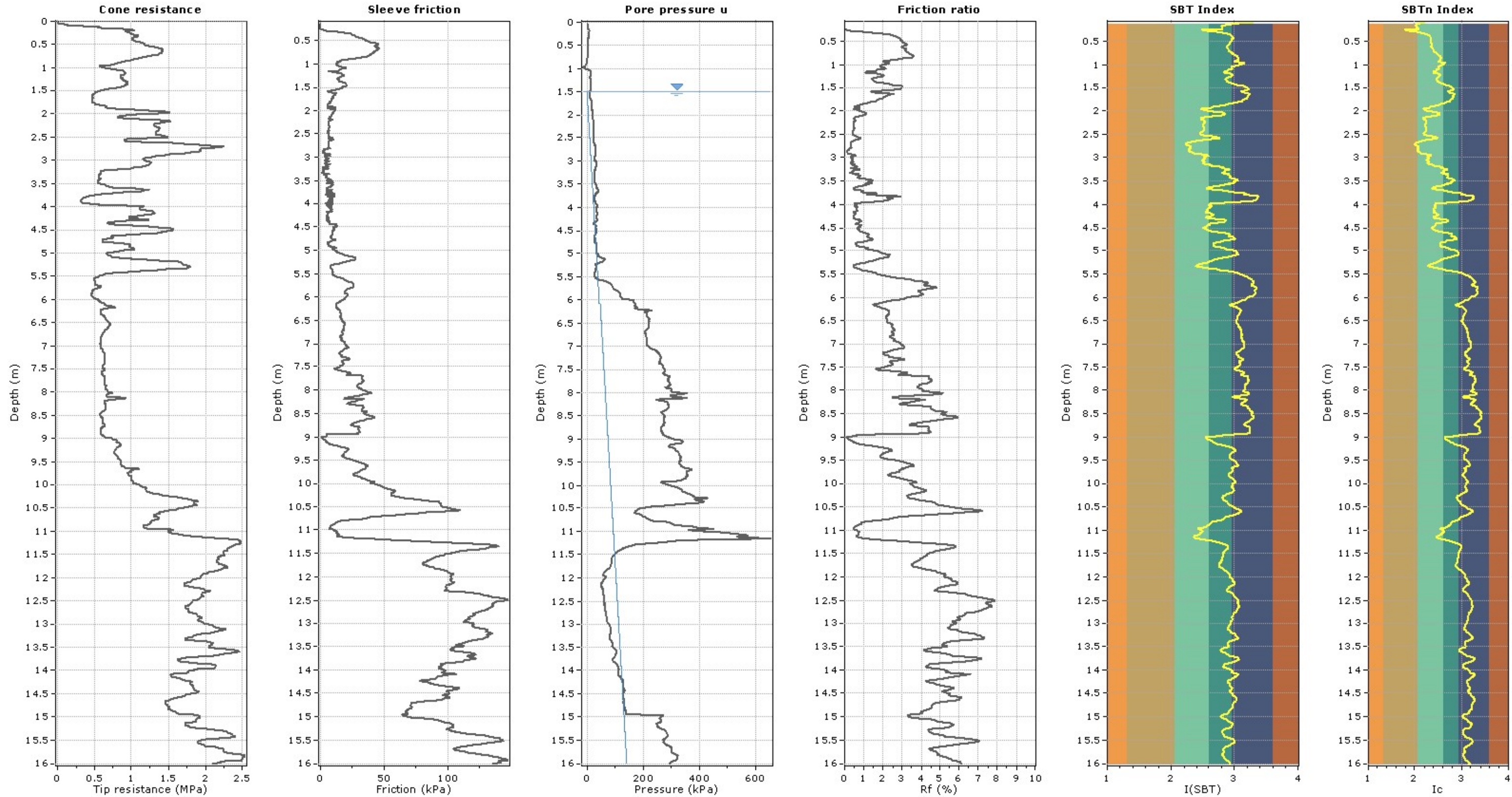
**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO
CPTU2 – VIA DEL CURATO**



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 3 -

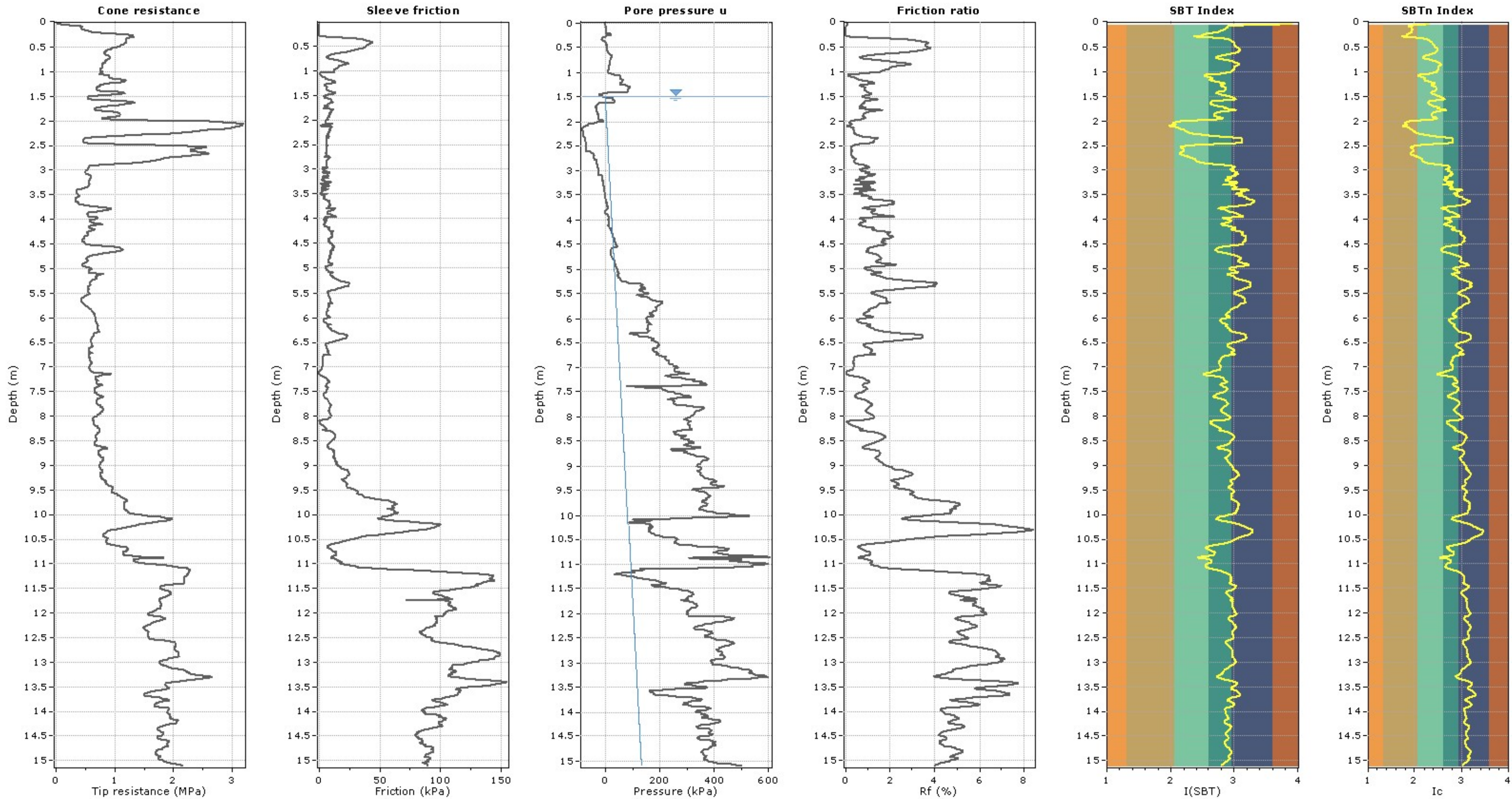
**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO
CPTU3 – VIA RIGONE**



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 4 -

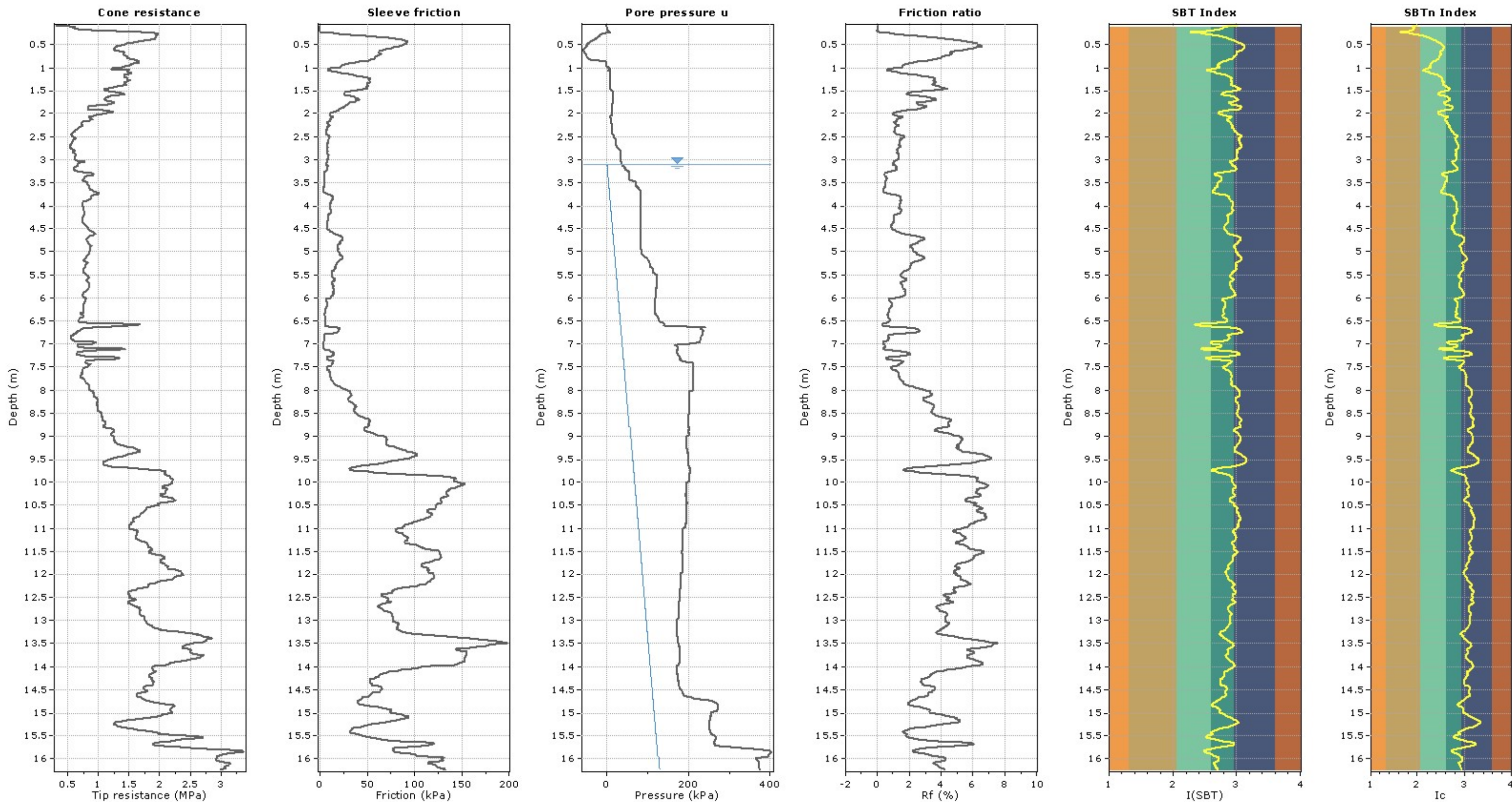
**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO
CPTU4 – VIA RIGONE**



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 5 -

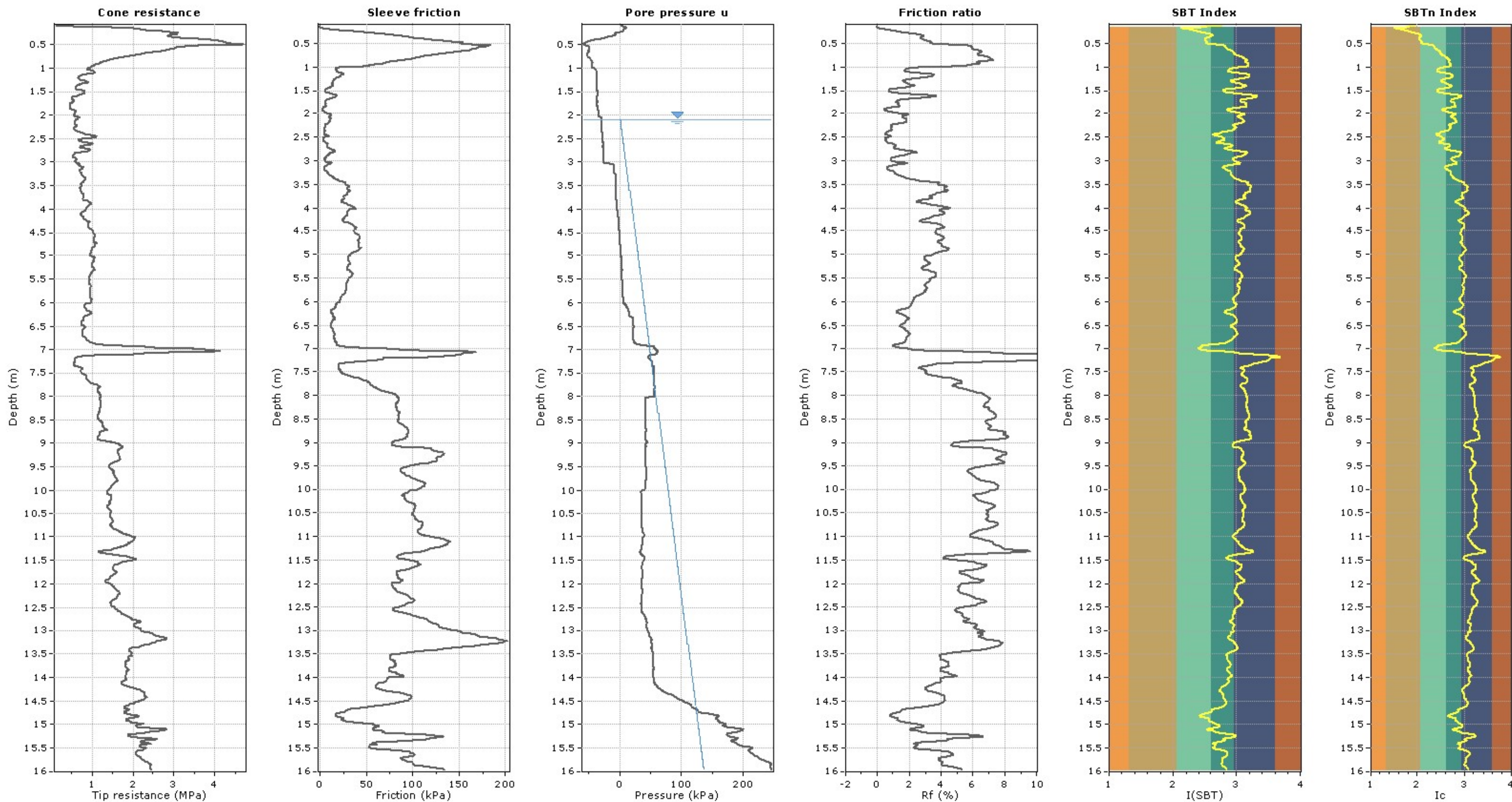
**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO
CPTU7 – VIA GIOVANNINA**



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 6 -

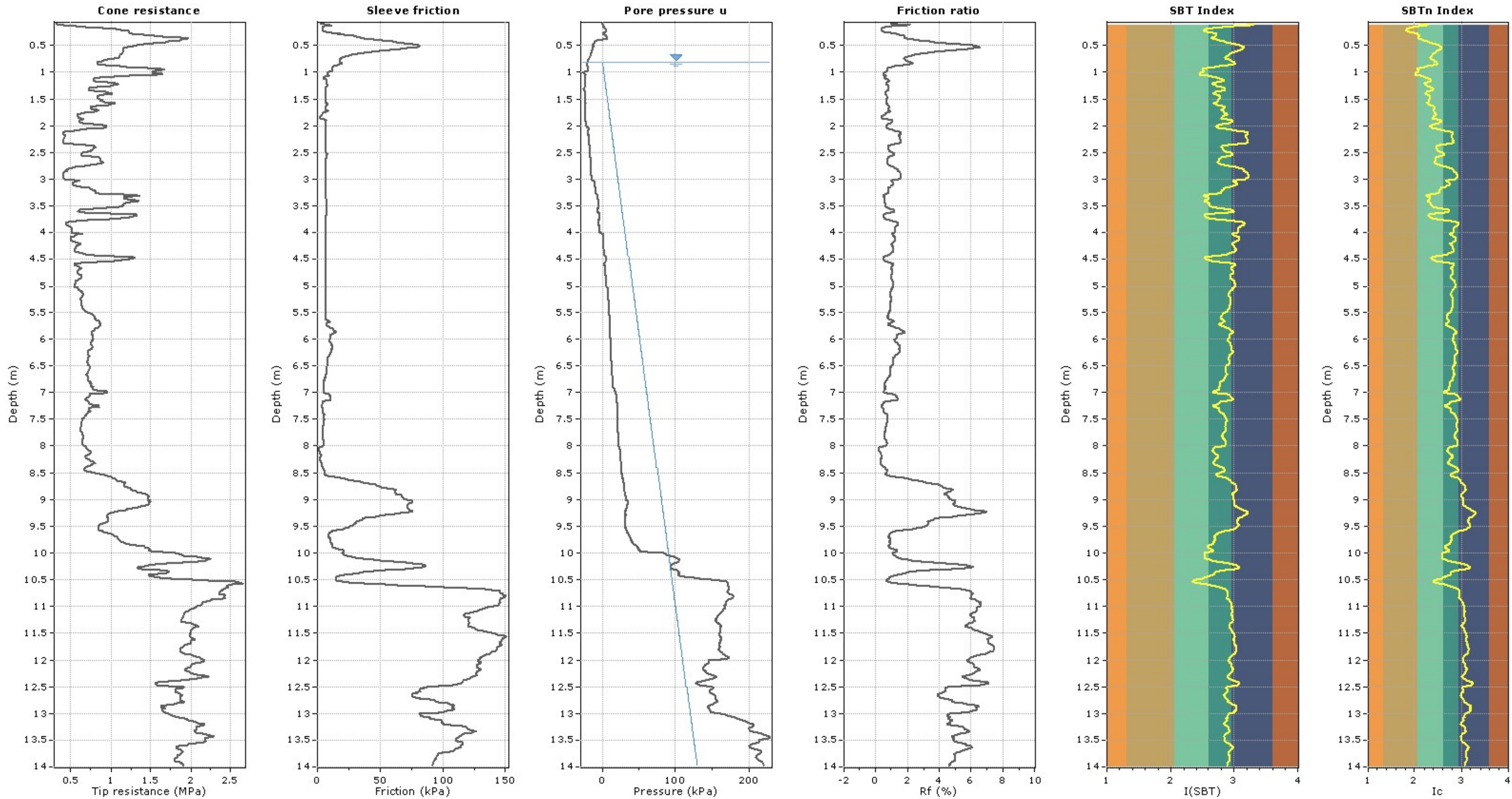
**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO
CPTU8 – VIA GIOVANNINA**



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 7 -

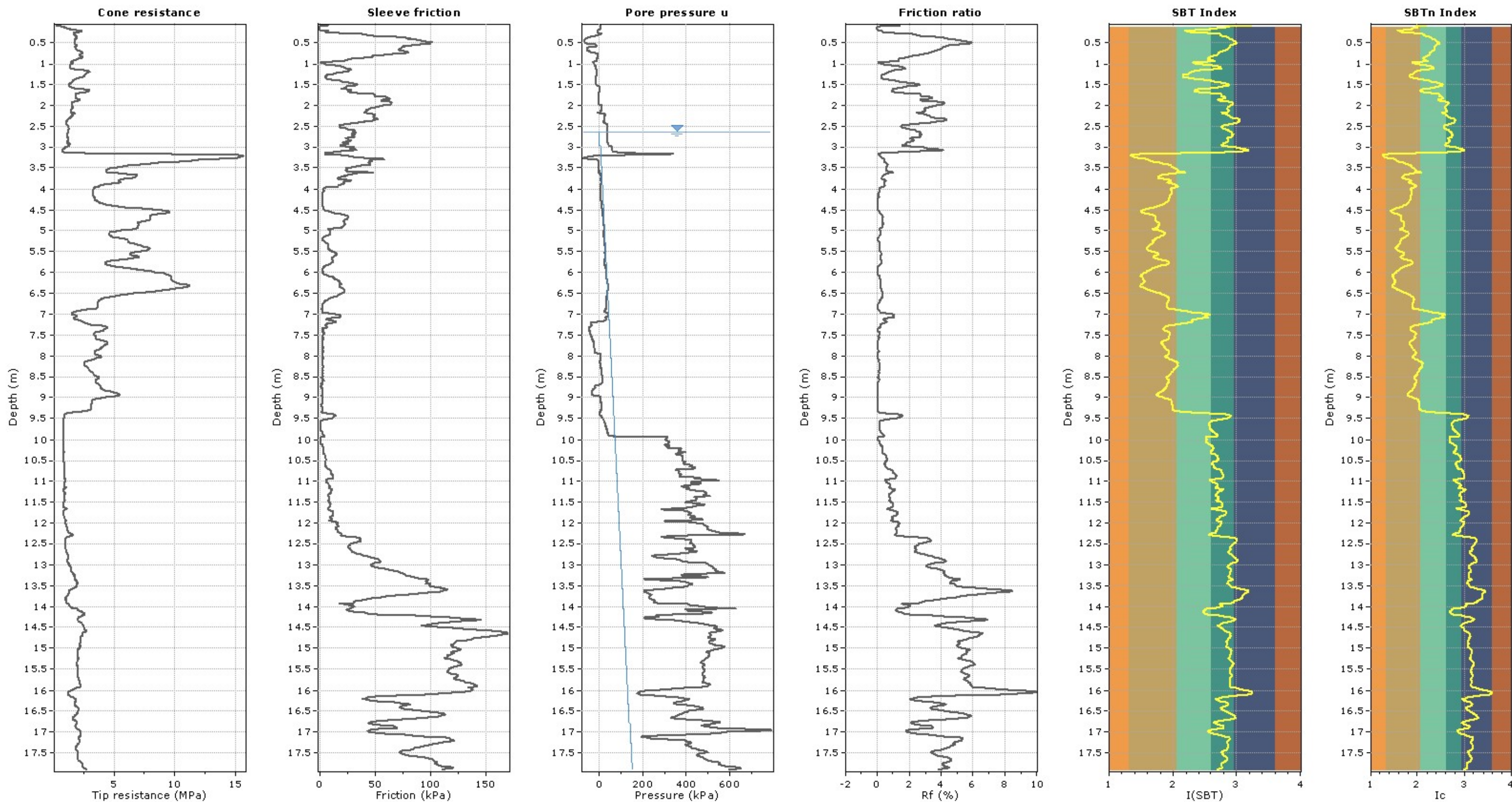
**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO
CPTU5 – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE**



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 8 -

**CERTIFICATO PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA E PIEZOCONO
CPTU6 – SOTTOPASSO C.E.R. – VIA DELLE PECORE**



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 9 -

REPORT PROVE CPTU

CPTU1 – VIA DEL CURATO - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	1.08	15.39	0.56	0.14	0.14	Terzaghi	0.77
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Terzaghi	1.16
Strato 4	2.56	9.21	0.10	0.39	0.39	Terzaghi	0.46
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Terzaghi	1.18
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Terzaghi	0.32
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Terzaghi	0.96
Strato 8	9.70	6.97	0.29	1.55	0.95	Terzaghi	0.35
Strato 9	12.59	14.33	0.67	2.17	1.25	Terzaghi	0.72
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Terzaghi	0.87
Strato 11	15.12	21.52	1.17	2.73	1.53	Terzaghi	1.08
Strato 12	16.24	25.20	1.02	3.06	1.69	Terzaghi	1.26

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	1.08	15.39	0.56	0.14	0.14	Metodo generale del modulo Edometrico	48.30
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Metodo generale del modulo Edometrico	46.26
Strato 4	2.56	9.21	0.10	0.39	0.39	Metodo generale del modulo Edometrico	41.75
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Metodo generale del modulo Edometrico	47.26
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Metodo generale del modulo Edometrico	33.18
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Metodo generale del modulo Edometrico	43.76
Strato 8	9.70	6.97	0.29	1.55	0.95	Metodo generale del modulo Edometrico	35.11
Strato 9	12.59	14.33	0.67	2.17	1.25	Metodo generale del modulo Edometrico	48.40
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Metodo generale del modulo Edometrico	46.82
Strato 11	15.12	21.52	1.17	2.73	1.53	Metodo generale del modulo Edometrico	43.04
Strato 12	16.24	25.20	1.02	3.06	1.69	Metodo generale del modulo Edometrico	50.40

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	1.08	15.39	0.56	0.14	0.14	Cancelli 1980	571.89
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Cancelli 1980	857.80
Strato 4	2.56	9.21	0.10	0.39	0.39	Cancelli 1980	330.69
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Cancelli 1980	868.79
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Cancelli 1980	221.98
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Cancelli 1980	695.28
Strato 8	9.70	6.97	0.29	1.55	0.95	Cancelli 1980	225.72
Strato 9	12.59	14.33	0.67	2.17	1.25	Cancelli 1980	490.45
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Cancelli 1980	596.86
Strato 11	15.12	21.52	1.17	2.73	1.53	Cancelli 1980	749.66
Strato 12	16.24	25.20	1.02	3.06	1.69	Cancelli 1980	881.47

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	1.08	15.39	0.56	0.14	0.14	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	2.56	9.21	0.10	0.39	0.39	Piacentini Righi 1978	1.77
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Piacentini Righi 1978	1.32
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Piacentini Righi 1978	0.91
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Piacentini Righi 1978	1.79
Strato 8	9.70	6.97	0.29	1.55	0.95	Piacentini Righi 1978	2.12
Strato 9	12.59	14.33	0.67	2.17	1.25	Piacentini Righi 1978	3.76
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Piacentini Righi 1978	0.66
Strato 11	15.12	21.52	1.17	2.73	1.53	Piacentini Righi 1978	5.34
Strato 12	16.24	25.20	1.02	3.06	1.69	Piacentini Righi 1978	4.2

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	1.08	15.39	0.56	0.14	0.14	Meyerhof	1.93
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Meyerhof	2.00
Strato 4	2.56	9.21	0.10	0.39	0.39	Meyerhof	1.84
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Meyerhof	2.00
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Meyerhof	1.77
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Meyerhof	1.96
Strato 8	9.70	6.97	0.29	1.55	0.95	Meyerhof	1.77
Strato 9	12.59	14.33	0.67	2.17	1.25	Meyerhof	1.90
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Meyerhof	1.93
Strato 11	15.12	21.52	1.17	2.73	1.53	Meyerhof	1.97
Strato 12	16.24	25.20	1.02	3.06	1.69	Meyerhof	2.00

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	1.08	15.39	0.56	0.14	0.14	Meyerhof	2.01
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Meyerhof	2.08
Strato 4	2.56	9.21	0.10	0.39	0.39	Meyerhof	1.92
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Meyerhof	2.08
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Meyerhof	1.85
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Meyerhof	2.04
Strato 8	9.70	6.97	0.29	1.55	0.95	Meyerhof	1.85
Strato 9	12.59	14.33	0.67	2.17	1.25	Meyerhof	1.98
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Meyerhof	2.01
Strato 11	15.12	21.52	1.17	2.73	1.53	Meyerhof	2.05
Strato 12	16.24	25.20	1.02	3.06	1.69	Meyerhof	2.08

CPTU1 – VIA DEL CURATO - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0.31	41.60	0.37	0.03	0.03	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Jamiolkowski 1985	64.44
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Jamiolkowski 1985	43.34
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Jamiolkowski 1985	5.00
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Jamiolkowski 1985	21.23
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Jamiolkowski 1985	5.00

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0.31	41.60	0.37	0.03	0.03	Koppejan	43.12
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Koppejan	29.28
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Koppejan	26.30
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Koppejan	19.00
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Koppejan	23.37
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Koppejan	18.89

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0.31	41.60	0.37	0.03	0.03	Robertson & Campanella da Schmertmann	80.63
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Robertson & Campanella da Schmertmann	46.25
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Robertson & Campanella da Schmertmann	36.69
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Robertson & Campanella da Schmertmann	10.12
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Robertson & Campanella da Schmertmann	25.32
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Robertson & Campanella da Schmertmann	20.89

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.31	41.60	0.37	0.03	0.03	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Piacentini Righi 1978	1.85
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Piacentini Righi 1978	4.20
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Piacentini Righi 1978	1.71

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.31	41.60	0.37	0.03	0.03	Meyerhof	1.90
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Meyerhof	1.80
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Meyerhof	1.90
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Meyerhof	1.90
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Meyerhof	1.90
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Meyerhof	1.90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.31	41.60	0.37	0.03	0.03	Meyerhof	2.20
Strato 3	1.49	23.13	0.46	0.26	0.26	Meyerhof	2.10
Strato 5	3.09	23.63	0.09	0.54	0.46	Meyerhof	2.20
Strato 6	3.66	6.43	0.07	0.65	0.51	Meyerhof	2.20
Strato 7	6.30	19.20	0.17	0.96	0.66	Meyerhof	2.20
Strato 10	12.94	17.32	0.14	2.48	1.40	Meyerhof	2.20

CPTU2 – VIA DEL CURATO - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.15	2.72	0.05	0.01	0.01	Terzaghi	0.14
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Terzaghi	1.04
Strato 3	1.80	11.94	0.32	0.20	0.20	Terzaghi	0.60
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Terzaghi	0.98
Strato 5	3.08	5.56	0.11	0.55	0.41	Terzaghi	0.28
Strato 6	4.86	14.34	0.12	0.76	0.51	Terzaghi	0.72
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Terzaghi	1.16
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Terzaghi	0.73
Strato 9	7.54	5.59	0.18	1.25	0.75	Terzaghi	0.28
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Terzaghi	0.88
Strato 11	12.19	11.53	0.52	1.90	1.06	Terzaghi	0.58
Strato 13	17.94	20.96	1.09	3.17	1.70	Terzaghi	1.05

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.15	2.72	0.05	0.01	0.01	Metodo generale del modulo Edometrico	16.31
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Metodo generale del modulo Edometrico	41.42
Strato 3	1.80	11.94	0.32	0.20	0.20	Metodo generale del modulo Edometrico	46.77
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Metodo generale del modulo Edometrico	43.04
Strato 5	3.08	5.56	0.11	0.55	0.41	Metodo generale del modulo Edometrico	29.78
Strato 6	4.86	14.34	0.12	0.76	0.51	Metodo generale del modulo Edometrico	48.40
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Metodo generale del modulo Edometrico	46.30
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Metodo generale del modulo Edometrico	48.43
Strato 9	7.54	5.59	0.18	1.25	0.75	Metodo generale del modulo Edometrico	29.90
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Metodo generale del modulo Edometrico	46.36
Strato 11	12.19	11.53	0.52	1.90	1.06	Metodo generale del modulo Edometrico	46.23
Strato 13	17.94	20.96	1.09	3.17	1.70	Metodo generale del modulo Edometrico	41.92

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.15	2.72	0.05	0.01	0.01	Cancelli 1980	101.46
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Cancelli 1980	774.92
Strato 3	1.80	11.94	0.32	0.20	0.20	Cancelli 1980	440.15
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Cancelli 1980	719.43
Strato 5	3.08	5.56	0.11	0.55	0.41	Cancelli 1980	193.00
Strato 6	4.86	14.34	0.12	0.76	0.51	Cancelli 1980	518.60
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Cancelli 1980	845.43
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Cancelli 1980	522.14
Strato 9	7.54	5.59	0.18	1.25	0.75	Cancelli 1980	181.54
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Cancelli 1980	631.16
Strato 11	12.19	11.53	0.52	1.90	1.06	Cancelli 1980	392.68
Strato 13	17.94	20.96	1.09	3.17	1.70	Cancelli 1980	722.32

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.15	2.72	0.05	0.01	0.01	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	1.80	11.94	0.32	0.20	0.20	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Piacentini Righi 1978	1.14
Strato 5	3.08	5.56	0.11	0.55	0.41	Piacentini Righi 1978	1.85
Strato 6	4.86	14.34	0.12	0.76	0.51	Piacentini Righi 1978	1.62
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Piacentini Righi 1978	0.99
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Piacentini Righi 1978	1.74
Strato 9	7.54	5.59	0.18	1.25	0.75	Piacentini Righi 1978	1.66
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Piacentini Righi 1978	1.19
Strato 11	12.19	11.53	0.52	1.90	1.06	Piacentini Righi 1978	3.46
Strato 13	17.94	20.96	1.09	3.17	1.70	Piacentini Righi 1978	4.47

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.15	2.72	0.05	0.01	0.01	Meyerhof	1.64
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Meyerhof	1.98
Strato 3	1.80	11.94	0.32	0.20	0.20	Meyerhof	1.88
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Meyerhof	1.97
Strato 5	3.08	5.56	0.11	0.55	0.41	Meyerhof	1.74
Strato 6	4.86	14.34	0.12	0.76	0.51	Meyerhof	1.91
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Meyerhof	1.99
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Meyerhof	1.91
Strato 9	7.54	5.59	0.18	1.25	0.75	Meyerhof	1.73
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Meyerhof	1.94
Strato 11	12.19	11.53	0.52	1.90	1.06	Meyerhof	1.86
Strato 13	17.94	20.96	1.09	3.17	1.70	Meyerhof	1.97

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.15	2.72	0.05	0.01	0.01	Meyerhof	1.72
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Meyerhof	2.06
Strato 3	1.80	11.94	0.32	0.20	0.20	Meyerhof	1.96
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Meyerhof	2.05
Strato 5	3.08	5.56	0.11	0.55	0.41	Meyerhof	1.82
Strato 6	4.86	14.34	0.12	0.76	0.51	Meyerhof	1.99
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Meyerhof	2.07
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Meyerhof	1.99
Strato 9	7.54	5.59	0.18	1.25	0.75	Meyerhof	1.81
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Meyerhof	2.02
Strato 11	12.19	11.53	0.52	1.90	1.06	Meyerhof	1.94
Strato 13	17.94	20.96	1.09	3.17	1.70	Meyerhof	2.05

CPTU2 – VIA DEL CURATO - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Jamiolkowski 1985	44.73
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Jamiolkowski 1985	26.67
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Jamiolkowski 1985	11.52
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Jamiolkowski 1985	6.80
Strato 12	14.50	64.03	1.25	2.58	1.39	Jamiolkowski 1985	27.35

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Koppejan	37.70
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Koppejan	26.68
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Koppejan	24.79
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Koppejan	22.11
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Koppejan	21.62
Strato 12	14.50	64.03	1.25	2.58	1.39	Koppejan	25.74

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Robertson & Campanella da Schmertmann	77.23
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Robertson & Campanella da Schmertmann	35.42
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Robertson & Campanella da Schmertmann	32.03
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Robertson & Campanella da Schmertmann	17.67
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Robertson & Campanella da Schmertmann	19.73
Strato 12	14.50	64.03	1.25	2.58	1.39	Robertson & Campanella da Schmertmann	54.17

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Piacentini Righi 1978	3.45
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Piacentini Righi 1978	2.96
Strato 12	14.50	64.03	1.25	2.58	1.39	Piacentini Righi 1978	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Meyerhof	1.90
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Meyerhof	1.90
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Meyerhof	1.90
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Meyerhof	1.90
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Meyerhof	1.90
Strato 12	14.50	64.03	1.25	2.58	1.39	Meyerhof	1.80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	0.32	20.71	0.18	0.05	0.05	Meyerhof	2.20
Strato 4	2.68	19.54	0.06	0.43	0.36	Meyerhof	2.20
Strato 7	5.13	23.15	0.09	0.95	0.61	Meyerhof	2.20
Strato 8	5.52	14.56	0.16	1.02	0.64	Meyerhof	2.20
Strato 10	7.65	17.68	0.15	1.46	0.85	Meyerhof	2.20
Strato 12	14.50	64.03	1.25	2.58	1.39	Meyerhof	2.10

CPTU3 – VIA RIGONE - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.89	8.52	0.19	0.17	0.17	Terzaghi	0.43
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Terzaghi	0.65
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Terzaghi	0.99
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Terzaghi	0.63
Strato 5	5.40	9.46	0.09	0.80	0.52	Terzaghi	0.47
Strato 6	8.94	6.26	0.23	1.35	0.78	Terzaghi	0.31
Strato 7	10.71	11.43	0.43	1.86	1.03	Terzaghi	0.57
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Terzaghi	0.81
Strato 9	16.00	20.07	1.10	2.60	1.39	Terzaghi	1.00

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	1.89	8.52	0.19	0.17	0.17	Metodo generale del modulo Edometrico	39.94
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Metodo generale del modulo Edometrico	47.83
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Metodo generale del modulo Edometrico	42.24
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Metodo generale del modulo Edometrico	47.41
Strato 5	5.40	9.46	0.09	0.80	0.52	Metodo generale del modulo Edometrico	42.34
Strato 6	8.94	6.26	0.23	1.35	0.78	Metodo generale del modulo Edometrico	32.54
Strato 7	10.71	11.43	0.43	1.86	1.03	Metodo generale del modulo Edometrico	46.08
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Metodo generale del modulo Edometrico	47.95
Strato 9	16.00	20.07	1.10	2.60	1.39	Metodo generale del modulo Edometrico	41.81

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	1.89	8.52	0.19	0.17	0.17	Cancelli 1980	312.94
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Cancelli 1980	475.32
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Cancelli 1980	731.27
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Cancelli 1980	454.39
Strato 5	5.40	9.46	0.09	0.80	0.52	Cancelli 1980	335.25
Strato 6	8.94	6.26	0.23	1.35	0.78	Cancelli 1980	205.50
Strato 7	10.71	11.43	0.43	1.86	1.03	Cancelli 1980	390.12
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Cancelli 1980	561.72
Strato 9	16.00	20.07	1.10	2.60	1.39	Cancelli 1980	700.38

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.89	8.52	0.19	0.17	0.17	Piacentini Righi 1978	7.89
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Piacentini Righi 1978	1.6
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Piacentini Righi 1978	1.03
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Piacentini Righi 1978	0.81
Strato 5	5.40	9.46	0.09	0.80	0.52	Piacentini Righi 1978	1.17
Strato 6	8.94	6.26	0.23	1.35	0.78	Piacentini Righi 1978	2.05
Strato 7	10.71	11.43	0.43	1.86	1.03	Piacentini Righi 1978	2.94
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Piacentini Righi 1978	1.12
Strato 9	16.00	20.07	1.10	2.60	1.39	Piacentini Righi 1978	5.53

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1.89	8.52	0.19	0.17	0.17	Meyerhof	1.83
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Meyerhof	1.90
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Meyerhof	1.97
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Meyerhof	1.89
Strato 5	5.40	9.46	0.09	0.80	0.52	Meyerhof	1.84
Strato 6	8.94	6.26	0.23	1.35	0.78	Meyerhof	1.76
Strato 7	10.71	11.43	0.43	1.86	1.03	Meyerhof	1.86
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Meyerhof	1.92
Strato 9	16.00	20.07	1.10	2.60	1.39	Meyerhof	1.96

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1.89	8.52	0.19	0.17	0.17	Meyerhof	1.91
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Meyerhof	1.98
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Meyerhof	2.05
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Meyerhof	1.97
Strato 5	5.40	9.46	0.09	0.80	0.52	Meyerhof	1.92
Strato 6	8.94	6.26	0.23	1.35	0.78	Meyerhof	1.84
Strato 7	10.71	11.43	0.43	1.86	1.03	Meyerhof	1.94
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Meyerhof	2.00
Strato 9	16.00	20.07	1.10	2.60	1.39	Meyerhof	2.04

CPTU3 – VIA RIGONE - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Jamiolkowski 1985	33.55
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Jamiolkowski 1985	39.96
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Jamiolkowski 1985	24.11
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Jamiolkowski 1985	5.00

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Koppejan	24.72
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Koppejan	26.29
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Koppejan	23.58
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Koppejan	19.64

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Robertson & Campanella da Schmertman n	23.99
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Robertson & Campanella da Schmertman n	34.40
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Robertson & Campanella da Schmertman n	19.84
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Robertson & Campanella da Schmertman n	17.66

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Piacentini Righi 1978	6.28
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Piacentini Righi 1978	2.16

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Meyerhof	1.90
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Meyerhof	1.90
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Meyerhof	1.90
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Meyerhof	1.90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	2.66	13.02	0.08	0.42	0.34	Meyerhof	2.20
Strato 3	2.87	19.89	0.06	0.52	0.39	Meyerhof	2.20
Strato 4	3.17	12.53	0.05	0.56	0.41	Meyerhof	2.20
Strato 8	11.22	16.11	0.19	2.08	1.13	Meyerhof	2.20

CPTU4 – VIA RIGONE - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.23	4.32	0.00	0.02	0.02	Terzaghi	0.22
Strato 2	1.99	9.42	0.14	0.20	0.20	Terzaghi	0.47
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Terzaghi	0.99
Strato 4	4.25	5.61	0.06	0.66	0.45	Terzaghi	0.28
Strato 5	4.72	7.06	0.10	0.82	0.52	Terzaghi	0.35
Strato 6	5.10	5.48	0.08	0.90	0.56	Terzaghi	0.27
Strato 7	5.70	5.73	0.13	0.99	0.60	Terzaghi	0.29
Strato 8	8.65	6.75	0.07	1.30	0.74	Terzaghi	0.34
Strato 9	10.60	10.29	0.39	1.75	0.94	Terzaghi	0.51
Strato 10	11.09	14.44	0.16	1.98	1.05	Terzaghi	0.72
Strato 11	15.09	19.13	1.08	2.43	1.27	Terzaghi	0.96

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.23	4.32	0.00	0.02	0.02	Metodo generale del modulo Edometrico	24.35
Strato 2	1.99	9.42	0.14	0.20	0.20	Metodo generale del modulo Edometrico	42.25
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Metodo generale del modulo Edometrico	42.41
Strato 4	4.25	5.61	0.06	0.66	0.45	Metodo generale del modulo Edometrico	29.98
Strato 5	4.72	7.06	0.10	0.82	0.52	Metodo generale del modulo Edometrico	35.42
Strato 6	5.10	5.48	0.08	0.90	0.56	Metodo generale del modulo Edometrico	29.45
Strato 7	5.70	5.73	0.13	0.99	0.60	Metodo generale del modulo Edometrico	30.47
Strato 8	8.65	6.75	0.07	1.30	0.74	Metodo generale del modulo Edometrico	34.34
Strato 9	10.60	10.29	0.39	1.75	0.94	Metodo generale del modulo Edometrico	44.13
Strato 10	11.09	14.44	0.16	1.98	1.05	Metodo generale del modulo Edometrico	48.42
Strato 11	15.09	19.13	1.08	2.43	1.27	Metodo generale del modulo Edometrico	43.91

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.23	4.32	0.00	0.02	0.02	Cancelli 1980	161.23
Strato 2	1.99	9.42	0.14	0.20	0.20	Cancelli 1980	345.60
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Cancelli 1980	729.78
Strato 4	4.25	5.61	0.06	0.66	0.45	Cancelli 1980	193.39
Strato 5	4.72	7.06	0.10	0.82	0.52	Cancelli 1980	245.12
Strato 6	5.10	5.48	0.08	0.90	0.56	Cancelli 1980	184.65
Strato 7	5.70	5.73	0.13	0.99	0.60	Cancelli 1980	192.53
Strato 8	8.65	6.75	0.07	1.30	0.74	Cancelli 1980	225.51
Strato 9	10.60	10.29	0.39	1.75	0.94	Cancelli 1980	350.65
Strato 10	11.09	14.44	0.16	1.98	1.05	Cancelli 1980	502.16
Strato 11	15.09	19.13	1.08	2.43	1.27	Cancelli 1980	669.71

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.23	4.32	0.00	0.02	0.02	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 2	1.99	9.42	0.14	0.20	0.20	Piacentini Righi 1978	4.95
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Piacentini Righi 1978	1.33
Strato 4	4.25	5.61	0.06	0.66	0.45	Piacentini Righi 1978	0.88
Strato 5	4.72	7.06	0.10	0.82	0.52	Piacentini Righi 1978	1.3
Strato 6	5.10	5.48	0.08	0.90	0.56	Piacentini Righi 1978	0.96
Strato 7	5.70	5.73	0.13	0.99	0.60	Piacentini Righi 1978	1.5
Strato 8	8.65	6.75	0.07	1.30	0.74	Piacentini Righi 1978	0.63
Strato 9	10.60	10.29	0.39	1.75	0.94	Piacentini Righi 1978	2.92
Strato 10	11.09	14.44	0.16	1.98	1.05	Piacentini Righi 1978	1.01
Strato 11	15.09	19.13	1.08	2.43	1.27	Piacentini Righi 1978	5.97

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.23	4.32	0.00	0.02	0.02	Meyerhof	1.71
Strato 2	1.99	9.42	0.14	0.20	0.20	Meyerhof	1.84
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Meyerhof	1.97
Strato 4	4.25	5.61	0.06	0.66	0.45	Meyerhof	1.75
Strato 5	4.72	7.06	0.10	0.82	0.52	Meyerhof	1.79
Strato 6	5.10	5.48	0.08	0.90	0.56	Meyerhof	1.74
Strato 7	5.70	5.73	0.13	0.99	0.60	Meyerhof	1.74
Strato 8	8.65	6.75	0.07	1.30	0.74	Meyerhof	1.77
Strato 9	10.60	10.29	0.39	1.75	0.94	Meyerhof	1.85
Strato 10	11.09	14.44	0.16	1.98	1.05	Meyerhof	1.91
Strato 11	15.09	19.13	1.08	2.43	1.27	Meyerhof	1.95

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.23	4.32	0.00	0.02	0.02	Meyerhof	1.79
Strato 2	1.99	9.42	0.14	0.20	0.20	Meyerhof	1.92
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Meyerhof	2.05
Strato 4	4.25	5.61	0.06	0.66	0.45	Meyerhof	1.83
Strato 5	4.72	7.06	0.10	0.82	0.52	Meyerhof	1.87
Strato 6	5.10	5.48	0.08	0.90	0.56	Meyerhof	1.82
Strato 7	5.70	5.73	0.13	0.99	0.60	Meyerhof	1.82
Strato 8	8.65	6.75	0.07	1.30	0.74	Meyerhof	1.85
Strato 9	10.60	10.29	0.39	1.75	0.94	Meyerhof	1.93
Strato 10	11.09	14.44	0.16	1.98	1.05	Meyerhof	1.99
Strato 11	15.09	19.13	1.08	2.43	1.27	Meyerhof	2.03

CPTU4 – VIA RIGONE - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI -TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Jamiolkowski 1985	43.64

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Koppejan	26.70

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Robertson & Campanella da Schmertmann	35.65

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Piacentini Righi 1978	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Meyerhof	1.90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	2.87	19.82	0.07	0.45	0.36	Meyerhof	2.20

CPTU5 – VIA PECORE - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	2.28	13.02	0.38	0.23	0.23	Terzaghi	0.65
Strato 3	3.70	6.83	0.06	0.56	0.56	Terzaghi	0.34
Strato 4	4.19	8.21	0.11	0.73	0.65	Terzaghi	0.41
Strato 5	4.51	7.81	0.08	0.81	0.68	Terzaghi	0.39
Strato 6	6.00	8.28	0.17	0.97	0.76	Terzaghi	0.41
Strato 7	7.08	7.85	0.07	1.20	0.86	Terzaghi	0.39
Strato 8	7.99	8.44	0.13	1.38	0.94	Terzaghi	0.42
Strato 9	14.08	17.79	0.97	2.07	1.28	Terzaghi	0.89
Strato 10	16.23	21.84	0.75	2.89	1.68	Terzaghi	1.09

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	2.28	13.02	0.38	0.23	0.23	Metodo generale del modulo Edometrico	47.83
Strato 3	3.70	6.83	0.06	0.56	0.56	Metodo generale del modulo Edometrico	34.62
Strato 4	4.19	8.21	0.11	0.73	0.65	Metodo generale del modulo Edometrico	39.06
Strato 5	4.51	7.81	0.08	0.81	0.68	Metodo generale del modulo Edometrico	37.87
Strato 6	6.00	8.28	0.17	0.97	0.76	Metodo generale del modulo Edometrico	39.27
Strato 7	7.08	7.85	0.07	1.20	0.86	Metodo generale del modulo Edometrico	37.99
Strato 8	7.99	8.44	0.13	1.38	0.94	Metodo generale del modulo Edometrico	39.72
Strato 9	14.08	17.79	0.97	2.07	1.28	Metodo generale del modulo Edometrico	46.21
Strato 10	16.23	21.84	0.75	2.89	1.68	Metodo generale del modulo Edometrico	43.68

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	2.28	13.02	0.38	0.23	0.23	Cancelli 1980	479.78
Strato 3	3.70	6.83	0.06	0.56	0.56	Cancelli 1980	234.99
Strato 4	4.19	8.21	0.11	0.73	0.65	Cancelli 1980	283.51
Strato 5	4.51	7.81	0.08	0.81	0.68	Cancelli 1980	267.29
Strato 6	6.00	8.28	0.17	0.97	0.76	Cancelli 1980	282.17
Strato 7	7.08	7.85	0.07	1.20	0.86	Cancelli 1980	262.16
Strato 8	7.99	8.44	0.13	1.38	0.94	Cancelli 1980	281.28
Strato 9	14.08	17.79	0.97	2.07	1.28	Cancelli 1980	619.22
Strato 10	16.23	21.84	0.75	2.89	1.68	Cancelli 1980	755.84

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	2.28	13.02	0.38	0.23	0.23	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	3.70	6.83	0.06	0.56	0.56	Piacentini Righi 1978	0.71
Strato 4	4.19	8.21	0.11	0.73	0.65	Piacentini Righi 1978	1.14
Strato 5	4.51	7.81	0.08	0.81	0.68	Piacentini Righi 1978	0.78
Strato 6	6.00	8.28	0.17	0.97	0.76	Piacentini Righi 1978	1.54
Strato 7	7.08	7.85	0.07	1.20	0.86	Piacentini Righi 1978	0.54
Strato 8	7.99	8.44	0.13	1.38	0.94	Piacentini Righi 1978	0.92
Strato 9	14.08	17.79	0.97	2.07	1.28	Piacentini Righi 1978	5.34
Strato 10	16.23	21.84	0.75	2.89	1.68	Piacentini Righi 1978	3.1

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	2.28	13.02	0.38	0.23	0.23	Meyerhof	1.90
Strato 3	3.70	6.83	0.06	0.56	0.56	Meyerhof	1.78
Strato 4	4.19	8.21	0.11	0.73	0.65	Meyerhof	1.81
Strato 5	4.51	7.81	0.08	0.81	0.68	Meyerhof	1.80
Strato 6	6.00	8.28	0.17	0.97	0.76	Meyerhof	1.81
Strato 7	7.08	7.85	0.07	1.20	0.86	Meyerhof	1.80
Strato 8	7.99	8.44	0.13	1.38	0.94	Meyerhof	1.81
Strato 9	14.08	17.79	0.97	2.07	1.28	Meyerhof	1.94
Strato 10	16.23	21.84	0.75	2.89	1.68	Meyerhof	1.97

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	2.28	13.02	0.38	0.23	0.23	Meyerhof	1.98
Strato 3	3.70	6.83	0.06	0.56	0.56	Meyerhof	1.86
Strato 4	4.19	8.21	0.11	0.73	0.65	Meyerhof	1.89
Strato 5	4.51	7.81	0.08	0.81	0.68	Meyerhof	1.88
Strato 6	6.00	8.28	0.17	0.97	0.76	Meyerhof	1.89
Strato 7	7.08	7.85	0.07	1.20	0.86	Meyerhof	1.88
Strato 8	7.99	8.44	0.13	1.38	0.94	Meyerhof	1.89
Strato 9	14.08	17.79	0.97	2.07	1.28	Meyerhof	2.02
Strato 10	16.23	21.84	0.75	2.89	1.68	Meyerhof	2.05

CPTU6 – VIA PECORE - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 3	1.44	14.05	0.71	0.19	0.19	Terzaghi	0.70
Strato 4	3.28	6.74	0.08	0.45	0.42	Terzaghi	0.34
Strato 5	4.99	8.96	0.32	0.78	0.57	Terzaghi	0.45
Strato 6	6.89	9.22	0.23	1.12	0.74	Terzaghi	0.46
Strato 8	13.98	15.57	0.99	2.02	1.18	Terzaghi	0.78
Strato 9	14.65	20.45	0.77	2.77	1.55	Terzaghi	1.02
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Terzaghi	1.07
Strato 11	15.96	22.75	0.95	3.02	1.67	Terzaghi	1.14

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 3	1.44	14.05	0.71	0.19	0.19	Metodo generale del modulo Edometrico	48.35
Strato 4	3.28	6.74	0.08	0.45	0.42	Metodo generale del modulo Edometrico	34.30
Strato 5	4.99	8.96	0.32	0.78	0.57	Metodo generale del modulo Edometrico	41.12
Strato 6	6.89	9.22	0.23	1.12	0.74	Metodo generale del modulo Edometrico	41.77
Strato 8	13.98	15.57	0.99	2.02	1.18	Metodo generale del modulo Edometrico	48.24
Strato 9	14.65	20.45	0.77	2.77	1.55	Metodo generale del modulo Edometrico	40.90
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Metodo generale del modulo Edometrico	42.62
Strato 11	15.96	22.75	0.95	3.02	1.67	Metodo generale del modulo Edometrico	45.50

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 3	1.44	14.05	0.71	0.19	0.19	Cancelli 1980	519.71
Strato 4	3.28	6.74	0.08	0.45	0.42	Cancelli 1980	237.02
Strato 5	4.99	8.96	0.32	0.78	0.57	Cancelli 1980	314.46
Strato 6	6.89	9.22	0.23	1.12	0.74	Cancelli 1980	318.14
Strato 8	13.98	15.57	0.99	2.02	1.18	Cancelli 1980	539.79
Strato 9	14.65	20.45	0.77	2.77	1.55	Cancelli 1980	708.71
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Cancelli 1980	738.77
Strato 11	15.96	22.75	0.95	3.02	1.67	Cancelli 1980	790.33

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 3	1.44	14.05	0.71	0.19	0.19	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	3.28	6.74	0.08	0.45	0.42	Piacentini Righi 1978	1.3
Strato 5	4.99	8.96	0.32	0.78	0.57	Piacentini Righi 1978	3.97
Strato 6	6.89	9.22	0.23	1.12	0.74	Piacentini Righi 1978	2.18
Strato 8	13.98	15.57	0.99	2.02	1.18	Piacentini Righi 1978	5.93
Strato 9	14.65	20.45	0.77	2.77	1.55	Piacentini Righi 1978	3.47
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Piacentini Righi 1978	1.7
Strato 11	15.96	22.75	0.95	3.02	1.67	Piacentini Righi 1978	3.95

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	1.44	14.05	0.71	0.19	0.19	Meyerhof	1.91
Strato 4	3.28	6.74	0.08	0.45	0.42	Meyerhof	1.78
Strato 5	4.99	8.96	0.32	0.78	0.57	Meyerhof	1.83
Strato 6	6.89	9.22	0.23	1.12	0.74	Meyerhof	1.83
Strato 8	13.98	15.57	0.99	2.02	1.18	Meyerhof	1.92
Strato 9	14.65	20.45	0.77	2.77	1.55	Meyerhof	1.96
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Meyerhof	1.97
Strato 11	15.96	22.75	0.95	3.02	1.67	Meyerhof	1.98

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	1.44	14.05	0.71	0.19	0.19	Meyerhof	1.99
Strato 4	3.28	6.74	0.08	0.45	0.42	Meyerhof	1.86
Strato 5	4.99	8.96	0.32	0.78	0.57	Meyerhof	1.91
Strato 6	6.89	9.22	0.23	1.12	0.74	Meyerhof	1.91
Strato 8	13.98	15.57	0.99	2.02	1.18	Meyerhof	2.00
Strato 9	14.65	20.45	0.77	2.77	1.55	Meyerhof	2.04
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Meyerhof	2.05
Strato 11	15.96	22.75	0.95	3.02	1.67	Meyerhof	2.06

CPTU6 – VIA PECORE - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	0.51	30.79	0.70	0.06	0.06	Jamiolkowski 1985	100.00
Strato 7	7.05	29.96	0.54	1.31	0.82	Jamiolkowski 1985	24.96
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Jamiolkowski 1985	5.00

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	0.51	30.79	0.70	0.06	0.06	Koppejan	38.53
Strato 7	7.05	29.96	0.54	1.31	0.82	Koppejan	24.52
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Koppejan	19.26

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 2	0.51	30.79	0.70	0.06	0.06	Robertson & Campanella da Schmertmann	80.60
Strato 7	7.05	29.96	0.54	1.31	0.82	Robertson & Campanella da Schmertmann	35.69
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Robertson & Campanella da Schmertmann	23.42

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	0.51	30.79	0.70	0.06	0.06	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 7	7.05	29.96	0.54	1.31	0.82	Piacentini Righi 1978	7.04
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Piacentini Righi 1978	2.57

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	0.51	30.79	0.70	0.06	0.06	Meyerhof	1.80
Strato 7	7.05	29.96	0.54	1.31	0.82	Meyerhof	1.80
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Meyerhof	1.80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	0.51	30.79	0.70	0.06	0.06	Meyerhof	2.10
Strato 7	7.05	29.96	0.54	1.31	0.82	Meyerhof	2.10
Strato 10	15.18	21.31	0.40	2.89	1.61	Meyerhof	2.10

CPTU7 – VIA GIOVANNINA - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	1.08	12.51	0.28	0.11	0.11	Terzaghi	0.63
Strato 3	5.75	7.28	0.06	0.62	0.36	Terzaghi	0.36
Strato 4	6.32	7.74	0.11	1.09	0.57	Terzaghi	0.39
Strato 5	8.54	7.24	0.05	1.34	0.68	Terzaghi	0.36
Strato 6	9.63	11.66	0.49	1.64	0.82	Terzaghi	0.58
Strato 7	10.62	16.85	0.33	1.85	0.91	Terzaghi	0.84
Strato 8	13.98	20.26	1.20	2.28	1.13	Terzaghi	1.01

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	1.08	12.51	0.28	0.11	0.11	Metodo generale del modulo Edometrico	47.39
Strato 3	5.75	7.28	0.06	0.62	0.36	Metodo generale del modulo Edometrico	36.17
Strato 4	6.32	7.74	0.11	1.09	0.57	Metodo generale del modulo Edometrico	37.65
Strato 5	8.54	7.24	0.05	1.34	0.68	Metodo generale del modulo Edometrico	36.03
Strato 6	9.63	11.66	0.49	1.64	0.82	Metodo generale del modulo Edometrico	46.41
Strato 7	10.62	16.85	0.33	1.85	0.91	Metodo generale del modulo Edometrico	47.34
Strato 8	13.98	20.26	1.20	2.28	1.13	Metodo generale del modulo Edometrico	41.34

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	1.08	12.51	0.28	0.11	0.11	Cancelli 1980	465.12
Strato 3	5.75	7.28	0.06	0.62	0.36	Cancelli 1980	259.55
Strato 4	6.32	7.74	0.11	1.09	0.57	Cancelli 1980	269.02
Strato 5	8.54	7.24	0.05	1.34	0.68	Cancelli 1980	246.13
Strato 6	9.63	11.66	0.49	1.64	0.82	Cancelli 1980	406.67
Strato 7	10.62	16.85	0.33	1.85	0.91	Cancelli 1980	597.63
Strato 8	13.98	20.26	1.20	2.28	1.13	Cancelli 1980	717.46

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	1.08	12.51	0.28	0.11	0.11	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	5.75	7.28	0.06	0.62	0.36	Piacentini Righi 1978	1.12
Strato 4	6.32	7.74	0.11	1.09	0.57	Piacentini Righi 1978	1.32
Strato 5	8.54	7.24	0.05	1.34	0.68	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 6	9.63	11.66	0.49	1.64	0.82	Piacentini Righi 1978	4.26
Strato 7	10.62	16.85	0.33	1.85	0.91	Piacentini Righi 1978	2.53
Strato 8	13.98	20.26	1.20	2.28	1.13	Piacentini Righi 1978	7.48

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	1.08	12.51	0.28	0.11	0.11	Meyerhof	1.89
Strato 3	5.75	7.28	0.06	0.62	0.36	Meyerhof	1.79
Strato 4	6.32	7.74	0.11	1.09	0.57	Meyerhof	1.80
Strato 5	8.54	7.24	0.05	1.34	0.68	Meyerhof	1.79
Strato 6	9.63	11.66	0.49	1.64	0.82	Meyerhof	1.87
Strato 7	10.62	16.85	0.33	1.85	0.91	Meyerhof	1.93
Strato 8	13.98	20.26	1.20	2.28	1.13	Meyerhof	1.97

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	1.08	12.51	0.28	0.11	0.11	Meyerhof	1.97
Strato 3	5.75	7.28	0.06	0.62	0.36	Meyerhof	1.87
Strato 4	6.32	7.74	0.11	1.09	0.57	Meyerhof	1.88
Strato 5	8.54	7.24	0.05	1.34	0.68	Meyerhof	1.87
Strato 6	9.63	11.66	0.49	1.64	0.82	Meyerhof	1.95
Strato 7	10.62	16.85	0.33	1.85	0.91	Meyerhof	2.01
Strato 8	13.98	20.26	1.20	2.28	1.13	Meyerhof	2.05

CPTU8 – VIA GIOVANNINA - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	0.27	14.62	0.04	0.03	0.03	Terzaghi	0.73
Strato 3	0.80	19.56	0.76	0.10	0.10	Terzaghi	0.98
Strato 4	1.70	20.00	0.21	0.24	0.24	Terzaghi	1.00
Strato 5	3.13	13.67	0.39	0.47	0.47	Terzaghi	0.68
Strato 8	10.72	8.24	0.04	2.05	1.31	Terzaghi	0.41
Strato 9	12.33	9.71	0.11	2.32	1.43	Terzaghi	0.49
Strato 10	14.21	14.15	0.57	2.65	1.59	Terzaghi	0.71
Strato 11	16.15	21.23	1.28	3.03	1.77	Terzaghi	1.06
Strato 12	17.90	20.44	0.85	3.39	1.96	Terzaghi	1.02

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	0.27	14.62	0.04	0.03	0.03	Metodo generale del modulo Edometrico	48.43
Strato 3	0.80	19.56	0.76	0.10	0.10	Metodo generale del modulo Edometrico	43.00
Strato 4	1.70	20.00	0.21	0.24	0.24	Metodo generale del modulo Edometrico	41.98
Strato 5	3.13	13.67	0.39	0.47	0.47	Metodo generale del modulo Edometrico	48.21
Strato 8	10.72	8.24	0.04	2.05	1.31	Metodo generale del modulo Edometrico	39.15
Strato 9	12.33	9.71	0.11	2.32	1.43	Metodo generale del modulo Edometrico	42.92
Strato 10	14.21	14.15	0.57	2.65	1.59	Metodo generale del modulo Edometrico	48.37
Strato 11	16.15	21.23	1.28	3.03	1.77	Metodo generale del modulo Edometrico	42.46
Strato 12	17.90	20.44	0.85	3.39	1.96	Metodo generale del modulo Edometrico	40.88

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	0.27	14.62	0.04	0.03	0.03	Cancelli 1980	547.04
Strato 3	0.80	19.56	0.76	0.10	0.10	Cancelli 1980	729.64
Strato 4	1.70	20.00	0.21	0.24	0.24	Cancelli 1980	740.86
Strato 5	3.13	13.67	0.39	0.47	0.47	Cancelli 1980	495.03
Strato 8	10.72	8.24	0.04	2.05	1.31	Cancelli 1980	259.81
Strato 9	12.33	9.71	0.11	2.32	1.43	Cancelli 1980	310.47
Strato 10	14.21	14.15	0.57	2.65	1.59	Cancelli 1980	471.14
Strato 11	16.15	21.23	1.28	3.03	1.77	Cancelli 1980	729.66
Strato 12	17.90	20.44	0.85	3.39	1.96	Cancelli 1980	693.18

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	0.27	14.62	0.04	0.03	0.03	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	0.80	19.56	0.76	0.10	0.10	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	1.70	20.00	0.21	0.24	0.24	Piacentini Righi 1978	6.23
Strato 5	3.13	13.67	0.39	0.47	0.47	Piacentini Righi 1978	5.97
Strato 8	10.72	8.24	0.04	2.05	1.31	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 9	12.33	9.71	0.11	2.32	1.43	Piacentini Righi 1978	0.51
Strato 10	14.21	14.15	0.57	2.65	1.59	Piacentini Righi 1978	2.49
Strato 11	16.15	21.23	1.28	3.03	1.77	Piacentini Righi 1978	5.02
Strato 12	17.90	20.44	0.85	3.39	1.96	Piacentini Righi 1978	3.01

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	0.27	14.62	0.04	0.03	0.03	Meyerhof	1.92
Strato 3	0.80	19.56	0.76	0.10	0.10	Meyerhof	1.97
Strato 4	1.70	20.00	0.21	0.24	0.24	Meyerhof	1.97
Strato 5	3.13	13.67	0.39	0.47	0.47	Meyerhof	1.90
Strato 8	10.72	8.24	0.04	2.05	1.31	Meyerhof	1.79
Strato 9	12.33	9.71	0.11	2.32	1.43	Meyerhof	1.82
Strato 10	14.21	14.15	0.57	2.65	1.59	Meyerhof	1.89
Strato 11	16.15	21.23	1.28	3.03	1.77	Meyerhof	1.97
Strato 12	17.90	20.44	0.85	3.39	1.96	Meyerhof	1.96

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	0.27	14.62	0.04	0.03	0.03	Meyerhof	2.00
Strato 3	0.80	19.56	0.76	0.10	0.10	Meyerhof	2.05
Strato 4	1.70	20.00	0.21	0.24	0.24	Meyerhof	2.05
Strato 5	3.13	13.67	0.39	0.47	0.47	Meyerhof	1.98
Strato 8	10.72	8.24	0.04	2.05	1.31	Meyerhof	1.87
Strato 9	12.33	9.71	0.11	2.32	1.43	Meyerhof	1.90
Strato 10	14.21	14.15	0.57	2.65	1.59	Meyerhof	1.97
Strato 11	16.15	21.23	1.28	3.03	1.77	Meyerhof	2.05
Strato 12	17.90	20.44	0.85	3.39	1.96	Meyerhof	2.04

CPTU8 – VIA GIOVANNINA - STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 6	6.45	69.62	0.15	0.97	0.75	Jamiolkowski 1985	57.87
Strato 7	9.39	35.80	0.04	1.63	1.10	Jamiolkowski 1985	23.84

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 6	6.45	69.62	0.15	0.97	0.75	Koppejan	29.39
Strato 7	9.39	35.80	0.04	1.63	1.10	Koppejan	23.93

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 6	6.45	69.62	0.15	0.97	0.75	Robertson & Campanella da Schmertmann	62.35
Strato 7	9.39	35.80	0.04	1.63	1.10	Robertson & Campanella da Schmertmann	38.09

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 6	6.45	69.62	0.15	0.97	0.75	Piacentini Righi 1978	<0.5
Strato 7	9.39	35.80	0.04	1.63	1.10	Piacentini Righi 1978	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 6	6.45	69.62	0.15	0.97	0.75	Meyerhof	1.90
Strato 7	9.39	35.80	0.04	1.63	1.10	Meyerhof	1.90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 6	6.45	69.62	0.15	0.97	0.75	Meyerhof	2.20
Strato 7	9.39	35.80	0.04	1.63	1.10	Meyerhof	2.20

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 10 -

**ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
VIA DEL CURATO**

REGIONE EMILIA ROMAGNA
Provincia di Ferrara
Comune di Cento

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
CON APPROCCIO NUMERICO NON SEMPLIFICATO
DELL'AREA SITA PRESSO VIA DEL CURATO

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Aggiornamenti	4				
	3				
	2				
	1				
	0	Marzo 2022	Stefano Maggi	Enrico Cumoli	Emissione
	N	Data	Redatto	Approvazione	Descrizione

Committente:

SYNTHESIS S.R.L.

Redatto da:



Fornitori:



MOD PROD14 REV00

Codice Cliente:

Codice interno: 22.066

Geotea s.r.l. - via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel 051 6255377- Fax 051 4998378
e-mail: info@geoteasrl.it

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA DEL CURATO	
------------------	---	---

SOMMARIO

1.	IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO _____	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO _____	4
3.	PREMESSE _____	5
4.	MODELLO DI SOTTOSUOLO _____	6
4.1.	CALCOLO DEL MOTO ATTESO IN SUPERFICIE _____	8
4.2.	SPETTRO DI RISPOSTA FINALE CALCOLATO _____	9
5.	SPETTRO MEDIO CALCOLATO REGOLARIZZATO _____	12

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA DEL CURATO	
--------------------------------	---	---

1. IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

Note identificative.

Il presente lavoro viene identificato per mezzo del codice numero di commessa interno 22.066 rev. 1, del nostro archivio interno.

Direzione indagini e coordinamento lavoro.

Dott. Geol. Stefano Maggi.

Redazione del documento.

Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Stefano Maggi in data 14/03/2022.

Composizione del documento.

Il presente documento è formato da n° 14 fogli di testo.

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA DEL CURATO	
------------------	---	---

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

Delibera Giunta Regionale n. 564 del 26/04/2021: INTEGRAZIONE DELLA PROPRIA DELIBERAZIONE N. 476 DEL 12 APRILE 2021 MEDIANTE APPROVAZIONE DELL'ALLEGATO A, "ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. N. 24/2017)"

Delibera Giunta Regionale n. 476 del 12/04/2021: AGGIORNAMENTO DELL'"ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. N. 24/2017)" DI CUI ALLA DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 29 APRILE 2019, N.630.

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA DEL CURATO	
------------------	---	---

3. PREMESSE

Nel presente lavoro è stato condotto lo studio della Risposta Sismica Locale mediante approccio numerico non semplificato relativamente all'area situata nel **comune di Cento (FE) presso via del Curato**.

L'analisi è stata eseguita utilizzando il **codice di calcolo STRATA** (Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses; STRATA è distribuito con licenza GNU disponibile al sito <http://www.gnu.org/licenses/>).

L'analisi di risposta sismica locale del sito in questione è stata condotta secondo il seguente schema:

- **Definizione del modello di sottosuolo in termini di profilo verticale Velocità Onde di taglio S (Vs)** sulla base di n.2 misure passive di microtremore ambientale mediante tecnica HVSR e n. 1 profilo sismico in array con tecnica MASW; l'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante fit congiunto tra le due tecniche;
- **Definizione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo** utilizzando i dati ottenuti da n. 2 prove penetrometriche statiche a punta elettrica e piezocono (CPTU) spinte fino a circa 20 m da p.c. ed eseguite nel sito oggetto di intervento; per profondità > 20 m fino al raggiungimento del bedrock sismico ($V_s=800$ m/s o principale discontinuità sismostratigrafica rilevata da misure passive) si è fatto riferimento ai dati provenienti dal database del *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione E-R*; in particolare è stato fatto riferimento a:
 - A. Sezione geologica n. 066 progetto CARG (SPESORE 650 M)
 - B. Pozzo AGIP Bevilacqua 001 (PROF. 1100 M)
 - C. Pozzo per acqua 202080P604 (PROF. 70 M)
 - D. Pozzo per acqua 202080P605 (PROF. 46 M)
 - E. Webinar tecnico "Substrato geologico e bedrock sismico" (Dott. Luca Martelli – dicembre 2020)
 - F. Pubblicazione 36° Convegno Nazionale GNGTS "Combining passive-geophysical and stratigraphic data for a preliminary mapping of the Po Plain seismic bedrock" (Mascandola, Massa, Albarello, Martelli, Lovati, Poggi, Barani, Perlagani, Compagnoni).
- **Selezione di 7 accelerogrammi di input** (terremoti di input e relativo spettro di risposta target, componente orizzontale). I 7 segnali di input di riferimento per il calcolo della Risposta Sismica Locale provengono dalla piattaforma WebGis: <http://egeos-test.eucentre.it/rer/home.html> realizzata da Eucentre come indicato sulla Delibera di riferimento; questi accelerogrammi sono compatibili con lo spettro del terremoto target calcolato per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (T_R 475 anni). I 7 segnali sono già scalati alla pericolosità sismica di base $A_{REF}(g)$ del sito di interesse pari a $A_{REFG} = 0.1574 g$ (accelerazione orizzontale di base espressa in frazioni dell'accelerazione di gravità "g"); il nodo di riferimento è identificato dal numero *ID 15842*;
- Calcolo del moto atteso al sito con riferimento al p.c. attuale: **spettro di risposta finale in accelerazione** scelto come rappresentativo e rapporto $F_{PGA} = PGA/PGA_0$ (rapporto tra l'accelerazione orizzontale massima in superficie e al bedrock);
- Regolarizzazione dello spettro finale calcolato secondo la procedura proposta da Newmark e Hall, 1982, Romeo, 2007, Liberatore e Pagliaroli, 2014).

4. MODELLO DI SOTTOSUOLO

La tabella nella pagina seguente mostra il modello di sottosuolo utilizzato per l'analisi:

Coordinate Sito (ED50): 44,180663 N; 11,0362426 E

Profondità tetto strato	Spessore strato	Tipologia prevalente di terreno	Velocità media onde S (m/s) stimata per lo strato e range indicativo
0.00	6.00	terreno limo sabbioso (σ'_{v0} 1 Kg/cm ²)	120 (min.100-max.130)
6.00	25.00	terreno a grana fine (ip 30%)	150 (min.120-max.190)
31.00	100.00	terreno a grana fine (ip 30%)	290(min.250-max.300)
100-150 m	half-space	Bedrock sismico/principale discontinuità sismostratigrafica (rilevata tra $\approx$ 0.6-1.0 Hz corrispondente a profondità $\approx$ 100-150 m)	600 (min.600-max.800) Bedrock non rigido

Tabella 1 – Modello di sottosuolo proposto per il sito in studio

Le curve di degrado (G/G_0) impiegate per i terreni ($V_s < 800$ m/s) soprastanti il bedrock sismico sono quelle indicate dalla DGR n.476-564/2021 come indicato nelle figure sottostanti. Le curve di smorzamento (dumping) si riferiscono allo studio di “Idriss, 1990” per le argille e allo studio di “Seed&Idriss, valori medi” per le sabbie. Le curve degrado-smorzamento in questione sono state fatte variare durante il calcolo secondo il metodo proposto da Darendeli, in modo da tenere conto di possibili variazioni lungo la colonna stratigrafica considerata.

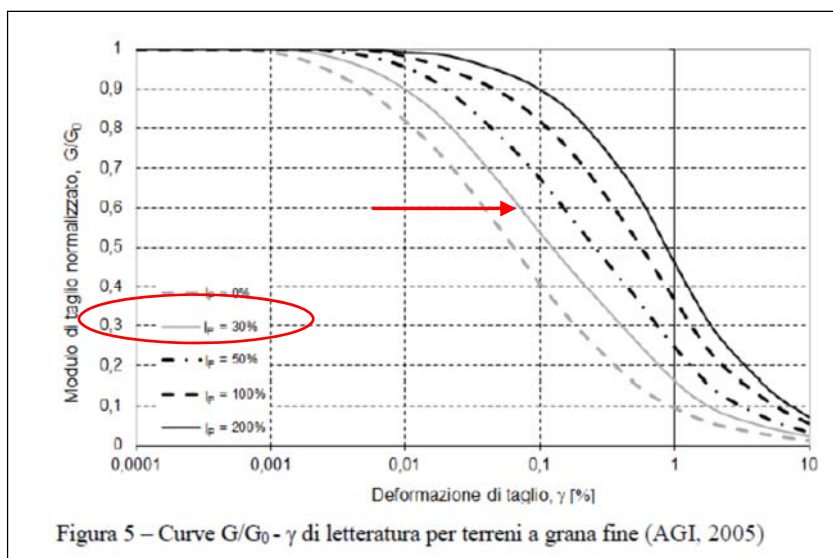


Figura 4-1 – Curva di degrado (G/G_0 -gamma) di letterature terreni a grana fine (AGI, 2005), utilizzata per livelli prevalentemente coesivi.

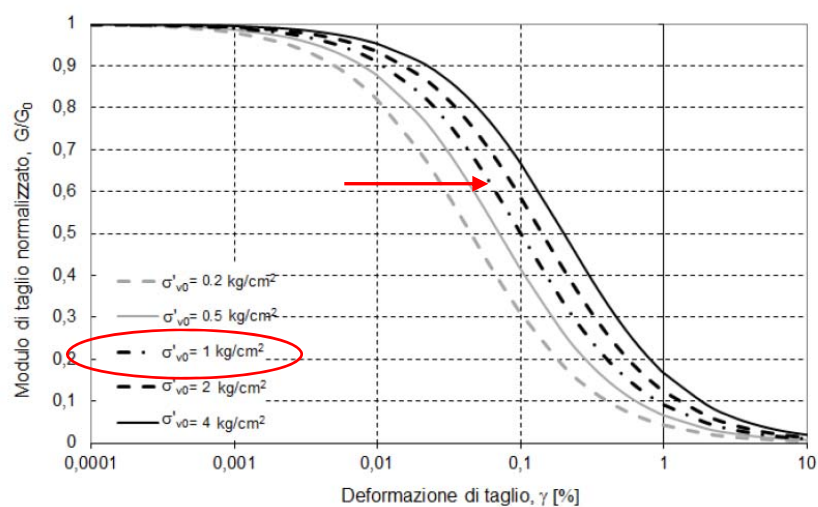
Figura 4 – Curve $G/G_0 - \gamma$ di letteratura per sabbie (AGI, 2005)

Figura 4-2 – Curva di degrado (G/G_0 -gamma) di letteratura per sabbie (AGI, 2005), utilizzata per livelli prevalentemente granulari

4.1. CALCOLO DEL MOTO ATTESO IN SUPERFICIE

Come descritto precedentemente, per il calcolo delle accelerazioni e dello scuotimento attesi in superficie sono stati selezionati 7 accelerogrammi di input già scalati alla pericolosità sismica di base del sito di interesse (per lo stato limite considerato, SLV) e così denominati:

% Magnitude(Mw)	Epic.Distance(km)	Scaling_Factor	Source	File_Name
6.20	29.90	2.06	% ESM EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC	
5.74	12.57	1.35	% NGA RSN146_COYOTELK_G01320.AT2	
5.99	54.21	2.54	% NGA RSN703_WHITTIER.A_A-VAS000.AT2	
6.93	83.53	1.50	% NGA RSN804_LOMAP_SSF205.AT2	
6.69	38.07	1.13	% NGA RSN1091_NORTHV_VAS090.AT2	
6.60	31.00	0.64	% KiKnet SMNH100010061330.EW2	
5.90	14.40	2.68	% ESM IT.SLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC	

Lo spettro del terremoto target è definito dai seguenti parametri di ingresso:

- Coordinate sito (ED50): **44,733787 N; 11,273462 E**
- Classe uso opera: **2**
- Periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_r = V_n \cdot C_u$): **50 anni**
- Probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{vr}): **10% in 50 anni**
- Periodo di ritorno (T_r): **475 anni (SLV)**
- Smorzamento: **5%**
- A_g (g): **0.1574 g (SLV); ID NODO DI RIF. 15842**

4.2. SPETTRO DI RISPOSTA FINALE CALCOLATO

A partire dai 7 accelerogrammi di input e dal modello di sottosuolo utilizzato, sono stati ottenuti gli spettri di risposta in accelerazione attesi al sito (spettri di risposta dell'oscillatore armonico tipo a un solo grado di libertà SDOF).

Il calcolo eseguito mediante il software **STRATA** è stato condotto con i seguenti vincoli:

- Variazione profondità del bedrock (distribuzione Log Normale; prof. min 100 m – prof. max 150 m; $\sigma = 0.50$);
- Variazione delle velocità V_s dei singoli strati (Toro, 1992);
- Variazione curve degrado/smorzamento (Darendeli);
- n° di profili calcolati: 50;
- n° terremoti input utilizzati: 7;
- n° spettri di risposta finali generati: 350.

La figura sottostante riporta l'involuppo degli spettri di risposta in accelerazione di output ottenuti (in blu continuo la media degli spettri, mentre in blu tratteggiato la media $\pm$ deviazione standard):

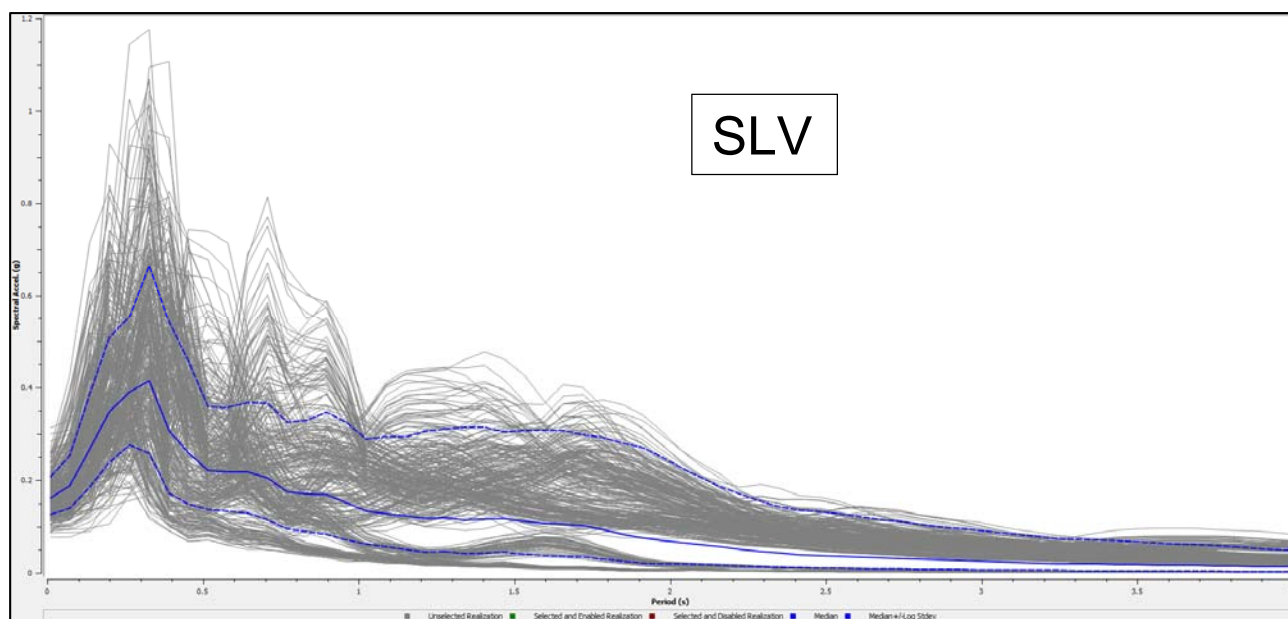


Figura 4-3 – Involuppo degli spettri di risposta in accelerazione calcolati attesi al sito (SLV)

Le figure della pagina successiva riportano lo spettro finale calcolato (spettro medio $\pm$ Dev Standard).

Lo spettro sopra descritto è stato messo a confronto con lo spettro di risposta elastico TARGET (spettro normalizzato su base regionale moltiplicato per il valore di A_g (g) di base del sito) e con gli spettri semplificati normalizzati di Categoria "A", "C" e "D" (NTC 2018). La categoria topografica è stata assunta T1.

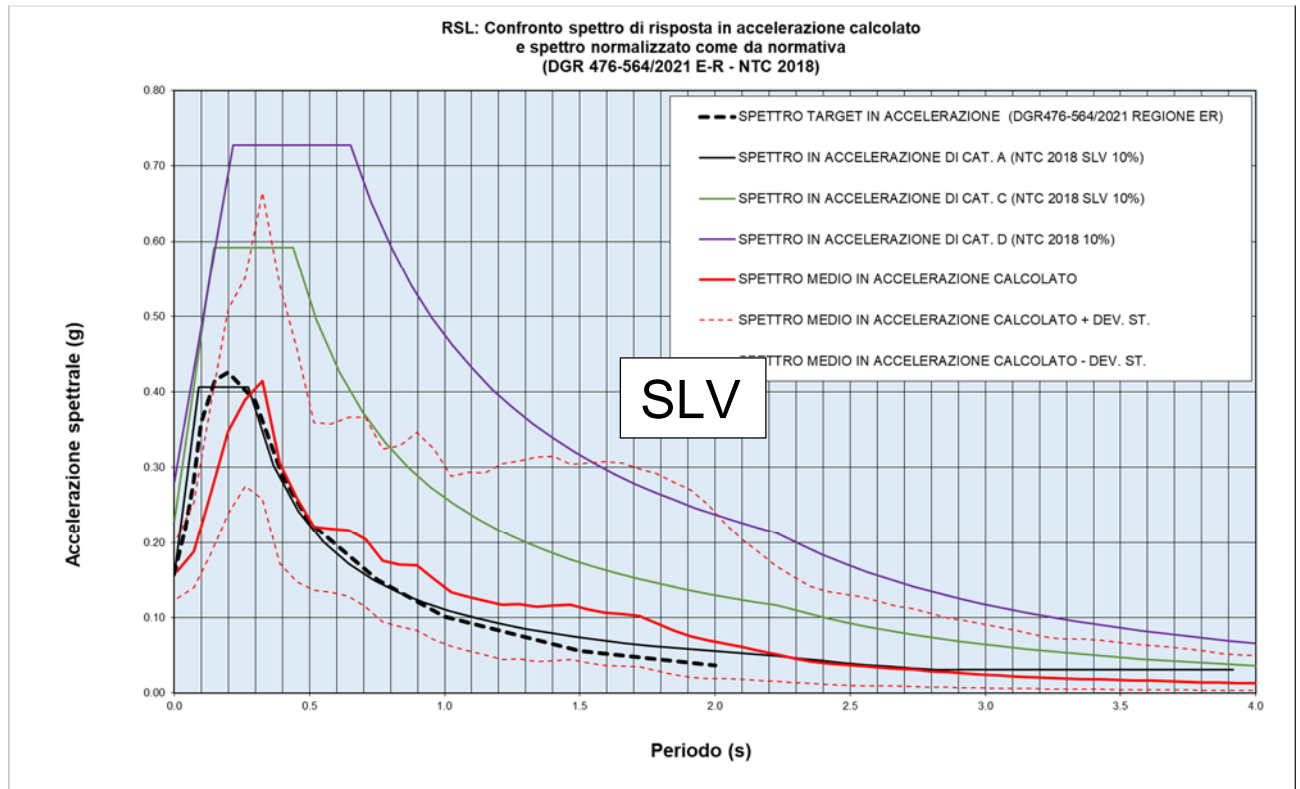


Figura 4-4 – Spettro di risposta in accelerazione MEDIO calcolato e sua dev. standard (curve rosse); confronto con gli spettri da NTC.

Alla luce dei risultati esposti in fig. 4-4, lo scrivente suggerisce di considerare rappresentativo del sito in esame lo spettro finale calcolato medio + deviazione standard (84° percentile)

PGA (SLV) = 0.21 g (VALORE RICAVALTO SULLO SPETTRO CALCOLATO MEDIO+DEV. STANDARD – 86° PERCENTILE E RIFERITO A PIANO CAMPAGNA)

Dove:

PGA= Pick Ground Acceleration, accelerazione massima orizzontale in superficie, interpolata a $T = 0$ (sec)

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA DEL CURATO	
-------------------------	--	---

Di seguito vengono forniti i valori numerici dello SPETTRO MEDIO+DEV. STANDARD CALCOLATO

T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)
0.01	0.208	1.40	0.315	2.80	0.106
0.07	0.254	1.47	0.304	2.86	0.100
0.14	0.385	1.53	0.306	2.92	0.096
0.20	0.509	1.59	0.308	2.99	0.092
0.26	0.552	1.66	0.306	3.05	0.087
0.33	0.665	1.72	0.298	3.11	0.083
0.39	0.543	1.78	0.292	3.18	0.078
0.45	0.457	1.85	0.281	3.24	0.074
0.52	0.359	1.91	0.270	3.30	0.072
0.58	0.357	1.97	0.251	3.37	0.071
0.64	0.367	2.04	0.226	3.43	0.070
0.71	0.366	2.10	0.204	3.49	0.067
0.77	0.325	2.16	0.186	3.56	0.065
0.83	0.329	2.23	0.169	3.62	0.063
0.90	0.347	2.29	0.155	3.68	0.061
0.96	0.325	2.35	0.142	3.75	0.059
1.02	0.289	2.42	0.134	3.81	0.056
1.09	0.294	2.48	0.131	3.87	0.053
1.15	0.293	2.54	0.128	3.94	0.051
1.21	0.305	2.61	0.121	4.00	0.049
1.28	0.309	2.67	0.116		
1.34	0.314	2.73	0.112		

Tabella 2 – Valori numerici dello spettro di risposta medio finale - SLV

5. SPETTRO MEDIO CALCOLATO REGOLARIZZATO

Lo spettro numerico MEDIO+DEV. STANDARD calcolato è stato regolarizzato al fine di renderlo conforme agli standard previsti dalle NTC vigenti per lo stato limite considerato (SLV):

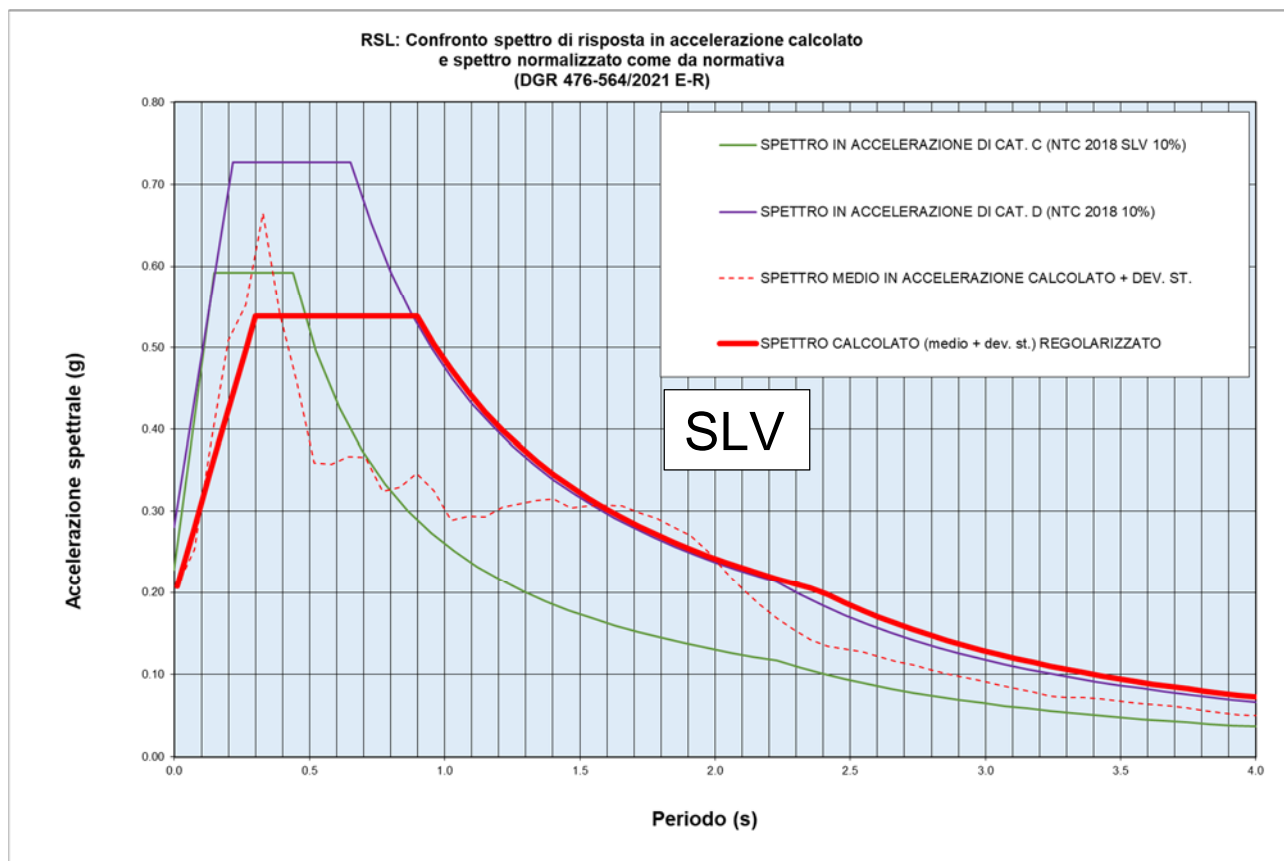


Figura 5-1 – Spettro di risposta finale normalizzato (SLV)

Parametri derivati che definiscono lo spettro normalizzato sono i seguenti (SLV)

- Accelerazione massima orizzontale di base = 0.1574 g (parametro di base del sito da nodo ID 15842 RER)
- S (coeff. di amplificazione STRATIGRAFICA SULLO SPETTRO REGOLARIZZATO) = 1.25
- Amax (SULLO SPETTRO REGOLARIZZATO) = 0.196 g
- $F_0 = 2.742$
- Smorzamento convenzionale (5%) = 1
- T_B (inizio tratto spettro ad accelerazione costante) = 0.300 s
- T_C (inizio tratto spettro a velocità costante) = 0.899 s
- T_D (inizio tratto spettro a spostamento costante) = 2.385 s

Lo spettro è stato regolarizzato secondo la procedura proposta da Newmark e Hall, 1982, Romeo, 2007, Liberatore e Pagliaroli, 2014)

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA DEL CURATO	
------------------	---	---

San Lazzaro di Savena (BO), 14/03/2022



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 11 -

**ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
VIA GIOVANNINA**

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA
Comune di Cento

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
CON APPROCCIO NUMERICO NON SEMPLIFICATO
DELL'AREA SITA PRESSO VIA GIOVANNINA

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Aggiornamenti	4				
	3				
	2				
	1				
	0	Marzo 2022	Stefano Maggi	Enrico Cumoli	Emissione
	N	Data	Redatto	Approvazione	Descrizione

Committente:

SYNTHESIS S.R.L.

Redatto da:



Fornitori:



MOD PROD14 REV00

Codice Cliente:

Codice interno: 22.066

Geotea s.r.l. - via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) Tel 051 6255377- Fax 051 4998378
e-mail: info@geoteasrl.it

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA GIOVANNINA	
------------------	---	---

SOMMARIO

1.	IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO _____	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO _____	4
3.	PREMESSE _____	5
4.	MODELLO DI SOTTOSUOLO _____	6
4.1.	CALCOLO DEL MOTO ATTESO IN SUPERFICIE _____	8
4.2.	SPETTRO DI RISPOSTA FINALE CALCOLATO _____	9
5.	SPETTRO MEDIO CALCOLATO REGOLARIZZATO _____	12

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA GIOVANNINA	
--------------------------------	---	---

1. IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

Note identificative.

Il presente lavoro viene identificato per mezzo del codice numero di commessa interno 22.066 rev. 1, del nostro archivio interno.

Direzione indagini e coordinamento lavoro.

Dott. Geol. Stefano Maggi.

Redazione del documento.

Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Stefano Maggi in data 14/03/2022.

Composizione del documento.

Il presente documento è formato da n° 14 fogli di testo.

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA GIOVANNINA	
------------------	---	---

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

Delibera Giunta Regionale n. 564 del 26/04/2021: INTEGRAZIONE DELLA PROPRIA DELIBERAZIONE N. 476 DEL 12 APRILE 2021 MEDIANTE APPROVAZIONE DELL'ALLEGATO A, "ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. N. 24/2017)"

Delibera Giunta Regionale n. 476 del 12/04/2021: AGGIORNAMENTO DELL'"ATTO DI COORDINAMENTO TECNICO SUGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA (ARTT. 22 E 49, L.R. N. 24/2017)" DI CUI ALLA DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 29 APRILE 2019, N.630.

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA GIOVANNINA	
------------------	---	---

3. PREMESSE

Nel presente lavoro è stato condotto lo studio della Risposta Sismica Locale mediante approccio numerico non semplificato relativamente all'area situata nel **comune di Cento (FE) presso via Giovannina**.

L'analisi è stata eseguita utilizzando il **codice di calcolo STRATA** (Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses; STRATA è distribuito con licenza GNU disponibile al sito <http://www.gnu.org/licenses/>).

L'analisi di risposta sismica locale del sito in questione è stata condotta secondo il seguente schema:

- **Definizione del modello di sottosuolo in termini di profilo verticale Velocità Onde di taglio S (Vs)** sulla base di n.2 misure passive di microtremore ambientale mediante tecnica HVSR e n. 1 profilo sismico in array con tecnica MASW; l'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante fit congiunto tra le due tecniche;
- **Definizione del modello geologico e geotecnico del sottosuolo** utilizzando i dati ottenuti da n. 2 prove penetrometriche statiche a punta elettrica e piezocono (CPTU) spinte fino a circa 20 m da p.c. ed eseguite nel sito oggetto di intervento; per profondità > 20 m fino al raggiungimento del bedrock sismico ($V_s=800$ m/s o principale discontinuità sismostratigrafica rilevata da misure passive) si è fatto riferimento ai dati provenienti dal database del *Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione E-R*; in particolare è stato fatto riferimento a:
 - A. Sezione geologica n. 066 progetto CARG (SPESORE 650 M)
 - B. Pozzo AGIP Bevilacqua 001 (PROF. 1100 M)
 - C. Pozzo per acqua 202080P618 (PROF. 70 M)
 - D. Pozzo per acqua 202080P645 (PROF. 90 M)
 - E. Webinar tecnico “*Substrato geologico e bedrock sismico*” (Dott. Luca Martelli – dicembre 2020)
 - F. Pubblicazione 36° Convegno Nazionale GNGTS “*Combining passive-geophysical and stratigraphic data for a preliminary mapping of the Po Plain seismic bedrock*” (Mascandola, Massa, Albarello, Martelli, Lovati, Poggi, Barani, Perlagani, Compagnoni).
- **Selezione di 7 accelerogrammi di input** (terremoti di input e relativo spettro di risposta target, componente orizzontale). I 7 segnali di input di riferimento per il calcolo della Risposta Sismica Locale provengono dalla piattaforma WebGis: <http://egeos-test.eucentre.it/rer/home.html> realizzata da Eucentre come indicato sulla Delibera di riferimento; questi accelerogrammi sono compatibili con lo spettro del terremoto target calcolato per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (T_R 475 anni). I 7 segnali sono già scalati alla pericolosità sismica di base $A_{REF}(g)$ del sito di interesse pari a $A_{REFG} = 0.1574 g$ (accelerazione orizzontale di base espressa in frazioni dell'accelerazione di gravità “g”); il nodo di riferimento è identificato dal numero *ID 15842*;
- Calcolo del moto atteso al sito con riferimento al p.c. attuale: **spettro di risposta finale in accelerazione** scelto come rappresentativo e rapporto $F_{PGA} = PGA/PGA_0$ (rapporto tra l'accelerazione orizzontale massima in superficie e al bedrock);
- Regolarizzazione dello spettro finale calcolato secondo la procedura proposta da Newmark e Hall, 1982, Romeo, 2007, Liberatore e Pagliaroli, 2014).

4. MODELLO DI SOTTOSUOLO

La tabella nella pagina seguente mostra il modello di sottosuolo utilizzato per l'analisi:

Coordinate Sito (ED50): 44,733787 N; 11,273462 E

Profondità tetto strato	Spessore strato	Tipologia prevalente di terreno	Velocità media onde S (m/s) stimata per lo strato e range indicativo
0.00	3.00	terreno limo sabbioso (σ'_{v0} 1 Kg/cm ²)	100 (min.110-max.130)
3.00	7.00	terreno limo sabbioso (σ'_{v0} 2 Kg/cm ²)	140 (min.120-max.220)
10.00	20.00	terreno a grana fine (ip 30%)	170 (min. 150-max. 190)
30.00	100.00	terreno a grana fine (ip 30%)	290 (min.250-max.300)
100-150 m	half-space	Bedrock sismico/principale discontinuità sismostratigrafica (rilevato tra $\approx$ 0.6-1.0 Hz corrispondente a profondità $\approx$ 100-150 m)	600 (min.600-max.800) Bedrock non rigido

Tabella 1 – Modello di sottosuolo proposto per il sito in studio

Le curve di degrado (G/G_0) impiegate per i terreni ($V_s < 800$ m/s) soprastanti il bedrock sismico sono quelle indicate dalla DGR n.476-564/2021 come indicato nelle figure sottostanti. Le curve di smorzamento (dumping) si riferiscono allo studio di “*Idriss, 1990*” per le argille e allo studio di “*Seed&Idriss, valori medi*” per le sabbie. Le curve degrado-smorzamento in questione sono state fatte variare durante il calcolo secondo il metodo proposto da Darendeli, in modo da tenere conto di possibili variazioni lungo la colonna stratigrafica considerata.

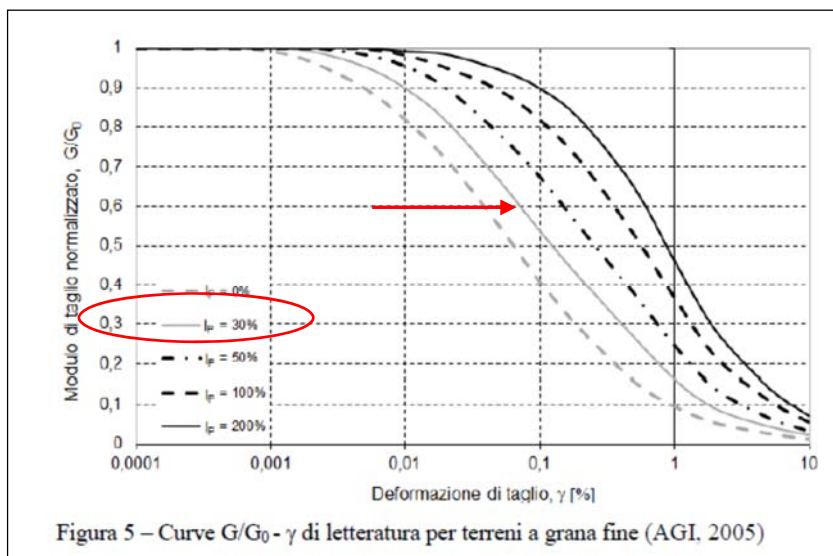


Figura 4-1 – Curva di degrado (G/G_0 -gamma) di letteratura terreni a grana fine (AGI, 2005), utilizzata per livelli coesivi.

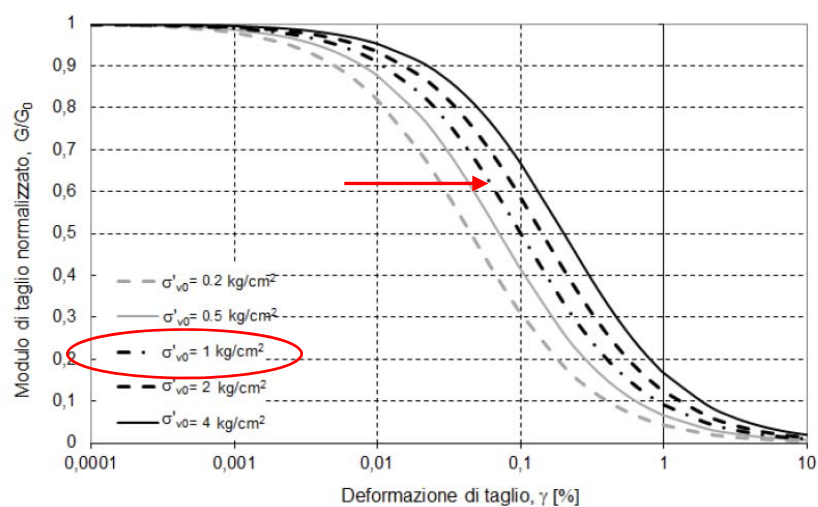
Figura 4 – Curve $G/G_0 - \gamma$ di letteratura per sabbie (AGI, 2005)

Figura 4-2 – Curva di degrado (G/G_0 -gamma) di letteratura per sabbie (AGI, 2005), utilizzata per livelli prevalentemente granulari

4.1. CALCOLO DEL MOTO ATTESO IN SUPERFICIE

Come descritto precedentemente, per il calcolo delle accelerazioni e dello scuotimento attesi in superficie sono stati selezionati 7 accelerogrammi di input già scalati alla pericolosità sismica di base del sito di interesse (per lo stato limite considerato, SLV) e così denominati:

% Magnitude(Mw)	Epic.Distance(km)	Scaling_Factor	Source	File_Name
6.20	29.90	2.06	% ESM EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC	
5.74	12.57	1.35	% NGA RSN146_COYOTELK_G01320.AT2	
5.99	54.21	2.54	% NGA RSN703_WHITTIER.A_A-VAS000.AT2	
6.93	83.53	1.50	% NGA RSN804_LOMAP_SSF205.AT2	
6.69	38.07	1.13	% NGA RSN1091_NORTHV_VAS090.AT2	
6.60	31.00	0.64	% KiKnet SMNH100010061330.EW2	
5.90	14.40	2.68	% ESM IT.SLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC	

Lo spettro del terremoto target è definito dai seguenti parametri di ingresso:

- Coordinate sito (ED50): **44,733787 N; 11,273462 E**
- Classe uso opera: **2**
- Periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_r = V_n \cdot C_u$): **50 anni**
- Probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{vr}): **10% in 50 anni**
- Periodo di ritorno (T_r): **475 anni (SLV)**
- Smorzamento: **5%**
- A_g (g): **0.1574 g (SLV)**; ID NODO DI RIF. **15842**

4.2. SPETTRO DI RISPOSTA FINALE CALCOLATO

A partire dai 7 accelerogrammi di input e dal modello di sottosuolo utilizzato, sono stati ottenuti gli spettri di risposta in accelerazione attesi al sito (spettri di risposta dell'oscillatore armonico tipo a un solo grado di libertà SDOF).

Il calcolo eseguito mediante il software **STRATA** è stato condotto con i seguenti vincoli:

- Variazione profondità del bedrock (distribuzione Log Normale; prof. min 100 m – prof. max 150 m; $\sigma = 0.50$);
- Variazione delle velocità V_s dei singoli strati (Toro, 1992);
- Variazione curve degrado/smorzamento (Darendeli);
- n° di profili calcolati: 50;
- n° terremoti input utilizzati: 7;
- n° spettri di risposta finali generati: 350.

La figura sottostante riporta l'involuppo degli spettri di risposta in accelerazione di output ottenuti (in blu continuo la media degli spettri, mentre in blu tratteggiato la media $\pm$ deviazione standard):

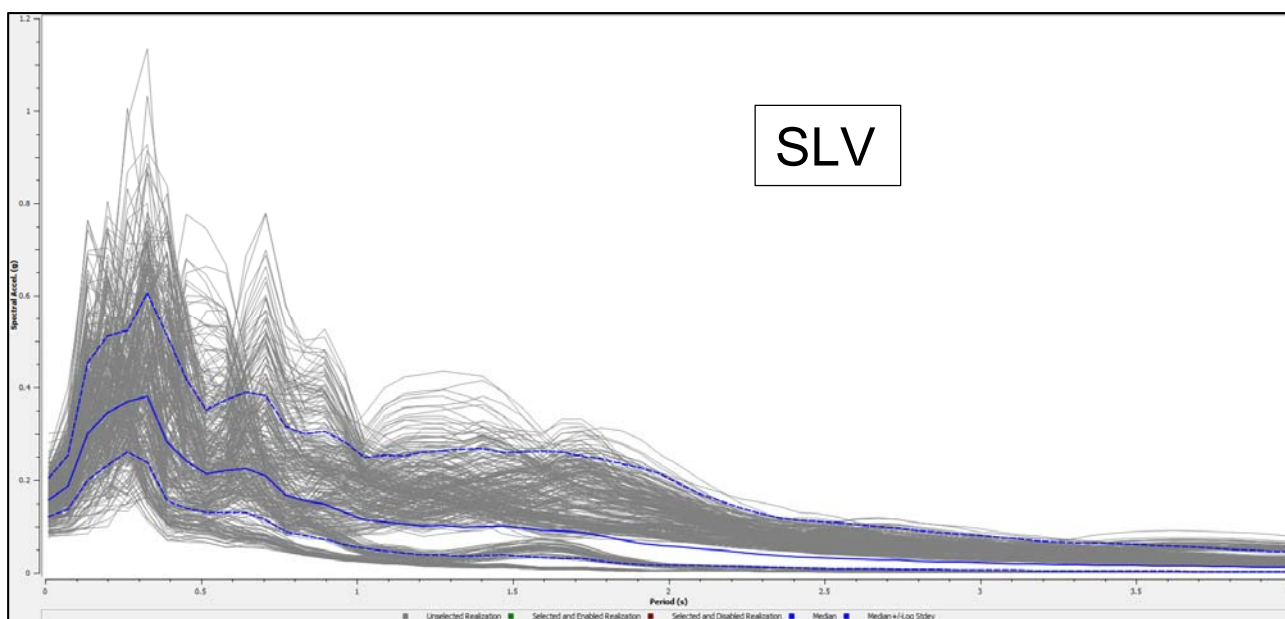


Figura 4-3 – Involuppo degli spettri di risposta in accelerazione calcolati attesi al sito (SLV)

Le figure della pagina successiva riportano lo spettro finale calcolato (spettro medio $\pm$ Dev Standard).

Lo spettro sopra descritto è stato messo a confronto con lo spettro di risposta elastico TARGET (spettro normalizzato su base regionale moltiplicato per il valore di A_g (g) di base del sito) e con gli spettri semplificati normalizzati di Categoria “A”, “C” e “D” (NTC 2018). La categoria topografica è stata assunta T1.

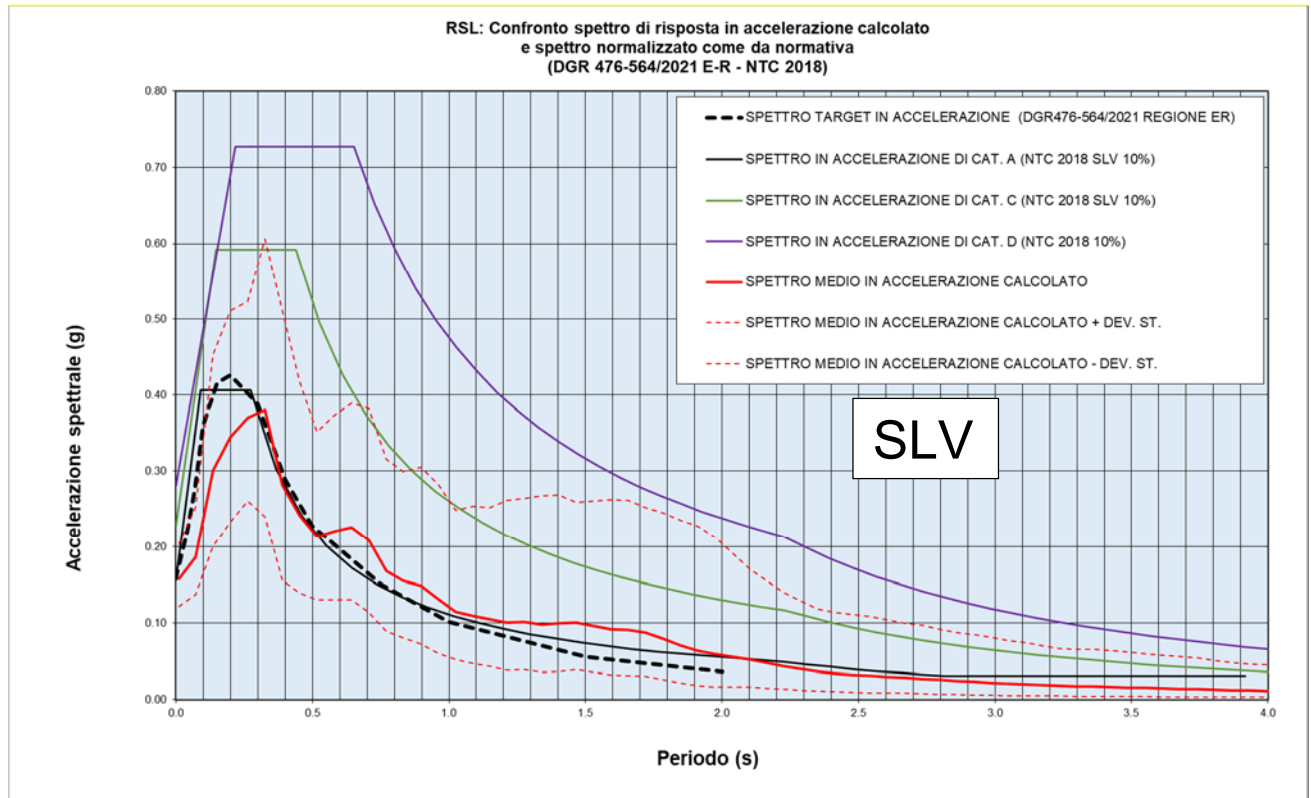


Figura 4-4 – Spettro di risposta in accelerazione MEDIO calcolato e sua dev. standard (curve rosse); confronto con gli spettri da NTC.

Alla luce dei risultati esposti in fig. 4-4, lo scrivente suggerisce di considerare rappresentativo del sito in esame lo spettro finale calcolato medio + deviazione standard (84° percentile)

PGA (SLV) = 0.20 g (VALORE RICAVALTO SULLO SPETTRO CALCOLATO MEDIO+DEV. STANDARD – 86° PERCENTILE E RIFERITO A PIANO CAMPAGNA)

Dove:

PGA= Pick Ground Acceleration, accelerazione massima orizzontale in superficie, interpolata a $T = 0$ (sec)

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA GIOVANNINA	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente
-------------------------	--	--

Di seguito vengono forniti i valori numerici dello SPETTRO MEDIO+DEV. STANDARD CALCOLATO

T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)	T (s)	Ag (g)
0.01	0.204	1.40	0.269	2.80	0.092
0.07	0.253	1.47	0.259	2.86	0.088
0.14	0.453	1.53	0.261	2.92	0.084
0.20	0.511	1.59	0.262	2.99	0.081
0.26	0.523	1.66	0.261	3.05	0.077
0.33	0.606	1.72	0.252	3.11	0.074
0.39	0.511	1.78	0.245	3.18	0.070
0.45	0.417	1.85	0.235	3.24	0.067
0.52	0.351	1.91	0.227	3.30	0.066
0.58	0.373	1.97	0.213	3.37	0.065
0.64	0.390	2.04	0.191	3.43	0.064
0.71	0.382	2.10	0.171	3.49	0.062
0.77	0.316	2.16	0.155	3.56	0.059
0.83	0.299	2.23	0.140	3.62	0.058
0.90	0.305	2.29	0.128	3.68	0.056
0.96	0.282	2.35	0.118	3.75	0.054
1.02	0.249	2.42	0.114	3.81	0.051
1.09	0.254	2.48	0.111	3.87	0.048
1.15	0.252	2.54	0.108	3.94	0.047
1.21	0.261	2.61	0.104	4.00	0.045
1.28	0.264	2.67	0.099		
1.34	0.267	2.73	0.097		

Tabella 2 – Valori numerici dello spettro di risposta medio finale - SLV

5. SPETTRO MEDIO CALCOLATO REGOLARIZZATO

Lo spettro numerico MEDIO+DEV. STANDARD calcolato è stato regolarizzato al fine di renderlo conforme agli standard previsti dalle NTC vigenti per lo stato limite considerato (SLV):

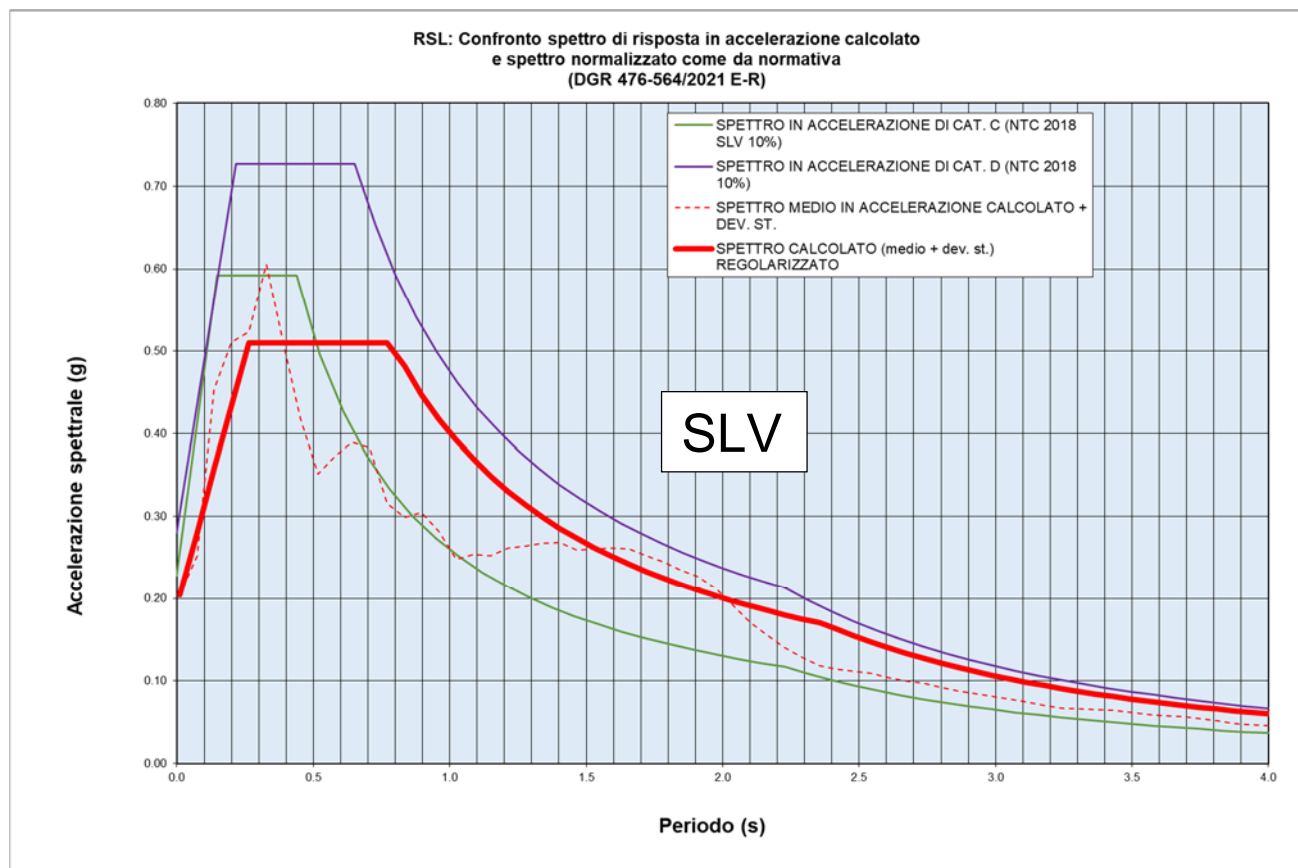


Figura 5-1 – Spettro di risposta finale normalizzato (SLV)

Parametri derivati che definiscono lo spettro normalizzato sono i seguenti (SLV)

- Accelerazione massima orizzontale di base = 0.1574 g (parametro di base del sito da nodo ID 15842 RER)
- S (coeff. di amplificazione STRATIGRAFICA SULLO SPETTRO REGOLARIZZATO) = 1.22
- Amax (SULLO SPETTRO REGOLARIZZATO) = 0.192 g
- $F_0 = 2.653$
- Smorzamento convenzionale (5%) = 1
- T_B (inizio tratto spettro ad accelerazione costante) = 0.263 s
- T_C (inizio tratto spettro a velocità costante) = 0.788 s
- T_D (inizio tratto spettro a spostamento costante) = 2.368 s

Lo spettro è stato regolarizzato secondo la procedura proposta da Newmark e Hall, 1982, Romeo, 2007, Liberatore e Pagliaroli, 2014)

SYNTHESIS S.R.L.	RSL Sito: CENTO (FE) VIA GIOVANNINA	 GEOTEA s.r.l. Geologia Territorio Ambiente
------------------	---	--

San Lazzaro di Savena (BO), 14/03/2022



	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Allegato 12 -

SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA

 Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	--	--

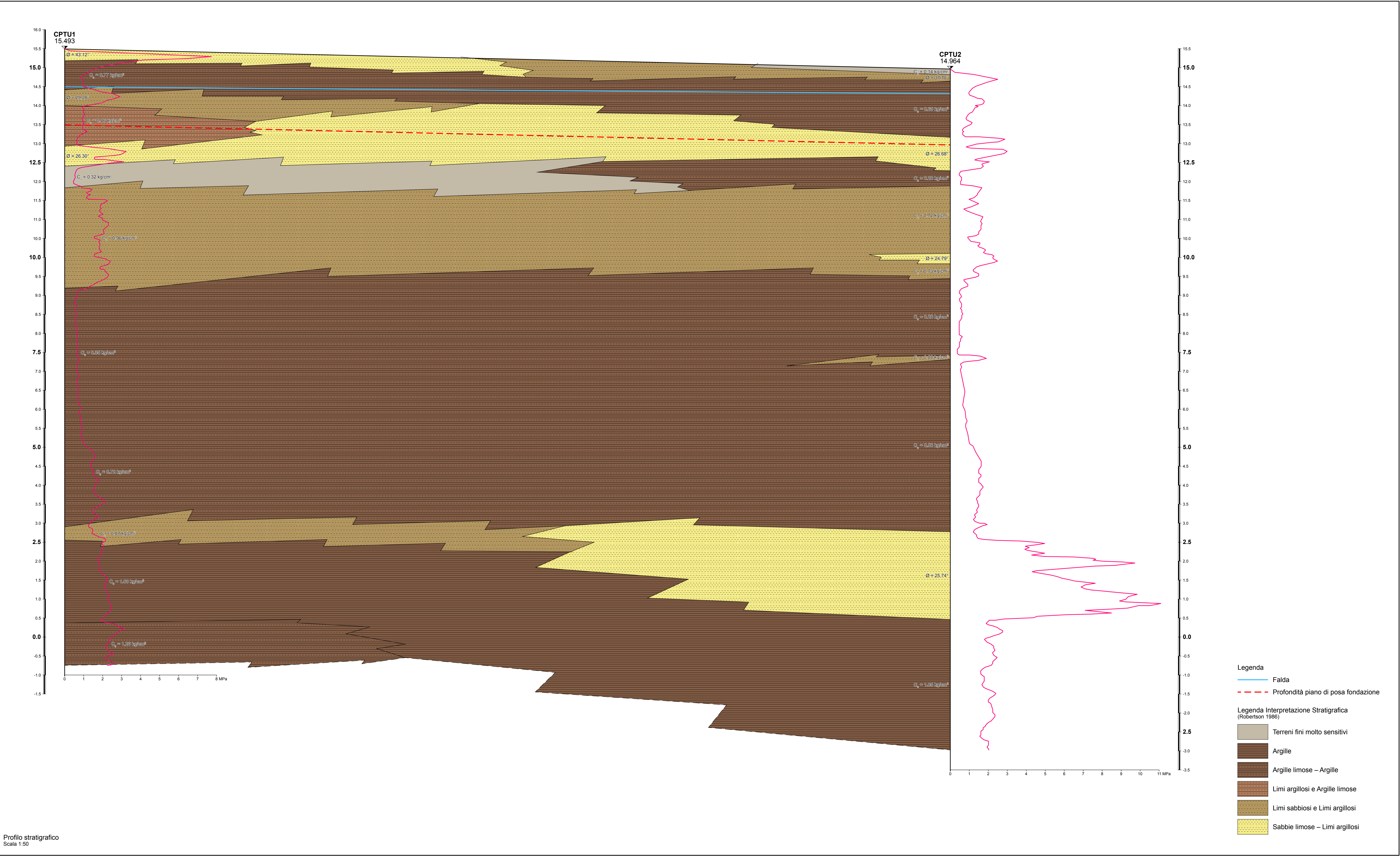
SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA

Ubicazioni siti	Via del Curato – Comune di Cento Via Rigone – Comune di Cento Via Giovannina – Comune di Cento Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore – Comune di Cento
Coordinate WGS84 – Via del Curato	Latitudine 44.722365°; Longitudine 11.271028°
Coordinate WGS84 – Via Rigone	Latitudine 44.727703°; Longitudine 11.269847°
Coordinate WGS84 – Via Giovannina	Latitudine 44.732910°; Longitudine 11.272251°
Coordinate WGS84 – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore	Latitudine 44.742948°; Longitudine 11.278002°
Interventi previsti	Manufatti di attraversamento
Profondità falda – Via del Curato – 07/02/2022	m 2.00 da p.c. – CPTU1 m 1.50 da p.c. – CPTU2
Profondità falda – Via Rigone – 07/02/2022	m 1.50 da p.c. – CPTU3 m 1.50 da p.c. – CPTU4
Profondità falda – Via Giovannina – 11/02/2022	m 0.80 da p.c. – CPTU7 m 2.65 da p.c. – CPTU8
Profondità falda – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore – 11/02/2022	m 3.10 da p.c. – CPTU5 m 2.10 da p.c. – CPTU6
Tipologie indagini eseguite	CPTU + MASW + HVSR + RSL
Numero indagini eseguite	8 + 4 + 4 + 2
Profondità raggiunte	16.24 m - CPTU1 – Via del Curato 17.94 m - CPTU2 – Via del Curato 16.01 m – CPTU3 – Via Rigone 15.08 m – CPTU4 – Via Rigone 16.23 m – CPTU5 – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore 15.96 m – CPTU6 – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore 13.98 m – CPTU7 – Via Giovannina 17.90 m – CPTU8 – Via Giovannina
Zona sismica	3 (0.05 < PGA < 0.15 g)
Categoria topografica	T1
Dilatanza	Improbabile
Liquefazione – Via del Curato	Potenziale basso, moderato, alto - Si veda capitolo dedicato
Liquefazione – Via Rigone	Potenziale basso - Si veda capitolo dedicato
Liquefazione – Via Giovannina	Potenziale basso, moderato, alto - Si veda capitolo dedicato
Liquefazione – Sottopasso C.E.R. – Via delle Pecore	Potenziale basso - Si veda capitolo dedicato
Classe d'uso	II
Vita nominale	50 anni
Coefficiente c_u	1.0

	Synthesis s.r.l. Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – FE Tel. 0532 860546 – 0532 091680 www.synthesisr.com – info@synthesisr.com	INTERVENTI STRUTTURALI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE 2° STRALCIO – ATTRAVERSAMENTI DI VIA DEL CURATO, VIA RIGONE, VIA GIOVANNINA, SOTTOPASSO C.E.R. Modello Geologico e Sismico - Modello Geotecnico Preliminare	RIF. 023/22-ES-REV01 DEL 17/03/2022 P023/22-ES-REV00 DEL 22/01/2022
--	---	--	--

- Tavole -

PROFILI LITOSTRATIGRAFICI



Ubicazioni indagini
scala 1:1000

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA
COMUNE DI CENTO


Dr. Geol. Emanuele Stevanin
Piazza del Popolo, 13 int.5 - 44034 COPPARO (FE)
Tel. 0532 860546 - 091680
www.synthesisrli.com - e.stevanin@synthesisrli.com


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

INTERVENTI STRUTTURALI
PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI N. 4 ATTRAVERSAMENTI
VIA DEL CURATO – VIA RIGONE
VIA GIOVANNINA – SOTTOPASSO CER

TAVOLA 1
Scala 1:50

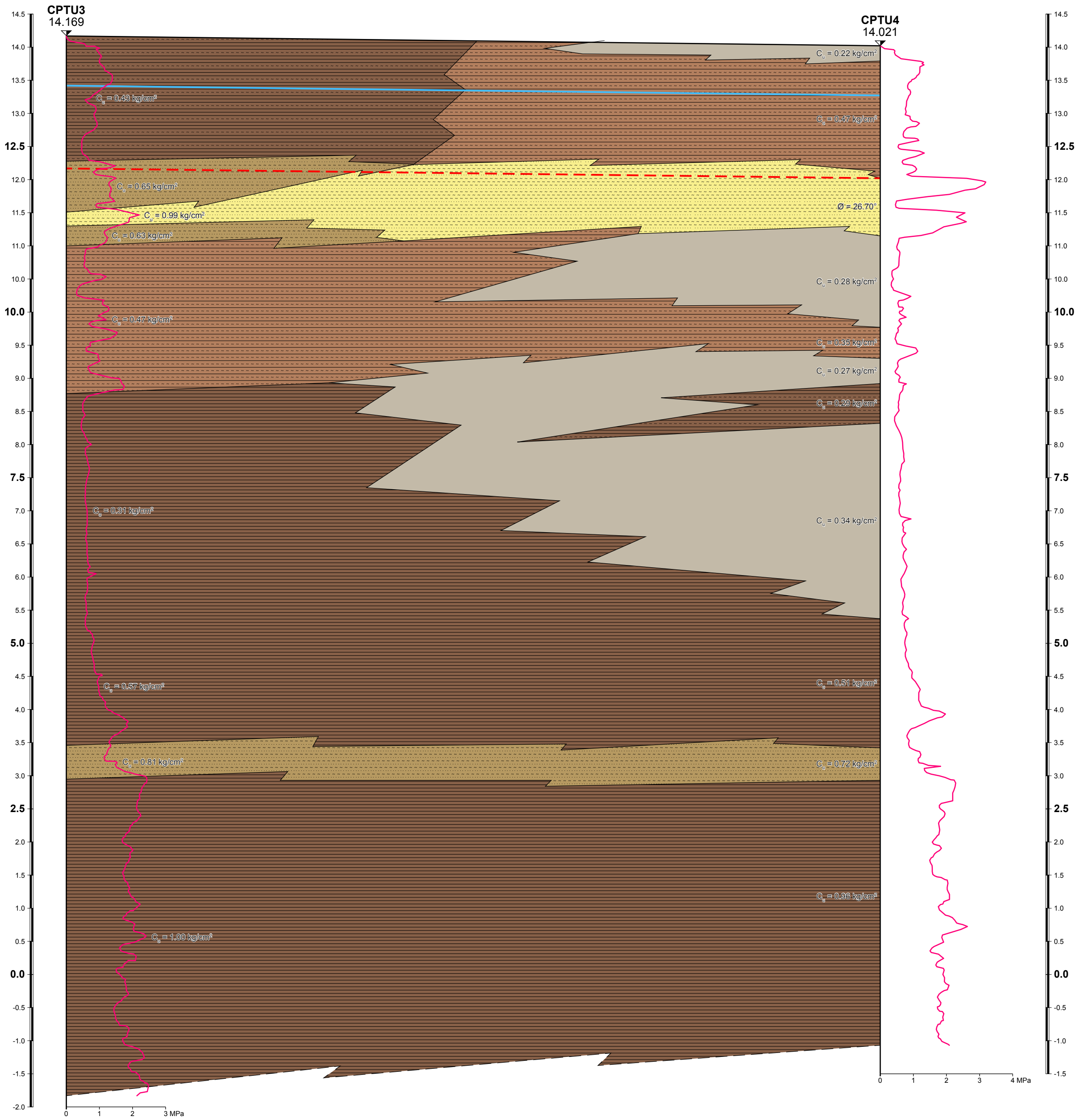
Profilo stratigrafico e geotecnico
Via Del Curato

 elaborazioni grafiche
Massimiliano Stevanin

data elaborazione
28 febbraio 2022

riferimento interno
023/22-ES-Rev00

nome file
Profil_023_22_ES_Rev00.ai



Profilo stratigrafico
Scala 1:50

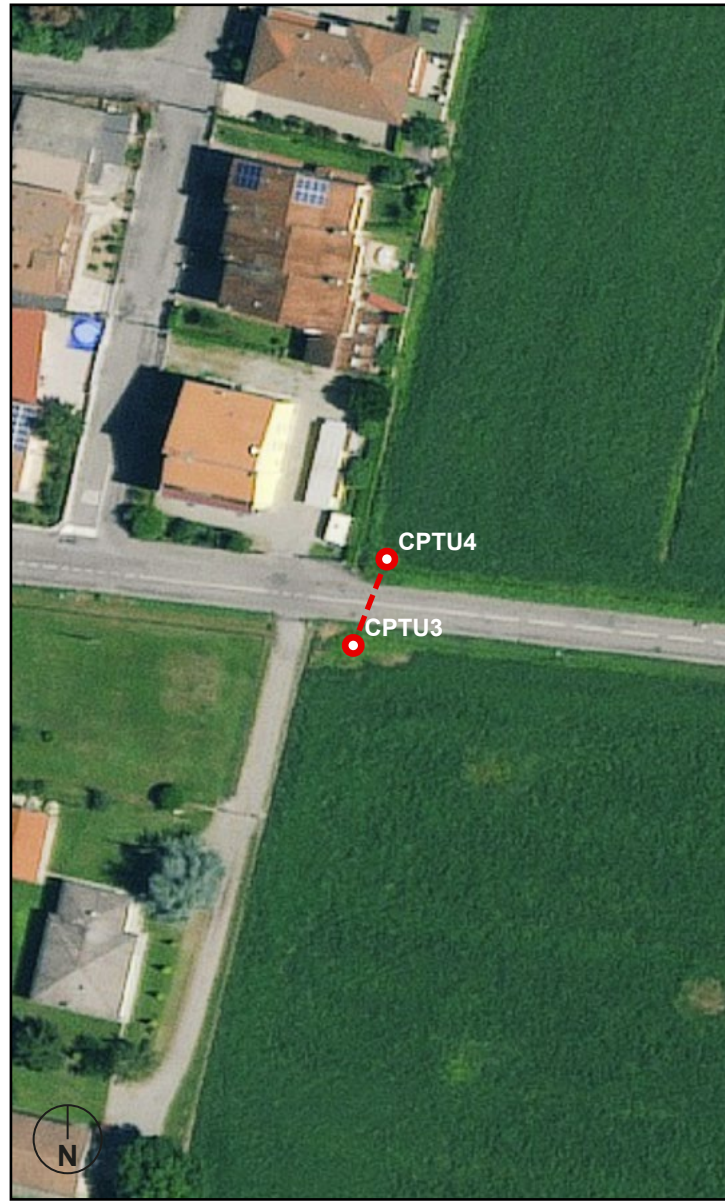
Legenda

— Falda

- - - Profondità piano di posa fondazione

Legenda Interpretazione Stratigrafica
(Robertson 1986)

	Terreni fini molto sensibili
	Argille
	Argille limose – Argille
	Limi argillosi e Argille limose
	Limi sabbiosi e Limi argillosi
	Sabbie limose – Limi argillosi



Ubicazioni indagini
scala 1:1000

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA
COMUNE DI CENTO



Dr. Geol. Emanuele Stevanin
Piazza del Popolo, 13 int.5 - 44034 COPPARO (FE)
Tel. 0532 860546 - 091680
www.synthesissrl.com - e.stevanin@synthesissrl.com



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

INTERVENTI STRUTTURALI
PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI N. 4 ATTRAVERSAMENTI
VIA DEL CURATO – VIA RIGONE
VIA GIOVANNINA – SOTTOPASSO CER

TAVOLA 2
Scala 1:50

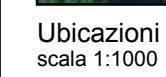
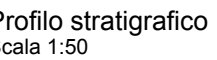
Profilo stratigrafico e geotecnico
Via Rigone

elaborazioni grafiche
Massimiliano Stevanin

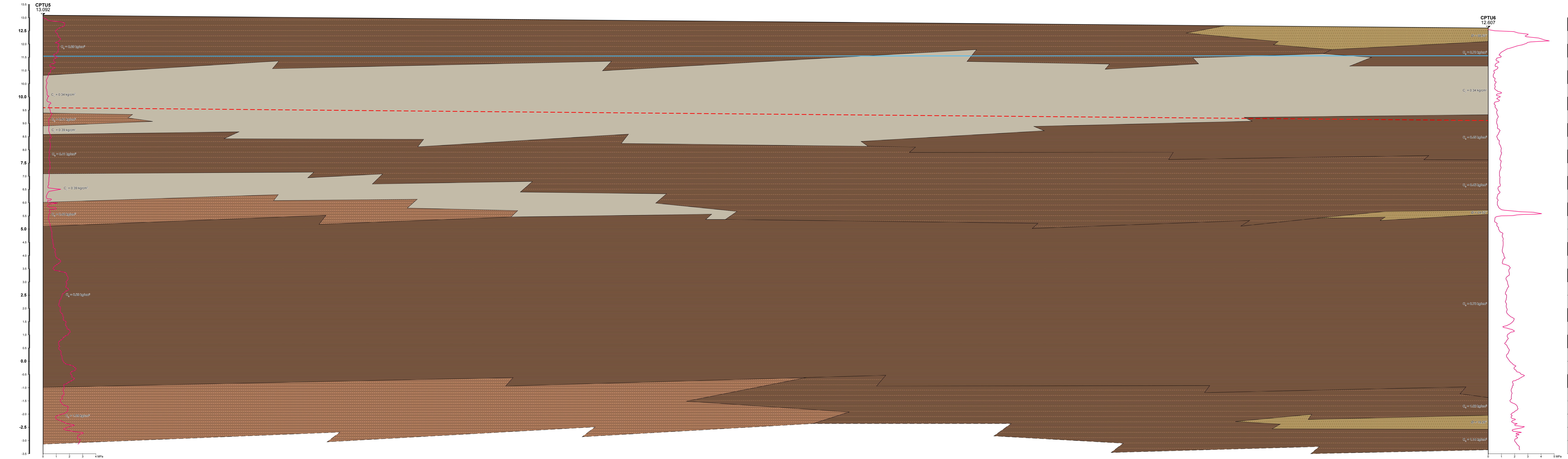
data elaborazione
28 febbraio 2022

referimento interno
023/22-ES-Rev00

nome file
Profili_023_22_ES_Rev00.ai

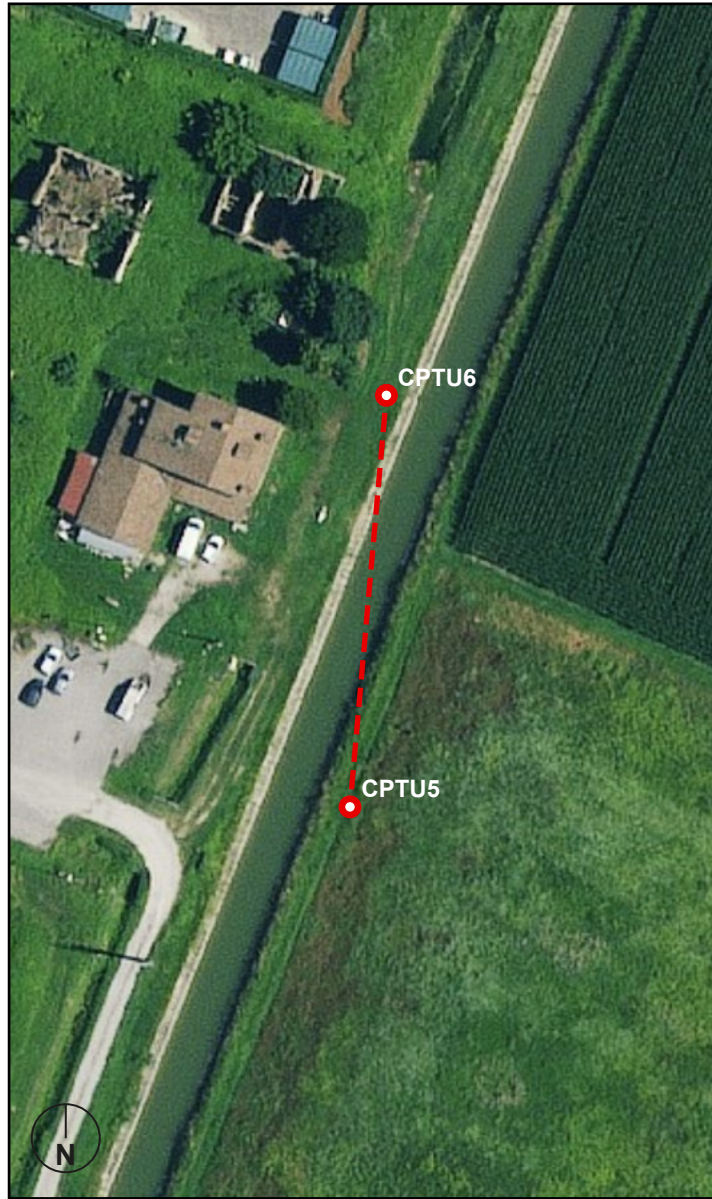


nome file
Profili_023_22_ES_Rev00.a



Profilo stratigrafico
Scala 1:50

- Legenda**
- Falda
 - Profondità piano di posa fondazione
- Legenda Interpretazione Stratigrafica**
(Robertson 1986)
- Terreni fini molto sensibili
 - Argille
 - Argille limose – Argille
 - Limi argillosi e Argille limose
 - Limi sabbiosi e Limi argillosi



Ubicazioni indagini
scala 1:1000

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA
COMUNE DI CENTO



Dr. Geol. Emanuele Stevanin
Piazza del Popolo, 13 int.5 - 44034 COPPARO (FE)
Tel. 0532 860546 - 091680
www.synthesissrl.com - e.stevanin@synthesissrl.com



Consorzio di Bonifica PIANURA DI FERRARA
Via Borgo dei Leoni, 28 - 44121 FERRARA

INTERVENTI STRUTTURALI
PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'AREA CENTESE
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI N. 4 ATTRAVERSAMENTI
VIA DEL CURATO – VIA RIGONE
VIA GIOVANNINA – SOTTOPASSO CER

TAVOLA 4
Scala 1:50

Profilo stratigrafico e geotecnico
Sottopasso CER

elaborazioni grafiche
Massimiliano Stevanin

data elaborazione
26 febbraio 2022

riterimento interno
02/22-ES-Rev00

nome file
Profili_023_22_ES_Rev00.ai