



AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO
AIPo

UFFICIO OPERATIVO DI PARMA

opere idrauliche di 2° categoria R.D. 11.02.1867 n. 3598

PROGETTO ESECUTIVO
PR-E-1094 – PARMA-2.

INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE E DI OTTIMIZZAZIONE DELLA FUNZIONALITA' IDRAULICA DEL TORRENTE PARMA IN CORRISPONDENZA DEL CENTRO ABITATO DI COLORNO E DEL FIUME PO IN COMUNE DI SISSA-TRE CASALI TRAMITE CONSOLIDAMENTO DEI MANUFATTI ARGINALI E DELLE SPONDE FLUVIALI NEI TRATTI CRITICI E GESTIONE DELLA VEGETAZIONE RIPARIALE

CUP B58H23011650006

Allegato

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

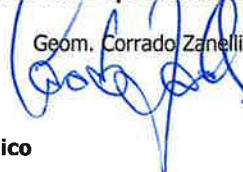
10

gruppo di progettazione

funzionario specialista tecnico


Ing. Chiara Quintavalla

funzionario specialista tecnico


Geom. Corrado Zanelli

istruttore idraulico


Geom. Luca Gili

Geologo:

Dott. Geol. Luca Calzolari – Studio MaC

Visto: IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO


Dott. Ing. Monica Larocca

perizia n. **1290**

data: **15/01/2026**

prot. n. _____

aggiornamenti:

data: _____

data: _____

PROVINCIA DI PARMA

COMUNE DI SISSA TRECASALI

COMUNE DI COLORNO

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colorno e del Fiume Po' in Comune di Sissa Trecasali, tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Finanziamento fondi FESR 2021-2027 priorità 2 azione 2.4"

CUP: B58H23011650006 CIG: B6F1C5C8CA

Committente:

AIPO

Agenzia Interregionale per il fiume PO

Strada Giuseppe Garibaldi, 75

43121 Parma PR

Analisi geologica e geotecnica:

MaC Studio Tecnico e Geologico

CO WORKING

Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari - Geologo

Via Cotti, 13 - 43035 Felino (PR)

E-mail info@studiomac.it

PEC luca.calzolari@pec.epap.it

Settembre 2025



Dott. Geol. Luca Calzolari

SOMMARIO:

1. PREMESSA.....	5
2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO	7
PARTE I -	12
STUDIO GEOLOGICO e CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, INDAGINI GEOFISICHE	12
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO.....	13
DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA.....	15
SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	15
4. IDROGEOLOGIA	17
5. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE – SISSA TRECASALI 19	
6. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE – COLORNO.....	21
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche C.P.T. Allegato 1).....	23
8. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI SISSA TRECASALI	24
Modello geomeccanico e litostratimetrico.....	24
9. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI COLORNO (Ced. Tratto 1 PR-FESR)	27
Modello geomeccanico e litostratimetrico.....	27
10. TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA (ERT).....	30
Risultati e considerazioni	32
PARTE II – STUDIO SISMICO	33
11. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	33
Zonizzazione sismogenetica.....	33
Sismicità del territorio.....	34
Classificazione sismica comunale.....	37
12. AZIONE SISMICA	39
Premessa.....	39
Parametri di riferimento rigido orizzontale.....	39
Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO –	43
Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo.....	43
Condizioni topografiche.....	44
INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA “MASW”	46
Caratteristiche generali dell'indagine.....	46
Strumentazione impiegata	46
MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA) SUL TERRENO.....	51
Cenni metodologici	51
Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione.....	52
Elaborazione ed analisi dei dati.....	52
Analisi dei dati – SISSA TRECASALI TRATTO CED. 3 PR-FESR	52
Analisi dei dati – SISSA TRECASALI TRATTO CED. 2.1 PR-FESR	54
Analisi dei dati – SISSA TRECASALI TRATTO CED. 2 PR-FESR	55
Analisi dei dati – COLORNO TRATTO CED. 1 PR-FESR	57
13. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI SISSA TRECASALI	59
14. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI COLORNO	59
15. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	61
16. INTERVENTI PROPOSTI.....	65
17. CONCLUSIONI	67
Studio geologico.....	67
Risultati e considerazioni	71
Studio sismico	72

Tavole ed Allegati

TAVOLA Ia	Stralcio Carta Topografica Regionale	1:25.000 (modificata)
TAVOLA Ib	Stralcio Carta Topografica Regionale	1:25.000 (modificata)
TAVOLA IIa	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
TAVOLA IIb	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
TAVOLA IIc	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
TAVOLA IId	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
TAVOLA IIIa	Stralcio Carta Geologica d'Italia	1:100.000 (modificata)
TAVOLA IVa	Stralcio Carta Geologica Regione Emilia Romagna	1:10.000 (modificata)
TAVOLA IVb	Stralcio Carta Geologica Regione Emilia Romagna	1:10.000 (modificata)
TAVOLA IVc	Stralcio Carta Geologica Regione Emilia Romagna	1:10.000 (modificata)
TAVOLA Va	Stralcio Piano Infraregionale Attività Estrattive	1:100.000 (modificata)
TAVOLA VIa	Stralcio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Mappa del Pericolo – Coltaro	
TAVOLA VIb	Stralcio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Mappa del Pericolo – Colorno	
TAVOLA VIIa	Stralcio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Mappa del Rischio - Coltaro	
TAVOLA VIIb	Stralcio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – Mappa del Rischio - Colorno	
TAVOLA VIIIa	Stralcio PUG Comune di Sissa Trecasali – Tavola dei vincoli	1:10.000 (modificata)
TAVOLA VIIIb	Stralcio PUG Comune di Sissa Trecasali – Tavola dei vincoli	1:5.000 (modificata)
TAVOLA VIIIc	Stralcio PSC Comune di Colorno – Tavola dei vincoli	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIXa	Stralcio Carta delle indagini – Sissa Trecasali	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIXb	Stralcio Carta delle indagini – Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA Xa	Stralcio Carta delle frequenze naturali del terreno - Sissa Trecasali	1:10.000 (modificata)
TAVOLA Xb	Stralcio Carta delle frequenze naturali del terreno - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIa	Stralcio Carta delle Velocità delle onde di taglio S - Sissa Trecasali	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIb	Stralcio Carta delle Velocità delle onde di taglio S - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIIa	Stralcio Carta Geologico-tecnica - Sissa Trecasali	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIIb	Stralcio Carta Geologico-tecnica - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIIIa	Stralcio Carta delle MOPS – Sissa Trecasali	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIIIb	Stralcio Carta delle MOPS - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIVa	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-PGA - Sissa Trecasali	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIVb	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-PGA - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVa	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-SA 0.1-0.5s - Polesine Zibello	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVb	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-SA 0.1-0.5s - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIa	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-SA 0.4-0.8s - Sissa Trecasali	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIb	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-SA 0.4-0.8s - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIIa	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-SA 0.5-1.5s - Sissa Trecasali	1:10.000 (modificata)

TAVOLA XVIIb	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-SA 0.5-1.5s - Colorno	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIIIa	Pericolosità sismica locale – Ced. Tratto 3 PR-FESR	
TAVOLA XVIIIb	Pericolosità sismica locale - Ced. Tratto 2.1 PR-FESR	
TAVOLA XVIIIc	Pericolosità sismica locale - Ced. Tratto 2 PR-FESR	
TAVOLA XVIIIId	Pericolosità sismica locale - Ced. Tratto 1 PR-FESR	
TABELLA Ibis	Calcolo dell'indice di liquefacibilità	
TABELLA Iter	Calcolo dell'indice di liquefacibilità	
Allegato 1	Prove Penetrometriche (CPT)	
Allegato 2	Documentazione fotografica	
Allegato 3	Report Grilla	

1. PREMESSA

Su incarico dell'Agenzia AIPO, è stato effettuato uno studio geologico-tecnico atto a connotare le caratteristiche "geologiche" zonali, nonché le condizioni stratimeccaniche e sismiche di interesse, di alcuni tratti di rilevati arginali del Fiume Po e del Torrente Parma, che presentano cedimenti e deformazioni localizzate. Gli studi sono stati finalizzati a supportare il progetto di ripristino delle porzioni in dissesto verificando per ciascuna di queste eventuali specificità. I vari tratti analizzati, come meglio illustrato in seguito, si collocano nei comuni di Polesine Zibello, Sissa Trecasali e Colorno in Provincia di Parma (PR). Gli studi per la caratterizzazione geognostica e geofisica sono a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colorno e del Fiume Po' in Comune di Sissa Trecasali, tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale. Finanziamento fondi FESR 2021-2027 priorità 2 azione 2.4"

Normativa di riferimento:

- D.M. LL.PP. 11/03/88 – "Norme Tecniche riguardanti le indagini..." G.U. Rep. Ita. N° 127 del 1/06/88;
- Circ LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988 "Istruzione per l'applicazione del D.M. 11-03-1988";
- D.M. LL.PP. 16/01/96 – "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" G.U. Rep. Ita. N° 29 del 5/02/96;
- L.R. Regione Emilia Romagna n°20/2000 e successive modifiche ed integrazioni;
- D.P.C.M. n° 3274 del 20/02/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica ..." G.U. Rep. Ita. N° 252 del 29/10/03;
- Linee Guida AGI, 2005 (ed. provv.) – "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" del marzo 2005;
- Del. di Giunta Regionale n. 1677/2005;
- Ass. Lgs. Regione Emilia-Romagna – Oggetto 2131 – Approvazione atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina ..." in merito a "Indirizzi per gli studi ... territoriale ed urbanistica" (Proposta della giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n°1)
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, recante "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";
- Circ 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;

Lo studio verrà articolato in due distinte parti (ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni):

1. lo **studio geologico (caratterizzazione e modellazione geologica dei siti)**, volto a definire:
 - la caratterizzazione morfologica della zona, i lineamenti geomorfologici e la loro tendenza evolutiva, i caratteri litologici, stratigrafici e strutturali, il grado di alterazione, la degradabilità dei terreni e la pericolosità geologica del territorio;

- lo schema idrologico definendo la posizione e le caratteristiche delle eventuali falde idriche presenti;
- le proprietà fisico-meccaniche dei principali tipi di terreno presenti (mediante l'individuazione di unità geologico-tecniche locali);

2. lo **studio geofisico**, volto a definire:

- i parametri sismici di riferimento per il sito;
- la categoria sismica del suolo di fondazione;
- la stima dell'azione sismica di progetto e della pericolosità sismica del sito (definita sulla base degli spettri di risposta elastici e dei valori di accelerazione massima attesa) per i diversi stati limite prescritti dalla vigente normativa;
- la stima preliminare del potenziale di liquefazione;

Si è provveduto all'esecuzione della seguente relazione nei mesi di luglio ed agosto 2025.

2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO

Come già anticipato in premessa, lo studio è stato realizzato su incarico dell'AIPO (Agenzia Interregionale per il Fiume Po) competente in materia idraulica per il Fiume Po in tutta la sua estensione, interessando nel caso specifico differenti aree geografiche in differenti comuni.

Di seguito si ripropone un elenco dei vari siti con le denominazioni che verranno utilizzate nel proseguo del documento.

Nel Comune di Sissa Trecasali sono stati esaminati 3 tratti la cui ubicazione viene riportata in Figura 2 e in Tabella 2. L'area oggetto di studio è situata nella porzione a nord est del centro abitato di Sissa Trecasali (PR).

L'area di interesse è posta ad una quota media di circa 30 metri s.l.m., anche in questo caso in contesto morfologico assolutamente pianeggiante come tipico della bassa Pianura Padana e ricade nel PSC del Comune in “Beni paesaggistici: aree di notevole interesse pubblico DM 1° agosto 1985”, in “Zone di tutela ambientale e idraulica dei corsi d'acqua” e in “Zone di deflusso della piena – Ambito 2” (Tavola VIIIb e VIIIb bis).

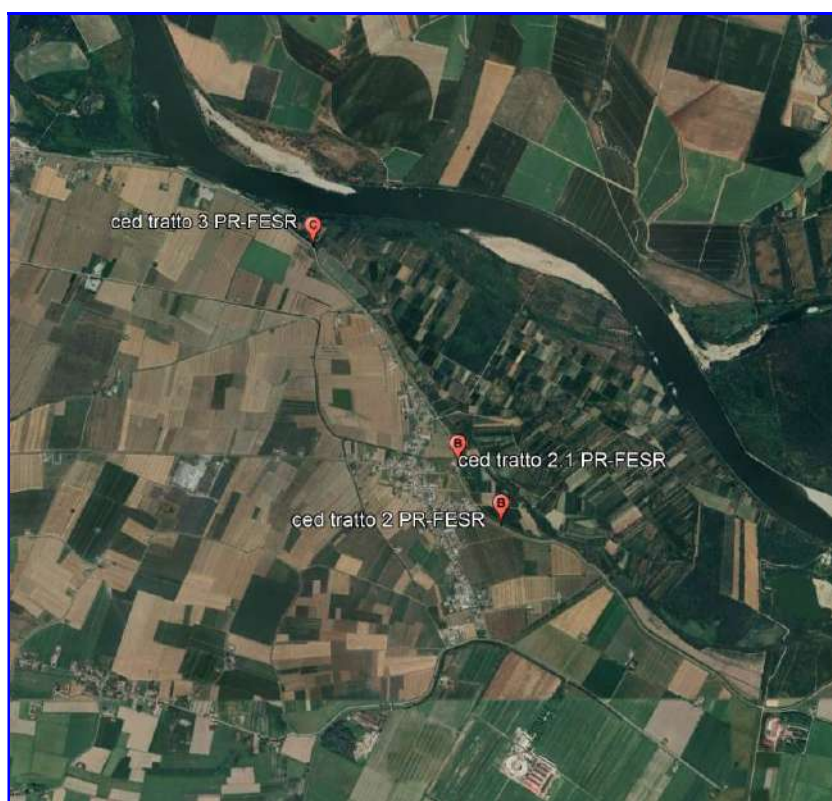


Figura 2-int – Ubicazione aree di studio – Comune di Sissa Trecasali (PR)

Tabella 2 – Ubicazione aree in dissesto oggetto di studio

Nome tratto	Coordinate	
Ced tratto 2 PR-FESR	LAT: 44.963741° LON: 10.327685°	Y: 4.979.779,85 X: 604.707,87
Ced tratto 2.1 PR-FESR	LAT: 44.967449° LON: 10.323944°	Y: 4.980.186,99 X: 604.406,14
Ced tratto 3 PR-FESR	LAT: 44.981510° LON: 10.310915°	Y: 4.981.732,26 X: 603.353,37



Fotografia 7-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 2 PR-FESR” – Scheda 2 PR-FESR



Fotografia 8-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 2.1 PR-FESR” – Scheda 2.1 PR-FESR



Fotografia 9-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 3 PR-FESR” –
Scheda 3 PR-FESR

Nel Comune di Colorno è stato esaminato un tratto di argine del Torrente Parma la cui ubicazione viene riportata in Figura 3 e in Tabella 3.

Il cedimento è situato a circa 1 km a sud ovest del centro abitato di Colorno.

Nel complesso l'area di interesse è posta ad una quota media di circa 30 metri s.l.m., in contesto morfologico pianeggiante ed è ricompreso nel PSC del Comune in "Ambiti agricoli di valore naturale e ambientale" (Tavola VIIIc).



Figura 3-int – Ubicazione aree di studio – Comune di Colorno (PR)

Tabella 3 – Ubicazione cedimenti

Nome tratto	Coordinate	
Ced tratto 1 PR-FESR	LAT: 44.922598°	Y: 4.975.257,58
	LON: 10.364444°	X: 607.683,76



Fotografia 9-int – Fotografia inquadramento con drone area “Ced tratto 1 PR-FESR” –
Scheda 1 PR-FESR

**PARTE I –
STUDIO GEOLOGICO e CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, INDAGINI GEOFISICHE**

Dopo una fase preliminare che ha permesso l'inquadramento geologico e la caratterizzazione geomorfologica dei terreni, si è proceduto alla caratterizzazione dei terreni dei rilevati arginali (antropici) e terreni in posto (terreni di fondazione) mediante l'esecuzione di analisi geognostiche.

Le analisi previste per la caratterizzazione geotecnica di ciascuna delle aree di studio hanno previsto per ogni tratto arginale:

- n°1 prova penetrometrica statica (CPT).

Le profondità investigate dalle indagini geognostiche appena citate permettono di ritenere la caratterizzazione operata del tutto idonea ad investigare il cosiddetto "volume significativo", inteso come il volume interessato dalla trasmissione dei carichi dell'opera esistente, così come definito dalle raccomandazioni AGI 1975 inerenti la programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche nonché al punto "B3", lettera "B" del succitato D.M. 11/03/1988 e all'art. 7.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018.

In aggiunta alle indagini geognostiche ed al fine di caratterizzare il "sito" in accordo con quanto previsto dal D.P.C.M 3274 e dalle "Norme tecniche per le costruzioni" – DM. 17/01/2018, si è proceduto alla realizzazione delle seguenti indagini sismiche per ogni tratto di argine analizzato:

- n°1 stendimento di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- n°1 indagine con tecnica HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio);
- n°1 tomografia di resistività elettrica (ERT).

Per una definizione a più ampia scala del comparto dal punto di vista sismico, in aggiunta ai dati geofisici sito specifici acquisiti, si sono utilizzati gli studi di micro-zonazione sismica di terzo livello disponibili per il territorio del Comune di Polesine Zibello, Sissa Trecasali e Colorno

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO

L'Appennino Settentrionale risulta dalla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Insieme Esterno Umbro-Toscano ed un insieme Interno Ligure-Emiliano.

L'insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale appartenente alla Placca Apula su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

L'Insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee tipiche della litosfera oceanica) si sono invece originate in un oceano estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti. Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, che ha avuto ruolo di avanpaese, costituendo perciò una coltre alloctona.

L'insieme Interno comprende due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi), separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla sul secondo, poggiando per il resto anche sulla Falda Toscana con la sola interposizione dell'Unità di Canetolo. Pur essendo entrambe caratterizzati dalla presenza di ofioliti, queste assumono un differente significato. Mentre nelle Liguridi Interne hanno caratteristiche sicuramente oceaniche (le maggiori masse ofiolitiche si trovano ancora in posizione primaria alla base della successione sedimentaria) nelle Liguridi Esterne non si conoscono ofioliti che costituiscano sicuramente la base della successione, ma compaiono invece come masse scivolte in gran parte nel bacino di sedimentazione ligure del Cretacico superiore e pertanto intercalate in quei sedimenti. Tali depositi rimaneggiati sono un indizio della vicinanza di un rilievo oceanico tettonicamente attivo situato verosimilmente fra Ligure Interno ed Esterno. A questo rilievo ipotetico (Cretacico superiore) che avrebbe in qualche modo separato i due domini è stato dato il nome di "Ruga del Bracco".

Il Dominio Ligure Esterno comprende esclusivamente unità alloctone che hanno abbandonato il loro substrato originario e risultano abitualmente distinti nei *Complessi di base* di età per lo più compresa tra l'Albiano ed il Campaniano inferiore e delle formazioni torbiditiche a dominante calcarea conosciute come flysch ad elmintoidi (Campaniano-Paleocene). Questi nella sola fascia esterna sono seguite da altri flysch anch'essi calcarei, di età paleocenico-eocenica.

L'area oggetto di studio ricade nel Dominio Ligure Esterno ed in particolare nella zona più esterna chiamata anche "Emiliana" caratterizzata dalla comparsa di unità tettoniche (M. Caio, Solignano, M. Cassio, ecc.) in cui i clasti ofiolitici diventano una componente occasionale o sono addirittura assenti. Nei "Complessi di base" compaiono invece estese formazioni terrigene silicoclastiche, quali le Arenarie di Ostia, di Scabiazza, le Argille di San Siro, di provenienza continentale. Infine, mentre nella zona più interna (sempre del Dominio Ligure Esterno) la sedimentazione termina con il flysch ad elmintoidi alla fine del Maastrichtiano o all'inizio del Paleocene, nella Zona Emiliana la successione si completa con potentissimi flysch paleocenico-eocenici che, dopo essersi parzialmente sedimentati sul flysch ad elmintoidi, sono stati in buona parte scollati per costruire unità a se stanti (M. Sporno, Farini d'Olmo, Val Luretta, ecc.) (Fig.re 4 e 5 int.)

A partire dal Miocene superiore sul versante padano continua la compressione con la migrazione verso nord, nord-est del fronte di accavallamento appenninico, con la formazione di

Sul quaternario marino si verifica in questo modo (netta discordanza angolare) la deposizione dei sistemi deposizionali fluviali del Mindel, del Riss e del Wurm, cui succedono le alluvioni medie e recenti.

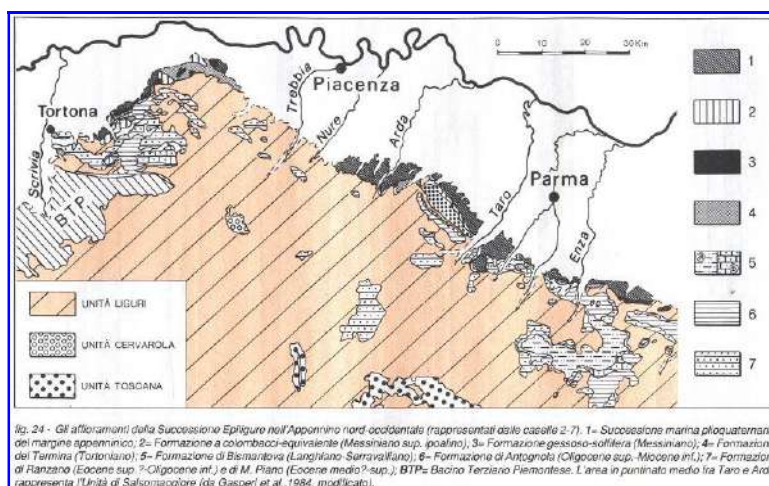


Figura 4-int Rapporti tra Insieme Interno (o Dominio) Liguree la Successione Epiligure (G. Papani e L. Vernia)

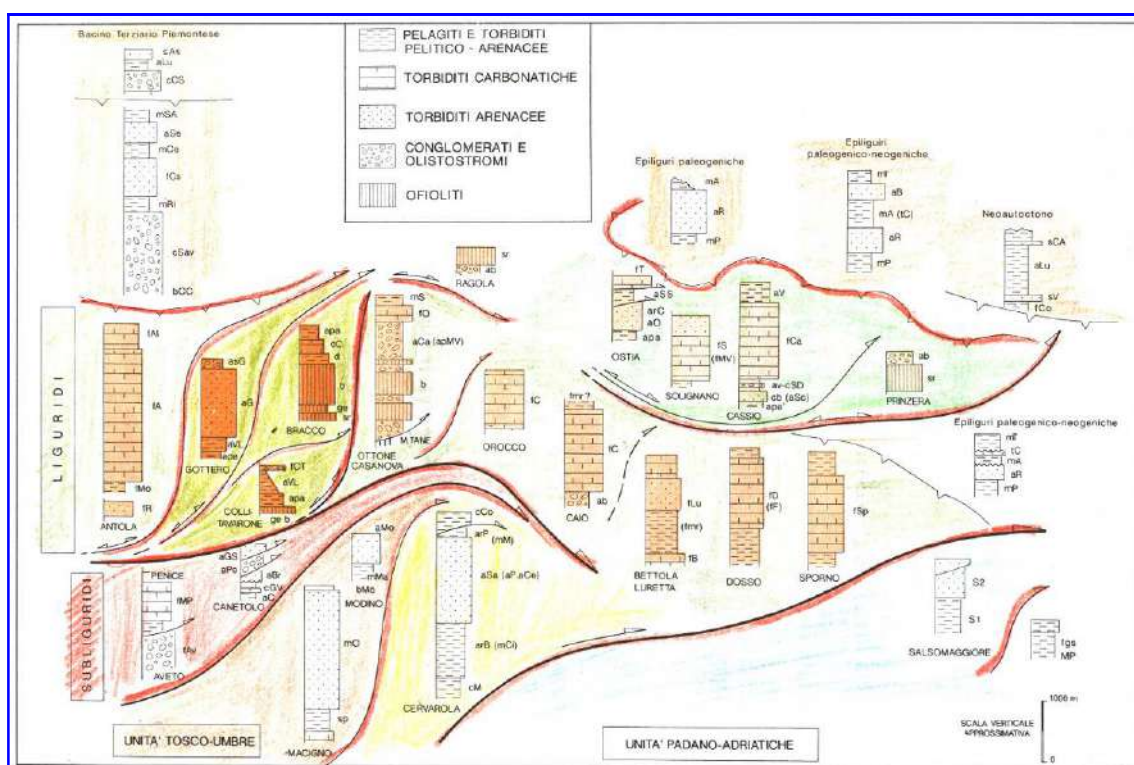


Figura 5-int Rappresentazione semplificata della litostratigrafia delle principali Unità presenti (P. Vescovi)

Descrizione delle Formazioni nell'area di studio

(sulla base delle Note Illustrative della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:10.000).

DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA

Questi depositi si sono formati ad opera di vari processi sedimentari, legati principalmente a fenomeni gravitativi e alla dinamica fluviale.

I depositi alluvionali sono stati distinti in depositi alluvionali in evoluzione (**b1**), depositi alluvionali recenti (**b1a**) e depositi alluvionali terrazzati (**bn**), dal punto di vista litologico sono costituiti da ghiaie, decisamente prevalenti, sabbie e da locali blocchi, di dimensioni fino a plurimetriche. I depositi alluvionali in evoluzione occupano l'alveo attuale del corso d'acqua, i depositi alluvionali recenti i tratti temporaneamente abbandonati, ma che sono potenzialmente interessati dalle dinamiche fluviali in regime di piena ordinaria, sono quindi depositi soggetti ancora a rimobilizzazione. I depositi alluvionali terrazzati occupano porzioni ormai abbandonate dal corso d'acqua e risultano terrazzati in vari ordini a diverse quote al disopra dell'alveo, in relazione all'età del deposito; tali depositi possono essere rimobilizzati solo in casi di piene eccezionali e solo per gli ordini di terrazzi più giovani, sono quindi fissati da vegetazione stabile.

Questi depositi sono in genere ricoperti da sedimenti fini siltoso-argillosi con subordinate sabbie, che presentano differente grado di pedogenesi a seconda dell'età del deposito.

SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo, affiorante con i suoi terreni più antichi sul margine appenninico padano è stato suddiviso in due unità principali, denominate come segue:

- Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, **AES**
- Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, **AEI**

Queste due unità sono separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità, spesso con discordanza angolare ed erosione, testimonianza di una fase tettonica regionale databile alla fine del Pleistocene inferiore.

Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)

Si tratta di un'unità alluvionale, terrazzata, costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza degli apparati fluviali principali (depositi di conoide e depositi intravallivi terrazzati), passanti a limi prevalenti con rare intercalazioni di sabbia e ghiaia nelle aree di interconoide. L'età complessiva dell'unità è Pleistocene medio - Olocene.

spessore massimo di circa 100 m;

spessore minimo di circa 20 m

L'AES risulta suddivisibile in 5 Subsintemi, affioranti a quote progressivamente decrescenti lungo il margine appenninico; in ordine crescente di età:

- Subsintema di Ravenna – **AES8** (che comprende l'unità di Modena **AES8a**)
- Subsintema di Villa Verucchio - **AES7** (suddiviso nell'unità di Vignola -**AES7b** e di Niviano -**AES7a**)
- Subsintema di Agazzano - **AES3**
- Subsintema di Maiatico - **AES2** (suddiviso nell'unità di Fico Rosso - **AES2b** e di Miano - **AES2a**)
- Subsintema di Monterlinzana - **AES1**

La sedimentazione dell'AES prende inizio al termine di un evento minore, ancorchè regionale, di sollevamento delle strutture compressive appenniniche, registrato in affioramento da una superficie di discontinuità erosiva. Tale superficie, riconoscibile anche nei profili sismici, risulta particolarmente evidente in corrispondenza dei principali fronti strutturali sepolti (DI DIO *et alii*, 1997a,b).

Subsintema di Ravenna (AES8)

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi: depositi intravallivi terrazzati. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.

(Pleistocene sup. - Olocene)

4. IDROGEOLOGIA

La pianura alluvionale tra i torrenti Enza e Nure è stata costruita dall'azione combinata dei corsi d'acqua appenninici ed è costituita dalle loro conoidi pleisto-oloceniche, raccordate e livellate a formare una superficie sub-pianeggiante con lieve immersione da SSO (limite collinare) a NNE (alveo del Fiume Po). I corsi d'acqua, all'uscita delle valli, dove hanno costruito la parte più elevata delle loro conoidi, hanno divagato nell'antistante pianura, depositando i materiali litoidi provenienti dall'erosione dei bacini montani.

La permeabilità dei sedimenti alluvionali è dovuta ad una porosità intergranulare: i clasti che li costituiscono, di forma e dimensioni molto varie lasciano dei vacuoli comunicanti nel corpo del sedimento; il grado di permeabilità è direttamente proporzionale alle dimensioni dei pori, che dipendono dalla classazione, dalla disposizione relativa e dalla forma dei granuli, per cui depositi ghiaiosi e sabbiosi (definiti a granulometria grossolana) sono più permeabili di depositi limosi (definiti a granulometria fine); le argille sono normalmente considerate impermeabili.

La classazione granulometrica dall'apice della conoide alle aree più distali, è fondamentale per la comprensione della geometria del sistema idrogeologico. L'insieme dei meccanismi geologico-sedimentari determina la geometria degli acquiferi profondi, che coincidono con gli alvei sepolti, dispersi a diversi livelli in un corpo impermeabile o semipermeabile. L'alta e la media pianura sarebbero quindi formate da un **sistema idrogeologico plurifalda, con acquiferi separati ed indipendenti**.

Il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna ha proposto una stratigrafia valida a livello di bacino per i depositi alluvionali e marino marginali presenti nelle prime centinaia di metri del sottosuolo, riassunta schematicamente nella figura riportata in seguito.

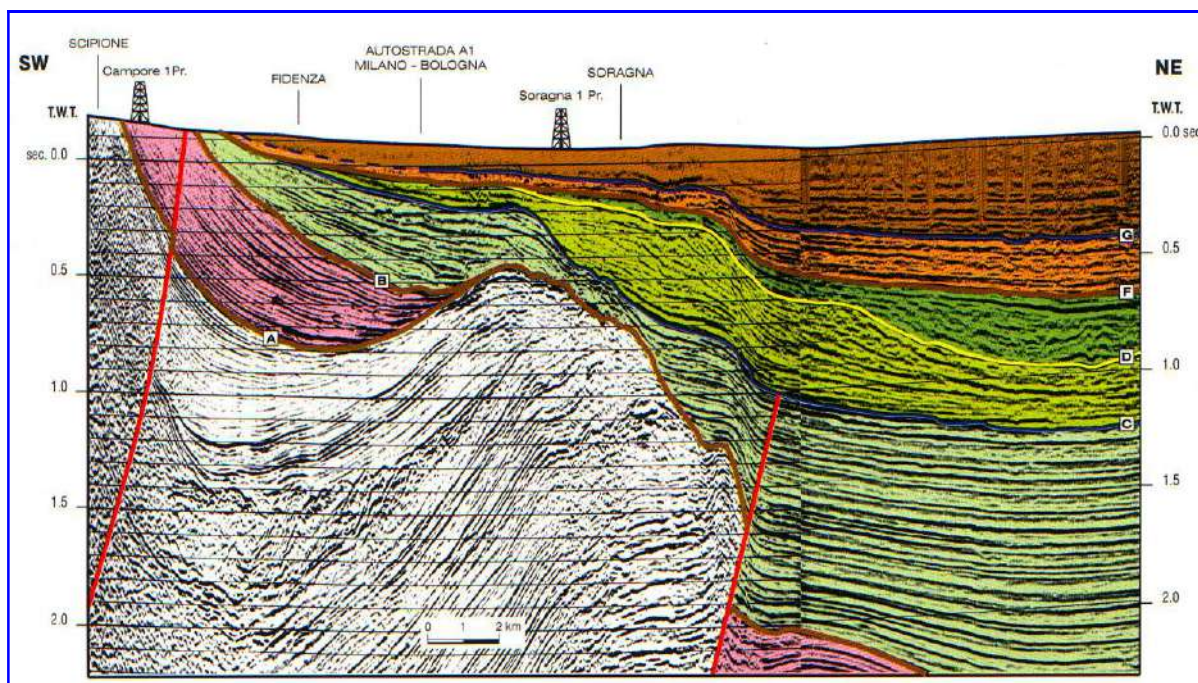


Figura 6-int Profilo sismico interpretato - "da Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna"

I depositi della pianura sono stati suddivisi in tre nuove unità stratigrafiche, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C: il Gruppo Acquifero A è il più recente ed ha un'età che va dall'Attuale sino a 350.000 – 450.000 anni; il Gruppo Acquifero B, intermedio, va da 350.000 – 450.000 anni

sino a 650.000 circa; il Gruppo Acquifero C è il più vecchio e va da 650.000 sino a oltre 3 milioni di anni. Il Gruppo Acquifero A ed il Gruppo Acquifero B sono costituiti principalmente da depositi alluvionali ed in particolare dalle ghiaie delle conoidi alluvionali, dai depositi fini di piana alluvionale e dalle sabbie della piana del Fiume Po; il gruppo acquifero C è formato principalmente da depositi costieri e marino marginali ed è costituito principalmente da pacchi di sabbie alternati a sedimenti più fini. In prossimità dei principali sbocchi vallivi il gruppo acquifero C contiene anche delle ghiaie intercalate alle sabbie, che costituiscono i delta conoide dei fiumi appenninici durante il Pleistocene inferiore e medio.

Le Unità Idrostratigrafiche sono formate da una o più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini (alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi. Una sequenza deposizionale è una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro (sono depositi durante lo stesso intervallo di tempo e con meccanismi della sedimentazione legati tra loro), compresi alla base e al tetto da superfici di discontinuità della sedimentazione e da superfici di continuità ad esse correlate. All'interno di ciascuna sequenza, si trovano depositi costituiti da differenti litologie, corrispondenti a vari sistemi e ambienti deposizionali. Alla base di ciascuna sequenza si trova un livello molto continuo a scarsa permeabilità che funge da acquicludo tra le diverse unità individuate.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE						ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE																		
AFFIORANTI			SEPOLTE					GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO																	
QUATERNARIO CONTINENTALE	DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LAGUSTRE	FORMAZIONE DI CLIVATELLO	UNITA' DI VILLA DEL DISCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	GRIZZONTE DI FORSOLTO	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	-0,12	-0,35-0,45	-0,65	-0,8	-1,0	-2,2	-3,3-3,6	-3,9	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	PLEISTOCENE MEDIO	PLEISTOCENE INFERIORE	PLOCCENE MEDIO - SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	PLOCCENE INFERIORE MIOCENE	A	A1
																										A2
																										A3
																										A4
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE DI CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE DI MOIA p.p.	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE DI CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE DI MOIA p.p.	CALABRIANO p.p. SABBIE DI MONTERICCO FORMAZIONE DI TERRA DEL SOLE p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	SUPERSISTEMA DEL PLOCCENE MEDIO-SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	A	B	C	C1										
																	C2									
																	C3									
																	C4									
P2	FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL PLOCCENE MEDIO-SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	P2	SUPERSISTEMA DEL PLOCCENE MEDIO-SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	PLOCCENE MEDIO SUPERIORE	A	B	C	C5										
																	C5									
														ACQUITARDO BASALE												

Figura 7-int Inquadramento geologico-stratigrafico ed idrostratigrafico - "da Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna"

All'interno di ciascun Gruppo Acquifero vengono poi distinti diversi Complessi Acquiferi, unità gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.). Anche i Complessi Acquiferi sono Unità Idrostratigrafiche e come tali rappresentano una sequenza deposizionale contraddistinta da un acquitardo basale molto continuo, a cui fa seguito una sedimentazione più fine che diventa poi decisamente grossolana nella porzione terminale della sequenza.

5. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE – SISSA TRECASALI

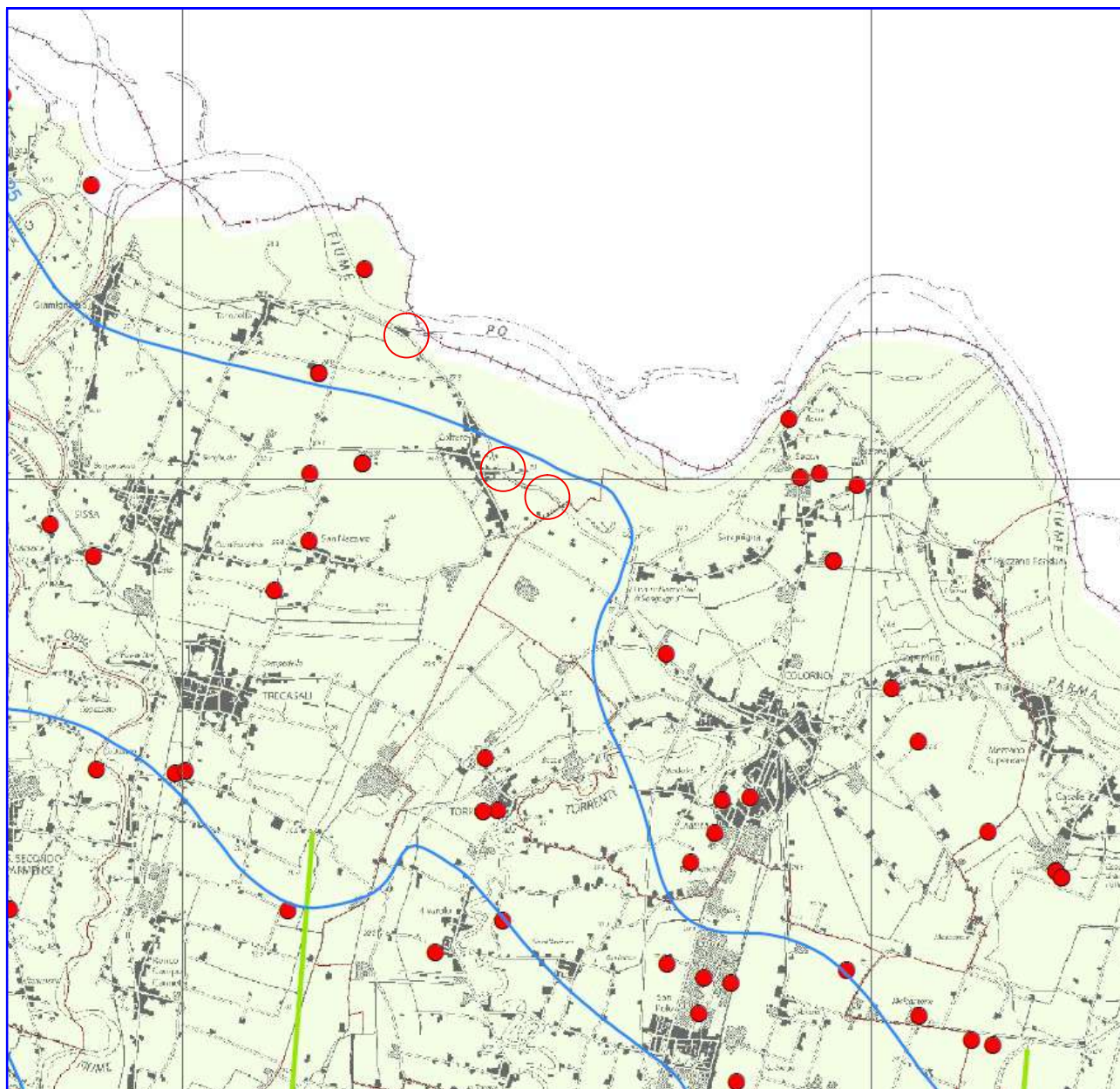
L'area è ubicata presso la località di Coltaro, in Comune di Sissa Trecasali, in una zona con assetto morfologico del tutto pianeggiante. Posta ad una altitudine di circa 30 metri s.l.m., risulta essere per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con predisposizione nulla al dissesto** (Tavola Ia).

Al contorno dell'area, l'idrografia di superficie è caratterizzata dal Fiume Po, posto a nord-est ad una distanza variabile da 250 m per il tratto 3 PR FESR a circa 1.5 km per i restanti due. Considerata la vicinanza al corso d'acqua appena descritto ed in riferimento alla cartografia tematica esistente, l'area oggetto di studio presenta **scenari di Pericolosità elevata (P3)** con alluvioni frequenti e **Classe di Rischio moderato o nullo (R1)** come definito dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Emilia Romagna (PGRA - Geoportale Regione Emilia Romagna - Tavola VIa, VIIa).

Nel corso delle indagini effettuate non si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrica, a causa del cedimento delle pareti del foro di ispezione. Tuttavia nel corso di precedenti studi realizzati in contesti analoghi a quello di studio, si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrico sub-superficiale. Tale circolazione, pur potendo considerare il substrato in posto come scarsamente permeabile, è resa possibile dalle condizioni di infiltrazione efficace presenti nella coltre superficiale dei terreni argillosi, proprio per le fessurazioni che in essi si producono in seguito ai cicli di essiccazione/imbibizione (contrazione/rigonfiamento). **Possono così formarsi lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili** e condizionate dalla stagionalità degli eventi meteorici.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 Tavole IVa e IVb), si colloca in corrispondenza dei depositi alluvionali intravallivi **AES8a – Unità di Modena**. Le litologie sono caratterizzate da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Questi depositi corrispondono all'**Alluvium Medio-Recente – q2r** costituito da alluvioni sabbiose e lenti limose della Bassa Pianura, anche attualmente esondabile; basso terrazzo ghiaioso-sabbioso fissato e coltivato, lungo i torrenti (Carta Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 73 Parma - Tavola IIIa).

La cartografia tematica esistente, in particolare la "Tavola QC Idro A5 del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive – Carta Idrogeologica della Pianura e dei Sistemi Idrogeologici dell'Appennino Parmense" delinea l'andamento delle linee isofreatiche mediante pozzi e punti di controllo della rete piezometrica. Nell'area indagata le linee isofreatiche sono riportate ad una quota di circa 25 metri, corrispondendo ad una soggiacenza media di circa 5 metri dal piano campagna (Tavola Va).



ANALISI IDROGEOLOGICA DELLA PIANURA PARMENSE

- Punti di controllo della rete piezometrica
- Limite freatico
- Linee isofreatiche
- Assi di drenaggio
- Depositi alluvionali di pianura
- Pozzi
- Sorgenti non captate
- Sorgenti storiche (I.B.C.)
- Sorgenti captate
- Sorgenti con deposito di travertino
- Faglia
- Concessioni minerarie
- Limite delle zone di protezione delle acque sotterranee pedecollina-pianura

Figura -8-int Stralcio Tavola QC Idro A5 PIAE della Regione Emilia Romagna (Tavola Va)

6. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE – COLORNO

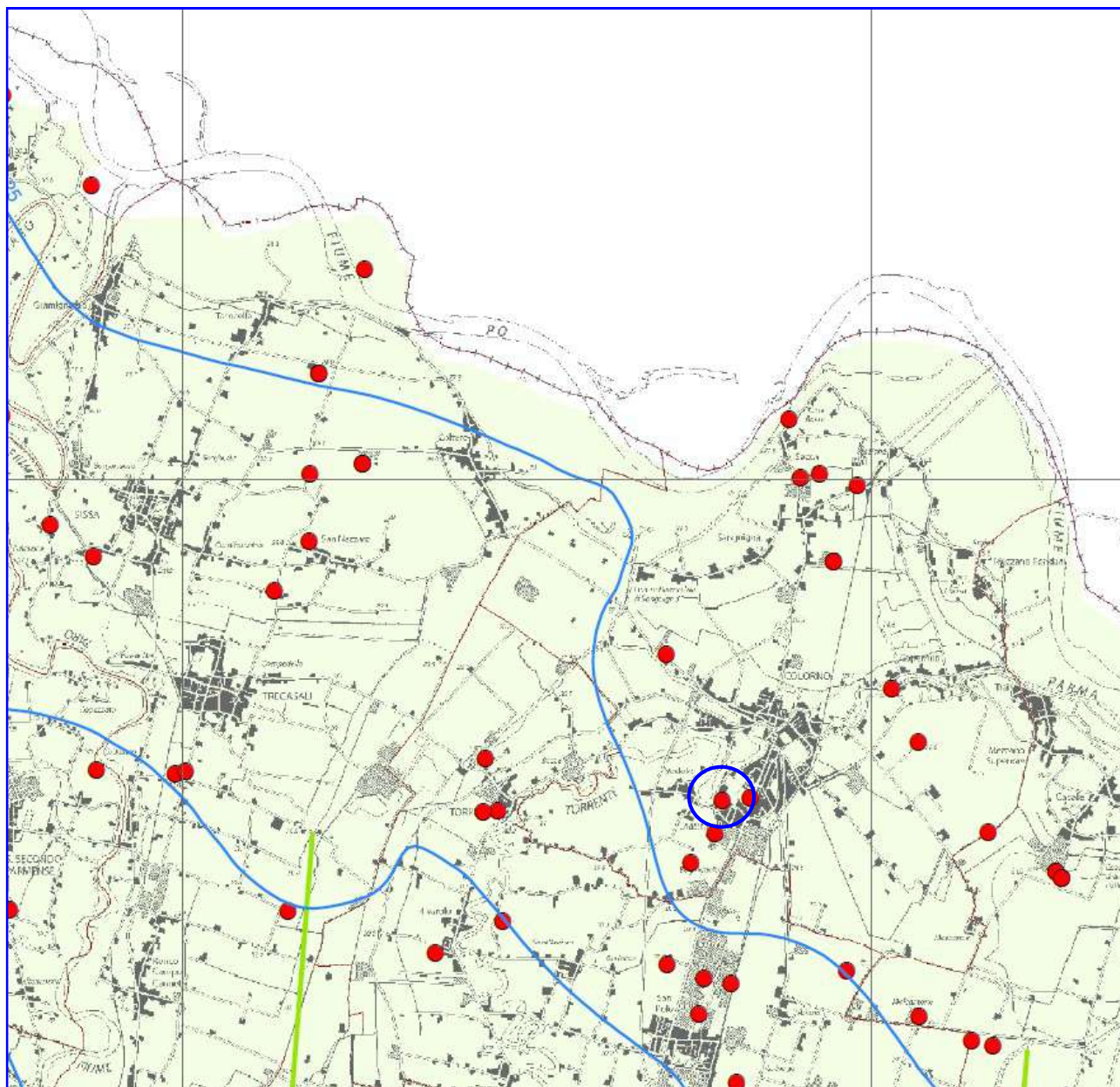
L'area è ubicata presso il Comune di Colorno, in una zona con assetto morfologico del tutto pianeggiante. Posta ad una altitudine di circa 30 metri s.l.m., risulta essere per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con predisposizione nulla al dissesto** (Tavola Ic).

Al contorno dell'area, l'idrografia di superficie è caratterizzata dal Torrente Parma, posto a nord-ovest di entrambi i tratti esaminati, e dal Fiume Po, posto a nord-est ad una distanza di circa 5 km per il tratto 1 PR-FESR. Considerata la vicinanza ai corsi d'acqua appena descritti ed in riferimento alla cartografia tematica esistente, l'area oggetto di studio presenta **scenari di Pericolosità elevata (P3)** con alluvioni frequenti e **Classe di Rischio medio (R2)** e **Classe di Rischio moderato o nullo (R1)** come definito dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Emilia Romagna (PGRA - Geoportale Regione Emilia Romagna - Tavola VIb e VIIb).

Nel corso delle indagini effettuate non si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrica, a causa del cedimento delle pareti del foro di ispezione. Tuttavia nel corso di precedenti studi realizzati in contesti analoghi a quello di studio, si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrico sub-superficiale. Tale circolazione, pur potendo considerare il substrato in posto come scarsamente permeabile, è resa possibile dalle condizioni di infiltrazione efficace presenti nella coltre superficiale dei terreni argillosi, proprio per le fessurazioni che in essi si producono in seguito ai cicli di essiccazione/imbibizione (contrazione/rigonfiamento). **Possono così formarsi lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili** e condizionate dalla stagionalità degli eventi meteorici.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 Sezione 163140 – Tavola IVc), si colloca in corrispondenza dei depositi alluvionali intravallivi **AES8a – Unità di Modena**. Le litologie sono caratterizzate da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Questi depositi corrispondono all'**Alluvium Medio-Recente – q2r** costituito da alluvioni sabbiose e lenti limose della Bassa Pianura, anche attualmente esondabile; basso terrazzo ghiaioso-sabbioso fissato e coltivato, lungo i torrenti (Carta Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 73 Parma - Tavola IIIb).

La cartografia tematica esistente, in particolare la “Tavola QC Idro A5 del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive – Carta Idrogeologica della Pianura e dei Sistemi Idrogeologici dell'Appennino Parmense” delinea l'andamento delle linee isofreatiche mediante pozzi e punti di controllo della rete piezometrica. Nell'area indagata le linee isofreatiche sono riportate ad una quota di circa 25 metri, corrispondendo ad una soggiacenza media di circa 5 metri dal piano campagna (Tavola Vb).



ANALISI IDROGEOLOGICA DELLA PIANURA PARMENSE

- Punti di controllo della rete piezometrica
- Limite freatico
- Linee isofreatiche
- Assi di drenaggio
- Depositi alluvionali di pianura
- Pozzi
- Sorgenti non captate
- Sorgenti storiche (I.B.C.)
- Sorgenti captate
- Sorgenti con deposito di travertino
- Faglia
- Concessioni minerarie
- Limite delle zone di protezione delle acque sotterranee pedecollina-pianura

Figura -8bis-int Stralcio Tavola QC Idro A5 PIAE della Regione Emilia Romagna (Tavola Vb)

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche C.P.T. Allegato 1)

Le caratteristiche geolitologiche di superficie al contorno dell'area di studio evidenziano la presenza di depositi prevalentemente argillosi e limosi (tra quelli superficiali che maggiormente interessano per la caratterizzazione geotecnica del sito).

Il contesto litologico ha fatto preferire l'utilizzo di un penetrometro statico, che risulta essere il più idoneo allo studio dei litotipi fini superficiali indagati.

L'ampiezza dell'indagine, in accordo con le "Raccomandazioni AGI 1975", nonché al punto "B3", lettera "B" del sopraccitato DM 11.03.88 e con l'art. 7.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018, anche in ragione delle caratteristiche dell'opera in progetto, sono state spinte ben oltre il limite della porzione di sottosuolo interessato direttamente ed in direttamente dalla costruzione del manufatto ("volume significativo").

Le caratteristiche del terreno sono state ricavate dalla comparazione dei risultati ottenuti nella presente campagna di indagini ed al compendio con le risultanze di precedenti campagne geognostiche, nonché i dati bibliografici presenti al contorno.

I risultati delle singole prove sono riportati nell'Allegato 1, con letture effettuate ogni 20 centimetri (prove statiche). L'interpretazione della stratigrafia del suolo è stata ricavata mediando i valori risultanti dai modelli di Begemann, 1965 - Raccomandazioni AGI, 1977 e di Schmertmann, 1978 (Figura 9 - int.) Tali modelli empirici, permettono di riconoscere la litologia del terreno in base al rapporto tra i valori di resistenza delle prove.

Qualora lo ritenga necessario il Progettista potrà richiedere integrazioni ed approfondimenti al piano delle indagini considerato nella presente relazione.

Come anzi detto l'ampiezza dell'indagine è stata spinta ben oltre il limite della porzione di sottosuolo interessato direttamente ed in direttamente dalla costruzione del manufatto e risulta essere in accordo con le "Raccomandazioni AGI 1977", nonché al punto "B3", lettera "B" del sopraccitato DM 11.03.88, che prevedono di spingersi nella caratterizzazione dei terreni, fino al limite della porzione di sottosuolo interessato direttamente ed in direttamente dalla costruzione del manufatto ("volume significativo").

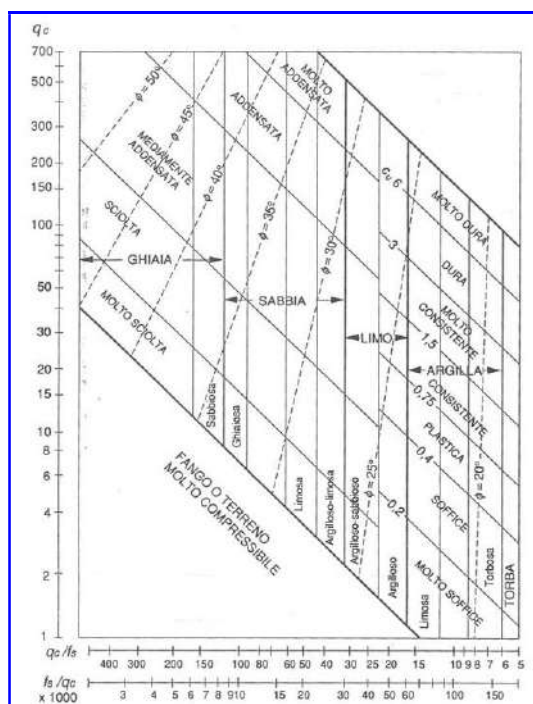


Figura 9 int Litologia in funzione di qc ed fs

8. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI SISSA TRECASALI

Modello geomeccanico e litostratimetrico

Dall'analisi delle prove penetrometriche statiche realizzate nel corso della presente campagna geognostica ed in accordo con i dati acquisiti nel corso di precedenti studi, è stato possibile ricostruire il modello geomeccanico e litostratimetrico della porzione di sottosuolo di interesse.

Il sottosuolo è stato suddiviso in 2 intervalli, distinti essenzialmente sulla base dei differenti valori di resistenza meccanica riscontrati, oltre alla coltre di alterazione superficiale (Tabella 1-int).

I parametri geomeccanici riportati riassumono le principali caratteristiche geotecniche dei terreni e rappresentano la determinazione del loro valore caratteristico come stima cautelativa e ragionata del loro valore per lo stato limite ultimo (SLU) operata sulla base dell'interpretazione dei risultati delle prove in sito e delle misure effettuate (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

In particolare sono stati determinati:

- γ : peso dell'unità di volume del terreno;
- γ_{SAT} : peso dell'unità di volume del terreno (saturo);
- γ' : peso dell'unità di volume del terreno (alleggerito dalla spinta idrostatica);
- **Cu**: coesione non drenata nel caso di terreni a comportamento coesivo;
- Φ' : angolo di attrito efficace nel caso di terreni a comportamento granulare;
- **E**: modulo di deformazione edometrico (stimato da Mitchell e Gardner, 1975).

L'intervallo **(A)**, considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato da depositi limo argillosi mediamente consistenti con comportamento geomeccanico eminentemente coesivo; i valori di resistenza alla punta sono compresi mediamente tra i 20 ed i 30 kg/cm² con alti valori di attrito laterale.

(da -0,80/-1,20 m fino a -12,00/-11,00/-8,40 metri dal piano campagna)

Natura coesiva

- γ : 1.80 t/m³ = 17.65 kN/m³
- γ_{SAT} : 1.90 t/m³ = 18.63 kN/m³
- γ' : 0.90 t/m³ = 8.83 kN/m³
- **Cu**: 0.80 kg/cm² = 78.45 kPa
- **E**: 50 kg/cm² = 4.90 MPa

L'intervallo **(B)** considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme è individuato al passaggio a depositi di natura granulare caratterizzati da sabbie sciolte con un variabile contenuto limoso. Le proprietà geomeccaniche vedono nel loro complesso valori di resistenza alla punta con mediamente intorno a 30 kg/cm². I valori di attrito laterale variano in relazione al contenuto dei fini.

(da -12,00/-11,00/-8,40 m fino a -18,00/-12,20/-8,60 metri dal piano campagna)

Natura granulare

- γ : 1.70 t/m³ = 16.67 kN/m³
- γ_{SAT} : 1.80 t/ m³ = 17.65 kN/m³
- γ' : 0.80 t/m³ = 7.85 kN/m³
- Φ' : 30°
- **E**: 50 kg/cm² = 4.90 MPa

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m³)	γ _{SAT} (t/m³)	γ'(t/m³)	Cu (kg/cm2)	Φ'	E (kg/cm²)
			γ(KN/m³)	γ _{SAT} (KN/m³)	γ'(KN/m³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	-0.80/-1.20	---					
A	-0.80/-1.20	-12.00/-	1.80	1.90	0.90	0.80	---	50
		11.00/-8.40	17.65	18.63	8.83	78.45		4.90
B	-12.00/-	-18.00/-	1.70	1.80	0.80	---	30°	50
	11.00/-8.40	12.20/-8.60	16.67	17.65	7.85			4.90

Tabella 4bis-int Intervalli litologicamente e geomeccanicamente uniformi individuati

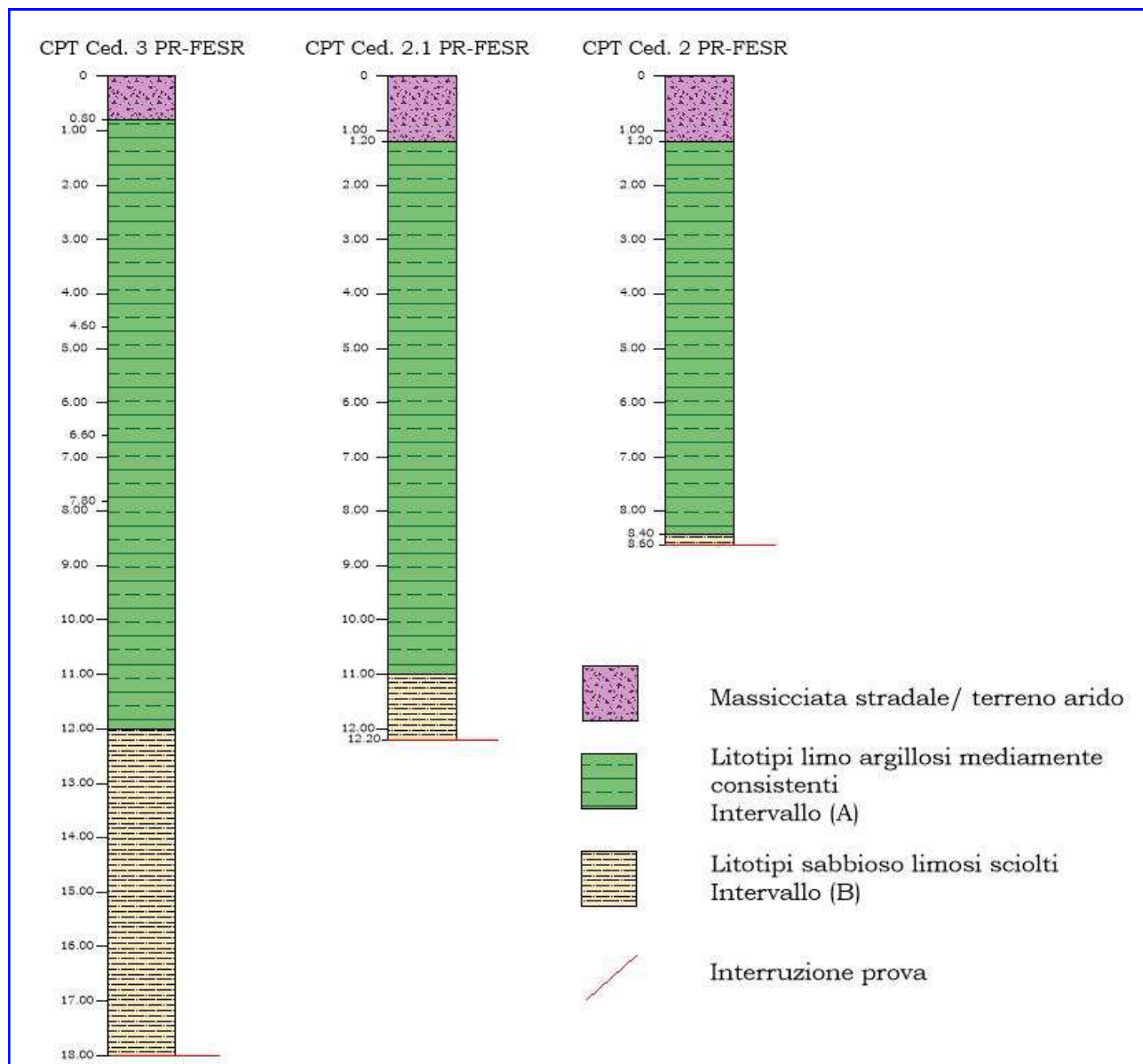


Figura 10bis int – Modello litostratimetrico locale

Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

9. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI COLORNO (Ced. Tratto 1 PR-FESR)

Modello geomeccanico e litostratimetrico

Dall'analisi delle prove penetrometriche statiche realizzate nel corso della presente campagna geognostica ed in accordo con i dati acquisiti nel corso di precedenti studi, è stato possibile ricostruire il modello geomeccanico e litostratimetrico della porzione di sottosuolo di interesse.

Il sottosuolo è stato suddiviso in 3 intervalli, distinti essenzialmente sulla base dei differenti valori di resistenza meccanica riscontrati, oltre alla coltre di alterazione superficiale (Tabella 1-int).

I parametri geomeccanici riportati riassumono le principali caratteristiche geotecniche dei terreni e rappresentano la determinazione del loro valore caratteristico come stima cautelativa e ragionata del loro valore per lo stato limite ultimo (SLU) operata sulla base dell'interpretazione dei risultati delle prove in sito e delle misure effettuate (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

In particolare sono stati determinati:

- γ : peso dell'unità di volume del terreno;
- γ_{SAT} : peso dell'unità di volume del terreno (saturo);
- γ' : peso dell'unità di volume del terreno (alleggerito dalla spinta idrostatica);
- **Cu**: coesione non drenata nel caso di terreni a comportamento coesivo;
- Φ' : angolo di attrito efficace nel caso di terreni a comportamento granulare;
- **E**: modulo di deformazione edometrico (stimato da Mitchell e Gardner, 1975).

L'intervallo **(A)**, considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato da depositi sabbioso limosi con comportamento geomeccanico intermedio tra granulare e coesivo; la percentuale di contenuto limoso risulta variabile lungo tutto il tratto. I valori di resistenza alla punta sono compresi mediamente tra gli 25 ed i 35 kg/cm², i valori di attrito laterale variano in relazione al contenuto dei fini.

(da -0,20 m fino a -5,80 metri dal piano campagna)

Natura intermedia

- γ : 1.80 t/m³ = 17.65 kN/m³
- γ_{SAT} : 1.90 t/ m³ = 18.63 kN/m³
- γ' : 0.90 t/m³ = 8.83 kN/m³
- **Cu**: 0.80 kg/cm² = 78.45 kPa
- Φ' : 30°
- **E**: 50 kg/cm² = 4.90 MPa

L'intervallo **(B)**, considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato da un miglioramento delle proprietà geomeccaniche con il passaggio a litotipi a natura coesiva costituiti da depositi limo argillosi da molto consistenti a duri; i valori di resistenza alla punta si attestano mediamente intorno a 40-50 kg/cm² con alti valori di attrito laterale.

(da -5,80 m fino a -7,80 metri dal piano campagna)

Natura coesiva

- γ : $1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$
- γ_{SAT} : $1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$
- γ' : $0.90 \text{ t/m}^3 = 8.83 \text{ kN/m}^3$
- **Cu**: $1.20 \text{ kg/cm}^2 = 117.68 \text{ kPa}$
- **E**: $>120 \text{ kg/cm}^2 = >11.77 \text{ MPa}$

L'intervallo **(C)** considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme è individuato al passaggio a depositi caratterizzati da limi argillosi mediamente consistenti con proprietà geomeccaniche peggiori rispetto all'intervallo B. I valori di resistenza alla punta si attestano mediamente intorno ai 20-30 kg/cm².

(da -7,80 m fino a -11,00 metri dal piano campagna)

Natura coesiva

- γ : $1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$
- γ_{SAT} : $1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$
- γ' : $0.90 \text{ t/m}^3 = 8.83 \text{ kN/m}^3$
- **Cu**: $0.90 \text{ kg/cm}^2 = 88.26 \text{ kPa}$
- **E**: $60 \text{ kg/cm}^2 = 5.88 \text{ MPa}$

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m³)	γ _{SAT} (t/m³)	γ'(t/m³)	Cu (kg/cm2)	Φ'	E (kg/cm²)
			γ(KN/m³)	γ _{SAT} (KN/m³)	γ'(KN/m³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	-0.20	---					
A	-0.20	-5.80	1.80	1.90	0.90	0.80	30°	50
			17.65	18.63	8.83	78.45		4.90
B	-5.80	-7.80	1.80	1.90	0.90	1.20	---	>120
			17.65	18.63	8.83	117.68		>11.77
C	-7.80	-11.00	1.80	1.90	0.90	0.90	---	60
			17.65	18.63	8.83	8.83		5.88

Tabella 4ter-int Intervalli litologicamente e geomeccanicamente uniformi individuati

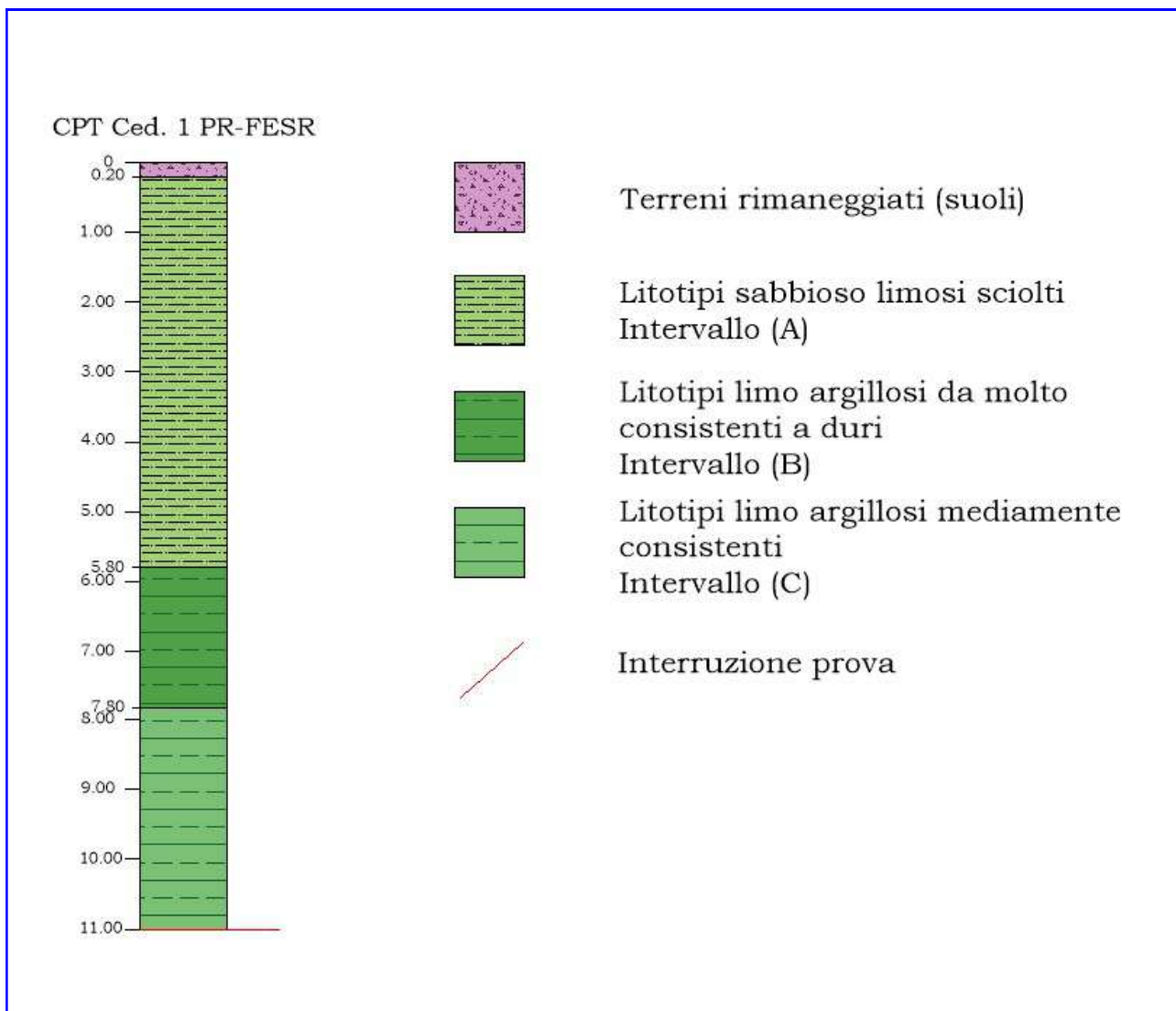


Figura 10ter int – Modello litostratimetrico locale

Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

10. TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA (ERT)

La tomografia di resistività elettrica, che viene indicata con l'acronimo ERT (Electrical Resistivity Tomography), è una tecnica diagnostica che consente di determinare la distribuzione di resistività elettrica nel sottosuolo a partire da un gran numero di misure di potenziale elettrico compiute mediante elettrodi posti sulla superficie del terreno. Lo scopo dell'investigazione è di ottenere più informazioni possibili sulle strutture del terreno (tipo di litologia, zone umide o sature, anomalie resistive attribuibili a cavità o a disomogeneità del terreno al di sotto degli edifici) e una visione d'insieme della zona interessata tramite l'uso di metodi non invasivi.

La maggior parte dei materiali presenta caratteri di conducibilità di tipo elettrolitico dato che, con le eccezioni di alcuni minerali metallici, quasi tutti i minerali sono isolanti. La conducibilità è dovuta quindi essenzialmente all'acqua interstiziale ed è in larga misura funzione della porosità, del contenuto d'acqua e della quantità di sali disciolti nell'acqua. La presenza di fluidi nel sottosuolo fa sì che rocce e terreni, attraversati dalla corrente, si comportino relativamente come dei buoni conduttori di elettricità; al contrario le strutture con scarso contenuto di fluidi come rocce asciutte non fratturate e cavità naturali o di natura antropica si comportano come dei cattivi conduttori, se non addirittura come degli isolanti.

Pertanto, le geometrie sepolte rispondono al flusso di corrente artificiale, immessa con diverse modalità, in funzione del parametro fisico che regola tale comportamento: la resistività elettrica ρ (Ohm·m).

La successiva Figura (Figura 4-int) mostra gli intervalli di resistività per alcuni litotipi, e, come è possibile osservare, spesso questi valori si sovrappongono, rendendo problematica la fase di identificazione della roccia. Inoltre, tali valori sono grosso modo indicativi e le reali correlazioni litologia-proprietà elettriche è bene siano controllate da "sondaggi di taratura" (indagini geognostiche dirette).

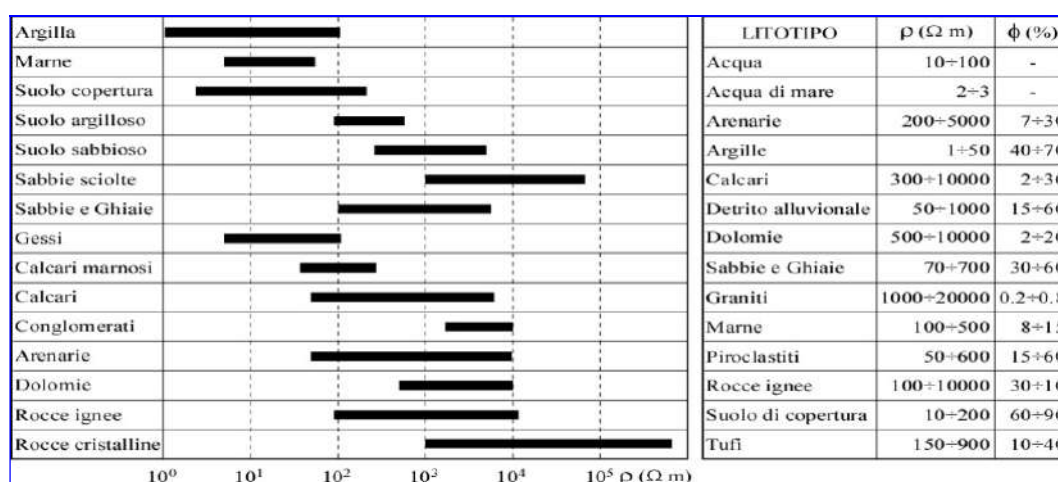


Figura 11 int Schema indicativo dei valori di resistività e porosità per vari materiali

Nella presente campagna, le indagini sono state effettuate realizzando una stesa direzione circa est-ovest di 117.5 m in cui gli elettrodi, in numero totale di 48, presentano un'interdistanza di 2.5 m. Gli elettrodi sono stati poi accoppiati con un GEORESISTIVIMETRO AMBROGEO mod. MANGUSTA SYSTEM MC 48E, acquisitore digitale modulare per prospezione geoelettrica multielettrodo.

The diagram illustrates the Wenner-Schlumberger method. At the top, a schematic shows the electrical circuit with a current source (I) and a voltmeter (V) connected between electrodes A, M, a, N, and B. The distance between A and M is 'na', between M and 'a' is 'M', between 'a' and N is 'N', and between N and B is 'na'. Below this, the 'Disposizione degli elettrodi' (Electrode arrangement) shows three measurement configurations: Misura n° 1 (A, M, N, B with distance 'a'), Misura n° 2 (A, 2a, M, 2a, N, 2a, B), and Misura n° 3 (A, 3a, M, 3a, N, 3a, B). A 'Georesistivometro' is connected to the electrodes. A vertical axis on the left indicates 'Profondità (m)' (Depth in meters). A horizontal axis at the bottom shows the electrode positions. A series of dots represents the 'punto di misura della resistività apparente (Ohm.m)' (point of measurement of apparent resistivity in Ohm.m), which are distributed in a fan shape from the electrode positions, indicating the depth of investigation.

Figura 12 int Combinazione quadripolare di tipo Wenner-Schlumberger e Wenner.



Figura 13 int Report fotografico dell'acquisizione ERT

Risultati e considerazioni

Nell'ambito delle verifiche geotecniche e geofisiche sugli argini del fiume Po e del torrente Parma, soggetti a fenomeni di cedimento localizzato o diffuso, sono state eseguite complessivamente **4 prospezioni geoelettriche** (ERT – Electrical Resistivity Tomography), in corrispondenza di tratti arginali segnalati come potenzialmente instabili.

Le indagini, realizzate prevalentemente lungo la sommità degli argini (stese longitudinali) e in un caso (Copermio) anche in direzione ortogonale (stesa trasversale), hanno indagato profondità comprese tra circa **10 e 20 m dal piano campagna**, utilizzando configurazioni Wenner o Wenner-Schlumberger.

Mediamente l'assetto geoelettrico mostra in generale una **stratigrafia ricorrente**:

- **Zona superficiale** (0–2/2,5 m): valori di resistività medio-alti ($>50\text{--}60\ \Omega\cdot\text{m}$), associabili a terreni sciolti o parzialmente asciutti, spesso ghiaiosi o sabbiosi, talvolta con parziale drenaggio superficiale;
- **Zona intermedia** (variabile tra 2 e 7–12 m): fascia continua a **bassa resistività** ($7\text{--}40\ \Omega\cdot\text{m}$, più frequentemente $10\text{--}30\ \Omega\cdot\text{m}$), interpretabile come depositi limoso-argillosi saturi o a elevato contenuto d'acqua interstiziale e deformabili, costituente il nucleo principale dell'argine;
- **Zona basale**: valori di resistività medi o medio-alti ($40\text{--}300\ \Omega\cdot\text{m}$), riconducibili a sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, potenzialmente più permeabili.

In diversi casi il limite tra la zona superficiale e quella intermedia presenta un andamento **irregolare e ondulato**, localmente ribassato nelle aree in cui sono stati segnalati cedimenti, suggerendo possibili fenomeni di deformazione interna o cedimento differenziale. Il contatto tra zona intermedia e basale risulta invece nella maggior parte dei casi regolare e lineare, coerente con un contatto stratigrafico più stabile.

Per una descrizione dettagliata di ogni singola tomografia si rimanda alle schede allegate alla presente relazione.

PARTE II – STUDIO SISMICO

11. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

[tratto da Studio di Microzonazione sismica (primo e secondo livello di approfondimento)
Gennaio 2015 – aggiornato e parzialmente modificato]

Zonizzazione sismogenetica

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata "ZS9" (Figura 14 int.), a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004, che prevede una suddivisione in 36 zone, i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico-strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.). Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale e, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

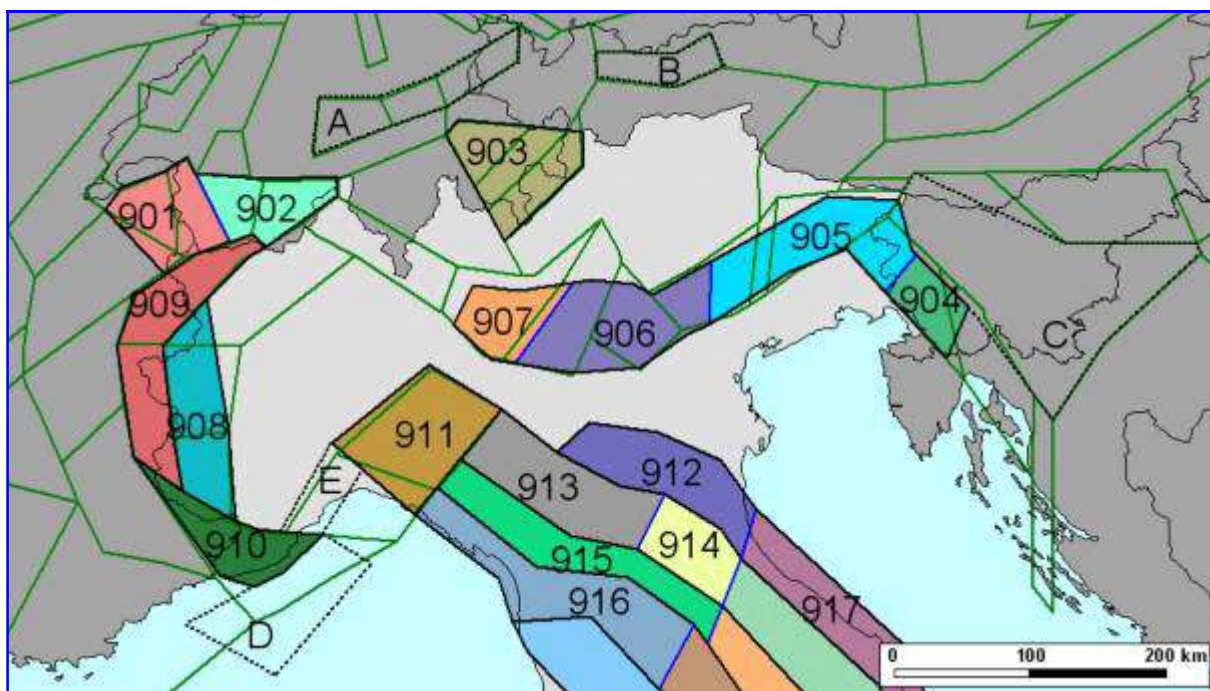


Figura 14 int – Stralcio della zonizzazione sismogenetica ZS9

Più specificatamente, il territorio di studio non ricade in nessuna zona sismogenetica.

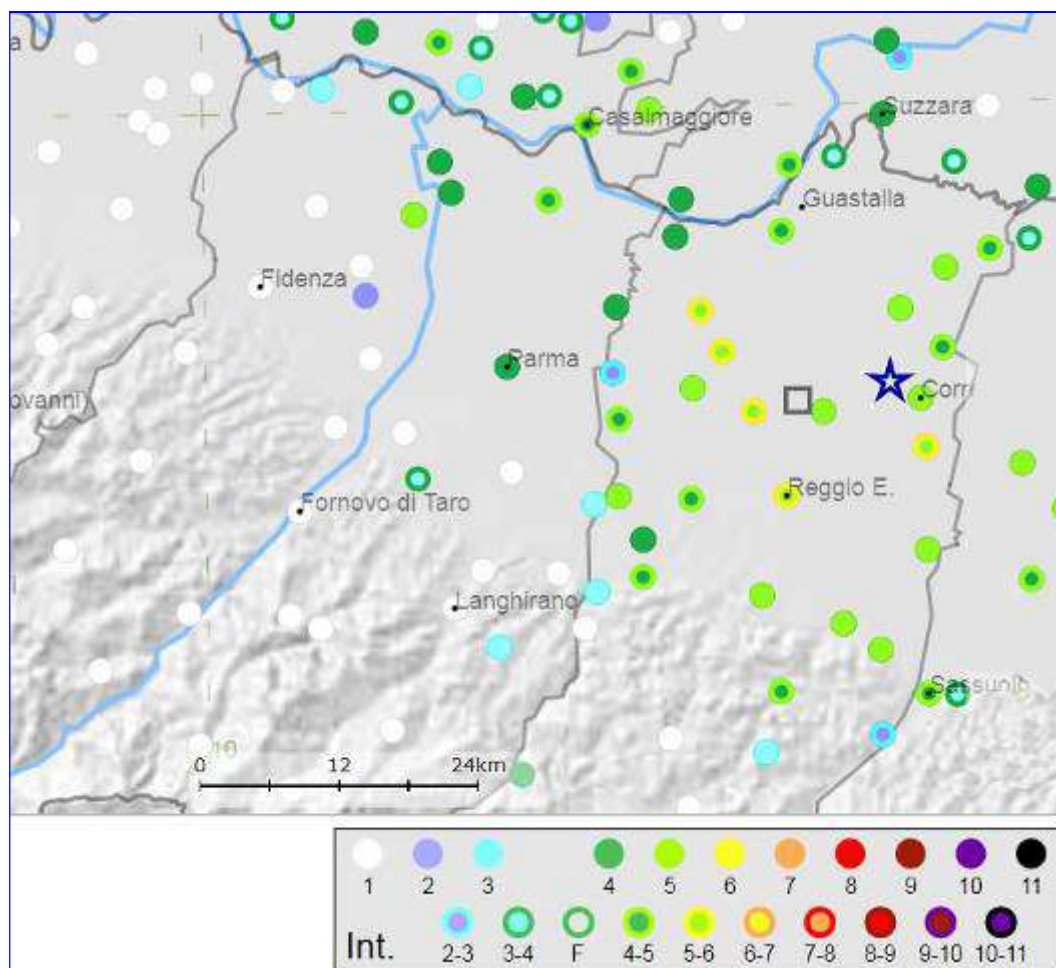


Figura 15 int – Principali terremoti in Emilia -Romagna dall'anno 1.000 d.c. al 1990 con indicazione della magnitudo

Sismicità del territorio














Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spaziotemporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

L'appennino nord – occidentale è caratterizzato da una sismicità da moderata a media, che si manifesta principalmente lungo le zone di accavallamento frontale del margine appenninico e secondo una fascia con direttrice appenninica che, dalla zona di Varzi, si estende quasi con continuità sino a Borgo Val di Taro e alla Lunigiana, proseguendo poi verso strutture del *graben* della Garfagnana. Allineamenti di terremoti si trovano anche lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali e sembrano quasi collegarle; particolarmente evidente è la distribuzione di sismi lungo la Val Parma e la Val Taro.

La storia sismica comunale è stata dedotta da DBMI15 la versione 2021 del Database Macrosismico Italiano (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Sissa Trecasali e Colorno.


















Essa è riassunta nella Tab. 2 int, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > III$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese, il giorno, l'ora e il minuto in cui si è verificato, la denominazione dell'area dei

maggiori effetti (Area Epicentrale), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

Effetti	In occasione del terremoto del												
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw			
7		1971	07	15	01	33	2 Parmense	228	8	5.51			
6		1983	11	09	16	29	5 Parmense	850	6-7	5.04			
5		2012	01	25	08	06	3 Pianura emiliana	25	5-6	4.98			
4-5		1996	12	16	09	09	5 Pianura emiliana	115	5-6	4.06			
4		1886	10	15	02	20	Collecchio	44	6	4.70			
4		1955	03	12	06	57	0 Parmense	15	5	4.15			
4		1988	03	15	12	03	1 Reggiano	160	6	4.57			
4		1989	09	13	21	54	0 Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85			
4		1991	10	31	09	31	1 Emilia occidentale	134	5	4.33			
4		2000	06	18	07	42	0 Pianura emiliana	304	5-6	4.40			
3		1995	10	10	06	54	2 Lunigiana	341	7	4.82			
NF		1969	06	24	13	25	1 Parmense	15	5	4.21			
NF		1986	12	06	17	07	1 Ferrarese	604	6	4.43			

Tab. 5bis int – Estratto dei massimi eventi sismici verificatisi nella località di Sissa Trecasali reperiti dall'Archivio DBMI15

Dalla lettura di tabella si evidenzia che il massimo evento sismico censito ed osservato a Sissa Trecasali si è verificato il 15 luglio 1971 con un'intensità al sito del VII grado della scala MCS con epicentro nel Parmense a cui è stata attribuita una magnitudo Mw pari a 5.51.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7		1971	07	15	01	33	2 Parmense	228	8	5.51
6		1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
6		1983	11	09	16	29	5 Parmense	850	6-7	5.04
5-6		1653	04	19	04	15	Reggiano	4	5-6	4.40
5-6		2012	01	25	08	06	3 Pianura emiliana	25	5-6	4.98
5		1886	10	15	02	20	Collecchio	44	6	4.70
4-5		1887	02	23	05	21	5 Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5		1988	03	15	12	03	1 Reggiano	160	6	4.57
4-5		1996	10	15	09	55	5 Pianura emiliana	135	7	5.38
4-5		2000	06	18	07	42	0 Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4		1937	09	17	12	19	0 Parmense	34	7	4.77
4		1961	08	13	22	34	1 Parmense	22	5-6	4.37
4		1961	08	14	01	03	0 Parmense	14	5-6	4.47
F		1857	02	01			Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
3-4		1989	09	13	21	54	0 Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
3		1906	08	25	03	11	Parmense	31	5	4.25
2		1930	10	26	07	14	Appennino tosco-emiliano	14	4	4.21
1-2		1995	10	10	06	54	2 Lunigiana	341	7	4.82
NF		1986	12	06	17	07	1 Ferrarese	604	6	4.43
NF		1989	10	03	09	41	3 Appennino parmense	91	4	4.04
NF		1991	10	31	09	31	1 Emilia occidentale	134	5	4.33
NF		1996	10	26	04	56	5 Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF		1996	11	25	19	47	5 Pianura emiliana	65	5-6	4.29
NF		1996	12	16	09	09	5 Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF		1998	02	21	02	21	1 Pianura emiliana	104	5	3.93

Tab. 5ter int – Estratto dei massimi eventi sismici verificatisi nella località di Colorno reperiti dall'Archivio DBMI15

Dalla lettura di tabella si evidenzia che il massimo evento sismico censito ed osservato a Sissa Trecasali si è verificato il 15 luglio 1971 con un'intensità al sito del VI-VII grado della scala MCS con epicentro nel Parmense a cui è stata attribuita una magnitudo Mw pari a 5.51.

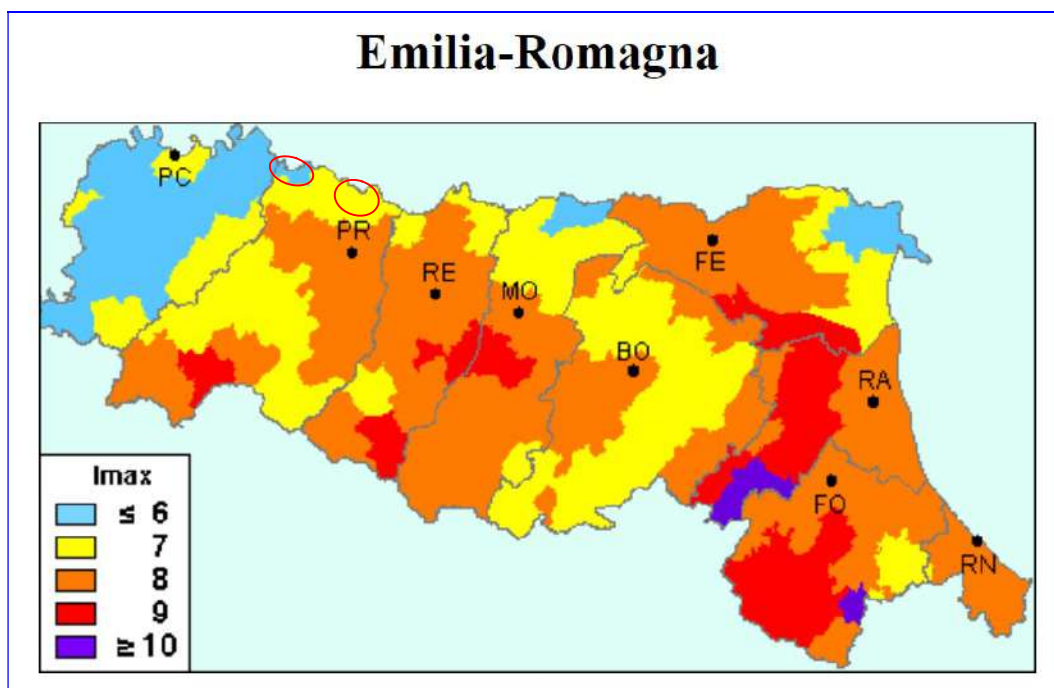


Figura 16 int – Carta della massima intensità macrosismica osservata nei comuni dell'Emilia Romagna

Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'All. 1, punto 3 dell'OPCM 3274/2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta nel 1998. La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione. Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche. In questo modo ad ogni area del territorio nazionale è stato attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.225
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	2.810
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	2.185

La classificazione vigente identifica i **Comuni di Sissa Trecasali e Colorno** in **zona 3** (Fig. 17), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di

superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra 0,05*g e 0,15*g (dove g è l'accelerazione di gravità).

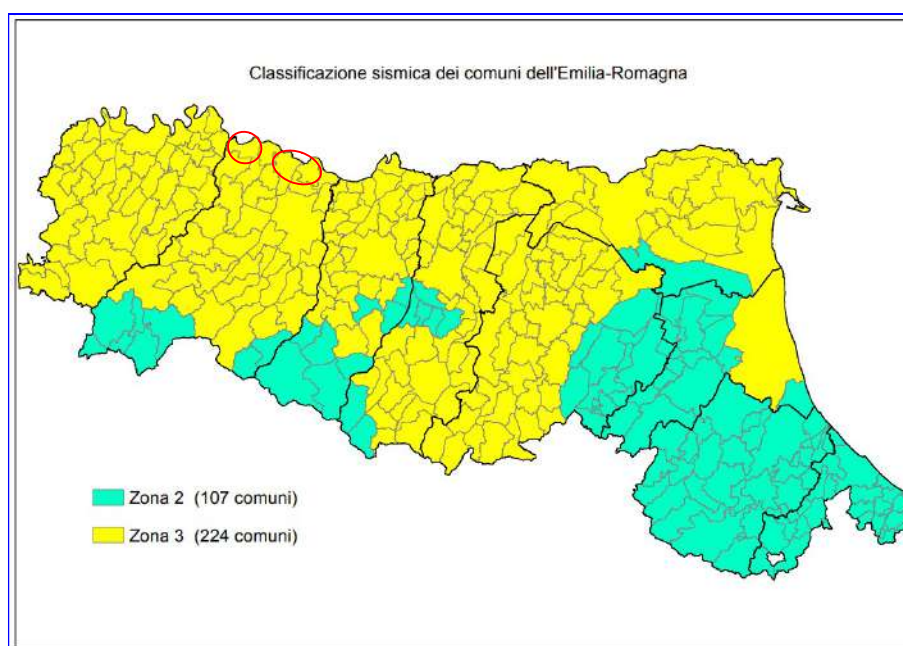


Figura 18 int – Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna

L'elaborazione dei parametri della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta da INGV (2004) e riportata nell'OPCM 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", identifica, per la fascia territoriale in oggetto, valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra 0,075 g e 0,125 g (ricavato dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – INGV. Figura 19 int.).



Figura 19 int – Mappa di pericolosità sismica ricavata dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia

12. AZIONE SISMICA

Premessa

L'attuale filosofia di progettazione prestazionale richiede l'analisi della risposta di un sistema a più terremoti di diversa intensità; il sistema deve soddisfare requisiti minimi di sicurezza rispetto agli stati limite di funzionalità e collasso, per ciascuno degli eventi considerati. Generalmente si prescrive una duplice verifica, con riferimento a due peculiari eventi sismici, differenti tra loro per "probabilità di occorrenza":

- un terremoto "probabile" (L_1), caratterizzato da un'intensità che ha una probabilità di eccedenza (P_1) in un arco temporale (T_s) correlato alla durata del sistema in esame;
- un terremoto "severo" e "poco probabile" (L_2), caratterizzato da una intensità che, nello stesso periodo di riferimento (T_s), ha una probabilità di eccedenza (P_2) più bassa.

Tipicamente il terremoto di riferimento L_1 è definito come l'evento che ha una probabilità di eccedenza del 50 % durante la vita nominale del sistema, mentre quello di livello L_2 corrisponde ad una probabilità di eccedenza del 10 %.

Nell'ambito della progettazione devono essere chiaramente definite, per l'opera in esame, le prestazioni che devono essere soddisfatte, come grado di danno ammissibile per i differenti terremoti di progetto. I tre gradi di danno individuabili (Tabella 3-int) in relazione ai terremoti di differente livello (L_1 ed L_2) concorrono nel definire tre classi di prestazione (Tabella 4-int).

Parametri di riferimento rigido orizzontale

Al fine di poter definire le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, deve essere valutata la **"pericolosità sismica di base"** del sito di costruzione.

Questa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A – si veda paragrafo successivo), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$.

Ai fini dell'applicazione del D.M. 17/01/2018, sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV, sono stati definiti, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{VR}), i valori dei parametri di sito necessari per determinare le forme spettrali di progetto.

Tali parametri sono:

- a_g accelerazione orizzontale massima sul sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Essi dipendono da:

- **LON** longitudine del sito oggetto di studio;
- **LAT** latitudine del sito oggetto di studio;
- **V_R** **periodo di riferimento:** definisce un intervallo temporale al quale devono essere rapportate le azioni sismiche su ciascuna costruzione.

$$V_R = V_N \times C_U;$$

- **V_N** **vita nominale** dell'opera in progetto, cioè numero di anni nel corso dei quali l'opera deve poter essere usata per lo scopo per la quale è destinata, essendo soggetta alla ordinaria manutenzione
- **C_U** **coefficiente d'uso** è definito al variare della classe d'uso dell'opera che a sua volta suddivide le costruzioni in relazione alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso dell'opera

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V _N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Vita nominale V_N per diversi tipi di opere (D.M. 17/01/2018 – Tabella 2.4.I)

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Classi di costruzioni secondo il D.M. 17/01/2018

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C _U	0,7	1,0	1,5	2,0

Valori del coefficiente d'uso C_U (D.M. 17/01/2018 – Tabella 2.4.II)

Sulla base dei valori di progetto e dei siti di riferimento, sono di seguito riportati i parametri di sito da considerare al fine della determinazione delle forme spettrali da utili per la definizione dell'azione sismica di progetto. Considerata la prossimità dei tratti situati all'interno dei tre comuni, nelle tabelle seguenti sono indicati i valori medi rappresentativi, suddivisi per macrositi.

Per i valori specifici di ciascun sito si rimanda alle tavole XVIIIa–XVIII d.

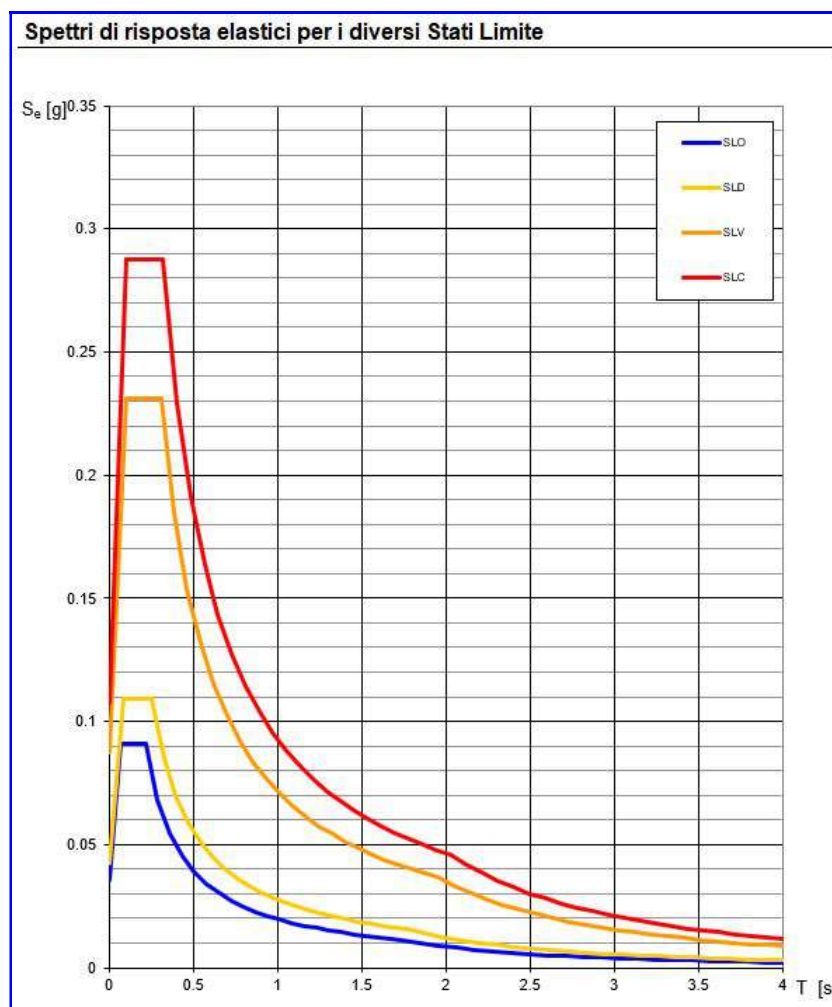
SISSA TRECASALI

V_N	50 anni
Classe	II
C_U	1

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c[*] (s)
SLO	30	0,036	2,565	0,218
SLD	50	0,043	2,566	0,254
SLV	475	0,089	2,648	0,312
SLC	975	0,109	2,684	0,325

Stati Limite	P _{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.I)



Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite
(elaborazioni effettuate con "Spettri NTC-18" ver. 1.03)

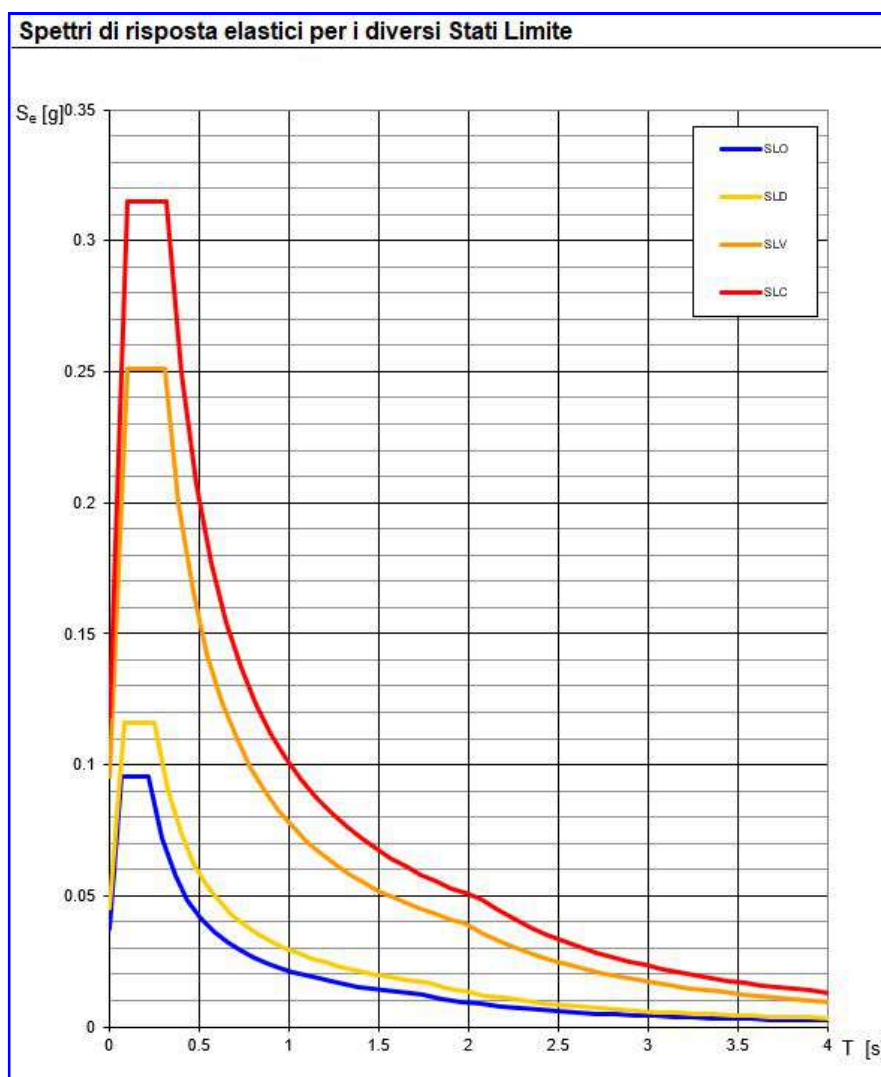
COLORNO

V_N	50 anni
Classe	II
C_U	1

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c[*] (s)
SLO	30	0,037	2,560	0,223
SLD	50	0,046	2,545	0,255
SLV	475	0,096	2,625	0,310
SLC	975	0,120	2,656	0,320

Stati Limite	P _{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.I)



Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite
(elaborazioni effettuate con "Spettri NTC-18" ver. 1.03)

Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO –

Si denomina “risposta sismica locale” l’azione sismica quale emerge in “superficie” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Per individuare in modo univoco la risposta sismica si assume come “superficie” il “piano di riferimento” per le diverse tipologie strutturali:

- per fondazioni superficiali questo coincide con il piano di imposta delle stesse;
- per fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali;
- nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell’opera;
- per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Le modifiche del moto sismico prodotte dalle condizioni locali sono complessivamente indicate come effetti di sito. In relazione alle tipologie di indagine condotte ed ai dati geotecnici disponibili verranno utilizzati metodi di studio basati sulla definizione di categorie di sottosuolo (in accordo con quanto proposto dall’Eurocodice 8 – EC8).

Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo

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

Categorie di sottosuolo (D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.II)

Il parametro meccanico di base per la classificazione di un sito è $V_{s,eq}$ calcolato secondo la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = H / \left(\sum_{i=1}^N (h_i / V_{s,i}) \right)$$

Dove:

h_i spessore dell’i-esimo strato

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia e terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s. La profondità H del substrato è calcolata a partire dal piano di imposta per le fondazioni superficiali, dalla testa dei pali per le fondazioni profonde e a partire dalla testa dell’opera per le opere di sostegno.

$V_{s,eq} = V_{s,30}$ quando la profondità del substrato sia superiore a 30 metri.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s]$$

h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Per la classificazione del sito in oggetto si è definito il parametro meccanico di base definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, $V_{s,eq}$ realizzando indagini geofisiche in sito mediante la tecnica "HVSr" brevemente descritta nel successivo paragrafo.

Essendo il substrato in posto superiore ai 30 metri è possibile utilizzare il parametro $V_{s,30}$ individuato dalle prove HVSr.

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di attribuire ai siti indagati la categoria di sottosuolo "C" (si veda oltre).

Condizioni topografiche

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, sono prescritte specifiche analisi di risposta sismica locale nel caso di condizioni topografiche complesse: e tabella.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie piana, 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 $i > 30^\circ$

Categorie topografiche (D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.IV)

Categorie topografiche riferite a geometrie prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore ai 30 metri.

Le osservazioni effettuate hanno permesso di attribuire ai siti indagati la categoria topografica "T2"

Considerata la prossimità dei tratti situati all'interno dei tre comuni, nelle tabelle seguenti sono indicati i valori medi rappresentativi, suddivisi per macro-siti.

Per i valori specifici di ciascun sito si rimanda alle tavole XVIIIa–XVIIIb.

SISSA TRECASALI

STATO LIMITE		Ss	Cc	St	k_h	k_v	Amax [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,500	1,740	1,200	0,013	0,006	0,629	0,200
	SLD	1,500	1,650	1,200	0,015	0,008	0,756	0,200
SLU	SLV	1,500	1,540	1,200	0,032	0,016	1,557	0,200
	SLC	1,500	1,520	1,200	0,047	0,023	1,909	0,240

COLORNO

STATO LIMITE		Ss	Cc	St	k _h	k _v	Amax [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,500	1,720	1,200	0,013	0,007	0,658	0,200
	SLD	1,500	1,650	1,200	0,016	0,008	0,804	0,200
SLU	SLV	1,500	1,550	1,200	0,035	0,017	1,703	0,200
	SLC	1,500	1,530	1,200	0,052	0,026	2,115	0,240

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA "MASW"

Caratteristiche generali dell'indagine

L'indagine effettuata è stata condotta con l'ausilio della tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), alla luce degli spazi e della logistica operativa riscontrata in cantiere, nonché tenendo conto delle finalità dell'indagine e del grado di dettaglio auspicabile dai risultati.

La tecnica Masw permette di realizzare una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di superficie (di *Rayleigh* e di *Love*), attraverso una dettagliata ricostruzione della distribuzione delle onde S nel sottosuolo, realizzata mediante modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde superficiali, registrate da opportuno sismografo, con l'ausilio di geofoni di superficie a basse frequenze ed indotte mediante energizzazione con fonte artificiale (massa battente).

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (*V_s*), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di *Rayleigh* è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1) acquisizione dei dati sperimentali;
- 2) estrazione della curva di dispersione;
- 3) inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle *V_s* (profilo 1-D), che descrive la variazione di *V_s* con la profondità.

Strumentazione impiegata

Per l'indagine effettuata si è acquisito i dati con un tromografo digitale *Moho S.r.L* modello "*Tromino ENGY BLU*", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz. Attraverso l'uso di un trigger radio wireless, con cui si registrano e regolano i tempi di energizzazione, questo strumento permette di eseguire prove di *sismica attiva* come la prova MASW.

In questo caso la registrazione è stata effettuata con una frequenza di campionamento di 512 Hz.

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software per prove MASW "Grilla" della *Moho S.r.l.*

SISSA TRECASALI – TRATTO CED. 3 PR-FESR

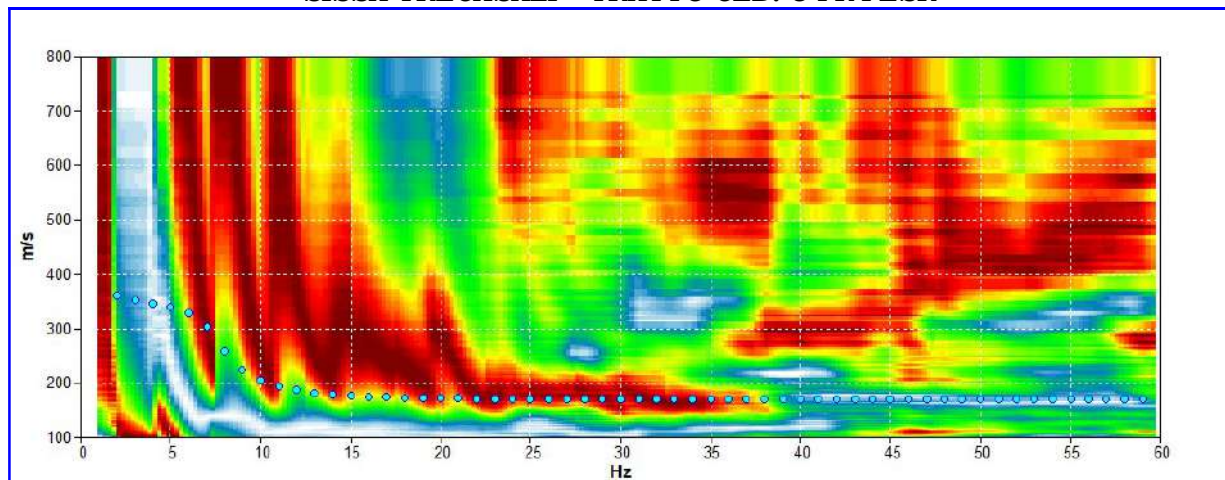


Figura 32 int – Velocità di fase/frequenza.

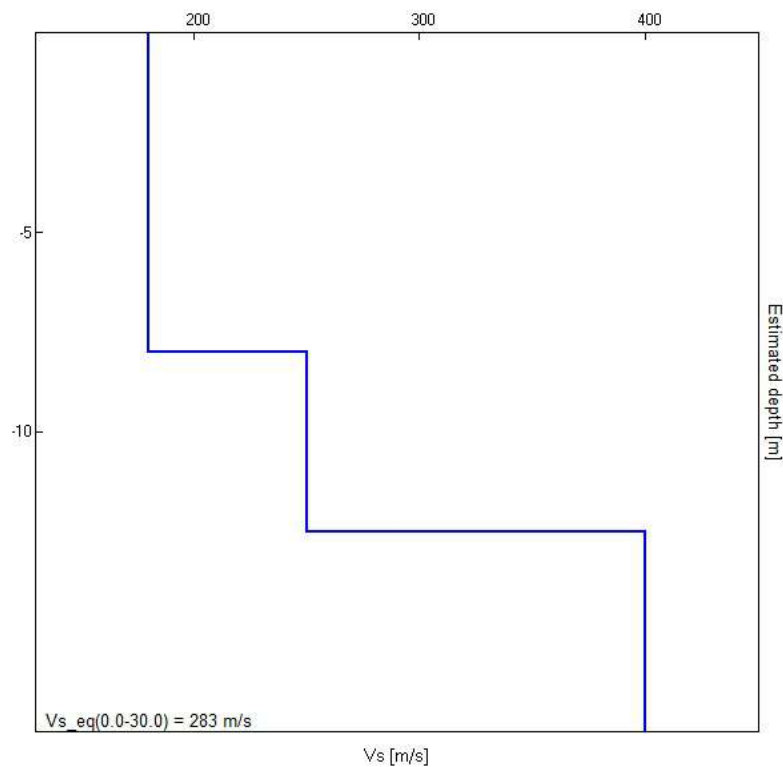


Figura 33 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.00	8.00	180	0.42
12.50	4.50	250	0.42
inf.	inf.	400	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 283 m/s

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità $V_{s30}=283$ m/sec**, che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

SISSA TRECASALI – TRATTO CED. 2.1 PR-FESR

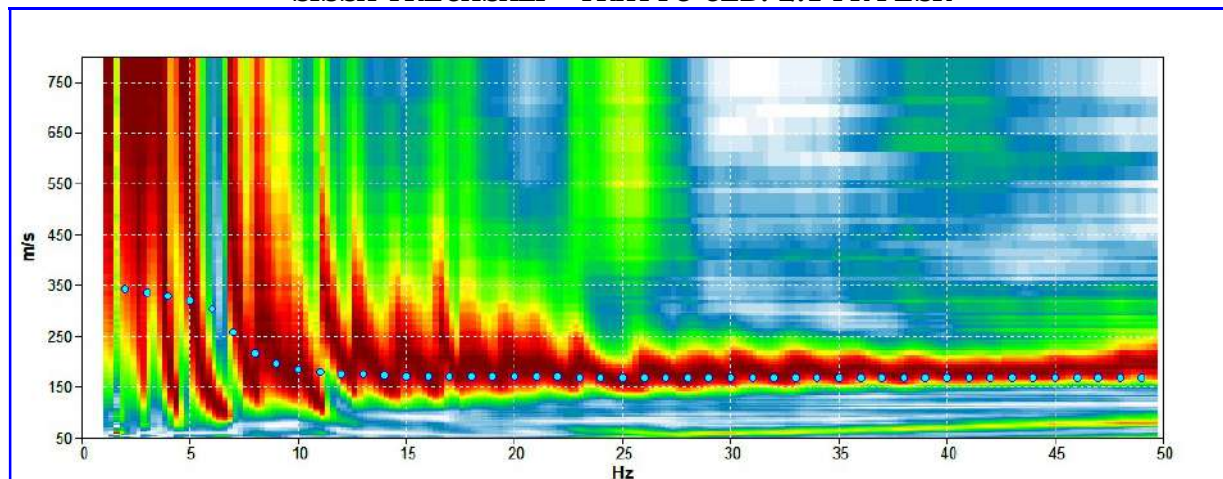


Figura 34 int – Velocità di fase/frequenza.

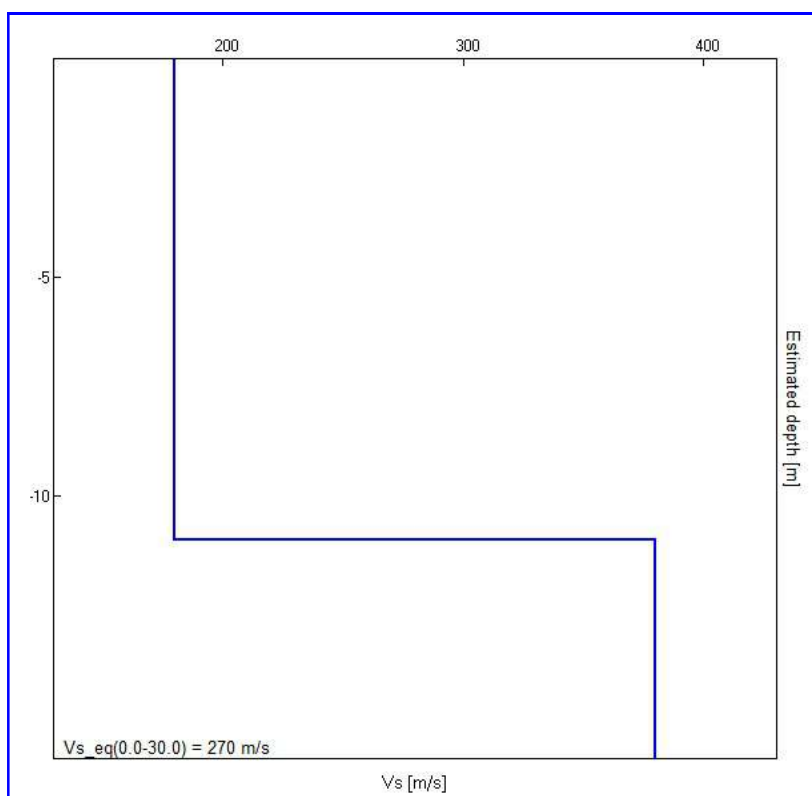


Figura 35 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
11.00	11.00	180	0.42
inf.	inf.	380	0.42

$V_{s_eq} (0.0-30.0) = 270 \text{ m/s}$

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità $V_{s30}=270 \text{ m/sec}$** , che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

SISSA TRECASALI – TRATTO CED. 2 PR-FESR

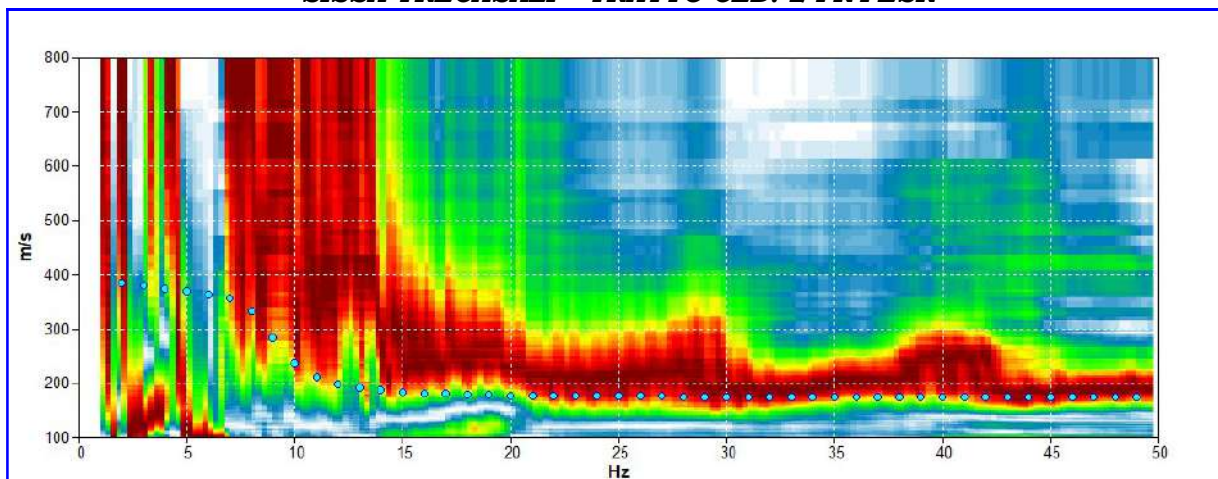


Figura 36 int – Velocità di fase/frequenza.

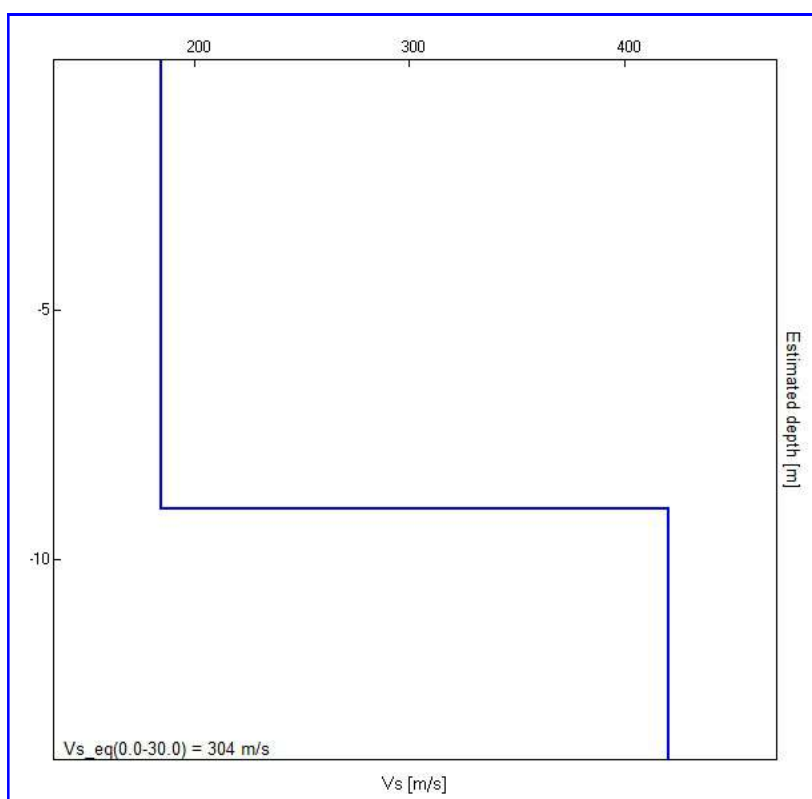


Figura 37 int – Velocità onde S/ profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	185	0.45
inf.	inf.	420	0.45
Vs_eq (0.0-30.0) = 304 m/s			

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità Vs30=304 m/sec**, che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

COLORNO – TRATTO CED. 1 PR-FESR

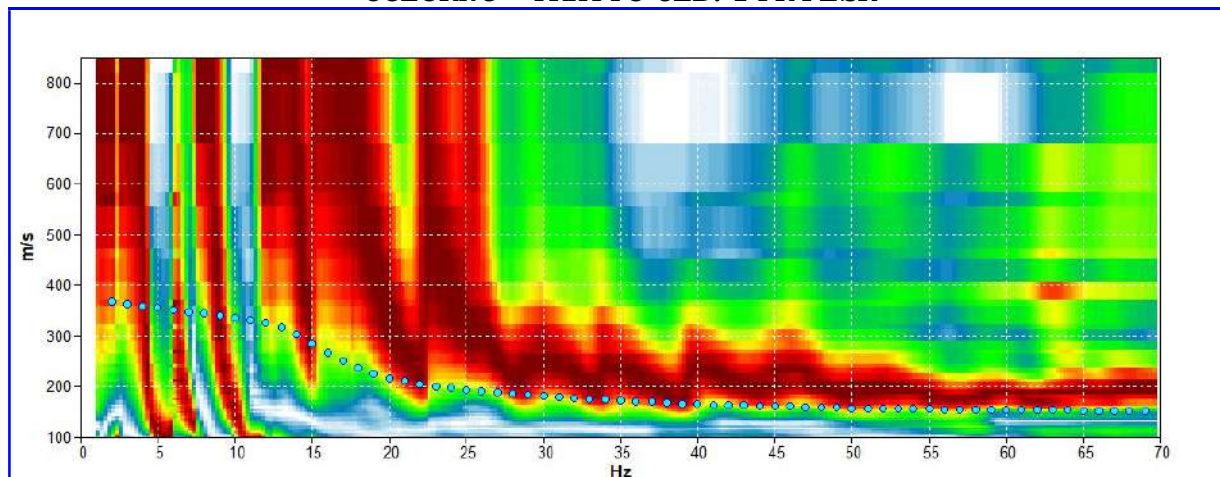


Figura 38 int – Velocità di fase/frequenza.

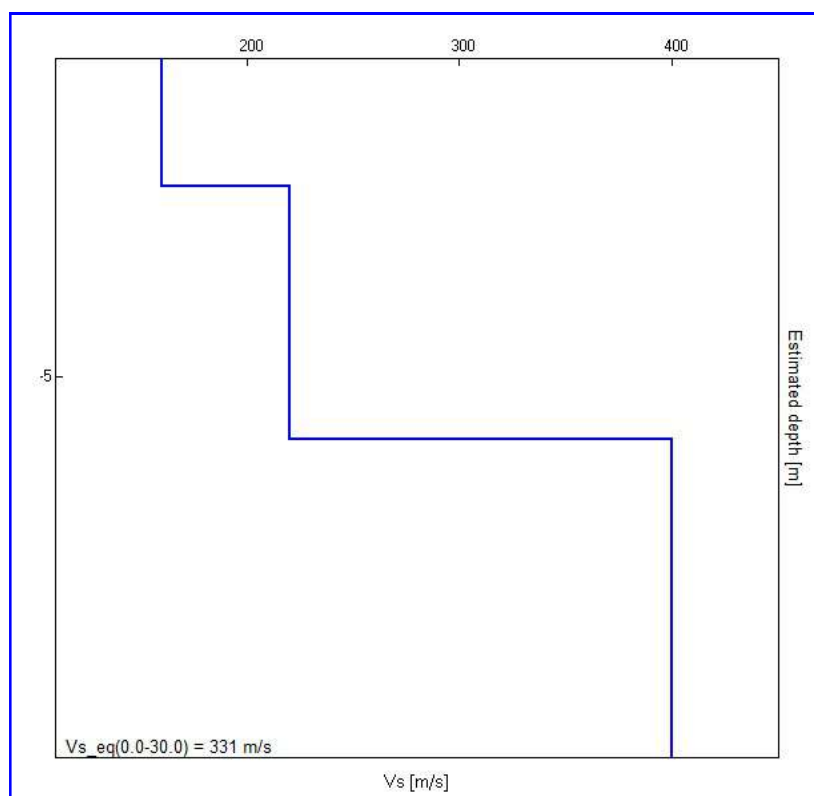


Figura 39 int – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	160	0.42
6.00	4.00	220	0.42
inf.	inf.	400	0.40

$V_{s_eq} (0.0-30.0) = 331 \text{ m/s}$

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità $V_{s30}=331 \text{ m/sec}$** , che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo C** (così come definita nella normativa vigente).

MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA) SUL TERRENO

Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione HVSR è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

È interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. *A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33*) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- i microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;
- le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;
- la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;
- il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- misura delle frequenze di risonanza dei suoli e dei fabbricati;
- effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V , metodo di Nakamura);
- stratigrafia sismica passiva;
- V_{s30} da fit vincolato della curva H/V ;
- segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V , nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f_0 .

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove V_s è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta *Moho S.r.L* modello "Tromino ENG Y BLU", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz.

In questo caso la registrazione ha avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software "Grilla".

Il programma consente di effettuare:

- analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri *Sesame*);
- determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- creazione di un *report* automatico con tabelle e illustrazioni.

Analisi dei dati – SISSA TRECASALI TRATTO CED. 3 PR-FESR

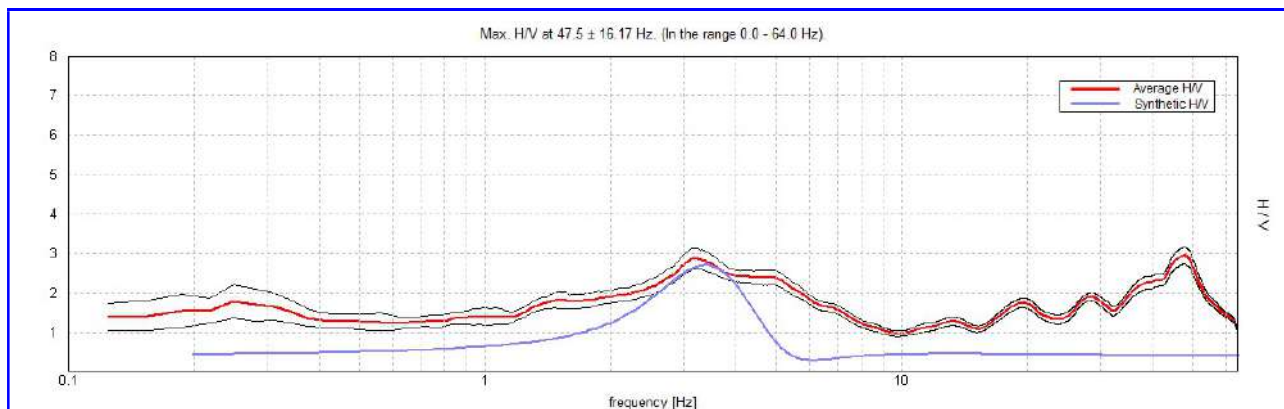


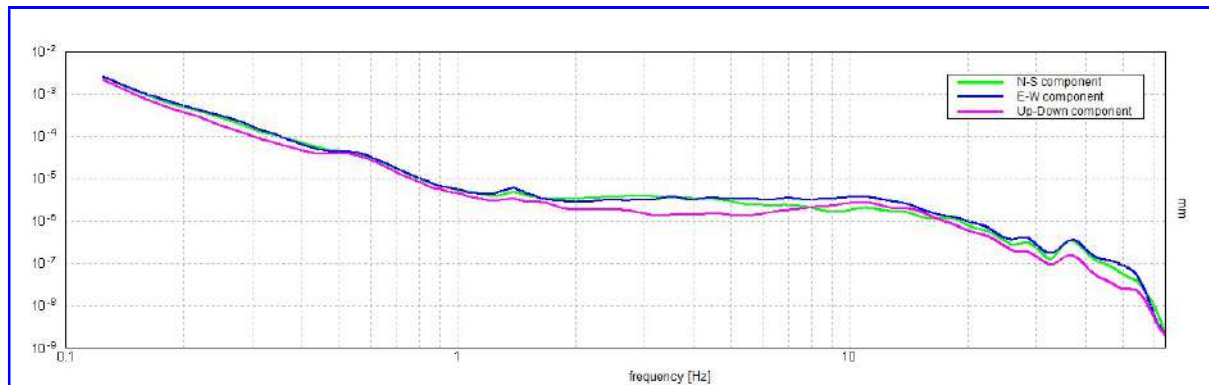
Figura 53 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 3.5 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a depositi sabbiosi a natura granulare, ad una profondità di circa 12 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 3. Questo passaggio stratigrafico è stato inoltre individuato dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

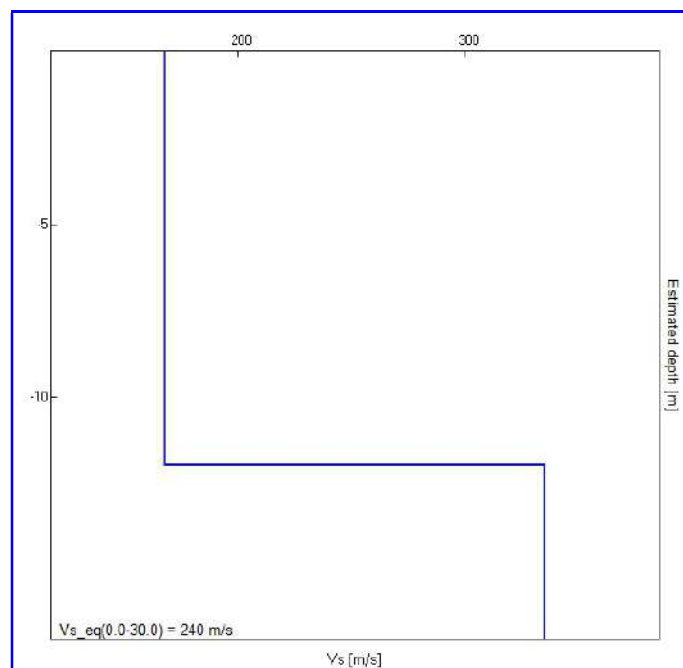


Figura 54 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSr

Analisi dei dati – SISSA TRECASALI TRATTO CED. 2.1 PR-FESR

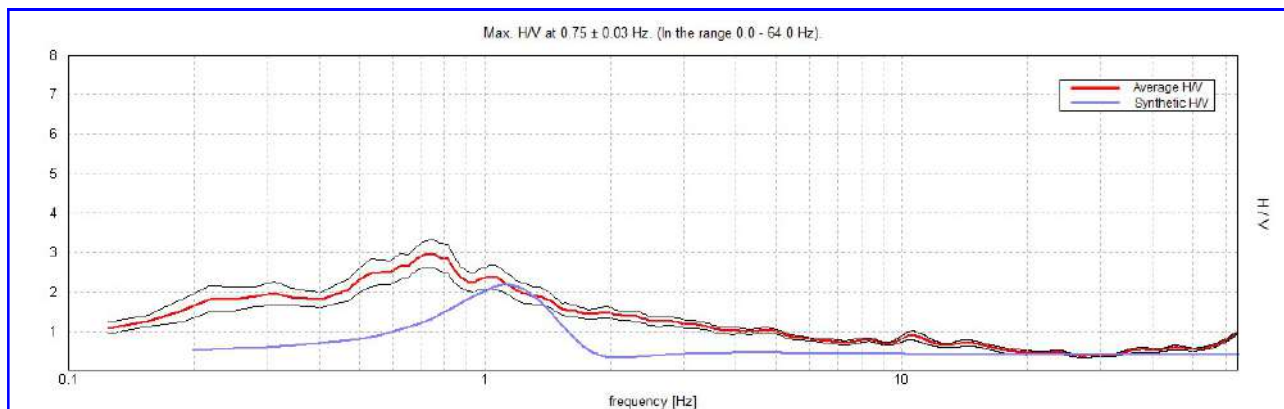


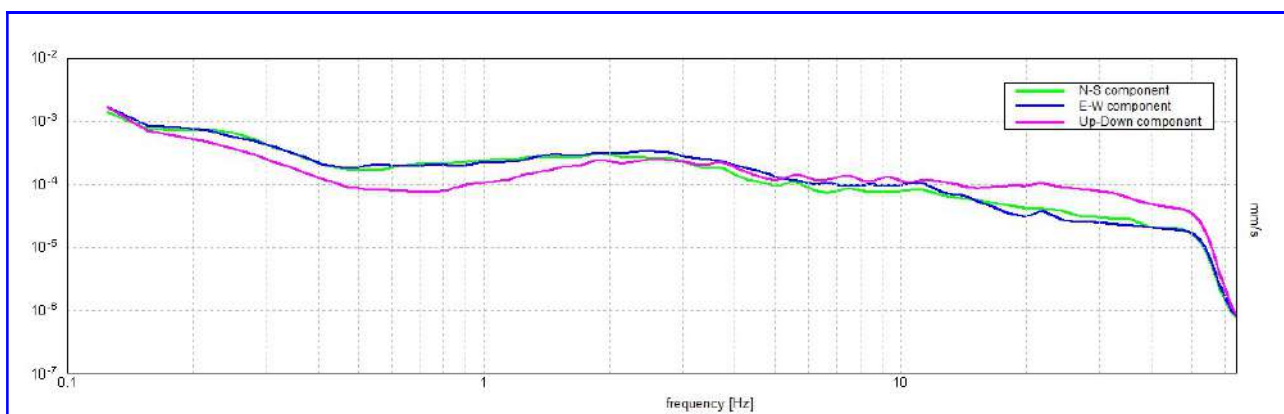
Figura 55 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 1.5 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a depositi sabbiosi a natura granulare, ad una profondità di circa 43 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 2. A causa dell'elevata profondità non è stato possibile individuare questo passaggio stratigrafico dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

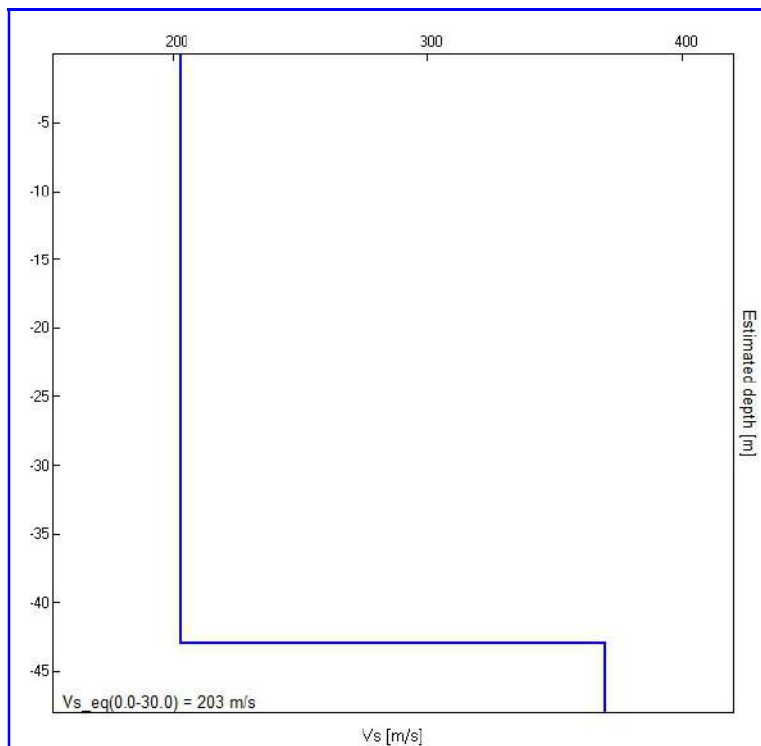


Figura 56 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSr

Analisi dei dati – SISSA TRECASALI TRATTO CED. 2 PR-FESR

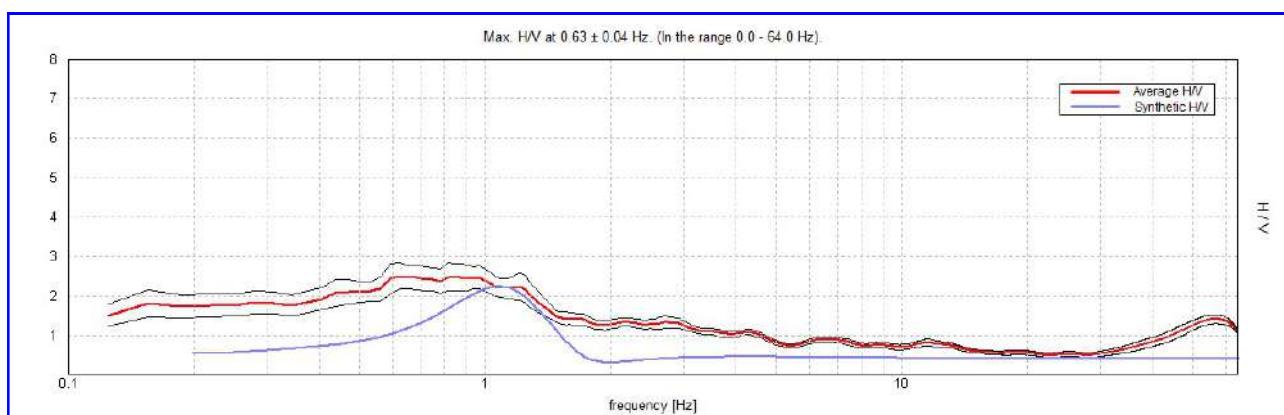


Figura 57 int – Rapporto H/V in frequenza.

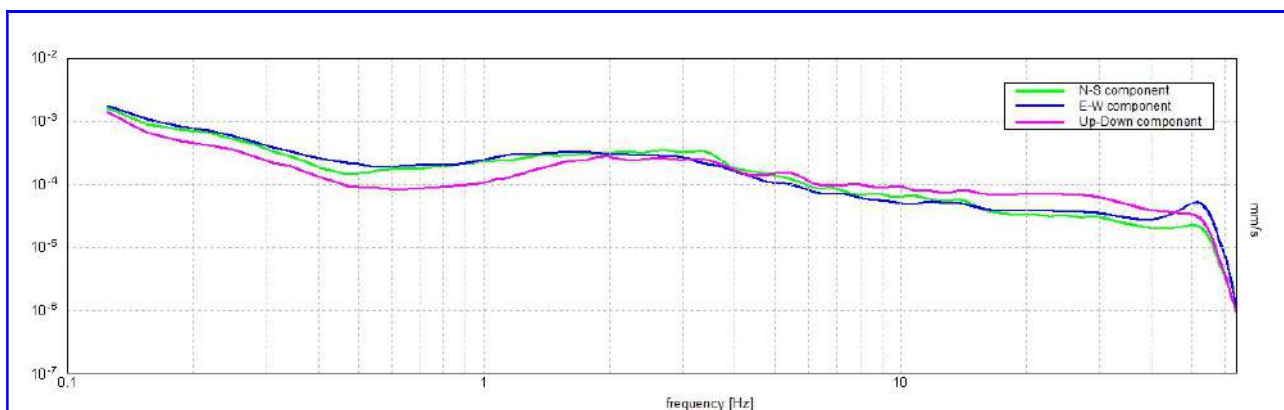
Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 1 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a litotipi che non è stato possibile identificare a causa dell'elevata profondità di circa 55 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 2.5. A causa dell'elevata profondità non è stato possibile individuare questo passaggio stratigrafico dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad

una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

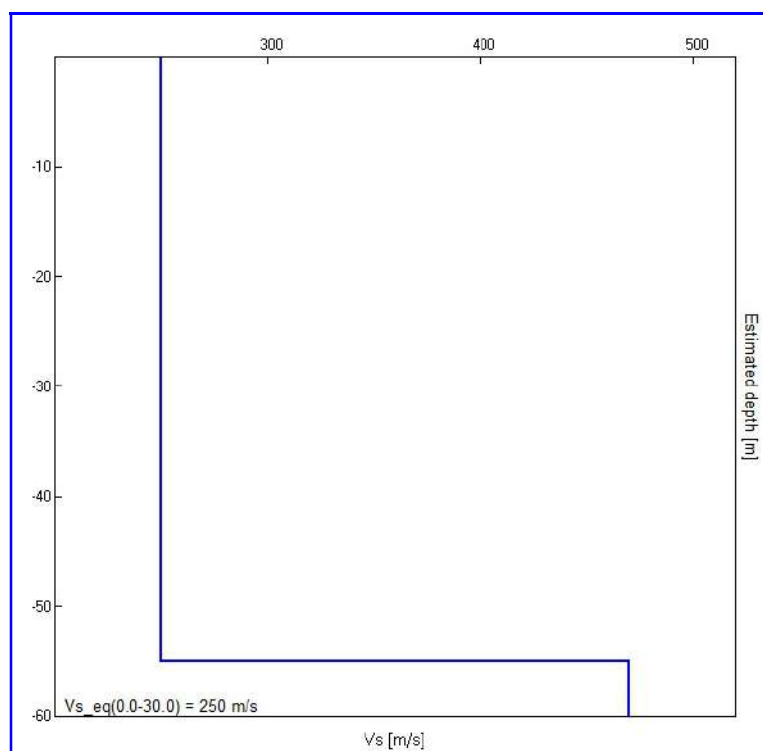


Figura 58 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSr

Analisi dei dati – COLORNO TRATTO CED. 1 PR-FESR

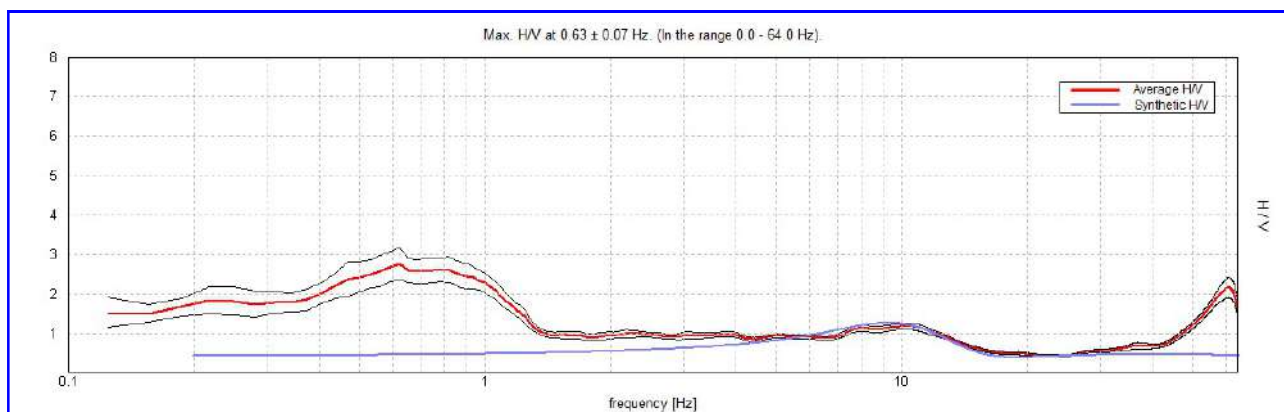


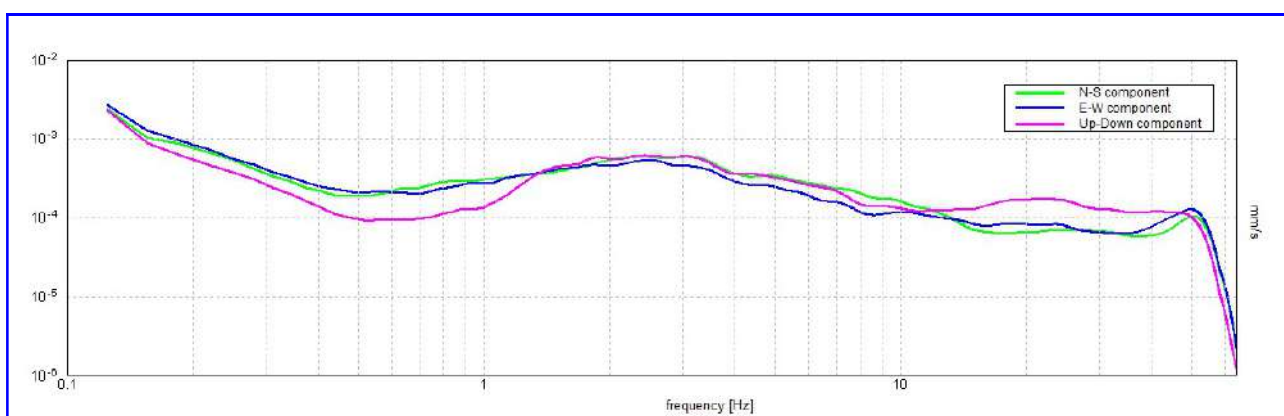
Figura 59 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- La frequenza fondamentale del sito è stata individuata a circa 10 Hz. Questo picco certamente di natura stratigrafica rappresenta il passaggio da litotipi limoso argillosi a depositi sabbiosi a natura granulare, ad una profondità di circa 5 metri dal piano campagna. Il valore del rapporto H/V è pari a circa 1. Questo passaggio stratigrafico è stato inoltre individuato dalle prove penetrometriche realizzate.
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;

chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;



- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S). Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0,6 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita":

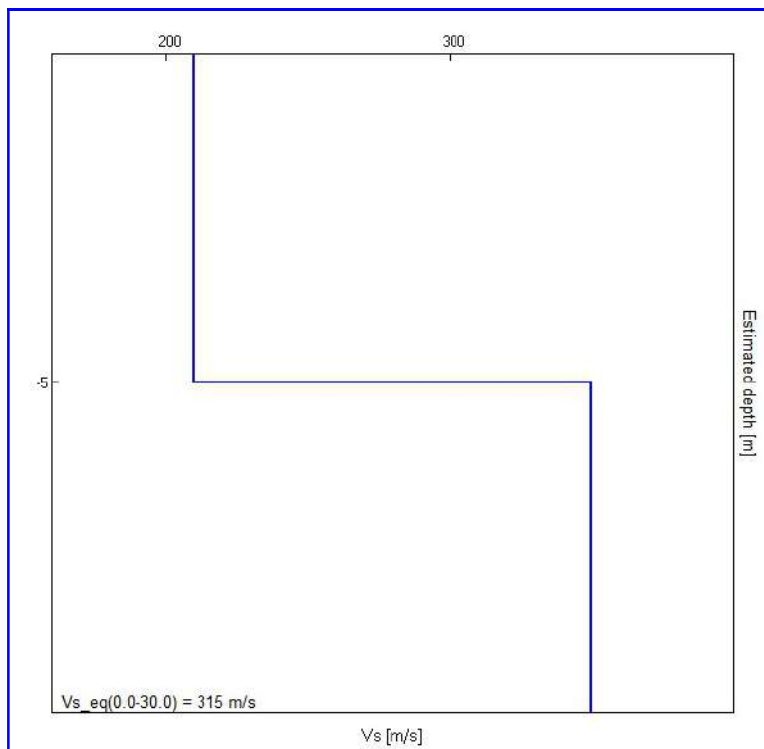


Figura 60 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSR

13. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI SISSA TRECASALI

L'Amministrazione Comunale ha provveduto alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica di III livello in gran parte del territorio comunale (Tavole Xa, XIa e XIIa)

Sintesi degli studi di microzonazione sismica

- Frequenze naturali dei terreni
Il tratto ced. 2.1 PR risulta compreso in una zona con frequenza $f_0 > 8$ con HVSR compreso tra 2 e 3 ($2 \leq \text{HVSR} < 3$) – Tavola XIa;
- Velocità delle onde di taglio S:
 V_{30} compresa tra 196 m/s e 203 m/s Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 metri di terreno – Tavola XIa;
- Carta Geologico-tecnica:
Terreni di copertura compresi tra **ML** – Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità e **SM** – Sabbie limose, miscela di sabbia e limo – Tavola XIIa;

14. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI COLORNO

L'Amministrazione Comunale ha provveduto alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica di III livello in gran parte del territorio comunale. Il tratto di cedimento a Copermio risulta esterna ai perimetri indagati (Tavole Xb, XIb, XIIb, XIIIb, XIVb, XVb, XVIb e XVIIb)

Sintesi degli studi di microzonazione sismica

- Frequenze naturali dei terreni
L'area risulta compresa in una zona con frequenza $f_0 > 8$ con HVSR compreso tra 1.5 e 2 ($1.5 \leq \text{HVSR} < 2$) – Tavola Xb;
- Velocità delle onde di taglio S:
 V_{30} 249 m/s Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 metri di terreno – Tavola XIb;
- Carta Geologico-tecnica:
Terreni di copertura **MLpi** – Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile – Tavola XIIb;
- MOPS – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica:
ZALQ 3050 Zona 2: Successione stratigrafica costituita da depositi argilloso limosi e limoso argillosi con intercalazioni sabbioso limose presenti sino a quote variabili da -8.00 a -15.00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso e sabbioso-ghiaioso, di potenza pluridecametrica – Tavola XIIIb;

- FA_{PGA}: Fattore di amplificazione in termini di picco di accelerazione (Peak Ground Acceleration):
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{PGA} 1.3 e 1.4 – Tavola XIVb;
- FA_{IS 0.1-0.5 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.1-0.5 s:
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{IS 0.1-0.5 s} 1.3 e 1.4 – Tavola XVb;
- FA_{IS 0.5-1.0 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.5-1.0 s:
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{IS 0.5-1.0 s} 1.7 e 1.8 – Tavola XVIb;
- FA_{IS 0.5-1.5 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.5-1.5 s:
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{IS 0.5-1.5 s} 1.7 e 1.8 – Tavola XVIIb;

15. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

In condizioni sismiche, il termine “liquefazione” comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una riduzione della resistenza al taglio. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva.

La liquefazione include tre principali fenomeni. Il primo è la “fluidificazione” che avviene quando le tensioni tangenziali richieste per assicurare le condizioni di equilibrio statico sono maggiori della resistenza al taglio del terreno al termine del terremoto. Ne consegue che una volta avviate, le deformazioni prodotte dalla fluidificazione possono proseguire anche dopo il terremoto. Il secondo fenomeno è quello della “mobilità ciclica” che si verifica quando le tensioni di taglio necessarie all’equilibrio statico sono minori della resistenza del terreno al termine del terremoto; in tal caso le deformazioni si sviluppano in maniera incrementale durante il terremoto. Il terzo fenomeno, che rappresenta un caso particolare di mobilità ciclica, è quello della “liquefazione ciclica” che si verifica nelle condizioni di free-field e piano campagna orizzontale.

Posizione del problema

In linea di principio, l’analisi di suscettibilità alla liquefazione di un dato sito richiede:

1. la valutazione delle caratteristiche dell’evento sismico atteso (fattore scatenante)
2. la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo (fattore predisponente);
3. la stima degli effetti conseguenti alla liquefazione.

In relazione al tipo di analisi prescelto, le caratteristiche del moto sismico dovranno essere valutate in termini di grandezze rappresentative (es. magnitudo, durata o storia temporale delle accelerazioni).

Per la caratterizzazione geotecnica del sito in esame dovranno essere effettuate opportune indagini in sito che permettano, direttamente od attraverso correlazioni empiriche, di caratterizzare:

- la profondità della falda;
- le condizioni stratigrafiche;
- le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni costituenti il deposito.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di pericolosità di liquefazione, se il livello di danno indotto dal fenomeno non è compatibile con la stabilità del sito, dovrà essere eventualmente valutata la possibilità di non utilizzare il sito o di modificare le caratteristiche dei manufatti oggetto di studio (od eventualmente di migliorare le caratteristiche meccaniche dei terreni).

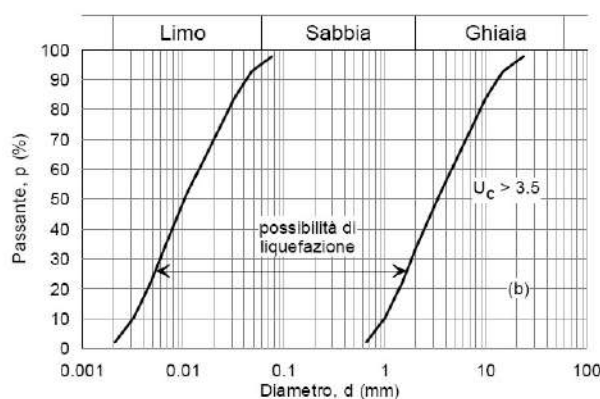
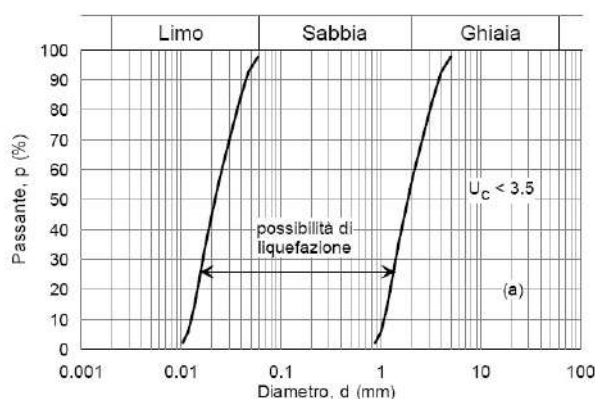
Rischio di liquefazione: verifica preliminare

Ai fini della presente relazione (in accordo con la normativa di riferimento), il termine “liquefazione” denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Sulla base di un’analisi preliminare della sismicità del sito e delle caratteristiche geotecniche del deposito, si può ritenere che la probabilità che si verifichi la liquefazione sia estremamente bassa o nulla nel caso in cui si manifesti almeno una delle seguenti condizioni (art. 7.11.3.4.2 N.T.C.):

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (assenza di manufatti - free-field) minori di 0.1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore ai 15 metri dal piano campagna, ovviamente solo in presenza di fondazioni superficiali e con piano campagna sub-orizzontale.
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ 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 nei grafici (differenti grafici in funzione del coefficiente di uniformità U_c);



Non avendo potuto escludere la possibilità di liquefazione per i depositi indagati, (impossibilità di veder soddisfatti i punti 1 e 2 del precedente paragrafo) sulla base dell’analisi preliminare delle caratteristiche del sito e del deposito, si è proceduto alla verifica a liquefazione applicando alcuni metodi di analisi empirica e semplificata noti in letteratura.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T):

$$F_s = \frac{R}{T}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1.

La grandezza T dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche, statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da stendimenti di sismica a rifrazione.

Calcolo dello sforzo di taglio indotto dal sisma (T)

La grandezza T viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0,65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF}$$

dove:

a_{\max}	= accelerazione sismica massima;
g	= accelerazione di gravità = 980.7 cm/s ² ;
σ_{v0}	= pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
σ'_{v0}	= pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
r_d	= coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:
$r_d = 1 - 0.00765z$	per $z \leq 9.15$ m
$r_d = 1.174 - 0.0267z$	per $9.15 < z \leq 23$ m
$r_d = 0.774 - 0.008z$	per $23 < z \leq 30$ m
$r_d = 0.5$	per $z > 30$ m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione

$$MSF = \left(\frac{M}{7,5} \right)^{-3,3}$$

se $M < 7.5$ o, se $M > 7.5$, con la formula

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M^{2,56}}$$

Calcolo della resistenza al taglio mobilitata (R)a) Da prove penetrometriche statiche – metodo di Robertson e Wride (1997)

Il metodo di Robertson e Wride permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica (CPT). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0,883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50$$

e

$$R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0,08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente.

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1$.

Questa procedura è raccomandata dal National Center for Earthquake Reasearch (NCEER).

Calcolo dell'indice di liquefacibilità

Una stima del rischio di liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione (IL). Tale indice viene definito dalla seguente relazione:

$$IL = \sum_{i=1}^n FW(z) \Delta z$$

dove: n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;

$F = 1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0,5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

In base al valore di IL ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la seguente tabella:

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
0<IL≤5	Basso
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

Avendo ottenuto, con tutti i metodi applicati, fattori di sicurezza superiori a 1 e verifiche ampiamente positive, si ottiene, per tutti i tratti di cedimento indagati, un **indice di liquefazione IL = 0,00**, che corrisponde ad un **rischio di liquefazione molto basso**.

16. INTERVENTI PROPOSTI

Il presente capitolo illustra gli interventi proposti per il ripristino e il miglioramento della stabilità dei rilevati arginali a margine delle sedi stradali, con l'obiettivo di mitigare fenomeni di erosione e discontinuità superficiali, incrementare la capacità portante della cresta e garantire condizioni di esercizio sicure e durevoli.

In particolare si prevede:

1) Fresatura e demolizione della pavimentazione esistente

Oggetto: rimozione controllata della pavimentazione bituminosa e degli strati inferiori in misto granulare o calcestruzzo, fino a raggiungere il piano di imposta previsto a progetto. Raccolta e smaltimento/recupero del materiale secondo normativa vigente

Modalità esecutive:

- Fresatura meccanica con fresa a freddo dotata di nastro caricatore, per asportazione strati bituminosi (usura e binder) fino allo spessore complessivo. Materiale fresato da avviare a recupero in impianti autorizzati.
- Demolizione del sottofondo con escavatore dotato di benna, oppure scavo a strati nel caso di misti granulari stabilizzati.
- Carico e trasporto a rifiuto/recupero in impianti autorizzati, con tracciabilità dei materiali secondo normativa vigente, se non recuperabile direttamente in sito.

2) Riprofilatura dei versanti

Oggetto: regolarizzazione geometrica dei fianchi e della cresta, eliminando cavità, erosioni localizzate e discontinuità, con compattazione dei terreni.

Modalità esecutive:

- Mantenere pendenze dei versanti conformi allo stato di fatto/progetto.

3) Infissione pali di castagno e collegamenti orizzontali

Oggetto: realizzazione di palificate in legno di castagno Ø 16/18 cm, L 2,50 m, posate lungo i cigli di entrambi i versanti per contenimento superficiale e irrigidimento del bordo. Messa in opera di pali di castagno scortecciato, sano, privo di fessurazioni passanti e carie ed aventi estremità inferiore appuntita con eventuale protezione con impregnante/fondo bituminoso nella zona di infissione (se richiesto). I pali andranno infissi in modo allineato lungo il ciglio con interasse indicativo 1,50–1,80 m (da definire con la D.L. in base a pendenze e sollecitazioni veicolari previste). L'infissione dovrà avvenire almeno per 2,00 metri sotto il piano campagna locale o fino ad eventuale rifiuto su strato competente. I pali verticali dovranno essere raccordati da ulteriori pali orizzontali (raccordi) aventi stessa classe dimensionale, posati lungo il lato interno per almeno 2/3 ordini per versante. Le connessioni tra i pali verticali e orizzontali dovranno essere realizzate in filo di ferro zincato Ø ≥ 3–4 mm o con staffe/collari metallici zincati.

4) Compattazione del piano di appoggio e rinforzo con geotessuti e geogriglie

Oggetto: incremento della stabilità del piano di appoggio del pacchetto stradale conferendo una maggiore resistenza grazie alla diffusione dei carichi con effettiva riduzione dei cedimenti. Operata mediante compattazione con rullatura meccanica delle superfici ed interposizione di geotessuto (200 g/mq) e geogriglie (tipo LBO - GT Tenax®).

Modalità esecutive:

- Esecuzione della compattazione dopo la posa delle palificate lignee e dei raccordi orizzontali, così da assicurare l'assestamento del terreno attorno agli elementi infissi.

- Impiego di rulli lisci/vibranti, piastre vibranti o costipatori a seconda delle dimensioni dell'area e dell'accessibilità.
- Compattazione a strati successivi, con spessori ≤ 20 cm, fino al raggiungimento della densità prescritta dal progetto o dalle specifiche tecniche.
- Particolare attenzione lungo i cigli e attorno ai pali, evitando vibrazioni eccessive che possano danneggiare i collegamenti lignei.
- Rifinitura manuale delle zone non accessibili ai mezzi meccanici.

5) Collegamento con doppio cavo in acciaio

Oggetto: solidarizzazione con collegamento delle due palificate (versante dx/sx) con doppio cavo in acciaio.

Il cavo dovrà essere in acciaio zincato o inox, diametro da definire in progetto (indicativamente 8–12 mm).

La quota di posa della linea di collegamento dovrà essere al di sopra dello strato di fondazione in misto di cava. L'ancoraggio ai pali tramite tenditori con dado cieco con interposizione di guaine per evitare intagli nel legno. Il tensionamento dei cavi deve avvenire in maniera progressiva fino al raggiungimento di una tensione adeguata per rendere solidale le due porzioni di struttura presenti lungo i versanti dell'argine.

6) Massicciata stradale (flessibile) binder bituminoso e strato di usura

Formazione di rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei, provenienti sia dagli scavi che dalle cave (terre ghiaia sabbiosa), il compattamento a strati fino a raggiungere la densità prescritta. Posa di materiali provenienti dalle cave, compresa la fornitura, appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7 o con equivalente materia prima secondaria proveniente da impianti di recupero rifiuti-inerti.

Strato di collegamento binder in conglomerato bituminoso (spessore 8 cm) e strato di usura in conglomerato bituminoso (spessore 4 cm)

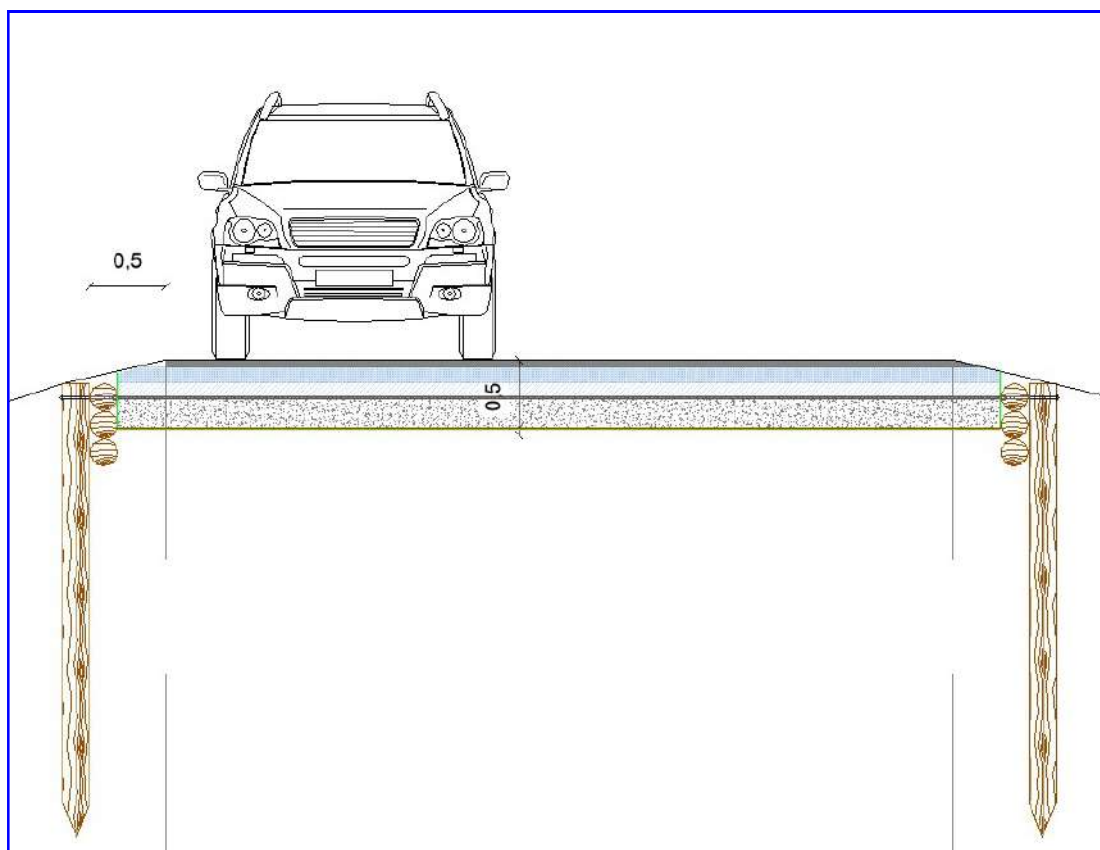


Figura 61 int Schema sintetico interventi proposti

17. CONCLUSIONI

Il presente studio si è prefisso lo scopo di valutare le condizioni zonali dell'area di studio, esaminando il contesto geologico, morfologico ed idrologico presenti, al fine di supportare il progetto di ripristino di alcune porzioni di rilevati arginali lungo il Fiume Po site nei Comune di Sissa Trecasali (PR) e Colorno (PR).

Di seguito si riporta una sintesi dei principali aspetti emersi:

Studio geologico

L'area del presente studio è ubicata nella bassa pianura parmense, in una zona con assetto morfologico del tutto pianeggiante, posta ad una altitudine variabile da circa 30/35 metri s.l.m., risulta essere per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con predisposizione nulla al dissesto.**

Al contorno dell'area, l'idrografia di superficie è caratterizzata dal Fiume Po, posto a nord-est e come definito dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Emilia Romagna (PGRA - Geoportale Regione Emilia Romagna), le aree presentano i seguenti scenari di Pericolosità/Rischio

Area oggetto di studio	Pericolosità Alluvioni	Rischio Alluvioni
<i>Tratti in Comune di Sissa Trecasali</i>	P3	R1
<i>Tratto in Comune di Colorno</i>	P3	R1

Nel corso delle indagini effettuate non si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrica, a causa del cedimento delle pareti del foro di ispezione. Tuttavia nel corso di precedenti studi realizzati in contesti analoghi a quello di studio, si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrico sub-superficiale. Tale circolazione, pur potendo considerare il substrato in posto come scarsamente permeabile, è resa possibile dalle condizioni di infiltrazione efficace presenti nella coltre superficiale dei terreni argillosi, proprio per le fessurazioni che in essi si producono in seguito ai cicli di essiccazione/imbibizione (contrazione/rigonfiamento). **Possono così formarsi lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili** e condizionate dalla stagionalità degli eventi meteorici.

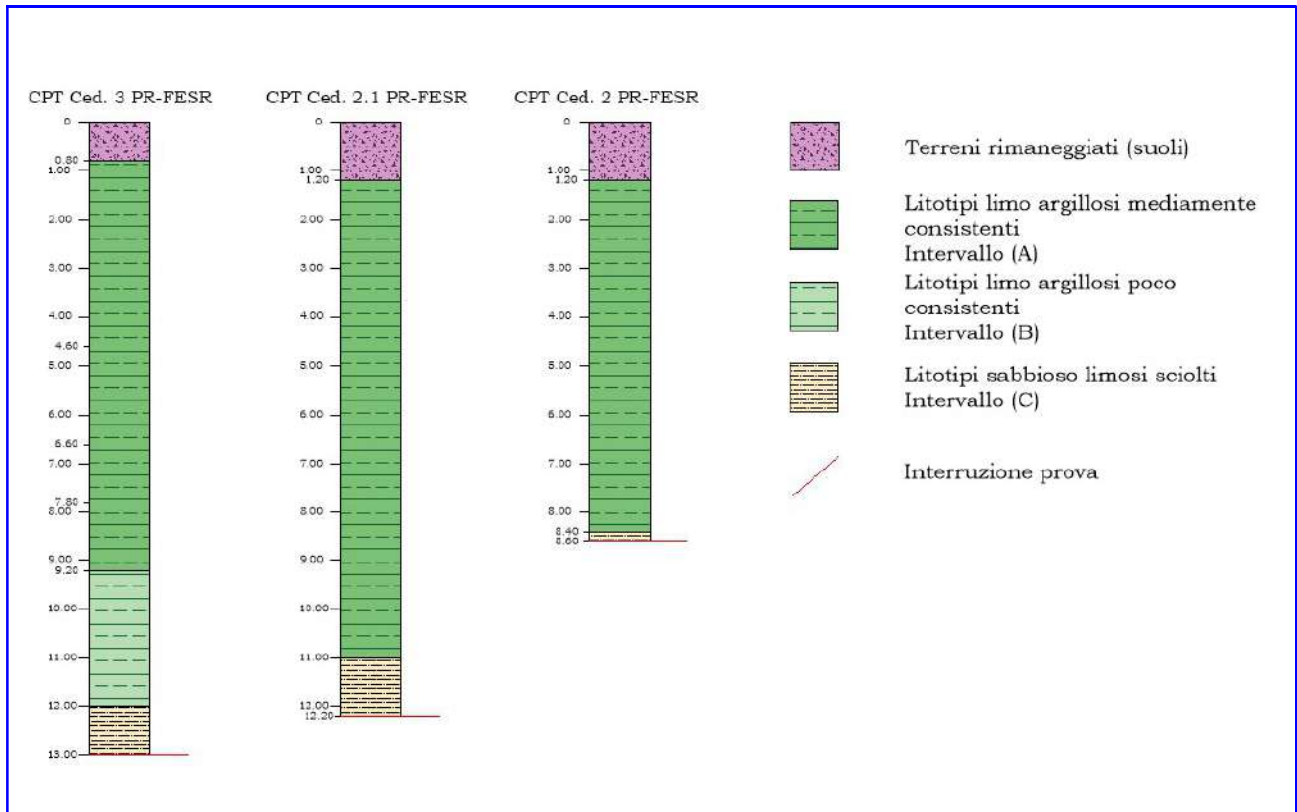
L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 e Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000), si colloca in corrispondenza dei seguenti depositi:

Area oggetto di studio	Carta Geologica scala 1:10.000	Carta Geologica scala 1:100.000
Tratti in Comune di Sissa Trecasali	Unità di Modena - AES8a	Alluvium Medio Recente – q2r
Tratto in Comune di Colorno (Ced 1 PR-FESR)	Unità di Modena - AES8a	Alluvium Medio Recente – q2r

La cartografia tematica esistente, in particolare la “Tavola QC Idro A5 del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive – Carta Idrogeologica della Pianura e dei Sistemi Idrogeologici dell’Appennino Parmense” delinea l’andamento delle linee isofreatiche mediante pozzi e punti di controllo della rete piezometrica. Nell’area indagata le linee isofreatiche sono riportate ad una quota circa compresa tra i 30 ed i 25 metri, corrispondendo ad una soggiacenza media circa tra i 5 ed i 10 metri dal piano campagna.

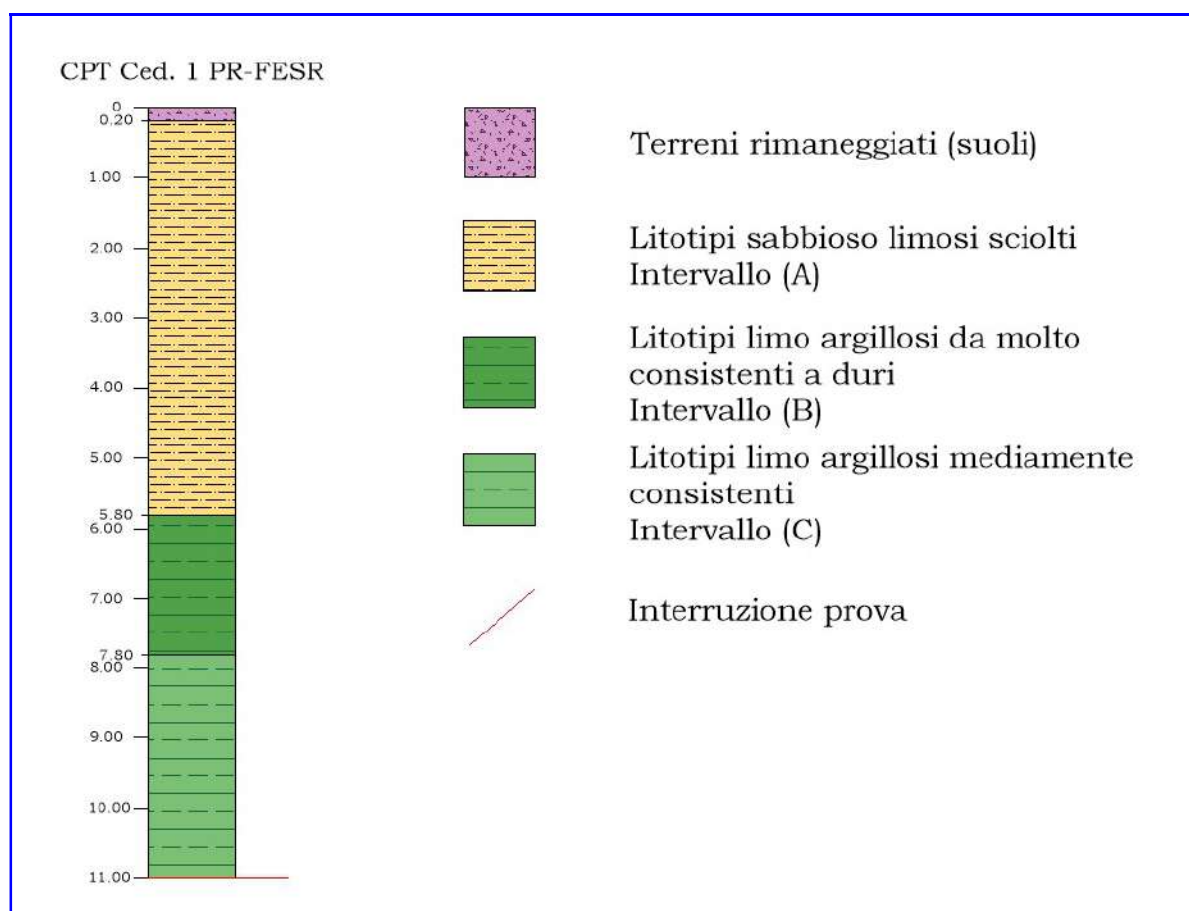
I risultati delle indagini geognostiche realizzate permettono di supporre i seguenti intervalli reologicamente e geomeccanicamente uniformi:

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m³)	γ _{SAT} (t/m³)	γ'(t/m³)	Cu (kg/cm2)	Φ'	E (kg/cm²)
			γ(KN/m³)	γ _{SAT} (KN/m³)	γ'(KN/m³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	-0.80/-1.20	---					
A	-0.80/-1.20	-9.20/-11.00/-8.40	1.80	1.90	0.90	0.80	---	50
			17.65	18.63	8.83	78.45		4.90
B	-9.20	-12.00	1.80	1.90	0.90	0.70	---	60
			17.65	18.63	8.83	68.65		5.88
C	-12.00/-11.00/-8.40	-13.00/-12.20/-8.60	1.70	1.80	0.80	---	30°	50
			16.67	17.65	7.85			4.90



Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m³)	γ _{SAT} (t/m³)	γ'(t/m³)	Cu (kg/cm2)	Φ'	E (kg/cm²)
			γ(KN/m³)	γ _{SAT} (KN/m³)	γ'(KN/m³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	-0.20	---					
A	-0.20	-5.80	1.80	1.90	0.90	0.80	30°	50
			17.65	18.63	8.83	78.45		4.90
B	-5.80	-7.80	1.80	1.90	0.90	1.20	---	>120
			17.65	18.63	8.83	117.68		>11.77
C	-7.80	-11.00	1.80	1.90	0.90	0.90	---	60
			17.65	18.63	8.83	8.83		5.88



Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

Risultati e considerazioni

Nell'ambito delle verifiche geotecniche e geofisiche sugli argini del fiume Po e del torrente Parma, soggetti a fenomeni di cedimento localizzato o diffuso, sono state eseguite complessivamente **4 prospezioni geoelettriche** (ERT – Electrical Resistivity Tomography), in corrispondenza di tratti arginali segnalati come potenzialmente instabili.

Le indagini, realizzate prevalentemente lungo la sommità degli argini (stese longitudinali) e in alcuni casi anche in direzione ortogonale (stese trasversali), hanno indagato profondità comprese tra circa **10 e 20 m dal piano campagna**, utilizzando configurazioni Wenner o Wenner-Schlumberger.

Mediamente l'assetto geoelettrico mostra in generale una **stratigrafia ricorrente**:

- **Zona superficiale** (0–2/2,5 m): valori di resistività medio-alti ($>50\text{--}60\ \Omega\cdot\text{m}$), associabili a terreni sciolti o parzialmente asciutti, spesso ghiaiosi o sabbiosi, talvolta con parziale drenaggio superficiale;
- **Zona intermedia** (variabile tra 2–6 m e 2–12 m): fascia continua a **bassa resistività** ($7\text{--}40\ \Omega\cdot\text{m}$, più frequentemente $10\text{--}30\ \Omega\cdot\text{m}$), interpretabile come depositi limoso-argillosi saturi o a elevato contenuto d'acqua interstiziale e deformabili, costituente il nucleo principale dell'argine;
- **Zona basale**: valori di resistività medi o medio-alti ($40\text{--}300\ \Omega\cdot\text{m}$), riconducibili a sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, potenzialmente più permeabili.

In diversi casi il limite tra la zona superficiale e quella intermedia presenta un andamento **irregolare e ondulato**, localmente ribassato nelle aree in cui sono stati segnalati cedimenti, suggerendo possibili fenomeni di deformazione interna o cedimento differenziale. Il contatto tra zona intermedia e basale risulta invece nella maggior parte dei casi regolare e lineare, coerente con un contatto stratigrafico stabile.

Per una descrizione dettagliata di ogni singola tomografia si rimanda alle schede allegate alla presente relazione.

Studio sismico

I parametri necessari per la determinazione delle forme spettrali da utili per la definizione dell'azione sismica di progetto sono stati ricavati dal programma messo a punto dal Ministero "Spettri NTC-18" ver. 1.0.3 in accordo con quanto previsto dal D.M. 17/01/18

SISSA TRECASALI

V_N	50 anni
Classe	II
C_U	1

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F₀	T_c[*] (s)
SLO	30	0,036	2,565	0,218
SLD	50	0,043	2,566	0,254
SLV	475	0,089	2,648	0,312
SLC	975	0,109	2,684	0,325

COLORNO

V_N	50 anni
Classe	II
C_U	1

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F₀	T_c[*] (s)
SLO	30	0,037	2,560	0,223
SLD	50	0,046	2,545	0,255
SLV	475	0,096	2,625	0,310
SLC	975	0,120	2,656	0,320

Per la classificazione del sito in oggetto si è definito il parametro meccanico di base definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, V_{s30} realizzando indagini geofisiche in sito mediante la tecnica "MASW".

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di attribuire al sito indagato la categoria di sottosuolo "C" e categoria topografica "T2"

SISSA TRECASALI

STATO LIMITE		S_s	C_c	S_t	k_h	k_v	A_{max} [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,500	1,740	1,200	0,013	0,006	0,629	0,200
	SLD	1,500	1,650	1,200	0,015	0,008	0,756	0,200
SLU	SLV	1,500	1,540	1,200	0,032	0,016	1,557	0,200
	SLC	1,500	1,520	1,200	0,047	0,023	1,909	0,240

COLORNO

STATO LIMITE		Ss	Cc	St	k _h	k _v	Amax [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,500	1,720	1,200	0,013	0,007	0,658	0,200
	SLD	1,500	1,650	1,200	0,016	0,008	0,804	0,200
SLU	SLV	1,500	1,550	1,200	0,035	0,017	1,703	0,200
	SLC	1,500	1,530	1,200	0,052	0,026	2,115	0,240

Non avendo potuto escludere la possibilità di liquefazione per i depositi indagati, secondo quanto definito all'art. 7.11.3.4.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018 sulla base dell'analisi preliminare delle caratteristiche del sito e del deposito, si è proceduto alla verifica a liquefazione applicando alcuni metodi di analisi empirica e semplificata noti in letteratura.

Secondo i metodi di calcolo utilizzati, si ottiene un **indice di liquefazione IL = 0,00** che corrisponde ad un **rischio di liquefazione molto basso**.

Gli interventi proposti sono progettati con lo scopo di ripristinare e migliorare la stabilità dei rilevati arginali a margine della sede stradale, con l'obiettivo di mitigare fenomeni di erosione e discontinuità superficiali, incrementare la capacità portante della cresta e garantire condizioni di esercizio sicure e durevoli.

Il criterio progettuale guida è la minima invasività e la reversibilità delle opere, privilegiando materiali naturali dove compatibili (legno di castagno) e soluzioni a basso impatto paesaggistico.

Gli interventi sono organizzati in una sequenza coordinata di lavorazioni: fresatura e demolizione della pavimentazione esistente per il recupero delle quote e la corretta ricostituzione del pacchetto, riprofilatura dei versanti per il ripristino della geometria e delle pendenze di progetto, posa di palificate lignee lungo i cigli con raccordi orizzontali e successiva compattazione controllata del terreno a contorno; segue la solidarizzazione trasversale mediante doppio cavo in acciaio. Sulla cresta stradale sono previsti strati funzionali di separazione e rinforzo (tessuto non tessuto e geogriglia) e la formazione della massicciata, con eventuale strato drenante di usura/binder per favorire lo smaltimento delle acque.

A seguito delle considerazioni effettuate, derivanti dalle valutazioni geologiche e geologico-tecniche formulate e fatte salve le prescrizioni di cui sopra, si ritiene di poter esprimere **un parere del tutto favorevole agli interventi in ambito di progetto**.

San Michele Tiorre, li 19 settembre 2025



Dott. Geol. Luca Calzolari

TAVOLE

Tavola Ia

STRALCIO CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE Geoportale Regione Emilia Romagna Scala 1:25.000

Foglio 181 Nord Est - Comune di Sissa Trecasali

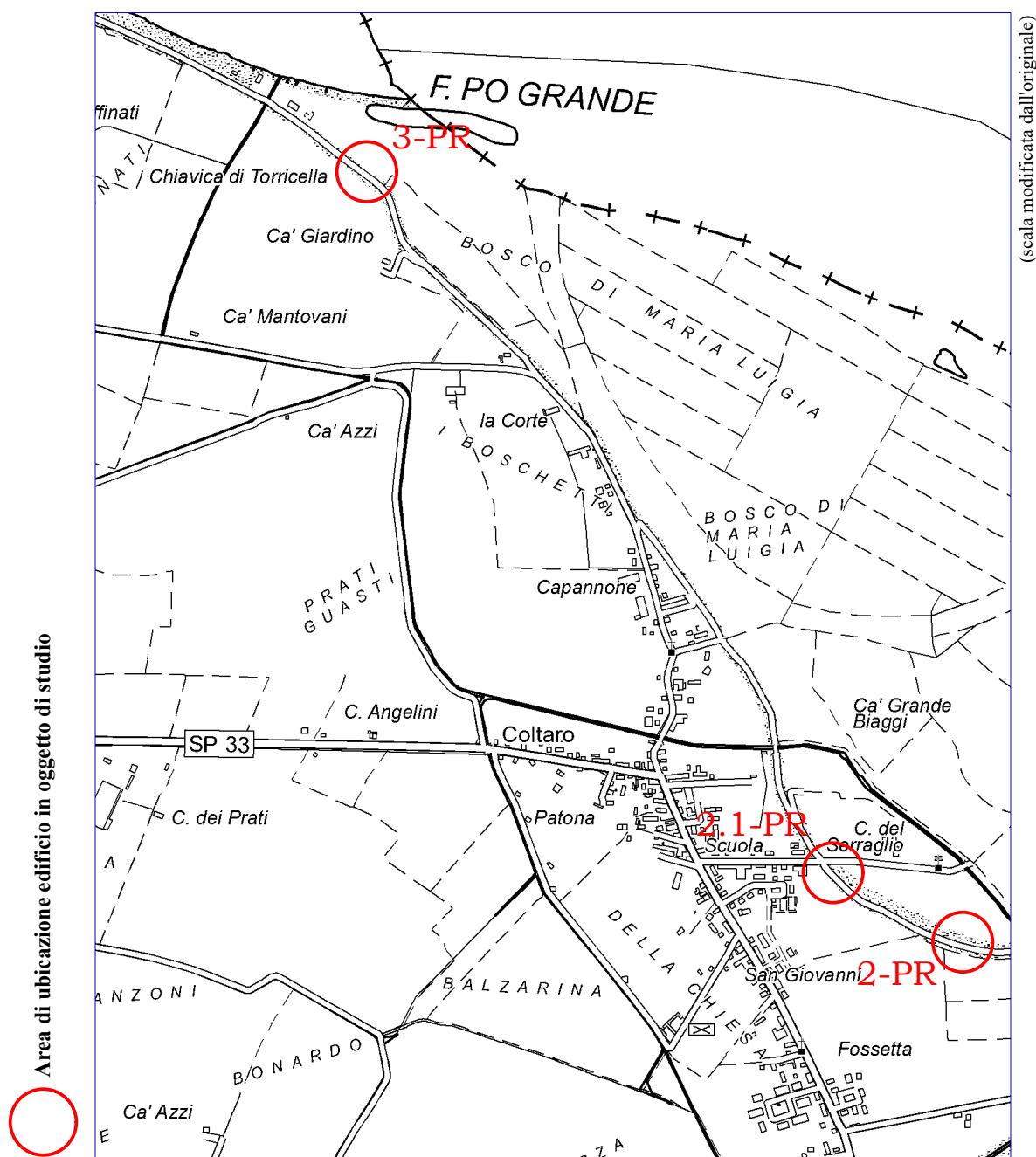


Tavola Ib

STRALCIO CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE Geoportale Regione Emilia Romagna Scala 1:25.000

Foglio 182 Nord Ovest - Comune di Colorno

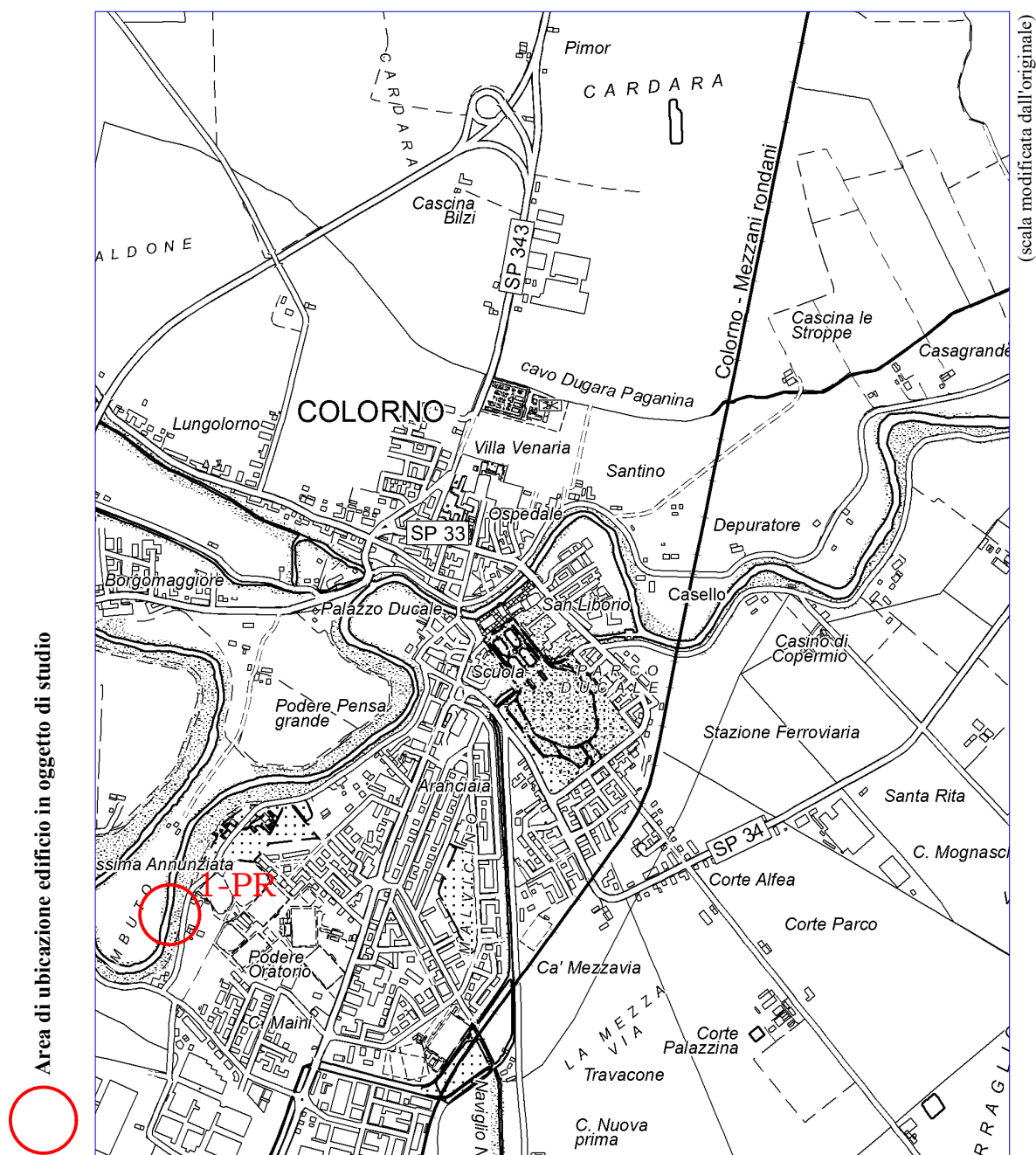
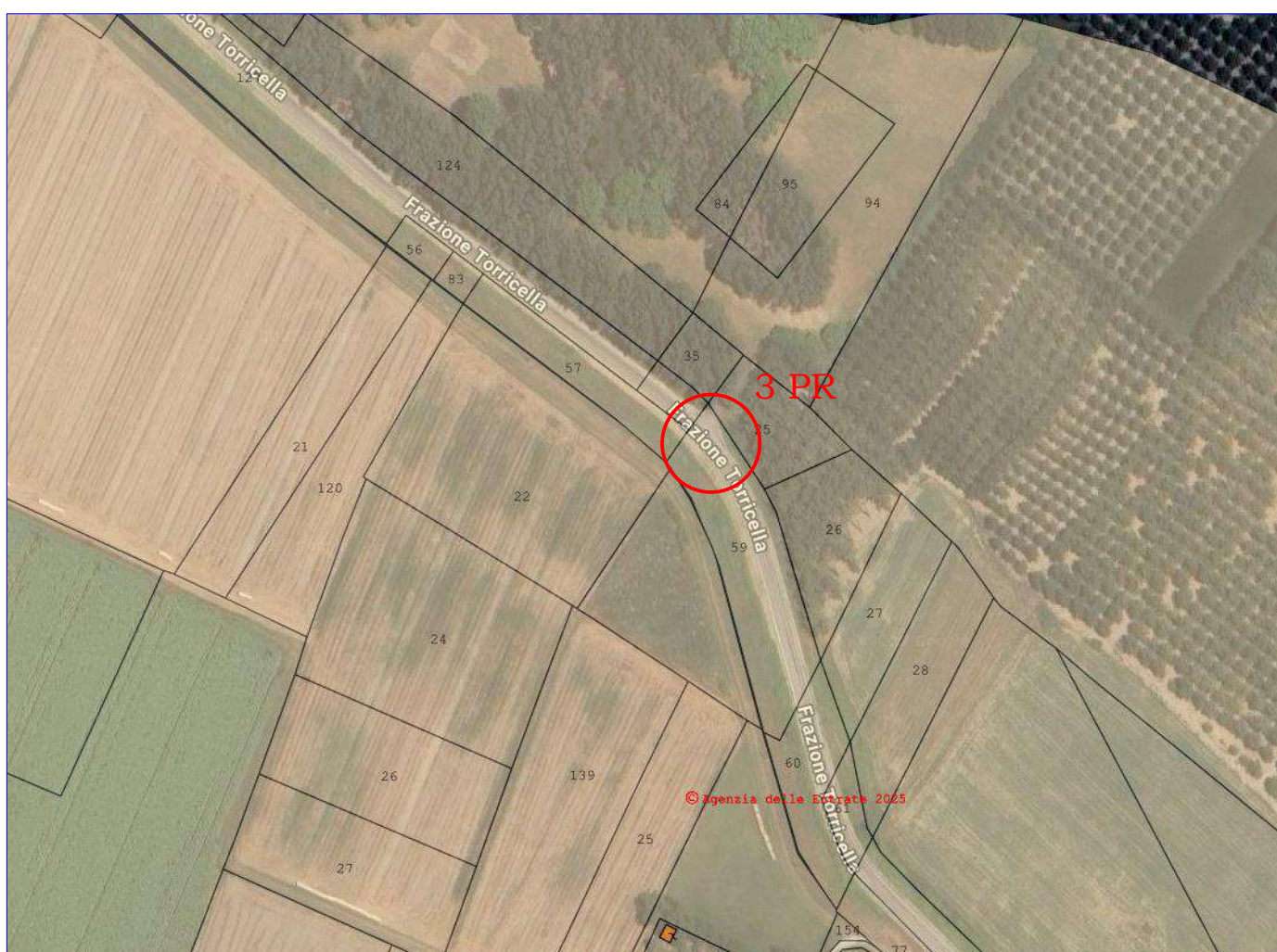


Tavola IIa

STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE Scala 1:2.000

**Comune di Sissa Trecasali - Sezione A - Fogli 2 e 7
Cedimenti Tratto 3 PR-FESR**

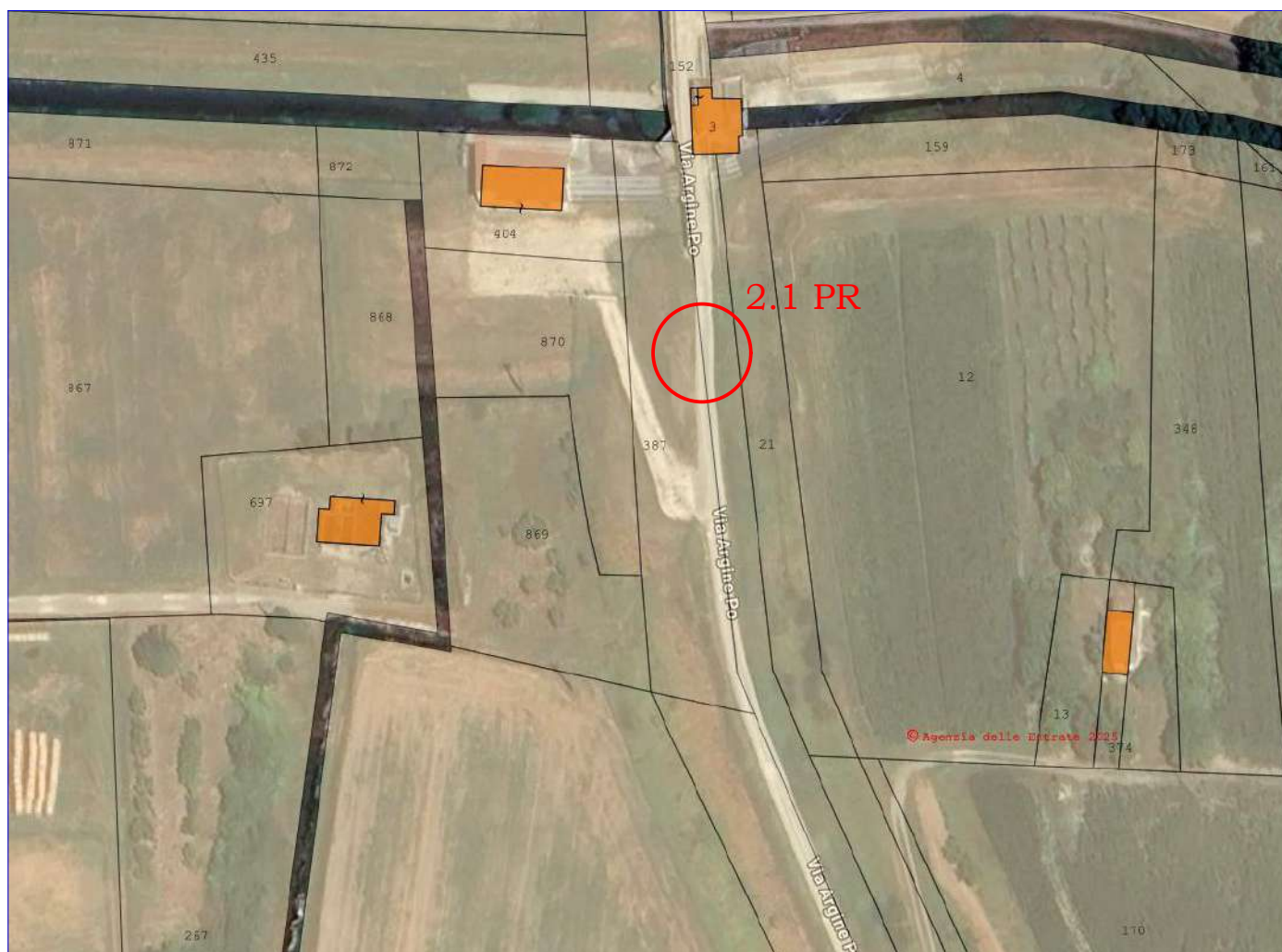


Area in oggetto di studio

Tavola IIb

STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE Scala 1:2.000

**Comune di Sissa Trecasali - Sezione A - Fogli 25 e 26
Cedimenti Tratto 2.1 PR-FESR**



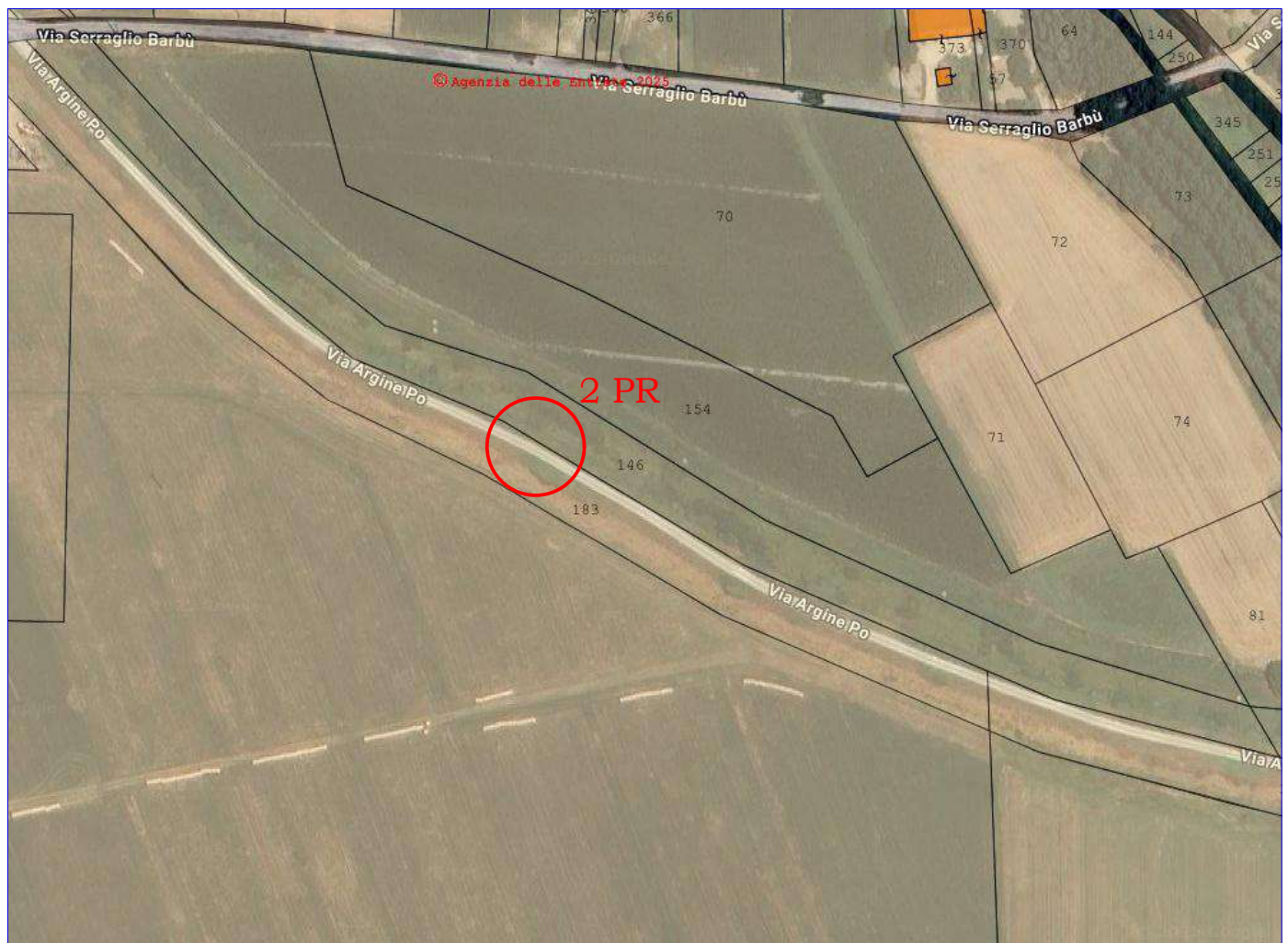
Area in oggetto di studio

Tavola IIc

STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE

Scala 1:2.000

**Comune di Sissa Trecasali - Sezione A - Fogli 25 e 26
Cedimenti Tratto 2 PR-FESR**

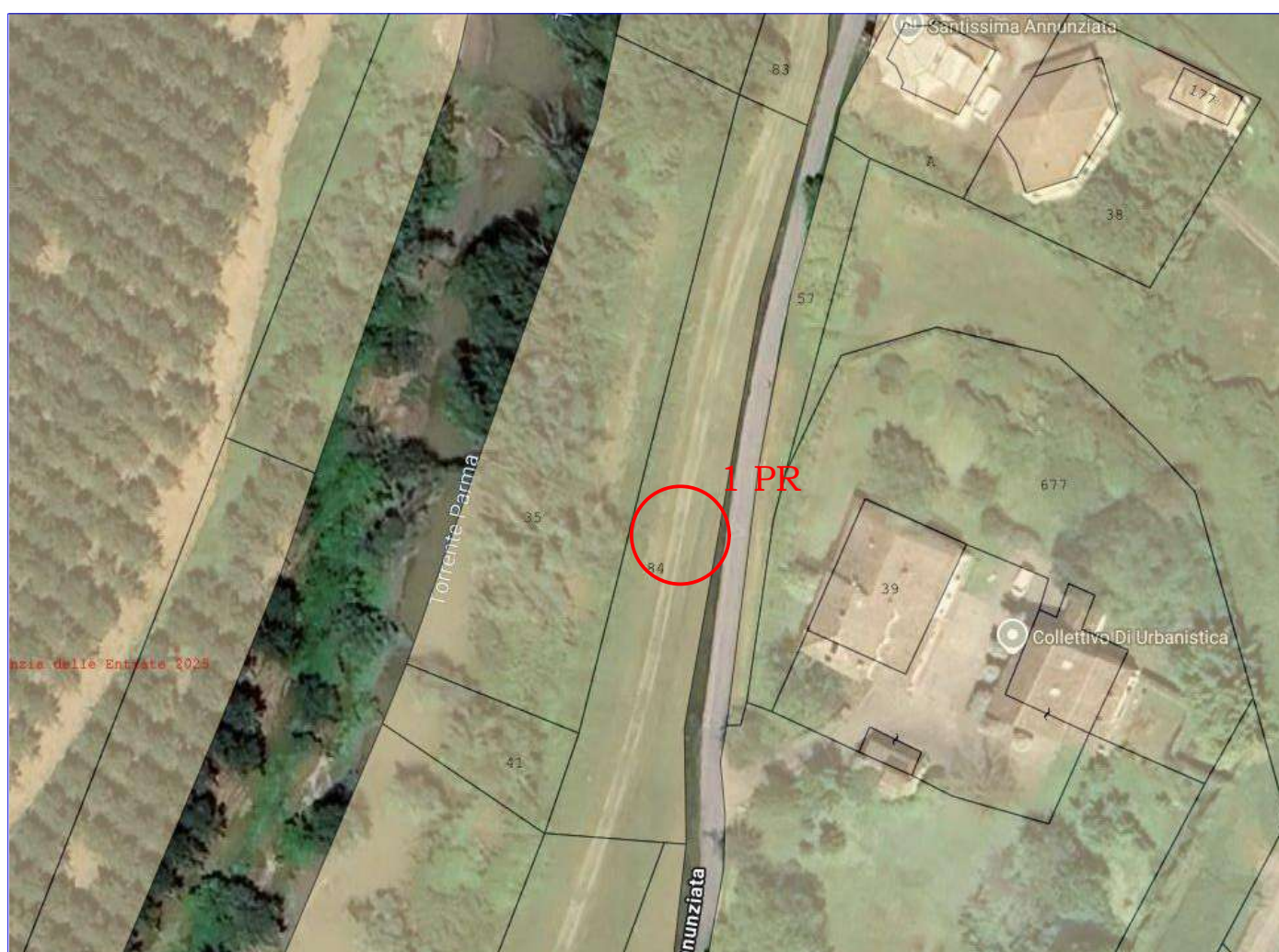


Area in oggetto di studio

Tavola IIId

STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE Scala 1:2.000

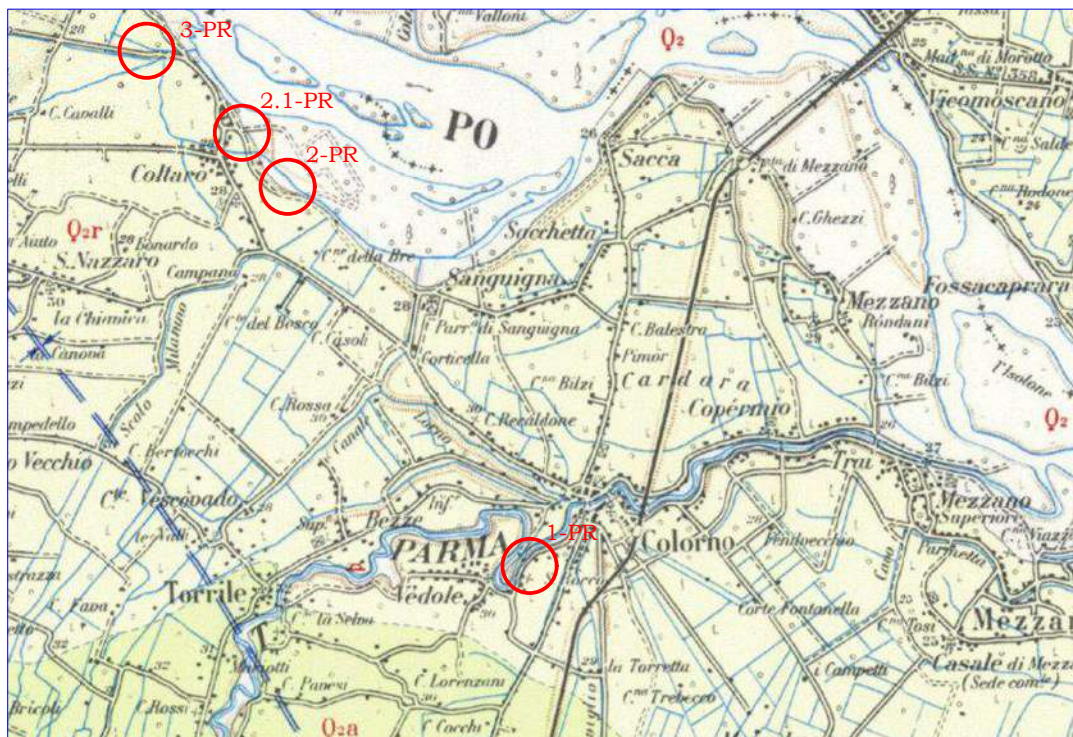
**Comune di Colorno - Foglio 43
Cedimenti Tratto 1 PR-FESR**



Area in oggetto di studio

Tavola IIIa

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - Foglio 73 - Parma Scala 1:100.000



(scala modificata dall'originale)



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

Legenda

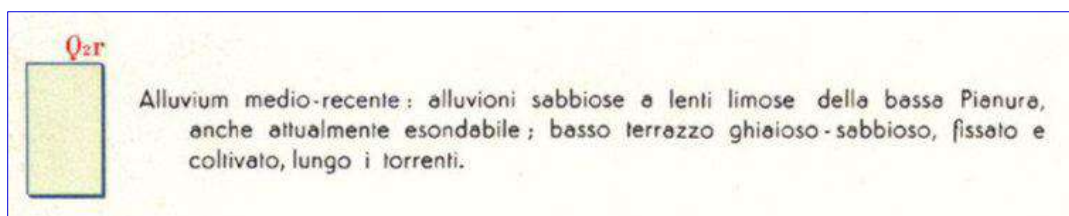
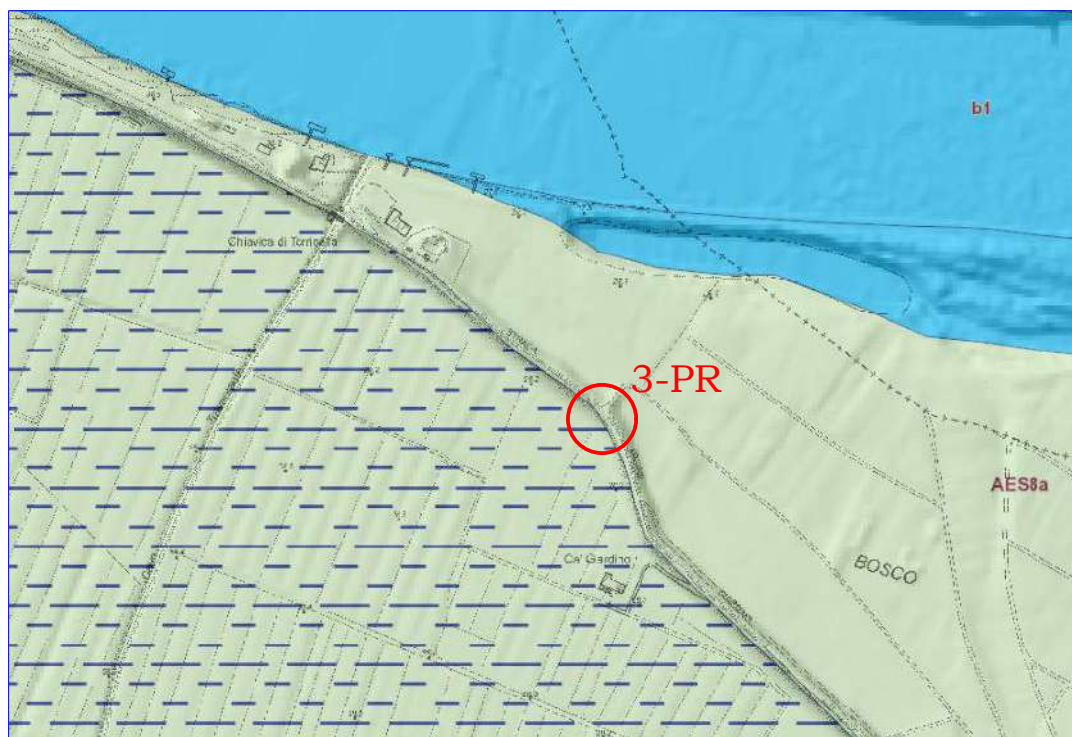


Tavola IVa

STRALCIO CARTA GEOLOGICA REGIONALE EMILIA ROMAGNA Scala 1:10.000



(scala modificata dall'originale)



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

Legenda



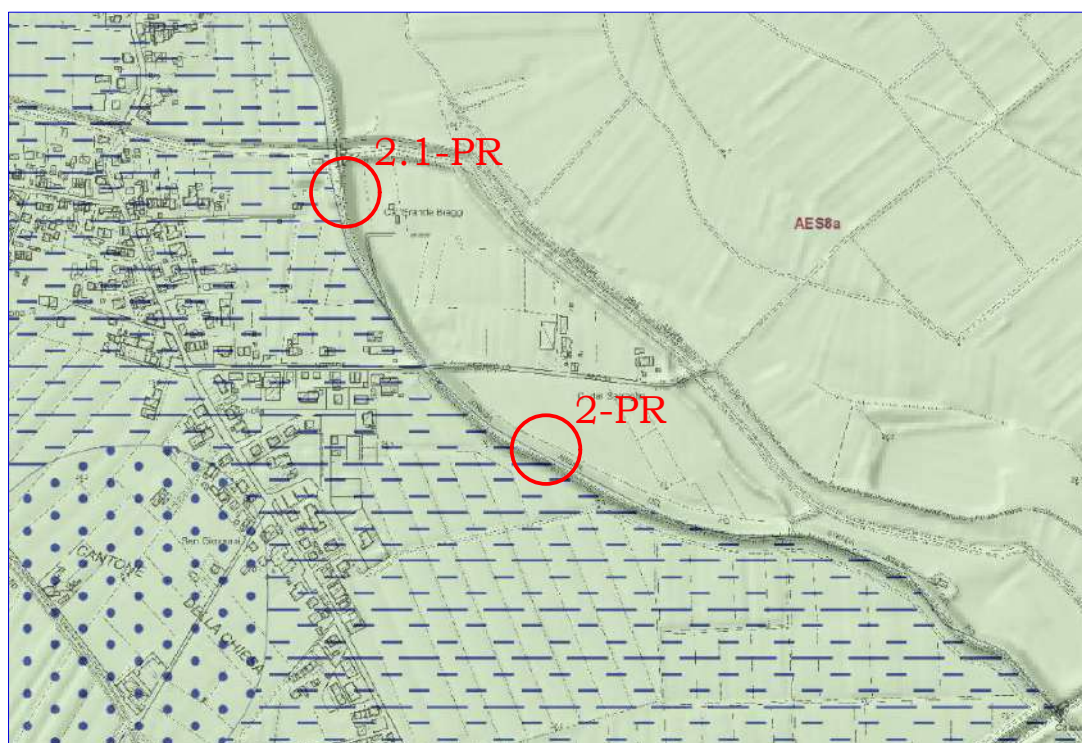
AES8a - Unità di Modena: Limi argillosi di piana alluvionale



AES8a - Unità di Modena: Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

Tavola IVb

STRALCIO CARTA GEOLOGICA REGIONALE EMILIA ROMAGNA Scala 1:10.000



(scala modificata dall'originale)



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

Legenda



AES8a - Unità di Modena: Limi argillosi di piana alluvionale



AES8a - Unità di Modena: Sabbie di piana alluvionale



AES8a - Unità di Modena: Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

Tavola IVc

STRALCIO CARTA GEOLOGICA REGIONALE EMILIA ROMAGNA Scala 1:10.000



(scala modificata dall'originale)



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

Legenda



AES8a - Unità di Modena: Limi argillosi di piana alluvionale



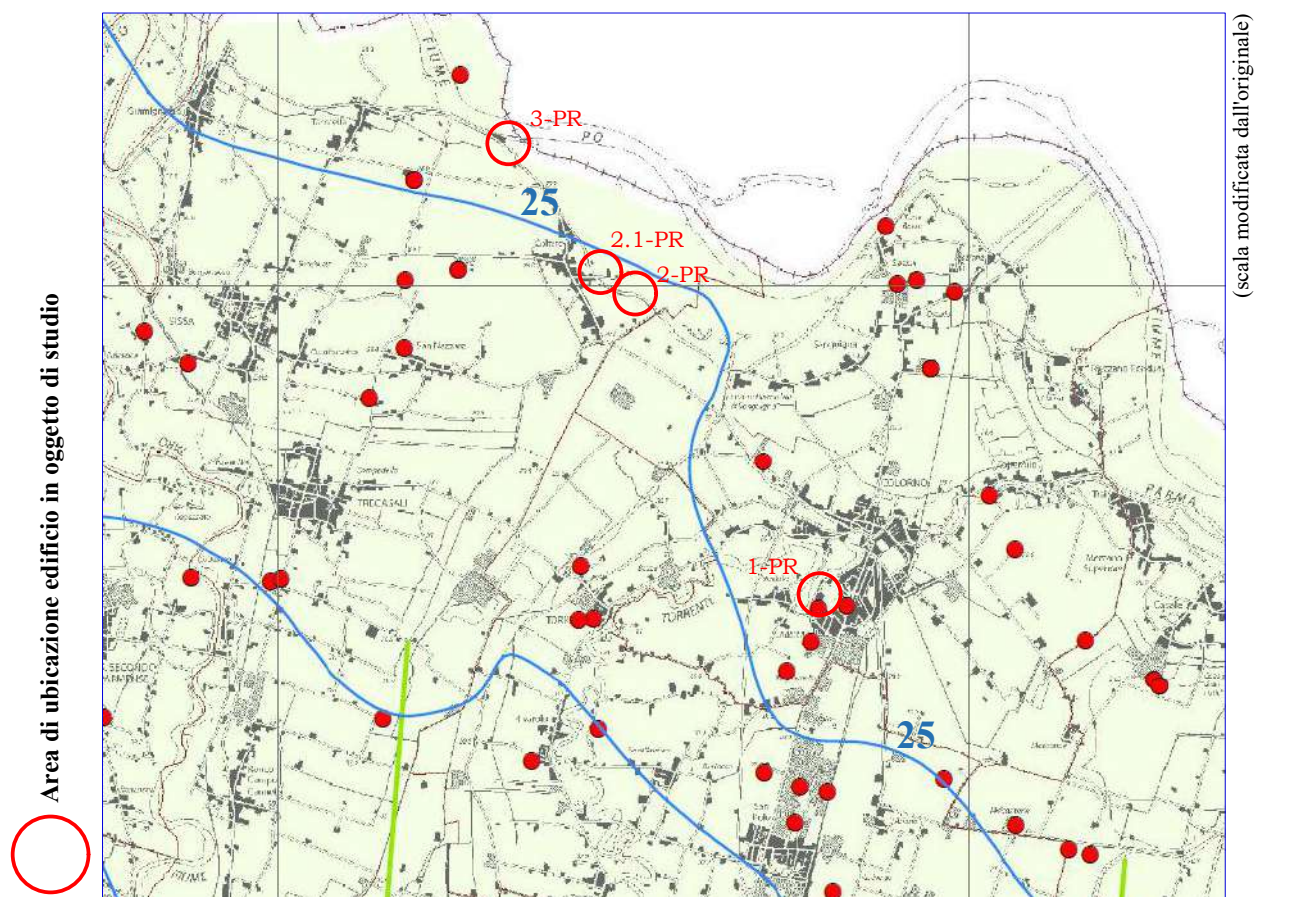
AES8a - Unità di Modena: Sabbie di piana alluvionale



AES8a - Unità di Modena: Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

Tavola Va

STRALCIO CARTA DEL PIANO INFRAREGIONALE DELLE ATTIVITÀ ESTRATTIVE Scala 1:100.000



Analisi idrogeologica della pianura parmense

- Depositi alluvionali di pianura
- Limite freatico
- Linee isofreatiche
- Assi di drenaggio
- Pozzi
- Sorgenti non captate
- Sorgenti storiche (I.B.C.)
- Sorgenti captate
- Sorgenti con deposito di travertino
- Cavità e grotte
- Faglie
- Concessioni minerarie
- Limite delle zone di protezione delle acque sotterranee pedecollina-pianura

Tavola VIa

STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Tavola Pericolosità

Coltaro

Geoportale Emilia Romagna



Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Legenda

Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

Elementi Potenzialmente Esposti

- | | areali | puntuali | lineari |
|---|--------|-----------------------|--|
| Zone urbanizzate | | | |
| Attività produttive | | | |
| Strutture strategiche e sedi di attività collettive | | scuola
ospedale | reti per la distribuzione di servizi
reti stradali secondarie e spazi accessori
reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori |
| Infrastrutture strategiche | | diga | |
| Insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale | | impianti insediamenti | |
| Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse | | | |

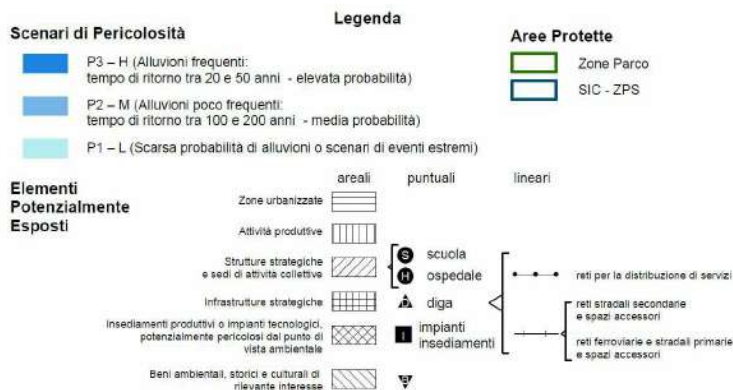
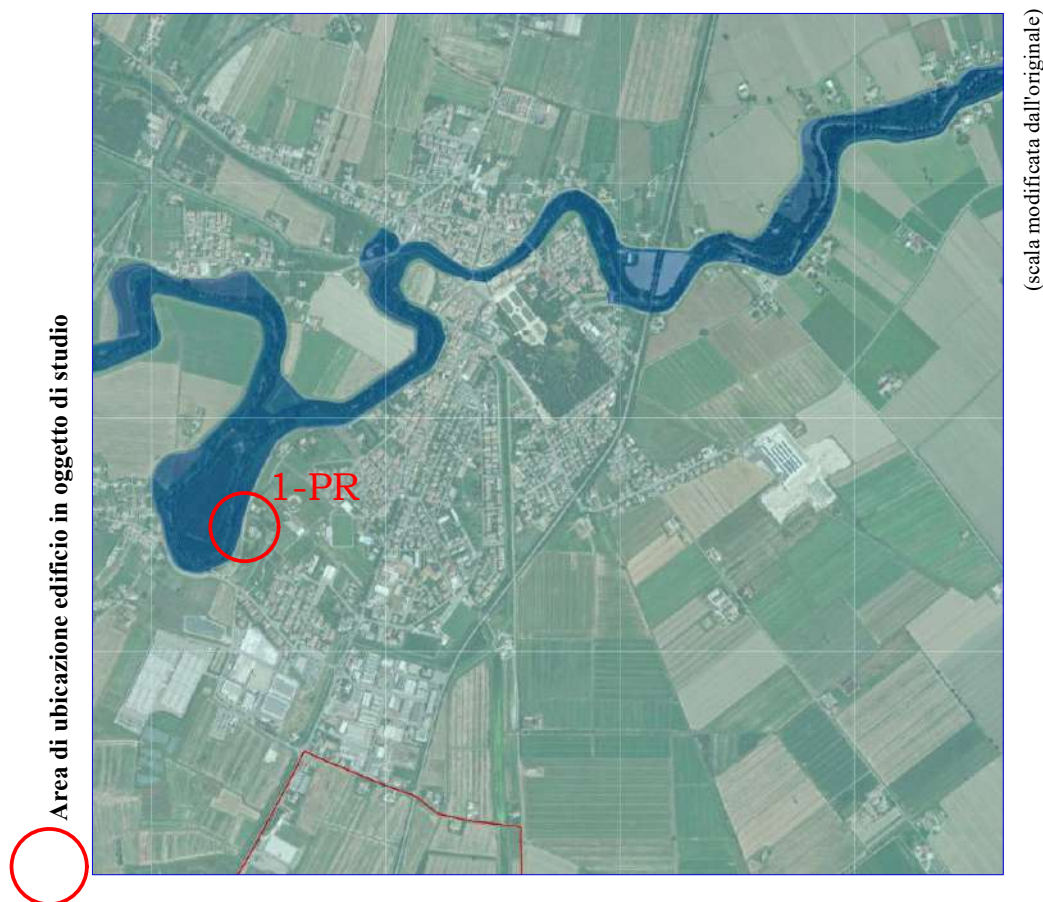
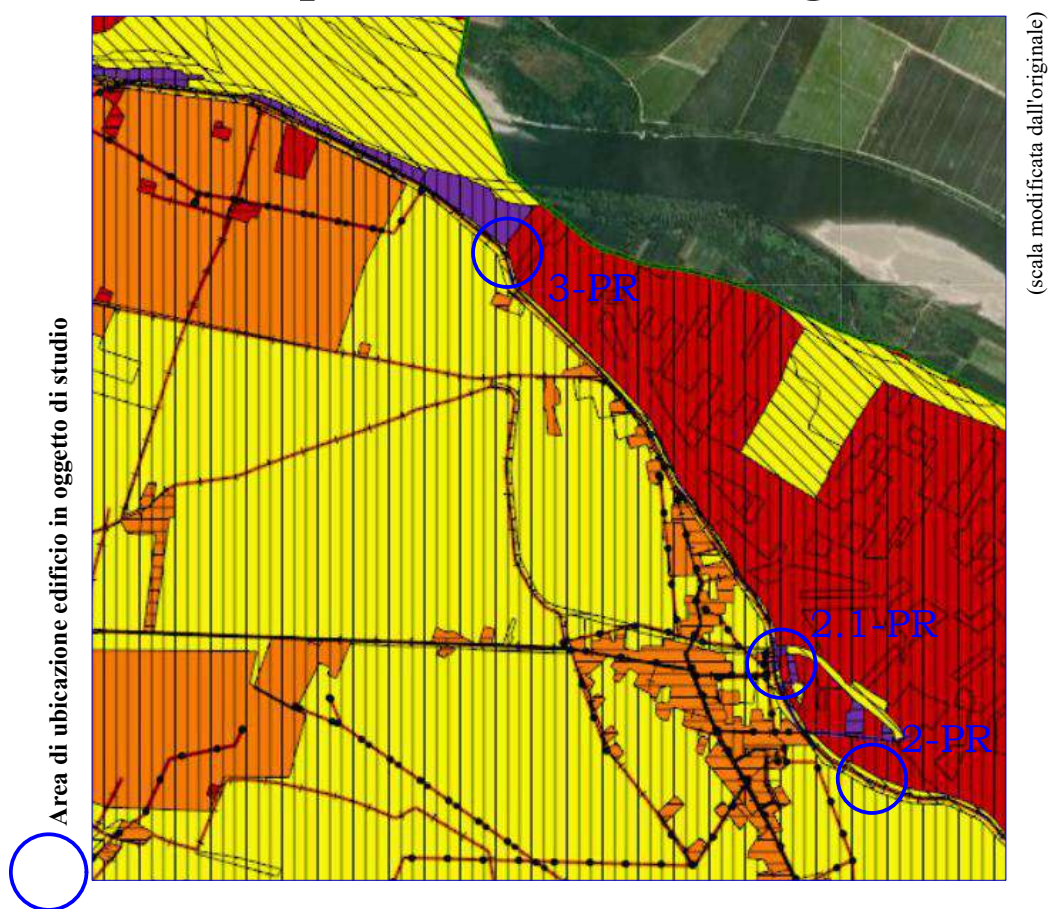
Tavola VIb**STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL
RISCHIO ALLUVIONI****Tavola Pericolosità****Colorno - Copermio****Geoportale Emilia Romagna**

Tavola VIIa**STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL
RISCHIO ALLUVIONI****Tavola del Rischio****Coltaro****Geoportale Emilia Romagna****Legenda****Aree Protette**

Zone Parco



SIC - ZPS

Classi di Rischio**R1** (rischio moderato o nullo)**R2** (rischio medio)**R3** (rischio elevato)**R4** (rischio molto elevato)

puntuali



lineari



areali



Tavola VIIb**STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL
RISCHIO ALLUVIONI****Tavola del Rischio****Colorno - Copermio
Geoportale Emilia Romagna**

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



(scala modificata dall'originale)

Legenda

Aree Protette



Zone Parco



SIC - ZPS

Classi di Rischio

R1 (rischio moderato o nullo)

R2 (rischio medio)

R3 (rischio elevato)

R4 (rischio molto elevato)

puntuali

lineari

areali



Tavola VIIIa

STRALCIO PUG COMUNE DI SISSA TRECASALI

Tavola dei Vincoli

Scala 1:5.000

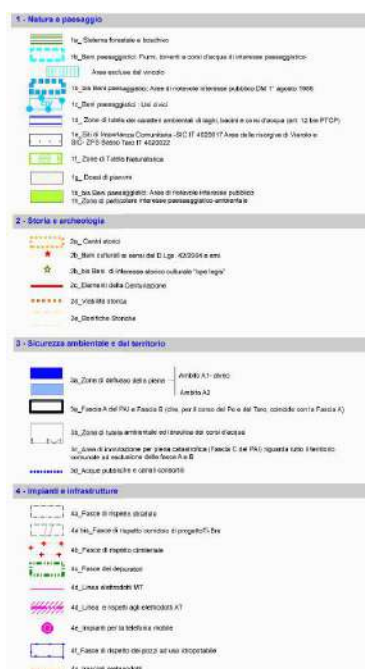
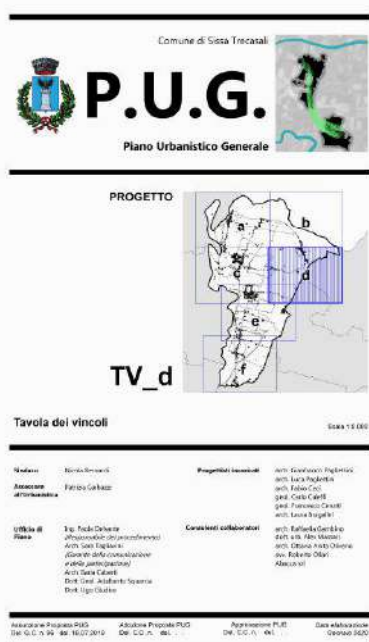
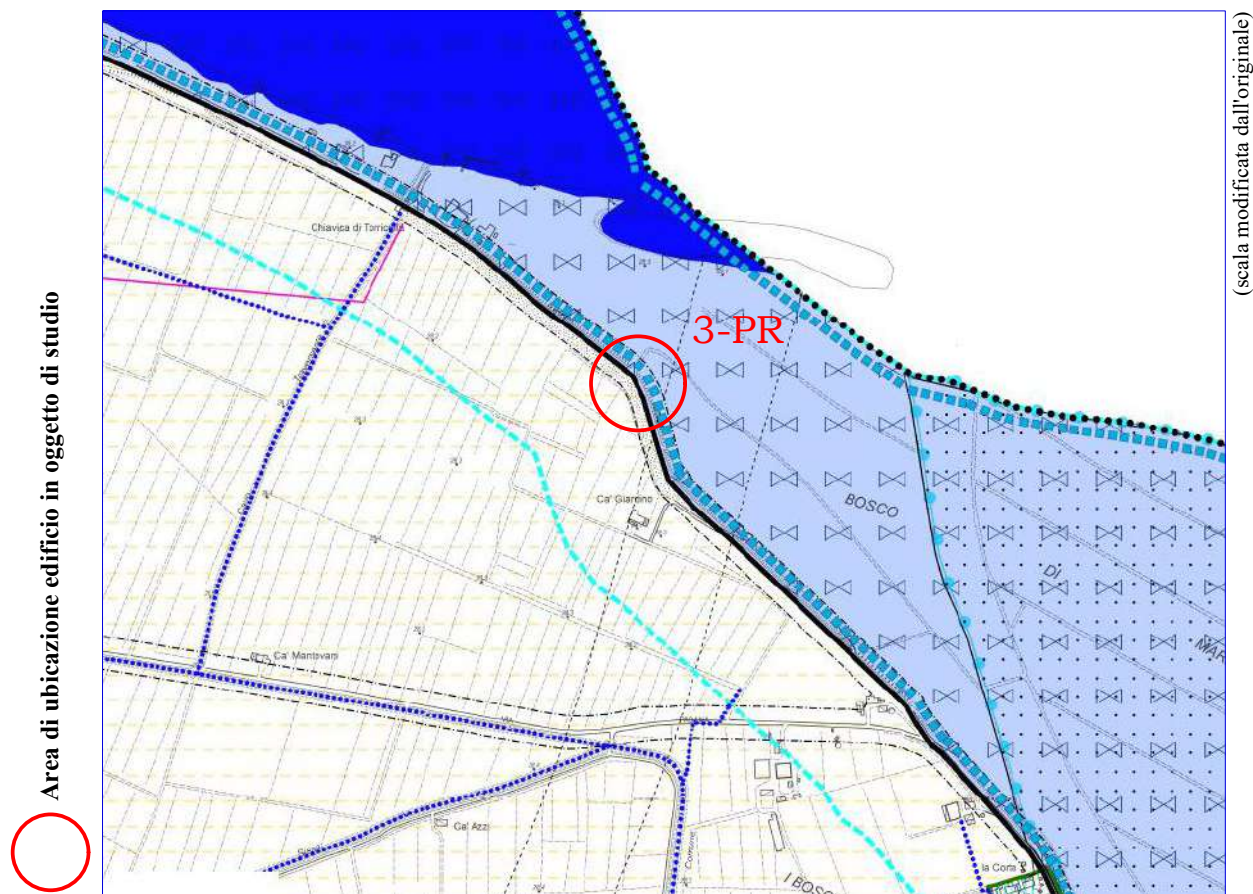


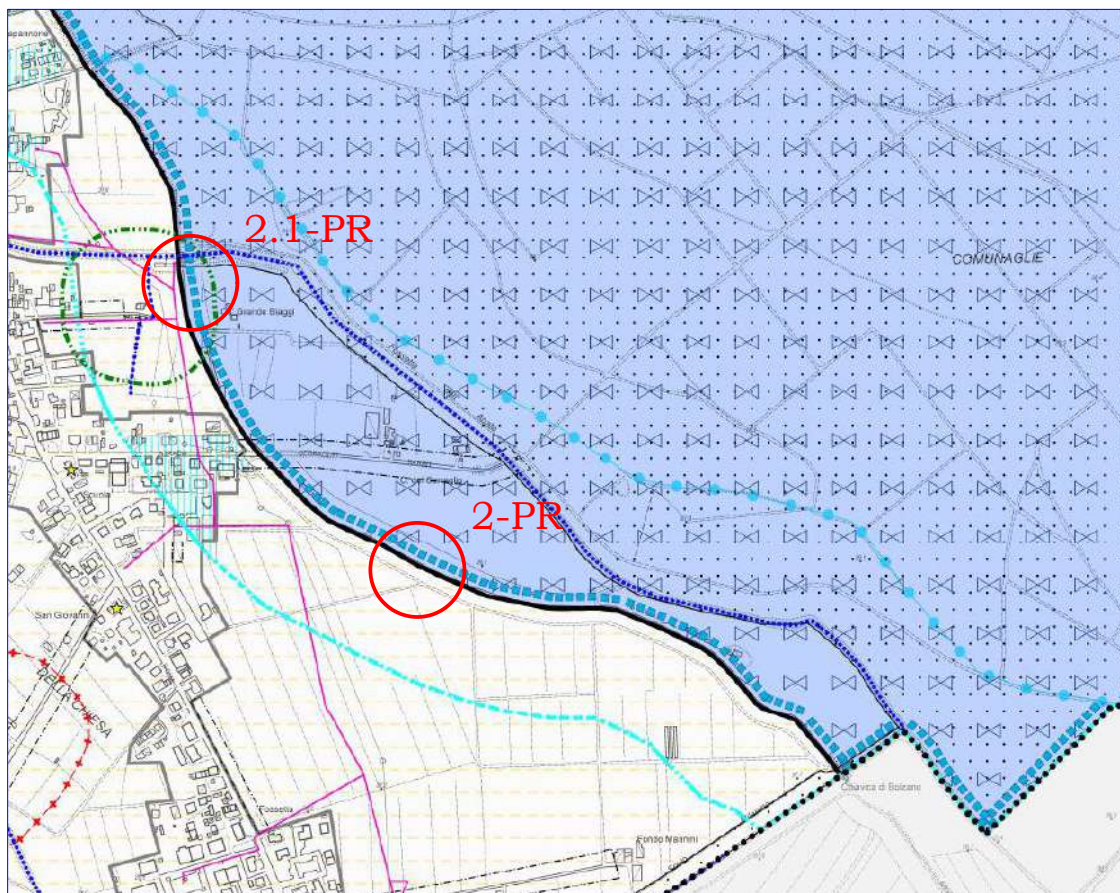
Tavola VIIIb

STRALCIO PUG COMUNE DI SISSA TRECASALI

Tavola dei Vincoli

Scala 1:5.000

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



(scala modificata dall'originale)

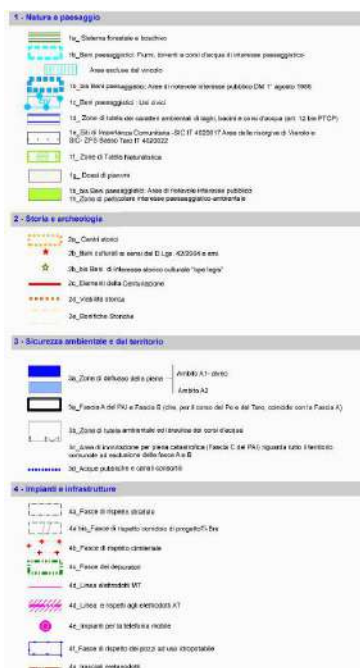
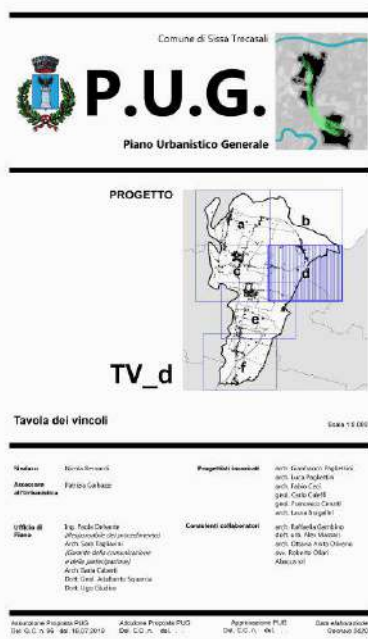


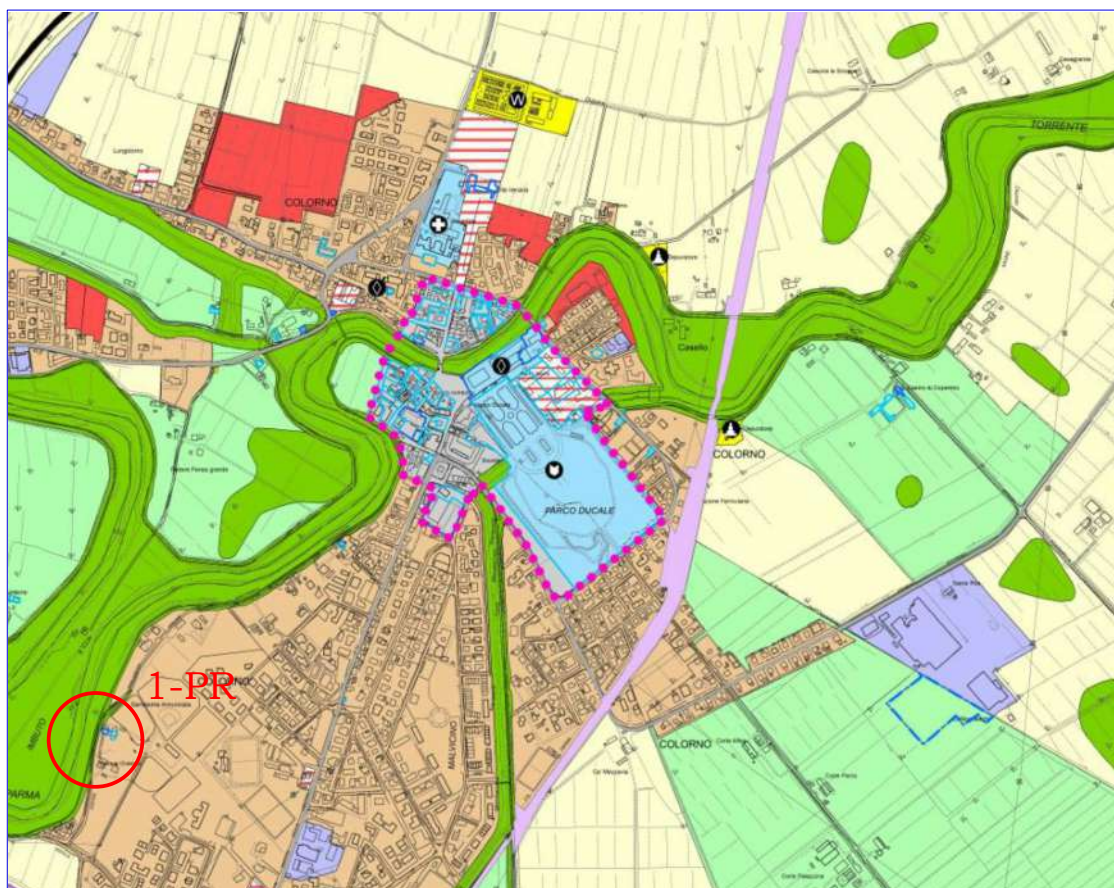
Tavola VIIIc

STRALCIO PSC COMUNE DI COLORNO

Tavola dei Vincoli

Scala 1:10.000

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



(scala modificata dall'originale)

Comune di Colorno

Provincia di Parma
Regione Emilia Romagna

**P.S.C.
PIANO STRUTTURALE COMUNALE**

VARIANTE PSC 1°_2017
(ai sensi dell'art.14bis L.R.20/2000 smi)

Progetto del territorio comunale

Scala 1:10.000

PSC 4

Febbraio 2018

Sindaco: **Michela Canova**
Assessore all'Urbanistica: **Pier Luigi Mora**
UTC - Settore Uso e Assetto del Territorio (Resp.): **Maurizio Albertelli**

Adozione: _____
Controllo/revisione: _____
Approvazione: _____

TERRITORIO RURALE

- Ambiti ad alta vocazione agricola produttiva
- Ambiti agricoli di rilievo paesaggistico
- Ambiti agricoli di valore naturale ed ambientale

TERRITORIO URBANO

- Centro storico
- Ambiti urbani consolidati
- Ambiti da riqualificare
- Ambiti per nuovi insediamenti

AMBITI SPECIALIZZATI PER ATTIVITA' PRODUTTIVE

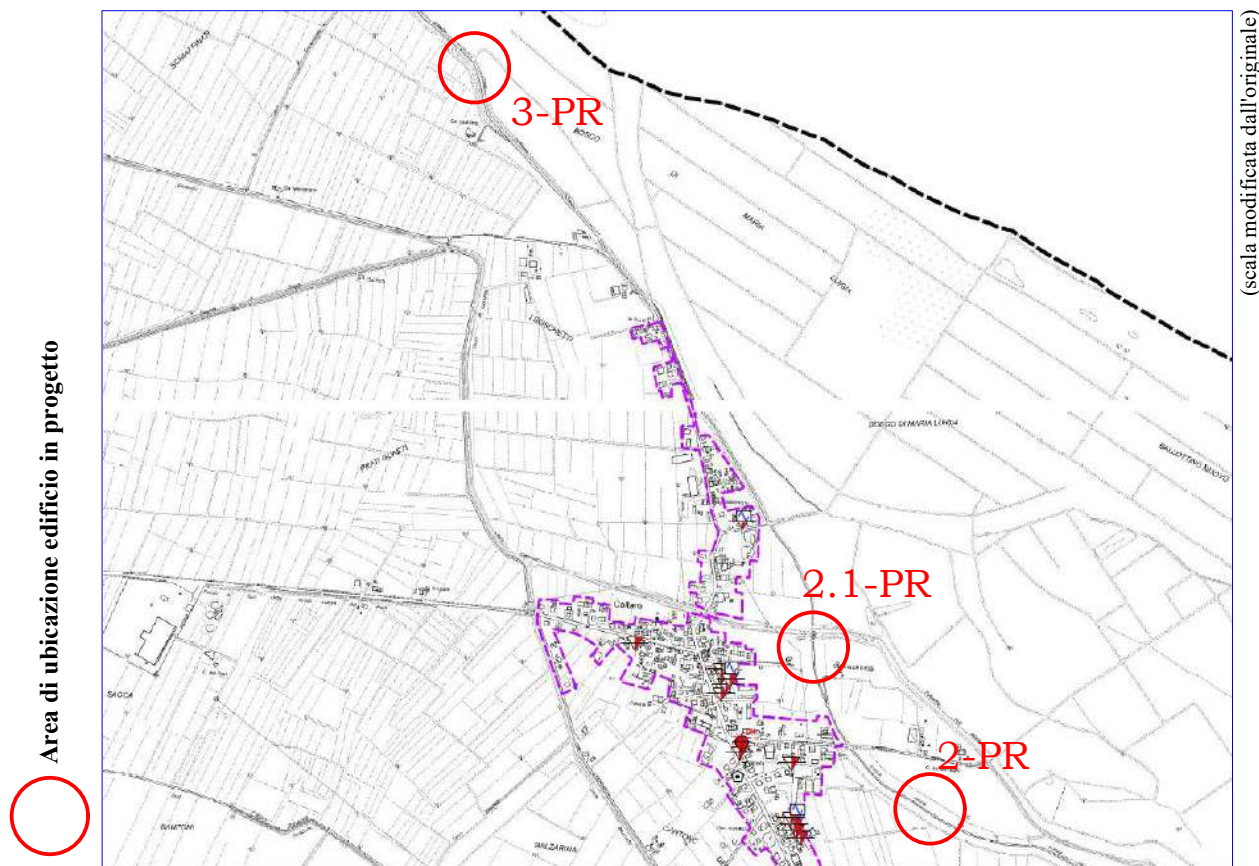
- Ambiti specializzati per attività produttive esistenti
- Ambiti specializzati per attività ricettive e pubblici esercizi
- Ambiti per attività direzionali da riqualificare
- Ambiti specializzati per attività produttive da riqualificare
- Ambiti specializzati per nuove attività produttive

Tavola IXa

STRALCIO CARTA DELLE INDAGINI

Scala 1:10.000

Sissa TreCasali



Legenda

-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Prova sismica in foro tipo Downhole
-  Trincea o pozzetto aspirativo
-  Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
-  Prova penetrometrica statica con piezometro (CPTU)
-  Prova penetrometrica con cono sismico e piezometro (SCPTU)
-  Prova penetrometrica dinamica super pesante (DS)
-  Prova penetrometrica dinamica pesante (DP)
-  Prova penetrometrica dinamica media (IDN)
-  Pozzo per acqua
-  Stazione microtremore a stazione singola (HVS)
-  Stratigrafia zona MS (teorica)
-  MASW
-  Prova Refraction Microtremors
-  Confine comunale
-  Area oggetto di microzonazione sismica

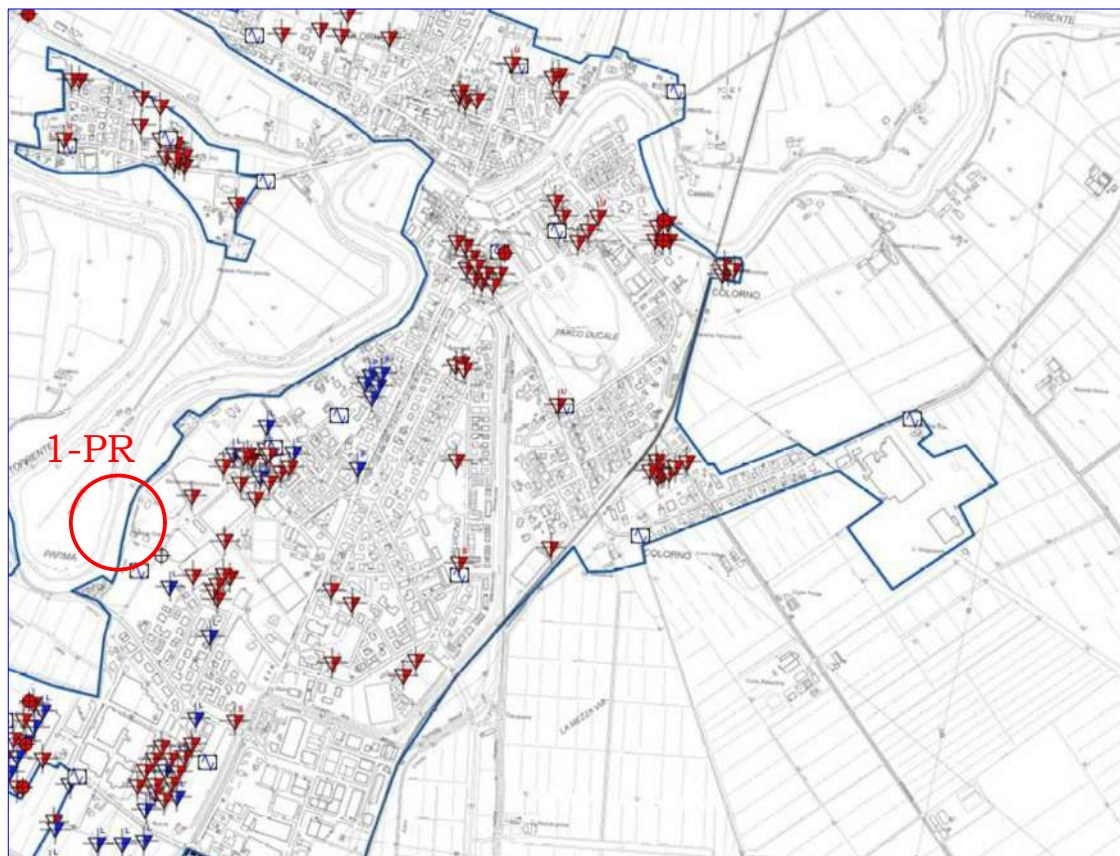
Tavola IXb

STRALCIO CARTA DELLE INDAGINI

Scala 1:10.000

Colorno

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)



MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle indagini

scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna

Comune di Polesine Zibello

Settore Ovest



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore Direzione tecnica: Dott. Geol. Carlo Calzolari Dott. Geol. Francesco Cerretti Collaboratori: Dott. Geol. Matteo Batti Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Ing. Giulia Mainardi Dott.ssa Geol. Alessandra Corbioni Dott. Andrea Conti	Data Aprile 2020
---------------------------	---	---------------------

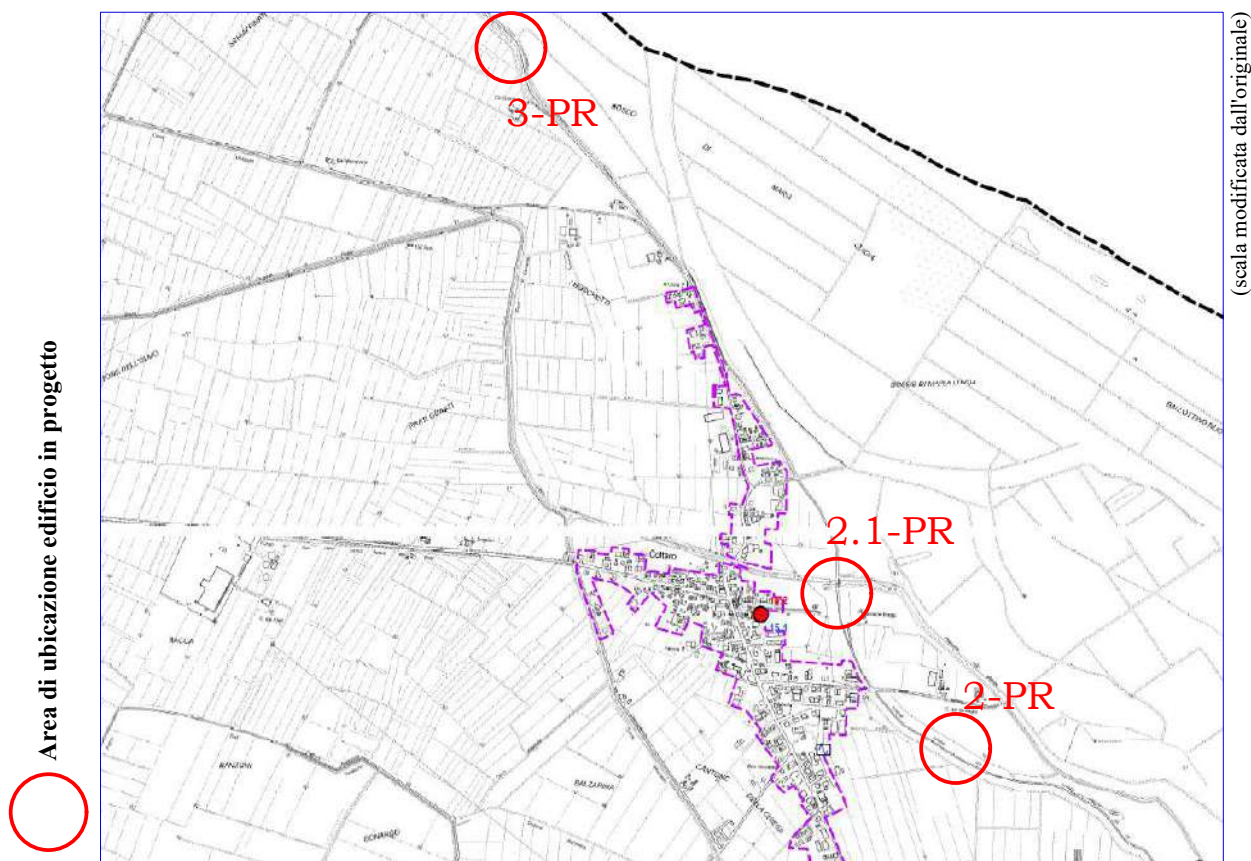
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
- Sondaggio a distruzione di nucleo
- Trincea o pozzetto esplorativo
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- Prova penetrometrica statica con piezocono
- Prova penetrometrica dinamica leggera
- Prova penetrometrica dinamica pesante
- Prova penetrometrica con cono sismico
- MASW
- Stazione microtremore a stazione singola

Tavola Xa

STRALCIO CARTA FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Scala 1:10.000

Sissa Trecasali



MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle frequenze naturali dei terreni

settore nord
scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Sissa Trecasali



Legenda

frequenza picco significativo (Hz)	ampiezza picco			spessore atteso (m)
	1.5 < HVR < 2	2 < HVR < 3	HVR > 3	
$F_0 \leq 0,6$				> 200
$0,6 < F_0 \leq 1$				200 - 100
$1 < F_0 \leq 2$				100 - 30
$2 < F_0 \leq 8$				30 - 10
$F_0 > 8$				< 10
Assenza di picchi significativi				

A lato del simbolo sono riportate le frequenze relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente



Confine comunale



Aree oggetto di microzonazione sismica

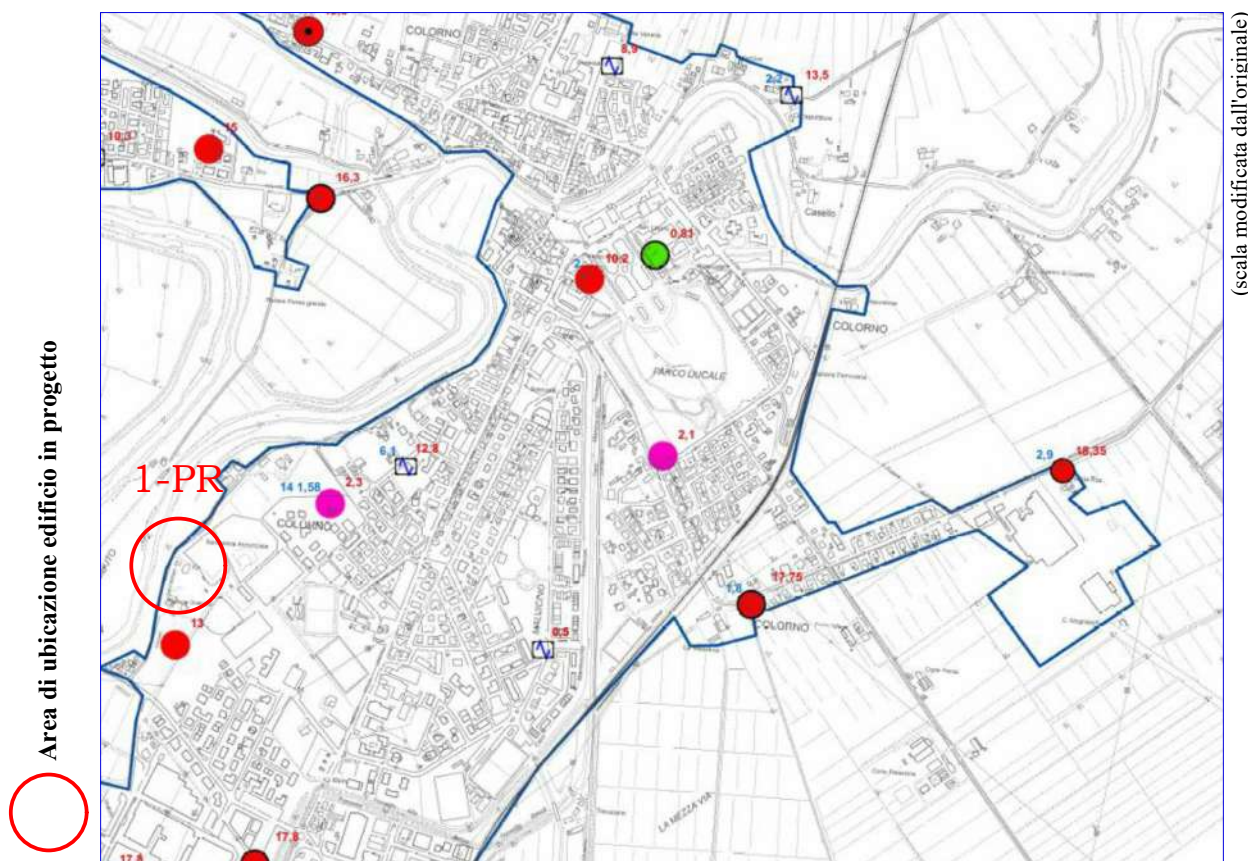
Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	Dott. Geol. Stefano Castagnetti	Ottobre 2020
	Collaboratore: Dott. Geol. Mario Baldi	

Tavola Xb

STRALCIO CARTA FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Scala 1:10.000

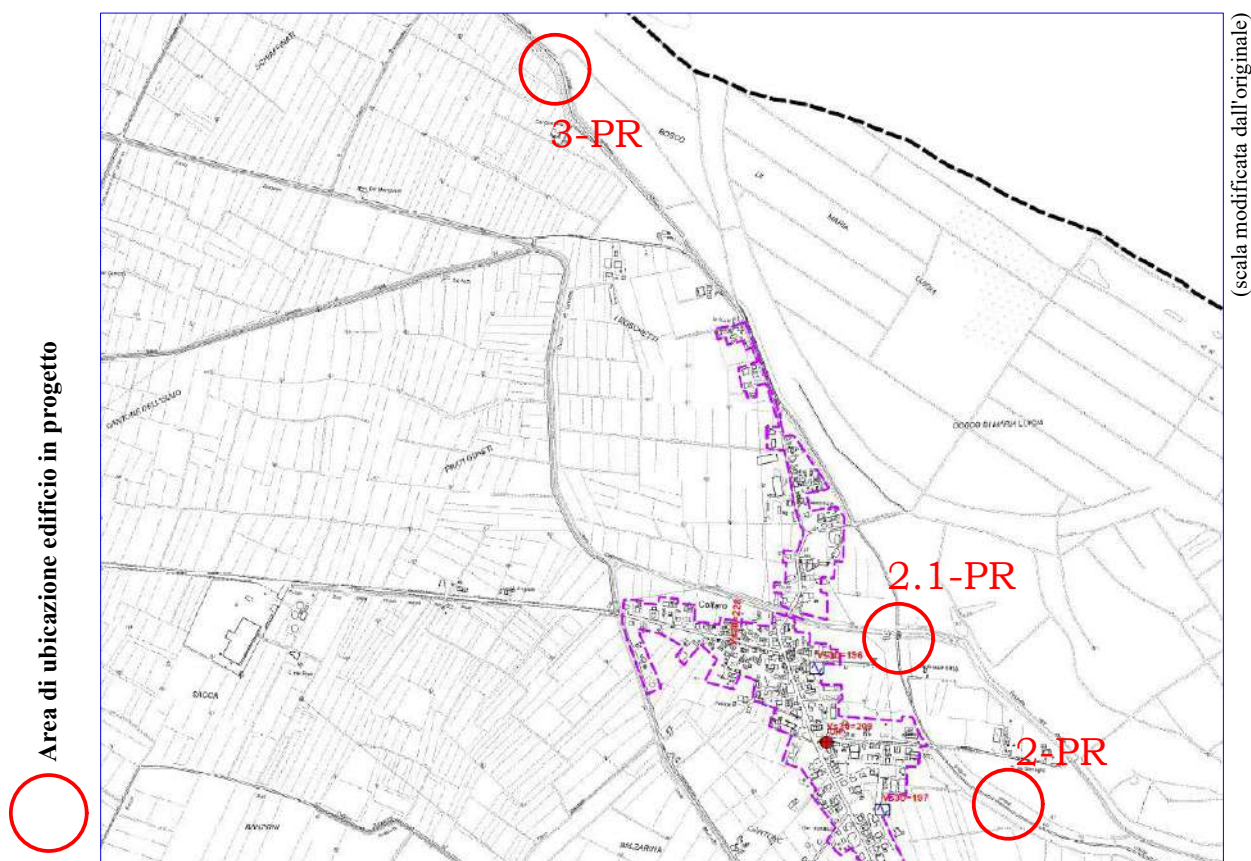
Colorno



FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Frequenza picco significativo (hz)	Ampiezza picco		
	1,5 ≤ HVSR < 2	2 ≤ HVSR < 3	HVSR ≥ 3
fo ≤ 0,6	●	●	●
0,6 < fo ≤ 1	●	●	●
1 < fo ≤ 2	●	●	●
2 < fo ≤ 8	●	●	●
fo > 8 Hz	●	●	●
Assenza picchi significativi HVSR < 1,5	□		

A lato del simbolo sono riportate la frequenza relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente

Tavola XIa**STRALCIO CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE
DI TAGLIO S
Scala 1:10.000
Sissa Trecasali**

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta delle velocità delle
onde di taglio Ssettore nord
scala 1:10.000**Regione Emilia-Romagna**
Comune di Sissa Trecasali

Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	Dott. Geol. Stefano Castagnetti Collaboratore: Dott. Geol. Marco Baldi	Ottobre 2020

Legenda

- 205
31 U
SCPTU con indicato il valore di Vsh in m/s
- 205
Interpretazione misura microtremori a stazione singola
con indicato il valore di Vsh in m/s
- 205
DH
Downhole con indicato il valore di Vsh in m/s
- 210
MASW o RE.MI. con indicato il valore di Vsh in m/s
- Confine comunale
- Aree oggetto di microzonazione sismica

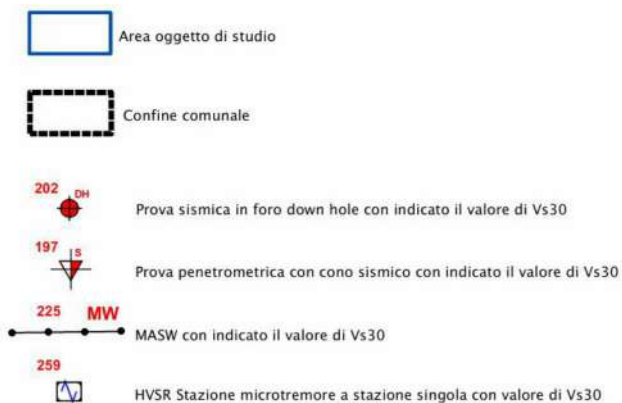
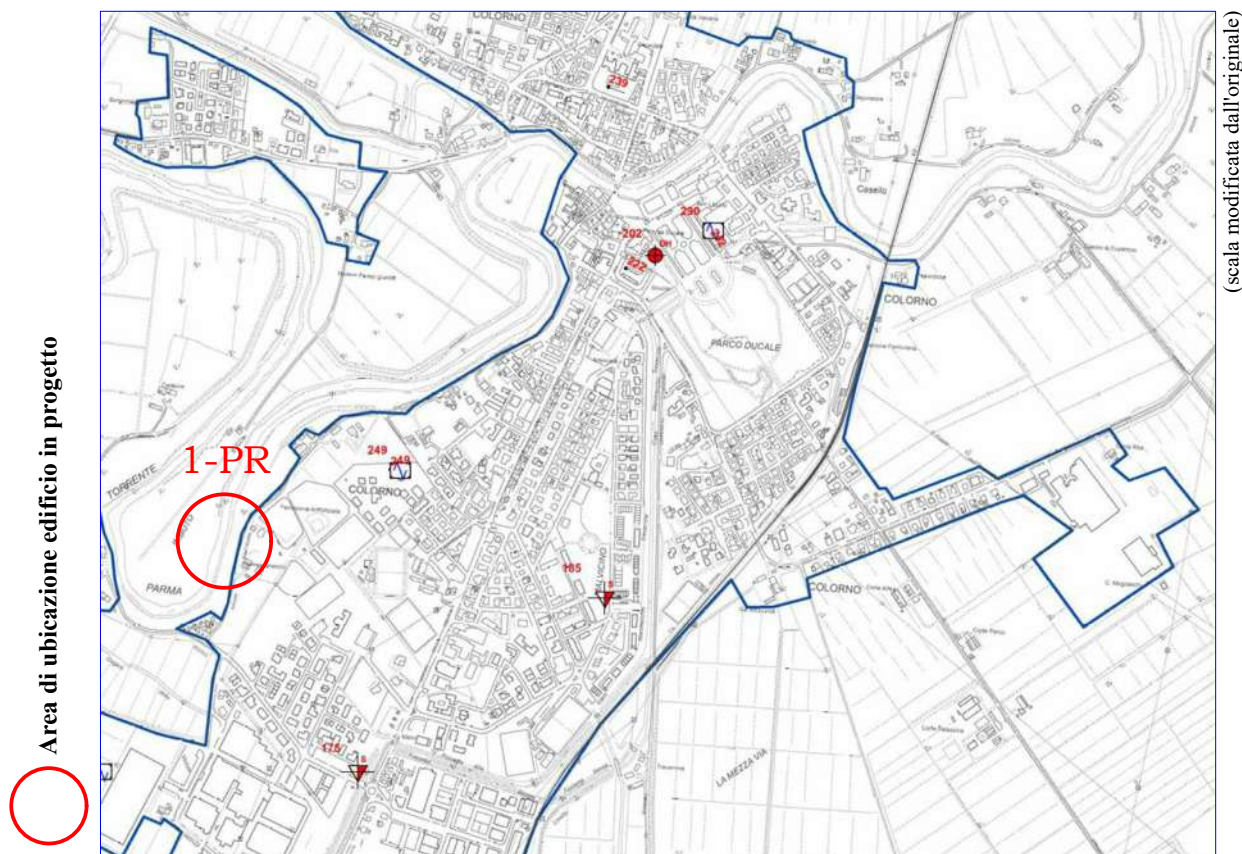
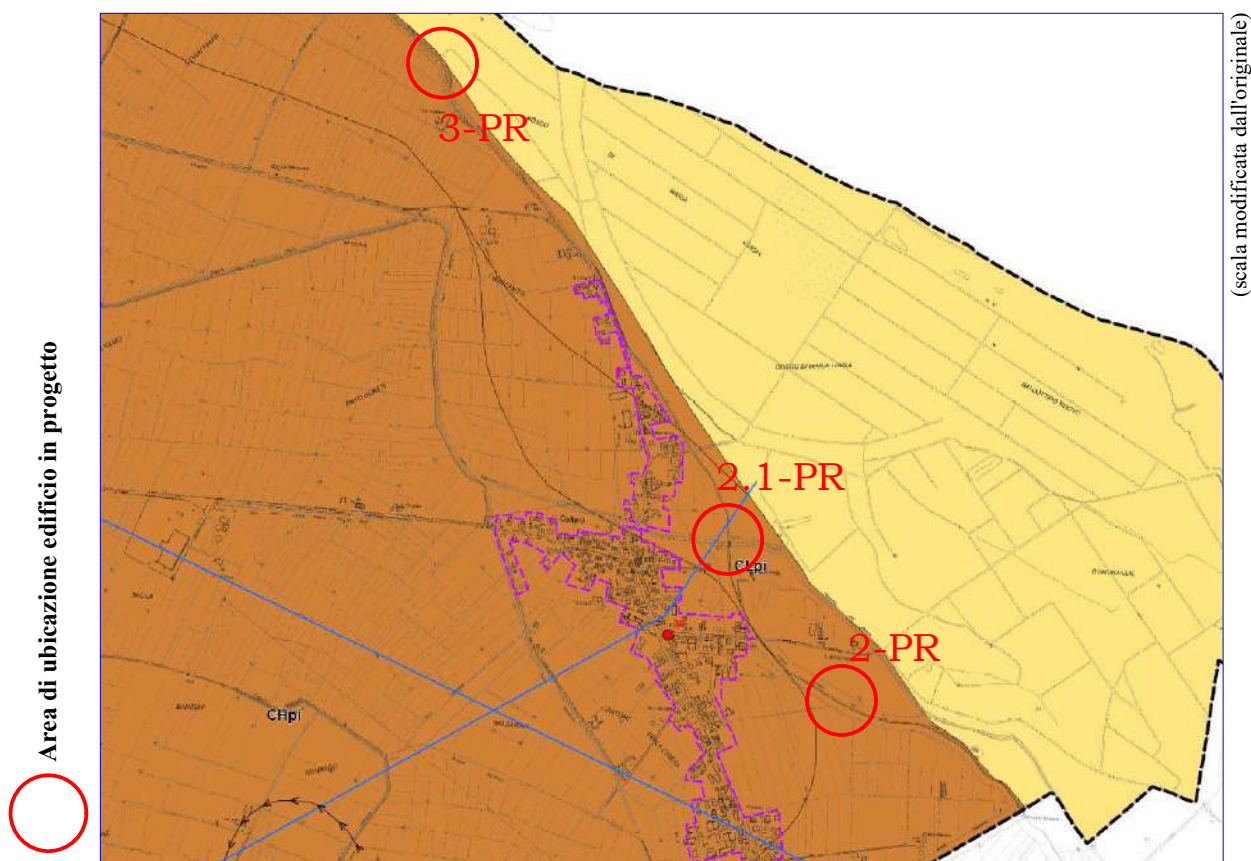
Tavola XIb**STRALCIO CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE
DI TAGLIO S
Scala 1:10.000
Colorno**

Tavola XIIa

STRALCIO CARTA GEOLOGICO TECNICA

Scala 1:10.000

Sissa TreCasali



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta geologico-tecnica

settore nord
scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Sissa TreCasali



Regione: Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore: Dott. Geol. Stefano Castagnetti	Data: Ottobre 2020
	Collaborazione: Dott. Geol. Marco Baldi	

Legenda

Terreni di copertura

CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
CL	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
ML	Limi inorganici, fanina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
SM	Sabbie limose, miscele di sabbie e limo
GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo

Forme di superficie e sepolte

Asse di paleovalle

Elementi geologici e idrogeologici

30	Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato geologico
7	Profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie
	Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

Ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura

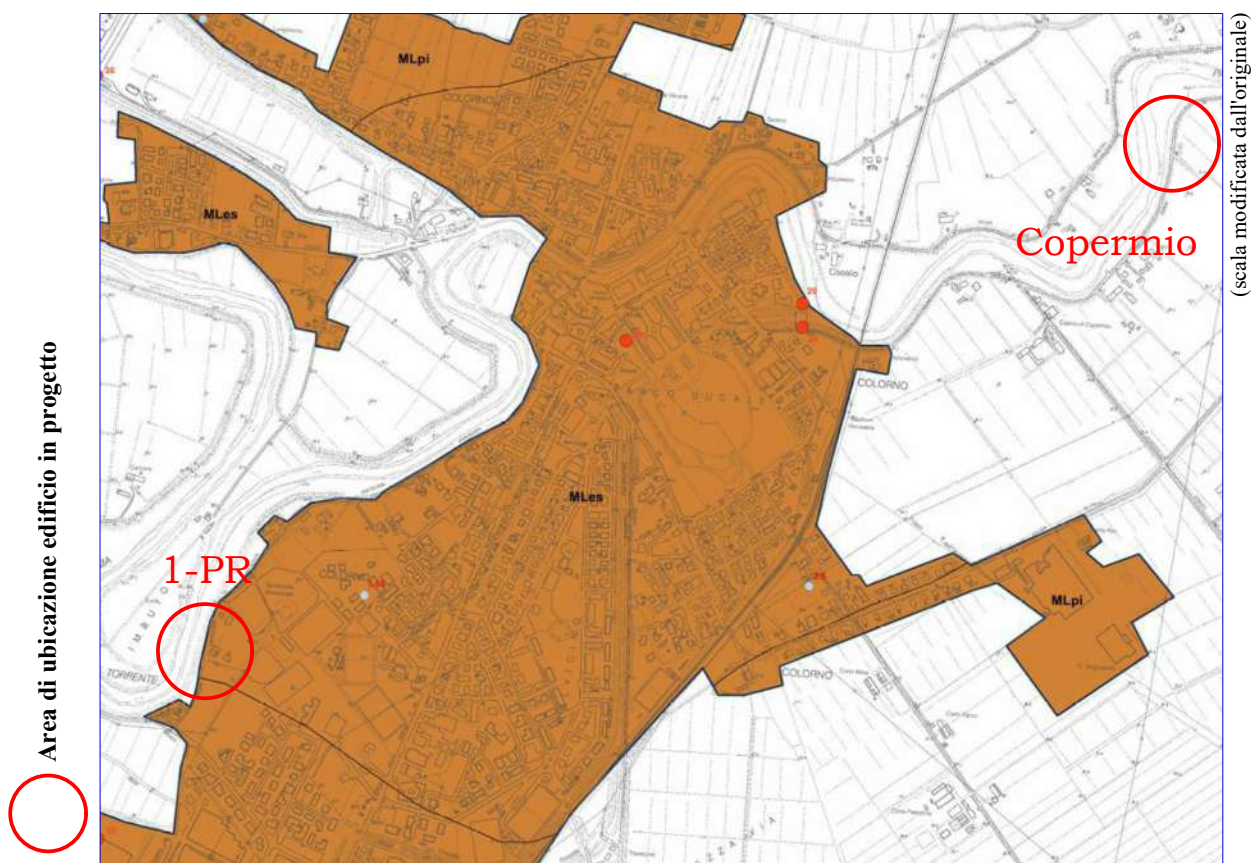
ac	Argini / barre / canali
pi	Piani inondabili
	Confine comunale
	Aree oggetto di microzonazione sismica

Tavola XIIb

STRALCIO CARTA GEOLOGICO TECNICA

Scala 1:10.000

Colorno



Terreni di copertura

- ML** Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini, limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
- CL** Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre

Elementi geologici e idrogeologici

- 30** Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico (profondità in m)
- 0.8** Profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie

Ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura

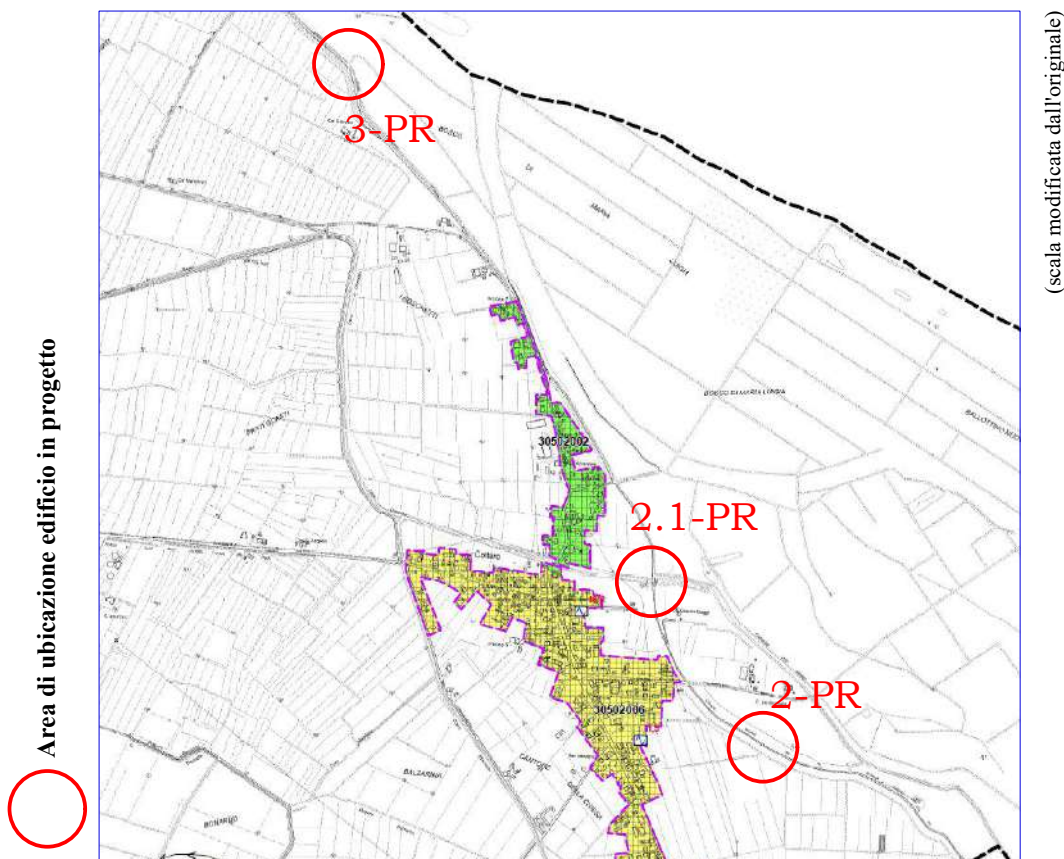
- es** Argini / barre / canali
- pi** Piana inondabile

Tavola XIIIa

STRALCIO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA - MOPS

Scala 1:10.000

Sissa Trecasali



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta delle microzone omogenee
in prospettiva sismica
settore nord
scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Sissa Trecasali



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore Dott. Geol. Stefano Castagnetti	Data Ottobre 2020
	Collaboratore Dott. Geol. Marco Baldi	

Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- 2001** ZONA 2001. Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, con tetto a profondità variabile tra -5/-20 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente ghiaioso

Zone di attenzione per instabilità

- ZALQ** - Zona di Attenzione per liquefazioni - Zona 2
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti mediamente fino a -5/-10 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecimetrica
- ZALQ** - Zona di Attenzione per liquefazioni - Zona 3
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti mediamente fino a -10/-15 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecimetrica
- ZALQ** - Zona di Attenzione per liquefazioni - Zona 4
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti mediamente fino a -20 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecimetrica con possibili lenti ghiaiose
- ZALQ** - Zona di Attenzione per liquefazioni - Zona 5
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti mediamente fino a -15 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di circa 10 metri, che a sua volta sovrasta uno strato prevalentemente ghiaioso
- ZALQ** - Zona di Attenzione per liquefazioni - Zona 6
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti mediamente fino a -5/-10 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecimetrica

Forme di superficie e sepolte

- Asse di paleovalle

Punti di misura di rumore ambientale

- Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di 10 (rosso)

- Confine comunale
Area oggetto di microzonazione sismica

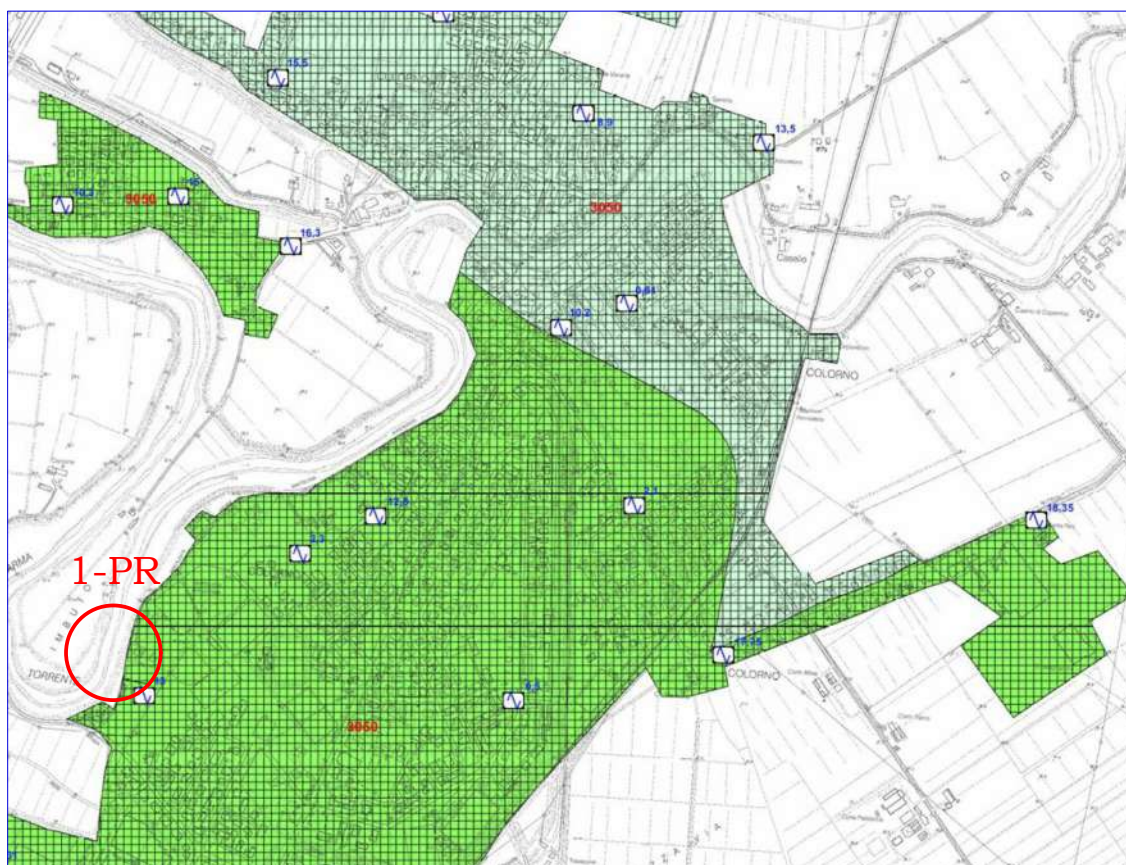
Tavola XIIIb

STRALCIO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA - MOPS

Scala 1:10.000

Colorno

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77		
MICROZONAZIONE SISMICA		
Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)		
scala 1:10.000		
Regione Emilia – Romagna		
Comune di Colorno		
Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Domenico Bianco	Dicembre 2016

Zone di attenzione per l'instabilità



ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni – Zona 1
successione stratigrafica costituita da depositi argilloso-limosi e limoso-argillosi con locali intercalazioni sabbioso-limose presenti sino a quote variabili da -2,00 a -7,00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso e sabbioso-ghiaioso, di potenza pluridecimetrica.



ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni – Zona 2
successione stratigrafica costituita da depositi argilloso-limosi e limoso-argillosi con intercalazioni sabbioso-limose presenti sino a quote variabili da -8,00 a -15,00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso e sabbioso-ghiaioso, di potenza pluridecimetrica.

Punti di misura di rumore ambientale



Punti di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f_0

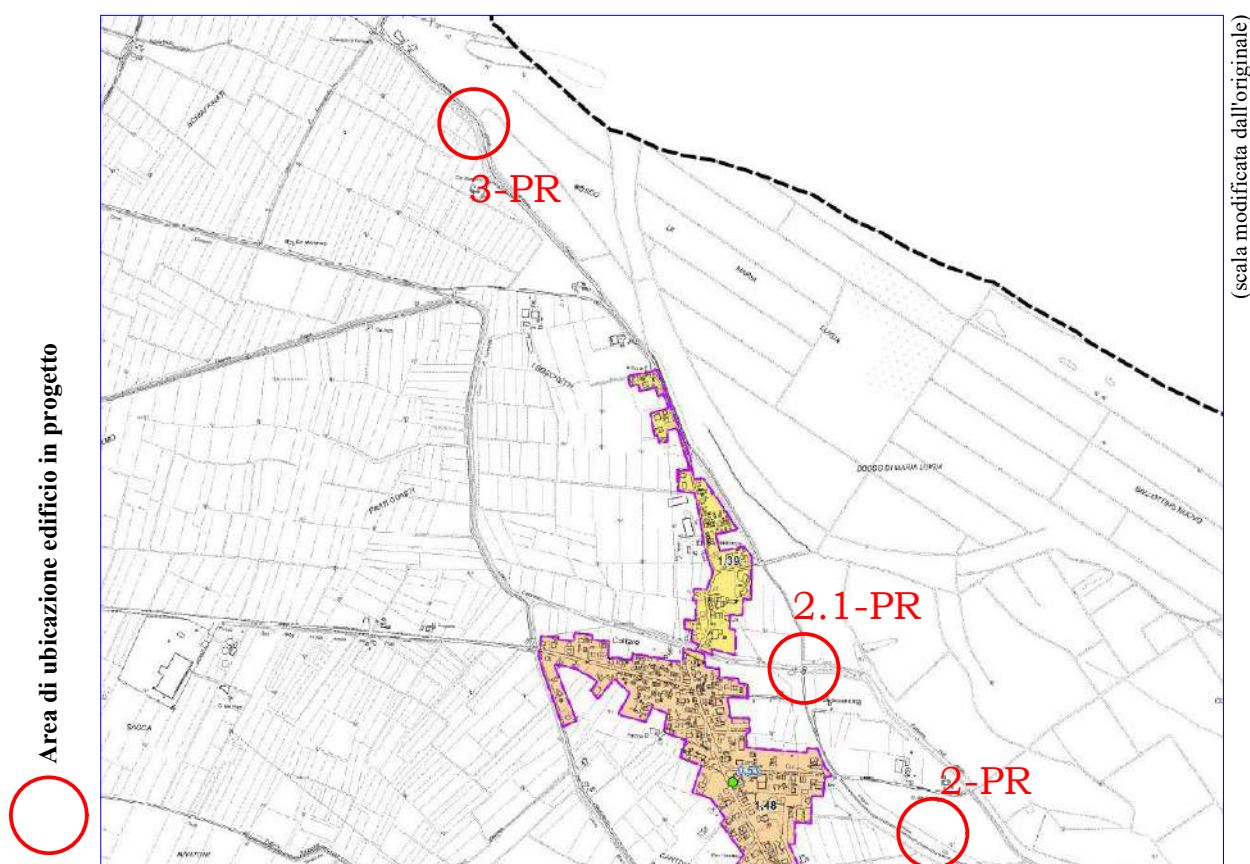
Tavola XIVa

STRALCIO CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

FA - PGA

Scala 1:10.000

Sissa Trecasali



(scala modificata dall'originale)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta di microzonazione sismica
PGA
settore nord
scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Sissa Trecasali



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

I valori dei Fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalla tabella allegata alla DGR n. 630/2019 della Regione Emilia-Romagna per le microzone con approfondimento di Livello 2

- Fa P.G.A. = 1,3 - 1,4
- Fa P.G.A. = 1,5 - 1,6

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)

- ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
Fa P.G.A. = 1,3 - 1,4; 2 < IL <= 5

Verticale di verifica alla liquefazione

- IL <= 2
- 2 < IL <= 5



Confine comunale



Area oggetto di microzonazione sismica

Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore Dott. Geol. Stefano Castagnetti Collaboratore: Dott. Geol. Marco Raldi	Data Ottobre 2020
---------------------------	---	----------------------

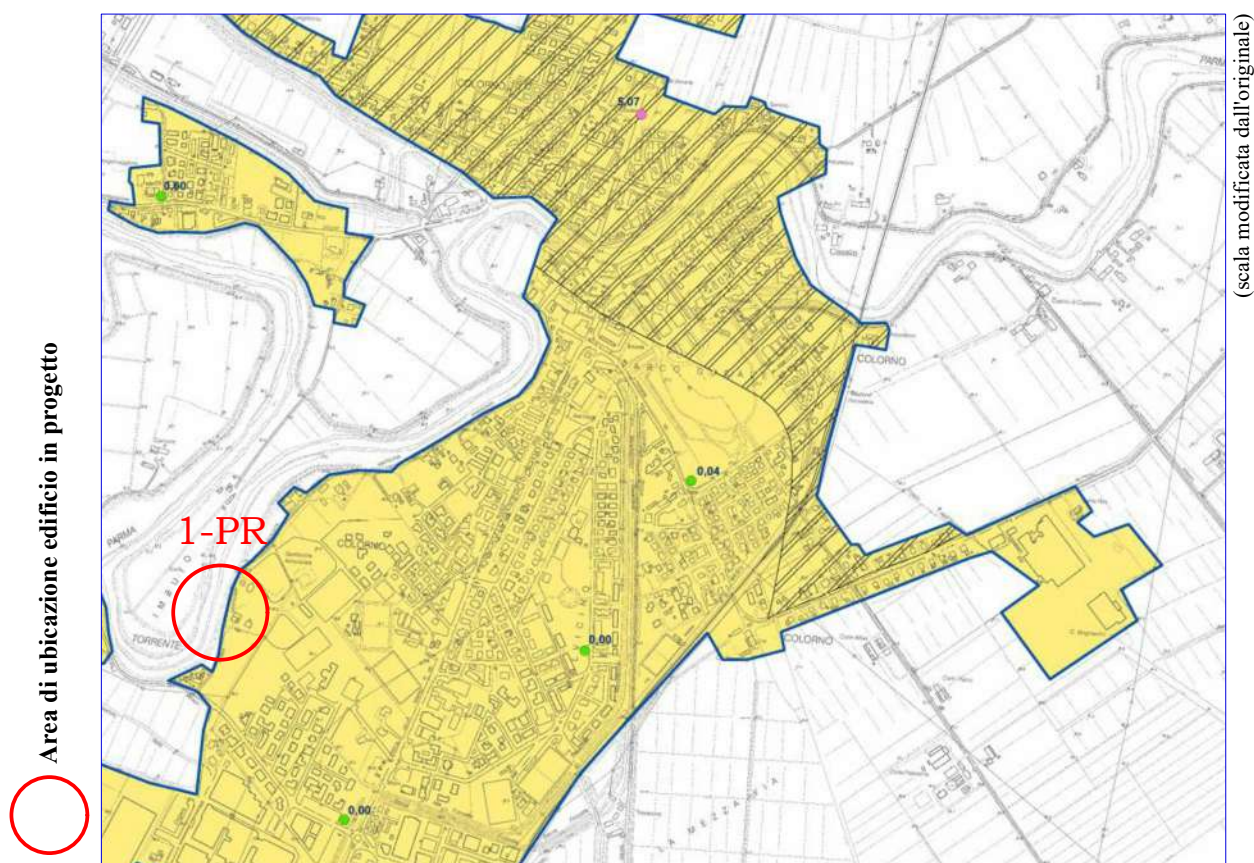
Tavola XIVb

STRALCIO CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

FA - PGA

Scala 1:10.000

Colorno



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

$FA_{P.G.A.} = 1,3 - 1,4$

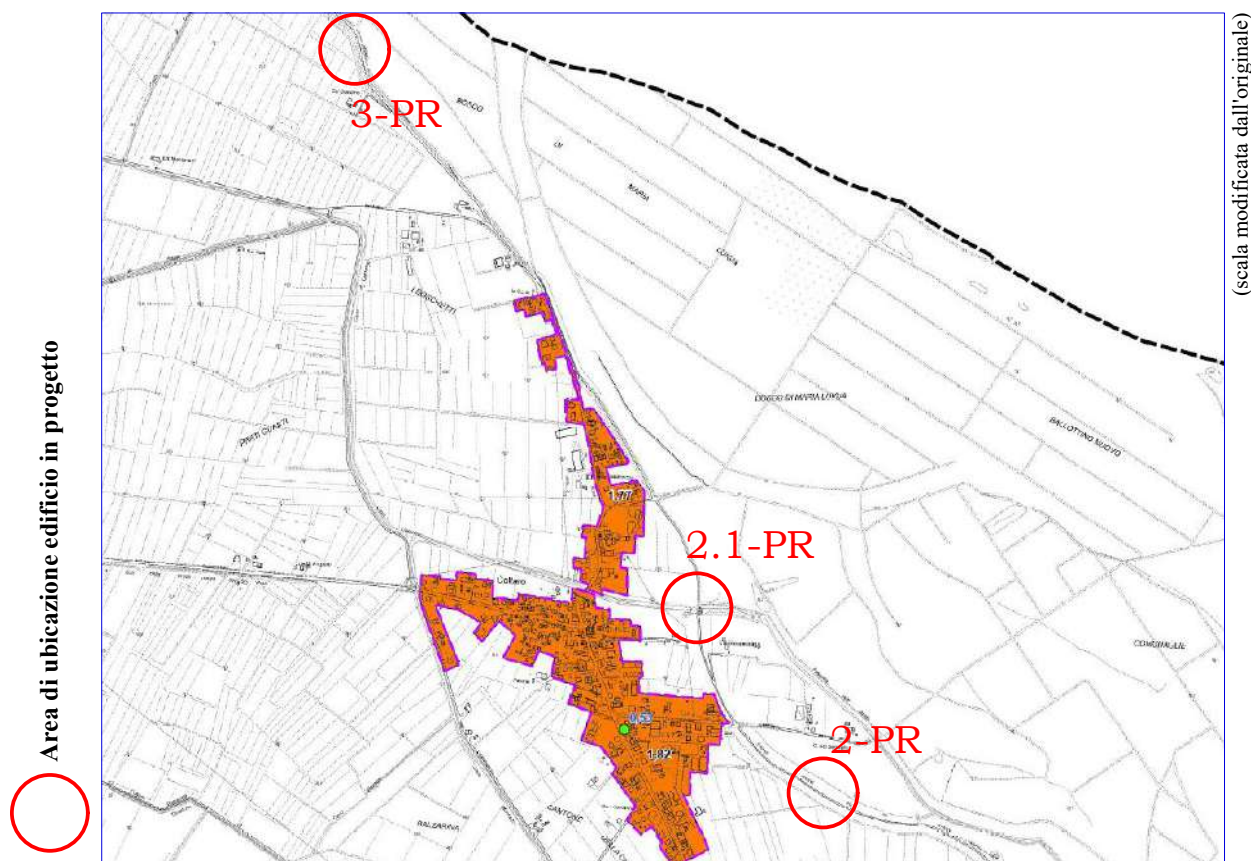
Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
 $FA_{P.G.A.} = 1,3 - 1,4$
 $2 < IL \leq 5$

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
 $FA_{P.G.A.} = 1,3 - 1,4$
 $5 < IL \leq 15$

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL:

- $IL \leq 2$
- $2 < IL \leq 5$
- $5 < IL \leq 15$

Tavola XVa**STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA****FA-SA 0.1 - 0.5 s****Scala 1:10.000****Sissa Trecasali**

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta di microzonazione sismica**FA SA 0,1-0,5s**
settore nord
scala 1:10.000**Regione Emilia-Romagna**
Comune di Sissa Trecasali**Legenda****Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

I valori dei Fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 630/2019 della Regione Emilia-Romagna per le microzone con approfondimento di Livello 2



Fa SA 0,1-0,5s = 1,7 - 1,8

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
Fa SA 0,1-0,5s = 1,7 - 1,8; 2 < IL <= 5**Verticale di verifica alla liquefazione**

IL < -2



2 < IL <= 5



Confine comunale



Area oggetto di microzonazione sismica

Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore Dott. Geol. Stefano Castagnetti Collaboratore: Dott. Geol. Marco Rindi	Data Ottobre 2020
---------------------------	---	----------------------

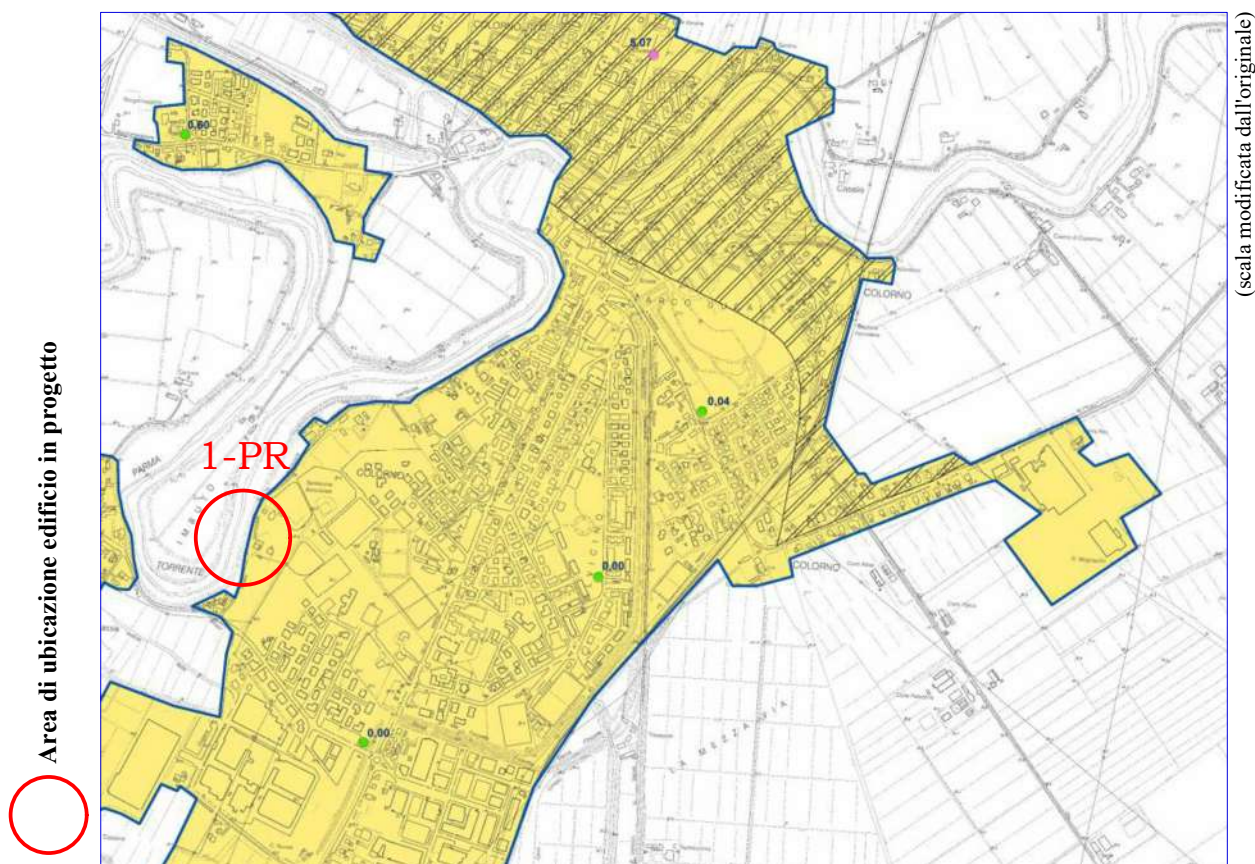
Tavola XVb

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

FA-IS 0.1 - 0.5 s

Scala 1:10.000

Colorno



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

$FA_{IS, 0.1-0.5s} = 1,3 - 1,4$

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
 $FA_{IS, 0.1-0.5s} = 1,3 - 1,4$
 $2 < IL <= 5$

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
 $FA_{IS, 0.1-0.5s} = 1,3 - 1,4$
 $5 < IL <= 15$

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL:

- $IL <= 2$
- $2 < IL <= 5$
- $5 < IL <= 15$

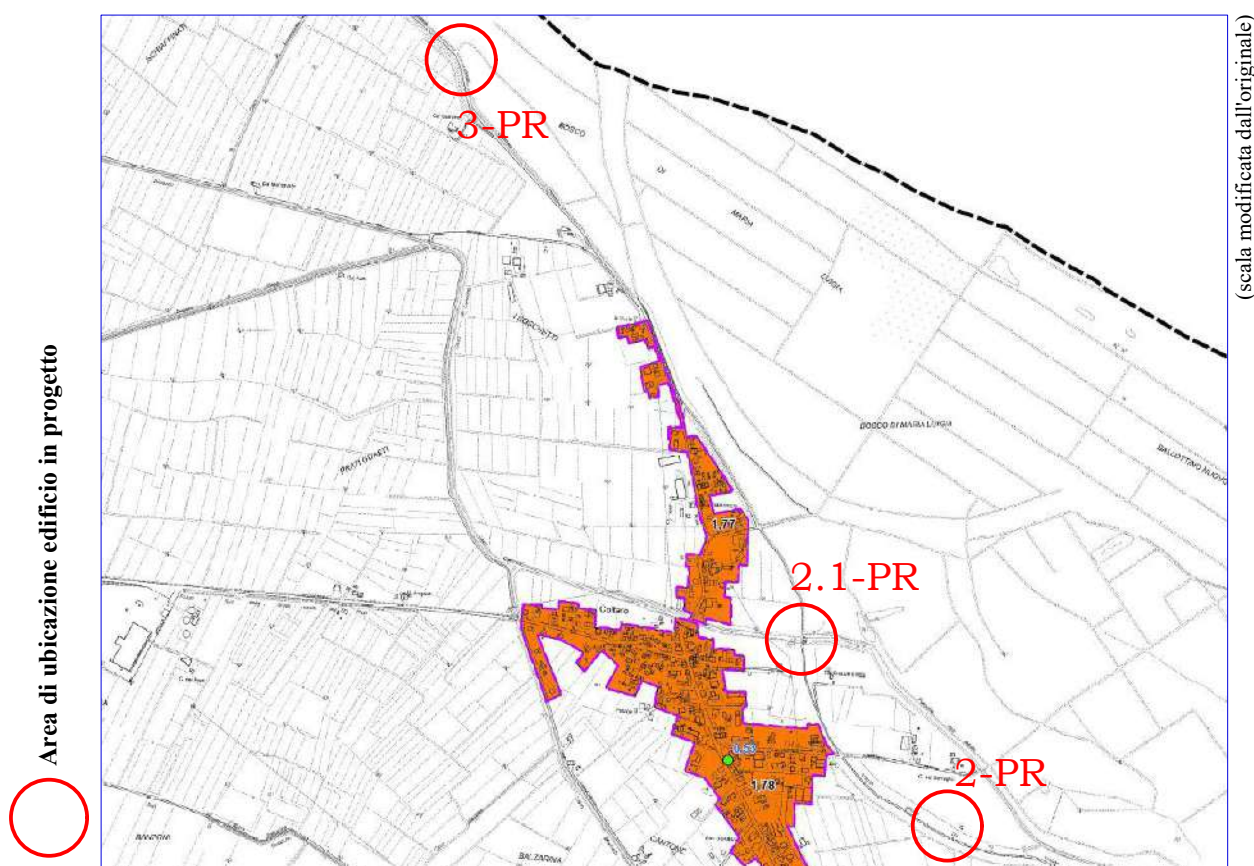
Tavola XVIa

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

FA-SA 0.4 - 0.8 s

Scala 1:10.000

Sissa Trecasali



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

FA SA 0,4-0,8s
settore nord
scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Sissa Trecasali



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	 Dott. Geol. Stefano Castagnetti	Ottobre 2020
	Collaboratore: Dott. Geol. Marco Beldi	

Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

I valori dei Fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 630/2019 della Regione Emilia-Romagna per le microzone con approfondimento di Livello 2

- Fa SA 0,4-0,8s = 1,7 - 1,8
- Fa SA 0,4-0,8s = 2,1 - 2,2

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)

- ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
Fa SA 0,4-0,8s = 1,7 - 1,8; 2 < IL <= 5

Verticale di verifica alla liquefazione

- IL <= 2
- 2 < IL <= 5



Confina comunale

Area oggetto di microzonazione sismica

Tavola XVIb

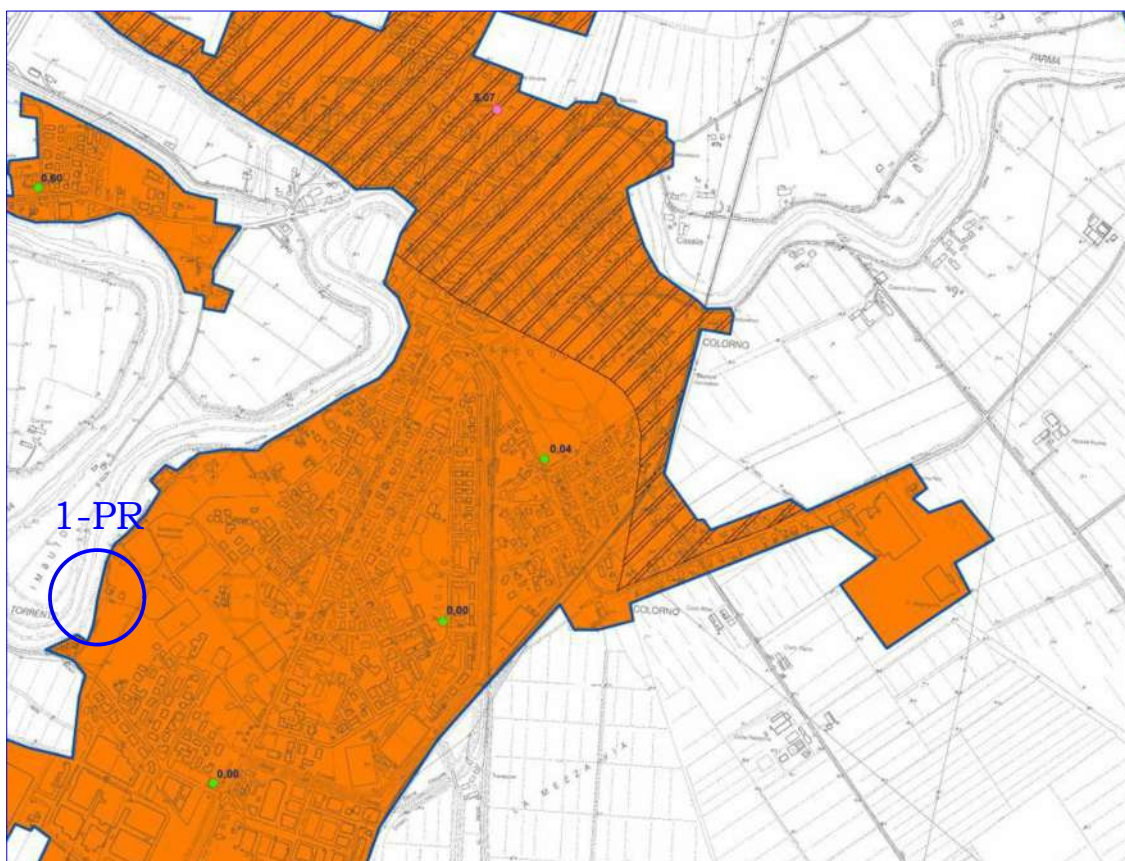
STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

FA-IS 0.5 - 1.0 s

Scala 1:10.000

Colorno

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

$FA_{1.5, 0.5-1.0 s} = 1.7 - 1.8$

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
 $FA_{1.5, 0.5-1.0 s} = 1.7 - 1.8$
 $2 < IL \leq 5$

ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
 $FA_{1.5, 0.5-1.0 s} = 1.7 - 1.8$
 $5 < IL \leq 15$

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL:

- $IL \leq 2$
- $2 < IL \leq 5$
- $5 < IL \leq 15$

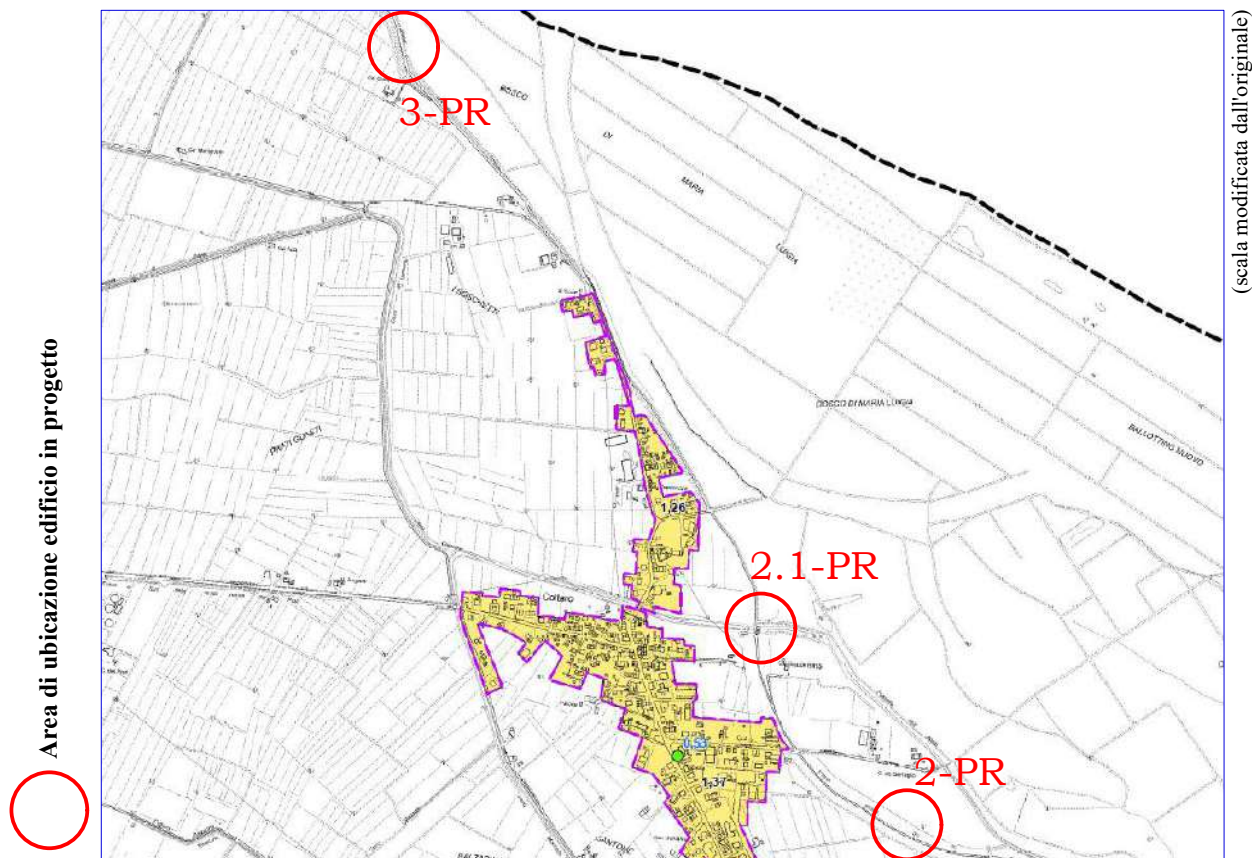
Tavola XVIIa

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

FA-SA 0.5-1.5 s

Scala 1:10.000

Sissa Trecasali



(scala modificata dall'originale)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

FA SA 0,5-1,5s
settore nord
scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Sissa Trecasali



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

I valori dei Fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalla tabella allegata alla DGR n. 680/2019 della Regione Emilia-Romagna per le microzone con approfondimento di Livello 2



FA SA 0.5-1.5s = 1,3 - 1,4

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)



ZSLQ - Zone di suscettibilità per liquefazione
FA SA 0,5-1,5s = 1,3 - 1,4; 2 < IL <= 5

Verticale di verifica alla liquefazione



IL <= 2



2 < IL <= 5



Confine comunale



Aree oggetto di microzonazione sismica

Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore  Dott. Geol. Stefano Castagnetti	Data Ottobre 2020
	Collaboratore: Dott. Geol. Marco Gallo	

Tavola XVIIb

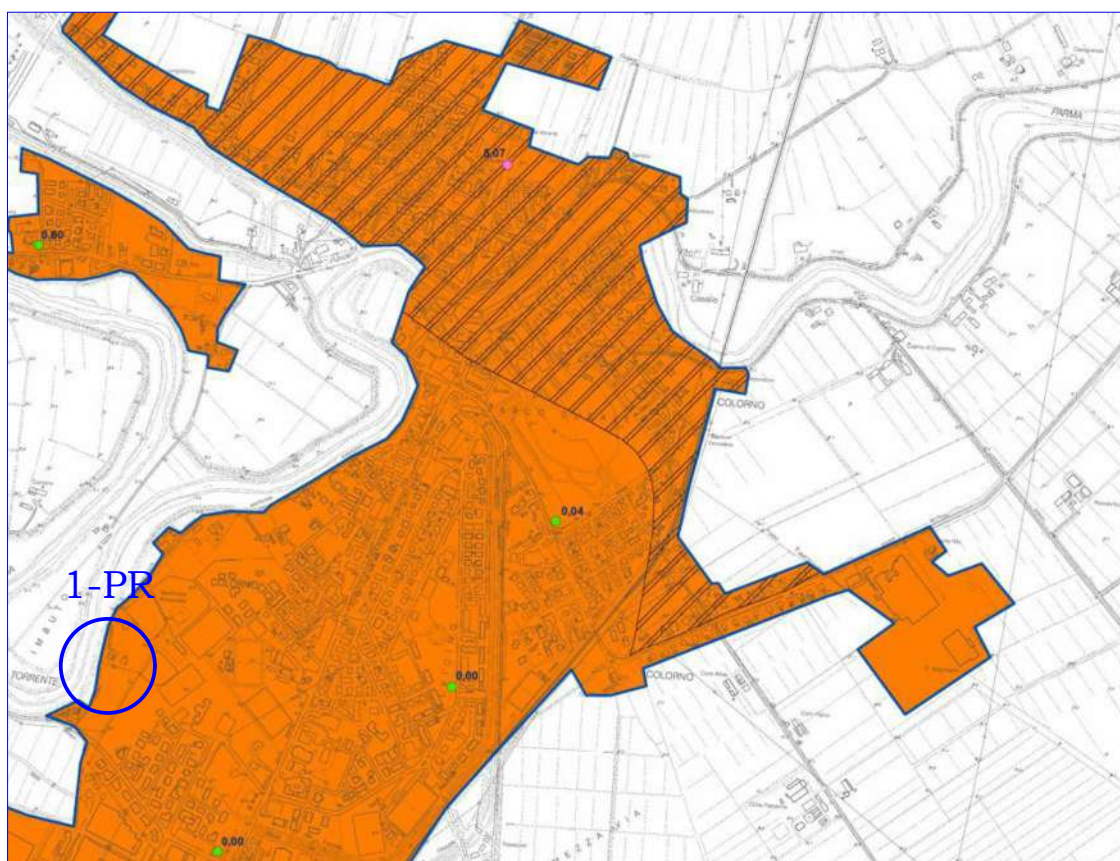
STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

FA-IS 0.5-1.5 s

Scala 1:10.000

Colorno

Area di ubicazione edificio in progetto




(scala modificata dall'originale)




Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 $FA_{IS, 0.5-1.5 s} = 1,7 - 1,8$

Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)

 ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
 $FA_{IS, 0.5-1.5 s} = 1,7 - 1,8$
 $2 < IL < 5$

 ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
 $FA_{IS, 0.5-1.5 s} = 1,7 - 1,8$
 $5 < IL < 15$

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL:

 $IL < 2$

 $2 < IL < 5$

 $5 < IL < 15$

Tavola XVIIIa

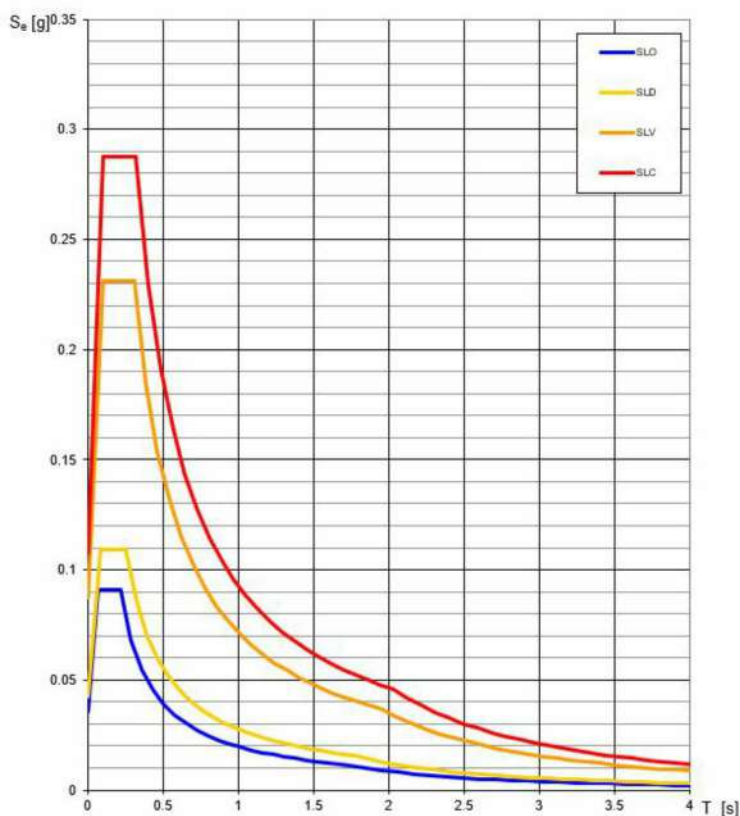
PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Cedimento Tratto 3 PR-FESR

Sissa Trecasali



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F ₀	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.035	2.566	0.218
Danno (SLD)	50	0.042	2.573	0.253
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.087	2.648	0.311
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.106	2.682	0.325
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni



Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

1

us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,74	1,65	1,54	1,52
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20



Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.015	0.031	0.046
kv	0.006	0.008	0.016	0.023
Amax [m/s²]	0.622	0.746	1.529	1.872
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

Tavola XVIIIb

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Cedimento Tratto 2.1 PR-FESR

Sissa Trecasali



Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



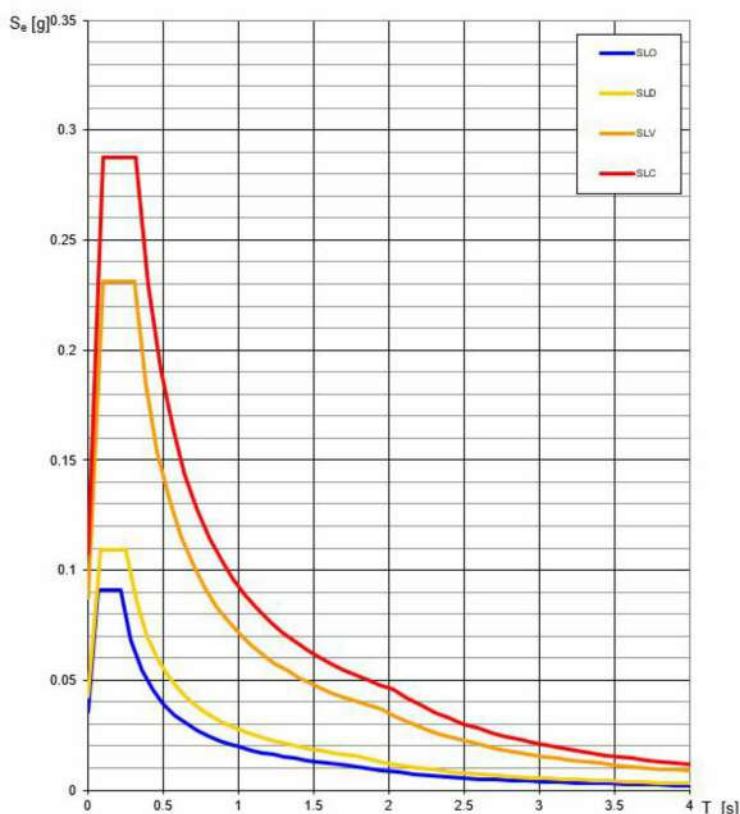
Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.565	0.218
Danno (SLD)	50	0.043	2.567	0.254
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.088	2.648	0.312
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.108	2.684	0.325
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni



H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,74	1,65	1,54	1,52
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.015	0.032	0.047
kv	0.006	0.008	0.016	0.023
Amax [m/s²]	0.629	0.756	1.557	1.909
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

Tavola XVIIIc

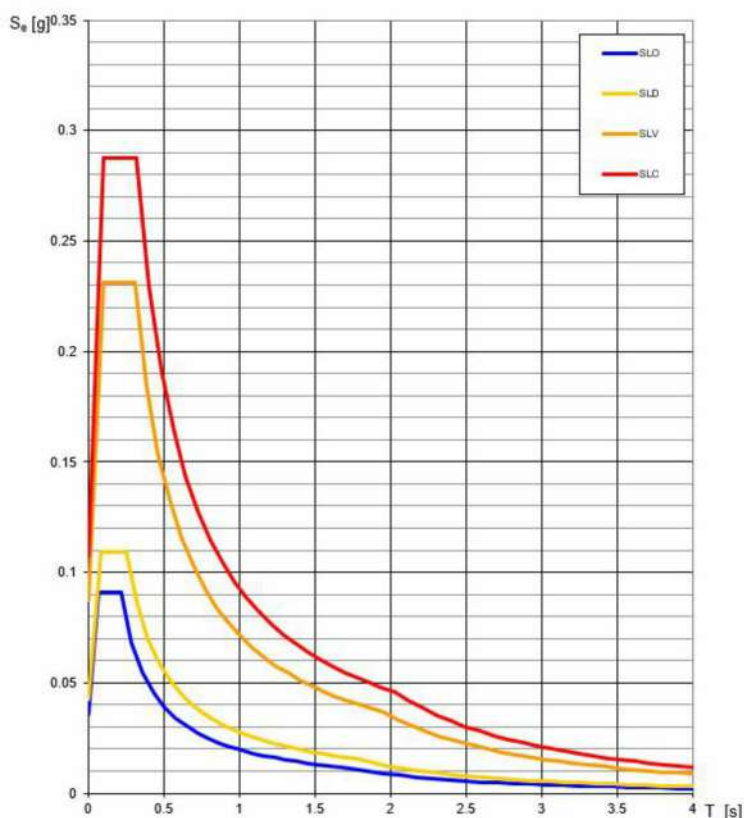
PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Cedimento Tratto 2 PR-FESR

Sissa Trecasali



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.565	0.218
Danno (SLD)	50	0.043	2.566	0.254
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.089	2.648	0.312
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.109	2.684	0.325
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni



☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.



H (m)

us (m)



1



0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,74	1,65	1,54	1,52
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.015	0.032	0.047
kv	0.006	0.008	0.016	0.023
A _{max} [m/s ²]	0.630	0.759	1.563	1.917
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

Tavola XVIIIId

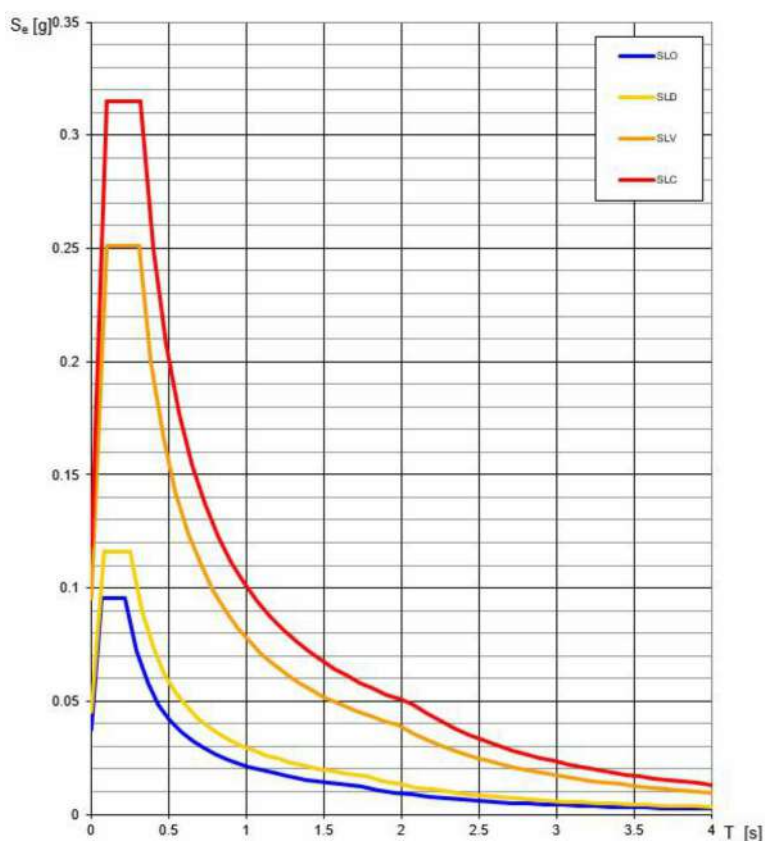
PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Cedimento Tratto 1 PR-FESR

Colorno



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.037	2.560	0.223
Danno (SLD)	50	0.046	2.545	0.255
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.096	2.625	0.310
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.120	2.656	0.320
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni



Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.



H (m)

us (m)



1

0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,72	1,65	1,55	1,53
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20



Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.035	0.052
kv	0.007	0.008	0.017	0.026
Amax [m/s²]	0.658	0.804	1.703	2.115
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

TABELLE



CALCOLO DELL'INDICE DI LIQUEFACIBILITA'

Prove penetrometriche statiche CPT
Metodo Robertson e Write (1997)

rd = coeff. Funzione prof. P.C.

Dati sismici

ag (SLV)	0.088
M	6
MSF	2.088349

coeff. Correttivo in funzione della magnitudo del sisma

Resistenz Attr. Lat. Spec
punta nor normalizzati

INDICE DI LIQUEFACIBILITA'

Molto basso

I.L. total

0.00

z (m)	γ (t/m3)	γ' (t/m3)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	RF	Litologia	Q	F	IC	n	qc1n	qc1ncs	o _{vo} (kg/m2)	o _{vo} ' (kg/m2)	rd	T	R	Fs=R/T	W	IL	VERIFICA
0.40	1.80	0.80	50.00	1.33	37.50	sabbie argilloso-limose	1560.25	2.67	1.67	0.50	100.00	101.72	720.00	320.00	1.00	0.06	0.18	n.l.	9.80	0.00	Litologia non liquefacibile
0.60	1.80	0.80	70.00	2.93	23.86	limi argilloso-sabbiosi	1456.08	4.20	1.87	0.75	140.00	162.45	1080.00	480.00	1.00	0.06	0.48	n.l.	9.70	0.00	Litologia non liquefacibile
0.80	1.80	0.80	48.00	2.47	19.46	limo argilloso	747.75	5.15	2.02	0.75	96.00	127.67	1440.00	640.00	0.99	0.06	0.27	n.l.	9.60	0.00	Litologia non liquefacibile
1.00	1.85	0.85	38.00	2.53	15.00	argilla limosa	465.46	6.70	2.20	0.75	76.00	126.23	1812.50	812.50	0.99	0.06	0.27	n.l.	9.50	0.00	Litologia non liquefacibile
1.20	1.80	0.80	32.00	2.47	12.97	argilla limosa	326.98	7.76	2.32	0.75	64.00	128.11	2172.00	972.00	0.99	0.06	0.28	n.l.	9.40	0.00	Litologia non liquefacibile
1.40	1.85	0.85	25.00	1.67	15.00	argilla limosa	216.43	6.74	2.34	0.75	50.00	104.48	2543.33	1143.33	0.99	0.06	0.19	n.l.	9.30	0.00	Litologia non liquefacibile
1.60	1.80	0.80	35.00	2.73	12.80	argilla limosa	266.41	7.87	2.36	0.75	70.00	150.93	2902.86	1302.86	0.99	0.06	0.40	n.l.	9.20	0.00	Litologia non liquefacibile
1.80	1.80	0.80	33.00	1.60	20.63	limo argilloso	223.41	4.90	2.21	0.75	66.00	112.41	3262.50	1462.50	0.99	0.06	0.21	n.l.	9.10	0.00	Litologia non liquefacibile
2.00	1.80	0.80	47.00	2.33	20.14	limo argilloso	287.49	5.00	2.17	0.75	94.00	149.94	3622.22	1622.22	0.98	0.06	0.39	n.l.	9.00	0.00	Litologia non liquefacibile
2.20	1.80	0.80	37.00	1.40	26.43	limi argilloso-sabbiosi	205.40	3.82	2.14	0.75	74.00	113.70	3982.00	1782.00	0.98	0.06	0.22	n.l.	8.90	0.00	Litologia non liquefacibile
2.40	1.80	0.80	29.00	1.47	19.77	limo argilloso	147.11	5.13	2.33	0.75	58.00	118.57	4341.82	1941.82	0.98	0.06	0.24	n.l.	8.80	0.00	Litologia non liquefacibile
2.60	1.75	0.75	21.00	1.20	17.50	limo argilloso	98.19	5.84	2.48	0.75	42.00	111.34	4690.83	2090.83	0.98	0.06	0.21	n.l.	8.70	0.00	Litologia non liquefacibile
2.80	1.85	0.85	37.00	0.87	42.69	sabbie argilloso-limose	161.37	2.37	2.03	0.75	74.00	99.73	5061.54	2261.54	0.98	0.06	0.17	n.l.	8.60	0.00	Litologia non liquefacibile
3.00	1.80	0.80	16.00	1.40	11.43	argille	63.84	9.06	2.74	1.00	32.00	137.66	5421.43	2421.43	0.98	0.06	0.32	n.l.	8.50	0.00	Litologia non liquefacibile
3.20	1.80	0.80	35.00	1.60	21.88	limo argilloso	133.35	4.65	2.32	0.75	70.00	140.44	5781.33	2581.33	0.98	0.06	0.34	n.l.	8.40	0.00	Litologia non liquefacibile
3.40	1.80	0.80	19.00	0.87	21.92	limo argilloso	67.07	4.71	2.51	0.75	38.00	106.58	6141.25	2741.25	0.97	0.06	0.19	n.l.	8.30	0.00	Litologia non liquefacibile
3.60	1.80	0.80	25.00	1.00	25.00	limi argilloso-sabbiosi	83.93	4.11	2.40	0.75	50.00	115.28	6501.18	2901.18	0.97	0.06	0.22	n.l.	8.20	0.00	Litologia non liquefacibile
3.80	1.80	0.80	28.00	1.47	19.09	limo argilloso	89.23	5.37	2.47	0.75	56.00	147.35	6861.11	3061.11	0.97	0.06	0.38	n.l.	8.10	0.00	Litologia non liquefacibile
4.00	1.80	0.80	21.00	1.27	16.58	argilla limosa	62.95	6.25	2.62	1.00	42.00	144.48	7221.05	3221.05	0.97	0.06	0.36	n.l.	8.00	0.00	Litologia non liquefacibile
4.20	1.80	0.80	20.00	1.07	18.75	limo argilloso	56.91	5.54	2.61	1.00	40.00	134.82	7581.00	3381.00	0.97	0.06	0.31	n.l.	7.90	0.00	Litologia non liquefacibile
4.40	1.80	0.80	15.00	0.87	17.31	limo argilloso	40.12	6.10	2.74	1.00	30.00	128.83	7940.95	3540.95	0.97	0.06	0.28	n.l.	7.80	0.00	Litologia non liquefacibile
4.60	1.75	0.75	17.00	0.87	19.62	limo argilloso	43.82	5.36	2.67	1.00	34.00	129.20	8290.45	3690.45	0.96	0.06	0.28	n.l.	7.70	0.00	Litologia non liquefacibile
4.80	1.80	0.80	26.00	0.87	30.00	limi argilloso-sabbiosi	65.28	3.45	2.41	0.75	52.00	123.33	8650.43	3850.43	0.96	0.06	0.25	n.l.	7.60	0.00	Litologia non liquefacibile
5.00	1.85	0.85	15.00	0.93	16.07	argilla limosa	35.06	6.62	2.81	1.00	30.00	144.96	9020.83	4020.83	0.96	0.06	0.36	n.l.	7.50	0.00	Litologia non liquefacibile
5.20	1.80	0.80	17.00	1.73	9.81	argille organiche	38.42	10.79	2.94	1.00	34.00	206.69	9380.80	4180.80	0.96	0.06	0.90	n.l.	7.40	0.00	Litologia non liquefacibile
5.40	1.80	0.80	22.00	1.07	20.63	limo argilloso	48.44	5.07	2.63	1.00	44.00	153.35	9740.77	4340.77	0.96	0.06	0.42	n.l.	7.30	0.00	Litologia non liquefacibile
5.60	1.80	0.80	19.00	1.20	15.83	argilla limosa	39.97	6.67	2.77	1.00	38.00	172.10	10100.74	4500.74	0.96	0.06	0.55	n.l.	7.20	0.00	Litologia non liquefacibile
5.80	1.85	0.85	19.00	1.07	17.81	limo argilloso	38.43	5.94	2.74	1.00	38.00	164.48	10471.07	4671.07	0.96	0.06	0.49	n.l.	7.10	0.00	Litologia non liquefacibile
6.00	1.80	0.80	16.00	1.27	12.63	argilla limosa	30.88	8.49	2.92	1.00	32.00	189.44	10831.03	4831.03	0.95	0.06	0.71	n.l.	7.00	0.00	Litologia non liquefacibile
6.20	1.80	0.80	17.00	0.80	21.25	limo argilloso	31.82	5.04	2.75	1.00	34.00	148.88	11191.00	4991.00	0.95	0.06	0.39	n.l.	6.90	0.00	Litologia non liquefacibile
6.40	1.80	0.80	22.00	1.33	16.50	argilla limosa	40.47	6.40	2.75	1.00	42.71	187.60	11550.97	5150.97	0.95	0.06	0.69	n.l.	6.80	0.00	Litologia non liquefacibile
6.60	1.80	0.80	20.00	1.20	16.67	argilla limosa	35.42	6.38	2.79	1.00	37.66	177.29	11910.94	5310.94	0.95	0.06	0.60	n.l.	6.70	0.00	Litologia non liquefacibile
6.80	1.80	0.80	20.00	1.00	20.00	limo argilloso	34.31	5.33	2.74	1.00	36.56	158.29	12270.91	5470.91	0.95	0.06	0.45	n.l.	6.60	0.00	Litologia non liquefacibile
7.00	1.80	0.80	17.00	1.00	17.00	limo argilloso	27.95	6.35	2.86	1.00	30.19	160.94	12630.88	5630.88	0.95	0.06	0.47	n.l.	6.50	0.00	Litologia non liquefacibile
7.20	1.80	0.80	19.00	0.73	25.91	limi argilloso-sabbiosi	30.57	4.14	2.70	1.00	32.81	132.22	12990.86	5790.86	0.94	0.06	0.29	n.l.	6.40	0.00	Litologia non liquefacibile
7.40	1.80	0.80	31.00	1.20	25.83	limi argilloso-sabbiosi	49.85	4.05	2.55	0.75	45.75	137.65	13350.83	5950.83	0.94	0.06	0.32	n.l.	6.30	0.00	Litologia non liquefacibile
7.60	1.80	0.80	29.00	1.73	16.73	argilla limosa	45.21	6.27	2.71	1.00	47.46	194.39	13710.81	6110.81	0.94	0.06	0.76	n.l.	6.20	0.00	Litologia non liquefacibile
7.80	1.80	0.80	30.00	1.60	18.75	limo argilloso	45.60	5.60	2.67	1.00	47.84	182.45	14070.79	6270.79	0.94	0.06	0.64	n.l.	6.10	0.00	Litologia non liquefacibile
8.00	1.80	0.80	25.00	1.20	20.83	limo argilloso	36.63	5.09	2.71	1.00	38.88	158.35	14430.77	6430.77	0.94	0.06	0.45	n.l.	6.00	0.00	Litologia non liquefacibile
8.20	1.80	0.80	23.00	1.13	20.29	limo argilloso	32.65	5.27	2.76	1.00	34.90	154.33	14790.75	6590.75	0.94	0.06	0.42	n.l.	5.90	0.00	Litologia non liquefacibile
8.40	1.80	0.80	18.00	0.87	20.77	limo argilloso	24.42	5.26	2.85	1.00	26.66	138.46	15150.73	6750.73	0.94	0.06	0.33	n.l.	5.80	0.00	Litologia non liquefacibile
8.60	1.80	0.80	19.00	1.07	17.81	limo argilloso	25.25	6.11	2.88	1.00	27.49	151.64	15510.71	6910.71	0.93	0.06	0.40	n.l.	5.70	0.00	Litologia non liquefacibile
8.80	1.80	0.80	21.00	0.87	24.23	limi argilloso-sabbiosi	27.46	4.46	2.76	1.00	29.70	132.50	15870.70	7070.70	0.93	0.06	0.30	n.l.	5.60	0.00	Litologia non liquefacibile
9.00	1.80	0.80	21.00	0.93	22.50	limo argilloso	26.80	4.82	2.79	1.00	29.04	136.75	16230.68	7230.68	0.93	0.06	0.32	n.l.	5.50	0.00	Litologia non liquefacibile
9.20	1.80	0.80	20.00	0.87	23.08	limi argilloso-sabbiosi	24.82	4.73	2.81	1.00	27.06	131.76	16590.67	7390.67	0.93	0.06	0.29	n.l.	5.40	0.00	Litologia non liquefacibile
9.40	1.80	0.80	14.00	0.73	19.09	limo argilloso	16.30	5.96	3.01	1.00	18.54	127.78	16950.65	7550.65	0.92	0.06	0.27	n.l.	5.30	0.00	Litologia non liquefacibile
9.60	1.80	0.80	14.00	0.60	23.33	limi argilloso-sabbiosi	15.91	4.89	2.96	1.00	18.16	115.51	17310.64	7710.64	0.92	0.06	0.22	n.l.	5.20	0.00	Litologia non liquefacibile
9.80	1.80	0.80	17.00	0.67	25.50	limi argilloso-sabbiosi	19.35	4.38	2.87	1.00	21.60	116.63	17670.63	7870.63	0.91	0.06	0.23	n.l.	5.10	0.00	Litologia non liquefacibile

10.00	1.80	0.80	16.00	0.67	24.00	limi argilloso-sabbiosi	17.68	4.70	2.92	1.00	19.92	117.21	18030.61	8030.61	0.91	0.06	0.23	n.l.	5.00	0.00	Litologia non liquefacibile
10.20	1.80	0.80	17.00	0.67	25.50	limi argilloso-sabbiosi	18.51	4.40	2.88	1.00	20.76	115.24	18390.60	8190.60	0.90	0.06	0.22	n.l.	4.90	0.00	Litologia non liquefacibile
10.40	1.80	0.80	16.00	0.93	17.14	limo argilloso	16.91	6.61	3.03	1.00	19.16	135.96	18750.59	8350.59	0.90	0.06	0.31	n.l.	4.80	0.00	Litologia non liquefacibile
10.60	1.80	0.80	16.00	0.73	21.82	limo argilloso	16.55	5.21	2.97	1.00	18.80	120.50	19110.58	8510.58	0.89	0.05	0.24	n.l.	4.70	0.00	Litologia non liquefacibile
10.80	1.80	0.80	17.00	0.87	19.62	limo argilloso	17.36	5.76	2.98	1.00	19.61	128.48	19470.57	8670.57	0.89	0.05	0.28	n.l.	4.60	0.00	Litologia non liquefacibile
11.00	1.80	0.80	16.00	0.73	21.82	limo argilloso	15.87	5.23	2.98	1.00	18.12	119.13	19830.56	8830.56	0.88	0.05	0.24	n.l.	4.50	0.00	Litologia non liquefacibile
11.20	1.80	0.80	17.00	0.60	28.33	limi argilloso-sabbiosi	16.66	4.01	2.89	1.00	18.91	106.68	20190.55	8990.55	0.87	0.05	0.19	n.l.	4.40	0.00	Litologia non liquefacibile
11.40	1.80	0.80	16.00	0.80	20.00	limo argilloso	15.24	5.74	3.02	1.00	17.49	122.70	20550.54	9150.54	0.87	0.05	0.25	n.l.	4.30	0.00	Litologia non liquefacibile
11.60	1.80	0.80	18.00	0.87	20.77	limo argilloso	17.09	5.45	2.97	1.00	19.33	124.45	20910.53	9310.53	0.86	0.05	0.26	n.l.	4.20	0.00	Litologia non liquefacibile
11.80	1.80	0.80	16.00	0.67	24.00	limi argilloso-sabbiosi	14.65	4.81	2.99	1.00	16.89	111.63	21270.52	9470.52	0.86	0.05	0.21	n.l.	4.10	0.00	Litologia non liquefacibile
12.00	1.80	0.80	17.00	1.00	17.00	limo argilloso	15.41	6.74	3.07	1.00	17.65	132.74	21630.51	9630.51	0.85	0.05	0.30	n.l.	4.00	0.00	Litologia non liquefacibile
12.20	1.75	0.75	29.00	1.00	29.00	limi argilloso-sabbiosi	27.40	3.73	2.71	1.00	29.65	120.52	21980.33	9780.33	0.85	0.05	0.24	n.l.	3.90	0.00	Litologia non liquefacibile
12.40	1.75	0.75	34.00	0.80	42.50	sabbie argilloso-limose	31.99	2.52	2.55	0.75	34.18	103.21	22330.16	9930.16	0.84	0.05	0.18	n.l.	3.80	0.00	Litologia non liquefacibile
12.60	1.85	0.85	37.00	1.13	32.65	limi argilloso-sabbiosi	34.39	3.26	2.60	0.75	36.72	121.50	22700.32	10100.32	0.84	0.05	0.25	n.l.	3.70	0.00	Litologia non liquefacibile
12.80	1.80	0.80	19.00	1.53	12.39	argilla limosa	16.27	9.18	3.14	1.00	18.52	156.55	23060.32	10260.32	0.83	0.05	0.44	n.l.	3.60	0.00	Litologia non liquefacibile
13.00	1.75	0.75	16.00	0.93	17.14	limo argilloso	13.12	6.83	3.12	1.00	15.37	126.32	23410.16	10410.16	0.83	0.05	0.27	n.l.	3.50	0.00	Litologia non liquefacibile
13.20	1.75	0.75	35.00	0.93	37.50	sabbie argilloso-limose	30.89	2.86	2.59	0.75	33.60	110.65	23760.00	10560.00	0.82	0.05	0.21	n.l.	3.40	0.00	Litologia non liquefacibile
13.40	1.85	0.85	37.00	1.07	34.69	sabbie argilloso-limose	32.23	3.08	2.60	1.00	34.48	115.09	24130.15	10730.15	0.82	0.05	0.22	n.l.	3.30	0.00	Litologia non liquefacibile
13.60	1.80	0.80	21.00	1.47	14.32	argilla limosa	17.03	7.91	3.08	1.00	19.28	148.50	24490.15	10890.15	0.81	0.05	0.38	n.l.	3.20	0.00	Litologia non liquefacibile
13.80	1.75	0.75	17.00	0.93	18.21	limo argilloso	13.15	6.43	3.11	1.00	15.40	123.03	24840.00	11040.00	0.81	0.05	0.25	n.l.	3.10	0.00	Litologia non liquefacibile
14.00	1.75	0.75	35.00	0.80	43.75	sabbia limosa	29.03	2.46	2.57	0.75	32.17	102.02	25189.86	11189.86	0.80	0.05	0.18	n.l.	3.00	0.00	Litologia non liquefacibile
14.20	1.85	0.85	37.00	1.00	37.00	sabbie argilloso-limose	30.32	2.90	2.60	1.00	32.57	109.33	25560.00	11360.00	0.79	0.05	0.20	n.l.	2.90	0.00	Litologia non liquefacibile
14.40	1.80	0.80	21.00	1.60	13.13	argilla limosa	15.98	8.69	3.13	1.00	18.23	151.52	25920.00	11520.00	0.79	0.05	0.40	n.l.	2.80	0.00	Litologia non liquefacibile
14.60	1.75	0.75	15.00	0.87	17.31	limo argilloso	10.60	7.00	3.20	1.00	12.85	118.94	26269.86	11669.86	0.78	0.05	0.24	n.l.	2.70	0.00	Litologia non liquefacibile
14.80	1.75	0.75	36.00	0.87	41.54	sabbie argilloso-limose	28.21	2.60	2.60	0.75	31.76	105.35	26619.73	11819.73	0.78	0.05	0.19	n.l.	2.60	0.00	Litologia non liquefacibile
15.00	1.70	0.70	37.00	0.93	39.64	sabbie argilloso-limose	28.68	2.72	2.61	1.00	30.94	103.93	26959.46	11959.46	0.77	0.05	0.18	n.l.	2.50	0.00	Litologia non liquefacibile
15.20	1.75	0.75	36.00	0.47	77.14	sabbia	27.47	1.40	2.45	0.50	32.71	82.45	27309.33	12109.33	0.77	0.05	0.13	2.78	2.40	0.00	POSITIVA
15.40	1.75	0.75	35.00	1.00	35.00	sabbie argilloso-limose	26.29	3.10	2.67	1.00	28.55	108.16	27659.21	12259.21	0.76	0.05	0.20	n.l.	2.30	0.00	Litologia non liquefacibile
15.60	1.75	0.75	35.00	0.93	37.50	sabbie argilloso-limose	25.95	2.90	2.66	1.00	28.21	104.08	28009.09	12409.09	0.76	0.05	0.18	n.l.	2.20	0.00	Litologia non liquefacibile
15.80	1.75	0.75	37.00	1.00	37.00	sabbie argilloso-limose	27.20	2.93	2.64	1.00	29.46	106.12	28358.97	12558.97	0.75	0.05	0.19	n.l.	2.10	0.00	Litologia non liquefacibile
16.00	1.80	0.80	34.00	0.87	39.23	sabbie argilloso-limose	24.47	2.78	2.67	1.00	26.73	100.24	28718.99	12718.99	0.75	0.05	0.17	n.l.	2.00	0.00	Litologia non liquefacibile
16.20	1.75	0.75	30.00	1.07	28.13	limi argilloso-sabbiosi	21.05	3.94	2.81	1.00	23.31	113.78	29068.88	12868.88	0.74	0.05	0.22	n.l.	1.90	0.00	Litologia non liquefacibile
16.40	1.75	0.75	33.00	0.87	38.08	sabbie argilloso-limose	23.09	2.88	2.69	1.00	25.35	100.27	29418.77	13018.77	0.74	0.05	0.17	n.l.	1.80	0.00	Litologia non liquefacibile
16.60	1.80	0.80	37.00	1.07	34.69	sabbie argilloso-limose	25.82	3.14	2.68	1.00	28.08	108.14	29778.78	13178.78	0.73	0.05	0.20	n.l.	1.70	0.00	Litologia non liquefacibile
16.80	1.80	0.80	21.00	1.20	17.50	limo argilloso	13.48	6.67	3.11	1.00	15.74	126.24	30138.80	13338.80	0.73	0.04	0.27	n.l.	1.60	0.00	Litologia non liquefacibile
17.00	1.75	0.75	21.00	0.87	24.23	limi argilloso-sabbiosi	13.31	4.83	3.02	1.00	15.57	108.71	30488.69	13488.69	0.72	0.04	0.20	n.l.	1.50	0.00	Litologia non liquefacibile
17.20	1.75	0.75	38.00	0.93	40.71	sabbie argilloso-limose	25.60	2.67	2.64	1.00	27.86	99.55	30838.59	13638.59	0.71	0.04	0.17	n.l.	1.40	0.00	Litologia non liquefacibile
17.40	1.75	0.75	35.00	0.93	37.50	sabbie argilloso-limose	23.12	2.93	2.70	1.00	25.38	101.07	31188.49	13788.49	0.71	0.04	0.18	n.l.	1.30	0.00	Litologia non liquefacibile
17.60	1.75	0.75	34.00	0.87	39.23	sabbie argilloso-limose	22.13	2.81	2.70	1.00	24.39	97.81	31538.39	13938.39	0.70	0.04	0.17	n.l.	1.20	0.00	Litologia non liquefacibile
17.80	1.70	0.70	33.00	1.00	33.00	limi argilloso-sabbiosi	21.18	3.35	2.76	1.00	23.44	105.33	31878.18	14078.18	0.70	0.04	0.19	n.l.	1.10	0.00	Litologia non liquefacibile
18.00	1.70	0.70	31.00	---	---	---	19.54	-----	-----	---	---	---	32217.98	14217.98	0.69	0.04	---	---	---	---	---



CALCOLO DELL'INDICE DI LIQUEFACIBILITA'

Prove penetrometriche statiche CPT
Metodo Robertson e Write (1997)

rd = coeff. Funzione prof. P.C.

Dati sismici

ag (SLV)	0.09
M	6
MSF	2.088349

coeff. Correttivo in funzione della magnitudo del sisma

Resistenz Attr. Lat. Spec
punta nor normalizzati

INDICE DI LIQUEFACIBILITA'

Molto basso

I.L. total

0.00

z (m)	γ (t/m3)	γ' (t/m3)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	RF	Litologia	Q	F	IC	n	qc1n	qc1ncs	σ_{vo} (kg/m2)	σ_{vo}' (kg/m2)	rd	T	R	Fs=R/T	W	IL	VERIFICA
0.40	1.80	0.80	54.00	1.33	40.50	sabbie argilloso-limose	1685.25	2.47	1.63	0.50	108.00	108.00	720.00	320.00	1.00	0.06	0.20	n.l.	9.80	0.00	Litologia non liquefacibile
0.60	1.80	0.80	69.00	2.80	24.64	limi argilloso-sabbiosi	1435.25	4.06	1.86	0.75	138.00	158.65	1080.00	480.00	1.00	0.06	0.45	n.l.	9.70	0.00	Litologia non liquefacibile
0.80	1.85	0.85	49.00	2.40	20.42	limo argilloso	747.78	4.91	2.00	0.75	98.00	127.68	1453.33	653.33	0.99	0.06	0.27	n.l.	9.60	0.00	Litologia non liquefacibile
1.00	1.85	0.85	37.00	2.53	14.61	argilla limosa	446.27	6.88	2.22	0.75	74.00	126.15	1825.00	825.00	0.99	0.06	0.27	n.l.	9.50	0.00	Litologia non liquefacibile
1.20	1.85	0.85	32.00	2.67	12.00	argilla limosa	319.08	8.39	2.35	0.75	64.00	135.99	2196.00	996.00	0.99	0.06	0.31	n.l.	9.40	0.00	Litologia non liquefacibile
1.40	1.85	0.85	22.00	1.53	14.35	argilla limosa	186.37	7.05	2.39	0.75	44.00	100.15	2566.67	1166.67	0.99	0.06	0.17	n.l.	9.30	0.00	Litologia non liquefacibile
1.60	1.80	0.80	35.00	2.67	13.13	argilla limosa	261.80	7.68	2.35	0.75	70.00	149.33	2925.71	1325.71	0.99	0.06	0.39	n.l.	9.20	0.00	Litologia non liquefacibile
1.80	1.80	0.80	34.00	1.67	20.40	limo argilloso	226.74	4.95	2.22	0.75	68.00	115.95	3285.00	1485.00	0.99	0.06	0.22	n.l.	9.10	0.00	Litologia non liquefacibile
2.00	1.80	0.80	47.00	2.33	20.14	limo argilloso	283.59	5.00	2.17	0.75	94.00	150.53	3644.44	1644.44	0.98	0.06	0.40	n.l.	9.00	0.00	Litologia non liquefacibile
2.20	1.80	0.80	37.00	1.33	27.75	limi argilloso-sabbiosi	202.88	3.64	2.13	0.75	74.00	111.48	4004.00	1804.00	0.98	0.06	0.21	n.l.	8.90	0.00	Litologia non liquefacibile
2.40	1.80	0.80	29.00	1.53	18.91	limo argilloso	145.46	5.37	2.35	0.75	58.00	122.41	4363.64	1963.64	0.98	0.06	0.25	n.l.	8.80	0.00	Litologia non liquefacibile
2.60	1.75	0.75	20.00	1.07	18.75	limo argilloso	92.44	5.46	2.47	0.75	40.00	104.57	4712.50	2112.50	0.98	0.06	0.19	n.l.	8.70	0.00	Litologia non liquefacibile
2.80	1.85	0.85	37.00	0.93	39.64	sabbie argilloso-limose	159.84	2.56	2.06	0.75	74.00	102.90	5083.08	2283.08	0.98	0.06	0.18	n.l.	8.60	0.00	Litologia non liquefacibile
3.00	1.80	0.80	15.00	1.40	10.71	argille	59.18	9.68	2.78	1.00	30.00	139.45	5442.86	2442.86	0.98	0.06	0.33	n.l.	8.50	0.00	Litologia non liquefacibile
3.20	1.80	0.80	35.00	1.67	21.00	limo argilloso	132.25	4.84	2.33	0.75	70.00	144.41	5802.67	2602.67	0.98	0.06	0.36	n.l.	8.40	0.00	Litologia non liquefacibile
3.40	1.80	0.80	18.00	0.87	20.77	limo argilloso	62.93	4.99	2.54	0.75	36.00	107.97	6162.50	2762.50	0.97	0.06	0.20	n.l.	8.30	0.00	Litologia non liquefacibile
3.60	1.80	0.80	25.00	1.00	25.00	limi argilloso-sabbiosi	83.32	4.11	2.40	0.75	50.00	115.71	6522.35	2922.35	0.97	0.06	0.22	n.l.	8.20	0.00	Litologia non liquefacibile
3.80	1.80	0.80	28.00	1.40	20.00	limo argilloso	88.61	5.13	2.46	0.75	56.00	143.66	6882.22	3082.22	0.97	0.06	0.36	n.l.	8.10	0.00	Litologia non liquefacibile
4.00	1.80	0.80	21.00	1.27	16.58	argilla limosa	62.54	6.25	2.62	1.00	42.00	144.98	7242.11	3242.11	0.97	0.06	0.36	n.l.	8.00	0.00	Litologia non liquefacibile
4.20	1.80	0.80	20.00	1.07	18.75	limo argilloso	56.55	5.54	2.61	1.00	40.00	135.28	7602.00	3402.00	0.97	0.06	0.31	n.l.	7.90	0.00	Litologia non liquefacibile
4.40	1.80	0.80	14.00	0.87	16.15	argilla limosa	37.07	6.56	2.79	1.00	28.00	130.74	7961.90	3561.90	0.97	0.06	0.29	n.l.	7.80	0.00	Litologia non liquefacibile
4.60	1.75	0.75	17.00	0.87	19.62	limo argilloso	43.57	5.36	2.67	1.00	34.00	129.62	8311.36	3711.36	0.96	0.06	0.28	n.l.	7.70	0.00	Litologia non liquefacibile
4.80	1.80	0.80	26.00	0.73	35.45	sabbie argilloso-limose	64.92	2.92	2.36	0.75	52.00	112.85	8671.30	3871.30	0.96	0.06	0.21	n.l.	7.60	0.00	Litologia non liquefacibile
5.00	1.85	0.85	17.00	0.87	19.62	limo argilloso	39.82	5.38	2.70	1.00	34.00	136.47	9041.67	4041.67	0.96	0.06	0.32	n.l.	7.50	0.00	Litologia non liquefacibile
5.20	1.80	0.80	17.00	1.80	9.44	argille organiche	38.22	11.21	2.95	1.00	34.00	211.65	9401.60	4201.60	0.96	0.06	0.96	n.l.	7.40	0.00	Litologia non liquefacibile
5.40	1.80	0.80	21.00	1.00	21.00	limo argilloso	45.91	4.99	2.64	1.00	42.00	149.35	9761.54	4361.54	0.96	0.06	0.39	n.l.	7.30	0.00	Litologia non liquefacibile
5.60	1.80	0.80	19.00	1.20	15.83	argilla limosa	39.78	6.67	2.77	1.00	38.00	172.54	10121.48	4521.48	0.96	0.06	0.56	n.l.	7.20	0.00	Litologia non liquefacibile
5.80	1.85	0.85	19.00	1.07	17.81	limo argilloso	38.26	5.94	2.75	1.00	38.00	164.89	10491.79	4691.79	0.96	0.06	0.50	n.l.	7.10	0.00	Litologia non liquefacibile
6.00	1.80	0.80	16.00	1.33	12.00	argilla limosa	30.74	8.94	2.94	1.00	32.00	195.24	10851.72	4851.72	0.95	0.06	0.77	n.l.	7.00	0.00	Litologia non liquefacibile
6.20	1.80	0.80	16.00	0.80	20.00	limo argilloso	29.69	5.38	2.79	1.00	31.93	150.53	11211.67	5011.67	0.95	0.06	0.40	n.l.	6.90	0.00	Litologia non liquefacibile
6.40	1.80	0.80	22.00	1.27	17.37	limo argilloso	40.30	6.08	2.74	1.00	42.54	181.83	11571.61	5171.61	0.95	0.06	0.64	n.l.	6.80	0.00	Litologia non liquefacibile
6.60	1.80	0.80	20.00	1.20	16.67	argilla limosa	35.27	6.38	2.79	1.00	37.51	176.99	11931.56	5331.56	0.95	0.06	0.60	n.l.	6.70	0.00	Litologia non liquefacibile
6.80	1.80	0.80	20.00	1.00	20.00	limo argilloso	34.18	5.33	2.75	1.00	36.42	158.05	12291.52	5491.52	0.95	0.06	0.45	n.l.	6.60	0.00	Litologia non liquefacibile
7.00	1.80	0.80	17.00	1.07	15.94	argilla limosa	27.84	6.78	2.88	1.00	30.08	166.33	12651.47	5651.47	0.95	0.06	0.51	n.l.	6.50	0.00	Litologia non liquefacibile
7.20	1.80	0.80	18.00	0.67	27.00	limi argilloso-sabbiosi	28.73	3.99	2.71	1.00	30.97	126.86	13011.43	5811.43	0.94	0.06	0.27	n.l.	6.40	0.00	Litologia non liquefacibile
7.40	1.80	0.80	31.00	1.27	24.47	limi argilloso-sabbiosi	49.67	4.27	2.56	0.75	45.64	141.91	13371.39	5971.39	0.94	0.06	0.35	n.l.	6.30	0.00	Litologia non liquefacibile
7.60	1.80	0.80	28.00	1.67	16.80	argilla limosa	43.43	6.26	2.72	1.00	45.67	190.83	13731.35	6131.35	0.94	0.06	0.73	n.l.	6.20	0.00	Litologia non liquefacibile
7.80	1.80	0.80	30.00	1.67	18.00	limo argilloso	45.44	5.83	2.69	1.00	47.68	186.59	14091.32	6291.32	0.94	0.06	0.68	n.l.	6.10	0.00	Litologia non liquefacibile
8.00	1.80	0.80	24.00	1.20	20.00	limo argilloso	34.96	5.32	2.74	1.00	37.20	159.32	14451.28	6451.28	0.94	0.06	0.46	n.l.	6.00	0.00	Litologia non liquefacibile
8.20	1.80	0.80	23.00	1.07	21.56	limo argilloso	32.55	4.96	2.74	1.00	34.79	149.09	14811.25	6611.25	0.94	0.06	0.39	n.l.	5.90	0.00	Litologia non liquefacibile
8.40	1.80	0.80	18.00	0.87	20.77	limo argilloso	24.34	5.26	2.85	1.00	26.58	138.30	15171.22	6771.22	0.94	0.06	0.33	n.l.	5.80	0.00	Litologia non liquefacibile
8.60	1.80	0.80	19.00	1.07	17.81	limo argilloso	25.17	6.11	2.88	1.00	27.41	151.45	15531.19	6931.19	0.93	0.06	0.40	n.l.	5.70	0.00	Litologia non liquefacibile
8.80	1.80	0.80	21.00	0.87	24.23	limi argilloso-sabbiosi	27.37	4.46	2.76	1.00	29.61	132.35	15891.16	7091.16	0.93	0.06	0.30	n.l.	5.60	0.00	Litologia non liquefacibile
9.00	1.80	0.80	21.00	0.93	22.50	limo argilloso	26.72	4.82	2.79	1.00	28.96	136.60	16251.14	7251.14	0.93	0.06	0.32	n.l.	5.50	0.00	Litologia non liquefacibile
9.20	1.80	0.80	20.00	0.87	23.08	limi argilloso-sabbiosi	24.75	4.73	2.81	1.00	26.99	131.62	16611.11	7411.11	0.93	0.06	0.29	n.l.	5.40	0.00	Litologia non liquefacibile
9.40	1.80	0.80	14.00	0.73	19.09	limo argilloso	16.25	5.96	3.01	1.00	18.49	127.64	16971.09	7571.09	0.92	0.06	0.27	n.l.	5.30	0.00	Litologia non liquefacibile
9.60	1.80	0.80	14.00	0.60	23.33	limi argilloso-sabbiosi	15.87	4.89	2.97	1.00	18.11	115.39	17331.06	7731.06	0.92	0.06	0.22	n.l.	5.20	0.00	Litologia non liquefacibile
9.80	1.80	0.80	17.00	0.67	25.50	limi argilloso-sabbiosi	19.30	4.38	2.87	1.00	21.54	116.52	17691.04	7891.04	0.91	0.06	0.23	n.l.	5.10	0.00	Litologia non liquefacibile

10.00	1.80	0.80	16.00	0.87	18.46	limo argilloso	17.63	6.11	2.99	1.00	19.87	132.84	18051.02	8051.02	0.91	0.06	0.30	n.l.	5.00	0.00	Litologia non liquefacibile
10.20	1.80	0.80	15.00	0.67	22.50	limo argilloso	16.03	5.07	2.97	1.00	18.27	117.69	18411.00	8211.00	0.90	0.06	0.23	n.l.	4.90	0.00	Litologia non liquefacibile
10.40	1.80	0.80	16.00	0.87	18.46	limo argilloso	16.87	6.14	3.01	1.00	19.11	131.12	18770.98	8370.98	0.90	0.06	0.29	n.l.	4.80	0.00	Litologia non liquefacibile
10.60	1.80	0.80	15.00	0.80	18.75	limo argilloso	15.34	6.11	3.04	1.00	17.58	126.63	19130.96	8530.96	0.89	0.06	0.27	n.l.	4.70	0.00	Litologia non liquefacibile
10.80	1.80	0.80	16.00	0.73	21.82	limo argilloso	16.17	5.22	2.98	1.00	18.41	119.69	19490.94	8690.94	0.89	0.06	0.24	n.l.	4.60	0.00	Litologia non liquefacibile
11.00	1.80	0.80	16.00	1.00	16.00	argilla limosa	15.83	7.14	3.07	1.00	18.08	137.64	19850.93	8850.93	0.88	0.06	0.32	n.l.	4.50	0.00	Litologia non liquefacibile
11.20	1.75	0.75	29.00	1.00	29.00	limi argilloso-sabbiosi	29.98	3.71	2.68	1.00	32.22	123.76	20200.73	9000.73	0.87	0.06	0.26	n.l.	4.40	0.00	Litologia non liquefacibile
11.40	1.75	0.75	34.00	0.80	42.50	sabbie argilloso-limose	34.91	2.50	2.52	0.75	36.34	103.72	20550.54	9150.54	0.87	0.05	0.18	n.l.	4.30	0.00	Litologia non liquefacibile
11.60	1.85	0.85	37.00	1.13	32.65	limi argilloso-sabbiosi	37.45	3.25	2.57	0.75	39.00	122.34	20920.70	9320.70	0.86	0.05	0.25	n.l.	4.20	0.00	Litologia non liquefacibile
11.80	1.80	0.80	19.00	1.53	12.39	argilla limosa	17.80	9.09	3.11	1.00	20.04	161.40	21280.69	9480.69	0.86	0.05	0.47	n.l.	4.10	0.00	Litologia non liquefacibile
12.00	1.70	0.70	16.00	0.80	20.00	limo argilloso	14.38	5.78	3.05	1.00	16.63	120.80	21620.34	9620.34	0.85	0.05	0.24	n.l.	4.00	0.00	Litologia non liquefacibile
12.20	1.75	0.75	38.00	0.53	71.25	sabbia	36.65	1.49	2.36	0.50	38.44	83.02	21970.17	9770.17	0.85	0.05	0.13	2.49	3.90	0.00	POSITIVA
12.40	1.75	0.75	36.00	0.87	41.54	sabbie argilloso-limose	34.04	2.57	2.53	0.75	36.22	106.30	22320.00	9920.00	0.84	0.05	0.19	n.l.	3.80	0.00	Litologia non liquefacibile
12.60	1.75	0.75	35.00	0.80	43.75	sabbia limosa	32.51	2.44	2.53	0.75	34.82	102.54	22669.84	10069.84	0.84	0.05	0.18	n.l.	3.70	0.00	Litologia non liquefacibile
12.80	1.80	0.80	37.00	0.93	39.64	sabbie argilloso-limose	33.92	2.69	2.55	0.75	36.37	109.62	23029.84	10229.84	0.83	0.05	0.20	n.l.	3.60	0.00	Litologia non liquefacibile
13.00	1.75	0.75	30.00	1.07	28.13	limi argilloso-sabbiosi	26.65	3.86	2.73	1.00	28.90	121.49	23379.69	10379.69	0.83	0.05	0.25	n.l.	3.50	0.00	Litologia non liquefacibile
13.20	1.75	0.75	34.00	0.73	46.36	sabbia limosa	30.04	2.32	2.55	0.75	32.71	98.53	23729.54	10529.54	0.82	0.05	0.17	n.l.	3.40	0.00	Litologia non liquefacibile
13.40	1.75	0.75	39.00	0.87	45.00	sabbia limosa	34.26	2.37	2.51	0.75	37.12	104.18	24079.39	10679.39	0.82	0.05	0.19	n.l.	3.30	0.00	Litologia non liquefacibile
13.60	1.75	0.75	37.00	1.07	34.69	sabbie argilloso-limose	31.91	3.09	2.61	1.00	34.17	114.78	24429.25	10829.25	0.81	0.05	0.22	n.l.	3.20	0.00	Litologia non liquefacibile
13.80	1.75	0.75	29.00	0.93	31.07	limi argilloso-sabbiosi	24.16	3.52	2.73	1.00	26.41	112.30	24779.12	10979.12	0.81	0.05	0.21	n.l.	3.10	0.00	Litologia non liquefacibile
14.00	1.75	0.75	33.00	0.73	45.00	sabbia limosa	27.39	2.41	2.59	0.75	30.46	98.98	25128.99	11128.99	0.80	0.05	0.17	n.l.	3.00	0.00	Litologia non liquefacibile
14.20	1.75	0.75	37.00	0.80	46.25	sabbia limosa	30.55	2.32	2.54	0.75	33.81	100.85	25478.86	11278.86	0.79	0.05	0.18	n.l.	2.90	0.00	Litologia non liquefacibile
14.40	1.75	0.75	30.00	0.73	40.91	sabbie argilloso-limose	23.99	2.67	2.66	1.00	26.25	97.70	25828.73	11428.73	0.79	0.05	0.17	n.l.	2.80	0.00	Litologia non liquefacibile
14.60	1.75	0.75	38.00	0.93	40.71	sabbie argilloso-limose	30.56	2.64	2.58	0.75	34.04	108.27	26178.61	11578.61	0.78	0.05	0.20	n.l.	2.70	0.00	Litologia non liquefacibile
14.80	1.75	0.75	37.00	0.67	55.50	sabbia limosa	29.29	1.94	2.51	0.75	32.83	92.14	26528.49	11728.49	0.78	0.05	0.15	n.l.	2.60	0.00	Litologia non liquefacibile
15.00	1.75	0.75	39.00	0.87	45.00	sabbia limosa	30.57	2.39	2.55	0.75	34.28	103.61	26878.38	11878.38	0.77	0.05	0.18	n.l.	2.50	0.00	Litologia non liquefacibile
15.20	1.75	0.75	31.00	1.00	31.00	limi argilloso-sabbiosi	23.51	3.54	2.74	1.00	25.77	111.65	27228.27	12028.27	0.77	0.05	0.21	n.l.	2.40	0.00	Litologia non liquefacibile
15.40	1.75	0.75	33.00	0.73	45.00	sabbia limosa	24.83	2.42	2.62	1.00	27.10	94.06	27578.16	12178.16	0.76	0.05	0.16	n.l.	2.30	0.00	Litologia non liquefacibile
15.60	1.80	0.80	38.00	1.07	35.63	sabbie argilloso-limose	28.53	3.03	2.64	1.00	30.80	109.67	27938.18	12338.18	0.76	0.05	0.20	n.l.	2.20	0.00	Litologia non liquefacibile
15.80	1.75	0.75	29.00	1.07	27.19	limi argilloso-sabbiosi	20.96	4.08	2.82	1.00	23.22	115.61	28288.08	12488.08	0.75	0.05	0.22	n.l.	2.10	0.00	Litologia non liquefacibile
16.00	1.75	0.75	34.00	0.80	42.50	sabbie argilloso-limose	24.64	2.57	2.64	1.00	26.90	96.55	28637.97	12637.97	0.75	0.05	0.16	n.l.	2.00	0.00	Litologia non liquefacibile
16.20	1.75	0.75	36.00	0.80	45.00	sabbia limosa	25.88	2.42	2.61	1.00	28.15	95.04	28987.88	12787.88	0.74	0.05	0.16	n.l.	1.90	0.00	Litologia non liquefacibile
16.40	1.75	0.75	38.00	0.87	43.85	sabbia limosa	27.10	2.47	2.60	0.75	31.32	103.87	29337.78	12937.78	0.74	0.05	0.18	n.l.	1.80	0.00	Litologia non liquefacibile
16.60	1.75	0.75	31.00	0.87	35.77	sabbie argilloso-limose	21.42	3.09	2.74	1.00	23.69	101.55	29687.68	13087.68	0.73	0.05	0.18	n.l.	1.70	0.00	Litologia non liquefacibile
16.80	1.75	0.75	35.00	0.67	52.50	sabbia limosa	24.17	2.08	2.59	0.75	28.36	93.09	30037.59	13237.59	0.73	0.05	0.16	n.l.	1.60	0.00	Litologia non liquefacibile
17.00	1.80	0.80	39.00	1.00	39.00	sabbie argilloso-limose	26.84	2.78	2.63	1.00	29.11	103.02	30397.62	13397.62	0.72	0.05	0.18	n.l.	1.50	0.00	Litologia non liquefacibile
17.20	1.75	0.75	28.00	1.00	28.00	limi argilloso-sabbiosi	18.40	4.01	2.86	1.00	20.67	110.16	30747.53	13547.53	0.71	0.05	0.20	n.l.	1.40	0.00	Litologia non liquefacibile
17.40	1.75	0.75	35.00	0.87	40.38	sabbie argilloso-limose	23.28	2.72	2.68	1.00	25.55	97.66	31097.44	13697.44	0.71	0.05	0.17	n.l.	1.30	0.00	Litologia non liquefacibile
17.60	1.75	0.75	36.00	0.87	41.54	sabbie argilloso-limose	23.73	2.64	2.66	1.00	26.00	96.77	31447.36	13847.36	0.70	0.04	0.16	n.l.	1.20	0.00	Litologia non liquefacibile
17.80	1.70	0.70	38.00	0.93	40.71	sabbie argilloso-limose	24.90	2.68	2.65	1.00	27.17	98.91	31787.16	13987.16	0.70	0.04	0.17	n.l.	1.10	0.00	Litologia non liquefacibile
18.00	1.70	0.70	31.00	---	---	---	19.67	-----	-----	---	---	---	32126.97	14126.97	0.69	0.04	---	---	---	---	---

ALLEGATO 1

Prove Penetrometriche Statiche (CPT)



Prova Penetrometrica Statica
Letture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **1.2 PR FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	0.267	0.0
0.40	38	42	38.00	1.733	21.9
0.60	19	45	19.00	1.133	16.8
0.80	14	31	14.00	0.667	21.0
1.00	14	24	14.00	0.800	17.5
1.20	17	29	17.00	2.133	8.0
1.40	36	68	36.00	1.000	36.0
1.60	41	56	41.00	2.267	18.1
1.80	37	71	37.00	2.400	15.4
2.00	39	75	39.00	2.733	14.3
2.20	36	77	36.00	2.533	14.2
2.40	33	71	33.00	2.533	13.0
2.60	37	75	37.00	1.733	21.3
2.80	55	81	55.00	1.333	41.3
3.00	24	44	24.00	1.600	15.0
3.20	24	48	24.00	0.600	40.0
3.40	24	33	24.00	1.867	12.9
3.60	27	55	27.00	1.733	15.6
3.80	27	53	27.00	1.867	14.5
4.00	22	50	22.00	1.600	13.8
4.20	26	50	26.00	0.200	130.0
4.40	29	32	29.00	1.333	21.8
4.60	29	49	29.00	1.733	16.7
4.80	27	53	27.00	1.600	16.9
5.00	24	48	24.00	1.467	16.4
5.20	22	44	22.00	1.600	13.8
5.40	22	46	22.00	1.467	15.0
5.60	23	45	23.00	1.667	13.8
5.80	25	50	25.00	1.800	13.9
6.00	24	51	24.00	1.667	14.4
6.20	23	48	23.00	1.733	13.3
6.40	29	55	29.00	2.067	14.0
6.60	35	66	35.00	2.400	14.6
6.80	36	72	36.00	2.400	15.0
7.00	37	73	37.00	2.600	14.2
7.20	44	83	44.00	2.933	15.0
7.40	40	84	40.00	2.867	14.0
7.60	49	92	49.00	2.533	19.3

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

7.80	43	81	43.00	3.000	14.3
8.00	41	86	41.00	3.000	13.7
8.20	30	75	30.00	2.133	14.1
8.40	25	57	25.00	2.200	11.4
8.60	29	62	29.00	---	---
8.80	---	---	---	---	---
9.00	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---
15.20	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm2 - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm2)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

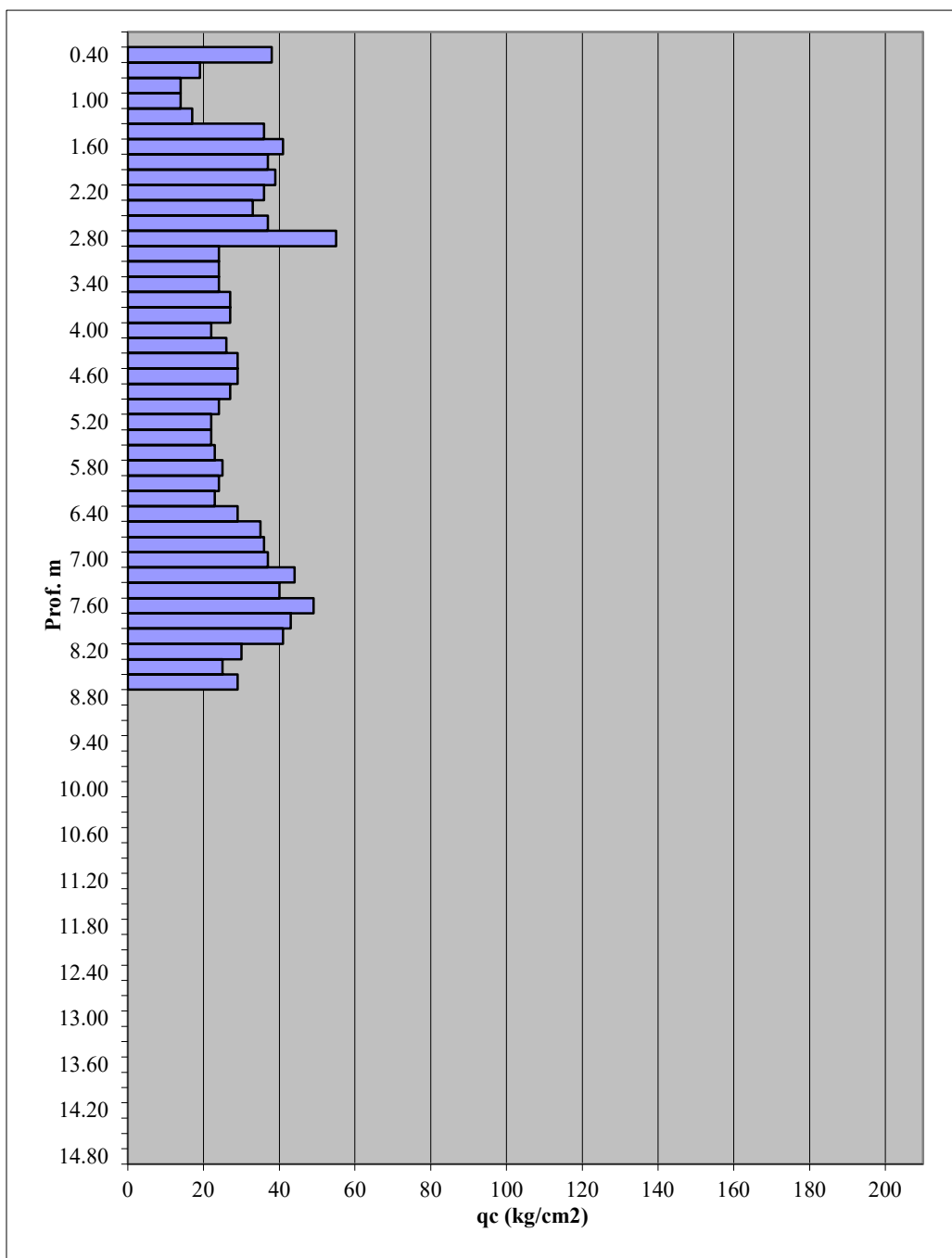
CPT

d. 2 PR FESR

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





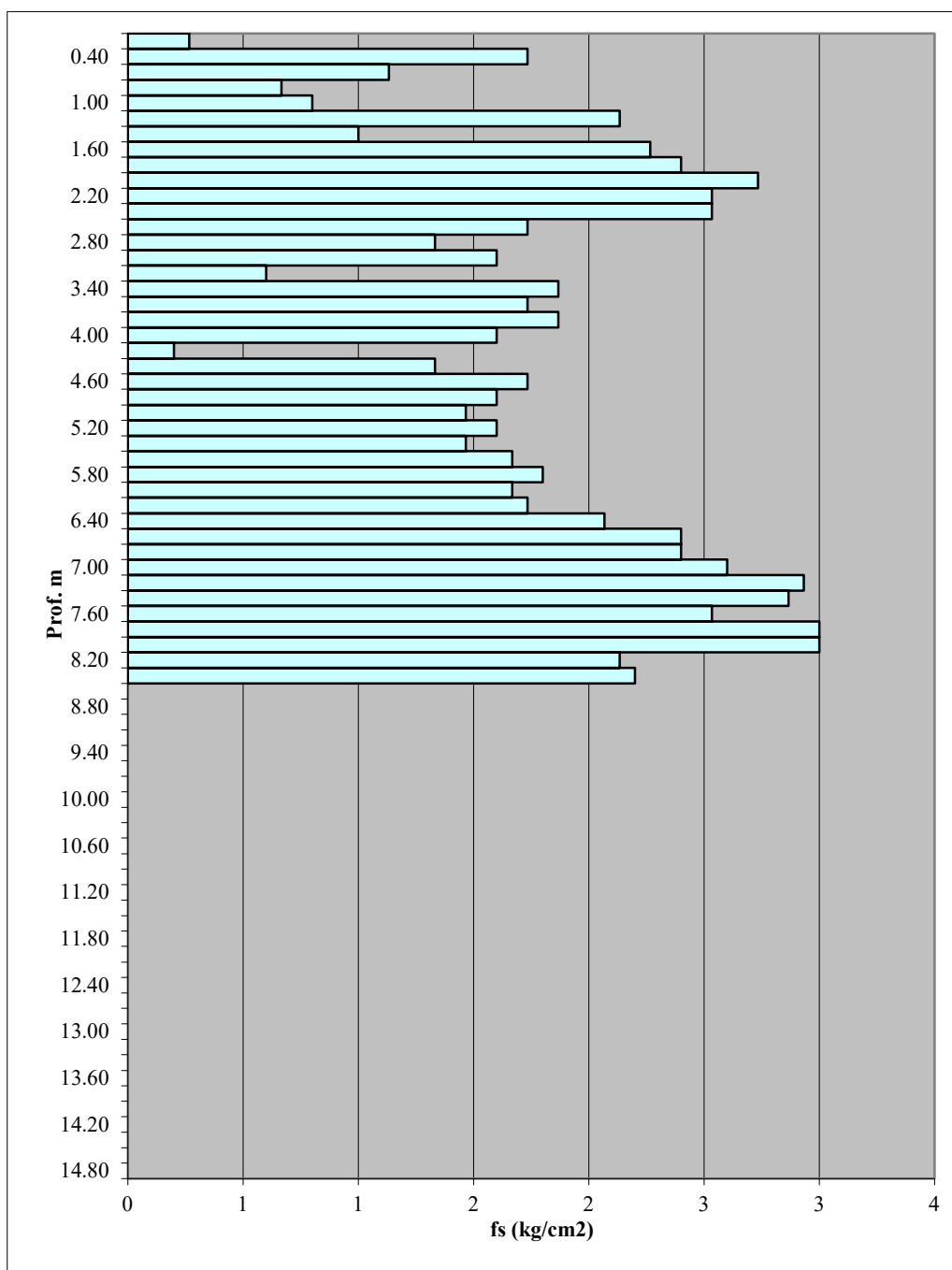
Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza

CPT **Ced. 2 PR FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





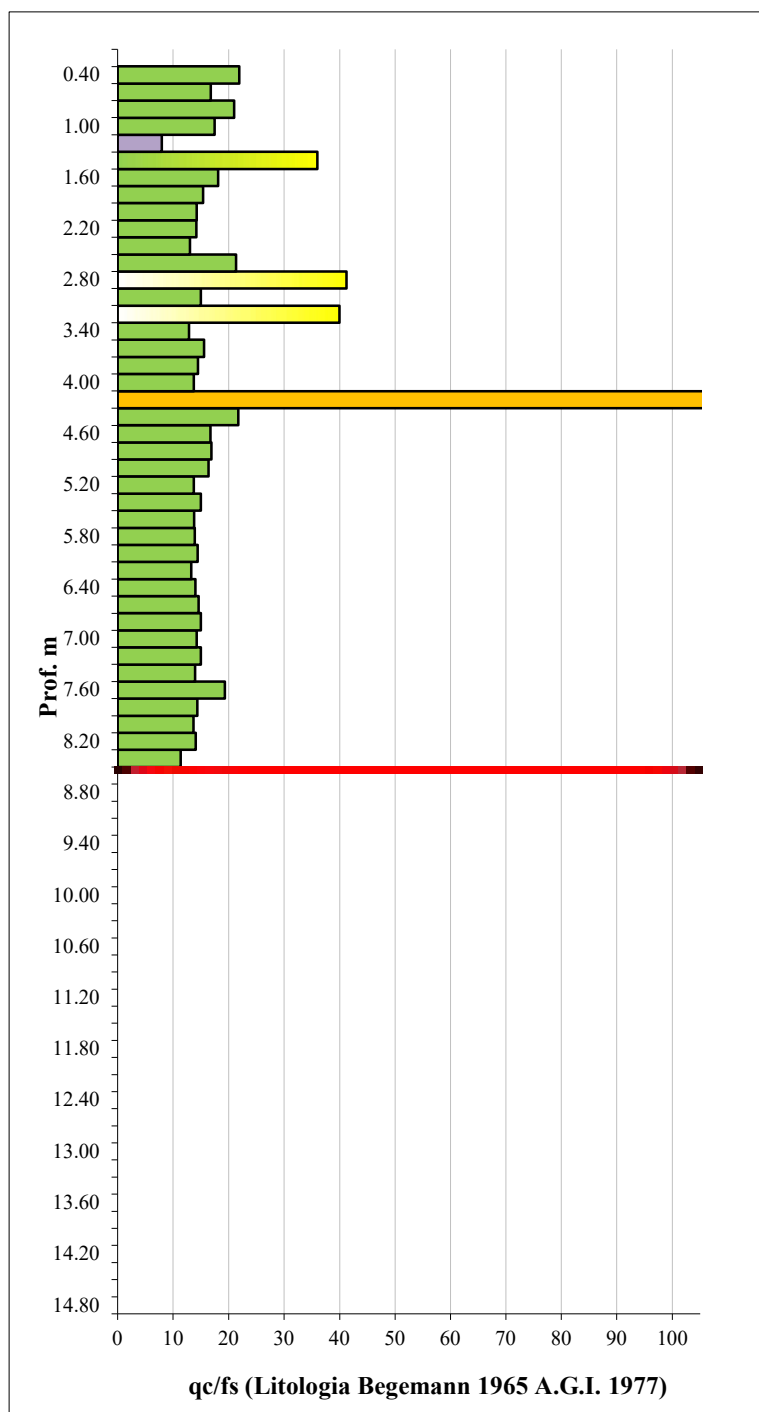
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **Ced. 2 PR FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT



Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	E	OCR	f(dm)	f(my)	DR	f(1s)	f(2s)	f(3s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2		Kg/cm ²	(-)	°	°	(%)	°	°	°
0.20	---	0.267	0.0	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	38.00	---	---	---	++consistente	---	0.80	0.07	1.14	114	141.4	----	----	---	---	---	---
0.60	19.00	1.133	16.8	argilla limosa	consistente	coesive	0.80	0.11	0.82	67	77.0	----	----	---	---	---	---
0.80	14.00	0.667	21.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.13	0.63	49	45.1	----	----	---	---	---	---
1.00	14.00	0.800	17.5	limo argilloso	consistente	coesive	0.85	0.15	0.63	49	37.7	----	----	---	---	---	---
1.20	17.00	2.133	8.0	argille organiche	-----	coesive	0.75	0.17	0.73	60	38.9	----	----	---	---	---	---
1.40	36.00	1.000	36.0	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.80	0.19	1.08	108	55.1	39	33	78	39	40	42
1.60	41.00	2.267	18.1	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.21	1.23	123	57.2	----	----	---	---	---	---
1.80	37.00	2.400	15.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.23	1.11	111	44.9	----	----	---	---	---	---
2.00	39.00	2.733	14.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.25	1.17	117	43.2	----	----	---	---	---	---
2.20	36.00	2.533	14.2	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.27	1.08	108	35.5	----	----	---	---	---	---
2.40	33.00	2.533	13.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.29	1.09	99	32.8	----	----	---	---	---	---
2.60	37.00	1.733	21.3	limo argilloso	++consistente	coesive	0.75	0.31	1.11	111	30.9	----	----	---	---	---	---
2.80	55.00	1.333	41.3	sabbie argilloso-limose	med.add,	granulari	0.80	0.33	1.65	165	46.9	39	35	79	39	41	42
3.00	24.00	1.600	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.75	0.35	0.96	48	22.2	----	----	---	---	---	---
3.20	24.00	0.600	40.0	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.85	0.37	0.96	48	20.7	34	31	48	35	37	39
3.40	24.00	1.867	12.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.39	0.96	48	19.4	----	----	---	---	---	---
3.60	27.00	1.733	15.6	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.41	0.95	54	17.8	----	----	---	---	---	---
3.80	27.00	1.867	14.5	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.43	0.95	54	16.8	----	----	---	---	---	---
4.00	22.00	1.600	13.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.70	0.45	0.88	44	14.5	----	----	---	---	---	---
4.20	26.00	0.200	130.0	ghiaie sabbiose	++SCIOLTA	granulari	0.80	0.47	0.91	52	14.3	33	32	45	34	37	39
4.40	29.00	1.333	21.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.49	1.02	58	15.6	----	----	---	---	---	---
4.60	29.00	1.733	16.7	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.51	1.02	58	14.8	----	----	---	---	---	---
4.80	27.00	1.600	16.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.53	0.95	54	12.9	----	----	---	---	---	---
5.00	24.00	1.467	16.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.55	0.96	48	12.6	----	----	---	---	---	---
5.20	22.00	1.600	13.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.57	0.88	44	10.8	----	----	---	---	---	---
5.40	22.00	1.467	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.59	0.88	44	10.3	----	----	---	---	---	---
5.60	23.00	1.667	13.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.61	0.92	46	10.5	----	----	---	---	---	---
5.80	25.00	1.800	13.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.63	0.88	50	9.5	----	----	---	---	---	---
6.00	24.00	1.667	14.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.65	0.96	48	10.2	----	----	---	---	---	---
6.20	23.00	1.733	13.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.67	0.92	46	9.3	----	----	---	---	---	---
6.40	29.00	2.067	14.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.69	1.02	58	10.2	----	----	---	---	---	---
6.60	35.00	2.400	14.6	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.71	1.05	105	10.2	----	----	---	---	---	---
6.80	36.00	2.400	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.73	1.08	108	10.2	----	----	---	---	---	---
7.00	37.00	2.600	14.2	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.75	1.11	111	10.2	----	----	---	---	---	---
7.20	44.00	2.933	15.0	argilla limosa	dura	coesive	0.85	0.77	1.32	132	12.3	----	----	---	---	---	---
7.40	40.00	2.867	14.0	argilla limosa	dura	coesive	0.80	0.79	1.20	120	10.6	----	----	---	---	---	---
7.60	49.00	2.533	19.3	limo argilloso	++consistente	coesive	0.85	0.81	1.47	147	13.2	----	----	---	---	---	---

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)

. 2 PR FES

f (4s)

°

44

44

42

42



Prova Penetrometrica Statica
Lecture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **2_1 PR FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Lecture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	0.267	0.0
0.40	38	42	38.00	1.733	21.9
0.60	19	45	19.00	1.133	16.8
0.80	14	31	14.00	0.667	21.0
1.00	14	24	14.00	0.800	17.5
1.20	17	29	17.00	2.133	8.0
1.40	36	68	36.00	1.000	36.0
1.60	41	56	41.00	2.267	18.1
1.80	37	71	37.00	2.400	15.4
2.00	39	75	39.00	2.733	14.3
2.20	36	77	36.00	2.533	14.2
2.40	33	71	33.00	2.533	13.0
2.60	37	75	37.00	1.733	21.3
2.80	55	81	55.00	1.333	41.3
3.00	24	44	24.00	1.600	15.0
3.20	24	48	24.00	0.600	40.0
3.40	24	33	24.00	1.867	12.9
3.60	27	55	27.00	1.733	15.6
3.80	27	53	27.00	1.867	14.5
4.00	22	50	22.00	1.600	13.8
4.20	26	50	26.00	0.200	130.0
4.40	29	32	29.00	1.333	21.8
4.60	29	49	29.00	1.733	16.7
4.80	27	53	27.00	1.600	16.9
5.00	24	48	24.00	1.467	16.4
5.20	22	44	22.00	1.600	13.8
5.40	22	46	22.00	1.467	15.0
5.60	23	45	23.00	1.667	13.8
5.80	25	50	25.00	1.800	13.9
6.00	24	51	24.00	1.667	14.4
6.20	23	48	23.00	1.733	13.3
6.40	29	55	29.00	2.067	14.0
6.60	35	66	35.00	2.400	14.6
6.80	36	72	36.00	2.400	15.0
7.00	37	73	37.00	2.600	14.2
7.20	44	83	44.00	2.933	15.0
7.40	40	84	40.00	2.867	14.0
7.60	49	92	49.00	2.533	19.3

Profondità	Lecture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

7.80	43	81	43.00	3.000	14.3
8.00	41	86	41.00	3.000	13.7
8.20	30	75	30.00	2.133	14.1
8.40	25	57	25.00	1.800	13.9
8.60	35	62	35.00	2.533	13.8
8.80	37	75	37.00	1.533	24.1
9.00	22	45	22.00	1.867	11.8
9.20	27	55	27.00	3.133	8.6
9.40	30	77	30.00	3.200	9.4
9.60	40	88	40.00	1.467	27.3
9.80	25	47	25.00	3.133	8.0
10.00	33	80	33.00	1.733	19.0
10.20	36	62	36.00	2.933	12.3
10.40	33	77	33.00	1.800	18.3
10.60	29	56	29.00	1.800	16.1
10.80	27	54	27.00	2.200	12.3
11.00	29	62	29.00	1.667	17.4
11.20	38	63	38.00	1.000	38.0
11.40	29	44	29.00	1.000	29.0
11.60	34	49	34.00	0.800	42.5
11.80	37	49	37.00	1.133	32.6
12.00	19	36	19.00	1.533	12.4
12.20	16	39	16.00	---	---
12.40	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---
15.20	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm2 - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm2)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

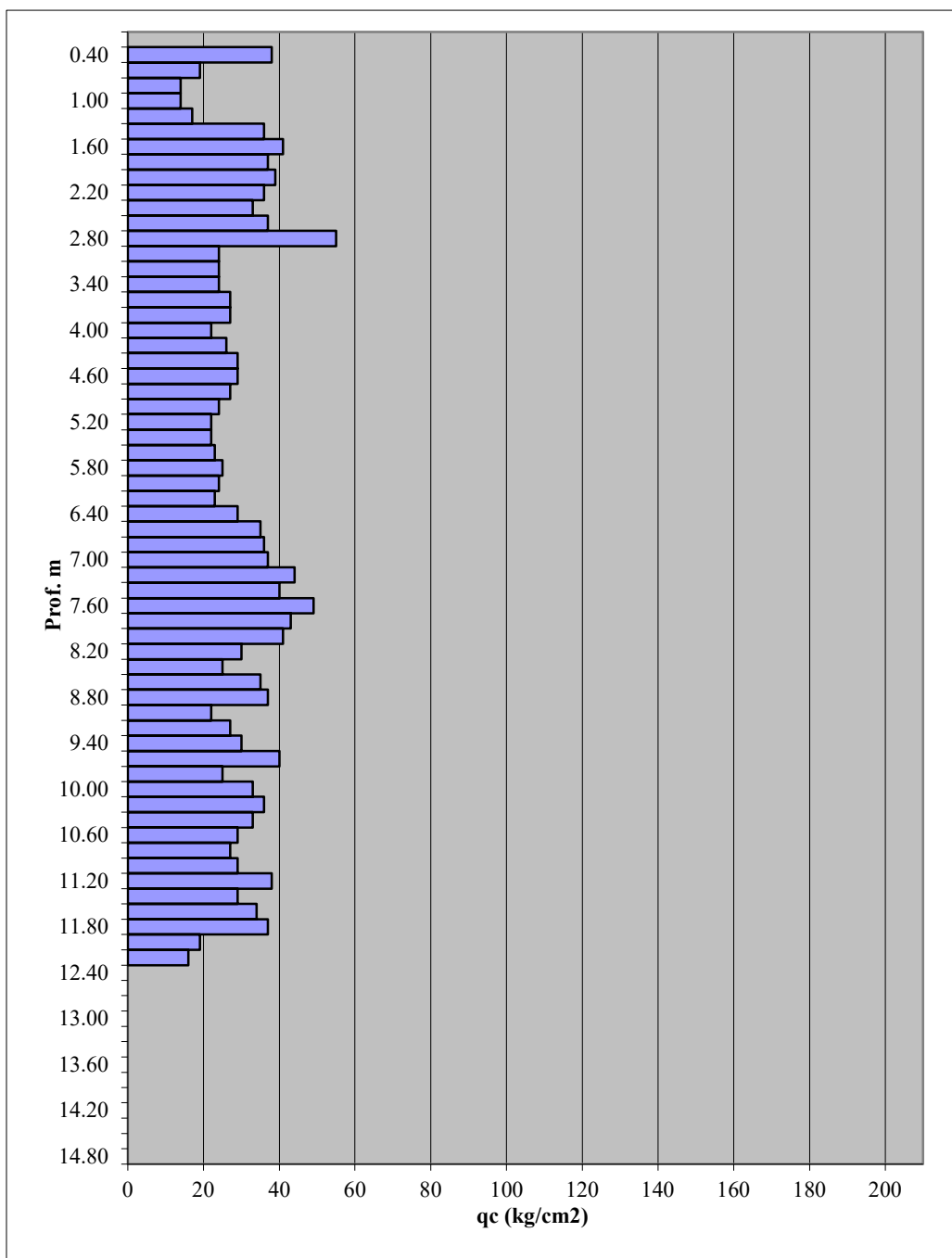
CPT

2_1 PR FESR

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





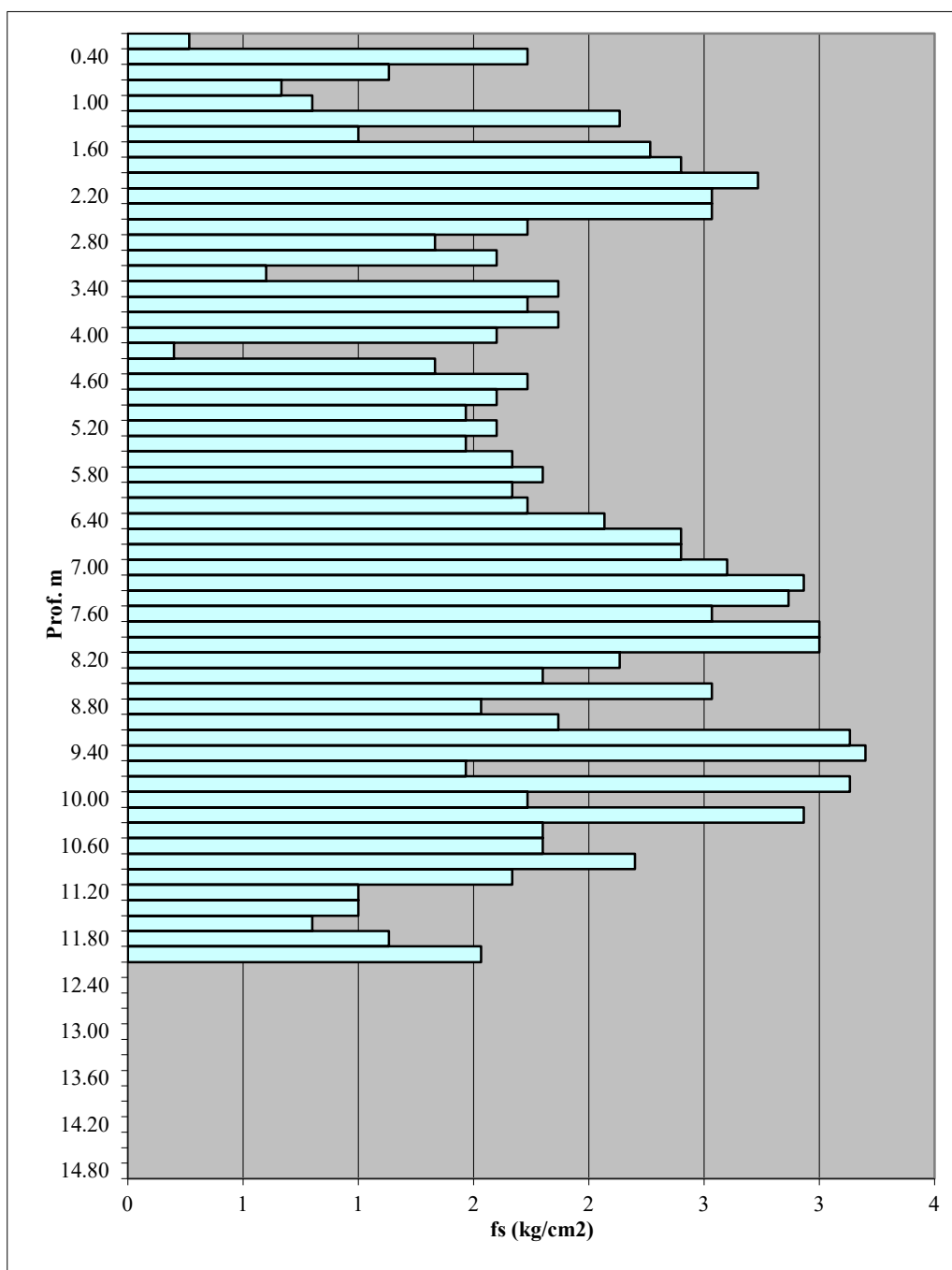
Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza

CPT **Ced. 2_1** PR FESR

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





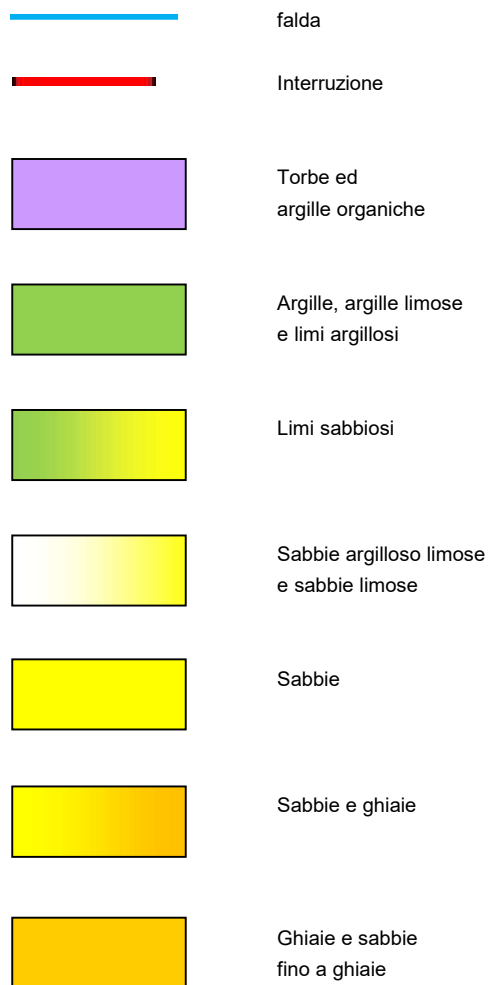
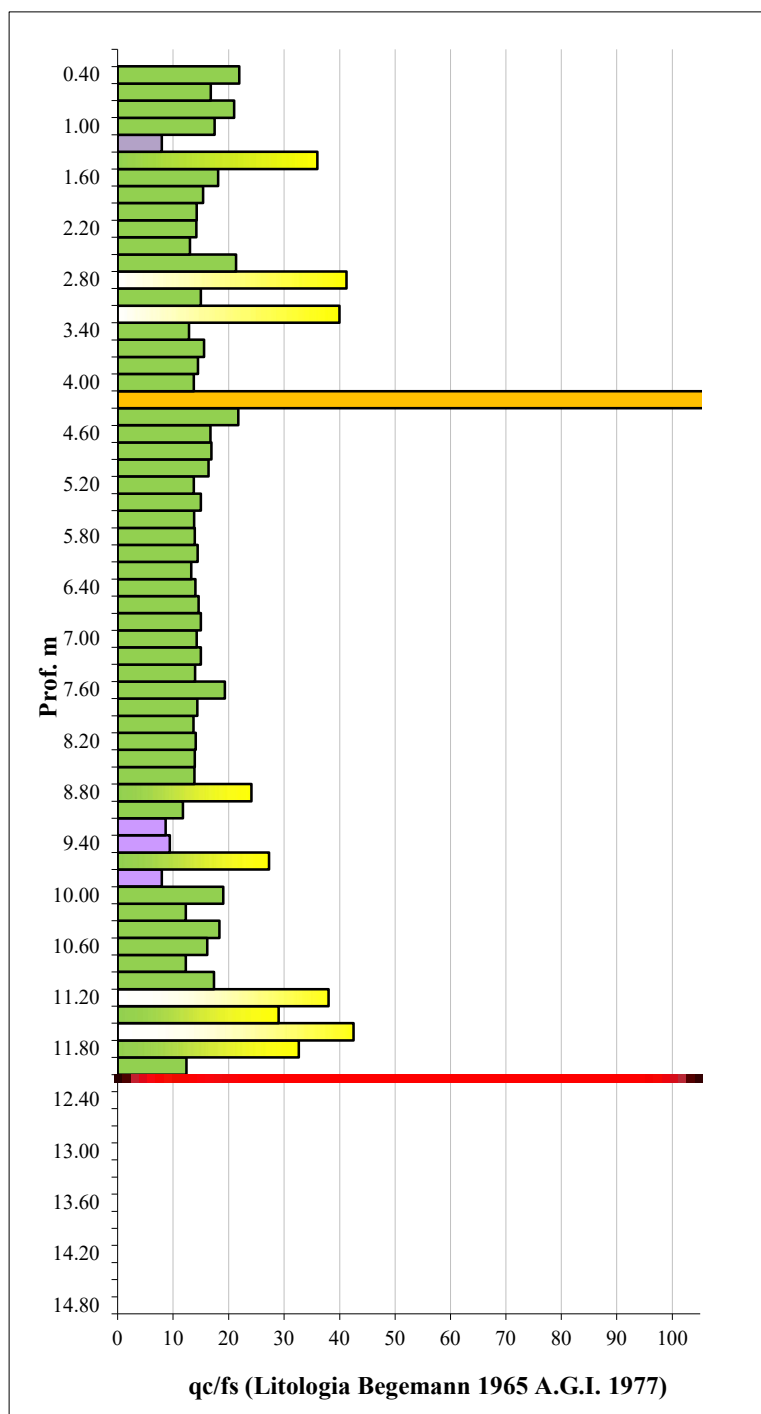
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **Ced. 2_1 PR FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT



Committente AIPO Data: 27/05/2025
Cantiere 0 Quota inizio: p.c.
Località Polesine Prof. Falda: 0.00 metri
Provincia Parma

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	E	OCR	f(dm)	f(my)	DR	f(1s)	f(2s)	f(3s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2		Kg/cm ²	(-)	°	°	(%)	°	°	°
0.20	---	0.267	0.0	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	38.00	---	---	---	++consistente	---	0.80	0.07	1.14	114	141.4	----	----	---	---	---	---
0.60	19.00	1.133	16.8	argilla limosa	consistente	coesive	0.80	0.11	0.82	67	77.0	----	----	---	---	---	---
0.80	14.00	0.667	21.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.13	0.63	49	45.1	----	----	---	---	---	---
1.00	14.00	0.800	17.5	limo argilloso	consistente	coesive	0.85	0.15	0.63	49	37.7	----	----	---	---	---	---
1.20	17.00	2.133	8.0	argille organiche	-----	coesive	0.75	0.17	0.73	60	38.9	----	----	---	---	---	---
1.40	36.00	1.000	36.0	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.80	0.19	1.08	108	55.1	39	33	78	39	40	42
1.60	41.00	2.267	18.1	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.21	1.23	123	57.2	----	----	---	---	---	---
1.80	37.00	2.400	15.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.23	1.11	111	44.9	----	----	---	---	---	---
2.00	39.00	2.733	14.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.25	1.17	117	43.2	----	----	---	---	---	---
2.20	36.00	2.533	14.2	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.27	1.08	108	35.5	----	----	---	---	---	---
2.40	33.00	2.533	13.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.29	1.09	99	32.8	----	----	---	---	---	---
2.60	37.00	1.733	21.3	limo argilloso	++consistente	coesive	0.75	0.31	1.11	111	30.9	----	----	---	---	---	---
2.80	55.00	1.333	41.3	sabbie argilloso-limose	med.add,	granulari	0.80	0.33	1.65	165	46.9	39	35	79	39	41	42
3.00	24.00	1.600	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.75	0.35	0.96	48	22.2	----	----	---	---	---	---
3.20	24.00	0.600	40.0	sabbie argilloso-limose	sciolt	granulari	0.85	0.37	0.96	48	20.7	34	31	48	35	37	39
3.40	24.00	1.867	12.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.39	0.96	48	19.4	----	----	---	---	---	---
3.60	27.00	1.733	15.6	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.41	0.95	54	17.8	----	----	---	---	---	---
3.80	27.00	1.867	14.5	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.43	0.95	54	16.8	----	----	---	---	---	---
4.00	22.00	1.600	13.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.70	0.45	0.88	44	14.5	----	----	---	---	---	---
4.20	26.00	0.200	130.0	ghiaie sabbiose	++SCIOLTA	granulari	0.80	0.47	0.91	52	14.3	33	32	45	34	37	39
4.40	29.00	1.333	21.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.49	1.02	58	15.6	----	----	---	---	---	---
4.60	29.00	1.733	16.7	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.51	1.02	58	14.8	----	----	---	---	---	---
4.80	27.00	1.600	16.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.53	0.95	54	12.9	----	----	---	---	---	---
5.00	24.00	1.467	16.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.55	0.96	48	12.6	----	----	---	---	---	---
5.20	22.00	1.600	13.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.57	0.88	44	10.8	----	----	---	---	---	---
5.40	22.00	1.467	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.59	0.88	44	10.3	----	----	---	---	---	---
5.60	23.00	1.667	13.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.61	0.92	46	10.5	----	----	---	---	---	---
5.80	25.00	1.800	13.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.63	0.88	50	9.5	----	----	---	---	---	---
6.00	24.00	1.667	14.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.65	0.96	48	10.2	----	----	---	---	---	---
6.20	23.00	1.733	13.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.67	0.92	46	9.3	----	----	---	---	---	---
6.40	29.00	2.067	14.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.69	1.02	58	10.2	----	----	---	---	---	---
6.60	35.00	2.400	14.6	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.71	1.05	105	10.2	----	----	---	---	---	---
6.80	36.00	2.400	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.73	1.08	108	10.2	----	----	---	---	---	---
7.00	37.00	2.600	14.2	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.75	1.11	111	10.2	----	----	---	---	---	---
7.20	44.00	2.933	15.0	argilla limosa	dura	coesive	0.85	0.77	1.32	132	12.3	----	----	---	---	---	---
7.40	40.00	2.867	14.0	argilla limosa	dura	coesive	0.80	0.79	1.20	120	10.6	----	----	---	---	---	---
7.60	49.00	2.533	19.3	limo argilloso	++consistente	coesive	0.85	0.81	1.47	147	13.2	----	----	---	---	---	---

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)



Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

Ced. 2_1 PI

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2			(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
7.80	43.00	3.000	14.3	argilla limosa	dura	coesive	0.85	0.83	1.29	129	10.9	----	----	----	---	---	---	---
8.00	41.00	3.000	13.7	argilla limosa	dura	coesive	0.85	0.85	1.23	123	10.0	----	----	----	---	---	---	---
8.20	30.00	2.133	14.1	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.87	0.99	90	7.4	----	----	----	---	---	---	---
8.40	25.00	1.800	13.9	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.89	0.88	50	6.1	----	----	----	---	---	---	---
8.60	35.00	2.533	13.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.91	1.05	105	7.5	----	----	----	---	---	---	---
8.80	37.00	1.533	24.1	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.85	0.93	1.11	111	7.8	----	----	----	---	---	---	---
9.00	22.00	1.867	11.8	argille	++consistente	coesive	0.85	0.95	0.88	44	5.7	----	----	----	---	---	---	---
9.20	27.00	3.133	8.6	argille organiche	++consistente	coesive	0.85	0.97	0.95	54	6.1	----	----	----	---	---	---	---
9.40	30.00	3.200	9.4	argille organiche	++consistente	coesive	0.80	0.99	0.99	90	6.3	----	----	----	---	---	---	---
9.60	40.00	1.467	27.3	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.85	1.01	1.20	120	7.8	----	----	----	---	---	---	---
9.80	25.00	3.133	8.0	argille organiche	++consistente	coesive	0.80	1.03	0.88	50	5.1	----	----	----	---	---	---	---
10.00	33.00	1.733	19.0	limo argilloso	++consistente	coesive	0.85	1.05	1.09	99	6.6	----	----	----	---	---	---	---
10.20	36.00	2.933	12.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	1.07	1.08	108	6.4	----	----	----	---	---	---	---
10.40	33.00	1.800	18.3	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	1.09	1.09	99	6.3	----	----	----	---	---	---	---
10.60	29.00	1.800	16.1	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	1.11	1.02	58	5.6	----	----	----	---	---	---	---
10.80	27.00	2.200	12.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	1.13	0.95	54	5.0	----	----	----	---	---	---	---
11.00	29.00	1.667	17.4	limo argilloso	consistente	coesive	0.75	1.15	1.02	58	5.4	----	----	----	---	---	---	---
11.20	38.00	1.000	38.0	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.80	1.17	1.14	114	6.1	31	33	31	33	36	38	41
11.40	29.00	1.000	29.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.75	1.19	1.02	58	5.1	----	----	----	---	---	---	---
11.60	34.00	0.800	42.5	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.75	1.21	1.12	102	5.7	30	33	26	32	35	38	41
11.80	37.00	1.133	32.6	limi argilloso-sabbiosi	sciolta	granulari	0.85	1.23	1.11	111	5.5	31	33	29	33	35	38	41
12.00	19.00	1.533	12.4	argilla limosa	consistente	coesive	0.70	1.25	0.82	67	3.7	----	----	----	---	---	---	---
12.20	16.00	---	---	---	---	---	0.70	1.27	0.69	56	2.9	27	29	-3	29	32	35	38
12.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

g' = peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

DR = Densità relativa (Harman)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)



Prova Penetrometrica Statica
Letture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **PR-FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Sissa Trecasali
Provincia Parma

Data 10/06/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Lettture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	1.667	0.0
0.40	50	75	50.00	1.333	37.5
0.60	70	90	70.00	2.933	23.9
0.80	48	92	48.00	2.467	19.5
1.00	38	75	38.00	2.533	15.0
1.20	32	70	32.00	2.467	13.0
1.40	25	62	25.00	1.667	15.0
1.60	35	60	35.00	2.733	12.8
1.80	33	74	33.00	1.600	20.6
2.00	47	71	47.00	2.333	20.1
2.20	37	72	37.00	1.400	26.4
2.40	29	50	29.00	1.467	19.8
2.60	21	43	21.00	1.200	17.5
2.80	37	55	37.00	0.867	42.7
3.00	16	29	16.00	1.400	11.4
3.20	35	56	35.00	1.600	21.9
3.40	19	43	19.00	0.867	21.9
3.60	25	38	25.00	1.000	25.0
3.80	28	43	28.00	1.467	19.1
4.00	21	43	21.00	1.267	16.6
4.20	20	39	20.00	1.067	18.8
4.40	15	31	15.00	0.867	17.3
4.60	17	30	17.00	0.867	19.6
4.80	26	39	26.00	0.867	30.0
5.00	15	28	15.00	0.933	16.1
5.20	17	31	17.00	1.733	9.8
5.40	22	48	22.00	1.067	20.6
5.60	19	35	19.00	1.200	15.8
5.80	19	37	19.00	1.067	17.8
6.00	16	32	16.00	1.267	12.6
6.20	17	36	17.00	0.800	21.3
6.40	22	34	22.00	1.333	16.5
6.60	20	40	20.00	1.200	16.7
6.80	20	38	20.00	1.000	20.0
7.00	17	32	17.00	1.000	17.0
7.20	19	34	19.00	0.733	25.9
7.40	31	42	31.00	1.200	25.8
7.60	29	47	29.00	1.733	16.7

Profondità	Lettture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

7.80	30	56	30.00	1.600	18.8
8.00	25	49	25.00	1.200	20.8
8.20	23	41	23.00	1.133	20.3
8.40	18	35	18.00	0.867	20.8
8.60	19	32	19.00	1.067	17.8
8.80	21	37	21.00	0.867	24.2
9.00	21	34	21.00	0.933	22.5
9.20	20	34	20.00	0.867	23.1
9.40	14	27	14.00	0.733	19.1
9.60	14	25	14.00	0.600	23.3
9.80	17	26	17.00	0.667	25.5
10.00	16	26	16.00	0.667	24.0
10.20	17	27	17.00	0.667	25.5
10.40	16	26	16.00	0.933	17.1
10.60	16	30	16.00	0.733	21.8
10.80	17	28	17.00	0.867	19.6
11.00	16	29	16.00	0.733	21.8
11.20	17	28	17.00	0.600	28.3
11.40	16	25	16.00	0.800	20.0
11.60	18	30	18.00	0.867	20.8
11.80	16	29	16.00	0.667	24.0
12.00	17	27	17.00	1.000	17.0
12.20	29	44	29.00	1.000	29.0
12.40	34	49	34.00	0.800	42.5
12.60	37	49	37.00	1.133	32.6
12.80	19	36	19.00	1.533	12.4
13.00	16	39	16.00	0.933	17.1
13.20	35	49	35.00	0.933	37.5
13.40	37	51	37.00	1.067	34.7
13.60	21	37	21.00	1.467	14.3
13.80	17	39	17.00	0.933	18.2
14.00	35	49	35.00	0.800	43.8
14.20	37	49	37.00	1.000	37.0
14.40	21	36	21.00	1.600	13.1
14.60	15	39	15.00	0.867	17.3
14.80	36	49	36.00	0.867	41.5
15.00	37	50	37.00	0.933	39.6

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm2 - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm2)



MaC Coworking - Dott. Geol. Luca Calzolari

Prova Penetrometrica Statica Letture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **PR-FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Sissa Trecasali
Provincia Parma

Data 10/06/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm ²		

Profondità	Letture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm ²		

15.20	36	50	36.00	0.467	77.1
15.40	35	42	35.00	1.000	35.0
15.60	35	50	35.00	0.933	37.5
15.80	37	51	37.00	1.000	37.0
16.00	34	49	34.00	0.867	39.2
16.20	30	43	30.00	1.067	28.1
16.40	33	49	33.00	0.867	38.1
16.60	37	50	37.00	1.067	34.7
16.80	21	37	21.00	1.200	17.5
17.00	21	39	21.00	0.867	24.2
17.20	38	51	38.00	0.933	40.7
17.40	35	49	35.00	0.933	37.5
17.60	34	48	34.00	0.867	39.2
17.80	33	20	33.00	1.000	33.0
18.00	31	46	31.00	---	---
18.20	---	---	---	---	---
18.40	---	---	---	---	---
18.60	---	---	---	---	---
18.80	---	---	---	---	---
19.00	---	---	---	---	---
19.20	---	---	---	---	---
19.40	---	---	---	---	---
19.60	---	---	---	---	---
19.80	---	---	---	---	---
20.00	---	---	---	---	---
20.20	---	---	---	---	---
20.40	---	---	---	---	---
20.60	---	---	---	---	---
20.80	---	---	---	---	---
21.00	---	---	---	---	---
21.20	---	---	---	---	---
21.40	---	---	---	---	---
21.60	---	---	---	---	---
21.80	---	---	---	---	---
22.00	---	---	---	---	---
22.20	---	---	---	---	---
22.40	---	---	---	---	---
22.60	---	---	---	---	---

22.80	---	---	---	---	---
23.00	---	---	---	---	---
23.20	---	---	---	---	---
23.40	---	---	---	---	---
23.60	---	---	---	---	---
23.80	---	---	---	---	---
24.00	---	---	---	---	---
24.20	---	---	---	---	---
24.40	---	---	---	---	---
24.60	---	---	---	---	---
24.80	---	---	---	---	---
25.00	---	---	---	---	---
25.20	---	---	---	---	---
25.40	---	---	---	---	---
25.60	---	---	---	---	---
25.80	---	---	---	---	---
26.00	---	---	---	---	---
26.20	---	---	---	---	---
26.40	---	---	---	---	---
26.60	---	---	---	---	---
26.80	---	---	---	---	---
27.00	---	---	---	---	---
27.20	---	---	---	---	---
27.40	---	---	---	---	---
27.60	---	---	---	---	---
27.80	---	---	---	---	---
28.00	---	---	---	---	---
28.20	---	---	---	---	---
28.40	---	---	---	---	---
28.60	---	---	---	---	---
28.80	---	---	---	---	---
29.00	---	---	---	---	---
29.20	---	---	---	---	---
29.40	---	---	---	---	---
29.60	---	---	---	---	---
29.80	---	---	---	---	---
30.00	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm² - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm²)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

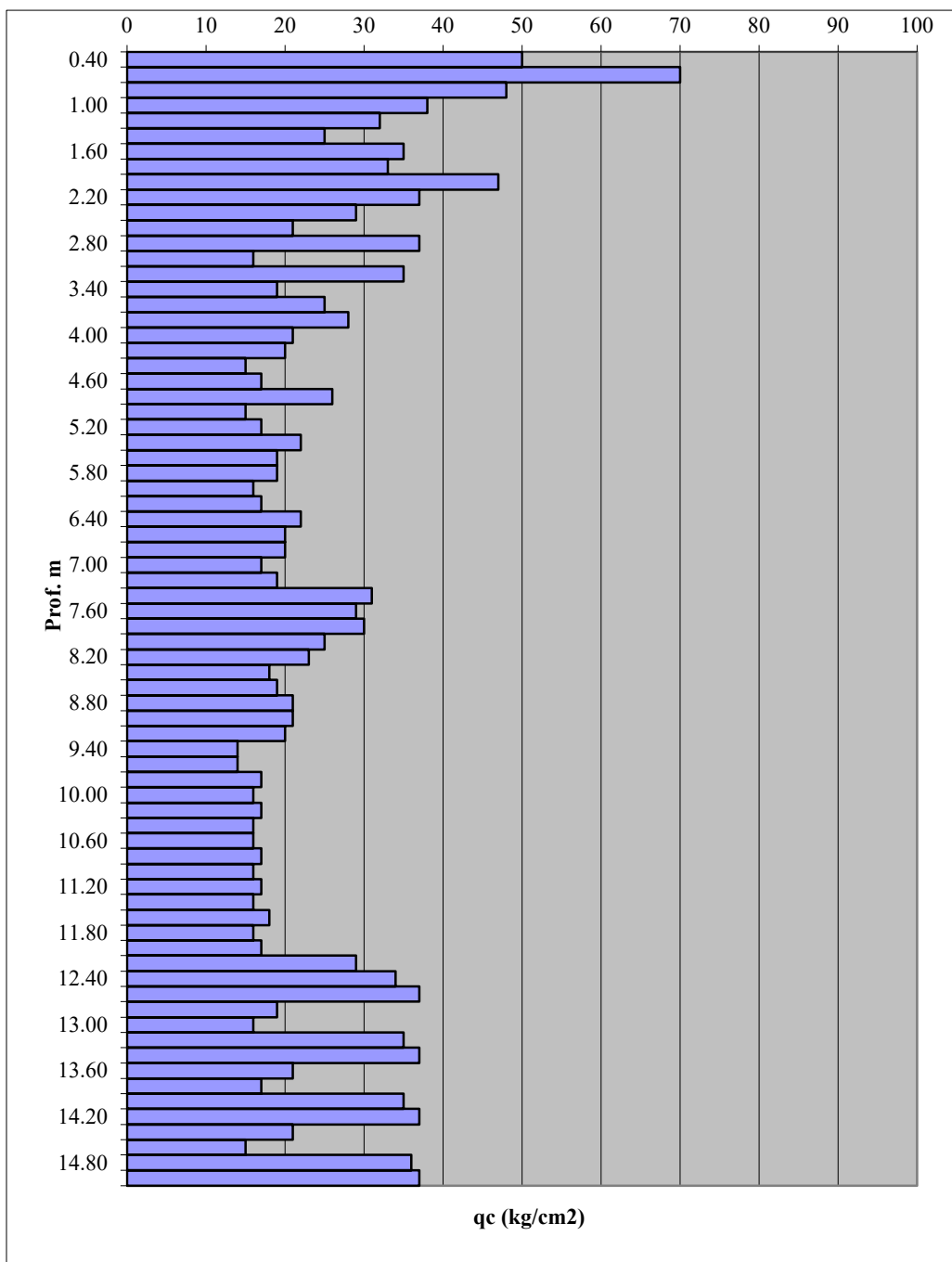
CPT

PR-FESR

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Sissa Trecasali
Provincia Parma

Data 10/06/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza

CPT

PR-FESR

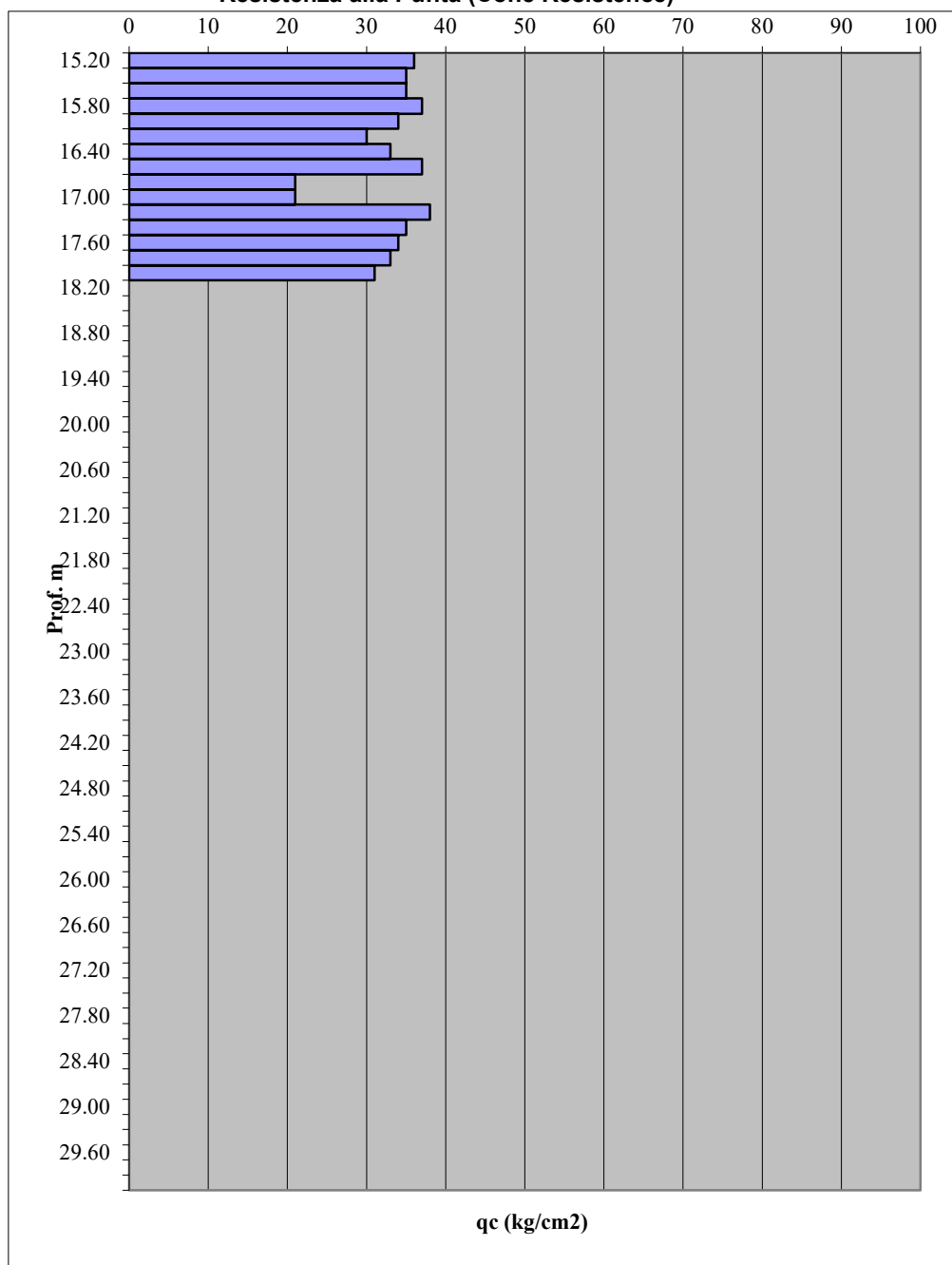
Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Sissa Trecasali
Parma

Data
Quota inizio
Prof. Falda

10/06/2025
0.00
0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





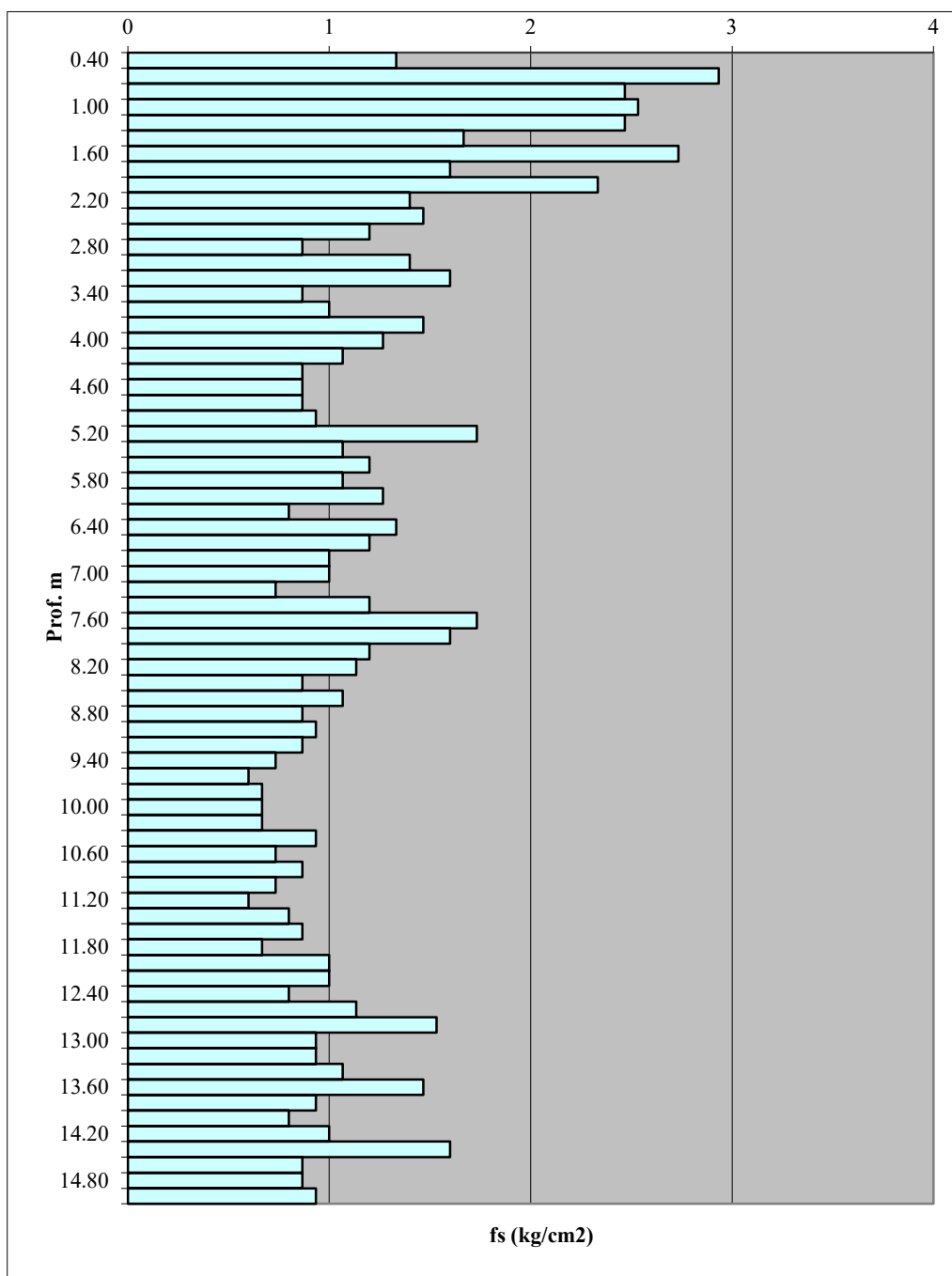
**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

CPT **PR-FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Sissa Trecasali
Provincia Parma

Data 10/06/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





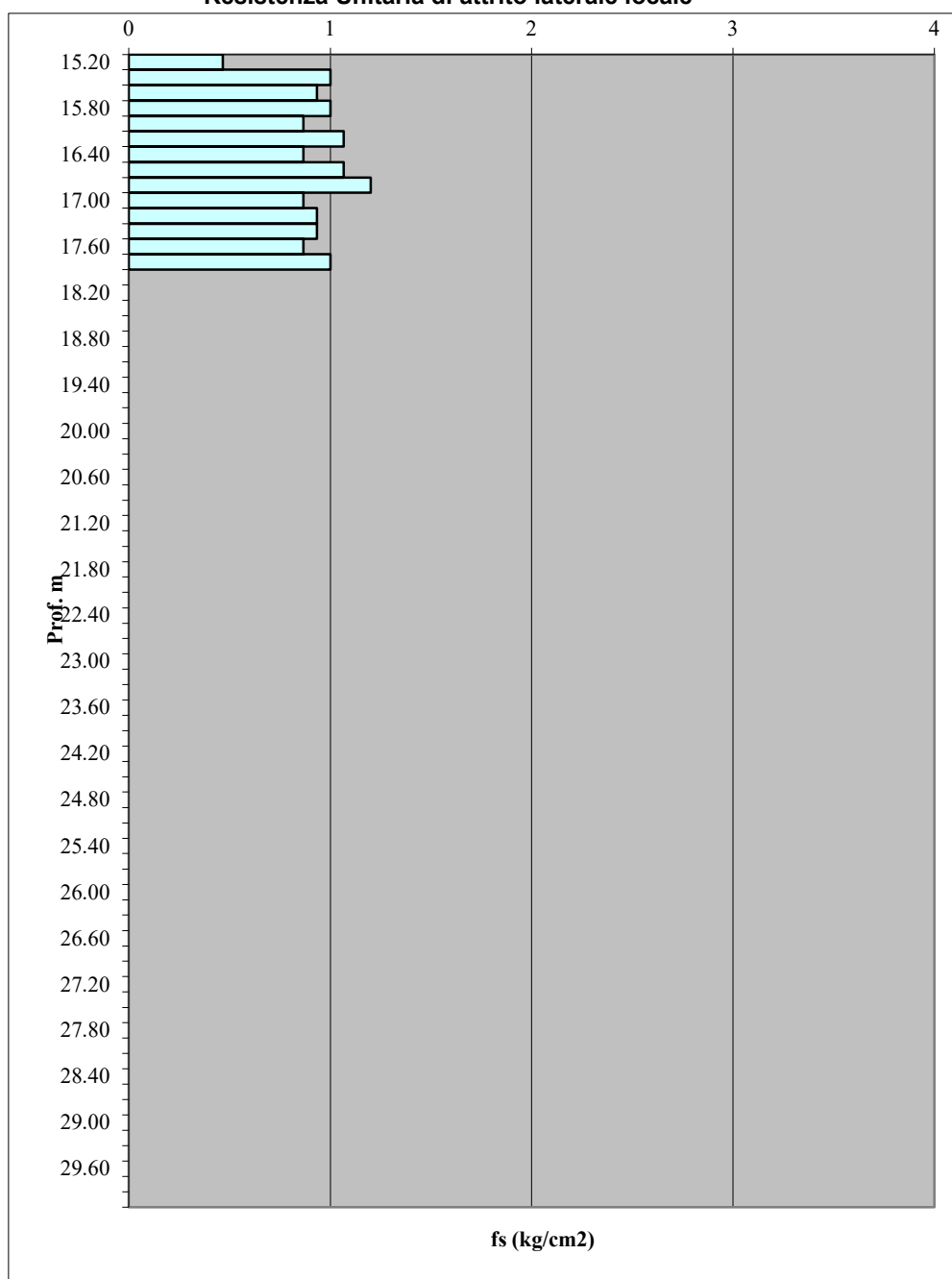
MaC Coworking - Dott. Geol. Luca Calzolari

**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

CPT **PR-FESR**

Committente	AIPO	Data	10/06/2025
Cantiere	0	Quota inizio	0.00
Località	Sissa Trecasali	Prof. Falda	0.00 metri
Provincia	Parma		

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





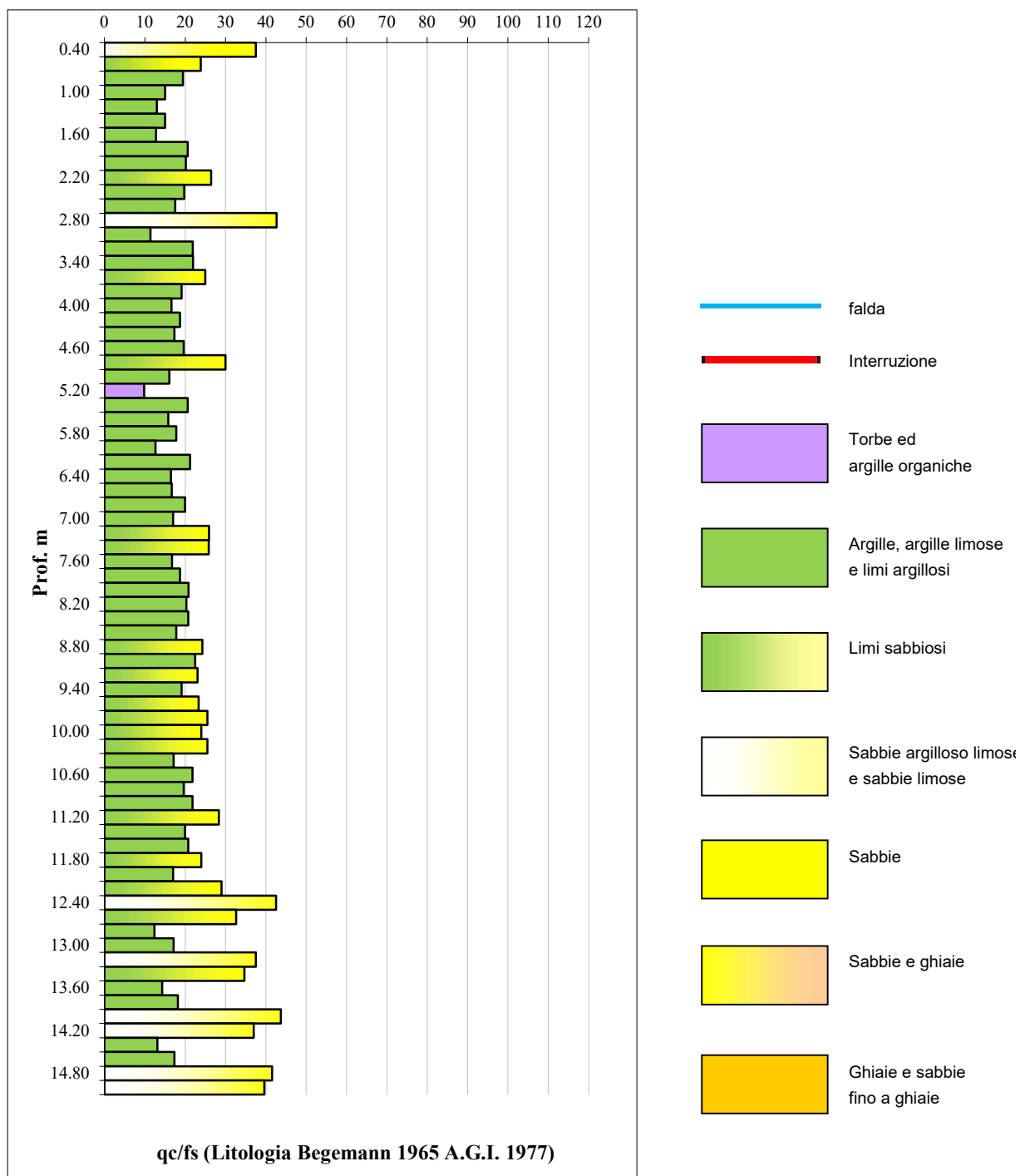
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **PR-FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Sissa Trecasali
Provincia Parma

Data: 10/06/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





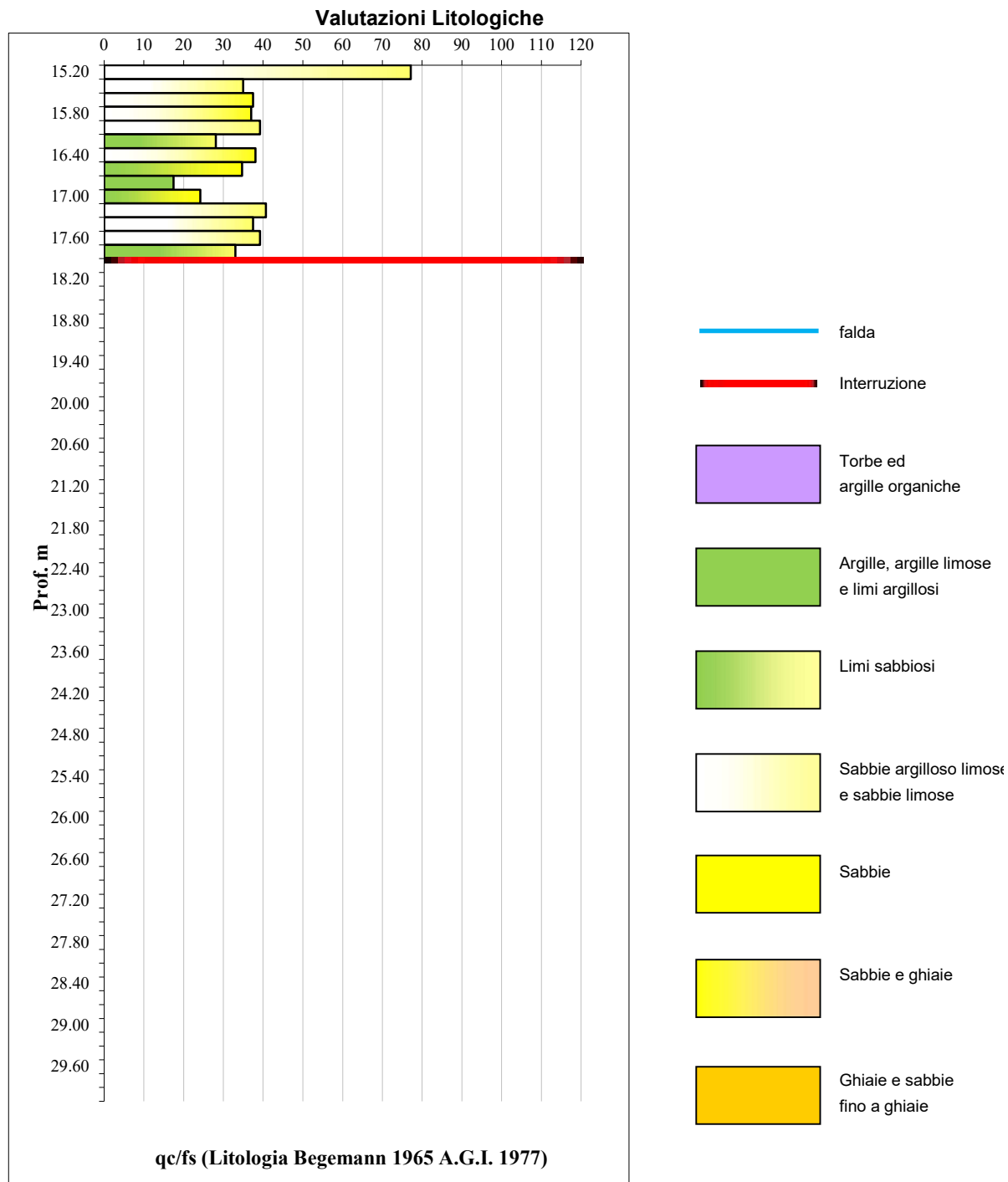
MaC Coworking - Dott. Geol. Luca Calzolari

**Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche**

CPT **PR-FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Sissa Trecasali
Provincia Parma

Data: 10/06/2025
Quota inizio: 0.00
Prof. Falda: 0.00 metri





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

PR-FES

Committente AIPO Data: #####
Cantiere 0 Quota inizio: p.c.
Località Sissa Trecasali Prof. Falda: 0.00 metri
Provincia Parma

Prof.	qc	fs	RF	Litologia - Consistenza addensamento		Natura	g'	s'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)	
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2				(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
0.20	---	1.667	0.0	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
0.40	50.00	1.333	37.5	sabbie argilloso-limose	med.add,	granulari	0.80	0.07	1.50	150	####	45	35	113	44	45	46	47	
0.60	70.00	2.933	23.9	limi argilloso-sabbiosi	dura	coesive	0.80	0.11	2.10	210	####	----	----	---	---	---	---	---	
0.80	48.00	2.467	19.5	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.13	1.44	144	####	----	----	---	---	---	---	---	
1.00	38.00	2.533	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.15	1.14	114	79.2	----	----	---	---	---	---	---	
1.20	32.00	2.467	13.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.17	1.06	96	61.6	----	----	---	---	---	---	---	
1.40	25.00	1.667	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.19	0.88	50	42.4	----	----	---	---	---	---	---	
1.60	35.00	2.733	12.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.21	1.05	105	46.9	----	----	---	---	---	---	---	
1.80	33.00	1.600	20.6	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.23	1.09	99	43.8	----	----	---	---	---	---	---	
2.00	47.00	2.333	20.1	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.25	1.41	141	54.6	----	----	---	---	---	---	---	
2.20	37.00	1.400	26.4	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.80	0.27	1.11	111	36.8	----	----	---	---	---	---	---	
2.40	29.00	1.467	19.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.29	1.02	58	30.1	----	----	---	---	---	---	---	
2.60	21.00	1.200	17.5	limo argilloso	consistente	coesive	0.75	0.31	0.84	42	21.8	----	----	---	---	---	---	---	
2.80	37.00	0.867	42.7	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.85	0.33	1.11	111	28.6	37	33	66	37	39	41	43	
3.00	16.00	1.400	11.4	argille	consistente	coesive	0.80	0.35	0.69	56	14.6	----	----	---	---	---	---	---	
3.20	35.00	1.600	21.9	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.37	1.05	105	23.1	----	----	---	---	---	---	---	
3.40	19.00	0.867	21.9	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.39	0.82	67	15.8	----	----	---	---	---	---	---	
3.60	25.00	1.000	25.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.41	0.88	50	16.2	----	----	---	---	---	---	---	
3.80	28.00	1.467	19.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.43	0.98	56	17.6	----	----	---	---	---	---	---	
4.00	21.00	1.267	16.6	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.45	0.84	42	13.7	----	----	---	---	---	---	---	
4.20	20.00	1.067	18.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.47	0.80	40	12.2	----	----	---	---	---	---	---	
4.40	15.00	0.867	17.3	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.49	0.65	53	8.9	----	----	---	---	---	---	---	
4.60	17.00	0.867	19.6	limo argilloso	consistente	coesive	0.75	0.51	0.73	60	9.8	----	----	---	---	---	---	---	
4.80	26.00	0.867	30.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	granulari	0.80	0.53	0.91	52	12.3	33	32	42	34	36	39	41	
5.00	15.00	0.933	16.1	argilla limosa	consistente	coesive	0.85	0.55	0.65	53	7.7	----	----	---	---	---	---	---	
5.20	17.00	1.733	9.8	argille organiche	-----	coesive	0.80	0.57	0.73	60	8.6	----	----	---	---	---	---	---	
5.40	22.00	1.067	20.6	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.59	0.88	44	10.3	----	----	---	---	---	---	---	
5.60	19.00	1.200	15.8	argilla limosa	consistente	coesive	0.80	0.61	0.82	67	9.0	----	----	---	---	---	---	---	
5.80	19.00	1.067	17.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.85	0.63	0.82	67	8.7	----	----	---	---	---	---	---	
6.00	16.00	1.267	12.6	argilla limosa	consistente	coesive	0.80	0.65	0.69	56	6.7	----	----	---	---	---	---	---	
6.20	17.00	0.800	21.3	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.67	0.73	60	7.0	----	----	---	---	---	---	---	
6.40	22.00	1.333	16.5	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.69	0.88	44	8.5	----	----	---	---	---	---	---	
6.60	20.00	1.200	16.7	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.71	0.80	40	7.3	----	----	---	---	---	---	---	
6.80	20.00	1.000	20.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.73	0.80	40	7.0	----	----	---	---	---	---	---	
7.00	17.00	1.000	17.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.75	0.73	60	6.1	----	----	---	---	---	---	---	
7.20	19.00	0.733	25.9	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.77	0.82	67	6.8	----	----	---	---	---	---	---	
7.40	31.00	1.200	25.8	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.80	0.79	1.02	93	8.7	----	----	---	---	---	---	---	
7.60	29.00	1.733	16.7	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.81	1.02	58	8.3	----	----	---	---	---	---	---	

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertm

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmer

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmer

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertman

DR = Densità relativa (Harman)



**Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici**

CPT

PR-FES

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Sissa Trecasali
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

10/06/2025
p.c.
0.00 metri

Prof. m	qc kg/cm2	fs kg/cm2	RF	Litologia (Begemann, 1977- Searle)	- Consistenza addensamento	Natura	g' t/m3	s'vo kg/cm2	Cu	Mo	OCR (-)	f (dm) °	f (my) °	DR (%)	f (1s) °	f (2s) °	f (3s) °	f (4s) °
7.80	30.00	1.600	18.8	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.83	0.99	90	7.8	----	----	----	---	---	---	---
8.00	25.00	1.200	20.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.85	0.88	50	6.5	----	----	----	---	---	---	---
8.20	23.00	1.133	20.3	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.87	0.92	46	6.7	----	----	----	---	---	---	---
8.40	18.00	0.867	20.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.89	0.77	63	5.3	----	----	----	---	---	---	---
8.60	19.00	1.067	17.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.91	0.82	67	5.5	----	----	----	---	---	---	---
8.80	21.00	0.867	24.2	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.93	0.84	42	5.5	----	----	----	---	---	---	---
9.00	21.00	0.933	22.5	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.95	0.84	42	5.4	----	----	----	---	---	---	---
9.20	20.00	0.867	23.1	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	0.97	0.80	40	4.9	----	----	----	---	---	---	---
9.40	14.00	0.733	19.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.99	0.63	49	3.6	----	----	----	---	---	---	---
9.60	14.00	0.600	23.3	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	1.01	0.63	49	3.5	----	----	----	---	---	---	---
9.80	17.00	0.667	25.5	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	1.03	0.73	60	4.1	----	----	----	---	---	---	---
10.00	16.00	0.667	24.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	1.05	0.69	56	3.7	----	----	----	---	---	---	---
10.20	17.00	0.667	25.5	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	1.07	0.73	60	3.9	----	----	----	---	---	---	---
10.40	16.00	0.933	17.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.09	0.69	56	3.5	----	----	----	---	---	---	---
10.60	16.00	0.733	21.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.11	0.69	56	3.5	----	----	----	---	---	---	---
10.80	17.00	0.867	19.6	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.13	0.73	60	3.6	----	----	----	---	---	---	---
11.00	16.00	0.733	21.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.15	0.69	56	3.3	----	----	----	---	---	---	---
11.20	17.00	0.600	28.3	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	1.17	0.73	60	3.5	----	----	----	---	---	---	---
11.40	16.00	0.800	20.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.19	0.69	56	3.2	----	----	----	---	---	---	---
11.60	18.00	0.867	20.8	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.21	0.77	63	3.6	----	----	----	---	---	---	---
11.80	16.00	0.667	24.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.80	1.23	0.69	56	3.0	----	----	----	---	---	---	---
12.00	17.00	1.000	17.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.25	0.73	60	3.2	----	----	----	---	---	---	---
12.20	29.00	1.000	29.0	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.75	1.27	1.02	58	4.7	----	----	----	---	---	---	---
12.40	34.00	0.800	42.5	sabbie argilloso-limose	sciolti	granula	0.75	1.29	1.12	102	5.3	30	33	24	32	35	37	40
12.60	37.00	1.133	32.6	limi argilloso-sabbiosi	sciolti	granula	0.85	1.31	1.11	111	5.1	31	33	27	33	35	38	41
12.80	19.00	1.533	12.4	argilla limosa	consistente	coesive	0.80	1.33	0.82	67	3.4	----	----	----	---	---	---	---
13.00	16.00	0.933	17.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.75	1.35	0.69	56	2.7	----	----	----	---	---	---	---
13.20	35.00	0.933	37.5	sabbie argilloso-limose	sciolti	granula	0.75	1.37	1.05	105	4.5	30	33	24	32	35	37	40
13.40	37.00	1.067	34.7	sabbie argilloso-limose	sciolti	granula	0.85	1.39	1.11	111	4.7	30	33	26	32	35	38	40
13.60	21.00	1.467	14.3	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	1.41	0.84	42	3.3	----	----	----	---	---	---	---
13.80	17.00	0.933	18.2	limo argilloso	consistente	coesive	0.75	1.43	0.73	60	2.7	----	----	----	---	---	---	---
14.00	35.00	0.800	43.8	sabbia limosa	sciolti	granula	0.75	1.45	1.05	105	4.2	30	33	22	32	35	37	40
14.20	37.00	1.000	37.0	sabbie argilloso-limose	sciolti	granula	0.85	1.47	1.11	111	4.4	30	33	24	32	35	37	40
14.40	21.00	1.600	13.1	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	1.49	0.84	42	3.1	----	----	----	---	---	---	---
14.60	15.00	0.867	17.3	limo argilloso	consistente	coesive	0.75	1.51	0.65	53	2.2	----	----	----	---	---	---	---
14.80	36.00	0.867	41.5	sabbie argilloso-limose	sciolti	granula	0.75	1.53	1.08	108	4.1	30	33	22	32	35	37	40
15.00	37.00	0.933	39.6	sabbie argilloso-limose	sciolti	granula	0.70	1.55	1.11	111	4.1	30	33	23	32	35	37	40

g' = peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

ann) Cu = coesione non drenata

tmann) Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

tmann) OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

in) f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

DR = Densità relativa (Harman)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)



Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

PR-FES

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Sissa Trecasali
Provincia Parma

Data: 10/06/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia - Consistenza addensamento		Natura	g'	s'vo	Cu	Mo	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)	
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)			t/m3	kg/cm2				(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
15.20	36.00	0.467	77.1	sabbia	sciolta	granulari	0.75	1.57	1.08	108	3.9	30	33	27	32	35	37	40	
15.40	35.00	1.000	35.0	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.75	1.59	1.05	105	3.7	29	33	26	32	34	37	40	
15.60	35.00	0.933	37.5	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.75	1.61	1.05	105	3.7	29	33	25	32	34	37	40	
15.80	37.00	1.000	37.0	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.75	1.63	1.11	111	3.9	30	33	27	32	35	37	40	
16.00	34.00	0.867	39.2	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.80	1.65	1.12	102	3.9	29	33	24	31	34	37	40	
16.20	30.00	1.067	28.1	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.75	1.67	0.99	90	3.3	----	----	---	---	---	---	---	
16.40	33.00	0.867	38.1	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.75	1.69	1.09	99	3.6	29	33	22	31	34	37	40	
16.60	37.00	1.067	34.7	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.80	1.71	1.11	111	3.7	29	33	26	32	34	37	40	
16.80	21.00	1.200	17.5	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.73	0.84	42	2.5	----	----	---	---	---	---	---	
17.00	21.00	0.867	24.2	limi argilloso-sabbiosi	consistente	coesive	0.75	1.75	0.84	42	2.5	----	----	---	---	---	---	---	
17.20	38.00	0.933	40.7	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.75	1.77	1.14	114	3.6	29	33	26	32	34	37	40	
17.40	35.00	0.933	37.5	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.75	1.79	1.05	105	3.2	29	33	23	31	34	37	40	
17.60	34.00	0.867	39.2	sabbie argilloso-limose	sciolta	granulari	0.75	1.81	1.12	102	3.5	29	33	22	31	34	37	40	
17.80	33.00	1.000	33.0	limi argilloso-sabbiosi	sciolta	granulari	0.70	1.83	1.09	99	3.3	28	33	20	31	34	37	40	
18.00	31.00	---	---	---	---	---	0.70	1.85	1.02	93	3.0	28	32	18	31	34	36	39	
18.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
18.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
18.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
18.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
19.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
19.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
19.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
19.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
19.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
20.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
20.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
20.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
20.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
20.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
21.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
21.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
21.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
21.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
21.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
22.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
22.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
22.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
22.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)



Prova Penetrometrica Statica
Lecture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **.1 PR FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Profondità	Lecture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	0.800	0.0
0.40	37	49	37.00	0.933	39.6
0.60	32	46	32.00	0.733	43.6
0.80	38	49	38.00	0.800	47.5
1.00	29	41	29.00	0.733	39.5
1.20	17	28	17.00	0.800	21.3
1.40	29	41	29.00	0.333	87.0
1.60	49	54	49.00	0.600	81.7
1.80	39	48	39.00	0.667	58.5
2.00	23	33	23.00	0.467	49.3
2.20	38	45	38.00	0.933	40.7
2.40	24	38	24.00	0.533	45.0
2.60	34	42	34.00	0.733	46.4
2.80	37	48	37.00	0.800	46.3
3.00	36	48	36.00	0.867	41.5
3.20	33	46	33.00	0.733	45.0
3.40	37	48	37.00	0.867	42.7
3.60	28	41	28.00	0.867	32.3
3.80	19	32	19.00	0.867	21.9
4.00	28	41	28.00	0.400	70.0
4.20	47	53	47.00	0.600	78.3
4.40	39	48	39.00	0.600	65.0
4.60	22	31	22.00	0.533	41.3
4.80	37	45	37.00	0.933	39.6
5.00	24	38	24.00	0.533	45.0
5.20	34	42	34.00	0.733	46.4
5.40	37	48	37.00	0.467	79.3
5.60	38	45	38.00	0.933	40.7
5.80	24	38	24.00	2.267	10.6
6.00	40	74	40.00	2.733	14.6
6.20	49	90	49.00	3.667	13.4
6.40	51	106	51.00	3.600	14.2
6.60	56	110	56.00	3.200	17.5
6.80	52	100	52.00	3.067	17.0
7.00	69	115	69.00	3.400	20.3
7.20	57	108	57.00	3.667	15.5
7.40	52	107	52.00	3.133	16.6
7.60	57	104	57.00	3.667	15.5

Profondità	Lecture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

7.80	49	104	49.00	1.600	30.6
8.00	27	51	27.00	1.667	16.2
8.20	31	56	31.00	2.533	12.2
8.40	36	74	36.00	1.467	24.5
8.60	29	51	29.00	1.600	18.1
8.80	25	49	25.00	1.600	15.6
9.00	24	48	24.00	1.933	12.4
9.20	30	59	30.00	1.333	22.5
9.40	31	51	31.00	2.067	15.0
9.60	24	55	24.00	1.733	13.8
9.80	24	50	24.00	1.333	18.0
10.00	29	49	29.00	1.533	18.9
10.20	21	44	21.00	1.400	15.0
10.40	20	41	20.00	1.533	13.0
10.60	28	51	28.00	1.933	14.5
10.80	26	55	26.00	2.200	11.8
11.00	24	57	24.00	---	---
11.20	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---
15.20	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm2 - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm2)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

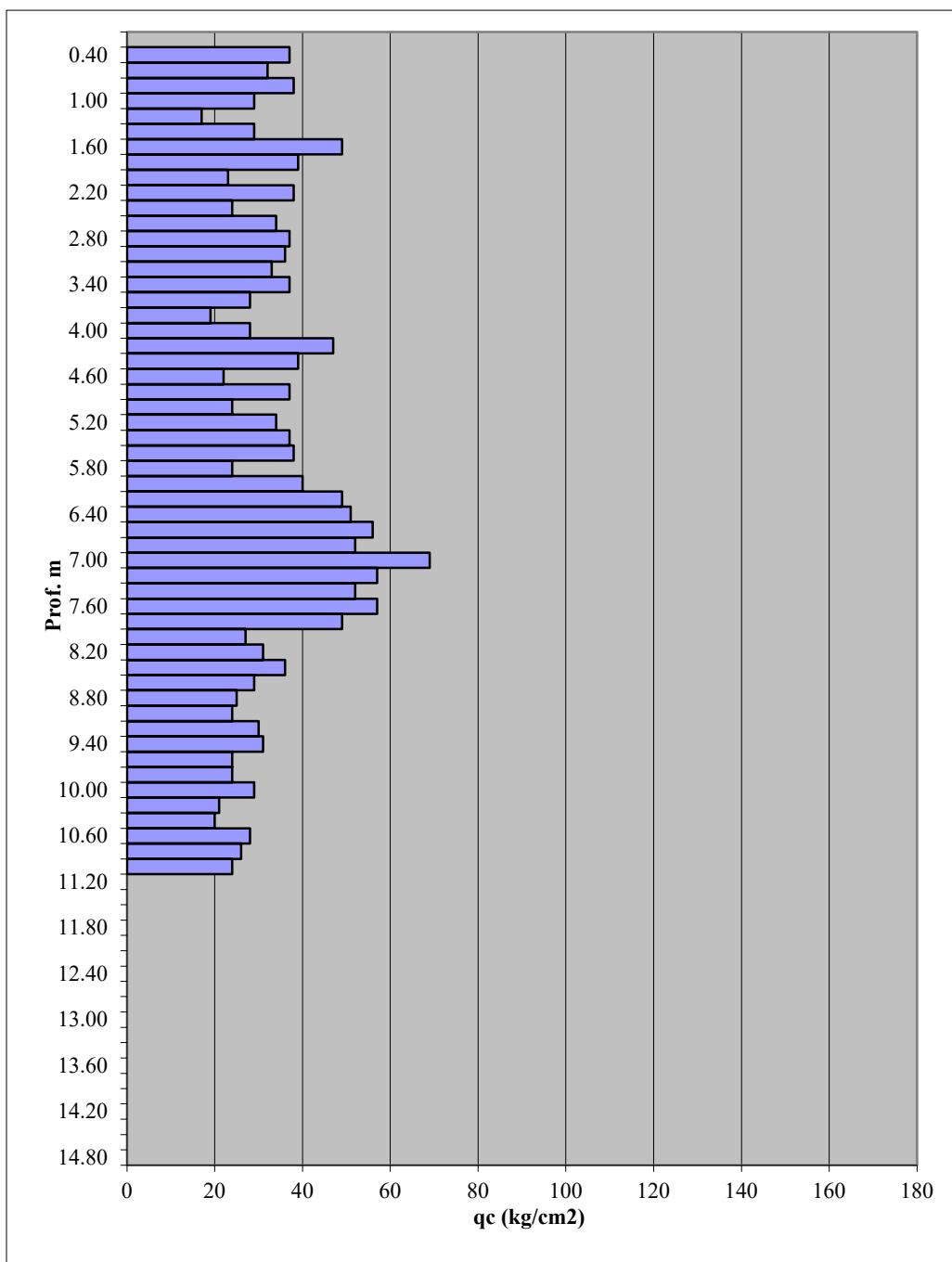
CPT

.1 PR FESR

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





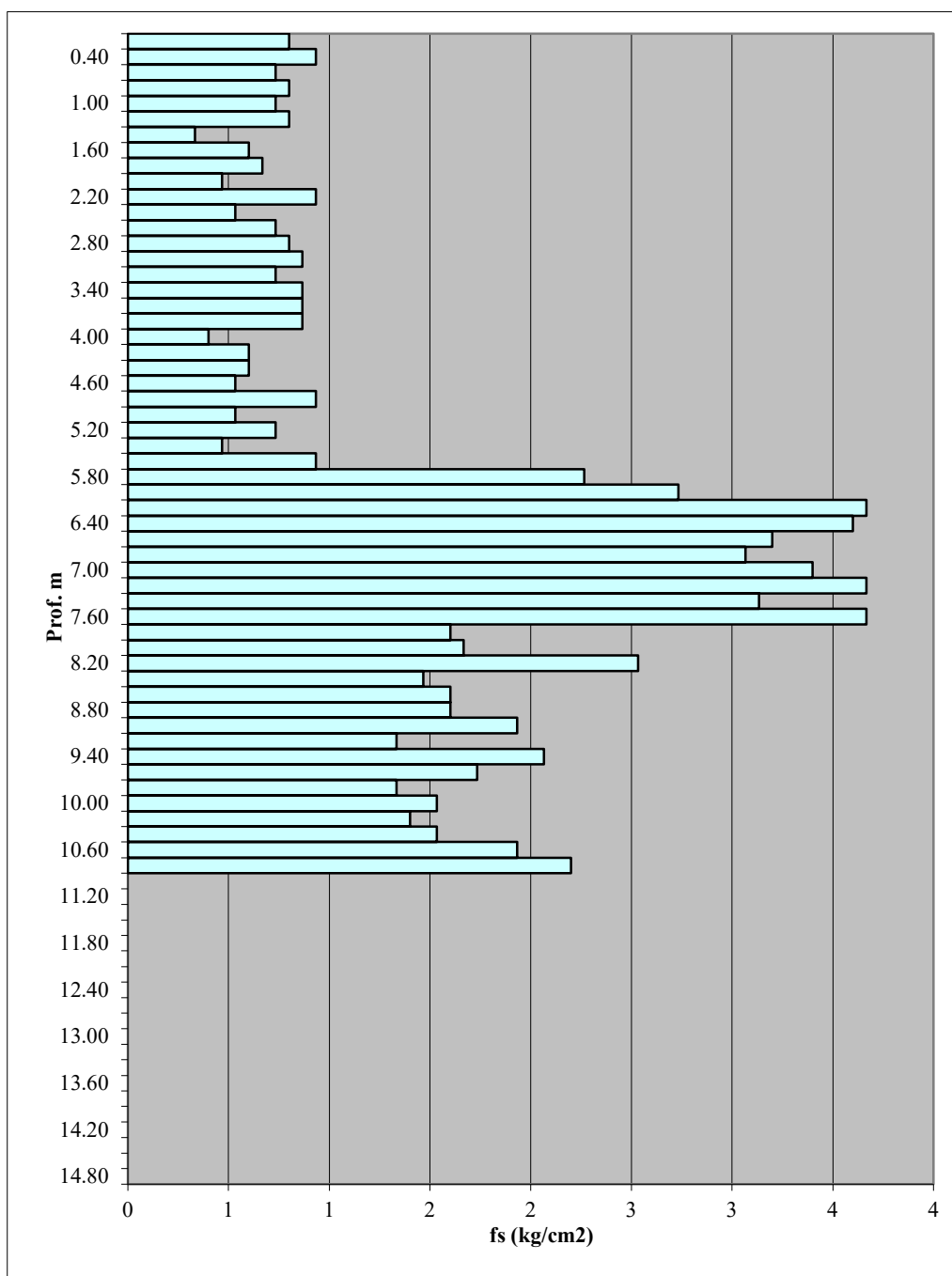
**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

CPT **. 1 PR FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data 27/05/2025
Quota inizio p.c.
Prof. Falda 0.00 metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





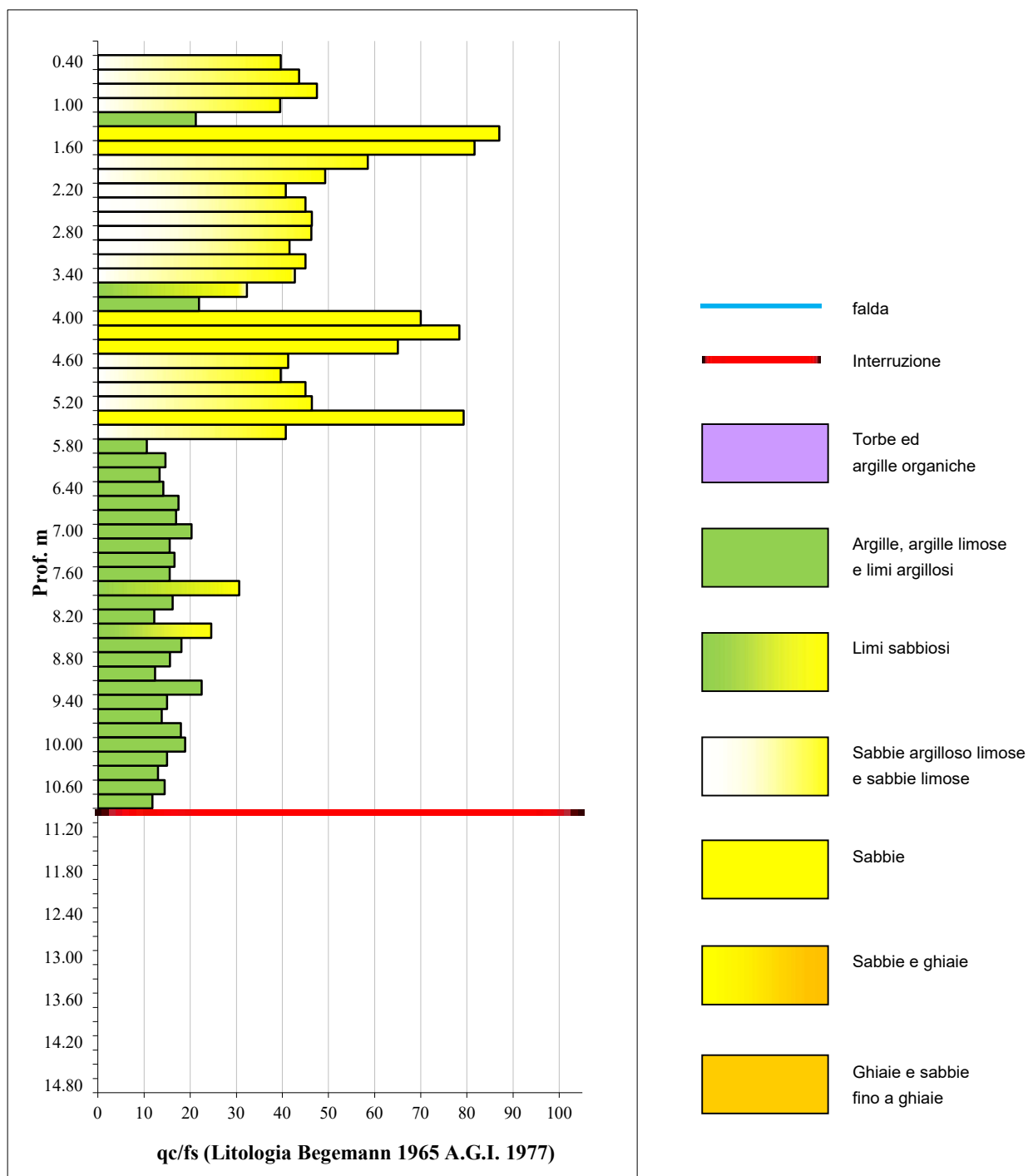
Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche

CPT **1 PR FESR**

Committente AIPO
Cantiere 0
Località Polesine
Provincia Parma

Data: 27/05/2025
Quota inizio: p.c.
Prof. Falda: 0.00 metri

Valutazioni Litologiche





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

I. 1 PR FE

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof.	qc	fs	RF	Litologia	- Consistenza	addensamento	Natura	g'	s'vo	Cu	E	OCR	f (dm)	f (my)	DR	f (1s)	f (2s)	f (3s)	f (4s)
m	kg/cm2	kg/cm2		(Begemann, 1977- Searle)				t/m3	kg/cm2		Kg/cm ²	(-)	°	°	(%)	°	°	°	°
0.20	---	0.800	0.0	---	---	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	37.00	---	---	---	---	---	scioltta	0.75	0.07	1.11	111	136.8	44	33	103	42	43	45	46
0.60	32.00	0.733	43.6	sabbia limosa	---	---	granulari	0.75	0.11	1.06	96	106.1	41	33	87	40	41	43	45
0.80	38.00	0.800	47.5	sabbia limosa	---	---	granulari	0.75	0.13	1.14	114	94.7	41	33	89	40	42	43	45
1.00	29.00	0.733	39.5	sabbie argilloso-limose	---	---	scioltta	0.80	0.15	1.02	58	68.5	39	32	76	39	40	42	44
1.20	17.00	0.800	21.3	limo argilloso	---	---	coesive	0.70	0.17	0.73	60	38.9	---	---	---	---	---	---	---
1.40	29.00	0.333	87.0	sabbia	---	---	granulari	0.70	0.19	1.02	58	51.0	38	32	70	38	40	42	44
1.60	49.00	0.600	81.7	sabbia	---	---	med.add,	0.75	0.21	1.47	147	71.5	40	34	86	40	41	43	45
1.80	39.00	0.667	58.5	sabbia limosa	---	---	granulari	0.75	0.23	1.17	117	48.0	39	33	76	39	40	42	44
2.00	23.00	0.467	49.3	sabbia limosa	---	---	granulari	0.75	0.25	0.92	46	32.0	36	31	56	36	38	40	42
2.20	38.00	0.933	40.7	sabbie argilloso-limose	---	---	scioltta	0.75	0.27	1.14	114	38.0	38	33	71	38	40	42	44
2.40	24.00	0.533	45.0	sabbia limosa	---	---	granulari	0.75	0.29	0.96	48	28.0	35	31	54	36	38	40	42
2.60	34.00	0.733	46.4	sabbia limosa	---	---	granulari	0.75	0.31	1.12	102	31.3	37	33	64	37	39	41	43
2.80	37.00	0.800	46.3	sabbia limosa	---	---	granulari	0.75	0.33	1.11	111	28.6	37	33	66	37	39	41	43
3.00	36.00	0.867	41.5	sabbie argilloso-limose	---	---	scioltta	0.75	0.35	1.08	108	25.7	36	33	63	37	39	41	43
3.20	33.00	0.733	45.0	sabbia limosa	---	---	granulari	0.75	0.37	1.09	99	24.2	36	33	59	36	38	40	43
3.40	37.00	0.867	42.7	sabbie argilloso-limose	---	---	scioltta	0.75	0.39	1.11	111	23.2	36	33	61	37	39	41	43
3.60	28.00	0.867	32.3	limi argilloso-sabbiosi	---	---	granulari	0.80	0.41	0.98	56	18.7	34	32	51	35	37	40	42
3.80	19.00	0.867	21.9	limo argilloso	---	---	coesive	0.70	0.43	0.82	67	14.0	---	---	---	---	---	---	---
4.00	28.00	0.400	70.0	sabbia	---	---	granulari	0.70	0.45	0.98	56	16.6	34	32	48	35	37	39	42
4.20	47.00	0.600	78.3	sabbia	---	---	med.add,	0.70	0.47	1.41	141	24.8	36	34	65	37	39	41	43
4.40	39.00	0.600	65.0	sabbia	---	---	granulari	0.75	0.49	1.17	117	18.6	35	33	58	36	38	40	43
4.60	22.00	0.533	41.3	sabbie argilloso-limose	---	---	scioltta	0.75	0.51	0.88	44	12.4	32	31	37	33	36	38	41
4.80	37.00	0.933	39.6	sabbie argilloso-limose	---	---	granulari	0.75	0.53	1.11	111	15.8	35	33	54	36	38	40	42
5.00	24.00	0.533	45.0	sabbia limosa	---	---	granulari	0.75	0.55	0.96	48	12.6	32	31	38	33	36	38	41
5.20	34.00	0.733	46.4	sabbia limosa	---	---	granulari	0.70	0.57	1.12	102	14.6	34	33	49	35	37	39	42
5.40	37.00	0.467	79.3	sabbia	---	---	granulari	0.75	0.59	1.11	111	13.8	34	33	52	35	37	40	42
5.60	38.00	0.933	40.7	sabbie argilloso-limose	---	---	granulari	0.85	0.61	1.14	114	13.7	34	33	52	35	37	40	42
5.80	24.00	2.267	10.6	argille	++	consistente	coesive	0.85	0.63	0.96	48	10.6	---	---	---	---	---	---	---
6.00	40.00	2.733	14.6	argilla limosa	---	---	coesive	0.85	0.65	1.20	120	13.5	---	---	---	---	---	---	---
6.20	49.00	3.667	13.4	argilla limosa	---	---	coesive	0.85	0.67	1.47	147	16.8	---	---	---	---	---	---	---
6.40	51.00	3.600	14.2	argilla limosa	---	---	coesive	0.80	0.69	1.53	153	17.0	---	---	---	---	---	---	---
6.60	56.00	3.200	17.5	limo argilloso	---	---	coesive	0.80	0.71	1.68	168	18.4	---	---	---	---	---	---	---
6.80	52.00	3.067	17.0	argilla limosa	---	---	coesive	0.80	0.73	1.56	156	16.2	---	---	---	---	---	---	---
7.00	69.00	3.400	20.3	limo argilloso	---	---	coesive	0.80	0.75	2.07	207	22.3	---	---	---	---	---	---	---
7.20	57.00	3.667	15.5	argilla limosa	---	---	coesive	0.80	0.77	1.71	171	17.0	---	---	---	---	---	---	---
7.40	52.00	3.133	16.6	argilla limosa	---	---	coesive	0.80	0.79	1.56	156	14.7	---	---	---	---	---	---	---
7.60	57.00	3.667	15.5	argilla limosa	---	---	coesive	0.75	0.81	1.71	171	16.0	---	---	---	---	---	---	---

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)



Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

. 1 PR F

Committente
Cantiere
Località
Provincia

AIPO
0
Polesine
Parma

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

27/05/2025
p.c.
0.00 metri

Prof. m	qc kg/cm2	fs kg/cm2	RF	Litologia (Begemann, 1977- Searle)	- Consistenza addensamento	Natura	g' t/m3	s'vo kg/cm2	Cu	Mo	OCR (-)	f (dm) °	f (my) °	DR (%)	f (1s) °	f (2s) °	f (3s) °	f (4s) °
7.80	49.00	1.600	30.6	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	granulari	0.80	0.83	1.47	147	12.8	34	34	50	35	38	40	42
8.00	27.00	1.667	16.2	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.85	0.95	54	7.2	----	----	----	---	---	---	---
8.20	31.00	2.533	12.2	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.87	1.02	93	7.7	----	----	----	---	---	---	---
8.40	36.00	1.467	24.5	limi argilloso-sabbiosi	++consistente	coesive	0.80	0.89	1.08	108	8.0	----	----	----	---	---	---	---
8.60	29.00	1.600	18.1	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	0.91	1.02	58	7.2	----	----	----	---	---	---	---
8.80	25.00	1.600	15.6	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.93	0.88	50	5.8	----	----	----	---	---	---	---
9.00	24.00	1.933	12.4	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	0.95	0.96	48	6.4	----	----	----	---	---	---	---
9.20	30.00	1.333	22.5	limo argilloso	++consistente	coesive	0.80	0.97	0.99	90	6.4	----	----	----	---	---	---	---
9.40	31.00	2.067	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	0.99	1.02	93	6.5	----	----	----	---	---	---	---
9.60	24.00	1.733	13.8	argilla limosa	++consistente	coesive	0.80	1.01	0.96	48	5.9	----	----	----	---	---	---	---
9.80	24.00	1.333	18.0	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.03	0.96	48	5.7	----	----	----	---	---	---	---
10.00	29.00	1.533	18.9	limo argilloso	consistente	coesive	0.80	1.05	1.02	58	6.0	----	----	----	---	---	---	---
10.20	21.00	1.400	15.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	1.07	0.84	42	4.6	----	----	----	---	---	---	---
10.40	20.00	1.533	13.0	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	1.09	0.80	40	4.3	----	----	----	---	---	---	---
10.60	28.00	1.933	14.5	argilla limosa	++consistente	coesive	0.85	1.11	0.98	56	5.4	----	----	----	---	---	---	---
10.80	26.00	2.200	11.8	argille	++consistente	coesive	0.70	1.13	0.91	52	4.8	----	----	----	---	---	---	---
11.00	24.00	---	---	---	---	---	0.70	1.15	0.96	48	5.0	29	31	15	31	34	37	40
11.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

g' = peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

DR = Densità relativa (Harman)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

ALLEGATO 2

Documentazione Fotografica



Foto 1 Prova MASW – Ced. Tratto 1



Foto 2 Prova MASW – Ced. Tratto 1



Foto 3 Prova HVSR – Ced. Tratto 1



Foto 4 Prova HVSR – Ced. Tratto 1



Foto 5 Prova CPT – Ced. Tratto 1



Foto 6 Prova MASW – Ced. Tratto 2.1



Foto 7 Prova MASW – Ced. Tratto 2.1



Foto 8 Prova HVSr – Ced. Tratto 2.1



Foto 9 Prova HVSr – Ced. Tratto 2.1



Foto 10 Prova CPT – Ced. Tratto 2.1



Foto 11 Prova MASW – Ced. Tratto 2.2



Foto 12 Prova HVSR – Ced. Tratto 2.2

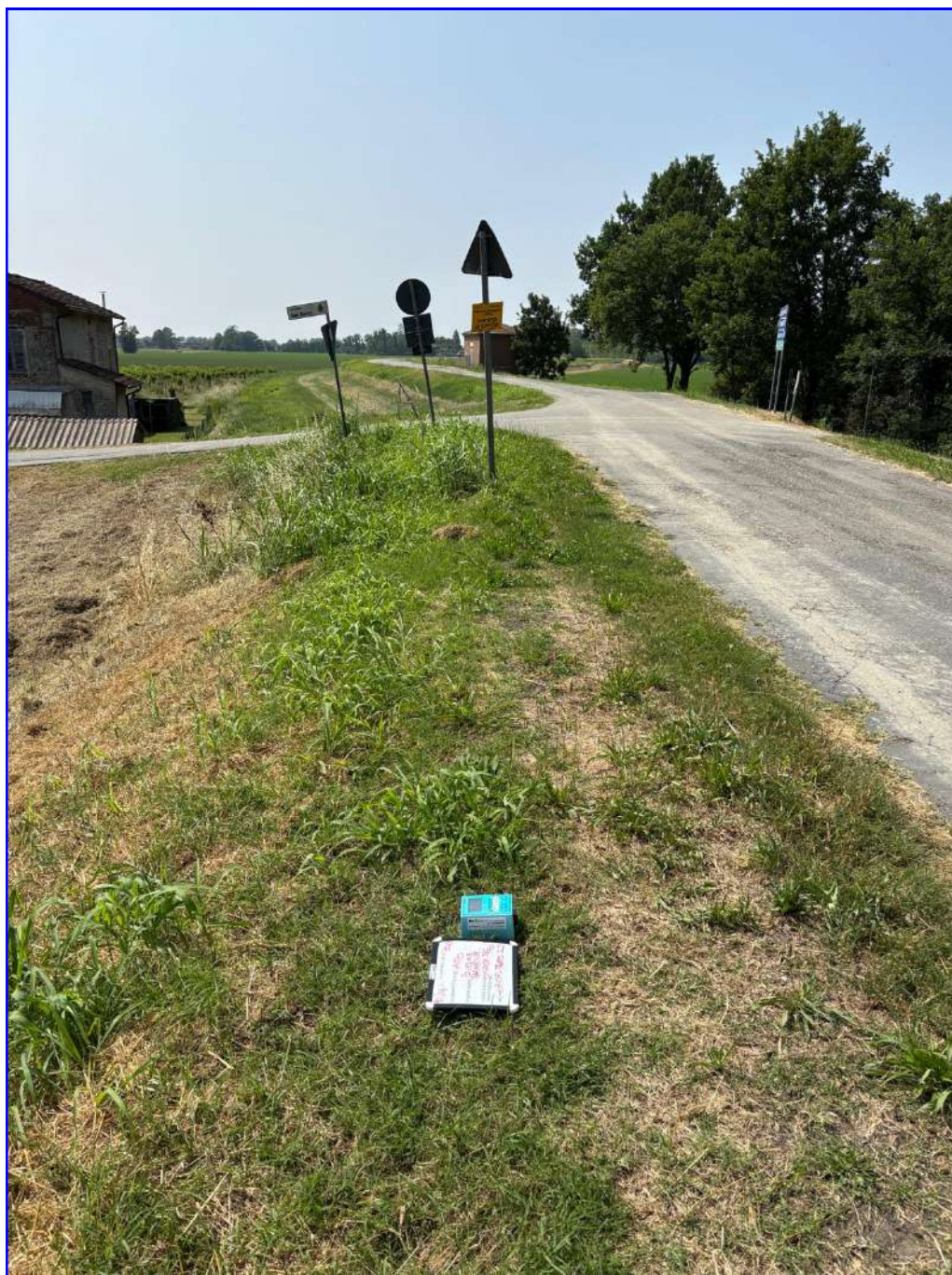


Foto 13 Prova HVSR – Ced. Tratto 2.2

Foto 4 Prova HVSR



Foto 14 Prova CPT – Ced. Tratto 2.1



Foto 15 Prova MASW – Ced. Tratto 2.3



Foto 16 Prova MASW – Ced. Tratto 2.3



Foto 17 Prova HVSR – Ced. Tratto 2.3



Foto 18 Prova HVSR – Ced. Tratto 2.3



Foto 19 Prova CPT – Ced. Tratto 3



Foto 20 Prova MASW – Ced. Tratto 3



Foto 21 Prova MASW – Ced. Tratto 3



Foto 22 Prova HVSR – Ced. Tratto 3



Foto 23 Prova HVSr – Ced. Tratto 3



Foto 24 Prova CPT – Ced. Tratto 3



Foto 25 Prova MASW – Ced. Tratto 4



Foto 26 Prova MASW – Ced. Tratto 4



Foto 27 Prova HVSR – Ced. Tratto 4



Foto 28 Prova HVSR – Ced. Tratto 4



Foto 29 Prova CPT – Ced. Tratto 4



Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari – CLZLCU71L07G337R – P.IVA 02787240346

E-mail: info@studiomac.it PEC luca.calzolari@pec.epap.it



Foto 31 Prova MASW – Ced. Tratto 3 PR-FESR

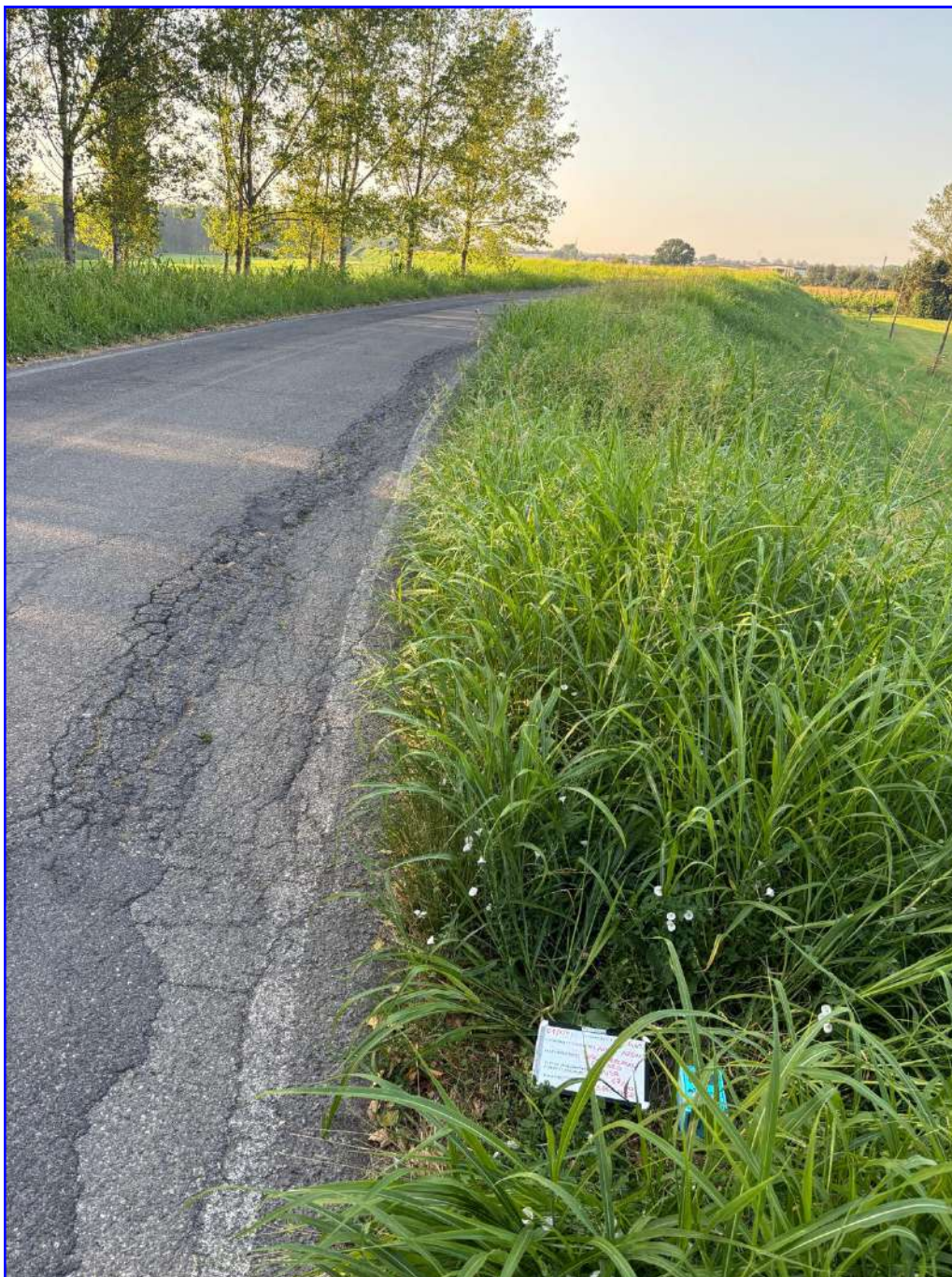


Foto 32 Prova HVSR – Ced. Tratto 3 PR-FESR



Foto 33 Prova MASW – Ced. Tratto 2.1 PR-FESR



Foto 34 Prova MASW – Ced. Tratto 2.1 PR-FESR



Foto 35 Prova HVSR – Ced. Tratto 2.1 PR-FESR

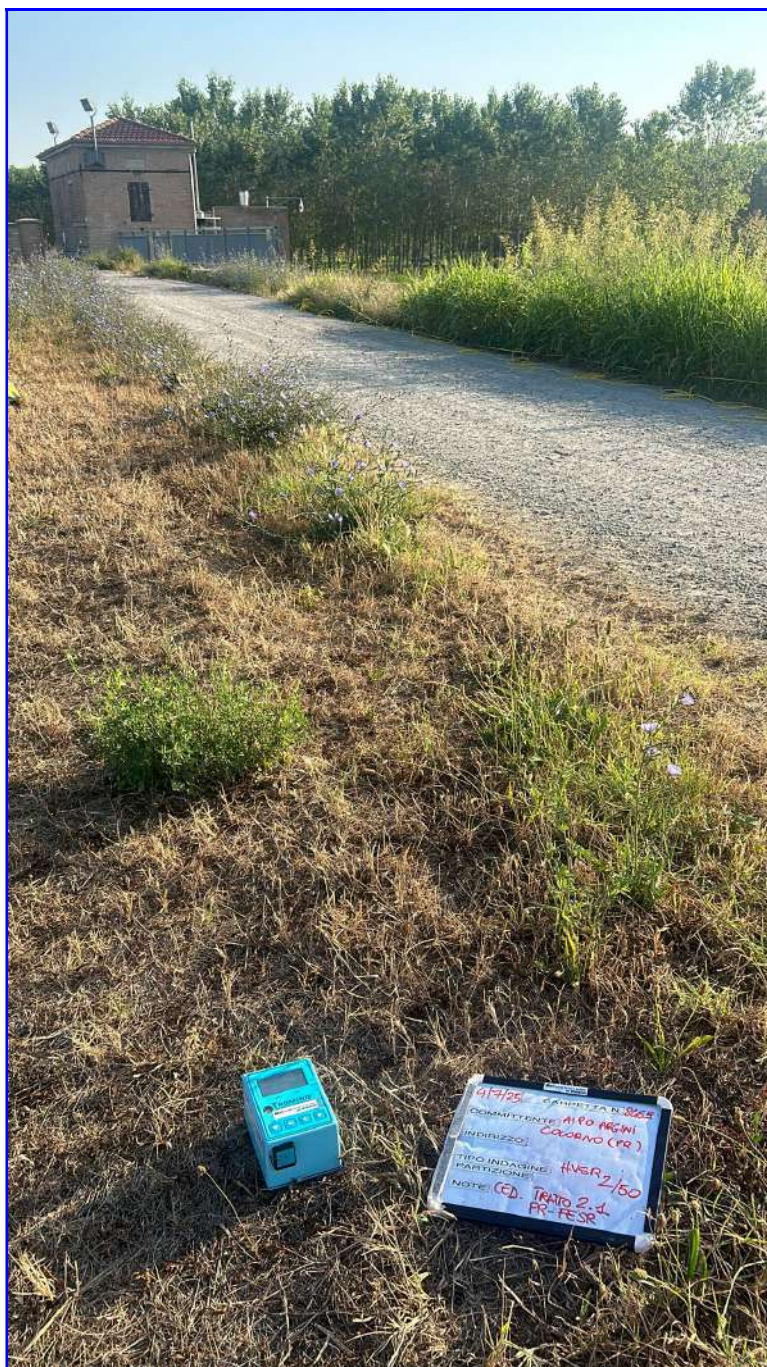


Foto 36 Prova HVSR – Ced. Tratto 2.1 PR-FESR



Foto 37 Prova CPT – Ced. Tratto 2.1 PR-FESR



Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari – CLZLCU71L07G337R – P.IVA 02787240346

E-mail: info@studiomac.it PEC luca.calzolari@pec.epap.it



Foto 39 Prova MASW – Ced. Tratto 2 PR-FESR



Foto 40 Prova HVSR – Ced. Tratto 2 PR-FESR



Foto 41 Prova HVSr – Ced. Tratto 2 PR-FESR



Foto 42 Prova CPT – Ced. Tratto 2 PR-FESR



Foto 43 Prova MASW – Ced. Tratto 1 PR-FESR



Foto 44 Prova MASW – Ced. Tratto 1 PR-FESR



Foto 45 Prova HVSR – Ced. Tratto 1 PR-FESR



Foto 46 Prova HVSR – Ced. Tratto 1 PR-FESR



Foto 47 Prova MASW – Ced. Tratto Copermio



Foto 48 Prova MASW – Ced. Tratto Copermio



Foto 49 Prova HVSR – Ced. Tratto Copermio

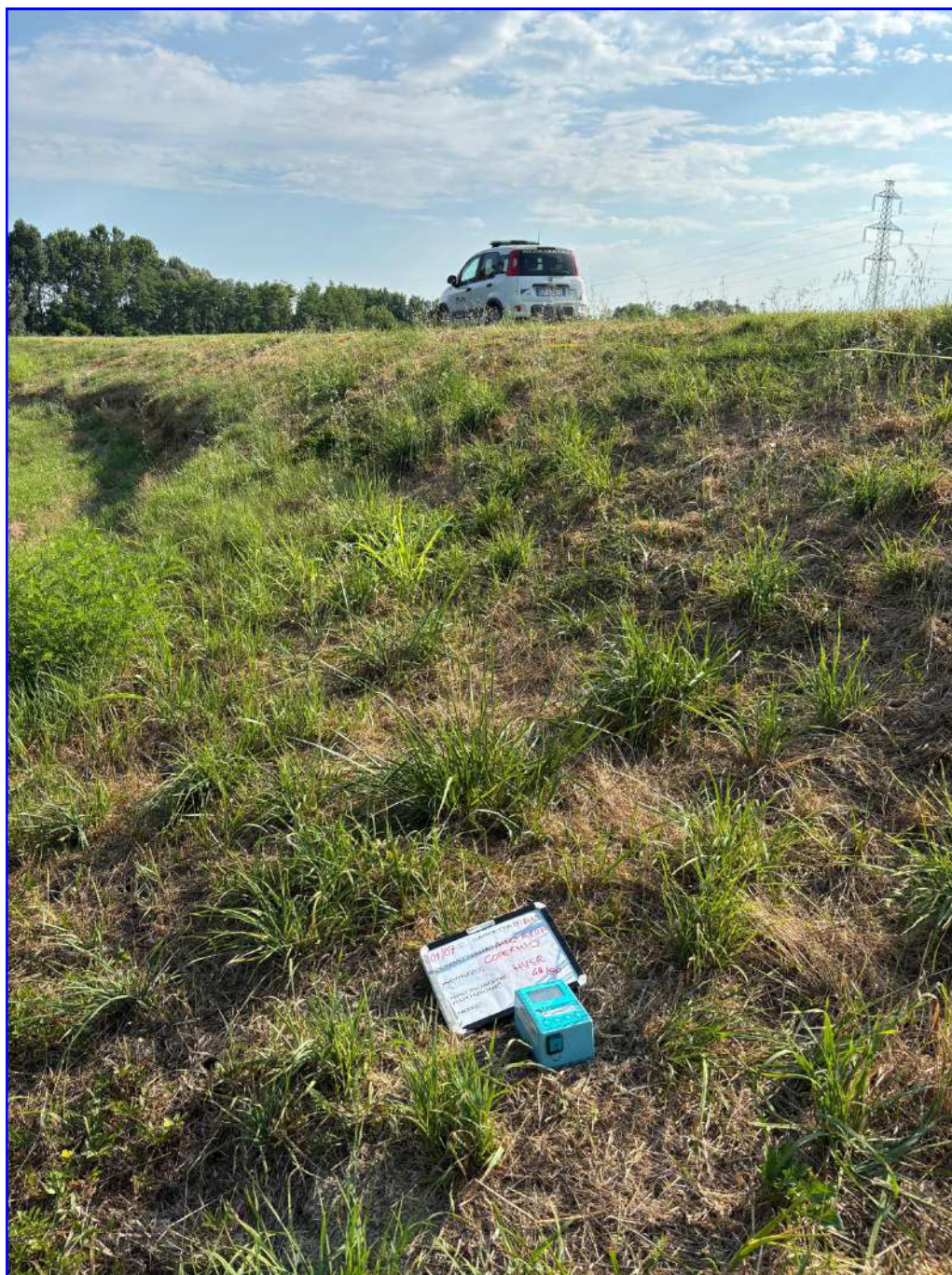


Foto 50 Prova HVSR – Ced. Tratto Copermio



Foto 51 Prova CPT – Ced. Tratto Copermio

ALLEGATO 3

Report GRILLA

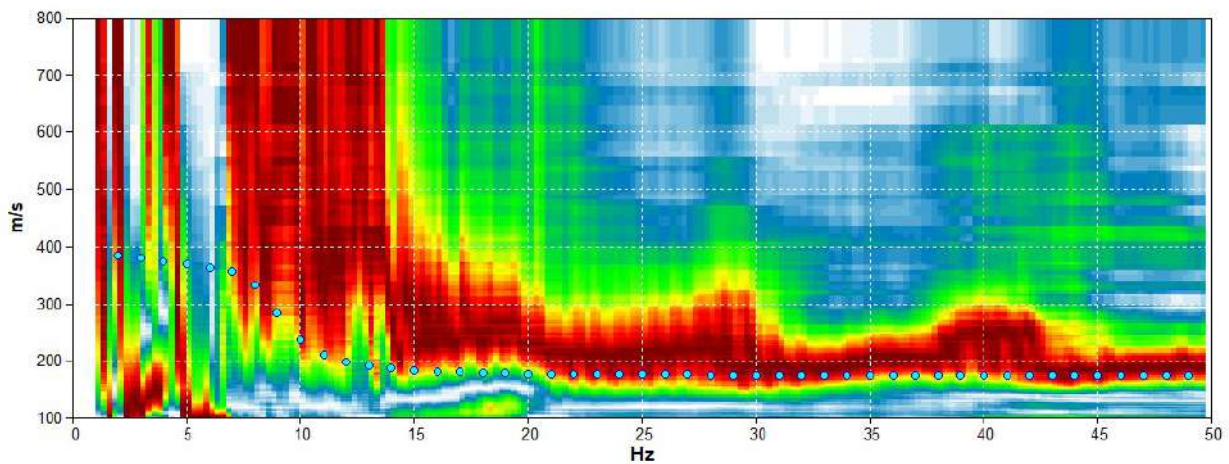
8469_CED_2_FESR, [Z] MASW

Start recording: 04/07/2025 08:25:17 End recording: 04/07/2025 08:37:16
Trace length: 0h00'02". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16

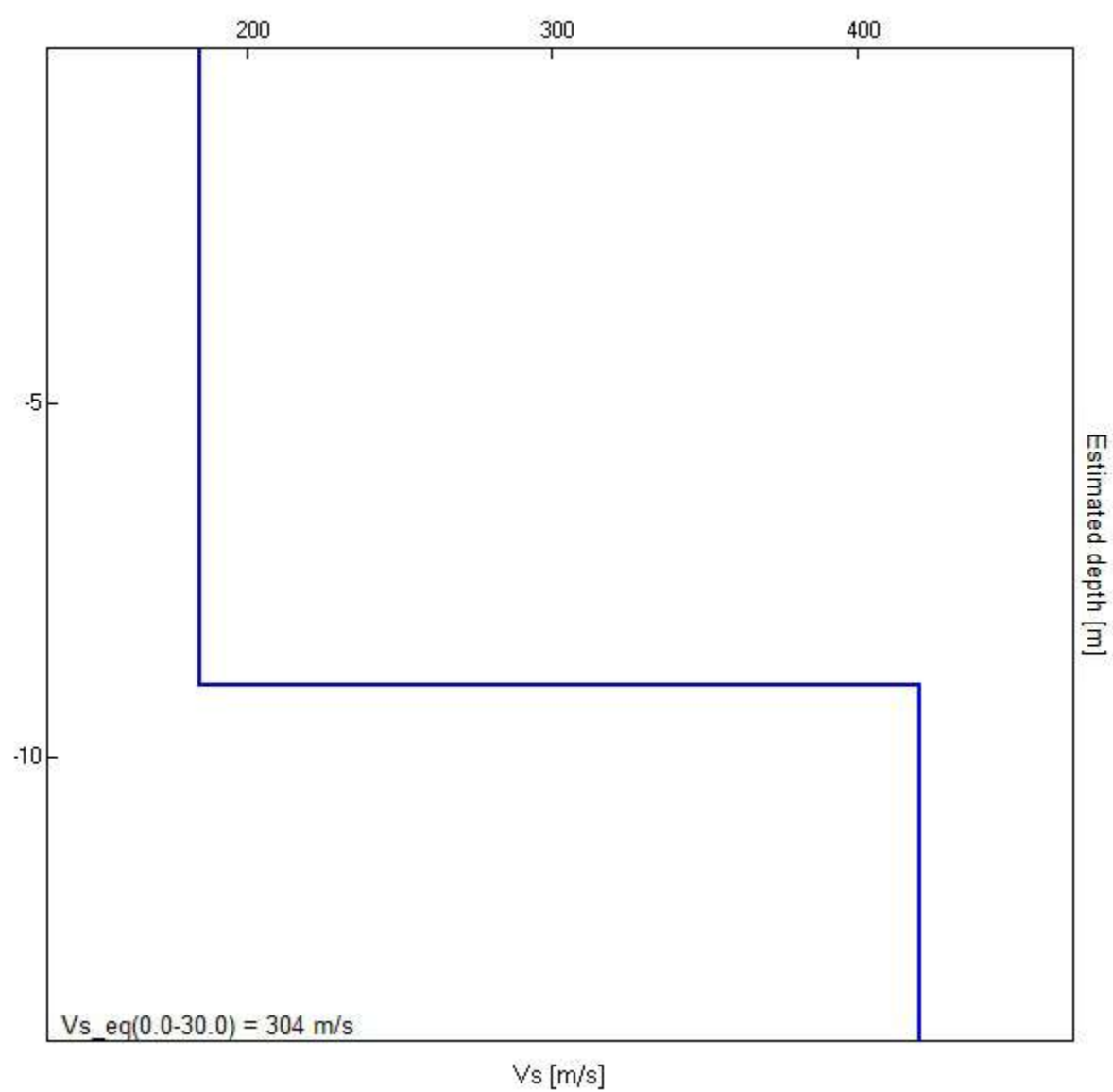
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	185	0.45
inf.	inf.	420	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 304 m/s



8469_CED_2_1_PR_FESR, [Z] MASW

Start recording: 04/07/2025 07:20:02 End recording: 04/07/2025 07:35:18

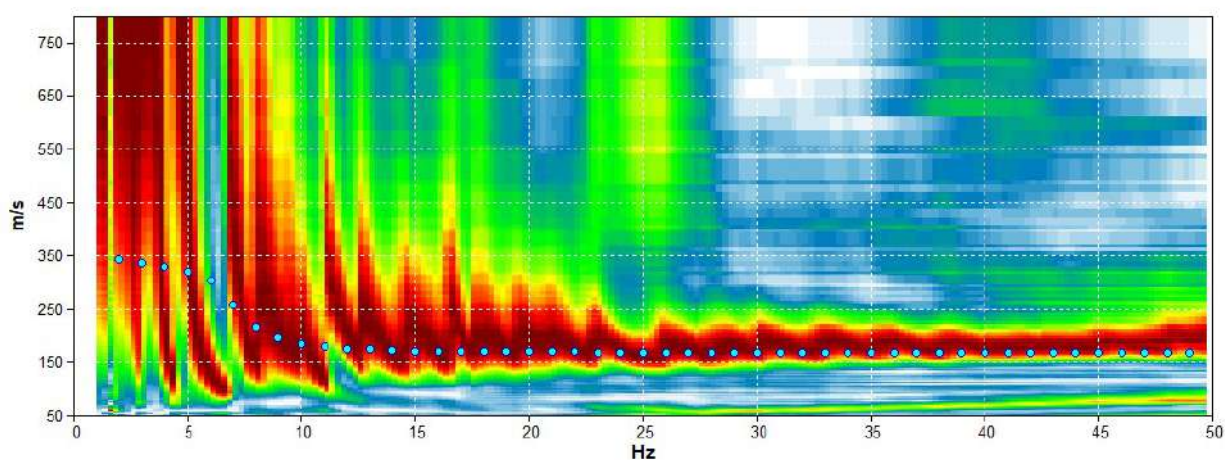
Trace length: 0h00'02".

Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15

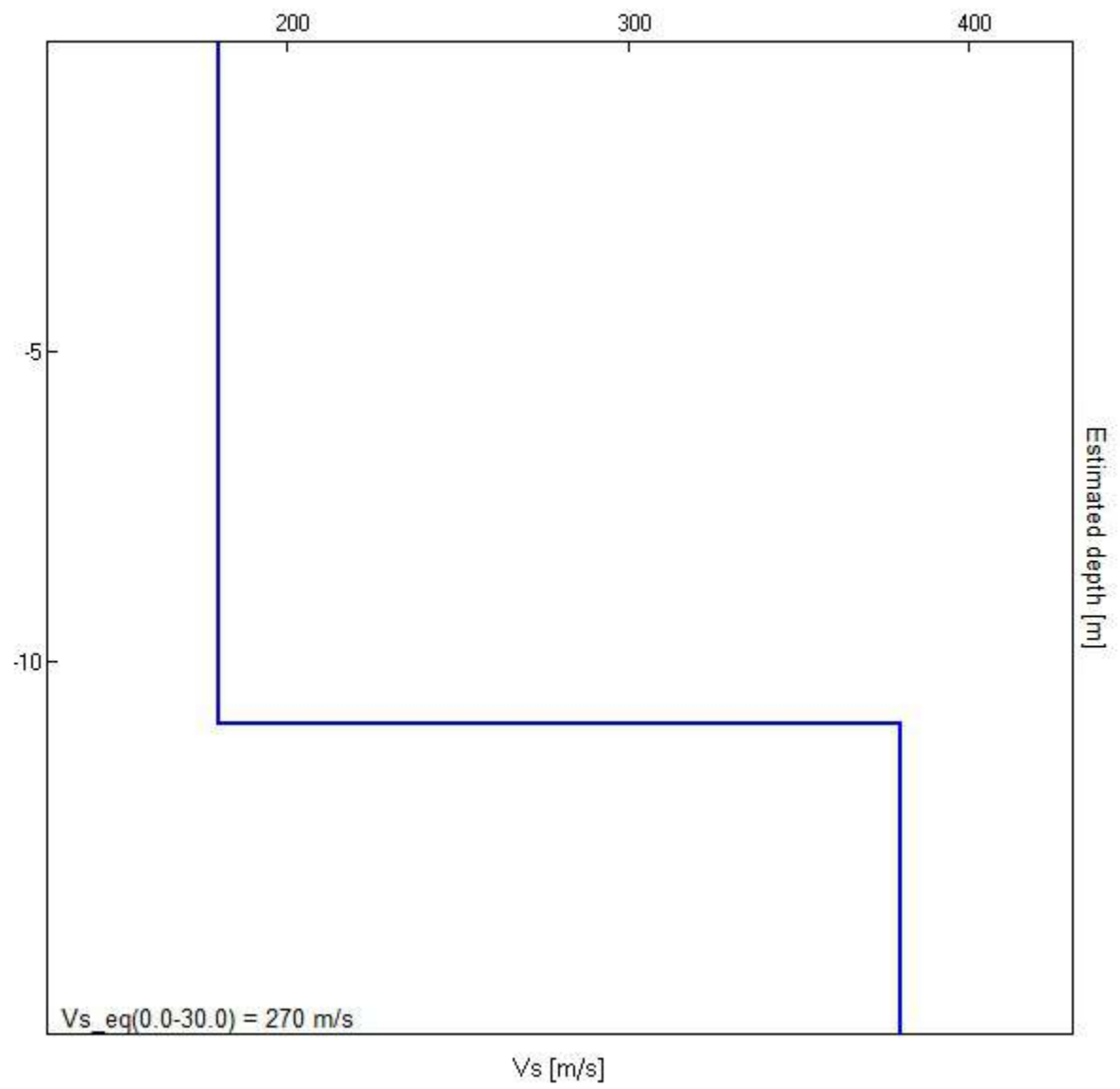
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
11.00	11.00	180	0.42
inf.	inf.	380	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 270 m/s



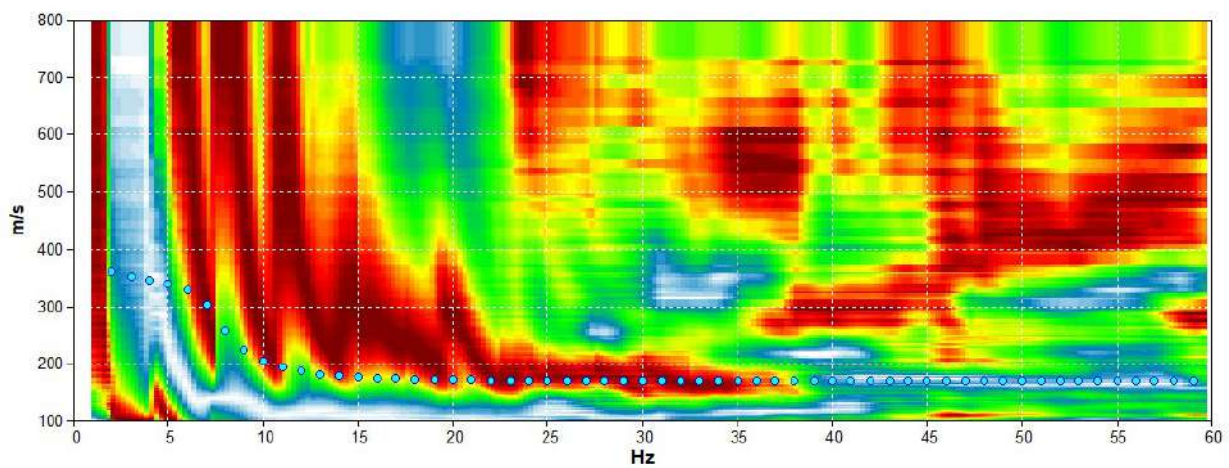
8469_MASW_3_PR_FESR

Start recording: 10/06/2025 15:53:27 End recording: 16/06/2025 16:06:06
Trace length: 0h00'02".
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13

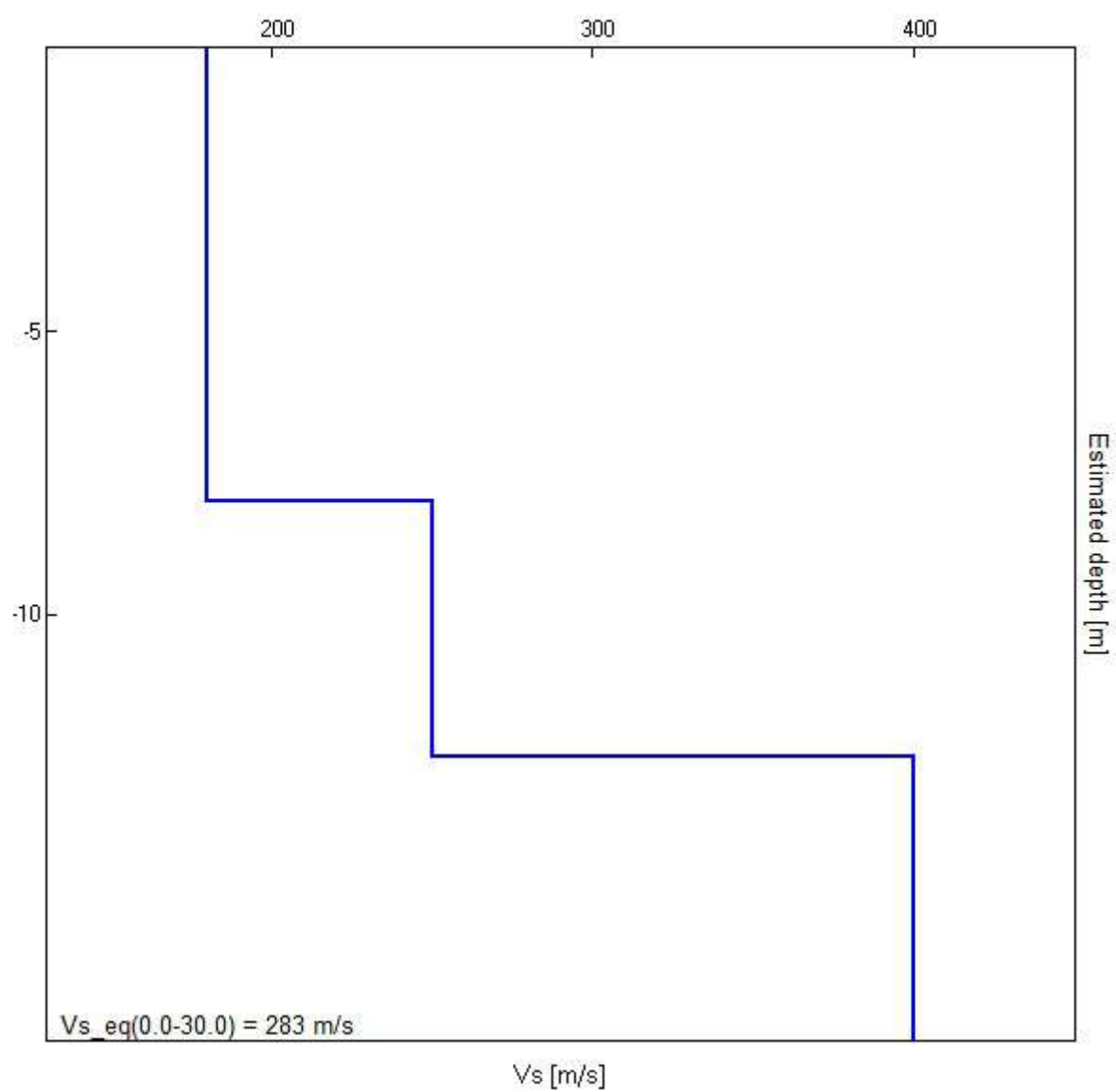
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.00	8.00	180	0.42
12.50	4.50	250	0.42
inf.	inf.	400	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 283 m/s



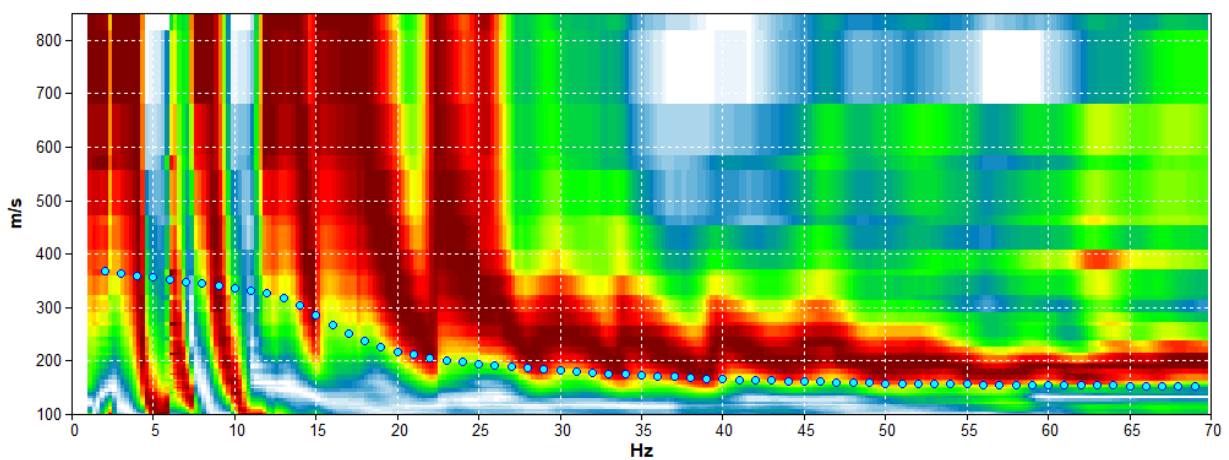
8469_CED_1_FESR, [Z] MASW

Start recording: 01/07/2025 11:01:20 End recording: 01/07/2025 11:21:20
Trace length: 0h00'03". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11

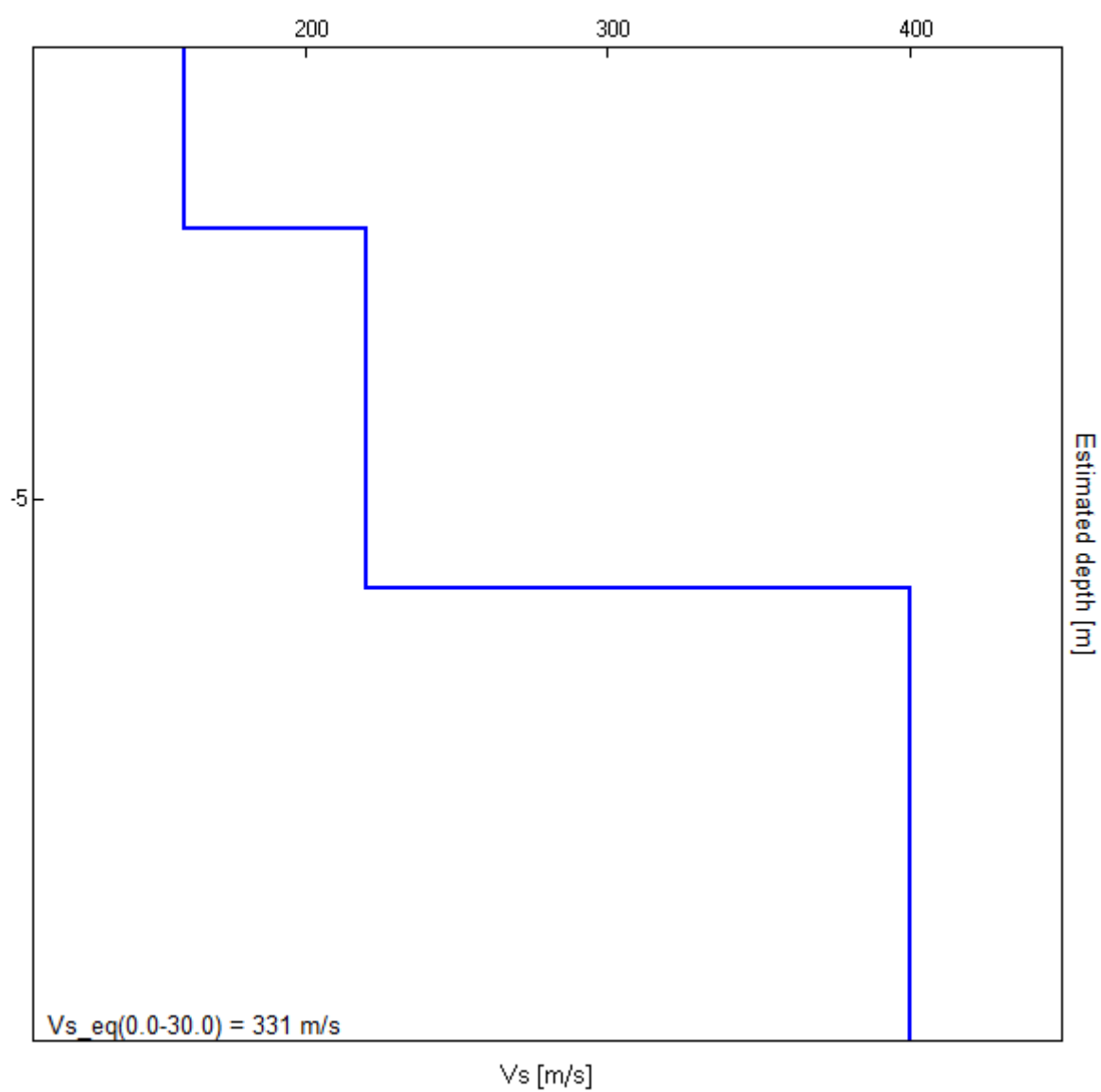
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	160	0.42
6.00	4.00	220	0.42
inf.	inf.	400	0.40

Vs_eq (0.0-30.0) = 331 m/s



8469_CED_2_FESR, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 04/07/2025 07:51:12 End recording: 04/07/2025 08:11:12

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)

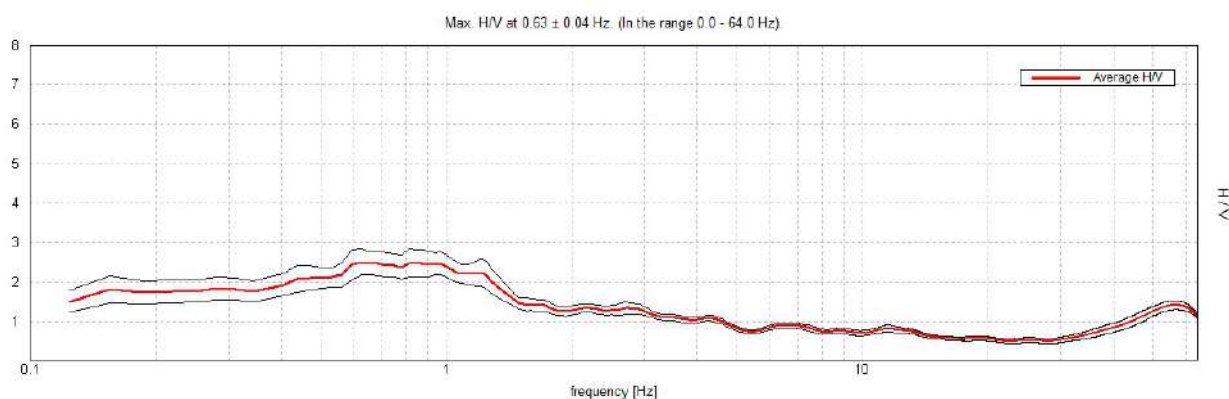
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

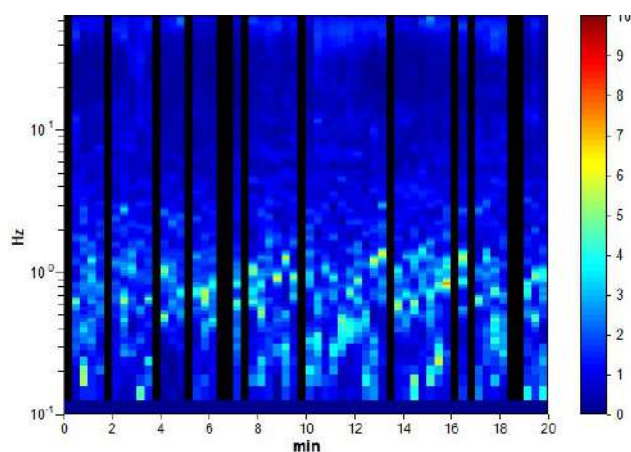
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

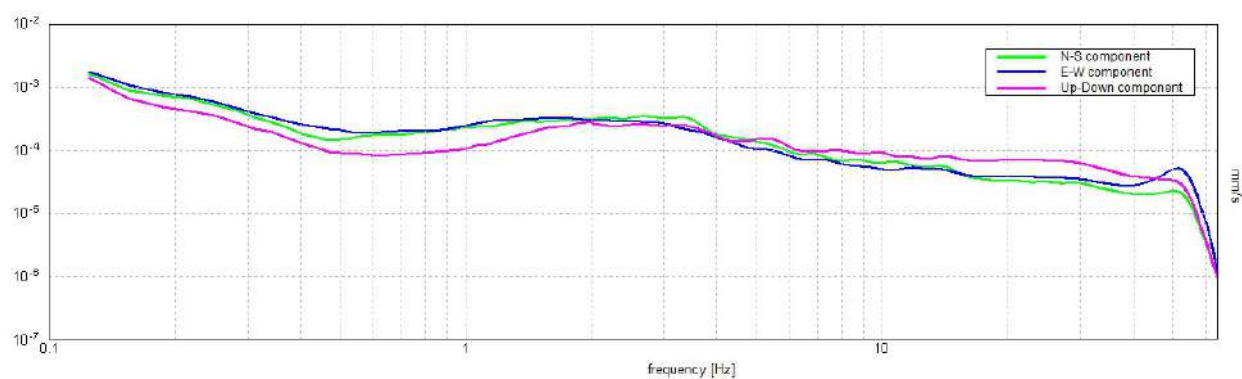
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



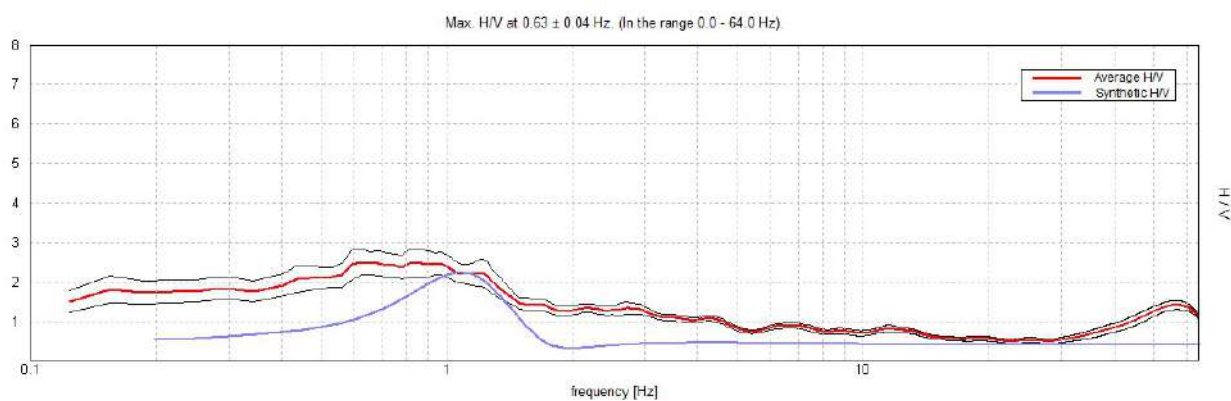
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

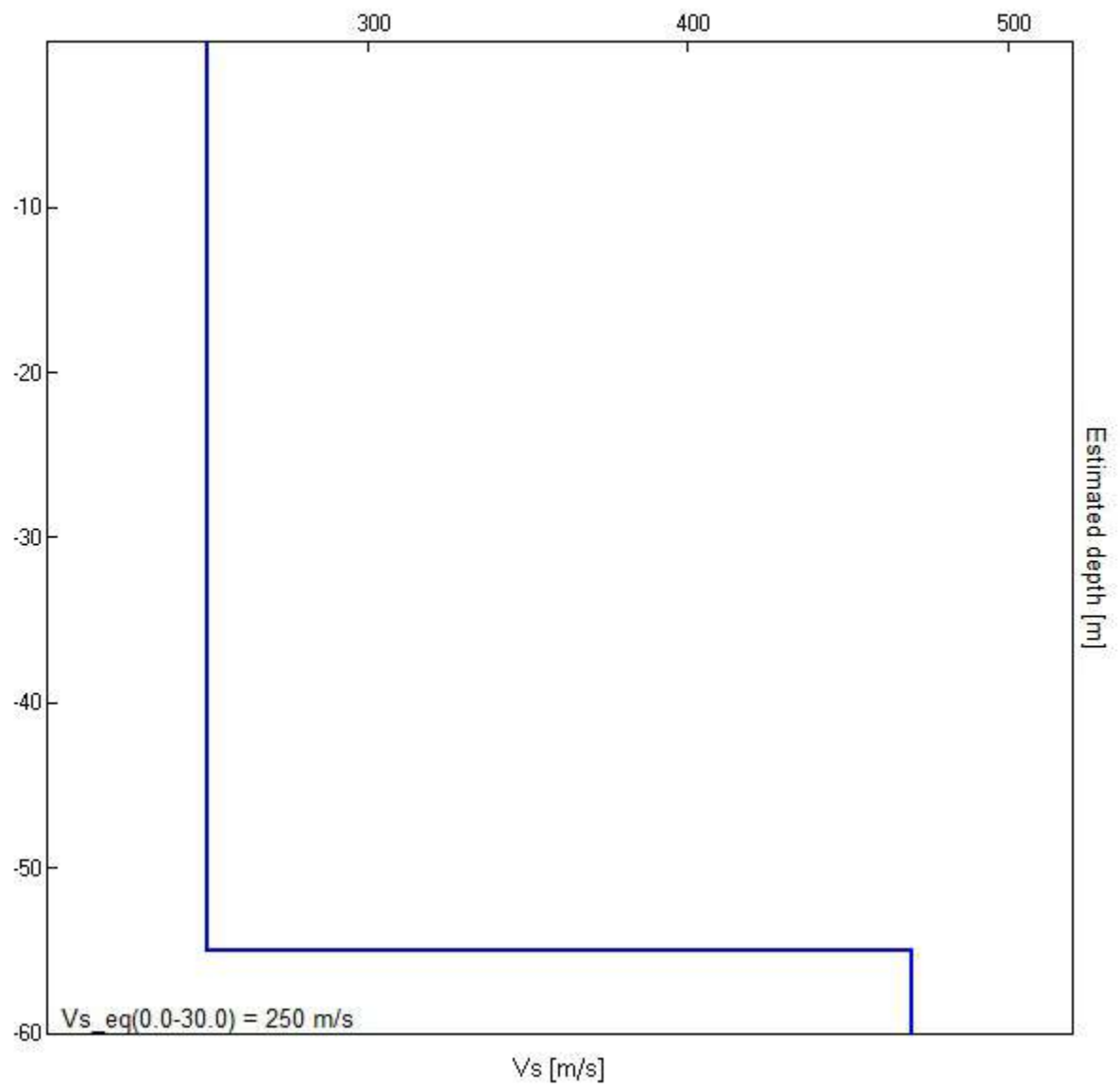


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
55.00	55.00	250	0.45
inf.	inf.	470	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 250 m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.63 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$587.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.50 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05743 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03589 < 0.09375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3305 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

8469_CED_2_1_PR_FESR, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 04/07/2025 06:34:04 End recording: 04/07/2025 06:54:04

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

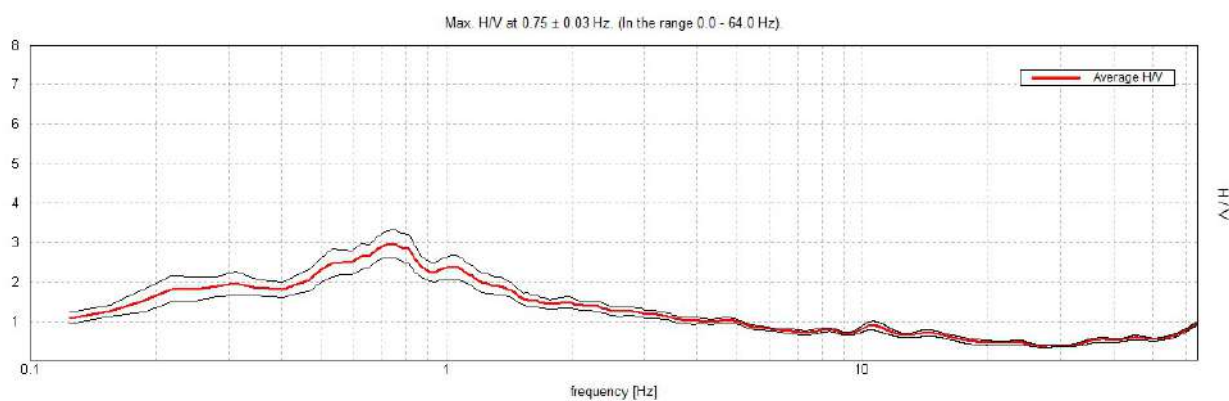
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

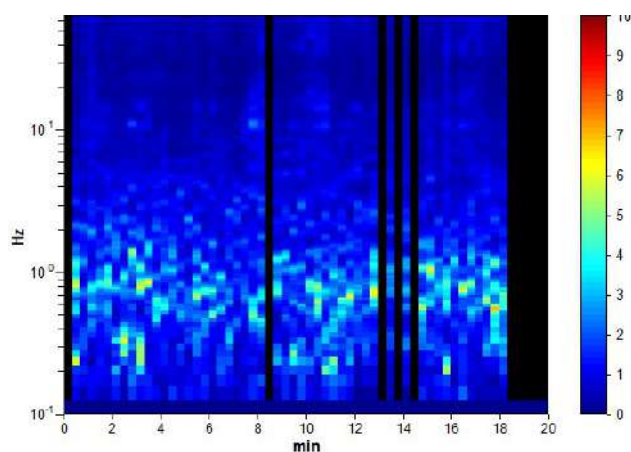
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

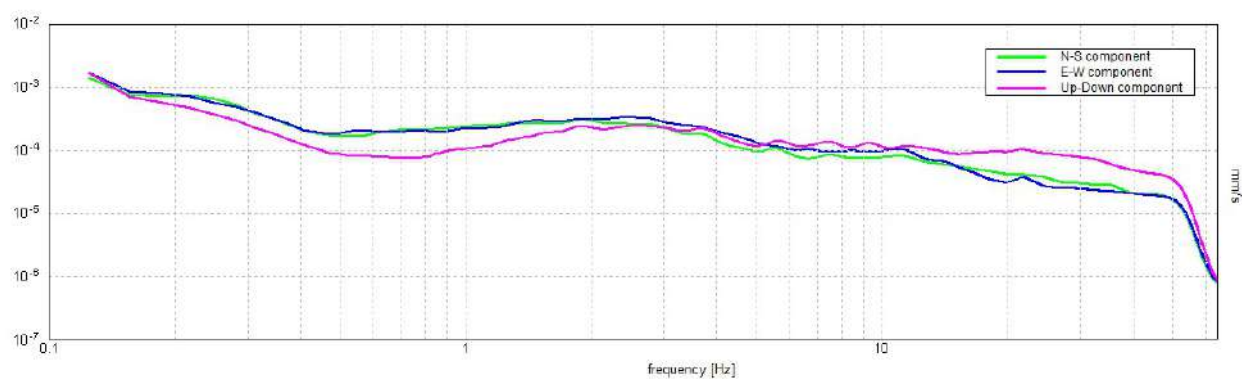
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



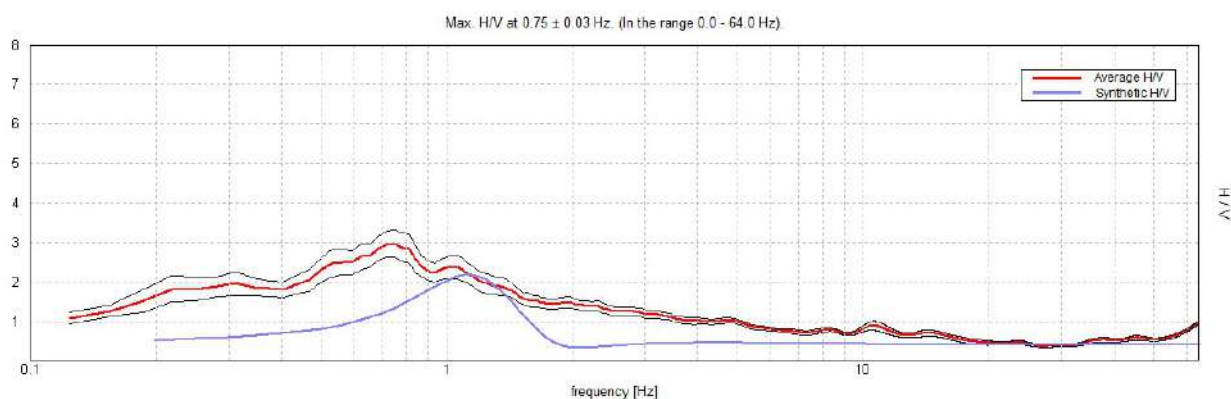
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

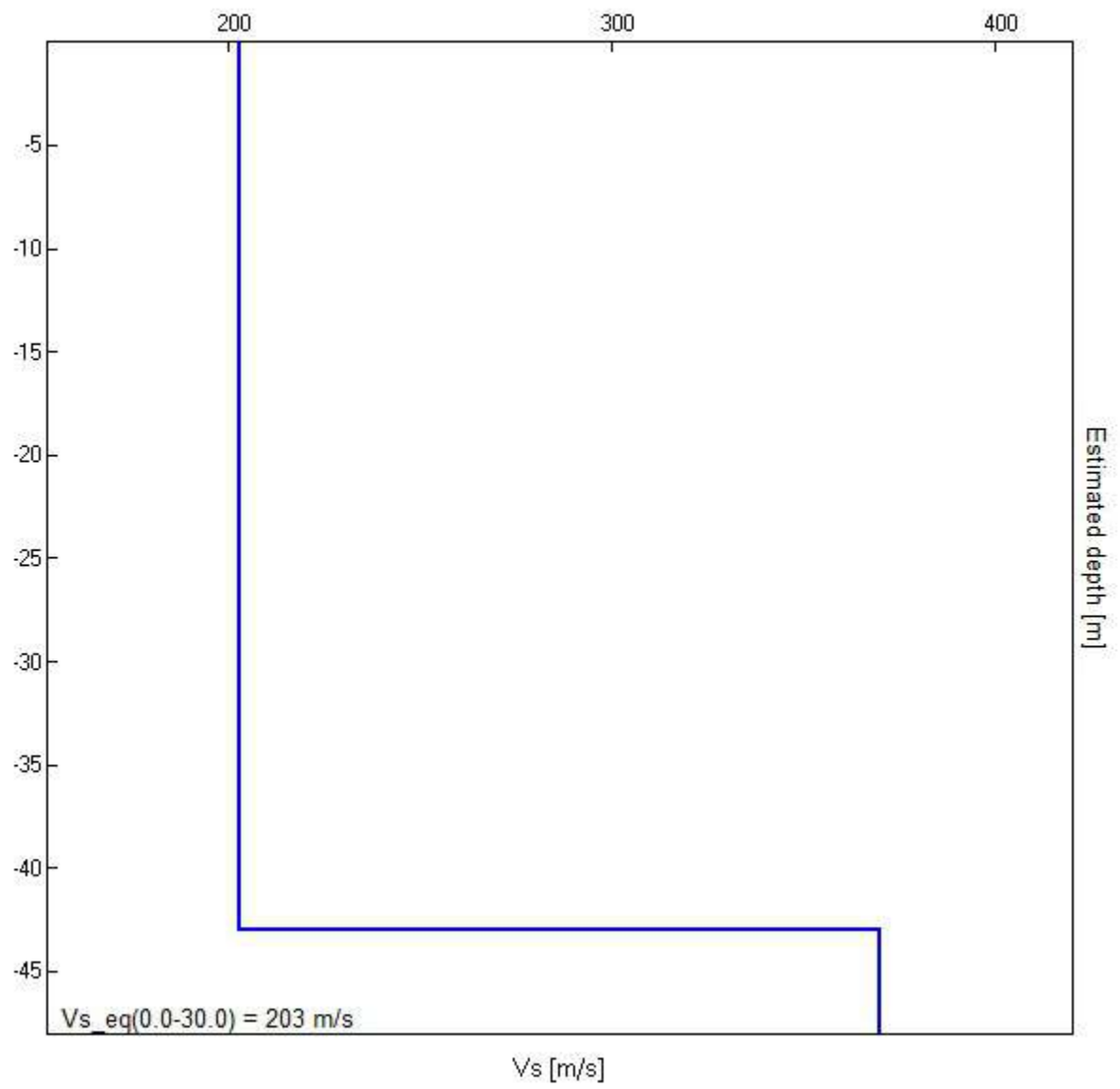


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
43.00	43.00	203	0.45
inf.	inf.	370	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 203 m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.75 ± 0.03 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$750.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 37 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.97 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04208 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03156 < 0.1125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3492 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

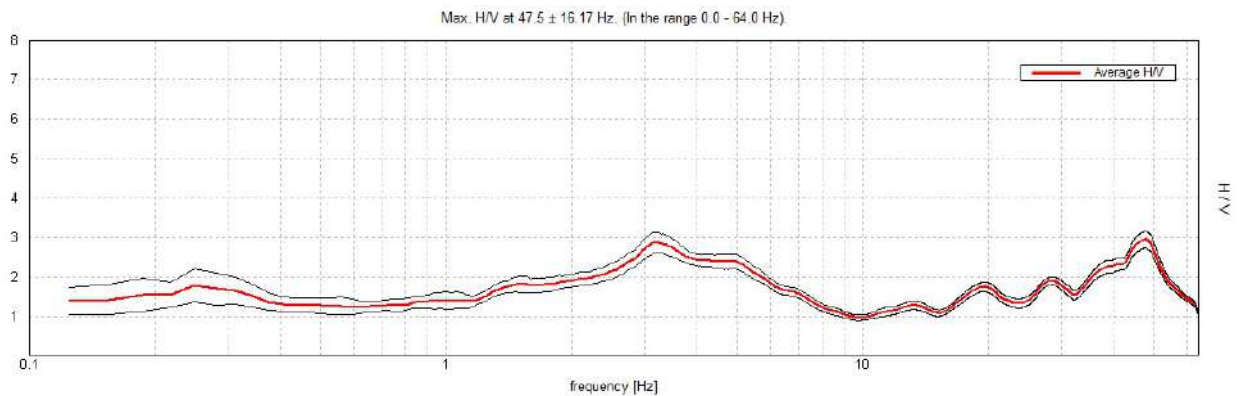
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

8469_HVSR_3_PR_FESR

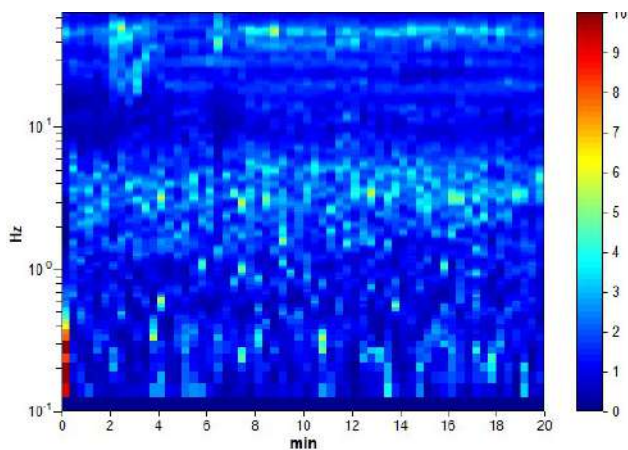
Instrument: TEB-0574/01-21
Data format: 16 bit
Full scale [mV]: 179
Start recording: 10/06/2025 16:16:48 End recording: 10/06/2025 16:36:48
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

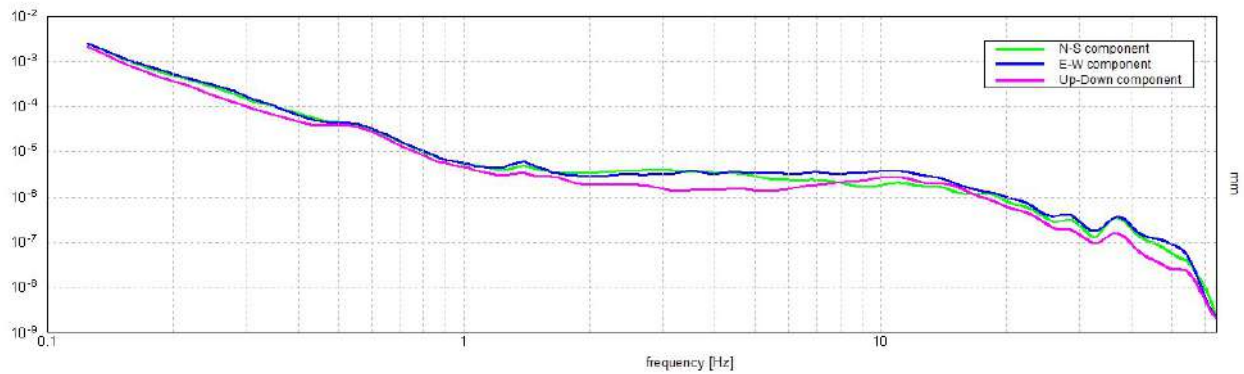
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



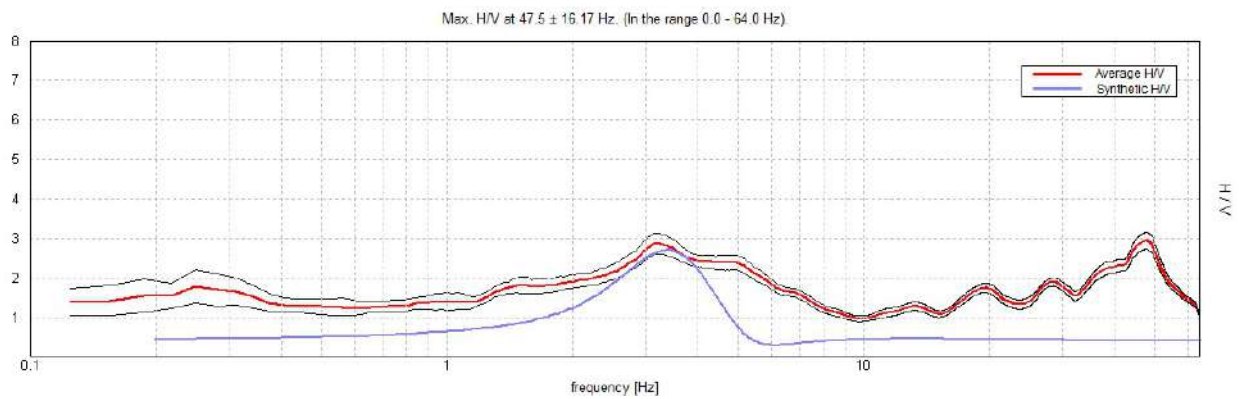
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

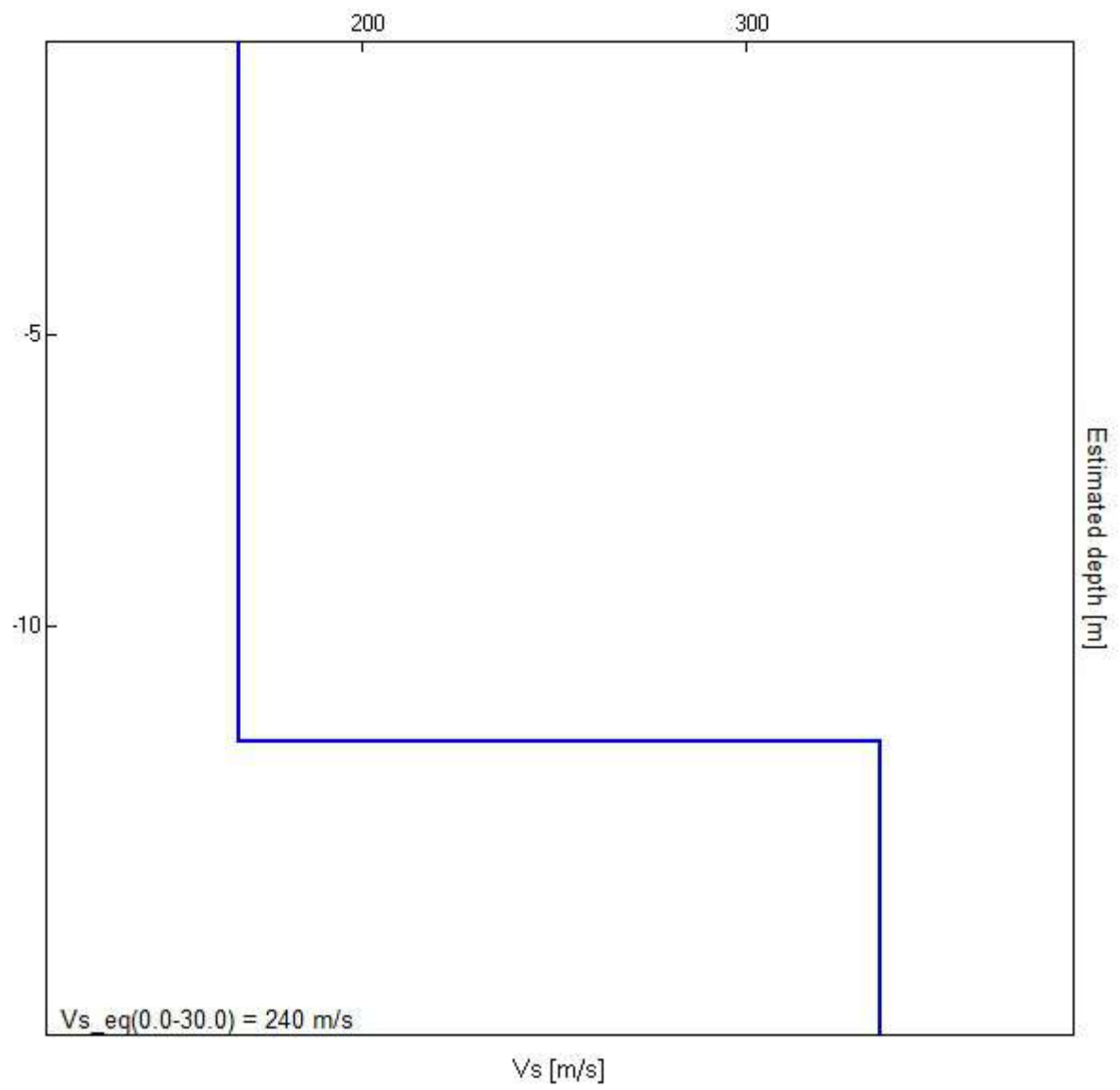


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
12.00	12.00	168	0.45
inf.	inf.	335	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 240 m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 47.5 ± 16.17 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$47.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$57000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1289 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	25.406 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	59.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.94 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.3405 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$16.17392 < 2.375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2131 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

8469_CED_1_FESR, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 01/07/2025 10:09:23 End recording: 01/07/2025 10:29:23

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

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

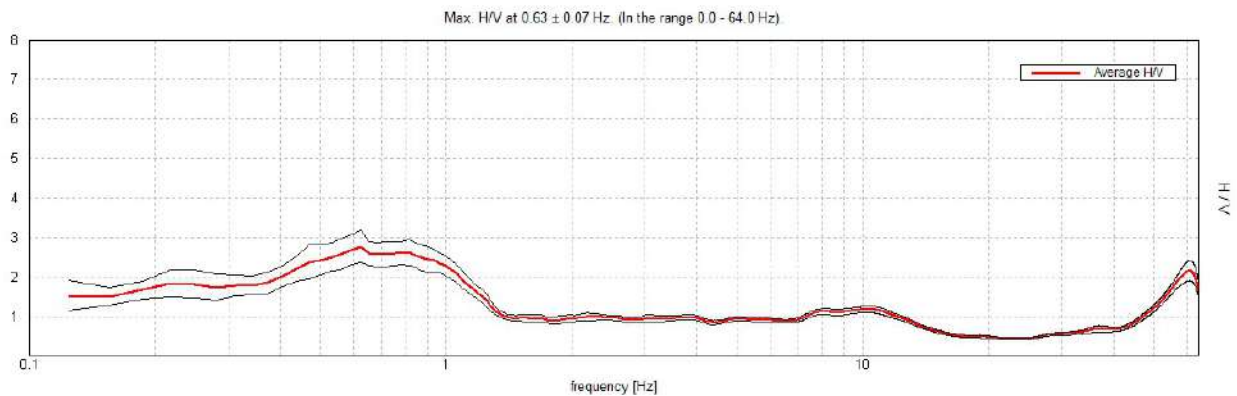
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

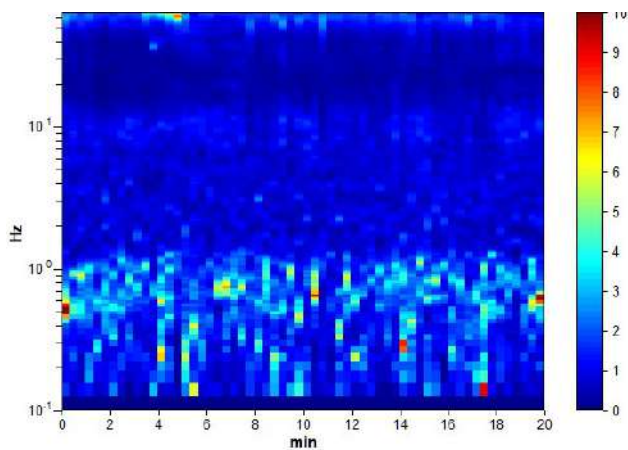
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

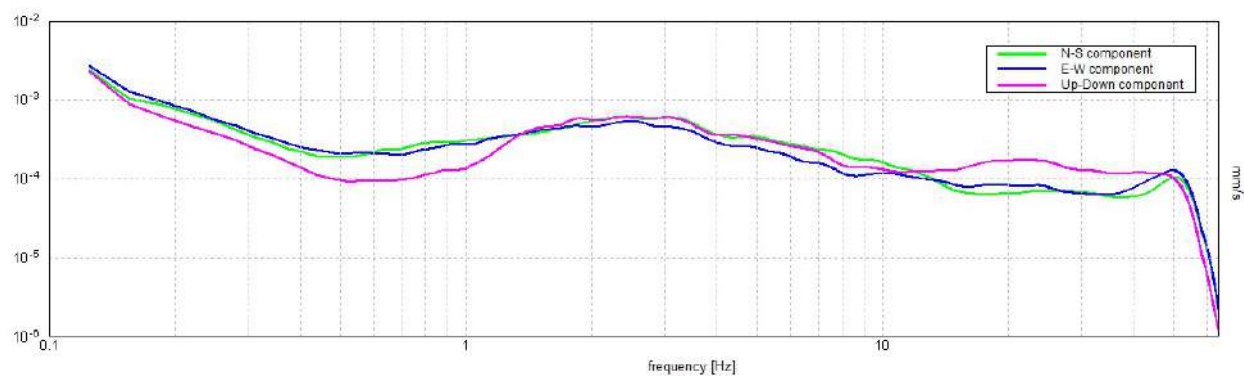
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



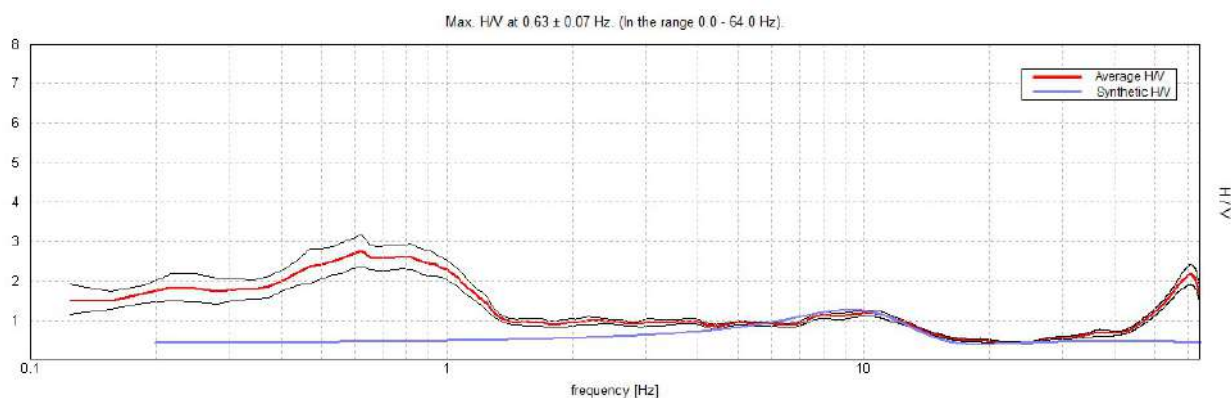
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

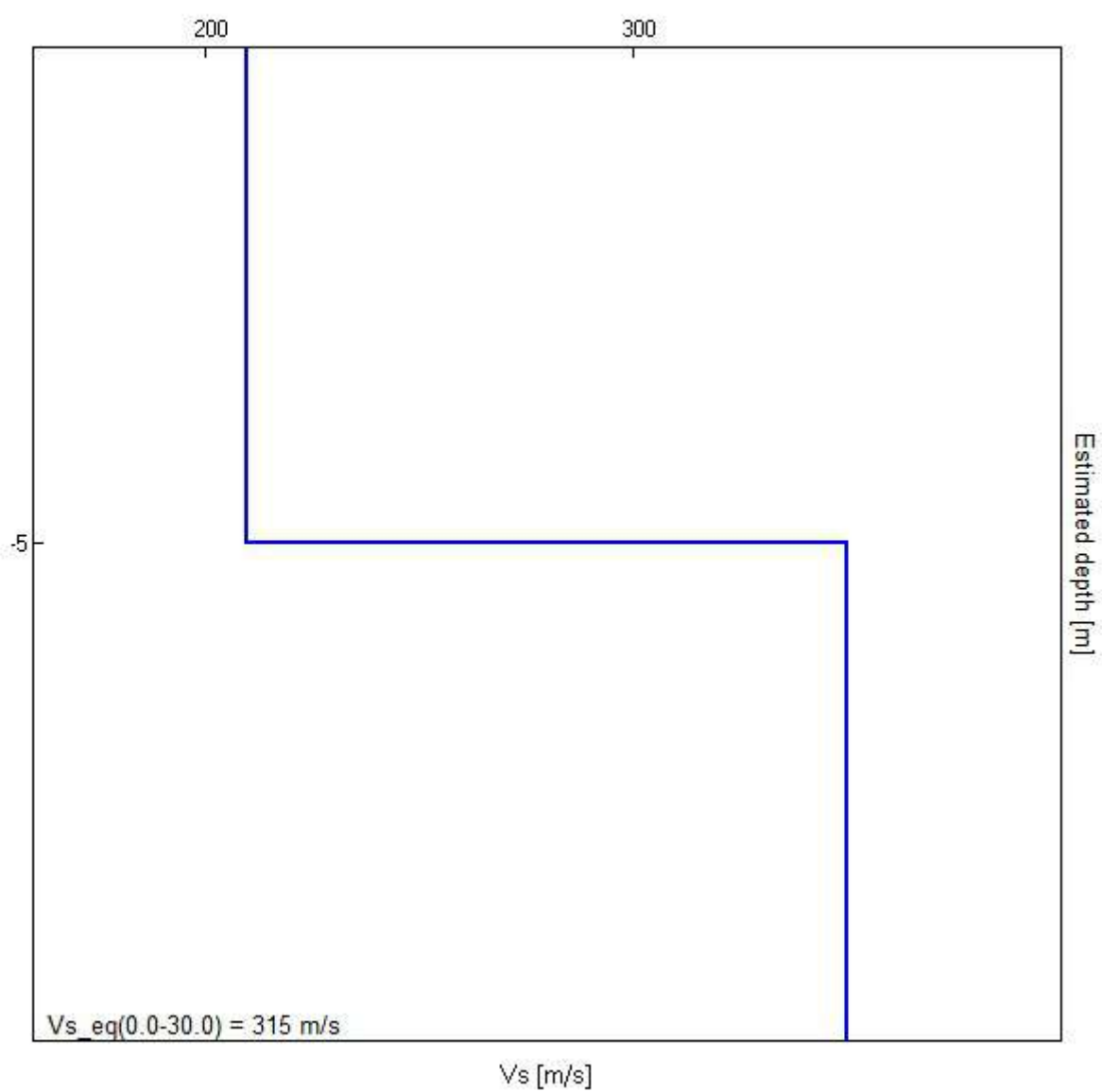


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	210	0.42
inf.	inf.	350	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 315 m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.63 ± 0.07 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$750.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.77 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11726 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.07329 < 0.09375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4145 < 2.0$	OK	

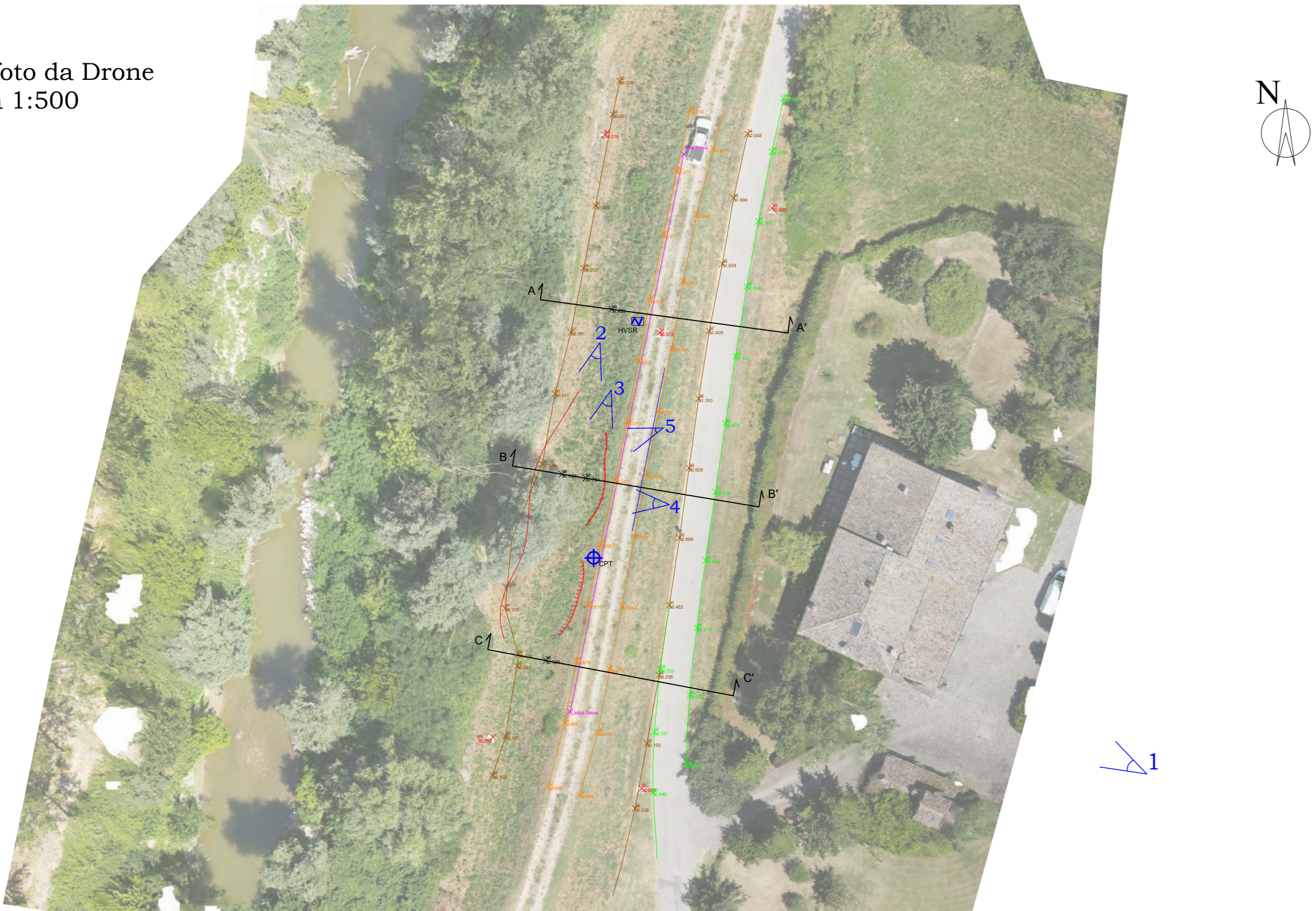
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SCHEDA

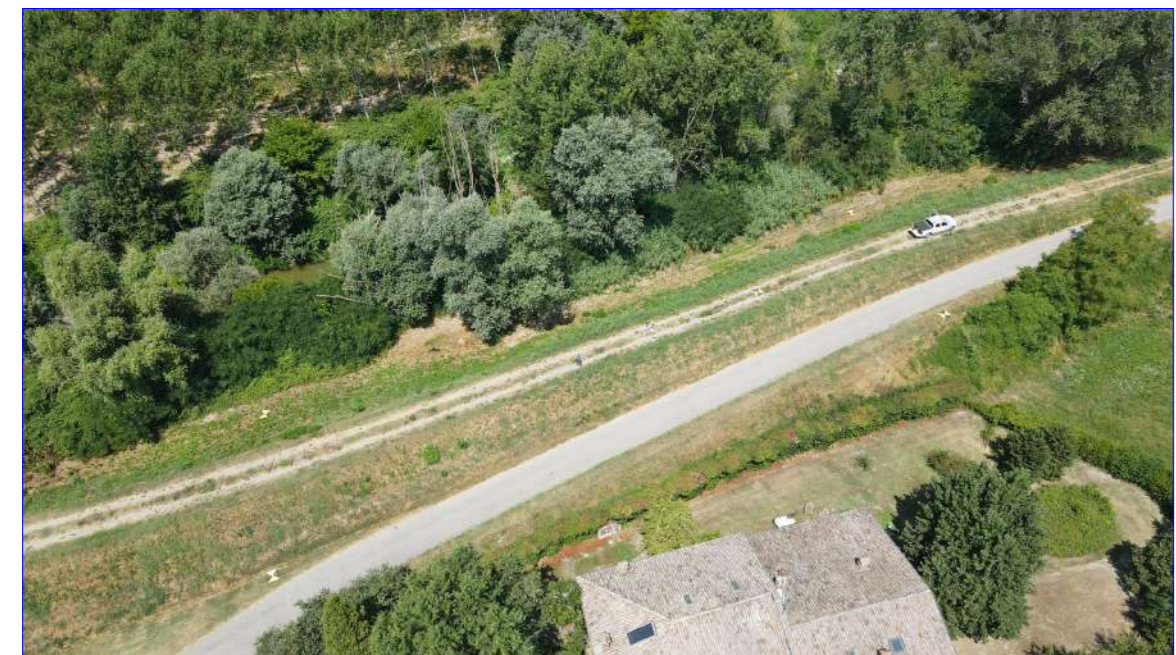
Ortofoto da Drone
Scala 1:500



Legenda:

- 60 36.111 Punto, numero e quota ciglio argine
- 62 36.506 Punto, numero e quota fondo argine
- 61 36.245 Punto, numero e quota marker
- Cedimento
- Linea di ciglio strada
- Linea di fondo argine
- Linea di ciglio argine
- 1 Punto di vista fotografia
- 64 38.497 Punto, numero e quota centro strada
- 67 38.536 Punto, numero e quota stredimento geoelettrica
- 67 38.536 Punto, numero e quota generico
- ⊕ Ubicazione prove penetrometriche di tipo statico (CPT)
- ▢ Indagine HVSR
- Stendimento MASW
- Stendimento Geoelettrico
- Linea di sezione

1



2



3



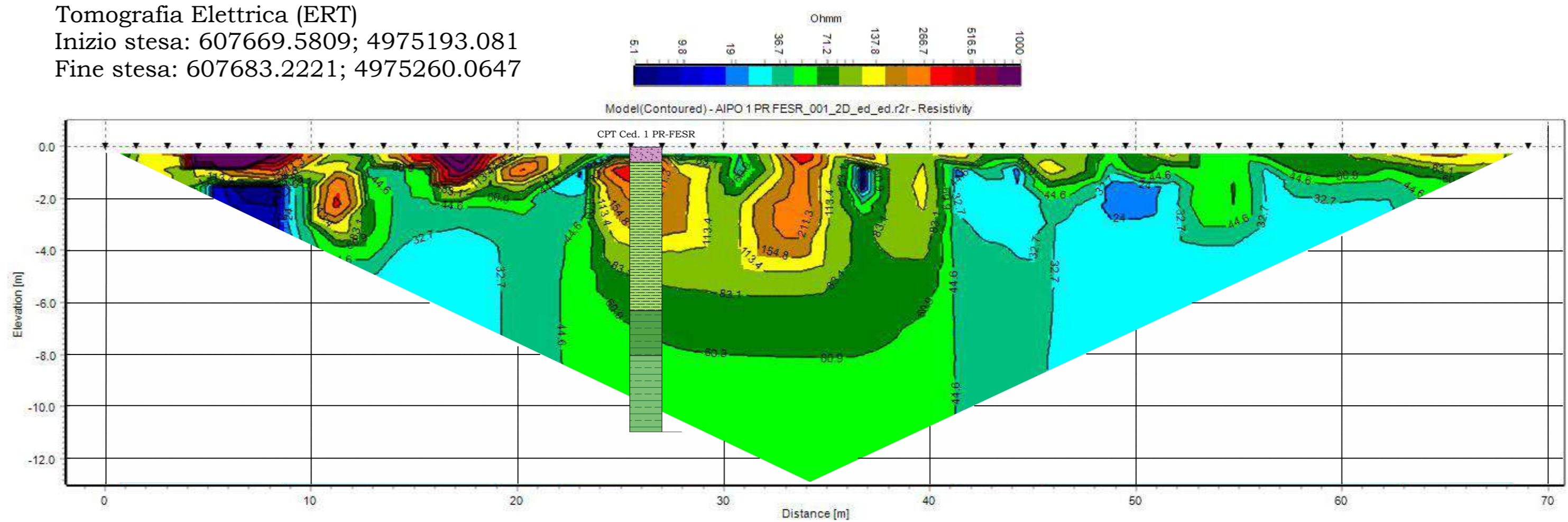
4



5



Tomografia Elettrica (ERT)
Inizio stesa: 607669.5809; 4975193.081
Fine stesa: 607683.2221; 4975260.0647



ERT Cedimento Tratto 1 PR FESR

È stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 69 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del torrente Parma, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 1 PR FESR in comune di Colorno dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 13 m dal piano campagna.

La sezione è stata ottenuta con configurazione Wenner-Schlumberger e rappresenta la distribuzione di resistività elettrica del sottosuolo lungo un tratto di circa 70 m dell'argine del Torrente Parma in Località Colorno, fino a una profondità massima indagata di circa 13 m. La scala cromatica adottata va da valori bassi (5–20 Ω·m, blu) a valori elevati (>500 Ω·m, rosso/viola), interpretati come indicativi di differenti caratteristiche litologiche e/o condizioni di saturazione.

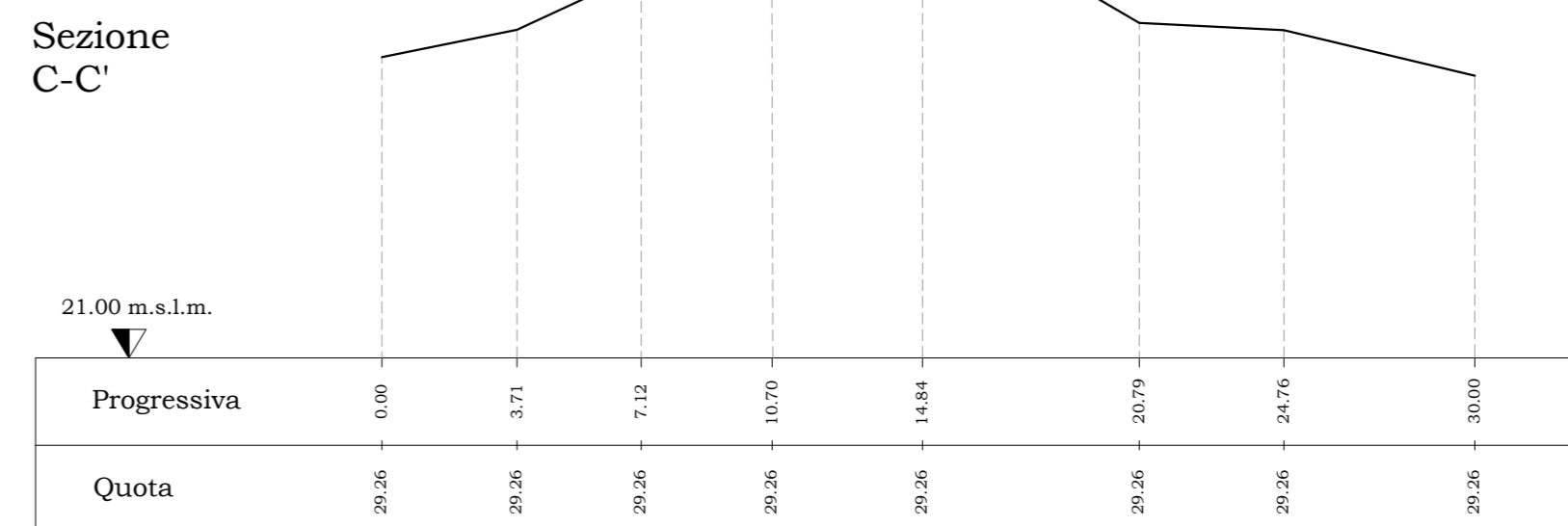
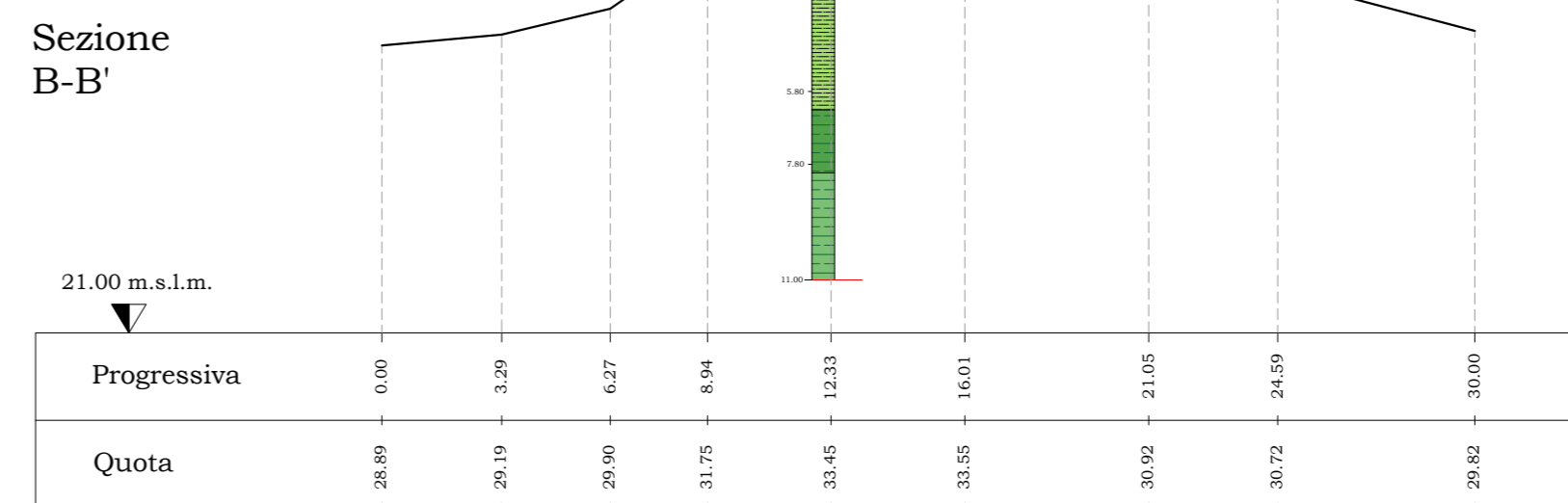
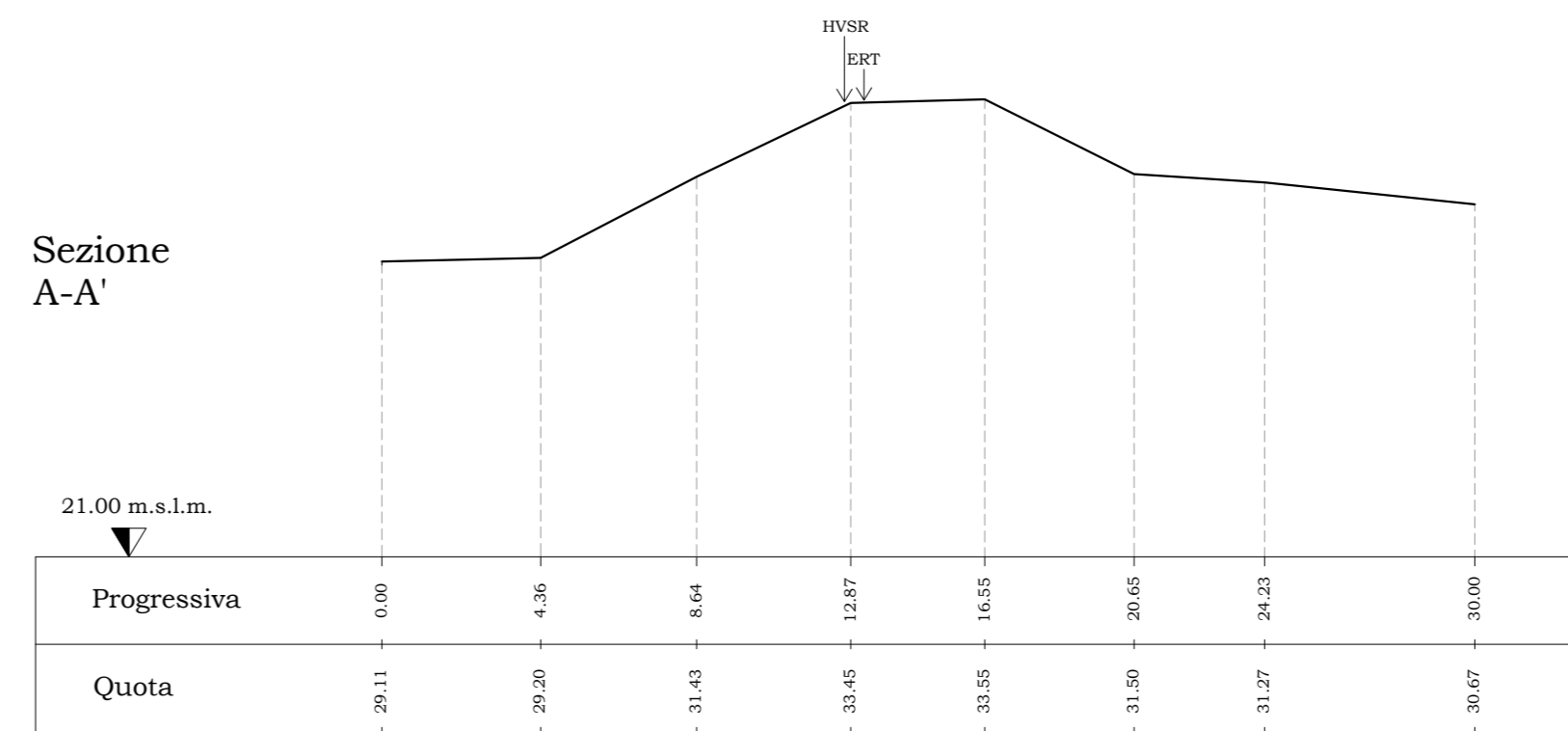
La sezione risulta estremamente caotica con variazioni di resistività laterali e verticali molto frequenti sintomo di una forte disomogeneità dei terreni o di differenti gradi di saturazione degli stessi. Si può comunque, in maniera semplificata, dividere la sezione in tre settori da sinistra a destra:

- Settore sinistro (0–20 m): dominano valori bassi di resistività (<20–30 Ω·m), estesi in profondità fino a 8–10 m. Questi valori sono coerenti con la presenza di materiali fini (limi/argille) a elevata saturazione, tipici della matrice naturale dell'argine o di depositi alluvionali in condizioni umide. Piccole aree a resistività leggermente maggiore (30–40 Ω·m) si concentrano nei primi 2–3 m superficiali, indicando probabile parziale drenaggio o materiali leggermente più grossolani in superficie.
- Zona di transizione e anomalia ad alta resistività (20–42 m): in corrispondenza di questa porzione compare una lente ad alta resistività (valori fino a 150–200 Ω·m, con picchi >250 Ω·m), posta in prevalenza tra -1 e -6 m di quota. L'assetto suggerisce la presenza di materiali grossolani (ghiaie/sabbie asciutte o a bassa saturazione) o di riempimenti eterogenei, che possono costituire percorsi preferenziali di filtrazione. Proprio in corrispondenza di questa anomalia è stato segnalato un cedimento dell'argine, fenomeno compatibile con possibili processi di erosione interna o svuotamento di materiale fine. Ai lati della lente si notano transizioni rapide verso valori più bassi (40–60 Ω·m), indicativi di contatto con materiali più fini e saturi.
- Settore destro (42–70 m): prevalgono valori bassi e medio-bassi di resistività (20–40 Ω·m) estesi in profondità, che suggeriscono la presenza di sedimenti fini umidi (limi e argille). Sono presenti alcune piccole sacche a resistività molto bassa (<15 Ω·m) localizzate tra 50 e 55 m, probabilmente zone di accumulo d'acqua o materiali più plastici. La parte più superficiale (primi 2–3 m) presenta discontinuità locali con valori lievemente più alti (40–60 Ω·m), forse dovuti a variazioni granulometriche o a maggiore drenaggio superficiale.

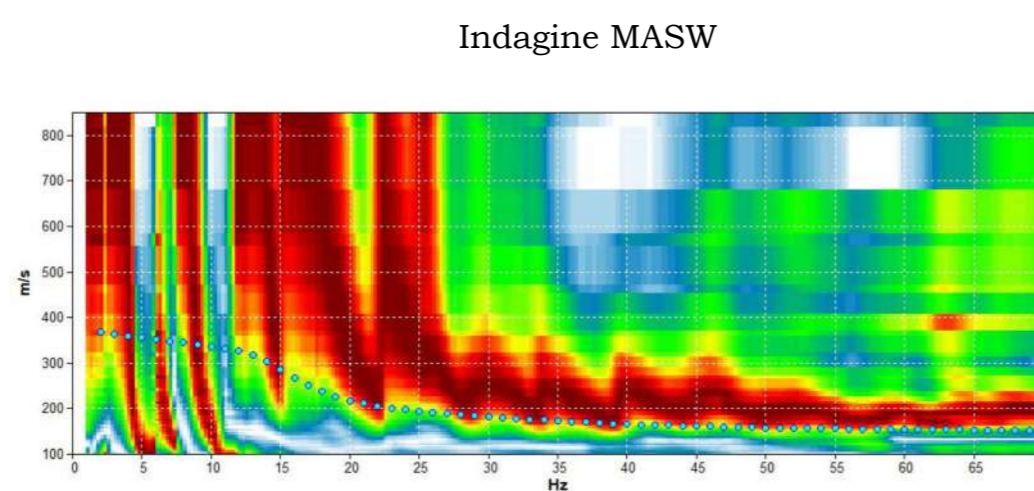
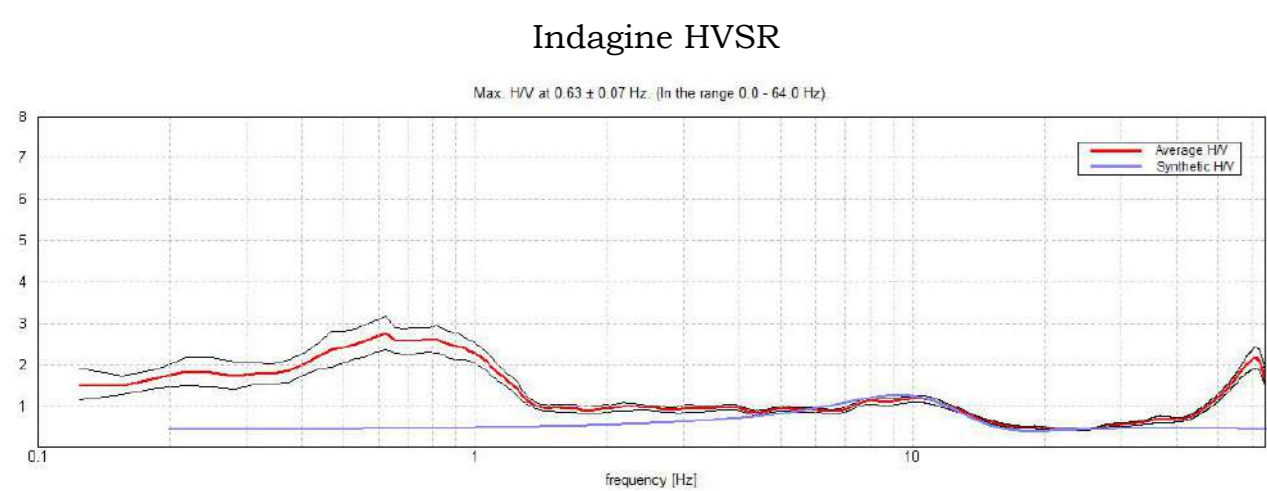
La prova CPT conferma che la "bolla" ad alta resistività nella tomografia potrebbe corrispondere a uno spesso pacco sabbioso e sabbioso-limoso sciolto inserito tra terreni più fini e coesivi. Questa configurazione crea forte contrasto di permeabilità tra strati e può favorire l'erosione interna in caso di differenze di carico idraulico e potrebbe quindi giustificare il cedimento localizzato segnalato in quell'area.

*La tomografia 1_PR_FESR presenta risultati significativamente differenti rispetto alle altre sezioni indagate. Già in fase di elaborazione dei dati sono emerse anomalie che indicano una possibile alterazione/condizionamento delle misure, poco compatibili con le reali condizioni geologiche attese per il tratto arginale analizzato.

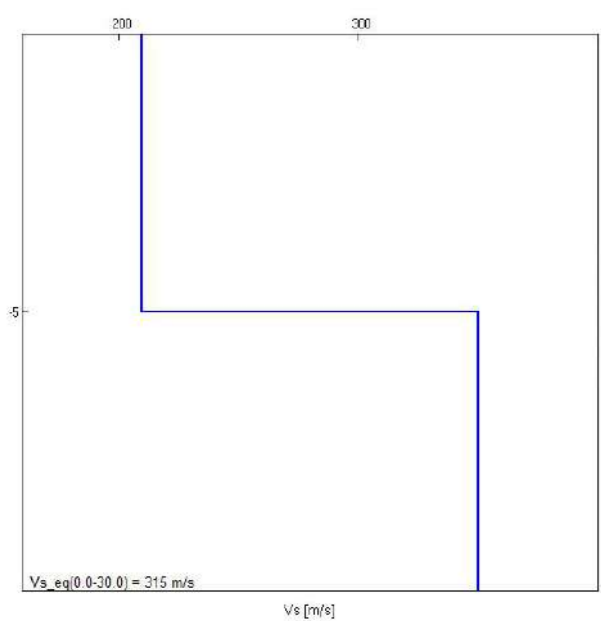
Sezioni Stato di Fatto
Scala verticale 1:200



Indagini sismiche



Profilo velocità onde sismiche HVSR



Profilo velocità onde sismiche MASW

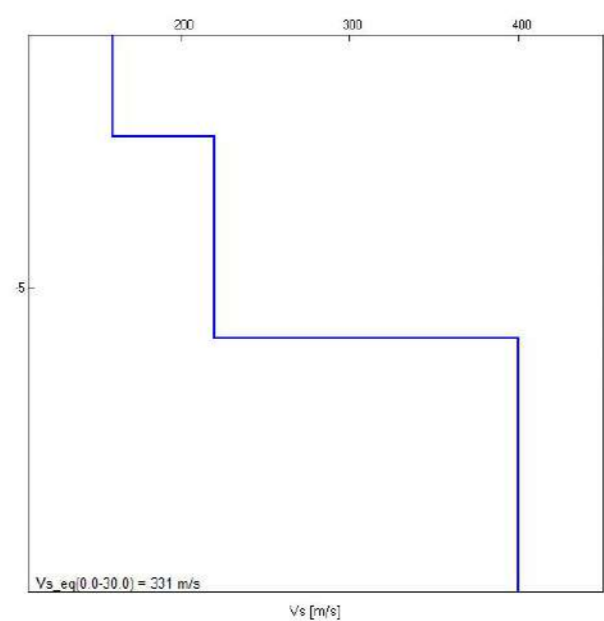


Tabella velocità di propagazione onde sismiche HVSR

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	inf.	210	0.42
inf.	inf.	350	0.42

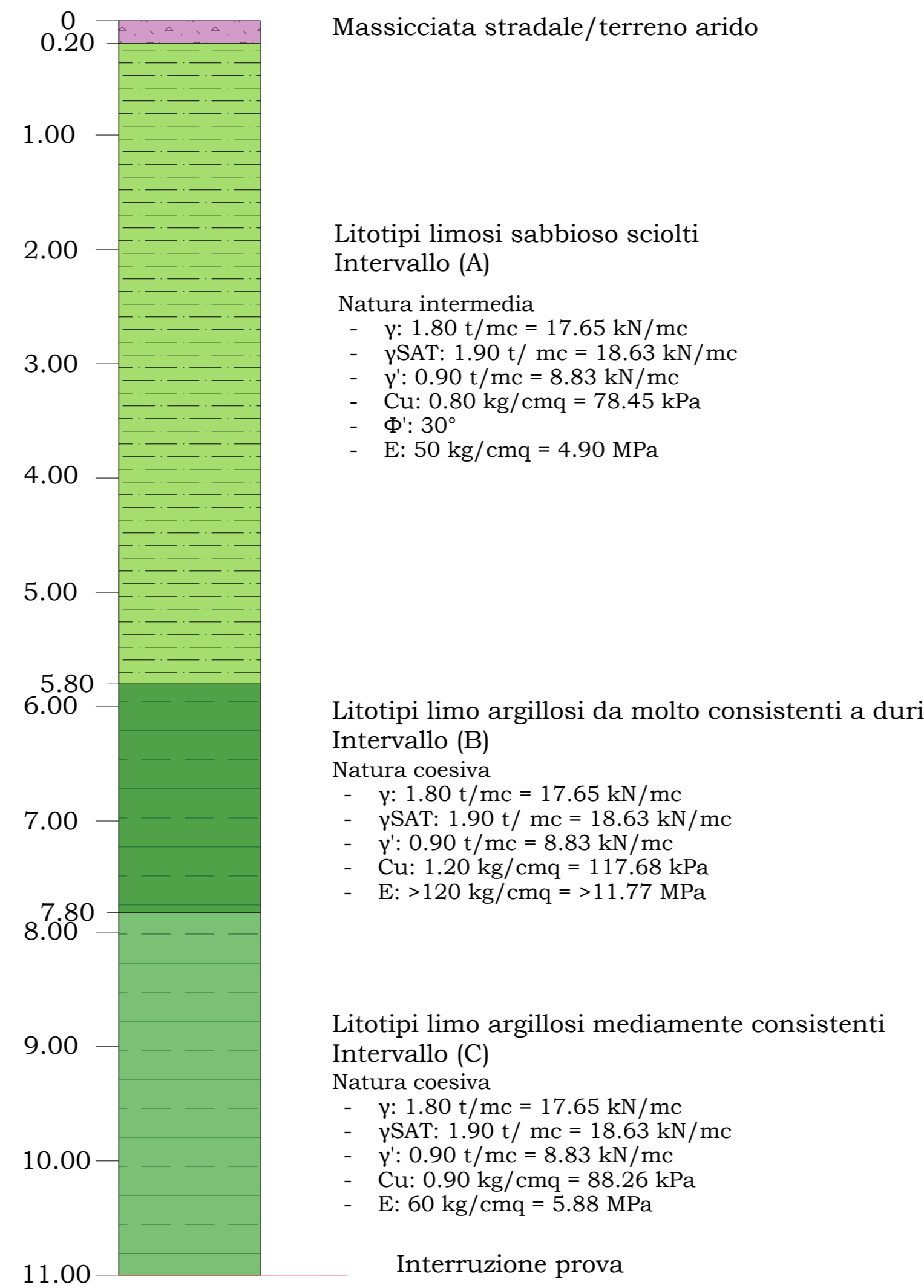
Vs_eq (0.0-30.0) = 315 m/s

Tabella velocità di propagazione onde sismiche MASW

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	160	0.42
4.00	2.00	220	0.42
inf.	inf.	400	0.40

Vs_eq (0.0-30.0) = 331 m/s

Stratigrafia prova penetrometrica CPT Fuori scala



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.
Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colorno e del Fiume Po" in Comune di Sissa Trecasali, tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale
Finanziamento fondi FESR 2021-2027 priorità 2 azione 2.4"

CUP: B58H23011650006 CIG: B6F1C5C8CA

Committee:



Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma PR

Progettazione interventi:

MaC Studio Tecnico e Geologico
CO WORKING

Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari

Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studiomac.it

Geol. Valentina Bonaccorsi
Geol. Geom. Luca Calzolari
Dott. Arch. Riccardo Giamini
Arch. Riccardo Giamini
Ing. Roberto Giannelli
Dott. Riccardo Giannelli
Geol. Federica Pizzani
Geom. Maurizio Pizzani
Ing. Constanza Pizzani
Ing. Massimo Pizzani
Geol. Matteo Tanzi

Oggetto:		TAVOLA DELLE INDAGINI CEDIMENTO 1-PR		Tavola:
				SCHEDA 1-PR
Disegnatore:	File: 8469_Scheda_1	Formato:	A0	Data:
N°	Modifiche			13/08/2025
A	REV. 01			Visto
B				19/09/2025

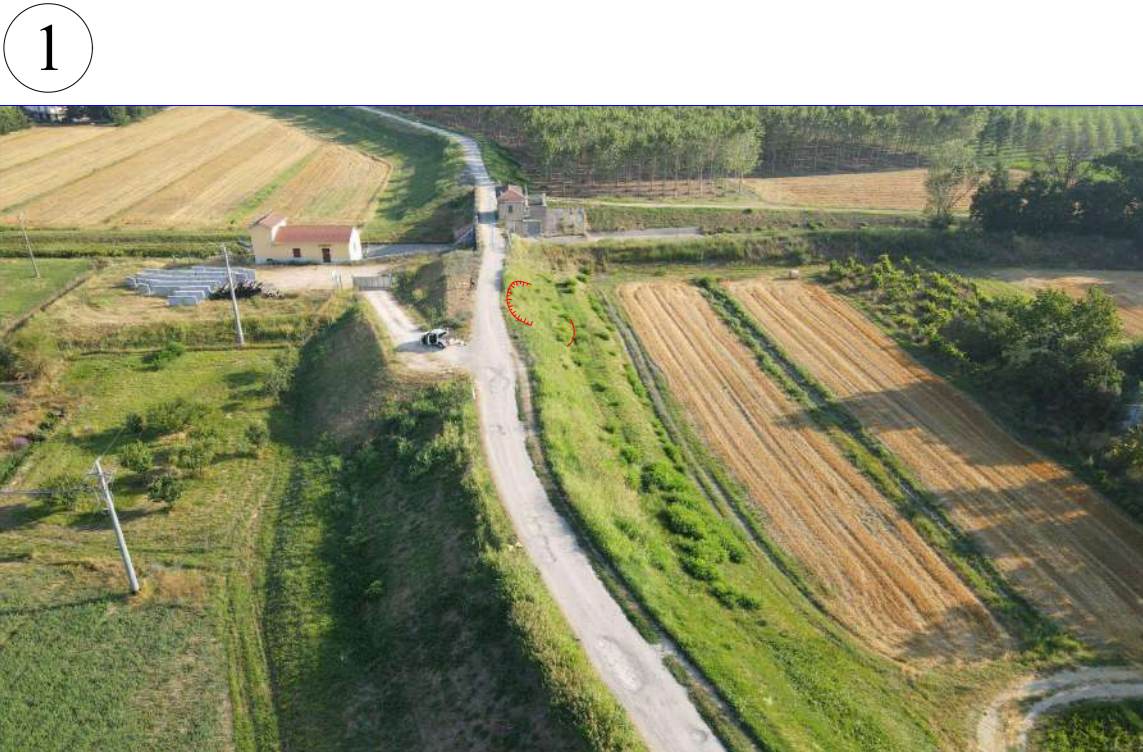
Ortofoto da Drone
Scala 1:500



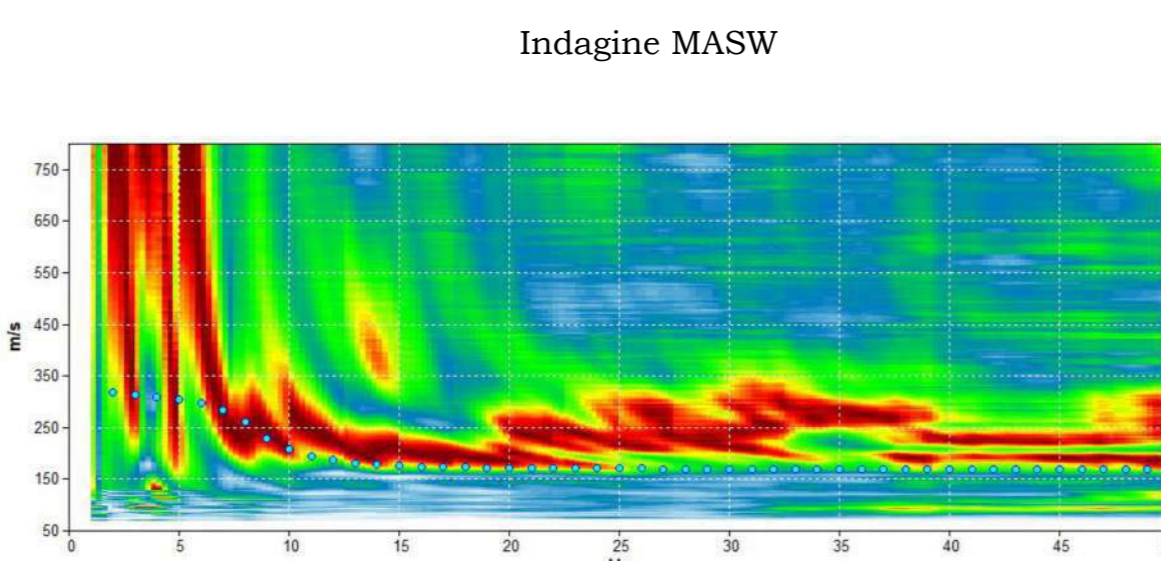
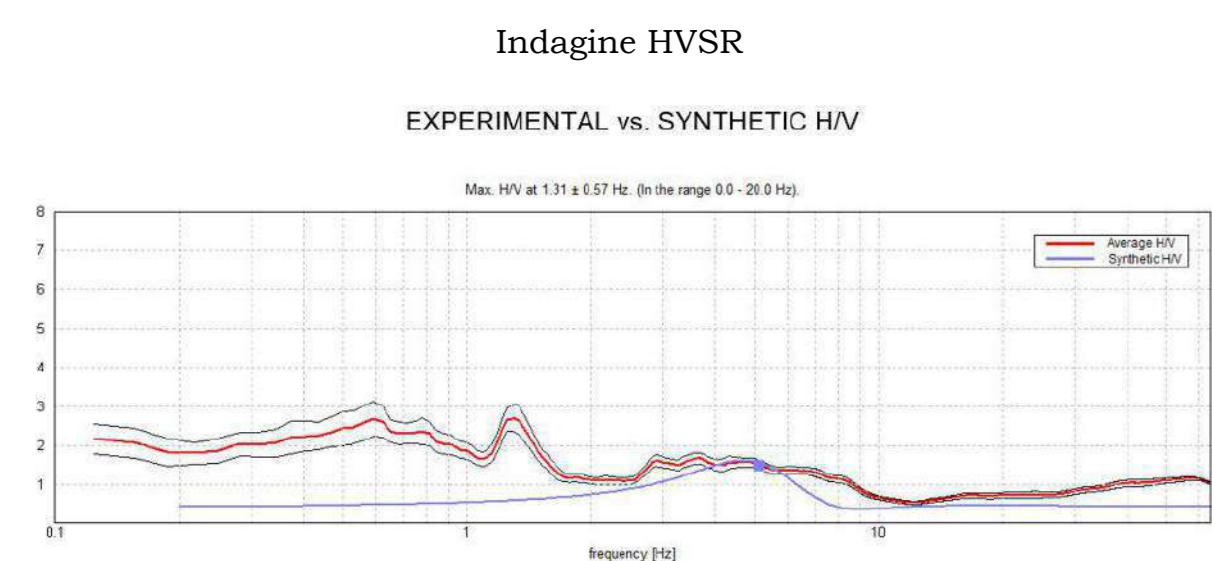
Legenda

- 60 36.111 Punto, numero e quota ciglio argine
- 62 36.506 Punto, numero e quota fondo argine
- 61 36.245 Punto, numero e quota marker
- Cedimento
- Linea di ciglio strada
- Linea di fondo argine
- Linea di ciglio argine
- 1 Punto di vista fotografia

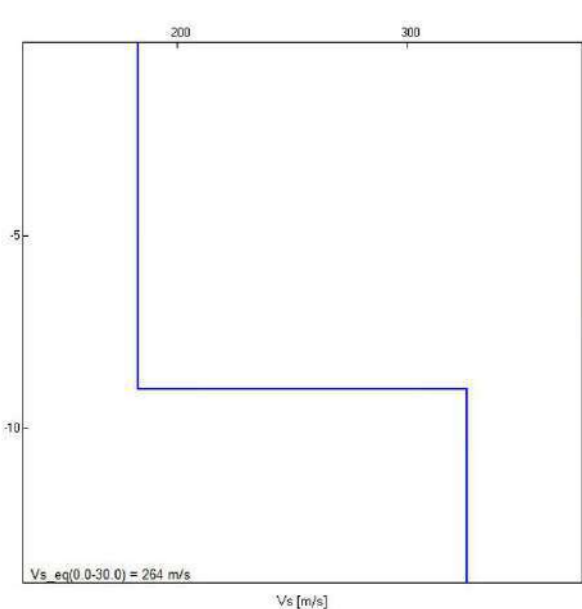
- 64 38.497 Punto, numero e quota centro strada
- 67 38.536 Punto, numero e quota stendimento geoeletttrica
- 67 38.536 Punto, numero e quota generico
- ⊕ Ubicazione prove penetrometriche di tipo statico (CPT)
- N Indagine HVSR
- Stendimento MASW
- Stendimento Geoeletttrico
- Linea di sezione



Indagini sismiche



Profilo velocità onde sismiche HVSR



Profilo velocità onde sismiche MASW

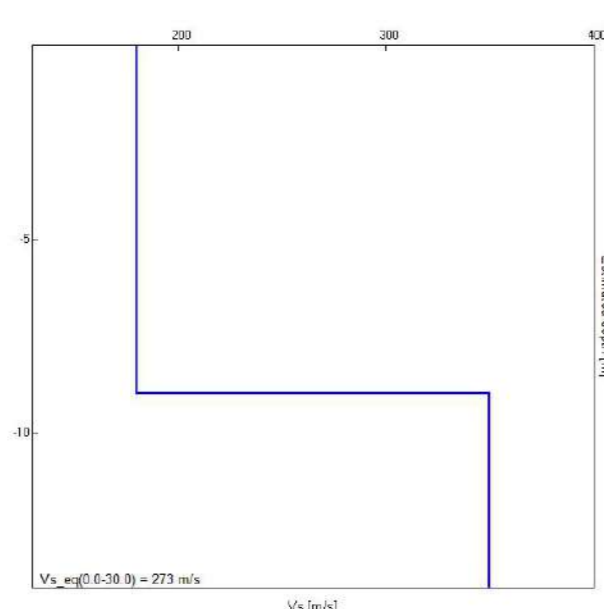


Tabella velocità di propagazione onde sismiche HVSR

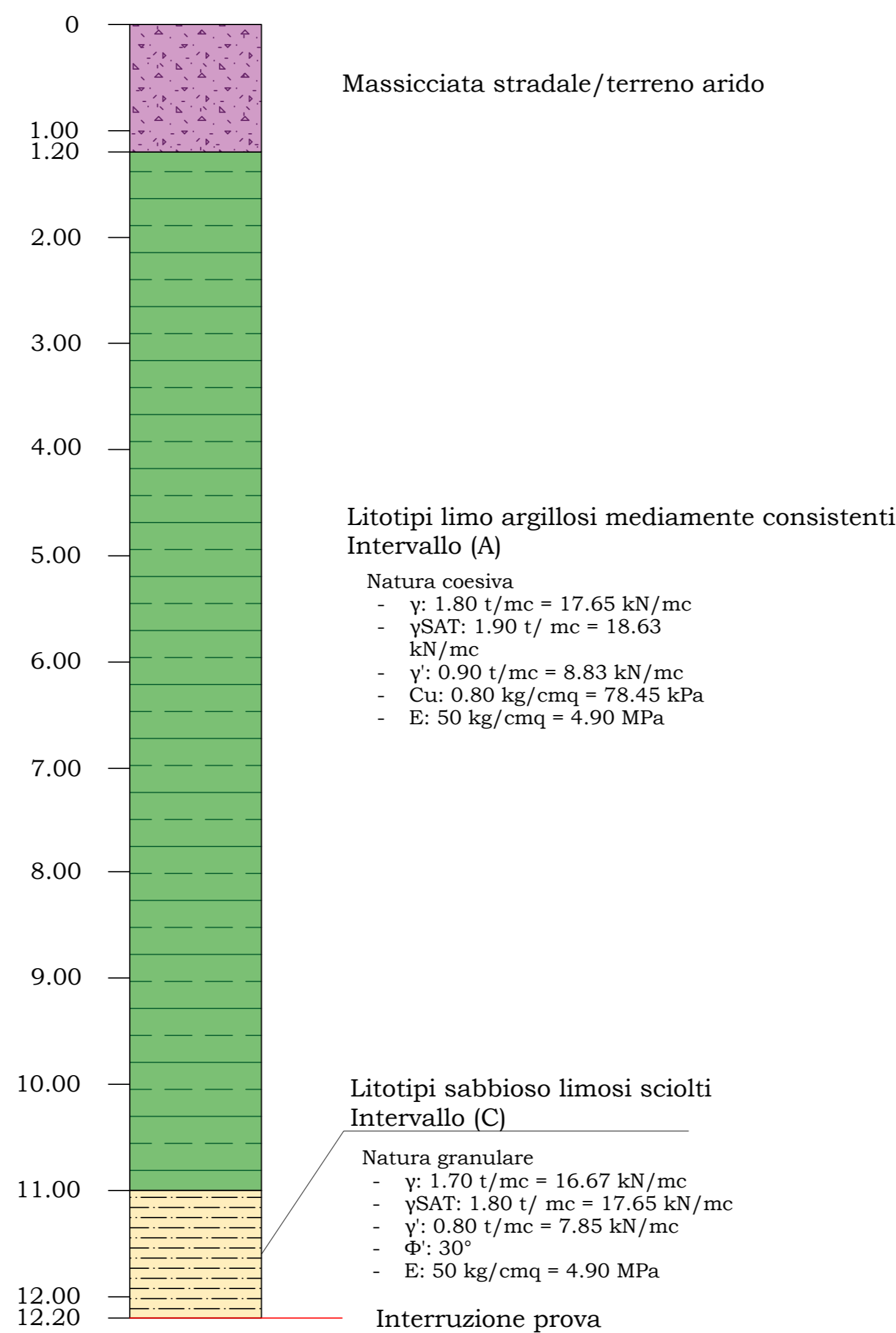
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio	Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
43.00	inf.	203	0.45	11.00	inf.	180	0.42
inf.		370		inf.		380	

Vs_eq (0.0-30.0) = 203 m/s

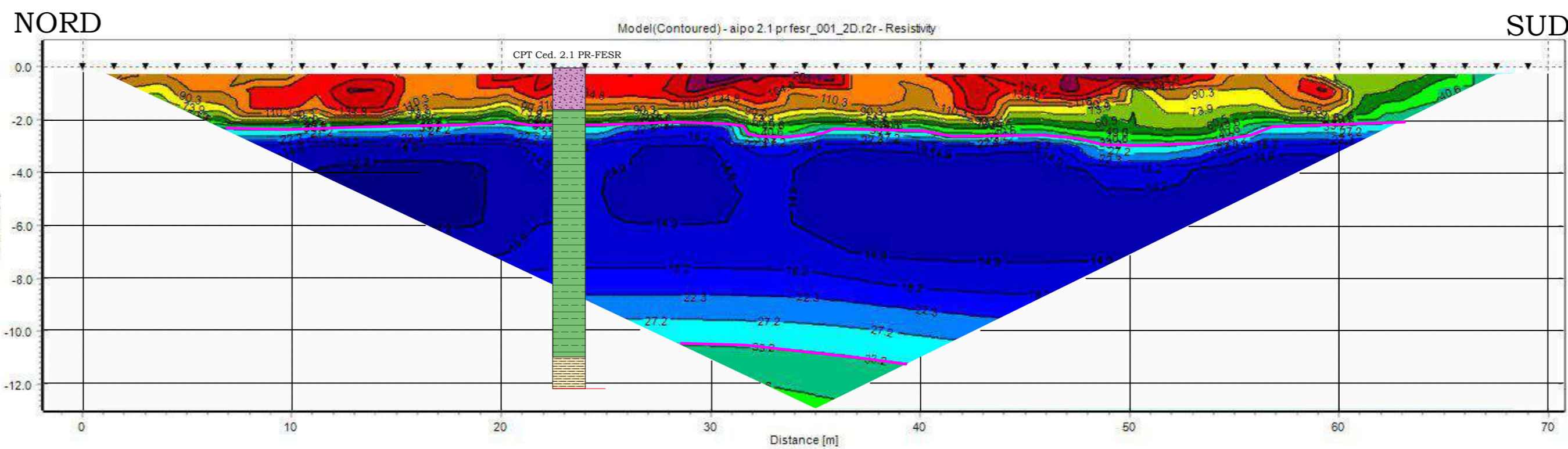
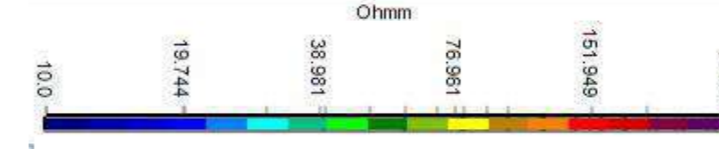
Vs_eq (0.0-30.0) = 270 m/s

Tabella velocità di propagazione onde sismiche MASW

Stratigrafia prova penetrometrica CPT Fuori scala



Tomografia Elettrica (ERT)
Inizio stesa: 604416.1938; 4980126.337
Fine stesa: 604407.782; 4980194.1067



ERT Cedimento Tratto 2.1 PR FESR

È stata eseguita una prospezione geoeletttrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 69 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del fiume Po, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 2.1 PR FESR in comune di Sissa Trecasali dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 13 m dal piano campagna.

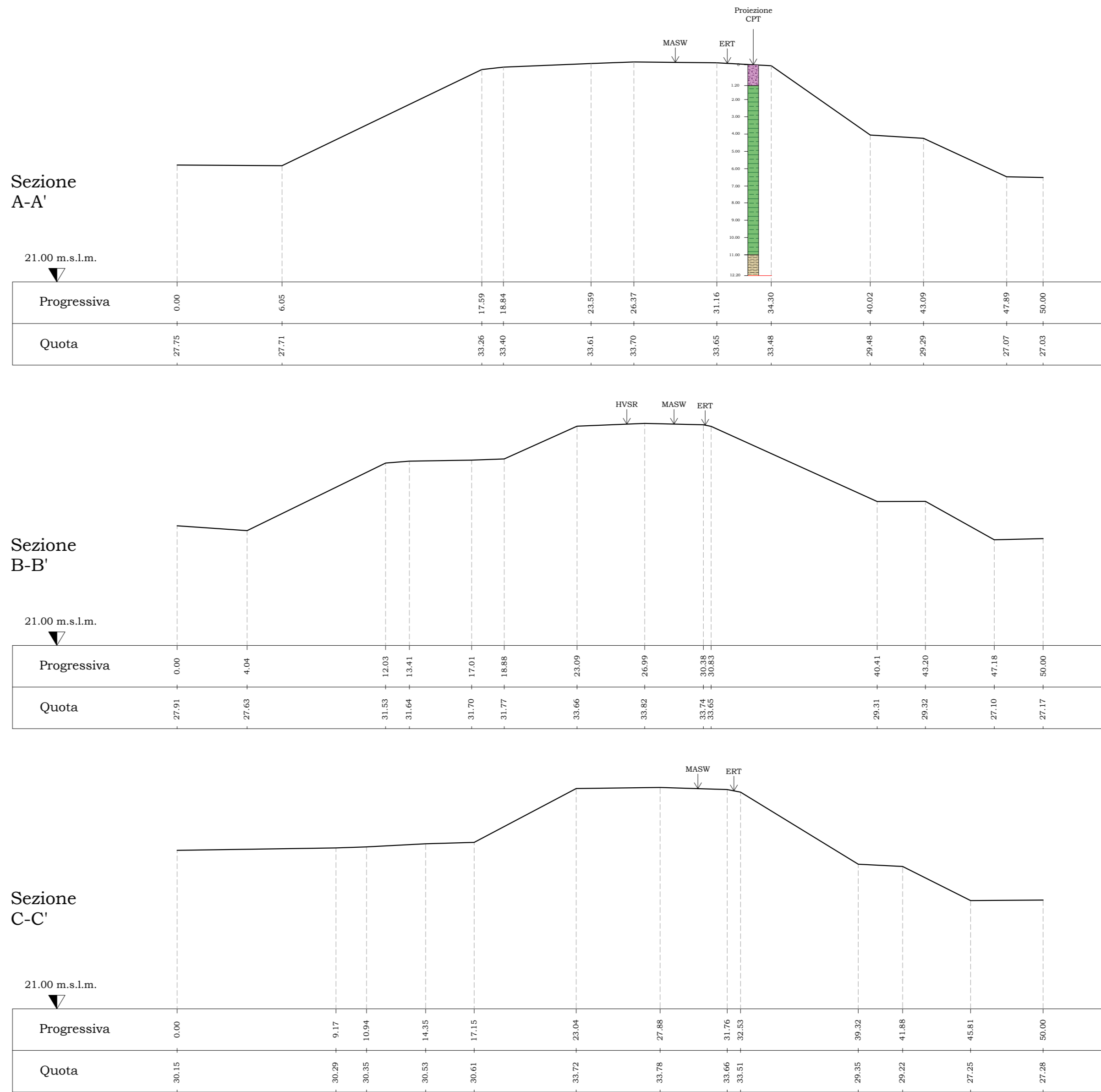
L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner, mostra una marcata variabilità verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~10 e ~300 Ω-m), mentre mostra una buona continuità laterale.

La sezione si può dividere in tre porzioni:

- Zona superficiale (0-2 m): prevalgono valori elevati (> 50 Ω-m, in verde-giallo-rosso), interpretabili come materiali sciolti o parzialmente asciutti, con possibile presenza di ghiaie o sabbie grossolane asciutte.
- Zona intermedia (11 m): si osserva un'ampia fascia continua a bassa resistività (10-30 Ω-m, in blu), estesa trasversalmente lungo quasi tutto il profilo, indicativa di depositi limoso-argillosi saturi o di un elevato contenuto d'acqua interstiziale.
- Zona basale (>11 m): si rilevano valori medi (> 40/50 Ω-m, in verde) compatibili con sedimenti sabbiosi o ghiaiosi più o meno saturi, che possono costituire livelli più permeabili.

Ipotizzando una certa omogeneità litologica all'interno delle tre zone identificate, risulta assai interessante l'osservazione delle anomalie laterali all'interno della stessa zona. Nell'ipotesi, sostanzialmente attendibile di una certa uniformità litologica, del contenuto di acqua, del grado di saturazione ed ovviamente in assenza di differenti condizioni di salinità, le variazioni nella resistività dei terreni possono ragionevolmente indicare una variazione nello stato di addensamento dei terreni. Una riduzione locale del valore di resistività può evidenziare un detensionamento, una riduzione dell'addensamento, come nel caso osservato di un cedimento laterale del manufatto. Nel caso specifico sono ben visibili delle anomalie nei valori di resistività nella zona superficiale tra i 16 ed i 20 metri, tra i 37 ed i 40 metri e tra i 53 ed i 57 metri. Questi detensionamenti sono ben correlabili ai maggiori cedimenti con espansione laterale dei rilevati arginali. Per contro, alla riduzione nell'addensamento della zona superficiale, corrisponde nella seconda zona, un certo aumento della resistività e quindi dell'addensamento. Questo ipoteticamente a significare che lo strato superficiale granulare di ripartizione dei carichi, venendo ad essere alterato, comporti una maggiore diffusione dei carichi in profondità. Nella zona centrale della stesa, evidenziato dalla linea fucsia tracciata all'interfaccia tra zona superficiale e intermedia, è possibile osservare un abbassamento della zona di anomalia superficiale, correlabile con un possibile cedimento del manufatto.

Sezioni Stato di Fatto Scala verticale 1:200



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colomo e del Fiume Po" in Comune di Sissa Trecasali,

tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Finanziamento fondi FESR 2021-2027 priorità 2 azione 2.4"

CUP: B58H23011650006 CIG: B6F1C5C8CA

Committente:



Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma PR

Progettazione interventi:

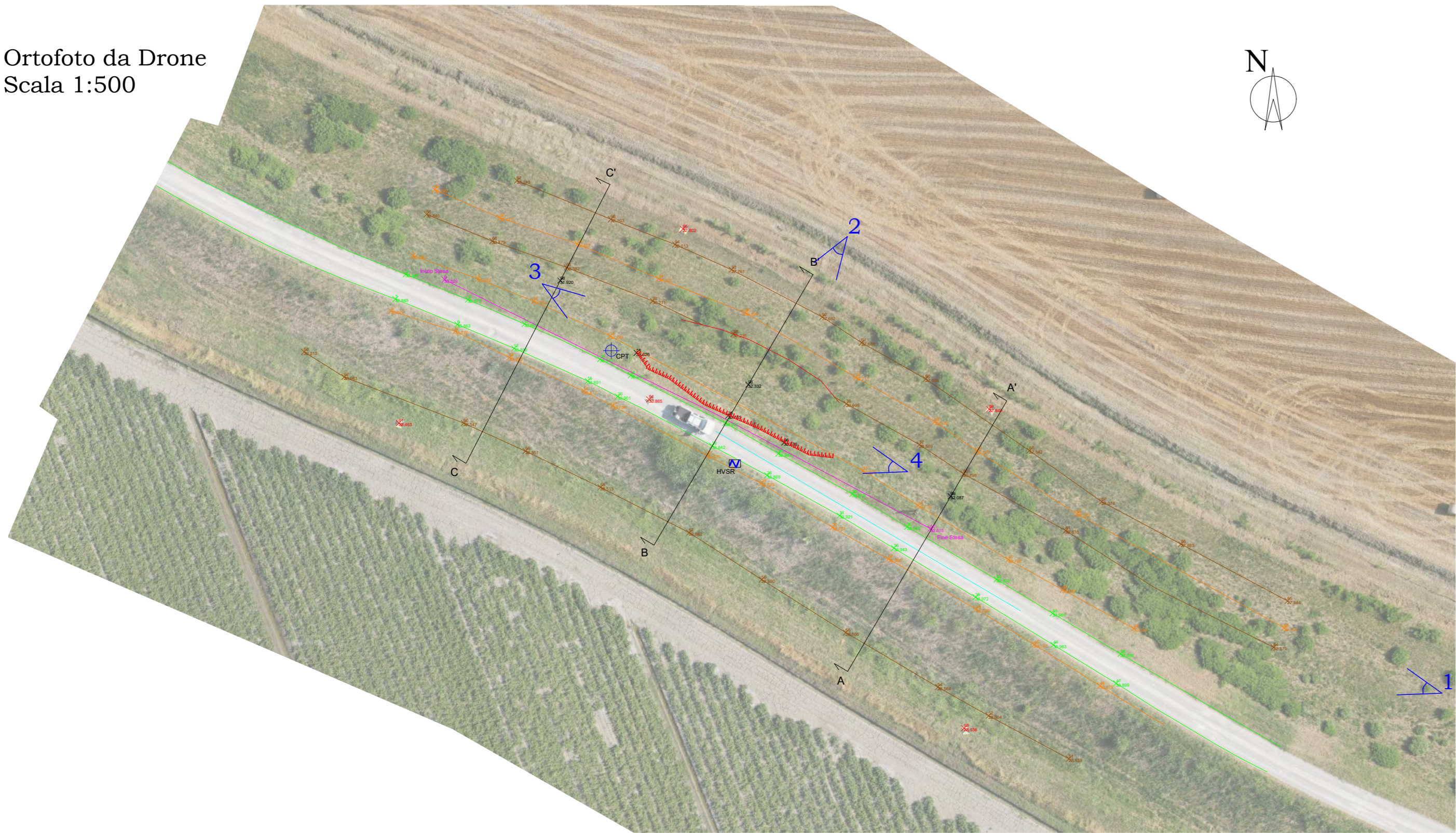
MaC Studio Tecnico e Geologico
CO WORKING

Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari
Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studiomac.it

Geol. Vanessa Bonaccolti
Geol. Geom. Luca Calzolari
Dott. Arch. Riccardo Giamelli
Arch. Riccardo Giamelli
Ing. Roberto Giannelli
Geol. Riccardo Mazzanti
Geol. Federica Pranzini
Geom. Maurizio Pizzetti
Ing. Concetta Pizzoni
Ing. Massimo Riccio
Geol. Matteo Tanzi

Oggetto: TAVOLA DELLE INDAGINI CEDIMENTO TRATTO 2.1 PR			Tavola: SCHEDA 2.1 PR	
Disegnatore:	File: 8469_Scheda_2.1_PR_FESR	Formato: A0	Data: 13/08/2025	Scala:
N°	Modifiche	Data		Visto
A	REV. 01	29/08/2025		
B				

Ortofoto da Drone
Scala 1:500



1



2



3



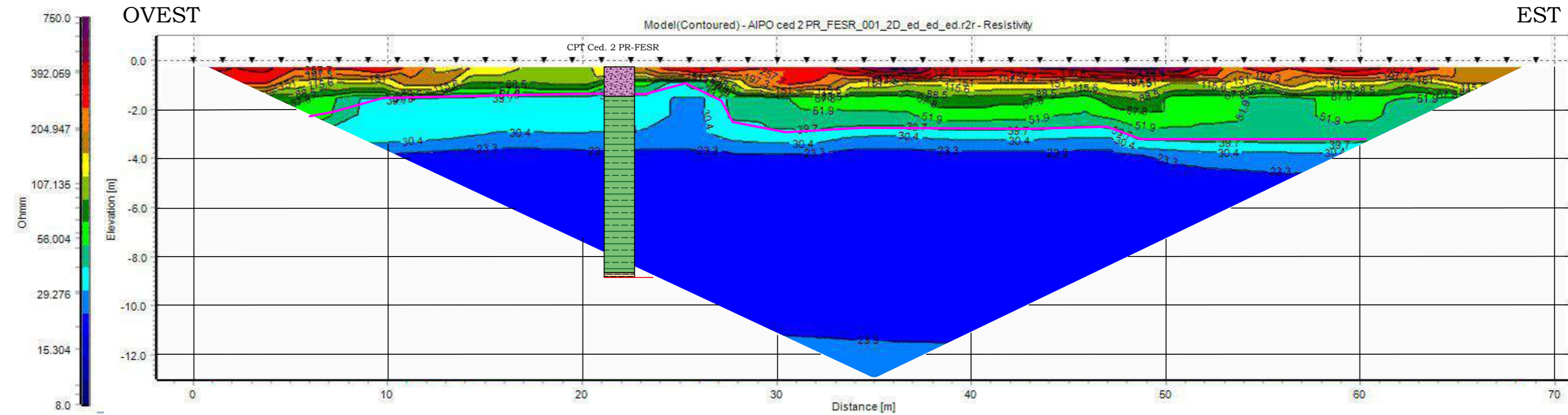
4



Legenda

- >60
36.111 Punto, numero e quota ciglio argine
- >62
36.506 Punto, numero e quota fondo argine
- >61
36.245 Punto, numero e quota marker
- Cedimento
- Linea di ciglio strada
- Linea di fondo argine
- Linea di ciglio argine
- 1 Punto di vista fotografia
- >64
38.497 Punto, numero e quota centro strada
- >67
38.536 Punto, numero e quota stendimento geoelettrica
- >67
38.536 Punto, numero e quota generico
- Ubicazione prove penetrometriche di tipo statico (CPT)
- Indagine HVSR
- Stendimento MASW
- Stendimento Geoelettrico
- Linea di sezione

Tomografia Elettrica (ERT)
Inizio stesa: 604675.7707; 4979798.4674
Fine stesa: 604737.7022; 4979766.7235



ERT Cedimento Tratto 2 PR FESR

È stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 69 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del fiume Po, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 2 PR FESR in comune di Sissa Trecasali dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 13 m dal piano campagna.

L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner, mostra una marcata variabilità verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~8 e ~750 Ω m), mentre mostra una buona continuità laterale.

La sezione si può dividere in due porzioni:

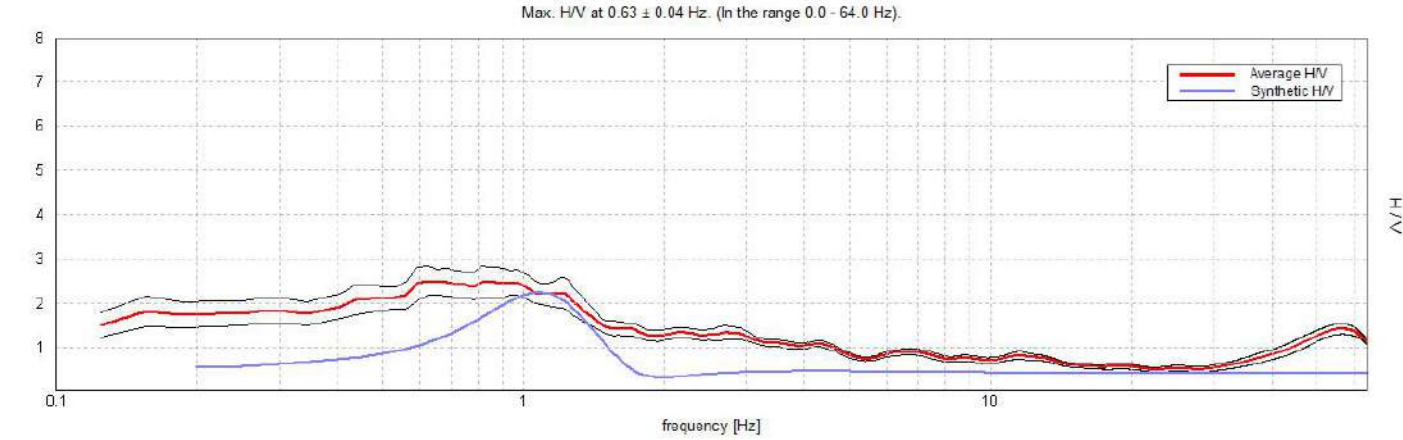
- Zona superficiale (0-2/2.5 m): prevalgono valori elevati (> 50 Ω m, in verde-giallo-rosso), interpretabili come materiali sciolti o parzialmente asciutti, con possibile presenza di materiale arido (ghiaie o sabbie grossolane asciutte) potenzialmente associabile allo strato di base dell'infrastruttura viaria.
- Zona inferiore (2-13 m): si osserva un'ampia fascia continua a bassa resistività (8-35 Ω m, in blu), estesa lungo tutto il profilo. Questo è il nucleo del rilevato arginale realizzato con materiali limoso argillosi compatti e proprio per le caratteristiche litologiche caratterizzati da un elevato contenuto d'acqua interstiziale.

Durante l'indagine CPT, alla profondità di 8.50m da p.c., è stato individuato un livello sabbioso-limoso non rilevato dall'indagine geoelettrica. Probabilmente si tratta di livelli sabbioso-limosi più o meno discontinui caratterizzati da una componente limosa abbastanza alta così da mantenere la resitività del intervallo entro i 30/35 Ω m.

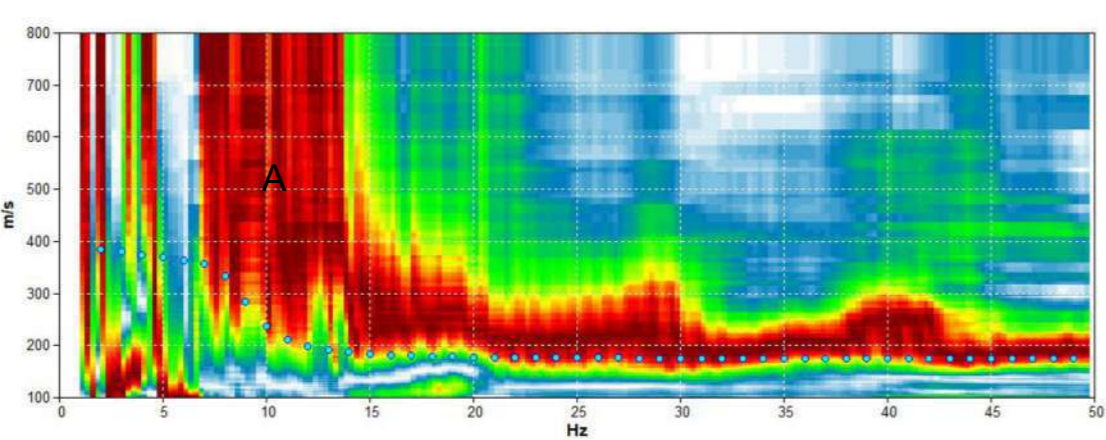
Ipotizzando una certa omogeneità litologica all'interno delle due zone identificate, risulta assai interessante l'osservazione delle anomalie laterali all'interno della stessa zona. Nell'ipotesi, sostanzialmente attendibile di una certa uniformità litologica, del contenuto di acqua, del grado di saturazione ed ovviamente in assenza di differenti condizioni di salinità, le variazioni nella resistività dei terreni possono ragionevolmente indicare una variazione nello stato di addensamento dei terreni. Nel caso specifico tra i metri 25-30 si assiste ad un aumento laterale delle resistività e ad contestuale "scalino" evidenziato dalla linea fucsia che delimita la porzione superficiale e quella inferiore. Tale anomalia risulta ben correlabile ai maggiori cedimenti con espansione laterale dei rilevati arginali, mentre non è ben definibile la porzione terminale del cedimento come in altre sezioni.

Indagini sismiche

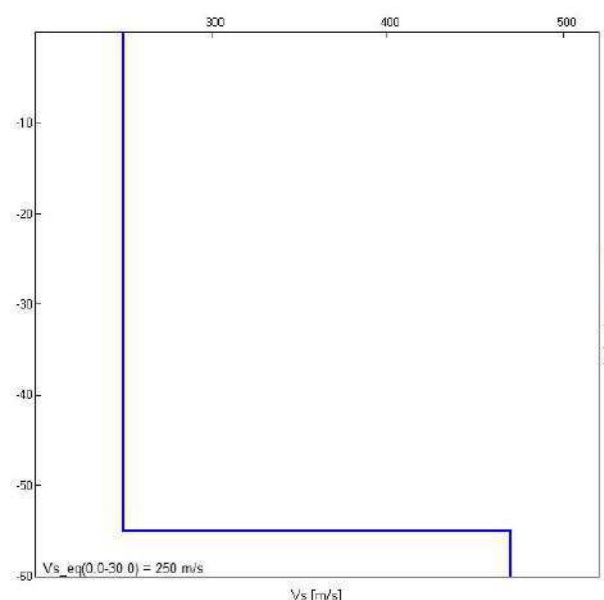
Indagine HVSR



Indagine MASW



Profilo velocità onde sismiche HVSR



Profilo velocità onde sismiche MASW

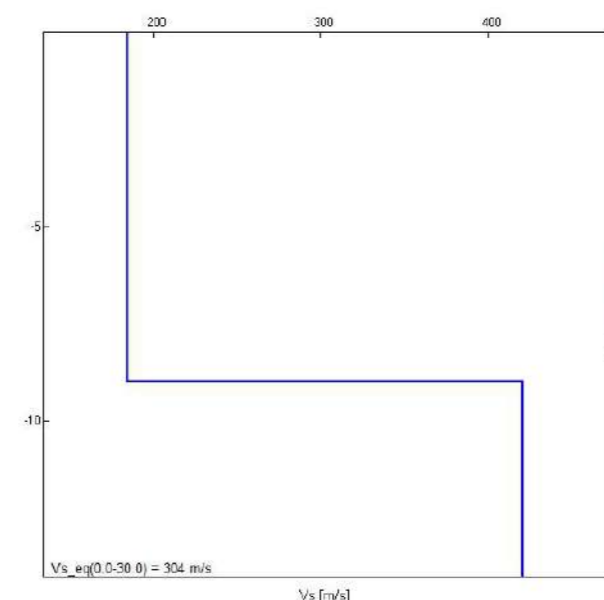


Tabella velocità di propagazione onde sismiche HVSR

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
55.00	inf.	250	0.45
inf.	inf.	470	0.45

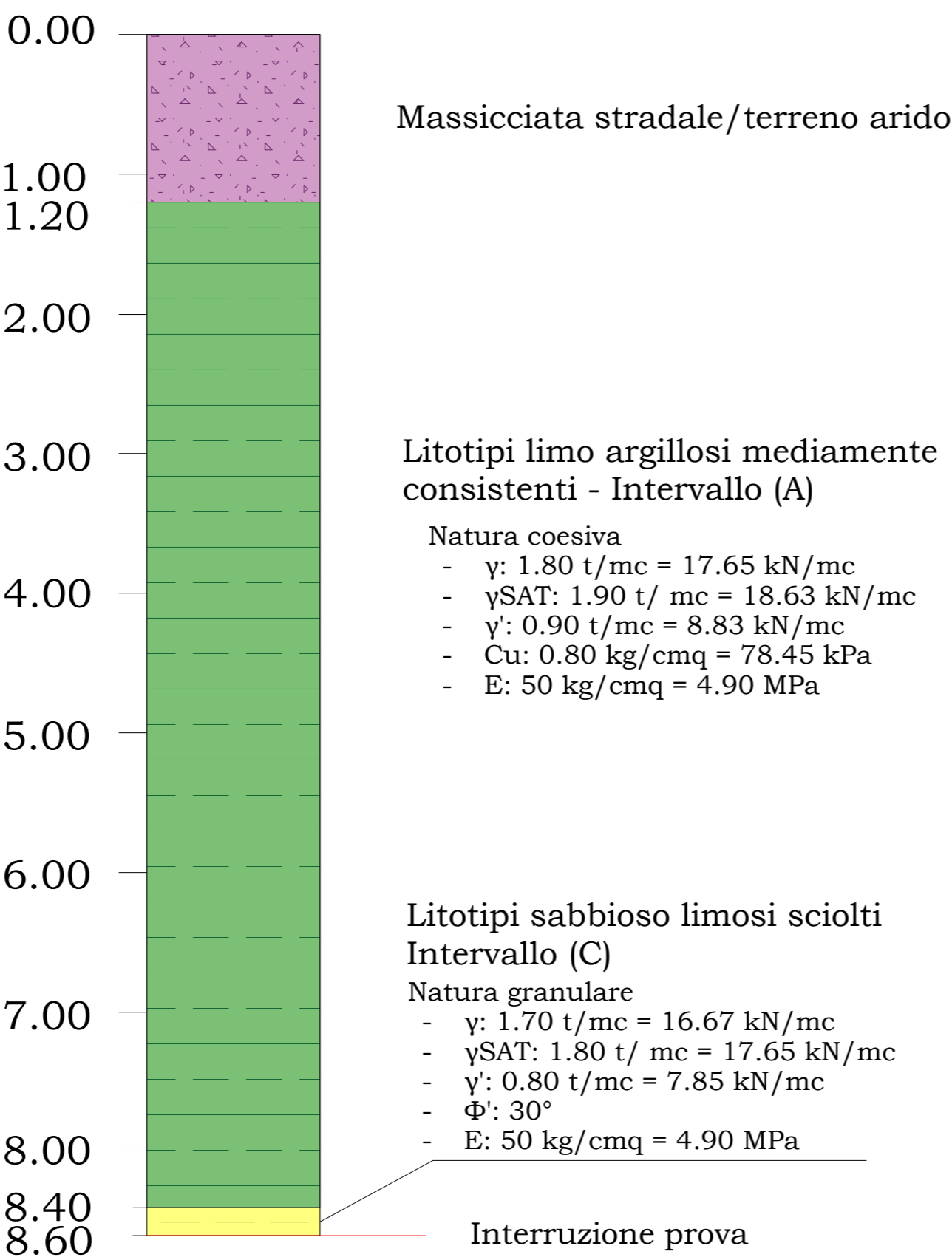
Vs_eq (0.0-30.0) = 250 m/s

Tabella velocità di propagazione onde sismiche MASW

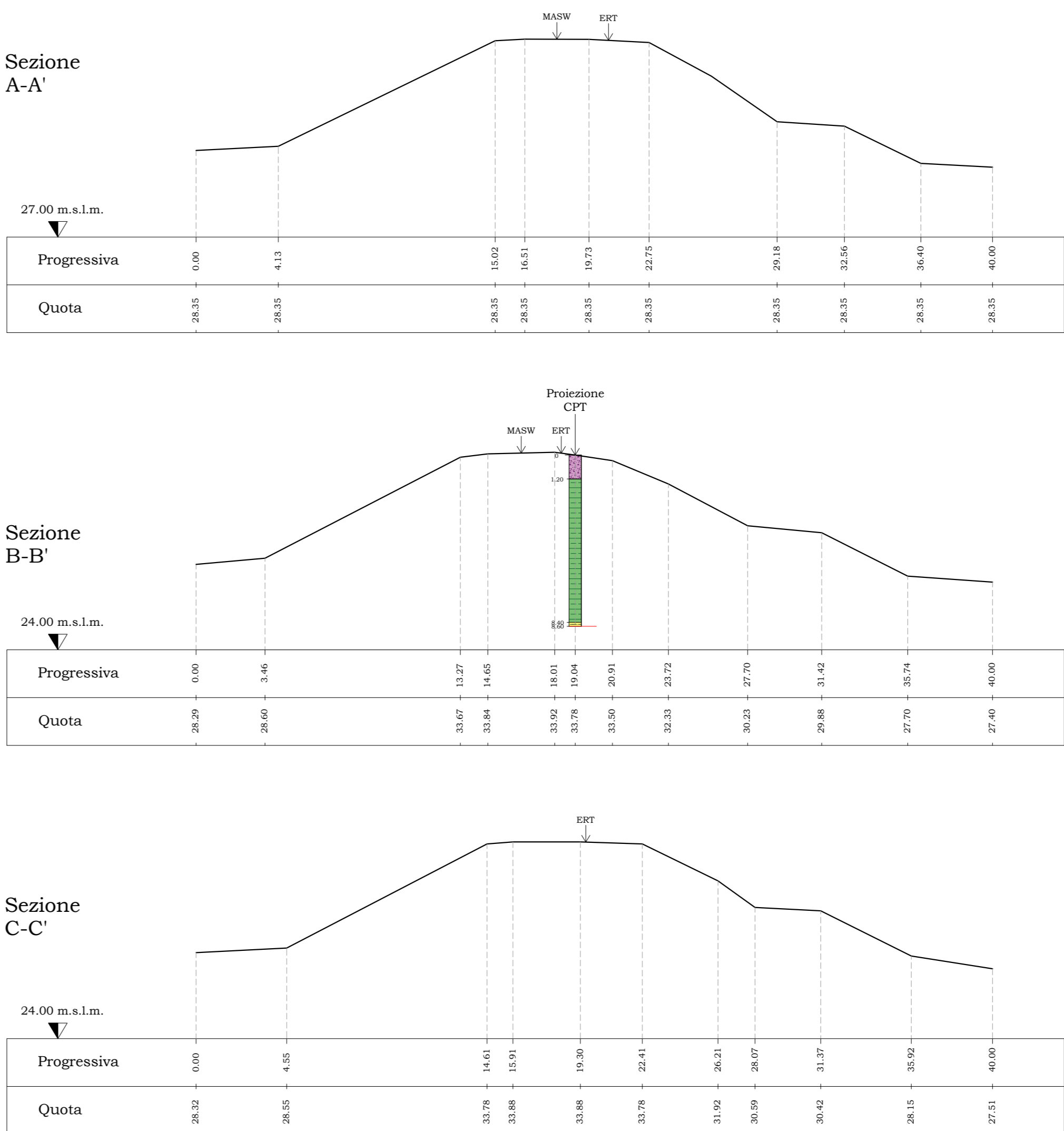
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	inf.	185	0.45
inf.	inf.	420	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 304 m/s

Stratigrafia prova penetrometrica CPT Fuori scala



Sezioni Stato di Fatto Scala verticale 1:200



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.
Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colomo e del Fiume Po" in Comune di Sissa Trecasali, tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale
Finanziamento fondi FESR 2021-2027 priorità 2 azione 2.4"

CUP: B58H23011650006 CIG: B6F1C5C8CA

Committente:



Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma PR

Progettazione interventi:

MaC Studio Tecnico e Geologico
CO WORKING

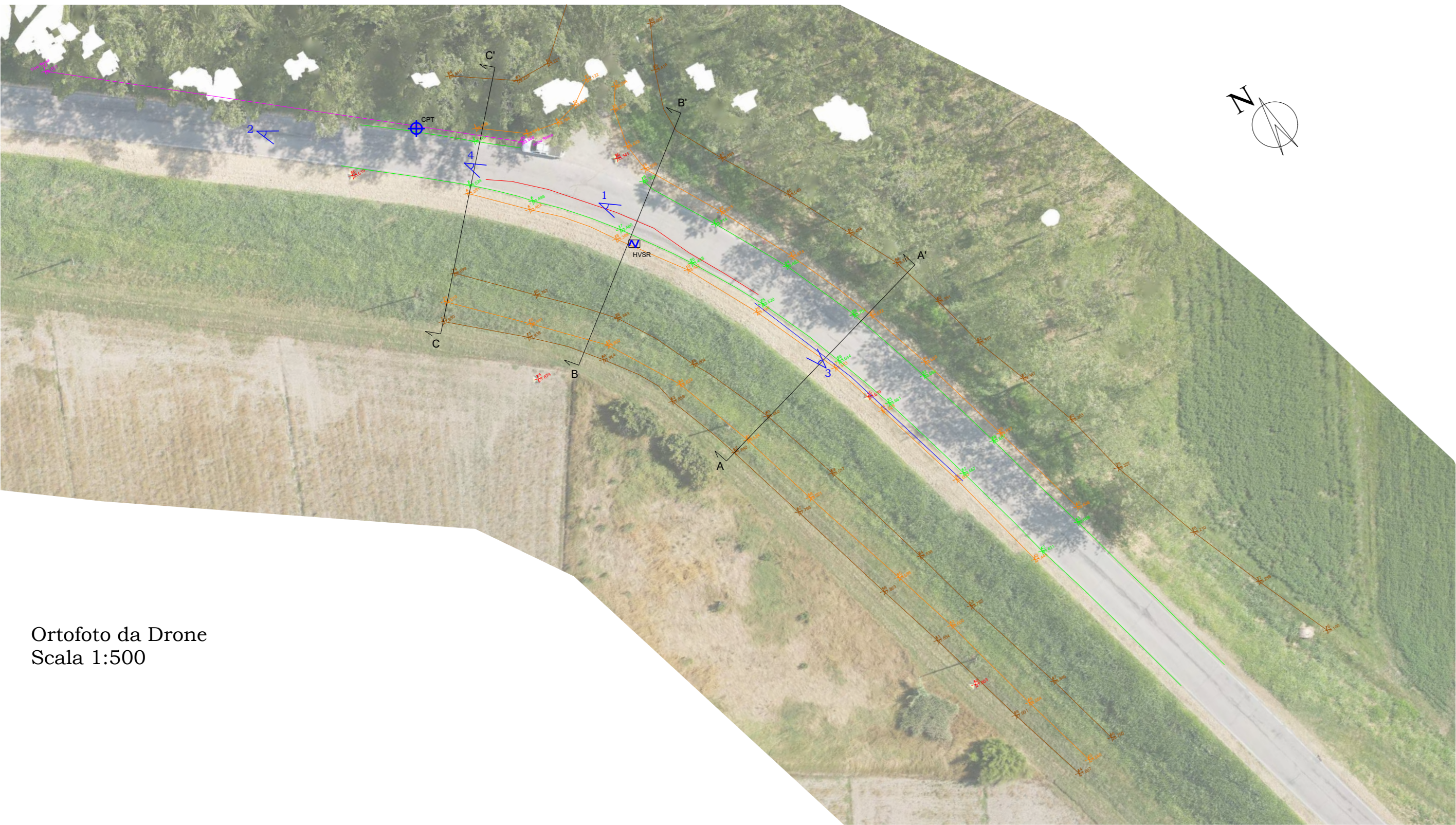
Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari

Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studiomac.it

Geol. Vanessa Bonocci
Geol. Geom. Luca Calzolari
Dott. Arch. Riccardo Gattini
Arch. Riccardo Gattini
Ing. Roberto Giannelli
Geol. Riccardo Mazzanti
Geol. Federico Pizzani
Geom. Maurizio Pizzani
Ing. Concetta Pizzani
Ing. Massimo Pizzani
Geol. Matteo Tanzi

Oggetto: TAVOLA DELLE INDAGINI
CEDIMENTO TRATTO 2-PR
Tavola: SCHEDA 2-PR

Disegnatore:	File:	Formato:	Data:	Scala:
N°	8469_Scheda_1	A0	13/08/2025	
A	Modifiche		Data	Visto
B	REV_01		29/08/2025	



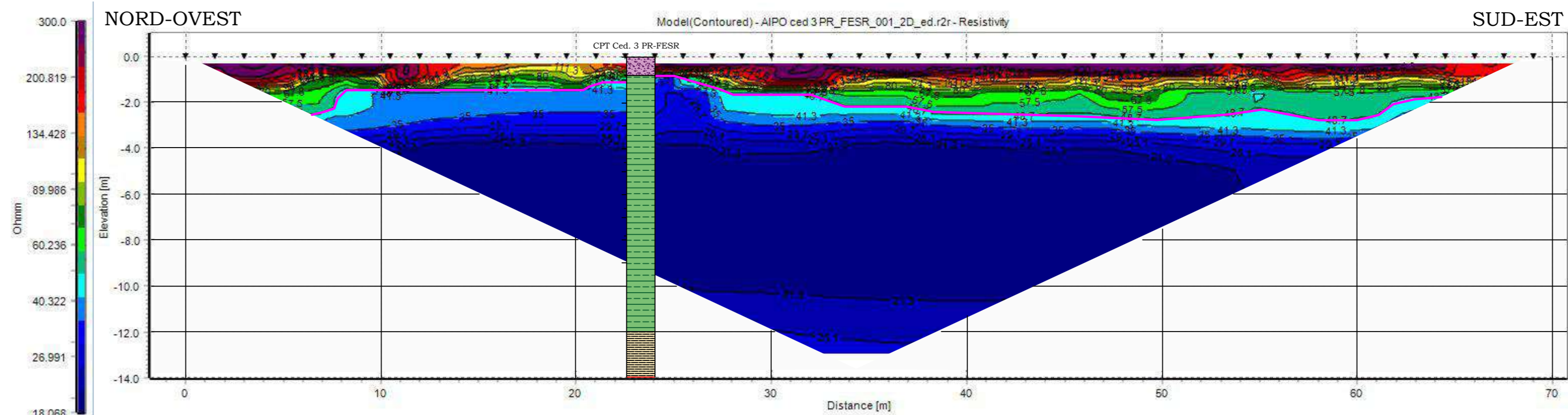
Ortofoto da Drone
Scala 1:500

Legenda

- Punto, numero e quota ciglio argine
- Punto, numero e quota fondo argine
- Punto, numero e quota marker
- Cedimento
- Linea di ciglio strada
- Linea di fondo argine
- Linea di ciglio argine
- Punto di vista fotografia

- Punto, numero e quota centro strada
- Punto, numero e quota stendimento geoelettrica
- Punto, numero e quota generico
- Ubicazione prove penetrometriche di tipo statico (CPT)
- Indagine HVSR
- Stendimento MASW
- Stendimento Geoelettrico
- Linea di sezione

Tomografia Elettrica (ERT)
Inizio stesa: 603331.1193; 4981746.2809
Fine stesa: 603269.787; 4981755.3552



ERT Cedimento Tratto 3 PR FESR

È stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 69 m disposto longitudinalmente rispetto all'argine del fiume Po, in corrispondenza del tratto denominato Cedimento 3 PR FESR in comune di Sissa Trecasali dove sono stati osservati cedimenti e potenziali instabilità laterali. La profondità massima di indagine è di circa 13 m dal piano campagna.

L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner-Schlumberger, mostra una marcata variabilità verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~15 e ~300 Ω -m), mentre mostra una buona continuità laterale.

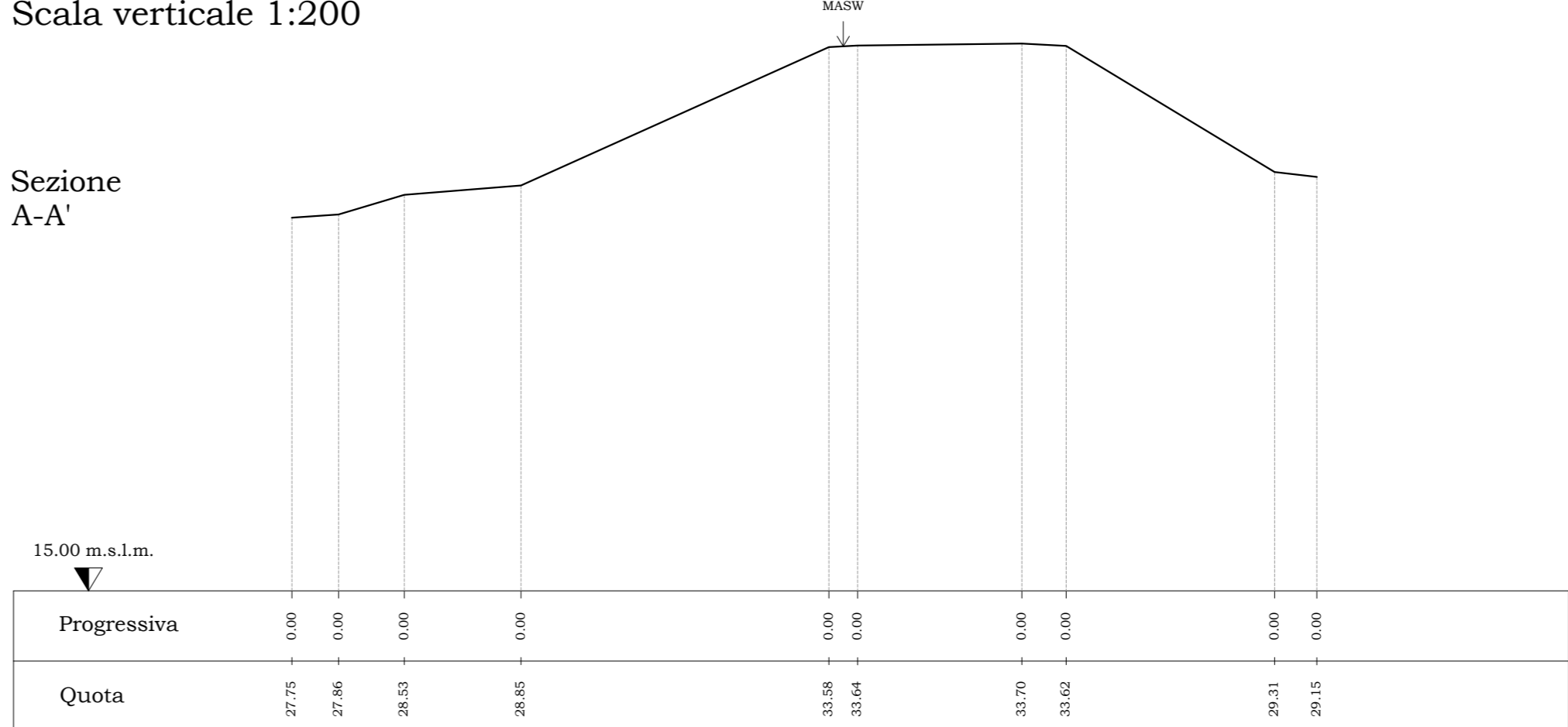
La sezione si può dividere in due porzioni:

- Zona superficiale (0-1.5/2 m): prevalgono valori elevati (> 60 Ω -m, in verde-giallo-rosso), interpretabili come materiali sciolti o parzialmente asciutti, con possibile presenza di ghiaie o sabbie grossolane asciutte.
- Zona intermedia (2-13 m): si osserva un'ampia fascia continua a bassa resistività (15-30 Ω -m, in blu), estesa lungo tutto il profilo, indicativa di depositi limoso-argillosi saturi o di un elevato contenuto d'acqua interstiziale.

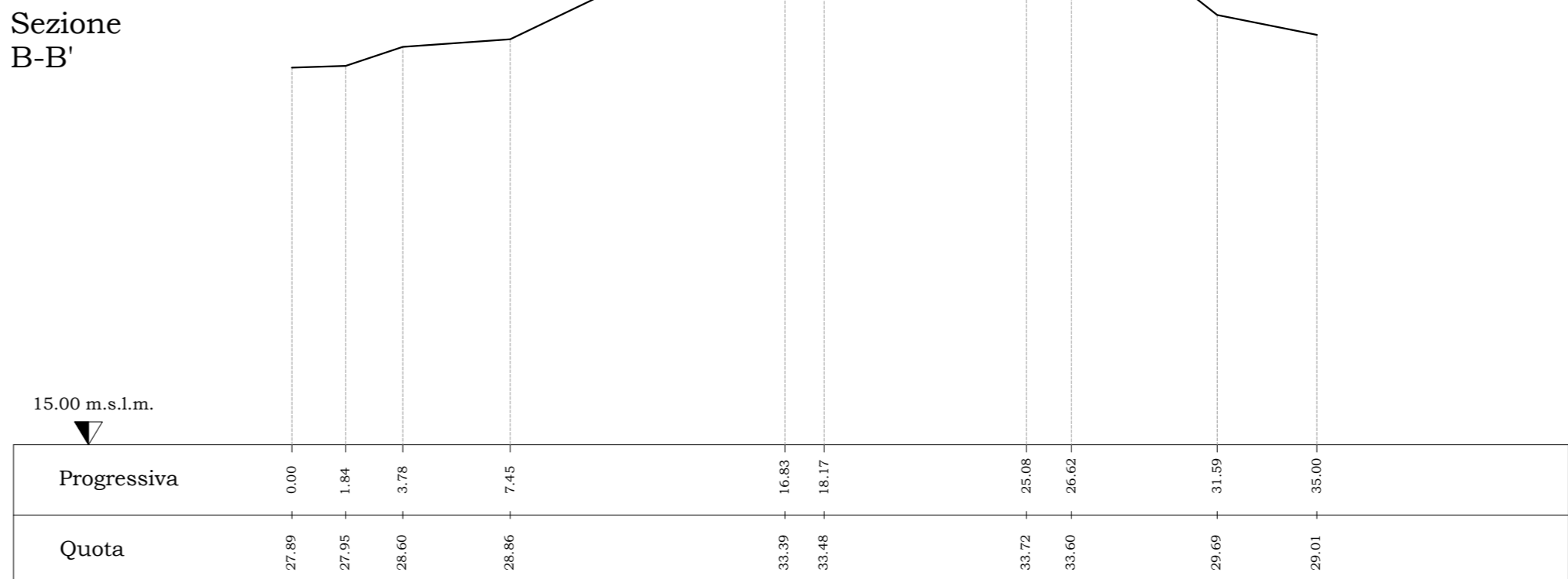
Al di sotto dei 12-13 metri, attraverso l'indagine CPT, è stata individuata una successione sabbioso-limoso non intercettata con l'indagine geoelettrica.

Ipotizzando una certa omogeneità litologica all'interno delle due zone identificate, risulta assai interessante l'osservazione delle anomalie laterali all'interno della stessa zona. Nell'ipotesi, sostanzialmente attendibile di una certa uniformità litologica, del contenuto di acqua, del grado di saturazione ed ovviamente in assenza di differenti condizioni di salinità, le variazioni nella resistività dei terreni possono ragionevolmente indicare una variazione nello stato di addensamento dei terreni. Nel caso specifico sono ben visibili delle anomalie nei valori di resistività nella zona superficiale. Questi detensionamenti potrebbero essere correlabili ai maggiori cedimenti con espansione laterale dei rilevati arginali. Questo ipoteticamente a significare che lo strato superficiale granulare di ripartizione dei carichi, venendo ad essere alterato, comporti una maggiore diffusione dei carichi in profondità favorendo gli espandimenti laterali. Anche la linea fucsia tracciata all'interfaccia tra le varie zone individuate, vede delle anomalie laterali probabilmente correlate alle porzioni più detensionate.

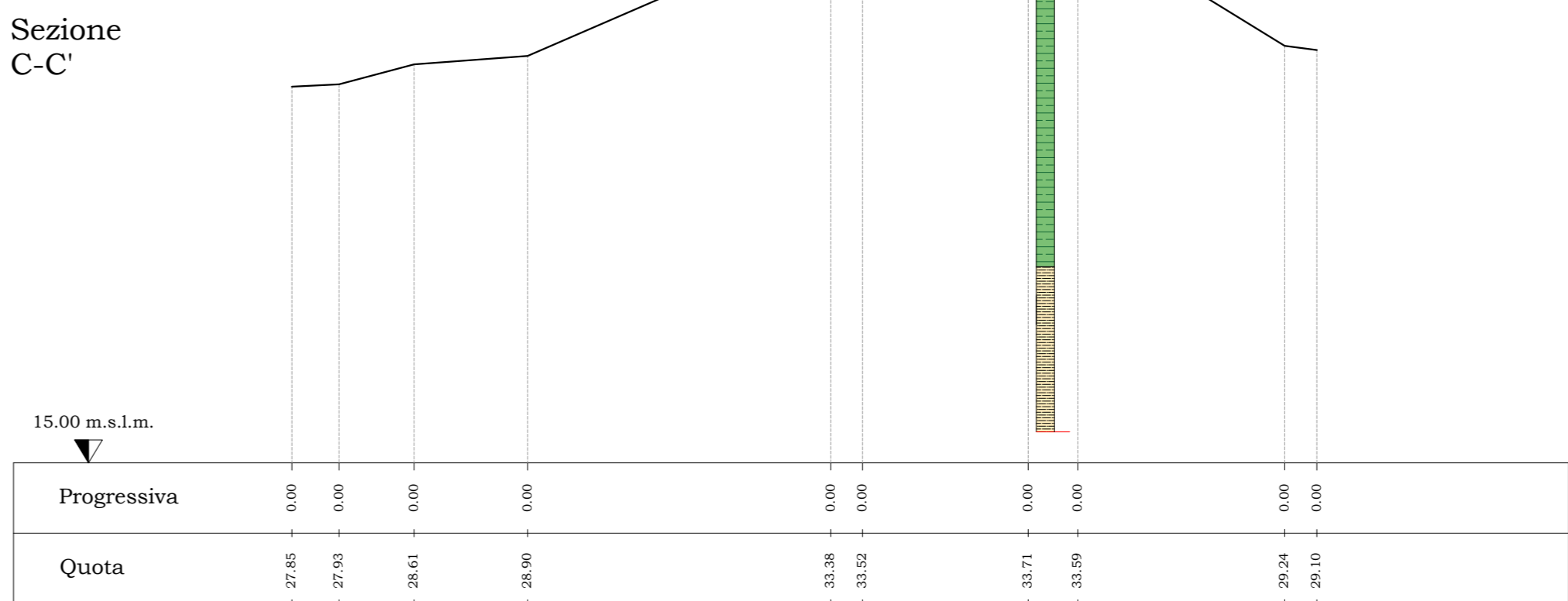
Sezioni Stato di Fatto
Scala verticale 1:200



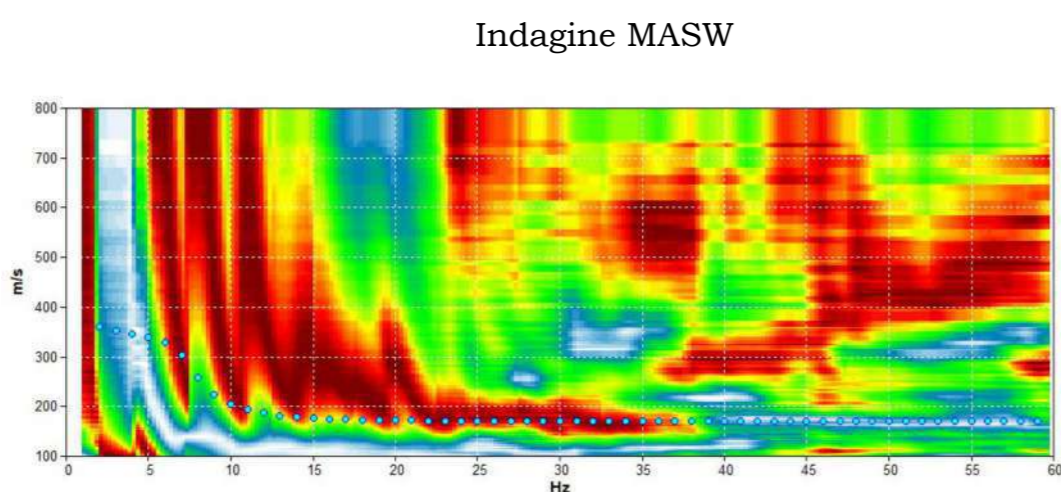
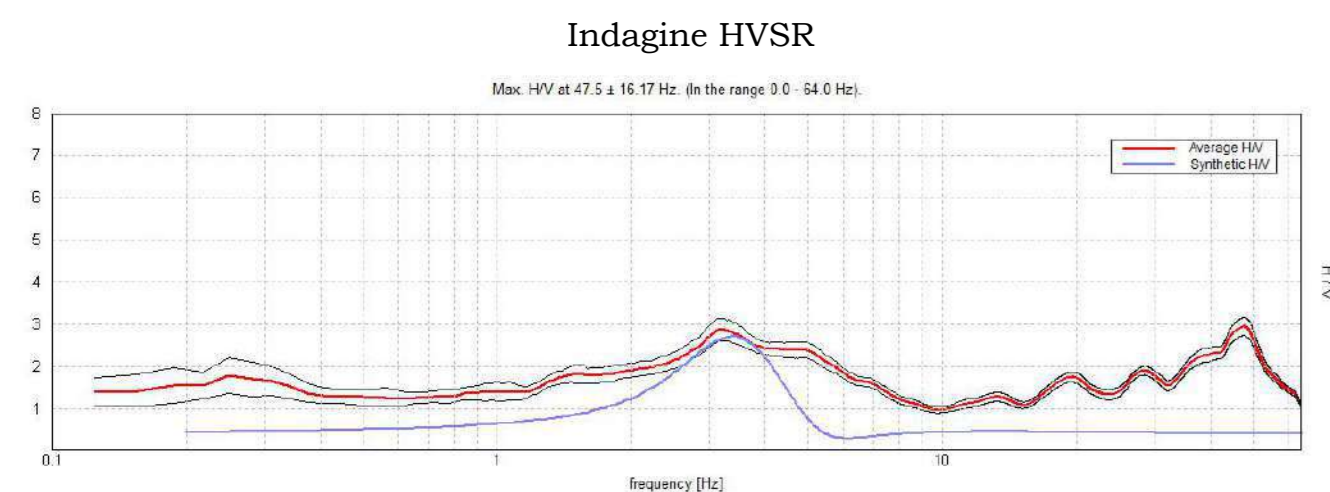
Sezione B-B'



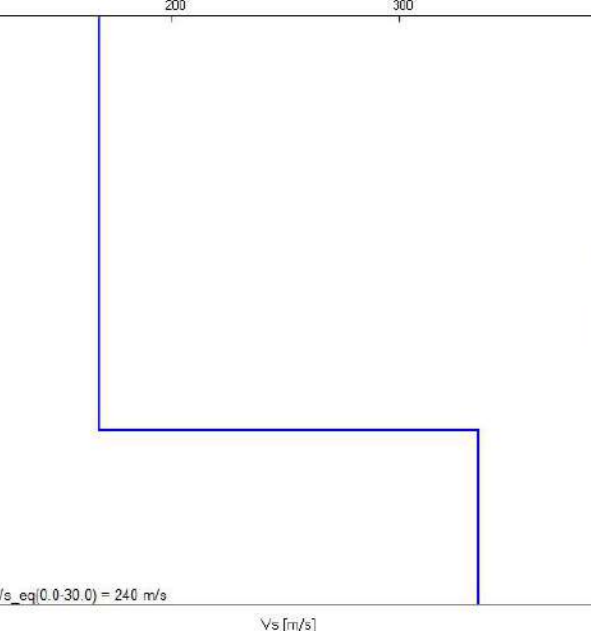
Sezione C-C'



Indagini sismiche



Profilo velocità onde sismiche HVSR



Profilo velocità onde sismiche MASW

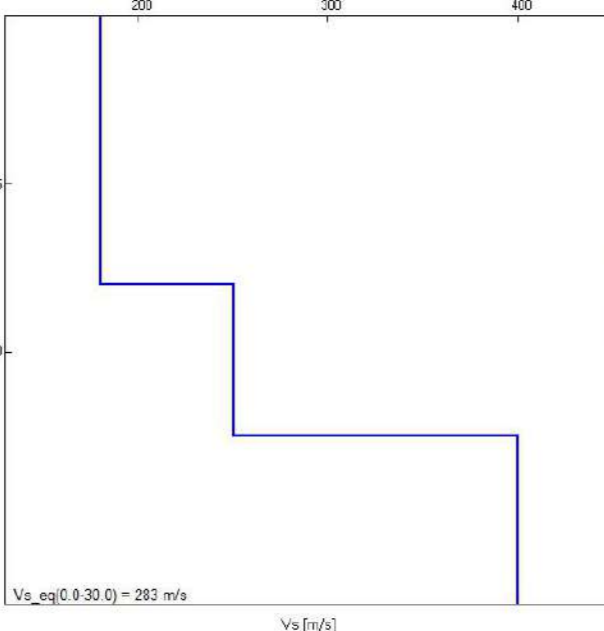


Tabella velocità di propagazione onde sismiche HVSR

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
12.00	12.00	168	0.45
inf.	inf.	335	0.45

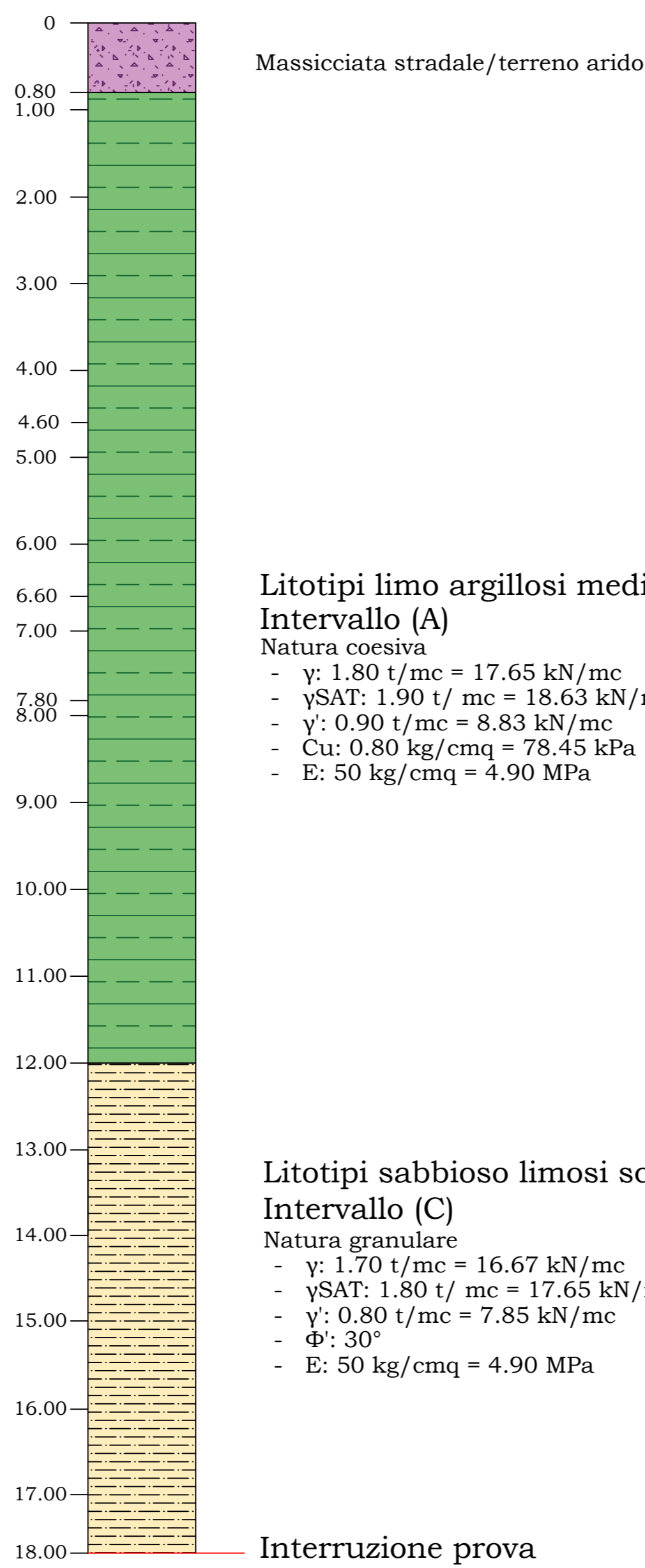
Vs_eq (0.0-30.0) = 240 m/s

Tabella velocità di propagazione onde sismiche MASW

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
8.00	8.00	180	0.42
12.50	4.50	250	0.42
inf.	inf.	400	0.42

Vs_eq (0.0-30.0) = 283 m/s

Stratigrafia prova penetrometrica CPT Fuori scala



Litotipi limo argillosi mediamente consistenti Intervallo (A)

- Natura coesiva
- γ : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
 - γ_{SAT} : 1.90 t/mc = 18.63 kN/mc
 - γ : 0.90 t/mc = 8.83 kN/mc
 - C_u : 0.80 kg/cm² = 78.45 kPa
 - E : 50 kg/cm² = 4.90 MPa

Litotipi sabbioso limosi sciolti Intervallo (C)

- Natura granulare
- γ : 1.70 t/mc = 16.67 kN/mc
 - γ_{SAT} : 1.80 t/mc = 17.65 kN/mc
 - γ : 0.80 t/mc = 7.85 kN/mc
 - Φ : 30°
 - E : 50 kg/cm² = 4.90 MPa

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli "Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colomo e del Fiume Po" in Comune di Sissa Trecasali,

tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Finanziamento fondi FESR 2021-2027 priorità 2 azione 2.4"

CUP: B58H23011650006 CIG: B6F1C5C8CA

Commitente:



Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma PR

Progettazione interventi:

MaC Studio Tecnico e Geologico
CO WORKING

Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari

Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studiomac.it

Geol. Vanessa Bonaccolti
Geol. Geom. Luca Calzolari
Dott. Arch. Riccardo Giamelli
Arch. Riccardo Giamelli
Ing. Roberto Giannelli
Geol. Riccardo Mazzanti
Geol. Federica Pizzani
Geom. Maurizio Pizzani
Ing. Concetta Pizzani
Ing. Massimo Pizzani
Geol. Matteo Tanzi

Oggetto:

TAVOLA DELLE INDAGINI
CEDIMENTO TRATTO 3-PR

Tavola:

SCHEDA 3-PR

Disegnatore: File: 8469_Scheda_1

Formato: A0

Data: 13/08/2025

Scala:

N°

Modifiche

Data

Visto

A

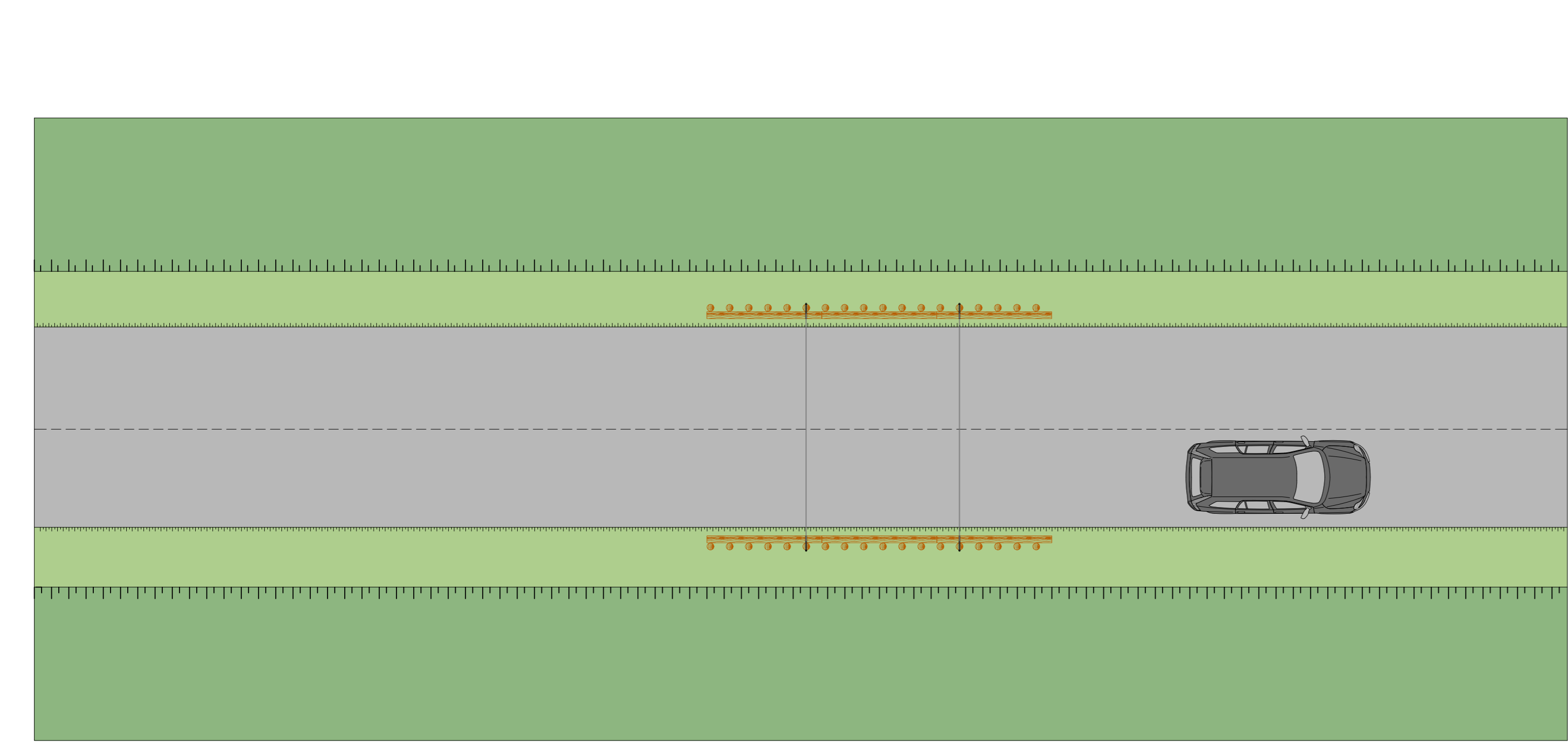
REV. 01

29/08/2025

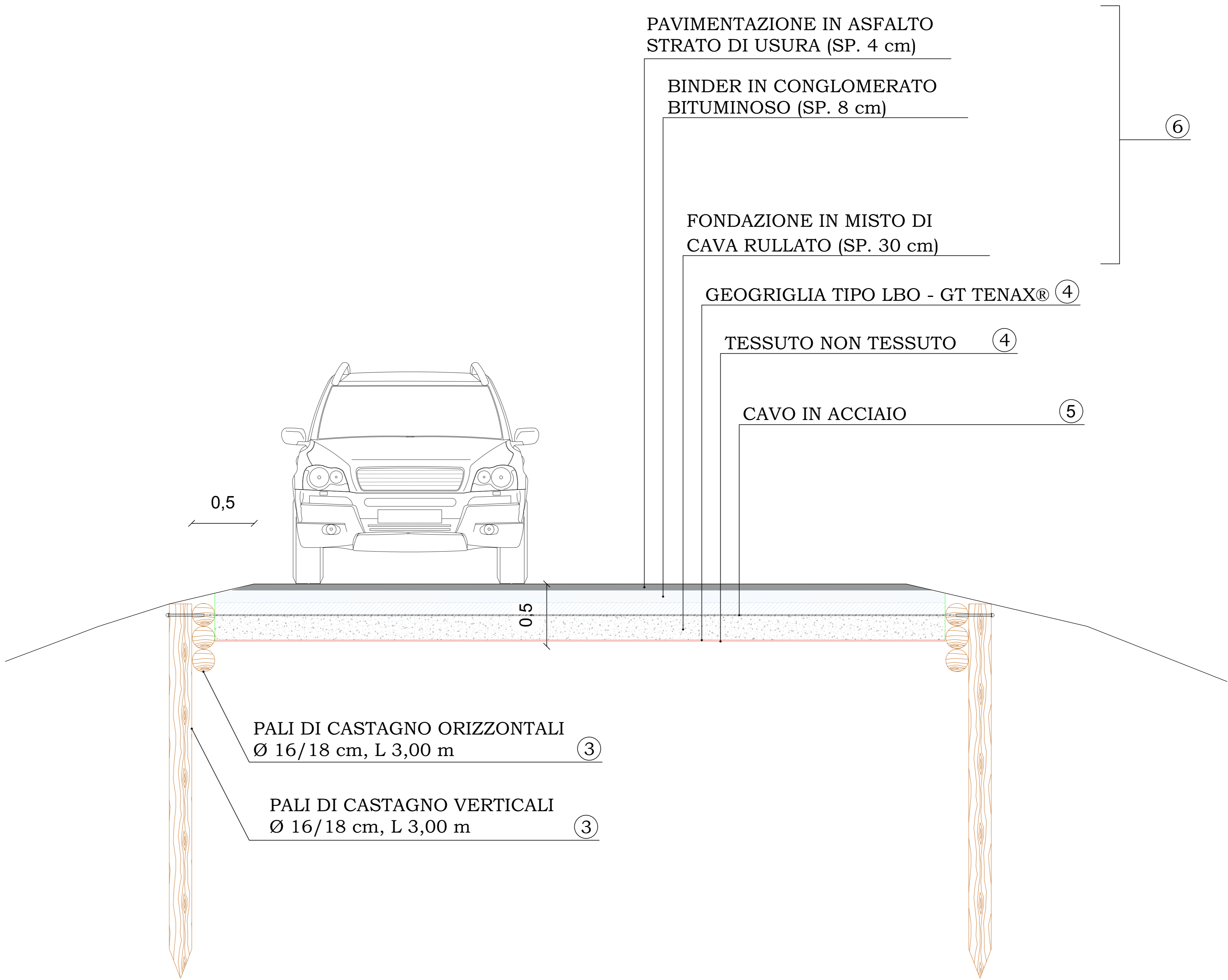
B

INTERVENTI PROPOSTI

Vista in pianta tipo di rilevato arginale
Scala 1:100



Particolari costruttivi



Interventi proposti per il miglioramento della stabilità dei rilevati arginali

- 1) Fresatura e demolizione della pavimentazione esistente
Oggetto: rimozione controllata della pavimentazione bituminosa e degli strati inferiori in misto granulare o calcestruzzo, fino a raggiungere il piano di imposta previsto a progetto. Raccolta e smaltimento/recupero del materiale secondo normativa vigente
Modalità esecutive:
- Fresatura meccanica con fresa a freddo dotata di nastro caricatore, per asportazione strati bituminosi (usura e binder) fino allo spessore complessivo. Materiale fresato da avviare a recupero in impianti autorizzati.
 - Demolizione del sottofondo con escavatore dotato di benna, oppure scavo a strati nel caso di misti granulari stabilizzati.
 - Carico e trasporto a rifiuto/recupero in impianti autorizzati, con tracciabilità dei materiali secondo normativa vigente, se non recuperabile direttamente in sito.
- 2) Riprofilatura dei versanti
Oggetto: regolarizzazione geometrica dei fianchi e della cresta, eliminando cavità, erosioni localizzate e discontinuità, con compattazione dei terreni.
Modalità esecutive:
- Mantenere pendenze dei versanti conformi allo stato di fatto/progetto.

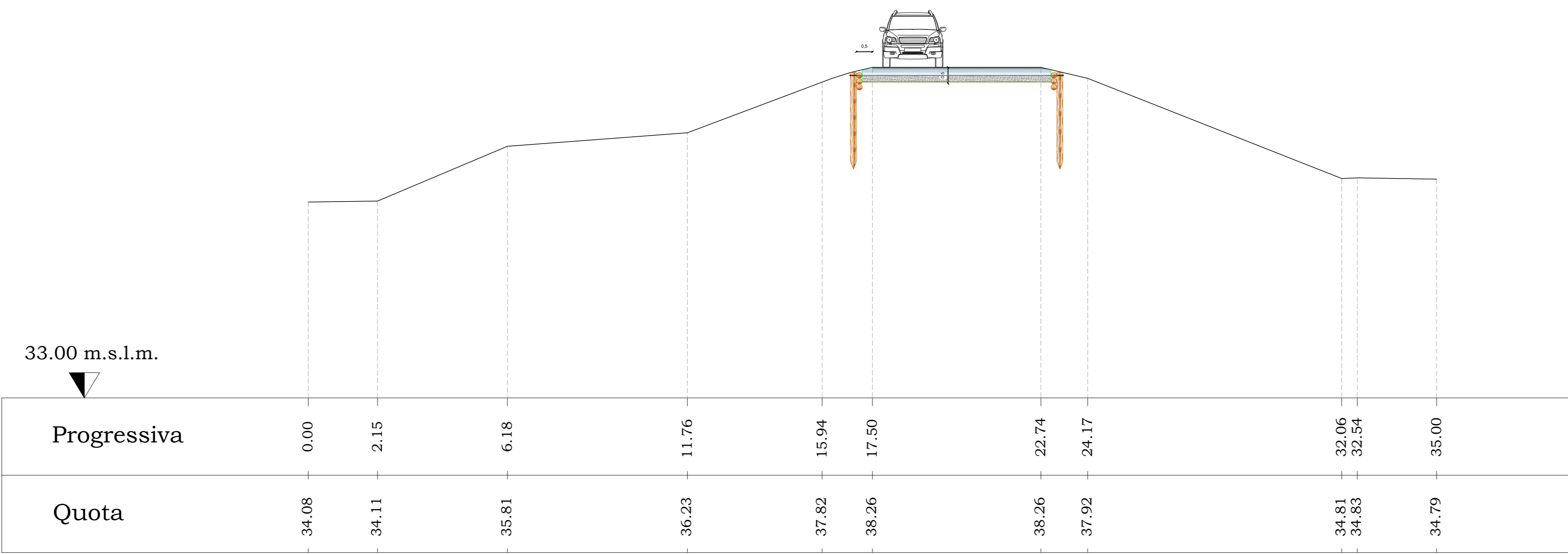
- 3) Infissione pali di castagno e collegamenti orizzontali
Oggetto: realizzazione di palificate in legno di castagno Ø 16/18 cm, L 2,50 m, posate lungo i cigli di entrambi i versanti per contenimento superficiale e irrigidimento del bordo.
Messa in opera di pali di castagno scortecciato, sano, privo di fessurazioni passanti e carie ed aventi estremità inferiore appuntita con eventuale protezione con impregnante/fondo bituminoso nella zona di infissione (se richiesto). I pali andranno infissi in modo allineato lungo il ciglio con interasse indicativo 1,50–1,80 m (da definire con la D.L. in base a pendenze e sollecitazioni veicolari previste). L'infissione dovrà avvenire almeno per 2,00 metri sotto il piano campagna locale o fino ad eventuale rifiuto su strato competente. I pali verticali dovranno essere raccordati da ulteriori pali orizzontali (raccordi) aventi stessa classe dimensionale, posati lungo il lato interno per almeno 2/3 ordini per versante. Le connessioni tra i pali verticali e orizzontali dovranno essere realizzate in filo di ferro zincato Ø ≥ 3–4 mm o con staffe/collari metallici zincati.

- 4) Compattazione del piano di appoggio e rinforzo con geotessuti e geogriglie
Oggetto: incremento della stabilità del piano di appoggio del pacchetto stradale conferendo una maggiore resistenza grazie alla diffusione dei carichi con effettiva riduzione dei cedimenti. Operata mediante compattazione con rullatura meccanica delle superfici ed interposizione di geotessuto (200 g/mq) e geogriglie (tipo LBO - GT Tenax®).
Modalità esecutive:
- Esecuzione della compattazione dopo la posa delle palificate lignee e dei raccordi orizzontali, così da assicurare l'assestamento del terreno attorno agli elementi infissi.
 - Impiego di rulli lisci/vibranti, piastre vibranti o costipatori a seconda delle dimensioni dell'area e dell'accessibilità.
 - Compattazione a strati successivi, con spessori ≤ 20 cm, fino al raggiungimento della densità prescritta dal progetto o dalle specifiche tecniche.
 - Particolare attenzione lungo i cigli e attorno ai pali, evitando vibrazioni eccessive che possano danneggiare i collegamenti lignei.
 - Rifinitura manuale delle zone non accessibili ai mezzi meccanici.

- 5) Collegamento con doppio cavo in acciaio
Oggetto: solidarizzazione con collegamento delle due palificate (versante dx/sx) con doppio cavo in acciaio.
Il cavo dovrà essere in acciaio zincato o inox, diametro da definire in progetto (indicativamente 8–12 mm).
La quota di posa della linea di collegamento dovrà essere al di sopra dello strato di fondazione in misto di cava. L'ancoraggio ai pali tramite tenditori con dado cieco con interposizione di guaine per evitare intagli nel legno. Il tensionamento dei cavi deve avvenire in maniera progressiva fino al raggiungimento di una tensione adeguata per rendere solida le due porzioni di struttura presenti lungo i versanti dell'argine.

- 6) Massicciata stradale (flessibile) binder bitumoso e strato di usura
Formazione di rilevato secondo le sagome prescritte con materiali idonei, provenienti sia dagli scavi che dalle cave (terre ghiaia sabbiosa), il compattamento a strati fino a raggiungere la densità prescritta. Posa di materiali provenienti dalle cave, compresa la fornitura, appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7 o con equivalente materia prima secondaria proveniente da impianti di recupero rifiuti-inerti.
Strato di collegamento binder in conglomerato bituminoso (spessore 8 cm) e strato di usura in conglomerato bituminoso (spessore 4 cm)

Sezione tipo di rilevato arginale
Scala 1:100



INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Studi geologici e sismici per la caratterizzazione di vari tratti di rilevati arginali interessati da dissesti, propedeutici agli interventi di ripristino e consolidamento.

Servizi operati a supporto degli “Interventi di riqualificazione fluviale e di ottimizzazione della funzionalità idraulica del T. Parma in corrispondenza del centro abitato di Colorno e del Fiume Po’ in Comune di Sissa TreCasali, tramite consolidamento dei manufatti arginali e delle sponde fluviali nei tratti critici e gestione della vegetazione ripariale

Finanziamento fondi FESR 2021-2027 priorità 2 azione 2.4”

CUP: B58H23011650006 CIG: B6F1C5C8CA

Commitente:

AIPo
Agenzia Interregionale per il Fiume Po
Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma PR

Progettazione interventi:

MaC Studio Tecnico e Geologico
CO WORKING

Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari
Via A. Cotti 13 - 43035 San Michele Tiorre - Felino - PR
tel. 0521 336192 - fax 0521 336193
e-mail: info@studiomac.it

Geol. Vanessa Bonaccio
Geom. Laura Calzolari
Dott. Arch. Riccardo Gattini
Arch. Riccardo Gattini
Ing. Roberto Giannelli
Dott. Riccardo Mazzanti
Geom. Manuel Piccini
Rag. Concetta Pizzoni
Ing. Massimo Stricani
Geol. Matteo Tanzi

Oggetto:		TAVOLA DEGLI INTERVENTI PROPOSTI		Tavola:	
				INTERVENTI	
Disegnatore:	File:	Formato:	Data:	Scala:	
N°	8469_Scheda_1	A0	01/09/2025		
A	Modifiche		Data	Visto	
B					