



Comune di **MINERBIO**

Provincia di BOLOGNA



NUOVA CIRCONVALLAZIONE NORD MINERBIO DALLA S.P.44 ALLA S.P.5



COMMITTENTE
ECORED s.r.l.

via Fiumicello, 33/B
Minerbio (BO)
P.IVA 03331681209

PROPRIETA'
ORNELLA GOVONI
FABIO ROSSI

C.F. GVN RLL 64S66 C469W
C.F. RSS FBA 62H29 F219C

P R O G E T T O D E F I N I T I V O

TITOLO:

PROGETTO STRUTTURALE
RELAZIONE GEOLOGICA SISMICA

CODIFICA:

GE ST 01

Scala :

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

CAPOGRUPPO



IS Ingegneria e Servizi S.R.L.S.

Via Malavolti n. 43 - 41122 MODENA
Tel. 059 350060 - Fax. 059342750
Mail: info@ingegneriaservizi.it
Pec: is-modena@pec.it

Dott. Ing. Sergio Violetta (Direttore Tecnico)

Geom. Tiziano Cavani
Dott. Ing. Manuela Soli
Dott. Ing. Elisa Moruzzi
Ing. Claudio Arnò
Geol. Claudio Preci

00	Settembre 2022	EMISSIONE	E. MORUZZI	M. SOLI	S. VIOLETTA
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



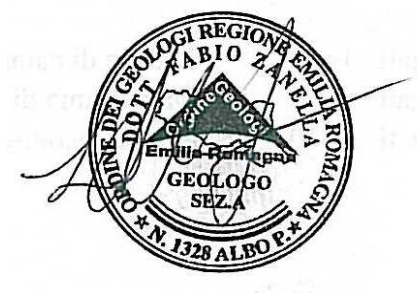
REGIONE EMILIA ROMAGNA - PROVINCIA DI BOLOGNA - COMUNE DI MINERBIO

**RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI
COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO)**

NORMATIVA SISMICA NTC 18 COME DA D.M. 17/01/18 “NTC 2018”
Ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018

Committente: Ecored SRL

Relatore: Dr. Geol. Zanella Fabio



Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. NORMATIVE, BIBLIOGRAFIA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	5
4. RICOSTRUZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO IN ESAME	6
4.1 Vincoli	10
4.2 Inquadramento Geologico Regionale e Locale	11
4.3 Rischio Sismico Locale	14
5. MODELLO SISMICO	16
6. PROGRAMMA DELLE INDAGINI	24
6.1 Prova penetrometrica con punta elettrica e piezocono sismico (SCPTU-CPTU).....	27
6.2 Sondaggi a carotaggio continuo.....	34
6.3 Prove SPT	37
6.4 Risultati di laboratorio geotecnico su campioni prelevati.....	41
6.5 Modello Geotecnico	42
7. CLASSIFICAZIONE SECONDO L'O.P.C.M. 3274.....	46
7.1 Determinazione della categoria di suolo	46
7.2 Spettri di Risposta NTC	49
7.3 Parametri sismici (Pericolosità sismica di base e di sito).....	53
8. LIQUEFAZIONE	58
9. PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO	63
9.1 Caratteri idrogeologici e idrologici.....	64
10. TIPO DI FONDAZIONI.....	65
11. CALCOLO RD	66
11.1 Calcolo RD.....	66
12. CONSIDERAZIONI SUI CEDIMENTI	71
13. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	73

Allegato 1: Certificato prove CPTU1-SCPTU2

Allegato 2: Stratigrafie S1

Allegato 3: Risultati di laboratorio geotecnico

1. PREMESSA

L'indagine geologica effettuata dovrà essere orientata alla ricostruzione dei caratteri, litologici, e più in generale di pericolosità geologica e sismica del territorio.

Deve, quindi, essere sviluppata in modo da costituire utile elemento di riferimento per l'inquadramento, da parte del progettista, delle problematiche geotecniche e sismiche a piccola e grande scala e del programma delle indagini.

La presente relazione viene redatta su incarico e per conto della Committenza, per verificare la risposta sismica del terreno situato in via Sagradino, nel comune di Minerbio (BO), destinato alla costruzione di un nuovo ponte, fornendo anche una parametrizzazione geotecnica di tali terreni, come da Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.



Figura 1: Immagine Google Earth – Ubicazione dell'area oggetto di indagini

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona destinata all'intervento in oggetto (figure 1 e 2) si trova a nord-ovest dal centro del comune di Minerbio (BO) in via Sagradino, in un'area a topografia pianeggiante, ad uso agricolo scarsamente urbanizzata.

Coordinate: Lat. 44.634169°, Long. 11.489046°



Figura 2: Immagine Google Earth – dettaglio ubicazione dell'area oggetto di indagini

3. NORMATIVE, BIBLIOGRAFIA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

Legge 2 febbraio 1974 n° 64: “Provvedimenti per le costruzioni con particolare riguardo per le zone sismiche”

D.M. 16 gennaio 1996 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

Ordinanze P.C.M. 20 marzo 2003 n° 3274 e 2 ottobre 2003 n° 3316: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana: “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977)”.

A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana: “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”
Linee guida (marzo 2005).

D.M. 17 gennaio 2018: “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” NTC18

D.M. 17 gennaio 2018: “Circolare esplicativa 21 Gennaio 2019 n.7” C.S. LL. PP.

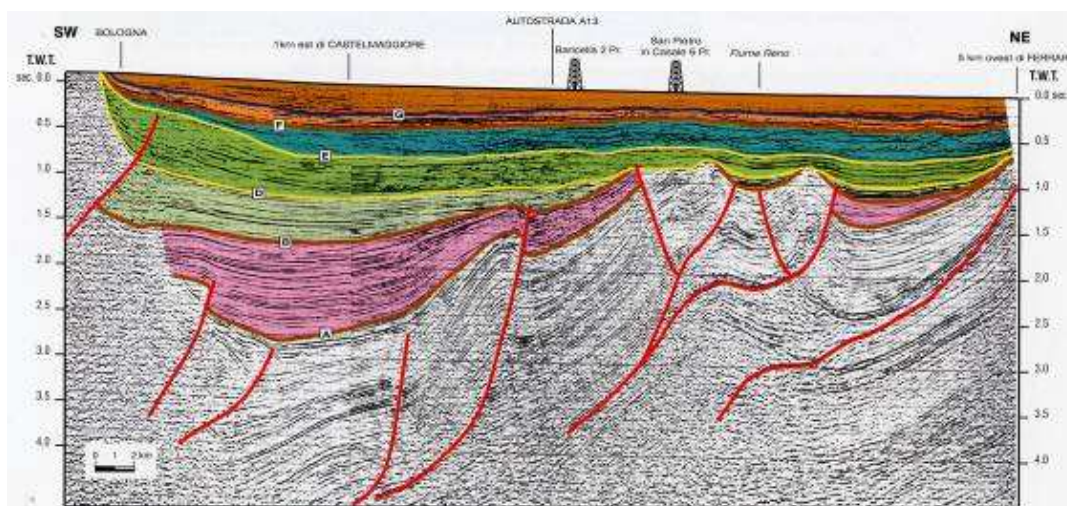
P.S.C. comune di Minerbio (BO)

P.S.C. in forma associata unione Terre di Pianura

PTCP provincia di Bologna

4. RICOSTRUZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO IN ESAME

La formazione della pianura bolognese, nella quale è situato il territorio in oggetto, è legata all'evoluzione tettonico-sedimentaria del bacino padano. Ricerche e indagini geologiche hanno individuato nel sottosuolo padano strutture profonde, sviluppatesi in un lasso di tempo compreso tra il Miocene superiore ed il Pleistocene, geneticamente connesse alla tettonica di embrocazione che ha caratterizzato l'evoluzione strutturale dell'Appennino. I fronti dei sovrascorrimenti sepolti, che interessano le stesse unità litologiche per lo più di origine marina che è possibile osservare in affioramento nel margine collinare, sono marcati da pronunciate pieghe anticlinali che asimmetriche, vergenti a N-NE, con asse orientato mediamente NW-SE, fra le quali si segnalano le pieghe della cosiddetta Dorsale Ferrarese.

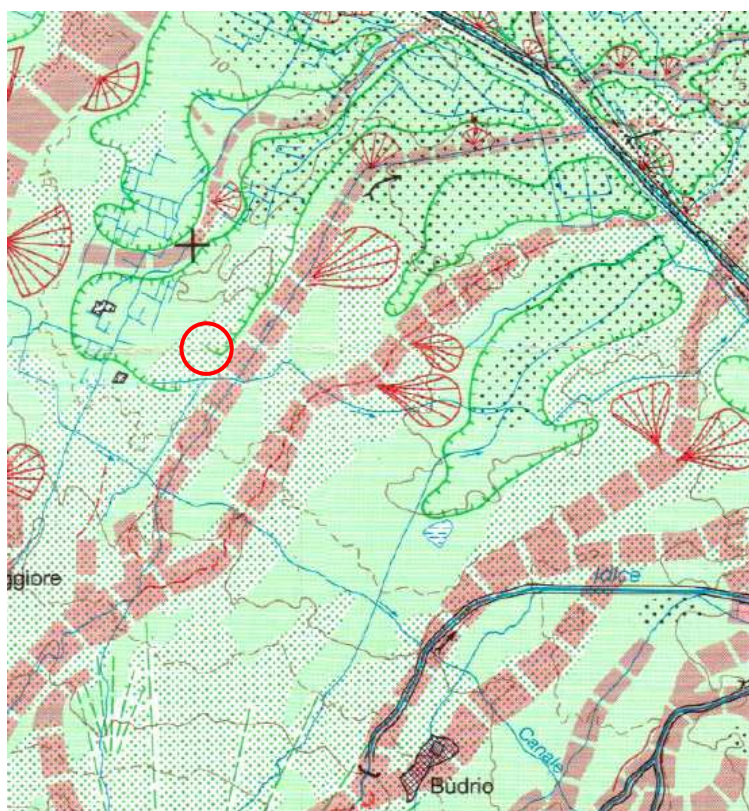


Profilo sismico interpretato (Regione Emilia Romagna – ENI – AGIP, 1998: Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna, a cura di G. Di Dio)

Il colmamento del bacino bolognese si è realizzato principalmente in seguito all'attività sedimentaria dei corsi d'acqua appenninici: procedendo dal basso verso l'alto si rinvencono dapprima sedimenti di origine marina, successivamente sedimenti transizionali (lagunari e costieri) ed infine depositi di origine francamente continentale che costituiscono le alluvioni quaternarie. Le variazioni di spessore e dei caratteri deposizionali, registrate dalla successione litostratigrafica, sono riconducibili a fenomeni tettonici e glacio-eustatici che hanno controllato la sedimentazione all'interno del bacino e hanno condizionato la potenzialità deposizionale dei vari corsi d'acqua. Il riempimento del bacino marino ed il successivo passaggio alla sedimentazione continentale non si sono verificati in maniera continua e

progressiva, ma sono stati il risultato di eventi tettonico sedimentari parossistici, separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

Dalla Carta Geomorfologica della Pianura Padana di cui è visibile uno stralcio in fig. 3, si può osservare come l'area è una zona depressa in pianura alluvionale, visibile in prossimità del sito un dosso fluviale meno pronunciato o a forte pendenza longitudinale e a est un ventaglio d'esondazione. Dalla carta in figura 4 l'area in esame presenta una prevalenza di argille limose di piana alluvionale.



Legenda

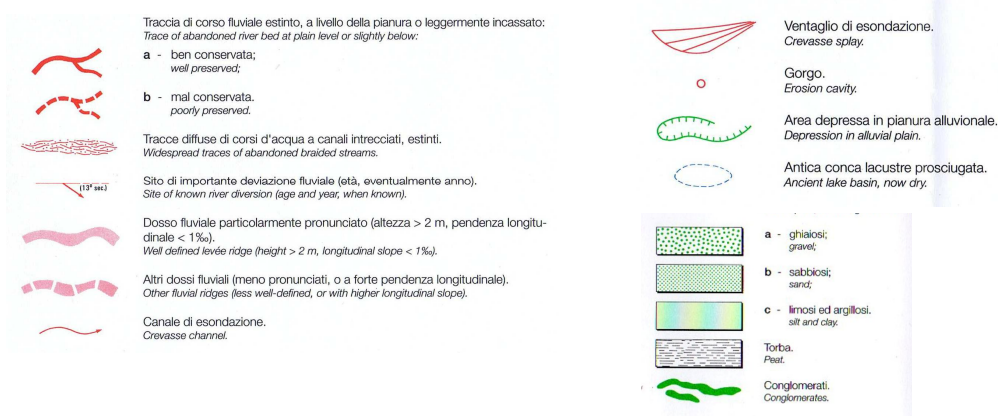
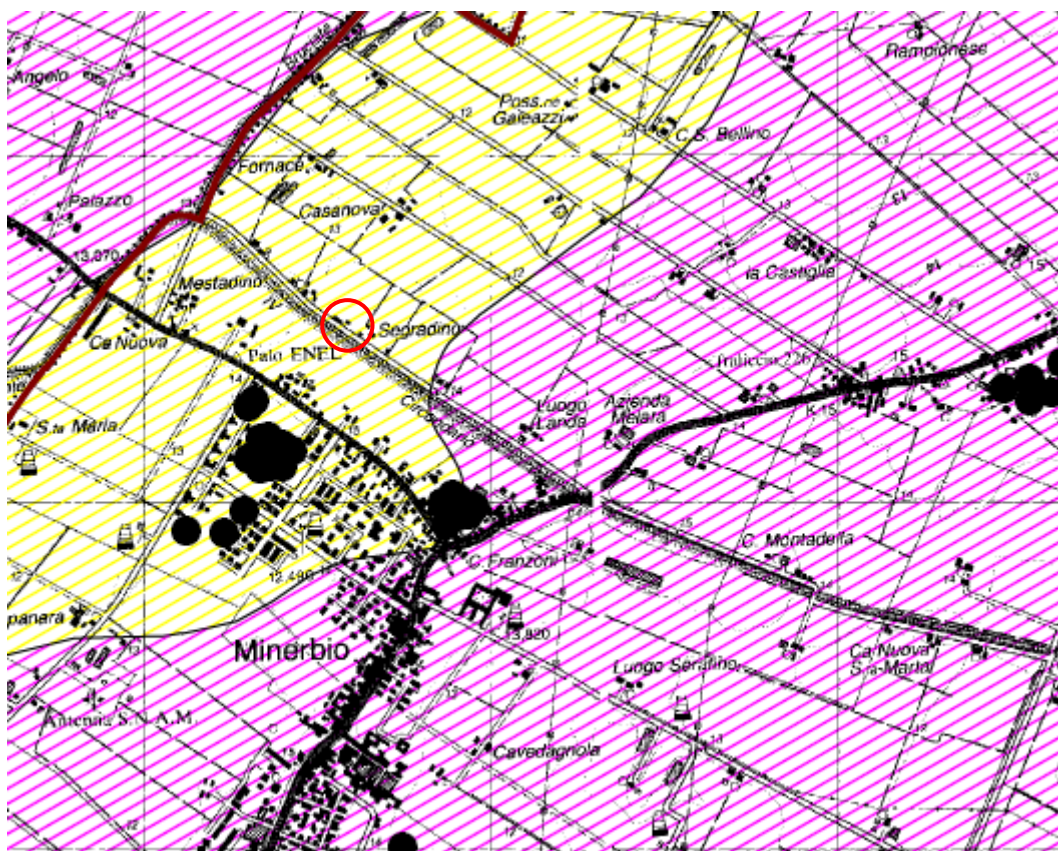


Figura 3 Stralcio Carta Geomorfologia della Pianura Padana

○ Area indagata



Tessiture ed Ambienti deposizionali

	Sabbie limose di conoide
	Sabbie di piana alluvionale
	Sabbie fini di piana alluvionale
	Limi di piana alluvionale
	Argille limose di piana alluvionale
	Sabbie e sabbie fini di paleodelta
	Alvei attivi

Figura 4 Stralcio Carta Litologico-Morfologica del PSC Terre di Pianura

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

Per quanto riguarda il corso attuale del Po, va ricordato che si tratta di un alveo di età relativamente recente, che è comunemente datato al Basso Medio Evo (XI o XII sec.); se ne attribuisce infatti la formazione alla cosiddetta *Rotta di Ficarolo*, che lo ha staccato dal corso precedente rivolto verso Bondeno e Ferrara (Po di Ferrara).

Nei successivi secoli l'alveo ha subito varie modificazioni dovute principalmente all'uomo che lo ha munito di argini artificiali soprattutto a partire dal XIV secolo, quando è divenuto il corso padano principale innalzandone frequentemente gli argini specie dopo il XVII secolo, quando è divenuto l'unico corso attivo del Po in questa parte della bassa Padania.

In conseguenza di tali interventi l'alveo è divenuto nettamente pensile, cioè con golene decisamente più alte dei territori circostanti.

In generale, quindi, i terreni superficiali dell'area, oggetto dell'intervento previsto, potranno corrispondere in larga misura ad un ambiente con episodi localizzati da bassa-*terreni coesivi*, da non escludere però alcuni spessori o strati caratterizzati da alte energie-terreni granulari.

Dal punto di vista altimetrico, l'area in esame, risulta compresa tra +4.00 metri e +3.00 metri s.l.m. circa, con una situazione generale di debole pendenza verso est.

4.1 Vincoli

Dall'esame della Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale del PSC di Minerbio risulta che l'area in esame ricade all'interno della fascia di rispetto di tutele ambientali e paesaggistiche del "Progetto rete ecologica" ai sensi della art. 3.5 e 3.6 PTCP. (fig. 5).

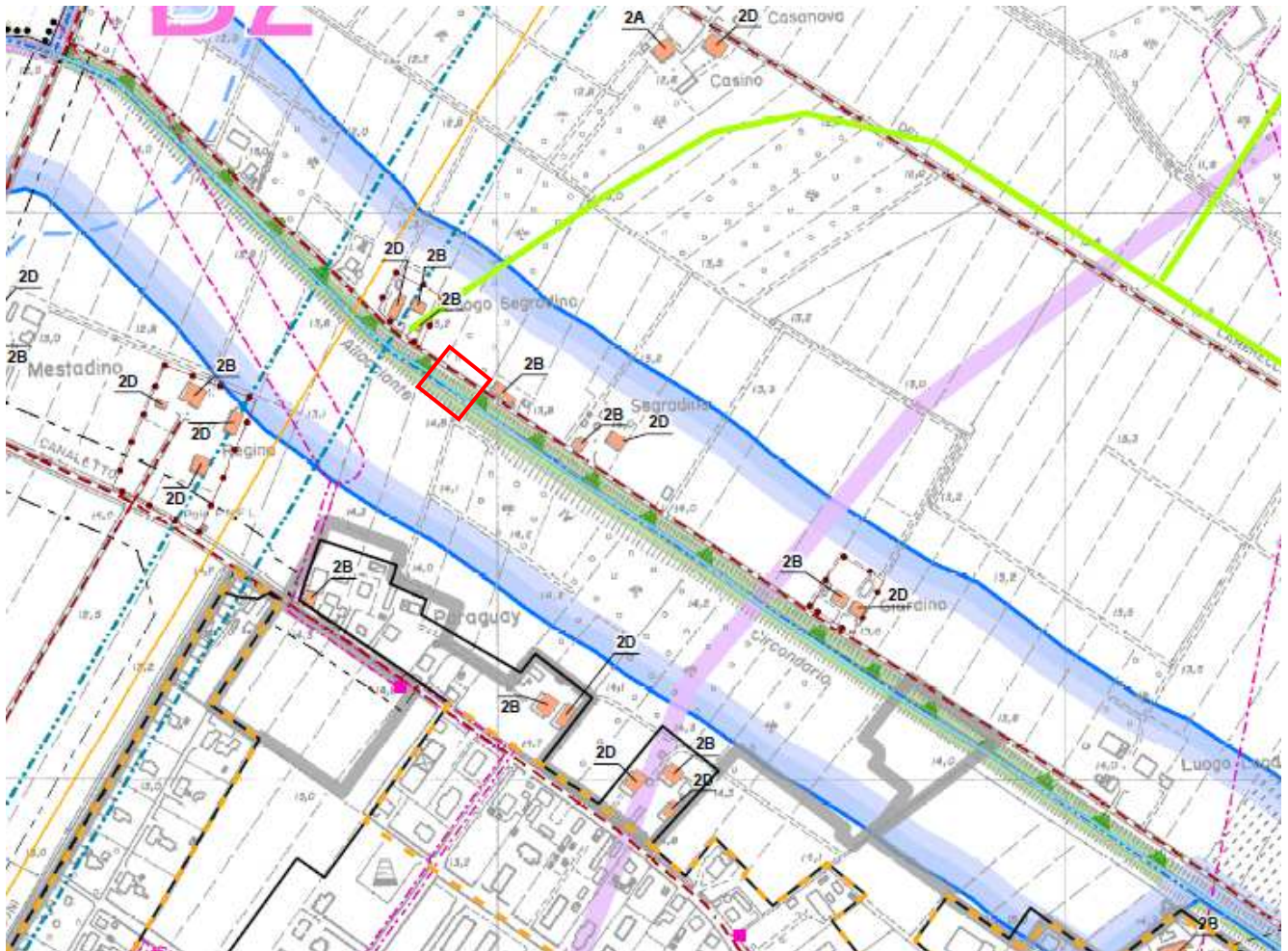


Figura 5: stralcio Carta dei Vincoli PSC Minerbio - area indagata

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

4.2 Inquadramento Geologico Regionale e Locale

Il vero fronte appenninico, quindi, situato circa all'altezza del Po, sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano – veneta.

Si può così schematizzare che l'evoluzione del territorio dell'Emilia – Romagna coincide con l'evoluzione del settore esterno della catena nord – appenninica.

L'Appennino settentrionale è una catena a *thrusts* facente parte del sistema alpino, formatosi in gran parte a spese della placca Adriatica per l'interazione fra le placche Africana ed Eurasiatica.

Si tratta, quindi, di un edificio formato da una pila di unità tettoniche riferibili a due principali domini: il dominio Ligure, i cui sedimenti si sono depositi originariamente su crosta oceanica (*Liguridi*) e il dominio Tosco – Umbro – Marchigiano, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria la cui età inizia a partire dal Triassico (circa 200 M.ni di anni fa)

La Pianura Padana, al cui interno è inserita l'area in esame, è costituita da un cuneo di sedimenti depositi, ad iniziare dall'Eocene, in un bacino subsidente che veniva riempito progressivamente, dapprima solo con materiale proveniente dalla catena alpina e poi anche con materiale della catena appenninica, durante e dopo la loro rispettiva emersione.

La disposizione e l'assetto di tali sedimenti corrispondono alla più recente storia evolutiva tettonica e sedimentaria del bacino padano.

In particolare la formazione della piana alluvionale e del territorio del delta del Po rappresentano l'ultimo atto di tale evoluzione.

Dal punto di vista geologico – strutturale (fig.5), il bacino dell'attuale Pianura Padana tuttora subsidente, era compreso nel più ampio Bacino Padano – Adriatico, che corrisponde alla zona di subsidenza sin – orogenica e post – orogenica compresa tra le zone di sollevamento dell'Appennino e delle Alpi; strutturalmente il bacino padano può essere considerato in generale, come un'area di avanfossa, originatasi dalla progressiva subduzione della placca Africana verso quella Europea con probabile subduzione della interposta microplacca padano – adriatica soggetta ad un doppio fenomeno di compressione, al di sotto delle coltri appenniniche e sud alpine.

L'arco delle pieghe ferraresi – romagnole, ora sepolte dalla coltre alluvionale, reso noto dalle prospezioni del sottosuolo per ricerche di idrocarburi, è l'elemento strutturale più esterno dell'Appennino settentrionale, all'interno del quale si possono distinguere:

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

- le pieghe ferraresi, più esterne, con nucleo mesozoico molto sollevato e tettonizzato, in posizione elevata in sovrascorrimento sul Terziario, e serie terziarie di spessore generalmente ridotto o mancante;
- le pieghe romagnole relativamente più interne e le pieghe adriatiche, le quali si sviluppano prevalentemente nell'area marina.

Nel Pliocene inferiore, la zona ferrarese viene interessata da una moderata subsidenza, più accentuata in corrispondenza degli assi sinclinali esterni alle pieghe ferraresi.

Il mare di questo periodo copriva anche le strutture positive dell'area, sulle quali si depositavano spessori più esigui di sedimenti.

Nella zona intorno a Ferrara ed in corrispondenza del litorale attuale, lo spessore dei sedimenti pliocenici si aggira intorno ai 1000 metri, mentre il complesso di quelli quaternari supera quasi ovunque i 3000 metri, con massimi verso l'Adriatico.

Di seguito si riportano le caratteristiche dell'unità geologica locale:

Comune di Minerbio (BO)

Ambienti deposiz. e litologie (50K) sabbia limosa di piana deltizia Unità geologiche (50K) AES8 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna	sigla	AES8
	nome	Subsintema di Ravenna
	nome completo	Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna
	tipo	subsintema
	descrizione	Unità costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi ricoperte da una coltre limosa argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta spesso un suolo parzialmente decarbonatato non molto sviluppato di colore giallo-bruno
	legenda	AES8 - Sintema emiliano-romagnolo superiore – Sub. di Ravenna
	etÀ	Pleistocene sup. - Olocene
	sigla	SL
	tessitura	sabbia limosa
	deposito	deposito di canale distributore, argine e rotta
	ambiente	piana deltizia

Depositi di Canale distributore, argine e rotta

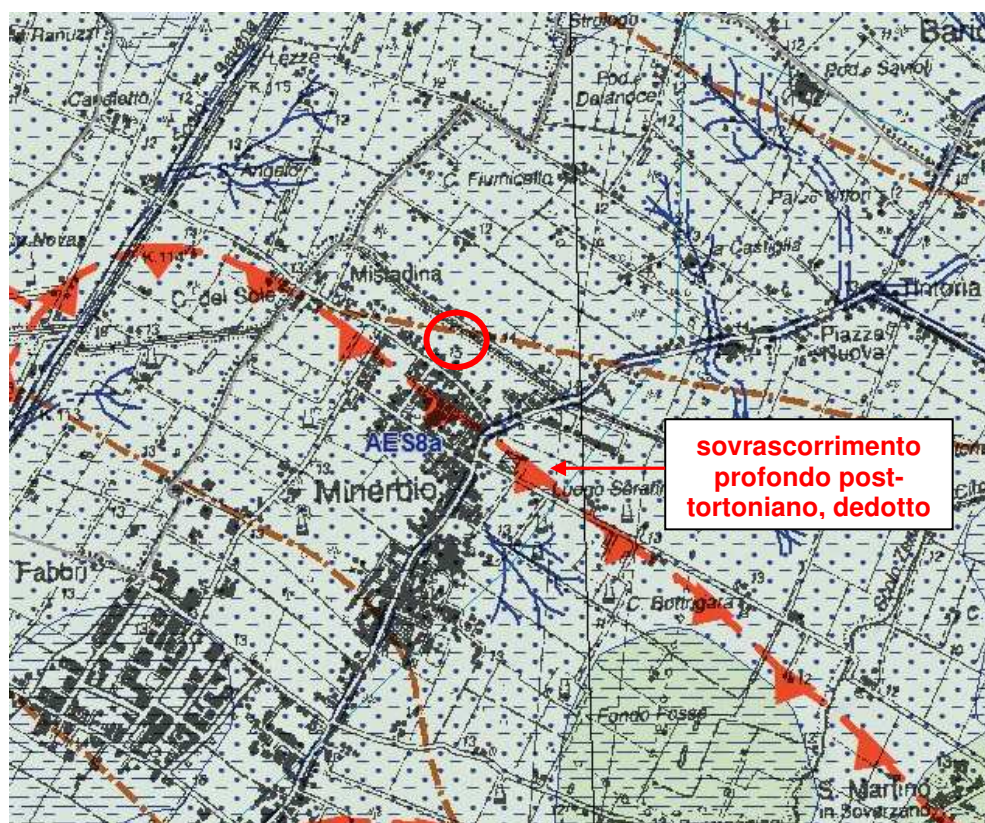


Figura 6: Carta Geologica Pianura Padana – Fonte Carg Emr

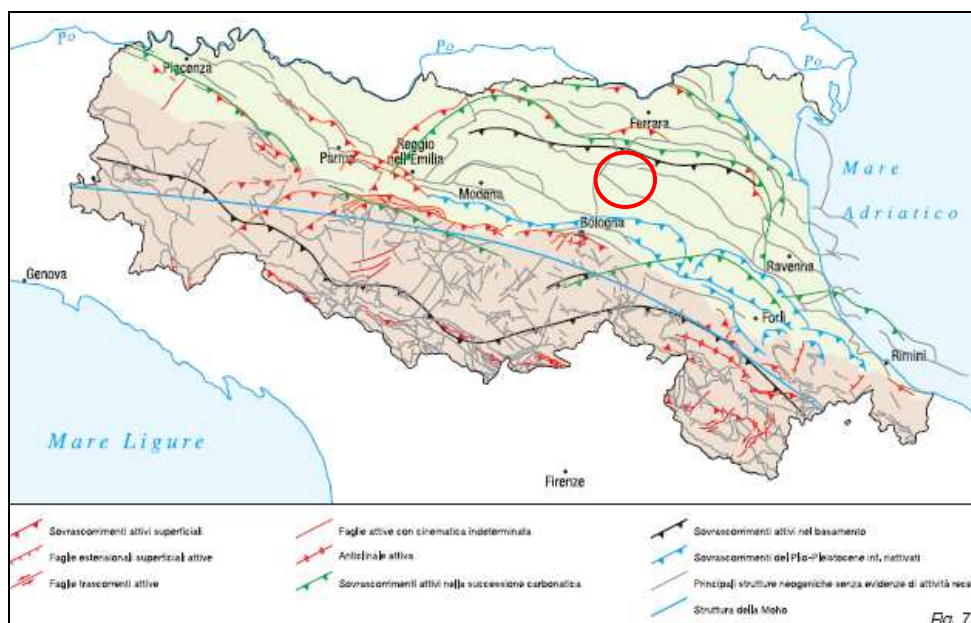


Figura 7: Schema tettonico della Regione Emilia-Romagna

4.3 Rischio Sismico Locale

In ottemperanza delle disposizioni della LR n. 19/2008 e della delibera della Regione Emilia Romagna n. 112/2007 su “indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” Il PTCP della provincia di Bologna ha realizzato la “carta effetti sismici locali attesi”, che fornisce una prima indicazione ai comuni sulla pericolosità sismica del territorio.

Carta 1° livello: prevede la classificazione del territorio in tre categorie (Figura 8)

- Zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali significativi
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico.
- Zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (liquefazioni, cedimenti)

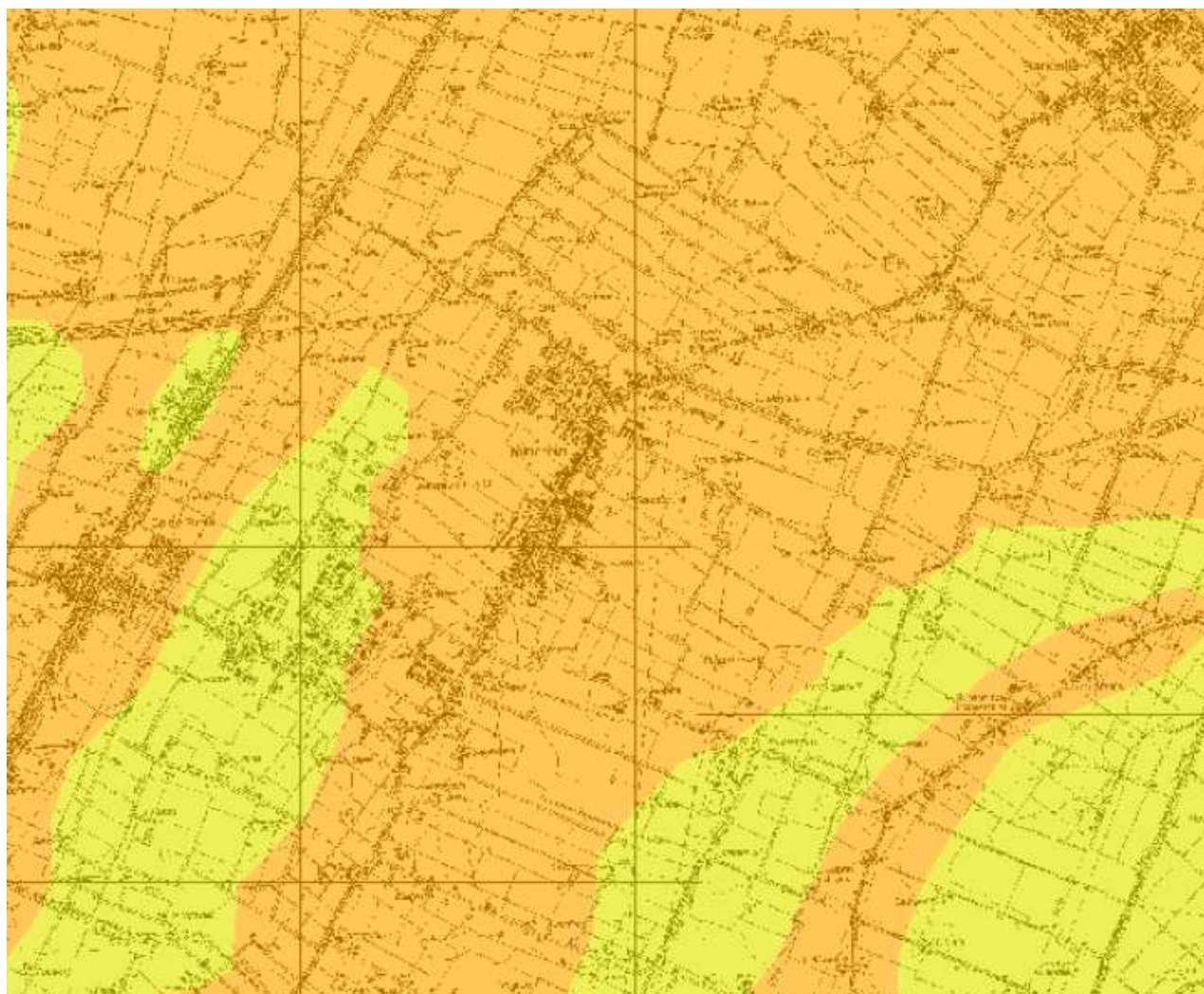


Figura 8 – Carta di suscettibilità di effetti locali (PTCP Bologna)

Dalle carte di microzonazione di 1° livello del PTCP della provincia di Bologna (Figura 8) risulta che l'area d'indagine si trova in “*zona di attenzione per instabilità da liquefazione/densificazione*”. In conformità con le specifiche dell'articolo 6.14 comma 3 delibera del consiglio provinciale n. 57 del 28/10/2013 del PTCP della provincia di Bologna, nell'area in oggetto è sufficiente uno studio del rischio sismico locale di 2° livello.

5. MODELLO SISMICO

Con l'entrata in vigore del nuovo D.M. 17 gennaio 2018 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” che ha recepito l'OPCM 3274 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche*”, il Comune di Minerbio (BO) è stato confermato in zona 3 (fig. 9) cioè:

- accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g) pari a 0,15;
- accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche (a_g/g) pari a 0,15.

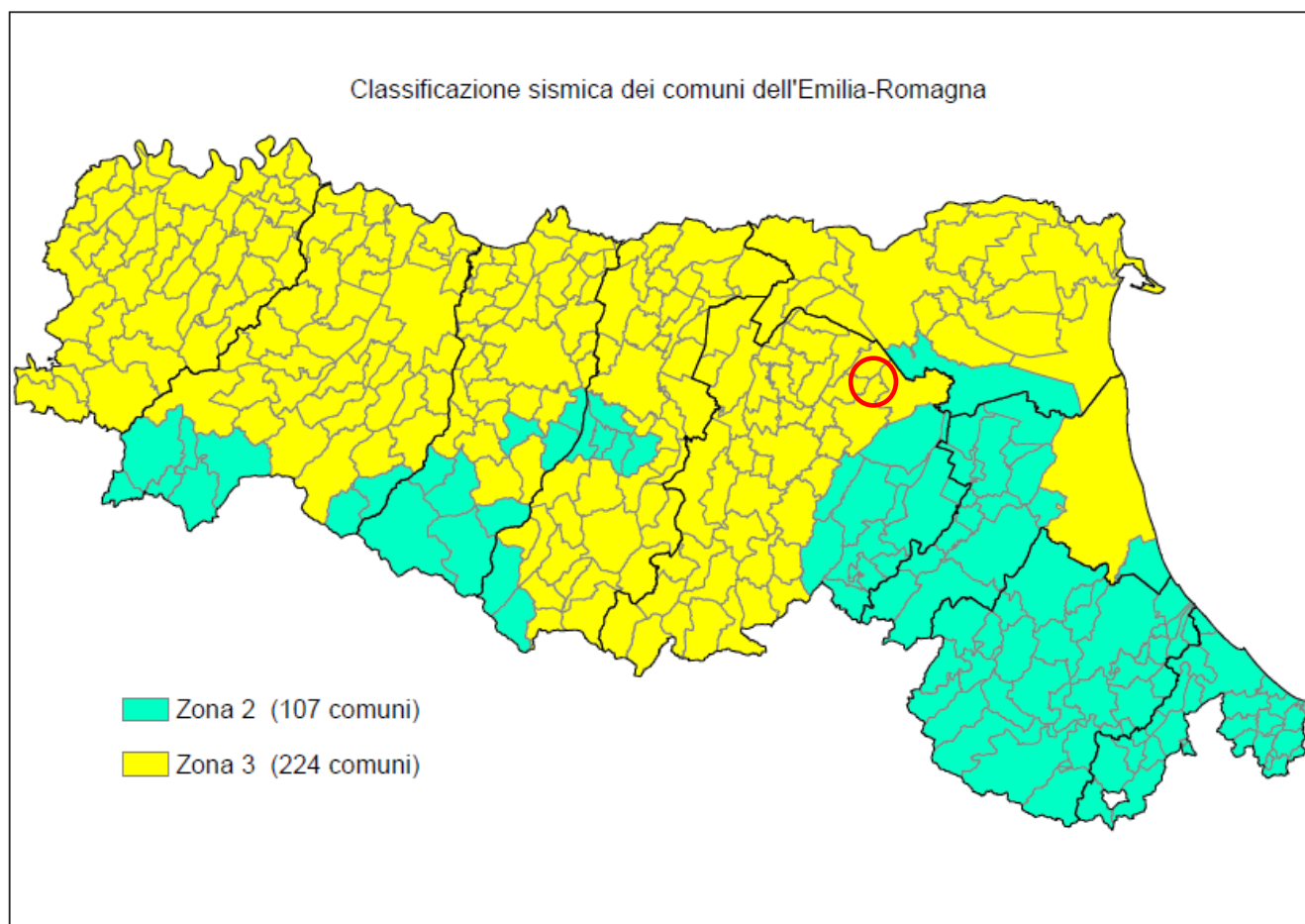


Figura 9 - Nuova zonazione sismica

○ Ubicazione del sito

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

Classificazione delle zone di sismicità

zona	accelerazione orizzontale (a_g/g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)	Valori di a_g accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A, da adottare
1	> 0.25	0.35	0.35 g
2	0.15 – 0.25	0.25	0.25 g
3	0.05 – 0.15	0.15	0.15 g
4	< 0.05	0.05	0.05 g

Fino ad oggi l'Emilia-Romagna era stata interessata da una sismicità che poteva essere definita media, relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6, della scala Richter e intensità massima del IX°-X° grado della scala MCS (Mercalli Cancani Sieberg).

Infatti, dai cataloghi dei terremoti risulta che negli ultimi 1000 anni circa la nostra regione è stata interessata da terremoti frequenti ma mai paragonabili, per energia liberata (e, quindi, per valori di magnitudo) ai maggiori eventi di altre aree regionali quali, ad esempio, Sicilia orientale e Calabria, Irpinia-Basilicata o Friuli.

I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino romagnolo e lungo la costa riminese.

Tale magnitudo è paragonabile a quella (5,8) della scossa principale del 26 settembre 1997 riferita alla lunga crisi sismica del 1997-1998 in Umbria –Marche.

Gli ultimi eventi verificatisi nel maggio 2012, culminati con il terremoto del 20 maggio 2012, delle ore 04:03:52 (italiane) con Magnitudo 5,9 e ipocentro a circa 6,3 km di profondità nel distretto sismico *Pianura padana emiliana* e con epicentro a Finale Emilia (MO) ma che ha interessato anche la Provincia di Ferrara sta appunto a testimoniare la sismicità dell'area.

Al momento attuale, pur considerando i nuovi eventi sismici accaduti per cui è stata proposta da parte del Servizio Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, una revisione delle zone di appartenenze, ci si deve basare sulle normative attualmente in vigore.

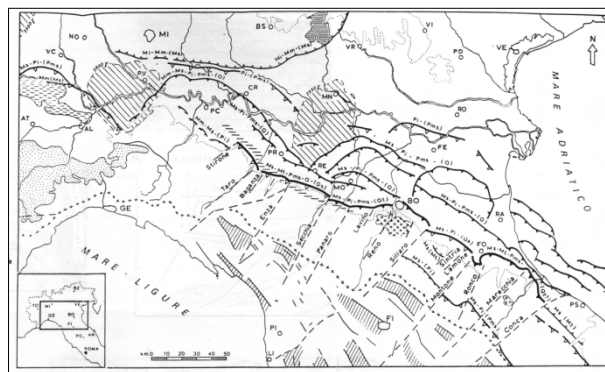
La presenza di sedimenti clastici incoerenti e saturi d'acqua, come abbiamo potuto osservare può essere, infatti, motivo di amplificazione di scosse sismiche anche provenienti da luoghi non vicini; la

presenza in superficie di sedimenti fini (limi e sabbie) saturi d'acqua, come dimostrato da quanto accaduto nel Comune di Sant'Agostino, può provocare effetti disastrosi a causa della liquefazione delle sabbie.

Fino ad oggi le scosse più forti erano riconducibili a eventi locali, imputabili a movimenti delle pieghe dell'Appennino sepolto, probabilmente amplificate dalla natura dei materiali sovrastanti.

La sismicità della zona, è legata alla presenza delle strutture sismogenetiche ITCS047 – Castelvetro di Modena–Castel San Pietro, – Malalbergo–Ravenna, ITCS050 – Poggiorusco–Migliarino, e della ITCS051 – Novi–Poggio Renatico, ITCS012.

ITCS047 – Castelvetro di Modena–Castel San Pietro è una sorgente composita che attraversa la



regione in tutta l'Alta Valle del Reno, intorno alla città di Bologna, e appartiene al Pedepenninic Trust Front. Si tratta di un sistema di faglie NE vergenti, in parte composta da piccoli archi, ai piedi della catena Appenninica settentrionale.

Cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una concentrazione di sismicità sia media ($4.5 < M_w < 5.0$) sia elevata nel settore centrale e orientale della regione. I terremoti principali, da E a W, si sono verificati nelle date 3 gennaio 1505 (M_w 5.5, Bologna), 20 aprile 1929 (M_w 5.5, Bolognese) e 20 luglio 1399 (M_w 5.4, Modenese). Inoltre ebbe luogo un altro evento appena a sud della zona il 6 febbraio 1455 (M_w 5.4, Bolognese).

Dati del sottosuolo (Pieri e Groppi, 1981; Cassano et al., 1986), anomalie dei pattern fluviali (Amorosi et al., 1996) e analisi strutturali (Castellarin et al., 1985) denotano l'attività tettonica corrente del Pedepenninic Trust Front che conferisce potenziale sismogenetico a questa zona.

ITCS051 – Novi–Poggio Renatico è la parte principale della porzione nascosta del trust dell'Appennino romagnolo esterno e può spiegare la sismicità della regione. In realtà, dati di sottosuolo (Cassano et al., 1986) mostrano anticlinali sepolte ben sviluppate, tra cui la Sorgente Sismogenetica Mirandola (in figura), responsabile di alcuni sismi accaduti nel 2012. Inoltre, ci sono ben note anomalie dei pattern fluviali in questo settore (Castaldini et al., 1979), per il quale Burrato et al. (2003) ipotizzano un'origine tettonica. Questi ultimi autori propongono che i segmenti dei blind trusts dedotti da dati del sottosuolo possano essere potenziali fonti, in questo settore, di terremoti con M_w 5.5.

ITCS012 – Malalbergo-Ravenna è una fonte composita che attraversa la porzione più bassa della valle del Reno sino alla città di Ravenna e appartiene alla parte anteriore del Ferrara Trust Front. Questo sistema di faglie è l'arco esterno con vergenza N - NE al confine NE della catena appenninica e marca la spinta più avanzata a NE con potenziale sismogenetico di danno negli Appennini.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano un certo numero di terremoti che hanno interessato l'area; a SE (anche se in posizione incerta) vi è il terremoto del 725 A.D. (Mw 5.6, Classe-Ravenna); nel centro della regione, il sisma del 18 marzo 1624 (Mw 5.4, Argenta) ed eventi del 30 dicembre 1967 (Mw 5.4, Bassa Padana), del 22 ottobre 1796 (Mw 5.6, Bassa Padana), del 13 gennaio 1909 (Mw 5.5, Bassa Padana).

Questa sorgente è una parte avanzata e poco profonda rispetto al resto dell'Outer Trust dell'Appennino Romagnolo e comprende il lato destro del fronte.

ITCS050 – Poggio Rusco – Migliarino è una struttura che attraversa la bassa valle del Po e forma la parte esterna del Ferrara Arc Trust Front. È un sistema di faglie NE vergenti al limite NE della catena appenninica nella pianura padana e marca il più avanzato trust NE appenninico sismogenetico.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una sismicità sparsa intermedia nella regione, con l'eccezione notevole del terremoto del 22 febbraio 1346 (Mw 5.8, Ferrara) alla punta W della zona e l'evento del 17 novembre 1570 (Mw 5.5) nella città di Ferrara. Questa sorgente è poco profonda per rappresentare la sismicità della regione. Si ritiene che questa zona possieda un potenziale sismogenetico basato su dati ipogei (Pieri e Groppi, 1981; Boccaletti e Martelli, 2004) e su evidenze di deformazione attiva alla superficie (Burrato et al., 2003) che suggeriscono l'attività tettonica dell'arco di Ferrara. Un segmento di quest'arco è stato associato al terremoto 1570 di Ferrara e ai recenti eventi del 2012.

Nella tabella seguente sono elencati gli eventi sismici storici riportati dal Catalogo DBMI11 e relativi al Comune di Minerbio (BO).

Seismic history of Minerbio					
[Lat: 44.621, Long: 11.488]					
Total number of earthquakes: 15					
Effects	Earthquake occurred:				
Is	Data	Ax	Np	Io	Mw
NF	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	7	5.09
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1
NF	1908 06 28 03 19	Finale Emilia	11	4-5	3.93
NF	1908 07 10 02 13 35.00	Carnia	119	7-8	5.31
NF	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
4-5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
4	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6.53
NF	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
NF	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3-4	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4.43
3-4	1987 05 02 20 43 53.32	Reggiano	802	6	4.71
NF	2000 05 06 22 07 03.78	Faentino	85	5	4.08
NF	2000 05 08 12 29 56.20	Faentino	126	5	4.67
NF	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4.82
NF	2005 07 15 15 17 18.00	Forlivese	173	4-5	4.29

This file has been downloaded from INGV - DBMI1

Utilizzando i dati ricavati dal sito dell'INGV è stata analizzata la disaggregazione dei dati sismici relativi al nodo vicino all'area in esame, del reticolo in cui è suddiviso il territorio nazionale. Per l'area di indagine il dato medio è di magnitudo 4,99 con una distanza epicentrale media di 9,64 km ed un valore di epsilon di 0,790.

I dati disaggregati mostrano la distribuzione descritta dalla tabella riportata di seguito

Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 5% in 50 anni											
(Coordinate del punto lat: 44.6174, lon: 11.4542, ID: 16288)											
Distanza in km	Magnitudo										
	3.5 - 4.0	4.0 - 4.5	4.5 - 5.0	5.0 - 5.5	5.5 - 6.0	6.0 - 6.5	6.5 - 7.0	7.0 - 7.5	7.5 - 8.0	8.0 - 8.5	8.5 - 9.0
0-10	0.000	14.800	26.400	14.100	6.440	0.734	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.610	9.940	8.890	5.980	0.752	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.111	1.300	2.550	2.500	0.338	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.024	0.430	0.781	0.116	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.019	0.179	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.013	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

dall'esame della quale si evince che la classe sismica dominante è individuata da terremoti il cui epicentro è nell'intervallo di distanza 0-10 km dal nodo con incidenza percentuale totale, per magnitudo fra 4 e 6, del 62%. Nell'intervallo di distanze epicentrali 10-20 km vi è il 29% dei sismi. Nell'intervallo 0-20 km è quindi rappresentato l'91% dei sismi con magnitudo comprese fra 4.0 e 6.0.

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	---

Nel sito dell'INGV sono anche disponibili gli spettri di risposta a pericolosità uniforme Se(T) con probabilità di eccedenza in 50 anni. I dati relativi al 50° percentile sono riassunti nella tabella seguente.

Prob. di ecc. in 50 aa	Spettri di risposta a pericolosità uniforme										
	50° percentile (Coordinate del punto lat: 44.6174, lon: 11.4542, ID: 16288)										
	Periodo (in sec)										
	0.00	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00
2%	0.3009	0.6798	0.7182	0.8071	0.6973	0.5861	0.4713	0.2880	0.1911	0.1098	0.0752
5%	0.2148	0.4972	0.5297	0.5946	0.4979	0.4156	0.3207	0.1921	0.1313	0.0746	0.0504
10%	0.1634	0.3828	0.4142	0.4571	0.3811	0.3135	0.2362	0.1404	0.0979	0.0555	0.0365
22%	0.1157	0.2696	0.3000	0.3080	0.2709	0.2202	0.1637	0.0954	0.0648	0.0362	0.0252
30%	0.0989	0.2263	0.2538	0.2554	0.2262	0.1869	0.1391	0.0793	0.0543	0.0310	0.0205
39%	0.0840	0.1886	0.2188	0.2141	0.1931	0.1584	0.1183	0.0649	0.0449	0.0261	0.0172
50%	0.0707	0.1593	0.1884	0.1820	0.1657	0.1332	0.1025	0.0533	0.0361	0.0211	0.0139
63%	0.0600	0.1334	0.1608	0.1570	0.1407	0.1110	0.0857	0.0422	0.0286	0.0169	0.0109
81%	0.0487	0.1086	0.1290	0.1229	0.1099	0.0841	0.0616	0.0283	0.0193	0.0117	0.0069

Dopo l'analisi dei dati su elencati il catalogo CPTI04 è stato interrogato per parametri, relativamente all'area d'interesse e con raggio 35 km, per analizzare i sismi (e le relative magnitudo) che formano l'hazard dell'area, ottenendo i risultati compendati nella tabella che segue.

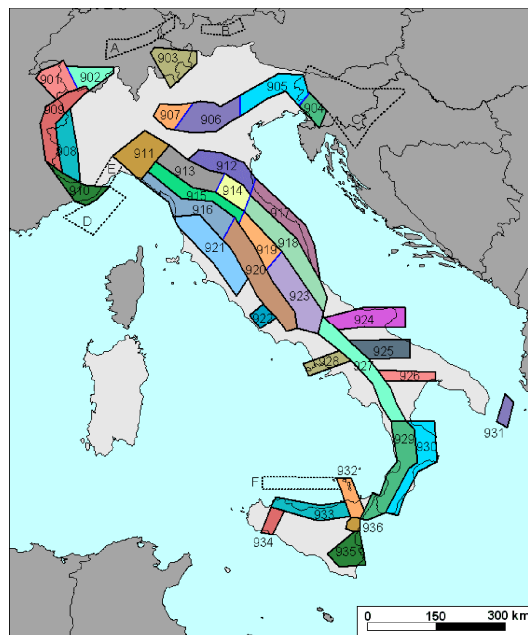
CPTI04 - Risultato dell'interrogazione per parametri																
Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:																
Area circolare con centro C (44.633, 11.492) e raggio 35 km																
N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	lo	Lat	Lon	Maw	Mas	Msp	ZS9	
51	1234	3	20				FERRARA	DOM	70	44.836	11.618	5.17	4.8	4.99	912	
66	1285	12	13				FERRARA	DOM	65	44.836	11.618	5.03	4.6	4.8	912	
84	1323	2	25	19			Bologna	CFTI	55	44.5	11.33	4.63	4	4.25	913	
106	1365	7	25	18			Bologna	CFTI	65	44.5	11.33	5.03	4.6	4.8	913	
131	1410	5	9	22	30		FERRARA	DOM	65	44.836	11.618	5.03	4.6	4.8	912	
139	1425	8	10	19			FERRARA SUD	POS85	60	44.833	11.667	4.83	4.3	4.53	912	
142	1433	5	4	8	5		Bologna	CFTI	60	44.5	11.33	5.03	4.6	4.8	913	
151	1455	2	6				BOLOGNESE	DOM	75	44.4	11.25	5.37	5.1	5.27	913	
152	1455	12	20	20	45		M. valle Reno	CFTI	70	44.42	11.27	5.18	4.81	5	913	
178	1483	3	3	22			FERRARA	DOM	55	44.836	11.618	4.63	4	4.25	912	
202	1505	1	3	2			Bologna	CFTI	70	44.48	11.25	5.47	5.25	5.41	913	
203	1505	5	15				BOLOGNA	DOM	55	44.498	11.34	4.63	4	4.25	913	
207	1508	10	18	15			FERRARA SUD	POS85	60	44.833	11.667	4.83	4.3	4.53	912	
257	1561	11	24	1	25		Ferrara	CFTI	55	44.78	11.45	4.63	4	4.25	912	
262	1570	11	17	19	10		Ferrara	CFTI	75	44.82	11.63	5.48	5.27	5.43	912	
266	1574	3	17	3	40		FINALE EMILIA	DOM	70	44.833	11.294	5.12	4.73	4.92	912	
323	1624	3	18	19	45		Argenta	CFTI	75	44.65	11.85	5.43	5.19	5.35	912	
368	1666	4	14	18	58		BOLOGNA	POS85	60	44.5	11.333	4.83	4.3	4.53	913	
416	1695	2	28				FERRARA	DOM	55	44.836	11.618	4.63	4	4.25	912	
521	1743	5	29				FERRARA	DOM	65	44.836	11.618	5.03	4.6	4.8	912	
606	1779	6	4	7			Bolognese	CFTI	65	44.45	11.52	4.97	4.51	4.72	914	
609	1780	2	6	4			Bolognese	CFTI	55	44.62	11.32	4.85	4.32	4.54	912	
654	1787	7	16	10			Ferrara	CFTI	55	44.83	11.62	4.63	4	4.25	912	
683	1796	10	22	4			Emilia orient.	CFTI	70	44.62	11.67	5.63	5.48	5.62	912	
692	1801	10	8				BOLOGNA	DOM	55	44.498	11.34	4.63	4	4.25	913	
803	1834	10	4	19			Bologna	CFTI	55	44.6	11.37	4.63	4	4.25	912	
1030	1878	3	12	21	26		Bolognese	CFTI	60	44.42	11.55	4.83	4.3	4.53	914	
1144	1889	3	8	2	47		BOLOGNA	DOM	60	44.518	11.237	4.83	4.3	4.53	913	
1287	1898	1	16	12	10	5	Romagna sett.	CFTI	65	44.65	11.77	5.03	4.6	4.8	912	
1482	1908	6	28	3	19	58	FINALE EMILIA	POS85	60	44.8	11.3	4.83	4.3	4.53	912	
1499	1909	1	13		45		BASSA PADANA	DOM	65	44.579	11.688	5.53	5.33	5.48	912	
1729	1922	5	24	21	17		CENTO	DOM	35	44.862	11.517	4.5	3.81	4.07	912	
1821	1929	4	20	1	9	46	Bolognese	CFTI	70	44.47	11.13	5.55	5.36	5.51	913	
2223	1966	5	26	18	7	14	MONTEVEGLIO	POS85	60	44.5	11.2	4.83	4.3	4.53	913	
2455	1986	12	6	17	7	19	BONDENO	DOM	60	44.879	11.334	4.56	4.3	4.53	912	

Numero di record estratti: 35

Nella storia sismica analizzata, nel periodo 1234-1986, i sismi con magnitudo momento epicentrale maggiore ($M_w \geq 5$) sono gli eventi 1234/1570/1743 (Ferrara), 1624 (Argenta), 1796 (Emilia Orientale), 1898 (Romagna settentrionale), 1909 (Bassa Padana) oltre a quello del 2012, attualmente non ancora inserito nel catalogo.

Gli eventi citati appartengono alla zona sismogenetica 912 illustrata in figura a lato.

Procedendo dal Tirreno all'Adriatico, le zone-sorgente da 912 a 923, longitudinali rispetto all'asse della catena appenninica, modificano le precedenti zone da 27 a 55 di ZS4 sulla base di vedute aggiornate sulla fagliazione



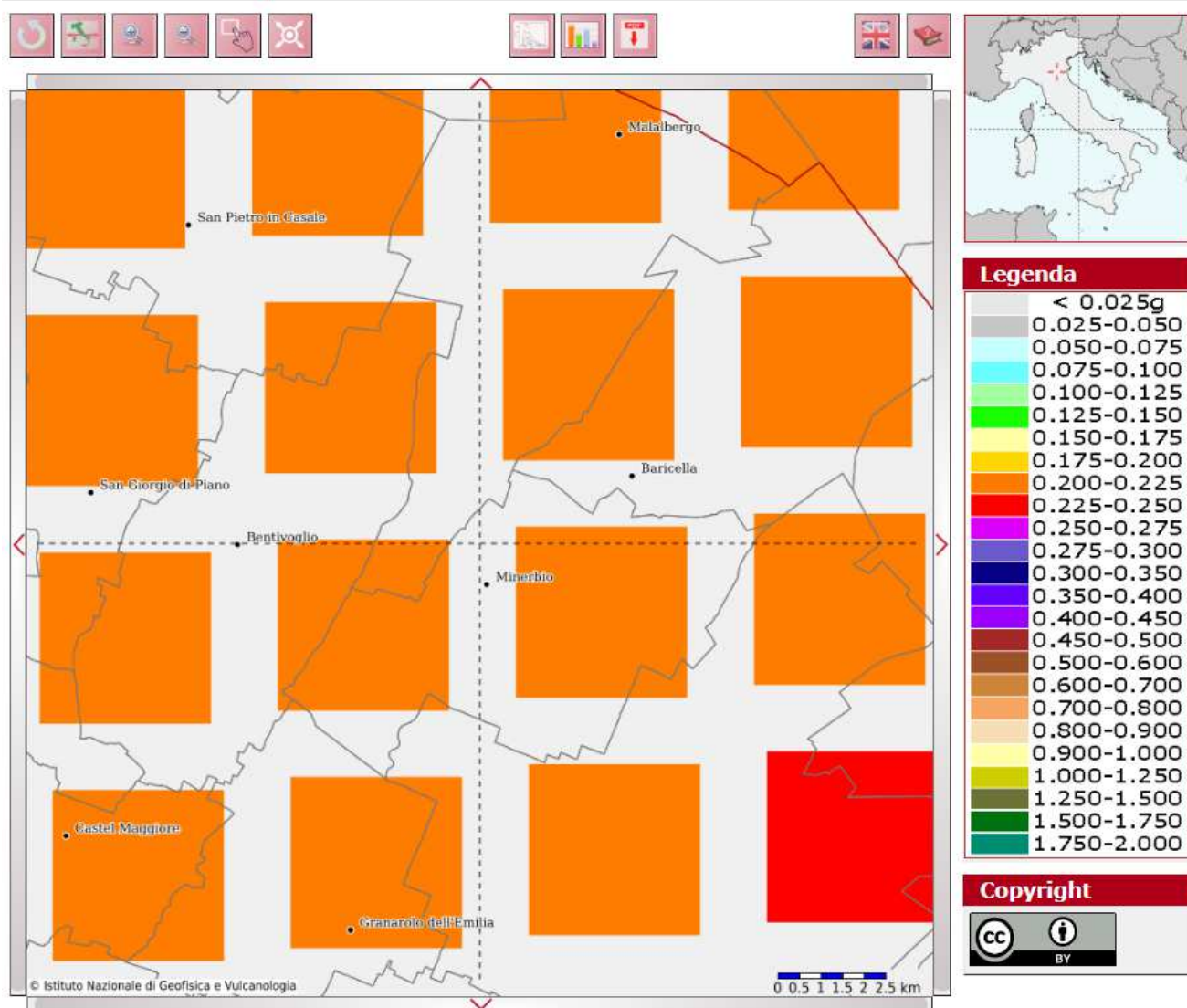
attiva e sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche. In particolare le zone 912 e 917 rappresentano la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale, ottenute tenendo conto delle nuove informazioni sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche e sul regime di stress in atto. Il numero di terremoti che ricadono nella zona 917 è decisamente inferiore a quello degli eventi nella zona 912. In quest'ultima, la sismicità sembra evidenziare l'andamento del fronte compressivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po). In queste zone si osserva in atto un regime tettonico debolmente compressivo. Strutture compressive (prevalentemente *trust*) allineate lungo la costa o a breve distanza da essa sono responsabili della sismicità.

Le zone 913, 914 e 918 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori di magnitudo molto elevati. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna; lo testimoniano anche quegli eventi che hanno avuto risentimenti su aree piuttosto vaste. Queste zone ricadono invece in una fascia di transizione a carattere misto, ovvero in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE).

Per le zone 912, 916 e 914 la Tab. 6 in Gruppo di Lavoro (2004) indica, dopo le analisi di completezza, un valore di $M_{w_{max}}$ pari a 6.14.

Dal 27 luglio 2018, con l'entrata in vigore delle NTC 2018, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi.

L'area in oggetto, nel Comune di Minerbio rientra nella fascia compresa tra 0.200g e 0.225g, come risulta dalla ricerca effettuata sul sito INGV.

6. PROGRAMMA DELLE INDAGINI

Al fine di caratterizzare il sito in esame secondo i vari aspetti (geotecnico e sismico), le indagini previste dovranno essere commisurate e posizionate in modo da fornire un quadro, il più possibile esaustivo, della zona in esame.

A tale scopo le indagini previste, iniziate in data 06/04/2022 e concluse in data 07/04/2022, sono state sviluppate tramite l'esecuzione di:

- n° 1 SCPTU prova penetrometrica statica con sismocono, eseguita fino alla profondità di 30.30 metri da piano campagna
- n° 1 CPTU prova penetrometrica con punta elettrica, eseguite alla profondità di 30 metri da piano campagna.
- n° 1 sondaggi a carotaggio continuo eseguito alla profondità di 30 metri da piano campagna
- n° 2 piezometri ½ pollice installati nel foro d'indagine delle prove penetrometriche per la misura della quota di falda.

I dati raccolti sono stati elaborati e compendati nella presente relazione e negli allegati inseriti. Di seguito vengono riportate le foto delle prove realizzate:



Figura 10 – ubicazione prove

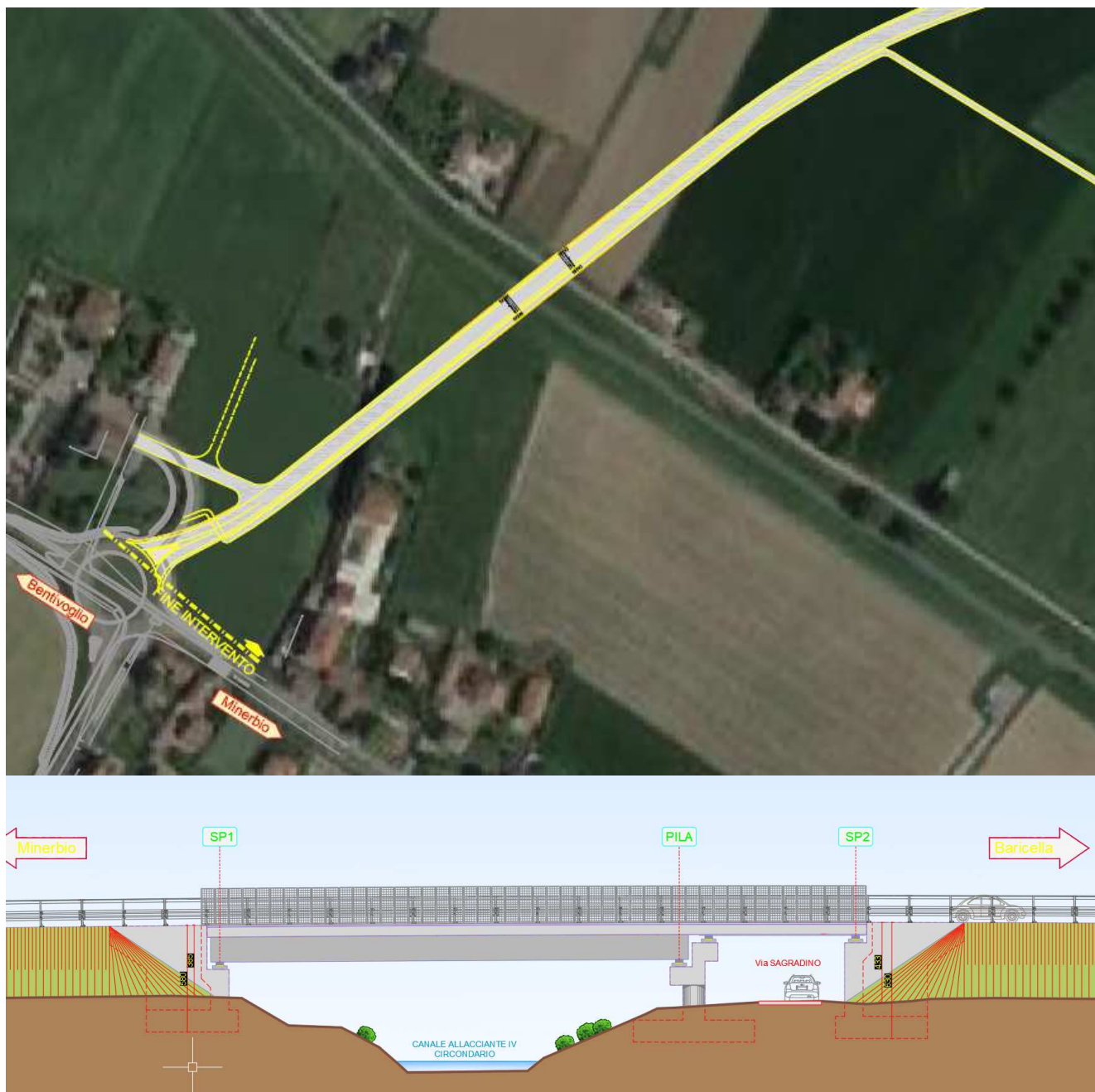


Figura 10a – planimetria di progetto generale e di dettaglio



Figura 10b – Ubicazione prove



Figura 10c – Ubicazione sondaggio S1

6.1 Prova penetrometrica con punta elettrica e piezocono sismico (SCPTU-CPTU)

L'attrezzatura utilizzata è costituita da un penetrometro statico, modello Pagani TG 63/100, tipo Gouda da 10 ton montato su minicarro cingolato o, in alternativa, da un penetrometro statico, modello Pagani TG 73/200, tipo Gouda da 20 ton montato su Autocarro Mercedes-Unimog 4x4.

Le prove sono state eseguite con il piezocono Tecnopenta CPLSD il quale permette, oltre all'acquisizione dei normali parametri di resistenza alla punta (q_c), attrito laterale (f_s) e velocità di avanzamento, anche i valori di pressione neutra (U).

Nelle tabelle seguenti si riportano le caratteristiche principali del piezocono sismico utilizzato.

Tabella caratteristiche Piezocono sismico

Caratteristiche meccaniche Piezocono	Piezocono CPL21N-SISMI
Diametro	35.7 mm
Altezza nominale	30.9 mm
Angolo di apertura	60°
Area nominale	1000 mm ²
Altezza: base cilindro-filtro	10 mm
Altezza quad-ring	3.5 mm
Area di punta	10 cm ²
Diametro	35.7 mm
Area netta	6.6 cm ²

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

Superficie manicotto	150 cm ²
Lunghezza manicotto	133.7 mm
Area superiore manicotto	2.22 cm ²
Lunghezza totale punta elettrica	600 mm
Peso complessivo	3 kg
Caratteristiche elettriche	
Resistenza alla punta (Rp)	
Sensori	8 estensimetri da 350 ohm a ponte completo con bilanciamento di zero
Fondo scala	500 kg
Risoluzione	0.1 kg/cm ²
Precisione	< ± 1% F.S.
Valore minimo misurabile	-13 kg/cm ²
Deriva termica di zero	< 0.05 % F.S. / °C
Resistenza laterale (Rl)	
Sensori	8 estensimetri da 350 ohm a ponte completo con bilanciamento di zero
F.S.	5 kg
Risoluzione	0.01 kg/cm ²
Precisione	< ± 2% F.S.
Valore minimo misurabile	- 0.55 kg/cm ²
Deriva termica di zero	< 0.05 % F.S. / °C
Influenza di Rp su Rl	> 1.5 % F.S. di Rl
Pressione neutrale (Pn)	
Sensore	Trasduttore di pressione piezoresistivo
F.S.	20 bar
Risoluzione	0.01 bar
Precisione	0.02 – 0.05 bar
Deriva termica di zero	< ± 0.05 % F.S. / °C
Valore minimo misurabile	- 2 bar
Filtro	Bronzo poroso (porosità 50 micrometri)
Altezza filtro	6 mm
Diametro	35.7 mm
Inclinazione (I)	
Sensore	In clinometro biassiale magnetoresistivo
F.S.	± 10 gradi / ± 20 gradi
Risoluzione	0.1 grado
Precisione	± 0.25 % della lettura
Deriva termica di zero	< 0.05 % F.S. / °C
Temperatura	
Sensore	Monolitico con condizionatore inserito
Campo di misura	- 50° + 150°
Risoluzione	0.1 °C
Precisione	< ± 2% della scala
Consumo complessivo piezocono	67 mA
Temperatura di esercizio	- 20° + 70 °C
Caratteristiche meccaniche Piezocono	Punta elettrica-piezocono CPL21N
Avanzamento	EST CPL
Sensore	Potenzimetro 10 giri da 10 kohm
Risoluzione	1 mm
Precisione	<± 1% della lettura
Corsa	120 mm
Geofoni	

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

Distorsione	Minore di 0.075% tra 0° e 20°
Frequenze spurie	Sopra i 250 Hz
Frequenza	10Hz +/-3. 5%
Smorzamento	68% +/-3. 5%
Sensibilità al 68% di smorzamento	27. 5 V/m/s +/- 3.5%
Resistenza della bobina	395 ohm
Temperatura operativa	-40°/+90°
Caratteristiche meccaniche	Centralina TP PEN 8
<i>Contenitore</i>	
Dimensioni	B=308; L=206; H=106 (mm)
Peso	6 kg
Grado di Protezione	IP 65
Caratteristiche elettriche	
CPU	82 C552 a 22.188 Mhz klok
Convertitore A/D	12 bit (su richiesta 16 bit)
Memoria	RP BASIC - 52 in ROM da 32 k
Ram per programmi e dati	Da 128 K espandibile a 512 k
Orologio datario	
Accuratezza	1 minuto/mese
Risoluzione	1 secondo
Porte seriali	2 RS 232
Baud rates	Da 300 a 38400 programmabile
Temperatura di esercizio	-20°/+70°
Amplificatore	32 mA
totale	256 mA (compreso il piezocono)
Tensione di alimentazione	12 Vdc
Tensione critica di funzionamento	11 Vdc
Autonomia di funzionamento	8h al 50% della capacità nominale della batteria
Batteria alimentazione interna	12 Vdc 4 Ah
Tempo di ricarica	8 ore
Comando avanzamento	
Pulsantiera	A 2 vie con tasti freccia ↑e↓
Cavo piezocono-centralina	
Diametro	9 mm
Schermatura	rame stagnato copertura 80%
Guaina	Poliuretano, ral 1021
Conduttori	7*.34 e + 3*.14 mm ²
Sistema di gestione cono sismico	
Processore	486
Velocità	133 Mhz
Porte seriali	23E8h IRQ e 2E8h IRQ
Porta parallela	LPT1
CERTIFICATO TARATURA PUNTA	Giugno 2020

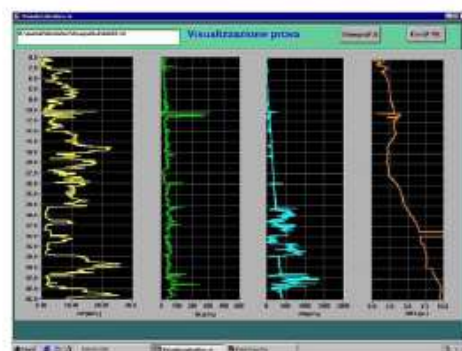
Il sistema di acquisizione ed elaborazione, si compone di alcuni dispositivi fondamentali e di alcuni accessori:

- *piezocono* per la misura dei parametri Rp (Resistenza alla Punta), Rl (Resistenza laterale), Pn (Pressione Neutra), inclinazione e, nel caso di una prova SCPTU, anche la velocità delle onde trasversali;

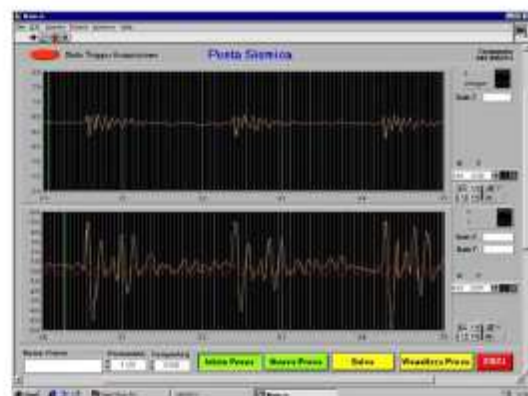
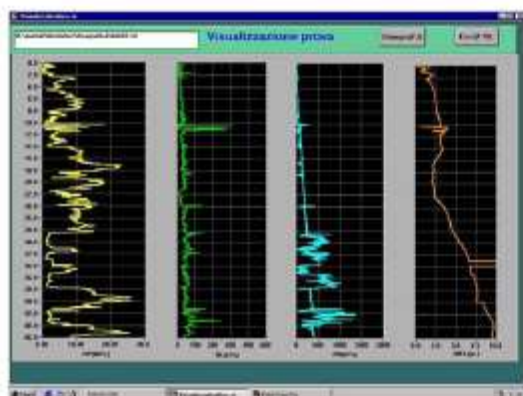


Particolare del piezocono

- *computer portatile* per la memorizzazione di tutti i parametri (acquisizione, visualizzazione grafica);

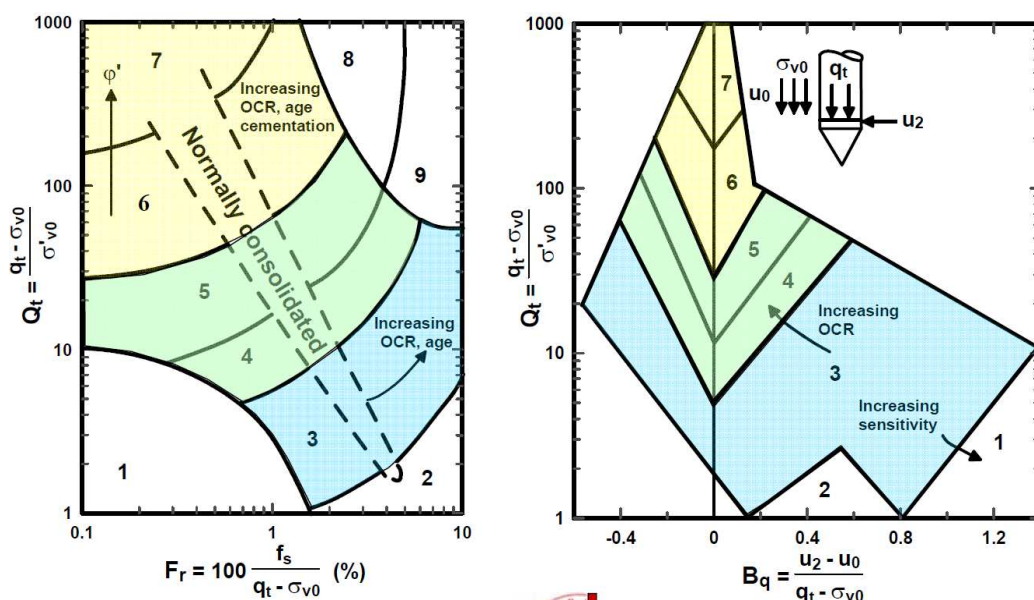


centralina di interfaccia con Personal Computer, per la memorizzazione di tutti i parametri (acquisizione, visualizzazione grafica e registrazione delle onde sismiche (SCPTU);





L'elaborazione delle prove CPTU è visibile in allegato. I grafici sono ottenuti mediante l'elaborazione dei valori salvati che riportano, in funzione della profondità, tutti i parametri sopra menzionati.



Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa - Sabbia densa
6	Sabbia - Sabbia limosa
5	Sabbia limosa - Limo sabbioso
4	Limo argilloso - Argilla limosa
3	Argilla limosa - Argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensibili

Grafici interpretativi prove penetrometriche elettriche con piezocono Robertson, 90

- *software di gestione* del sistema piezocono e del cono sismico: il software EOLO serve per la gestione dei segnali del sistema piezocono e del cono sismico;
- *sistema energizzante* costituito da una pesante traversina in legno, con due piastre in ferro fissate alle estremità della stessa, appoggiata al terreno e resa solidale ad esso tramite uno degli stabilizzatori del penetrometro; il sistema manuale di energizzazione consistente in un maglio del peso di circa 5/7 kg lasciato cadere da un'altezza di circa 2 metri.



Particolare del sistema di energizzazione

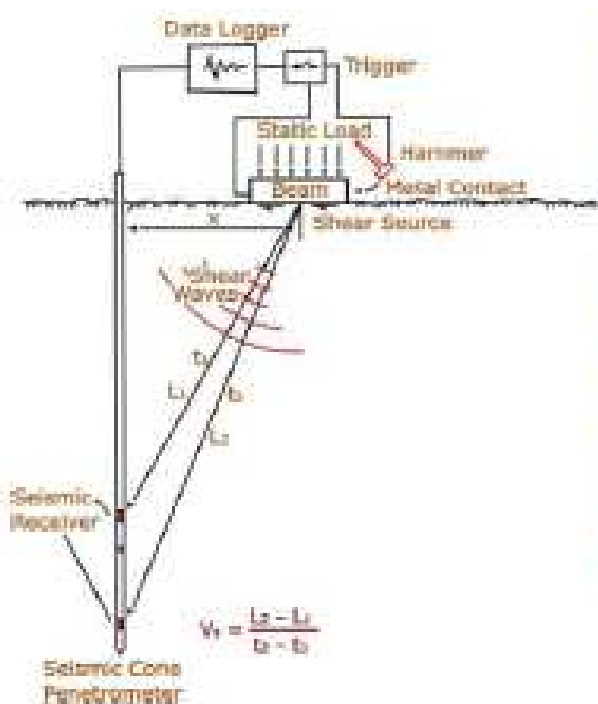
Le prove sono state condotte secondo le normative tecniche standard di una prova penetrometrica statica elettrica con piezocono e, nel caso del piezocono sismico, viene arrestata ad intervalli regolari e prestabiliti di 1.00 metro, per effettuare l'acquisizione al geofono triassiale incorporato nel piezocono, della velocità delle onde sismiche.

Durante l'energizzazione del terreno, il motore del penetrometro viene arrestato per evitare che le vibrazioni del mezzo possano trasmettersi al geofono triassiale del cono sismico, attraverso le aste di perforazione.

Il programma appositamente realizzato visualizza i segnali ogniqualvolta il supporto a contatto con il terreno è energizzato dal maglio: i sensori coglieranno quindi le onde trasversali con un ritardo dipendente dalla distanza tra la sorgente ed il ricevitore ed in funzione delle caratteristiche del terreno, presente fra il punto di energizzazione ed il punto in cui si trovano i geofoni in quel momento.

L'utente può verificare se il grafico del segnale è sufficientemente definito e registrare i valori, o ripetere l'operazione di energizzazione; la velocità delle onde viene quindi calcolata conoscendo la distanza a cui si trovano i geofoni, rispetto alla superficie, e l'intervallo di tempo tra il momento dell'energizzazione ed il momento in cui esse sono raccolte dai geofoni.

Esempio grafico prova SCPTU



Per l'esecuzione della prova penetrometrica con punta elettrica e cono sismico, è stato necessario utilizzare il mezzo più pesante, (Pagani TG 73/200 montato su Unimog-Mercedes) che permette di ancorare l'attrezzatura di spinta al terreno, in quanto la zavorra del mezzo risulta insufficiente a raggiungere la profondità stabilita.

Le prove (SCPTU) sono state eseguite fino alla profondità prestabilita (30.00 metri) registrando, per intervalli di 2 cm d'avanzamento i parametri seguenti: *Qc* (resistenza alla punta), *Fs* (resistenza di

attrito laterale locale), U (pressione interstiziale), i (inclinazione su due assi a 90°), v (velocità d'avanzamento), t (tempi di arrivo delle onde generate).

Diversamente dalle prove CPT, nelle prove CPTU o SCPTU, viene misurato anche il parametro “ u ” della pressione interstiziale, che permette una valutazione più accurata delle litologie incontrate e dei parametri geotecnici, utilizzando i grafici di Robertson, 1990. L'elaborazione delle prove SCPTU è visibile in allegato, ottenuti mediante l'elaborazione dei valori salvati che riportano, in funzione della profondità, tutti i parametri precedentemente descritti.

6.2 Sondaggi a carotaggio continuo

La finalità delle indagini in sito è stata quella di ricostruire le principali caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, con particolare riferimento alla natura litologica e geotecnica dei terreni attraversati. E' stato possibile avere utili informazioni circa lo spessore degli strati e le loro caratteristiche strutturali ed idrogeologiche.

Le perforazioni sono state eseguite con sonda oleodinamica a rotazione modello HYDRA JOY 3. Il tiro e la spinta sono assicurati da un motore oleodinamico con trasmissione a catena; la morsa è di tipo doppio con sistema di controllo oleodinamico. Il controllo della verticalità è assicurato tramite quattro stabilizzatori a pistone, con controllo tramite 2 livelle a bolla poste una sulla torre e una nella parte centrale della sonda.

Il materiale prelevato durante le perforazioni è stato depositato, in modo continuo ed ordinato, in apposite cassette catalogatrici in PVC (Fig 11). Ogni singola cassetta catalogatrice avente 5 scomparti, ciascuno di lunghezza pari ad 1 m, è stata siglata temporaneamente con l'identificativo del sondaggio, la profondità di prelievo di riferimento, la profondità di esecuzione delle prove geotecniche in situ e la quota di prelievo dei campioni di terreno.

Per l'avanzamento della perforazione e per il prelievo dei campioni di terreno, sono stati utilizzati dei carotieri di tipo semplice costituiti da un tubo metallico cilindrico aventi diametri esterni di 101 mm e lunghezza pari a 1,00 o 3,00 m, aventi all'estremità inferiore una corona con inserti in Carburo di Tungsteno e provvisti, nella parte sommitale, di un dispositivo (valvola di ritenzione, estrattore e molla) che impediscono la perdita delle carote di terreno prelevati durante le operazioni di risalita della batteria di aste (prolunghe). Alternativamente all'approfondimento del carotiere, è stato necessario porre in opera una colonna di tubi di rivestimento allo scopo di contenere la spinta laterale delle pareti del foro. Tali rivestimenti sono costituiti da tubi metallici cilindrici avente diametro esterno di 127 mm

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

e lunghezza pari a 1,50 m, muniti anch'essi all'estremità inferiore di un scarpa con inserti al Carburo di Tungsteno.

Nel corso dei sondaggi sono stati inoltre prelevati, a diverse profondità, campioni di terreno, indisturbati nei livelli caratterizzati da granulometrie grossolane.

Il prelievo dei campioni indisturbati è stato effettuato in modo da preservarne l'originaria struttura e consistenza del terreno. Per il prelievo dei campioni indisturbati è stato utilizzato un campionatore SHELBY con pareti sottili in acciaio, (fustella diametro: 88,9 mm). Il campionatore viene infisso a pressione nel terreno, l'acqua presente nel foro fuoriesce attraverso la valvola a sfera, mentre durante l'estrazione la valvola si chiude contribuendo a trattenere il campione prelevato. Estratta la fustella si provvede alla sigillatura della stessa, mediante copertura delle superfici esposte del campione con paraffina e successiva nastratura, per mantenere invariati il contenuto d'acqua e la struttura del terreno. Tutti i campioni sono stati opportunamente sigillati e contrassegnati da etichette con l'identificativo del sondaggio, la profondità di prelievo, il committente e la data di prelievo. Successivamente, sono stati trasportati in laboratorio per l'esecuzione delle prove geotecniche previste.

La documentazione fotografica e le stratigrafie dei sondaggi sono allegati al presente elaborato e costituiscono parte integrante.

Di seguito si riportano sinteticamente le stratigrafie ricavate dai sondaggi:

SONDAGGIO S1		
Prof. (m da p.c.)	Descrizione	Prof. Campioni (m da p.c.)
0.00 – 1.00	Argilla limosa	Sh1: 4,3 – 5,0 Sh2: 7,3 – 8,0 Sh3: 9,0 – 9,7 Sh4: 12,0 – 12,6 Sh5: 18,0 – 18,6
1.00 – 3.40	Limo argilloso a tratti deb. sabbioso	
3.40 – 4.30	Argilla limosa	
4.30 – 11.30	Argilla deb. limoso	
11.30 – 13.80	Limo argilloso	
13.80 – 14.30	Argilla deb. limosa passante a sabbiosa	
14.30 – 17.00	Sabbia limosa	
17.00 – 19.90	Argilla limosa	
19.90 – 22.40	Sabbia limosa	
22.40 – 30.00	Argilla deb. limosa passante a limosa	



Figura 11 Casse catalogatrici sondaggio S1

6.3 Prove SPT

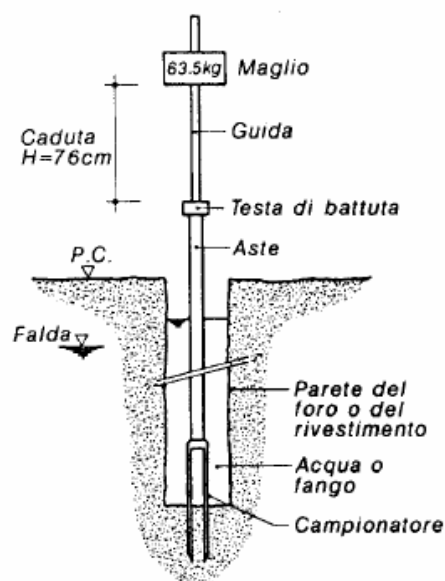
Le prove S.P.T. sono state eseguite seguendo le modalità standard suggerite dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) ed hanno fornito i dati necessari per determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni.

Si tratta di prove che vengono eseguite in avanzamento, durante il carotaggio continuo, principalmente in terreni granulari e coesivi, sul fondo del foro di sondaggio adeguatamente pulito da eventuale materiale franato dalle pareti dello stesso. Tramite queste prove si ottengono dei valori quantitativi sulla resistenza del suolo alla penetrazione.

La resistenza alla penetrazione viene determinata in funzione del numero di colpi necessari ad infiggere nel terreno un particolare campionatore per una lunghezza pari a 30 cm.

La prova consiste nel far cadere una massa (maglio a sganciamento a caduta libera), di peso pari a

63.50 Kg, da un'altezza standard di 76,0 cm su una batteria di aste di collegamento a sezione circolare ($L = 3.00$ m, $\varnothing = 50$ mm).



Il numero di colpi N_{spt} è la somma dei valori relativi agli ultimi due tratti di prova (30 cm) e consente la definizione, con buon grado di precisione, dei principali parametri meccanici del terreno; i valori riferiti ai primi 15 cm, generalmente non vengono considerati in quanto rappresentativi di un terreno disturbato dalla perforazione.

Per i terreni in cui si è registrato il rifiuto della prova non esistono in letteratura correlazioni con l'angolo di attrito e/o con la coesione. Indicativamente è possibile individuare un

valore di massima ponendo in tale caso $N_{spt} = 50$.

Nel paragrafo successivo vengono riportati i dati registrati in fase di esecuzione delle prove S.P.T. effettuate nel corso dei sondaggi geognostici (tali dati sono indicati anche nelle colonne stratigrafiche in Annesso 2).

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

Di seguito si riportano i risultati delle prove SPT realizzate nel sondaggio:

SONDAGGIO 1

Prof. (m da p.c.)	SPT (N ₁ /N ₂ /N ₃)	N _{SPT}	TIPOLOGIA
12.6	6-4-7	11	granulare/coesivo
14.5	5-6-8	14	granulare
16.5	6-9-13	22	granulare
20.0	5-6-6	12	granulare
28.0	19-23-27	50	coesivo

Interpretazione dati penetrometrici del tipo SPT

Le prove penetrometriche del tipo SPT, eseguite in avanzamento di perforazione hanno permesso di conoscere la resistenza alla penetrazione offerta dai terreni attraversanti dall'utensile. Qui di seguito vengono riportate alcune correlazioni, tratte dalla letteratura geotecnica, utilizzate al fine di ricavare alcuni valori fisici e meccanici dei terreni riscontrati durante le perforazioni. Si precisa che i valori geotecnici ricavati dalle correlazioni sono indicativi in quanto le variabili (profondità, litologia ecc...), che entrano in gioco nella valutazione dei parametri, sono molteplici e non tutte facilmente controllabili.

- **Densità relativa:** determinata secondo le indicazioni riportate nella seguente tabella sia definendo con un aggettivo il grado di addensamento (Terzaghi-Peck) sia individuando il corrispondente valore numerico. Per definire il valore della Dr è stata utilizzata la formula suggerita da Skempton (1986) e Maye et Al. (2001) presentata di seguito:

$$D_R = 100 \sqrt{\frac{(N_1)_{60}}{60}}$$

(Skempton-1986, Maye et al.-2001)

NSPT colpi/30 cm	DENSITA' RELATIVA	
	Terzaghi-Peck (1948)	Gibbs-Holtz (1957)
0-4	Sciolti	0-15 %
4-10	Poco addensato	15-35 %
10-30	Moderatamente addensato	35-65 %
30-50	Addensato	65-85 %
> 50	Molto addensato	85-100 %

- **Angolo di attrito:**

determinato con il metodo Peck – Hanson – Thornburn (1974) di seguito riportato.

$$\varphi' (^{\circ}) = 24,75 + 0,45 N_{SPT} - 0,0025 (N_{SPT})^2$$

- **Peso di volume:**

Il valore del peso di volume è stato in prima battuta stimato utilizzando le correlazioni di seguito riportate; tuttavia, negli Allegati vengono indicati i valori ricavati dalle analisi di laboratorio nei singoli campioni prelevati.

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967): correlazione valida per peso specifico del materiale (G) pari a circa 2,65 t/mc e per indici dei vuoti (e) variabile da 1 a 1/3.

Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd
0	1,83	1,33	25	2,02	1,64	50	2,15	1,85	75	2,20	1,93
5	1,88	1,41	30	2,05	1,69	55	2,16	1,87	80	2,21	1,95
10	1,93	1,50	35	2,08	1,73	60	2,17	1,88	85	2,23	1,97
15	1,96	1,54	40	2,10	1,77	65	2,18	1,90	90	2,24	1,99
20	1,99	1,59	45	2,13	1,81	70	2,19	1,92	95	2,24	1,99

- **Coesione non drenata:**

Nei terreni coesivi la determinazione delle resistenze al taglio in termini di tensioni totali (cu) è stata eseguita in quei terreni coesivi caratterizzati da una plasticità medio-bassa. I valori di resistenza al taglio sono stati determinati adottando la correlazione di Terzaghi & Peck, valida solo per le argille di media plasticità, in cui la coesione non drenata è calcolata in funzione del numero di colpi NSPT ed è espressa in kg/cm2.

$$Cu = 0.067 \times N_{SPT}$$

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967): correlazione valida per peso specifico del materiale (G) pari a circa 2,70 t/mc.

Nspt	Ysat	W%	e	Nspt	Ysat	W%	E	Nspt	Ysat	W%	e
0	1,60	68	1,833	10	1,90	33	0,892	20	2,02	25	0,667
2	1,75	47	1,267	12	1,92	31	0,842	22	2,04	23	0,628
4	1,80	42	1,125	14	1,95	29	0,795	24	2,07	22	0,591
6	1,85	37	1,000	16	1,97	28	0,750	26	2,09	21	0,556
8	1,87	35	0,945	18	2,00	26	0,708	28	2,10	20	0,545

Dove:

γ_{sat} [t/m³] = peso di volume saturo

γ_d [t/m³] = peso di volume secco

W = umidità %

e = indice vuoti

Di seguito si riportano i parametri ricavati secondo le correlazioni precedentemente esposte per ogni SPT del sondaggio:

ID SPT	Prof. (m)	N _{SPT}	Dr (%)	ϕ°	cu	γ_{sat} (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	TIPO
1	12.6	11	39.4	29.4	-	1.93	1.50	granulare/coesivo
2	14.5	14	43.0	30.6	-	1.96	1.54	granulare
3	16.5	22	52.5	33.4	-	1.99	1.59	granulare
4	20.0	12	37.2	29.8	-	1.93	1.50	granulare
5	28.0	50	-	-	3.35	2.20	-	coesivo

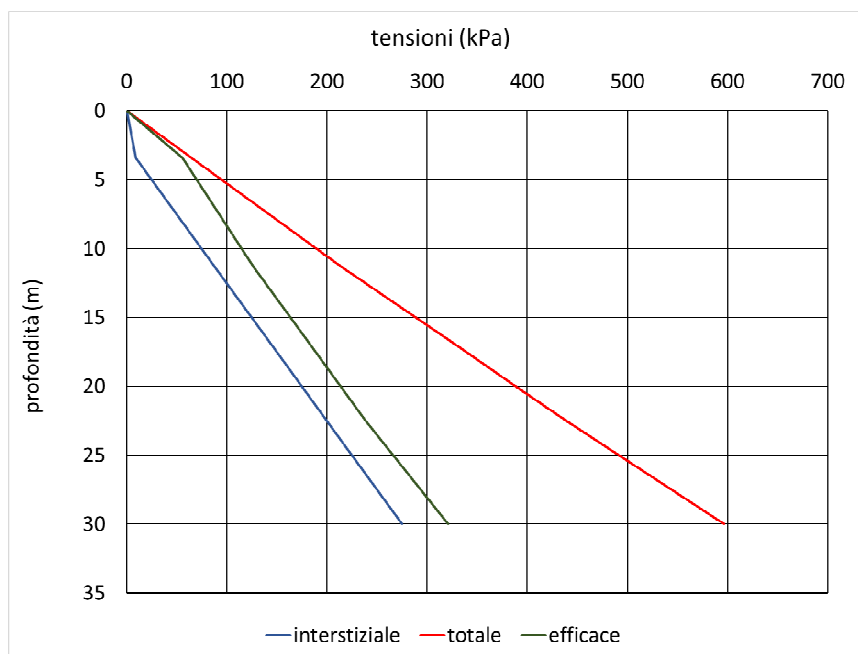


Diagramma delle tensioni totali ed efficaci sulla base delle prove SPT

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

6.4 Risultati di laboratorio geotecnico su campioni prelevati

Di seguito si riportano sintetizzati in tabella i parametri ricavati dalle prove di laboratorio sui campioni Shelby prelevati nel corso dei sondaggi. I certificati di prova di laboratorio sono allegati alla presente relazione.

Sond.	ID camp.	Prof (m da p.c.)	Descrizione litologica
S1	Sh1	4,3 – 5,0	Argilla mediamente compatta color grigio
	Sh2	7,3 – 8,0	Argilla deb. limosa compatta color nocciola
	Sh3	9,0 – 9,7	Argilla compatta color grigio
	Sh4	12,0 – 12,6	Sabbia limosa color nocciola
	Sh5	18,0 – 18,6	Argilla deb. limosa color grigio

Tabella descrizione litologica campioni

Sond.	ID camp.	prof. (m da p.c.)	peso di volume (kN/m ³)		contenuto d'acqua (w) %	Taglio diretto		Triassiale C.I.U.		Edometrica
			γ	γ_{dry}		c'_p (kPa)	ϕ'_p (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)	
S1	Sh1	4,3 – 5,0	18,04	13,36	35,04	12,75	23	-	-	-
	Sh2	7,3 – 8,0	18,78	14,41	30,31	-	-	-	-	Rif. Allegato 3
	Sh3	9,0 – 9,7	18,41	14,06	30,88	-	-	19,11	26	-
	Sh4	12,0 – 12,6	19,18	15,39	24,66	26,72	33	-	-	-
	Sh5	18,0 – 18,6	18,70	14,51	28,89	-	-	20,10	27	-

Tabella parametri geotecnici

6.5 Modello Geotecnico

Dall'elaborazione dei dati penetrometrici di campagna è possibile, tramite correlazioni ampiamente documentate dalla scienza geotecnica, risalire alle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni attraversati.

PARAMETRI MEDI e CARATTERISTICI

CPTU1

Nr.	Prof.	Tipo	Rp	Fs	Cu	Cuk	Mo	Puv	Puvs	Dr	Fi/φ'	Fi/φ'k
1	0.00 – 3.60	I	34.10	0.41	-	-	68.2	1.9	2.2	49.8	36.2	35.2
2	3.60 – 11.90	C	14.27	0.91	0.9	0.8	71.4	1.9	2.0			
3	11.90 – 14.20	I	27.28	0.75	-	-	68.2	2.0	2.1	23.5	30	29
4	14.50 – 16.40	I	127.18	0.42	-	-	190.8	1.9	2.2	64.9	37.1	36.1
5	16.40 – 20.30	CI	15.50	0.46	1.0	0.9	77.5	1.9	2.0	5.0	29	28
6	20.30 – 24.20	I	57.38	0.52	-	-	97.6	1.9	2.2	37.5	31.7	30.7
7	24.20 – 30.00	CI	21.71	0.72	1.3	1.2	54.3	2.0	2.0	7.3	29	28

SCPTU2

Nr.	Prof.	Tipo	Rp	Fs	Cu	Cuk	Mo	Puv	Puvs	Dr	Fi/φ'	Fi/φ'k
1	0.00 – 3.00	CI	18.16	0.35	1.3	1.2	90.8	2.0	2.0	35.2	33.7	32.7
2	3.00 – 12.00	C	14.01	0.92	0.9	0.8	70.1	1.9	2.0	-	-	-
3	12.00 – 16.00	I	79.64	0.63	-	-	135.4	1.9	2.2	53.0	35.0	34.0
4	16.00 – 20.00	CI	19.02	0.44	1.2	1.1	95.1	1.9	2.0	9.1	29	28
5	20.00 – 24.00	I	57.11	0.45	-	-	97.1	1.9	2.2	37.7	31.8	30.8
6	24.00 – 30.30	CI	18.91	0.68	1.1	1.0	94.6	1.9	2.0	-	-	-

LEGENDA Nr: Numero progressivo strato - Prof: Profondità strato (m)/Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente/ CO: Coesivo-Organico /Rp: Resistenza alla punta media dello strato (Kg/cm²) / Fs: Resistenza laterale media dello strato (Kg/cm²). /Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²) – Terzaghi/ Cuk: Coesione non drenata (Kg/cm²) – Parametro Caratteristico/ Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²) - Mitchell & Gardner (1975) / Puv: Peso unità di volume (t/m³) /PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m³)/ Dr: Densità relativa (%) – Lancellotta (1983)/ Fi: Angolo di resistenza al taglio (°) – Schmertmann /Fik: Angolo di resistenza al taglio (°) – Parametro Caratteristico

Al termine della prova, tramite freatimetro di precisione, è stato misurato il livello statico della falda freatica, rispetto al piano delle indagini, pari a -2.50/2.70 (CPTU1/SCPTU2), metri dal piano campagna. Da specificare che tali valori sono stati misurati all'interno dei piezometri installati nel foro d'indagine dopo qualche ora dal termine della prova. L'individuazione della falda è legata al tipo d'incarico ricevuto e al periodo di osservazione strettamente connesso con l'incarico.

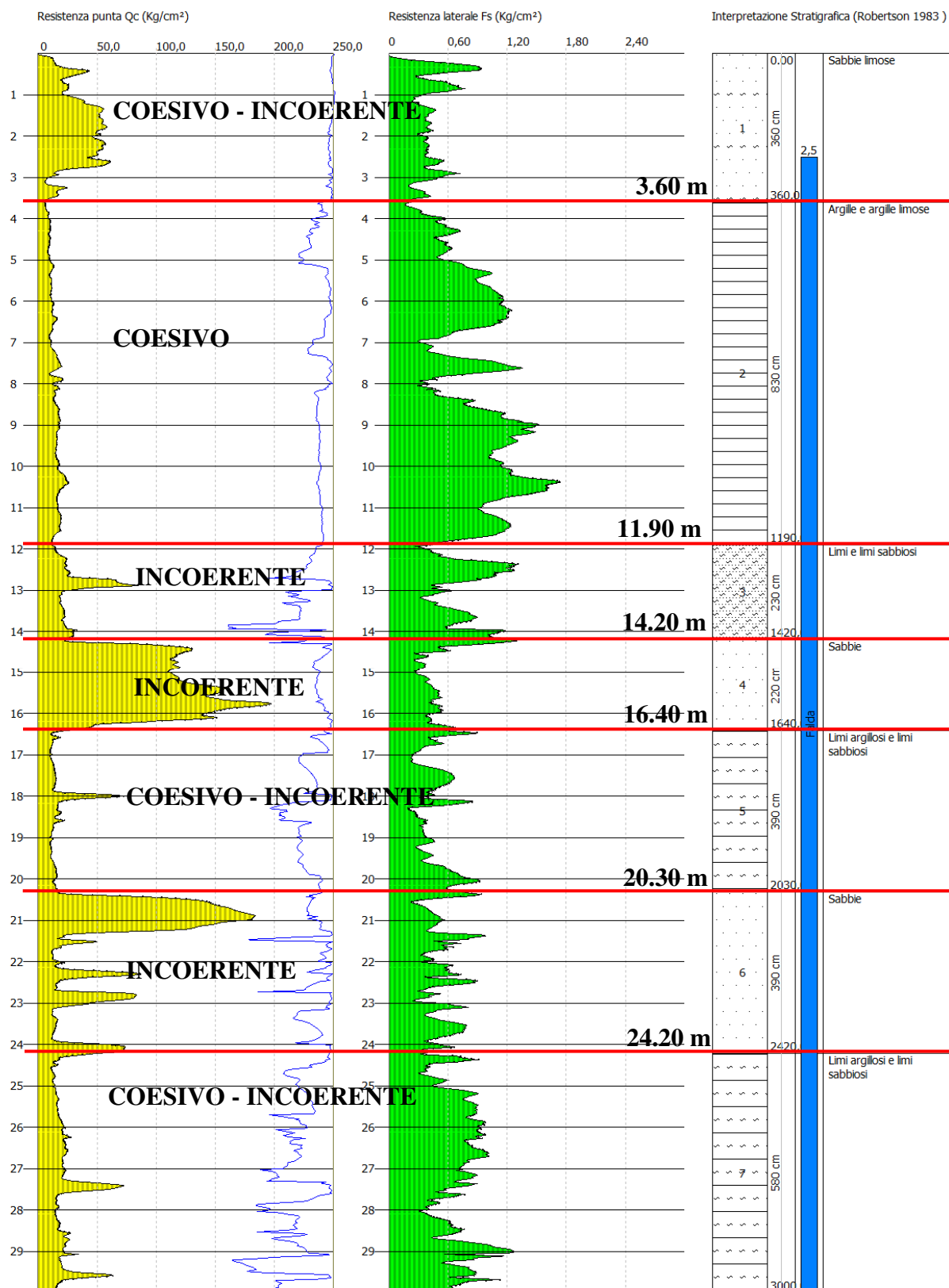


Fig. 12 – Prova CPTU1

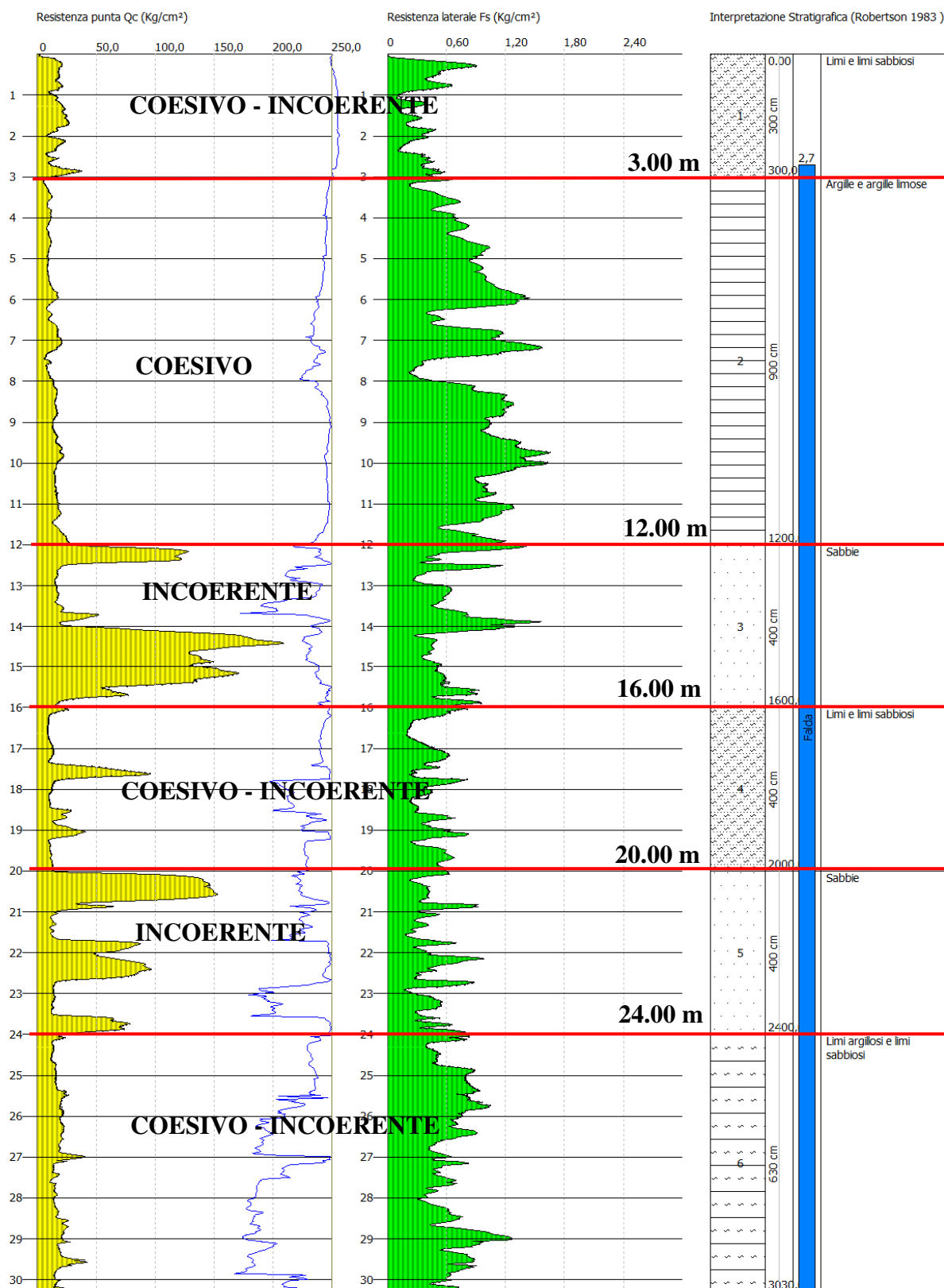


Fig. 12bis – Prova SCPTU2

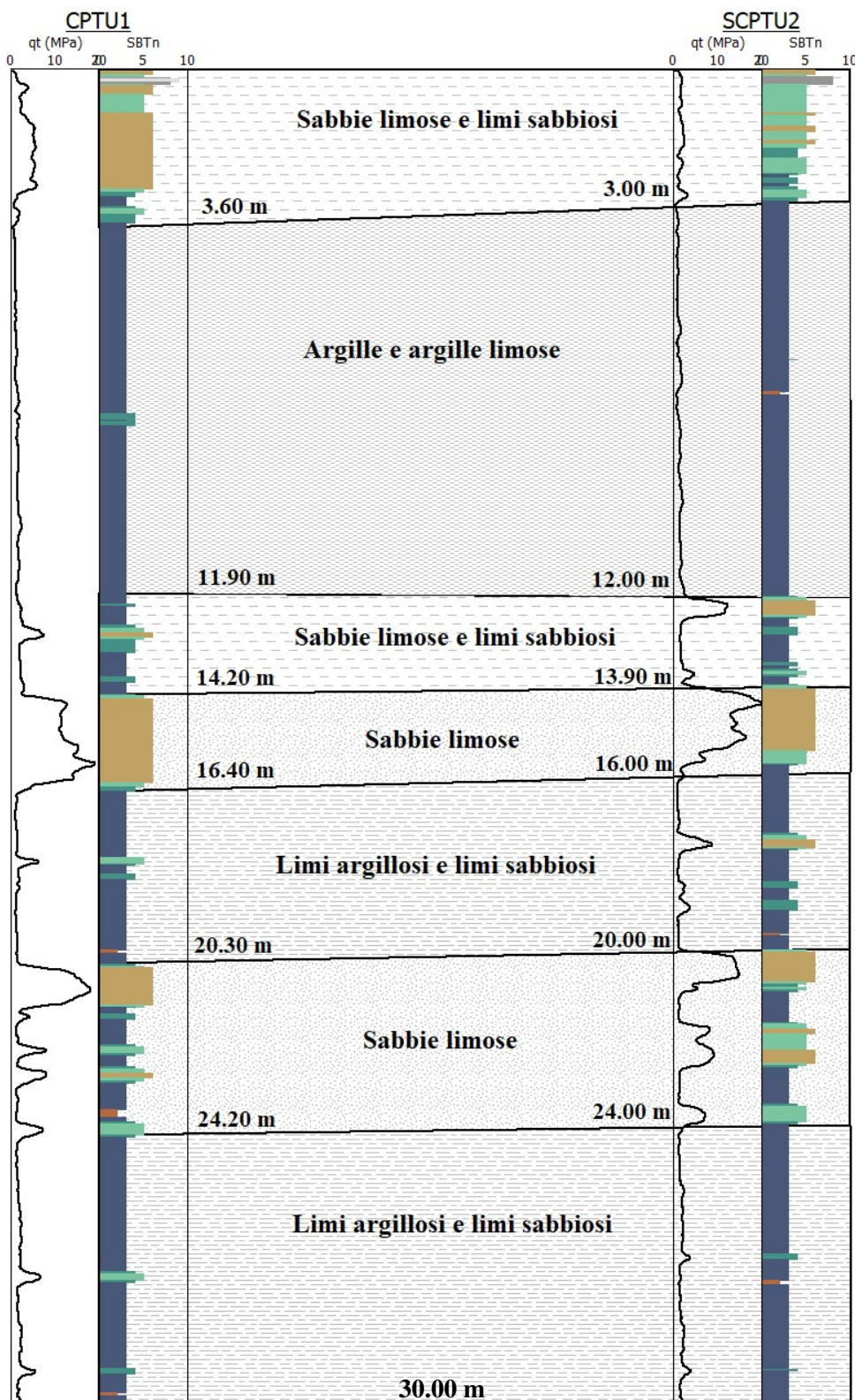


Fig. 12ter – Sezione longitudinale CPTU1-SCPTU2

7. CLASSIFICAZIONE SECONDO L'O.P.C.M. 3274

Il sito in esame, deve essere classificato sulla base del valore di V_{s30}

7.1 Determinazione della categoria di suolo

Dalla elaborazione dei dati raccolti:

- a) nel corso della prova SCPTU 2, è stata ricavata la V_{s30} :

Nel caso specifico, risulta un valore di $V_{s30} = 197 \text{ m/s}$

In base alle risultanze di cui sopra il sito esaminato potrebbe rientrare nella categoria di suolo tipo C ($S=1.56$ secondo NTC 2018)

C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s*

Nelle pagine seguenti vengono fornite le tabelle recanti la classificazione del sito (NTC 2018) e le categorie topografiche.

categorie di suolo di fondazione

		Ss	Cc	S= Ss * St
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s	1.20	1.42	1.20
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s	1.41	1.60	1.41
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s	1.68	2.36	1.68
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$)	1.47	1.91	1.47

I parametri a/g , F_0 e T^*c vengono forniti dalla normativa

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

Nella tabella seguente vengono riportate le *Categorie Topografiche*, riferite a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, che devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 metri.

St			
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $i \leq 15^\circ$	1	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2	Valore alla sommità del pendio
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2	Valore della cresta del rilievo
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4	Valore della cresta del rilievo

Ai fini della presente normativa (NTC 2018), le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

In allegato alla norma citata (NTC 2018), per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_o e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

I valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0,025 * S * T_c * T_D * a_g$$

$$v_g = 0,16 * S * T_c * a_g$$

dove:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di suolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione $S = S_s * S_T$

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.5986

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_c * T_c^*$, dove C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi tabelle precedenti)

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante $T_B = T_C/3$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in

secondi mediante la relazione: $T_D = 4,0 \frac{a_g}{g} + 1,6$

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella sottostante, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

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

Riassumendo:

Zona sismica di appartenenza: 3

Sottosuolo categoria: C

Accelerazione massima al suolo: $a_{max}: S * a_{refg} = 1,41 * 0,189g = 0,266 g$

Spostamento e velocità del terreno

I valori dello spostamento e della velocità orizzontali massimi del suolo (d_g) e (v_g), sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0,025 * S * T_c * T_D * a_g \rightarrow C_c = 1,60 \quad T_c^* = 0,280$$

$$v_g = 0,16 * S * T_c * a_g$$

$$T_c = C_c * T_c^* = 0,448$$

$$T_D = 4,0 \frac{a_g}{g} + 1,6 = 2,4$$

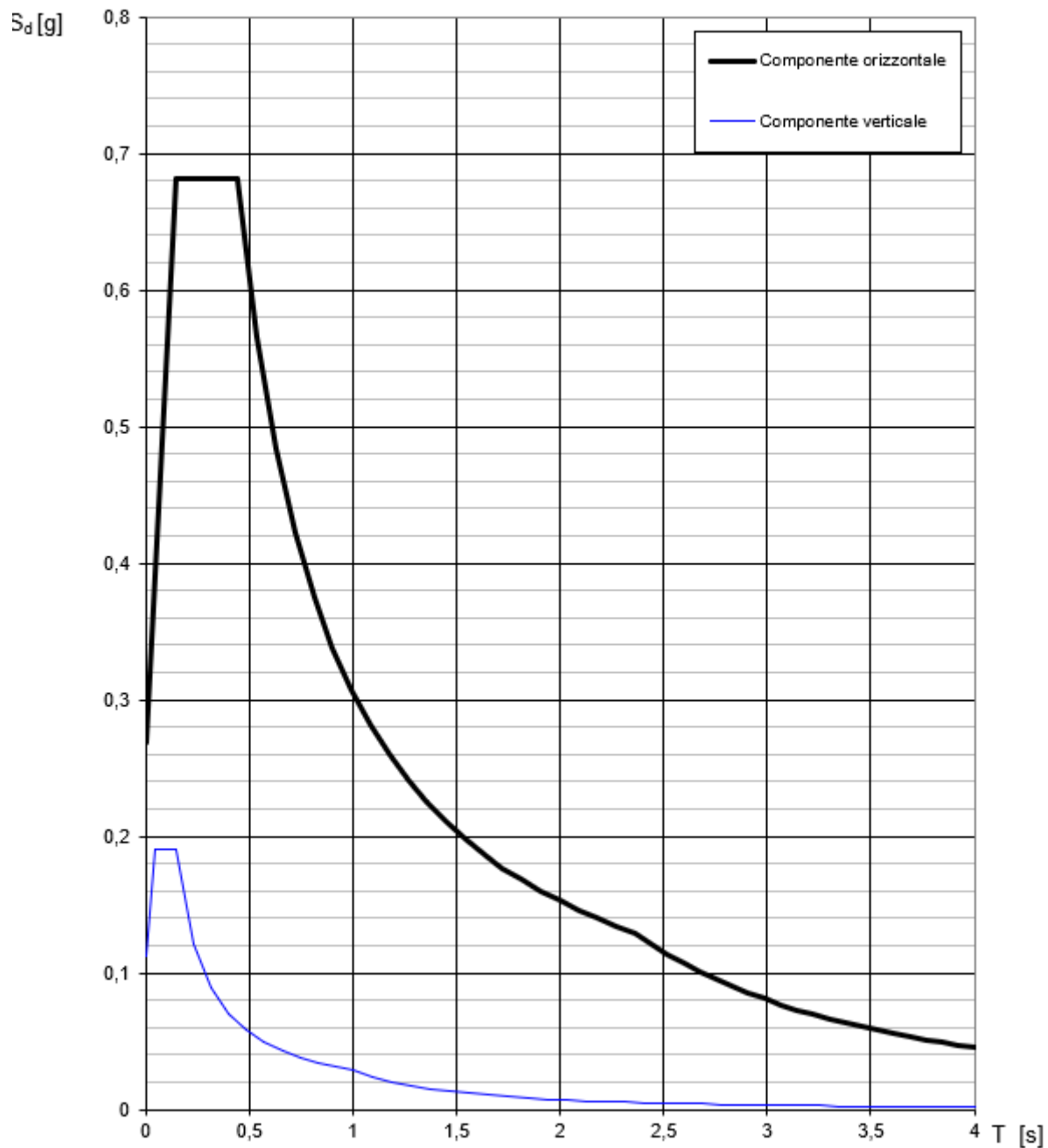
per i terreni in esame, risulta:

$$d_g = 0,025 * 1,41 * 0,448 * 2,4 * 0,189 * 9,81 = \mathbf{0,070 \text{ mt (7,0 cm)}}$$

$$v_g = 0,16 * 1,41 * 0,448 * 0,189 * 9,81 = \mathbf{0,187 \text{ m/s.}}$$

Di seguito sono riportate le elaborazioni degli spettri di risposta

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



COMPONENTE ORIZZONTALE

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,191 g
F_a	2,534
T_C	0,280 s
S_S	1,410
C_C	1,598
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,410
η	1,000
T_B	0,149 s
T_C	0,448 s
T_D	2,363 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,269
T_B	0,149	0,682
T_C	0,448	0,682
	0,539	0,566
	0,630	0,484
	0,721	0,423
	0,813	0,376
	0,904	0,338
	0,995	0,307
	1,086	0,281
	1,177	0,259
	1,269	0,241
	1,360	0,224
	1,451	0,210
	1,542	0,198
	1,633	0,187
	1,725	0,177
	1,816	0,168
	1,907	0,160
	1,998	0,153
	2,089	0,146
	2,180	0,140
	2,272	0,134
T_D	2,363	0,129
	2,441	0,121
	2,519	0,114
	2,597	0,107
	2,675	0,101
	2,753	0,095
	2,831	0,090
	2,909	0,085
	2,987	0,081
	3,065	0,077
	3,142	0,073
	3,220	0,070
	3,298	0,066
	3,376	0,063
	3,454	0,060
	3,532	0,058
	3,610	0,055
	3,688	0,053
	3,766	0,051
	3,844	0,049
	3,922	0,047
	4,000	0,045

COMPONENTE VERTICALE

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limiteSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,112 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,494
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,112
T_B 0,050	0,190
T_C 0,150	0,190
0,235	0,121
0,320	0,089
0,405	0,070
0,490	0,058
0,575	0,050
0,660	0,043
0,745	0,038
0,830	0,034
0,915	0,031
T_D 1,000	0,028
1,094	0,024
1,188	0,020
1,281	0,017
1,375	0,015
1,469	0,013
1,563	0,012
1,656	0,010
1,750	0,009
1,844	0,008
1,938	0,008
2,031	0,007
2,125	0,006
2,219	0,006
2,313	0,005
2,406	0,005
2,500	0,005
2,594	0,004
2,688	0,004
2,781	0,004
2,875	0,003
2,969	0,003
3,063	0,003
3,156	0,003
3,250	0,003
3,344	0,003
3,438	0,002
3,531	0,002
3,625	0,002
3,719	0,002
3,813	0,002
3,906	0,002
4,000	0,002

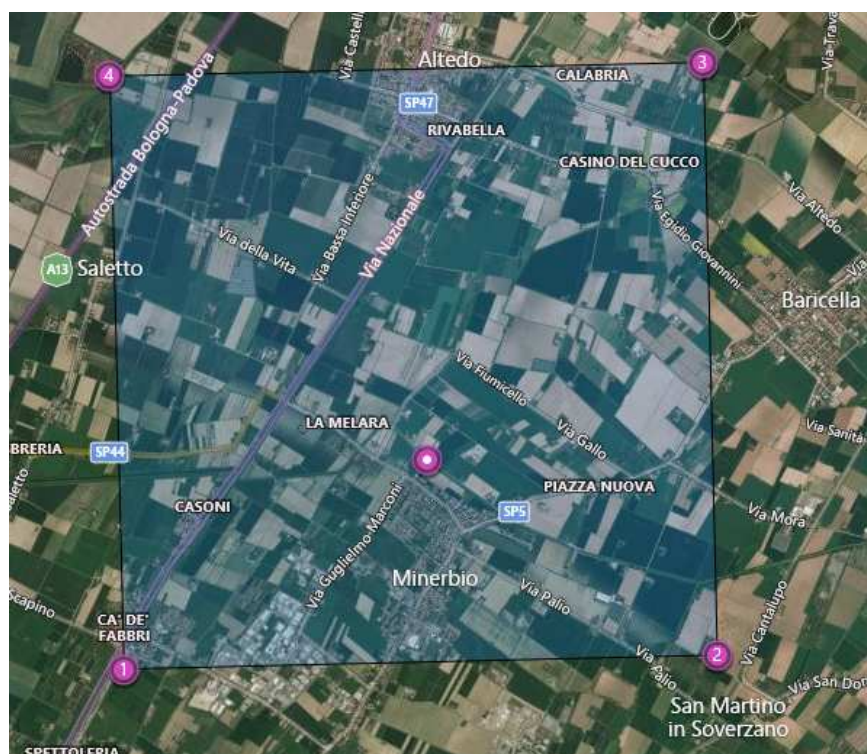
7.3 Parametri sismici (Pericolosità sismica di base e di sito)

Tramite programma per PC (**Geostru PS advanced**) dopo aver inserito:

- le coordinate geografiche del sito in oggetto;
 - la vita nominale dell'opera;
 - la classe d'uso;
 - la tipologia (nel nostro caso fondazioni);
 - la categoria di suolo (nel nostro caso C);
 - la categoria topografica (nel nostro caso T1)
- si passa al calcolo dei coefficienti sismici.

Riassumendo

TIPO DI COSTRUZIONE (opere ordinarie...)	2
VITA NOMINALE V_N	≥ 50 ANNI
CLASSE D'USO (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti... senza funzioni pubbliche essenziali)	III
COEFFICIENTE D'USO C_U	1,5
PERIODO DI RIFERIMENTO per l'azione sismica $V_R = V_N \cdot C_U$	75 anni



Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: III
 Coefficiente d'uso (Cu): 1,5
 Periodo di riferimento (Vr): 75 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 45 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 75 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 712 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1462 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44,6341705 [°]
 Longitudine (WGS84): 11,4890461 [°]
 Latitudine (ED50): 44,6351051 [°]
 Longitudine (ED50): 11,4900379 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	16288	44,617440	11,454210	3449,18
2	16289	44,618630	11,524370	3276,76
3	16067	44,668610	11,522730	4535,29
4	16066	44,667430	11,452530	4660,90

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,049	2,468	0,258
SLO	45	0,057	2,498	0,270
	50	0,060	2,506	0,273
	72	0,071	2,497	0,278
SLD	75	0,072	2,493	0,278
	101	0,084	2,465	0,279
	140	0,099	2,478	0,278
	201	0,116	2,528	0,277
	475	0,163	2,558	0,276
SLV	712	0,191	2,534	0,280
	975	0,215	2,516	0,283
SLC	1462	0,249	2,484	0,289
	2475	0,301	2,442	0,297

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	---

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,049	2,463	0,258
SLO	45	0,057	2,495	0,270
	50	0,060	2,503	0,273
	72	0,071	2,479	0,279
SLD	75	0,073	2,477	0,279
	101	0,085	2,460	0,277
	140	0,099	2,505	0,275
	201	0,116	2,538	0,277
	475	0,164	2,561	0,276
SLV	712	0,191	2,534	0,280
	975	0,216	2,513	0,284
SLC	1462	0,250	2,482	0,289
	2475	0,302	2,443	0,297

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,046	2,477	0,258
SLO	45	0,055	2,485	0,270
	50	0,058	2,487	0,273
	72	0,069	2,451	0,280
SLD	75	0,071	2,461	0,279
	101	0,082	2,537	0,268
	140	0,096	2,557	0,271
	201	0,112	2,581	0,272
	475	0,159	2,585	0,275
SLV	712	0,187	2,547	0,279
	975	0,212	2,518	0,283
SLC	1462	0,246	2,484	0,288
	2475	0,299	2,441	0,296

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,046	2,477	0,257
SLO	45	0,055	2,488	0,270
	50	0,058	2,491	0,273
	72	0,069	2,445	0,280
SLD	75	0,071	2,454	0,279
	101	0,082	2,519	0,269
	140	0,096	2,546	0,272
	201	0,112	2,580	0,272
	475	0,159	2,584	0,275

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

SLV	712	0,187	2,547	0,280
	975	0,211	2,518	0,283
SLC	1462	0,246	2,484	0,288
	2475	0,299	2,441	0,296

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,057	2,492	0,270
SLD	75	0,072	2,473	0,279
SLV	712	0,189	2,539	0,280
SLC	1462	0,248	2,483	0,289

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

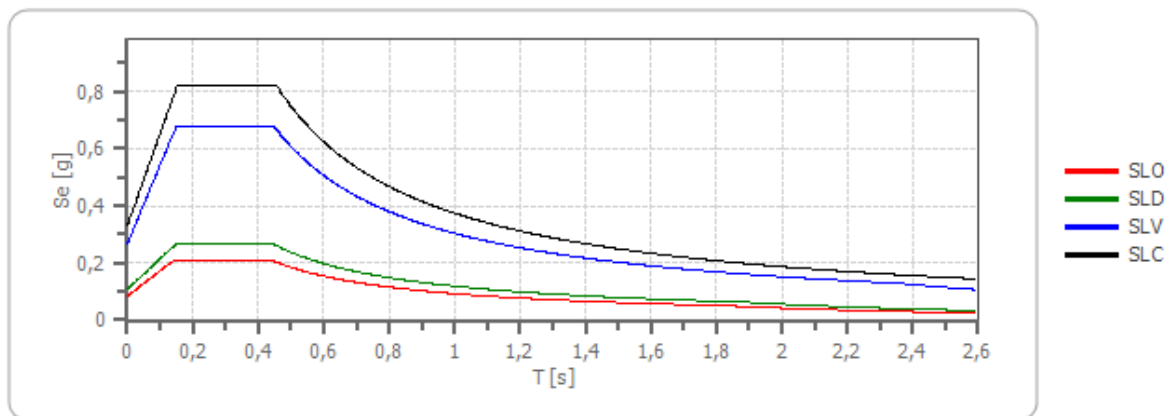
T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,022	0,064	0,092
kv	0,008	0,011	0,032	0,046
amax [m/s²]	0,831	1,055	2,615	3,232
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,057	2,492	0,270	1,500	1,620	1,000	1,500	1,000	0,146	0,437	1,826	0,085	0,211
SLD	1,5	0,072	2,473	0,279	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,149	0,446	1,887	0,108	0,266
SLV	1,5	0,189	2,539	0,280	1,410	1,600	1,000	1,410	1,000	0,149	0,448	2,357	0,267	0,677
SLC	1,5	0,248	2,483	0,289	1,330	1,580	1,000	1,330	1,000	0,152	0,456	2,591	0,330	0,818

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

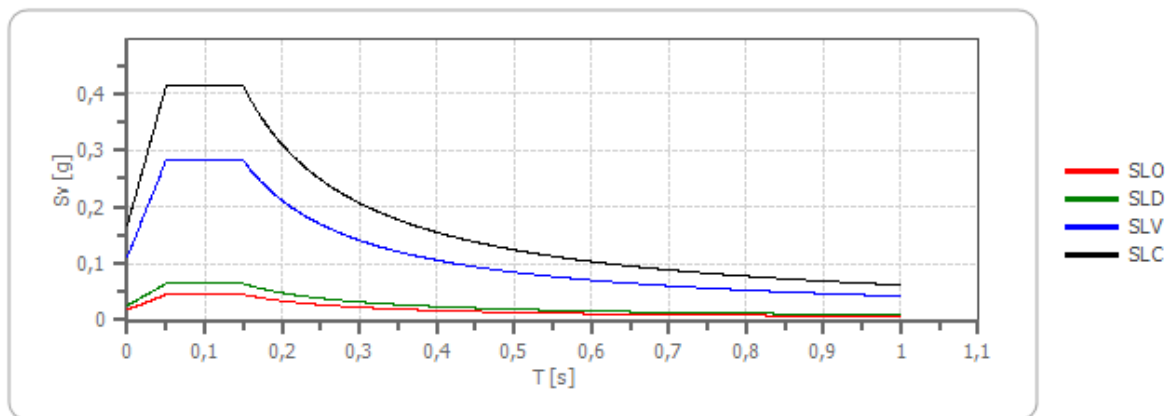
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{\eta}$:

1.000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,057	2,492	0,270	1	1,620	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,045
SLD	1,5	0,072	2,473	0,279	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,026	0,064
SLV	1,5	0,189	2,539	0,280	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,111	0,282
SLC	1,5	0,248	2,483	0,289	1	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,167	0,414

8. LIQUEFAZIONE

Poiché il territorio in oggetto risulta caratterizzato da andamento orizzontale, gli unici problemi che possono verificarsi in occasione di eventi sismici, sono legati unicamente a particolari caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni costituenti il substrato.

Il fenomeno della liquefazione, interessa sedimenti con falda superficiale, costituiti da materiali granulari fini (limi e sabbie fini) saturi, non consolidati, con granulometria uniforme ($U = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$) e

con densità da media a bassa.

Con l'aumentare della profondità, diminuisce la probabilità di liquefazione durante il sisma, poiché vengono richiesti valori di $<U>$ sempre più elevati per annullare la pressione litostatica crescente, oltre alla diminuzione dell'intensità delle sollecitazioni indotte dal sisma.

In generale le dimensioni dei granuli di un terreno sabbioso, controllano in maniera determinante il comportamento di questo materiale nei confronti delle sollecitazioni derivanti da vibrazioni.

Le sabbie con granulometrie fini ed uniformi hanno più facilità alla liquefazione, a parità di condizioni, delle sabbie con granulometrie più grossolane e meno uniformemente distribuite.

Il fenomeno si spiega con una maggiore capacità di dissipazione delle tensioni interstiziali che hanno le sabbie con granulometrie più grosse, nei confronti di sabbie con granulometrie più fini.

Poiché dai risultati della prova effettuata, sono stati individuati orizzonti tendenzialmente granulari e potenzialmente liquefacibili nei primi 20 metri, è stata quindi condotta la verifica a liquefazione, per questi livelli.

In corrispondenza della prova SCPTU 2/CPTU1, la verifica è stata condotta per singolo strato, con il metodo di Idriss e Boulanger 2014, e complessivamente fino a 20 metri. L'elaborazione della verifica alla liquefazione è stata realizzata attraverso il programma **Cliq**



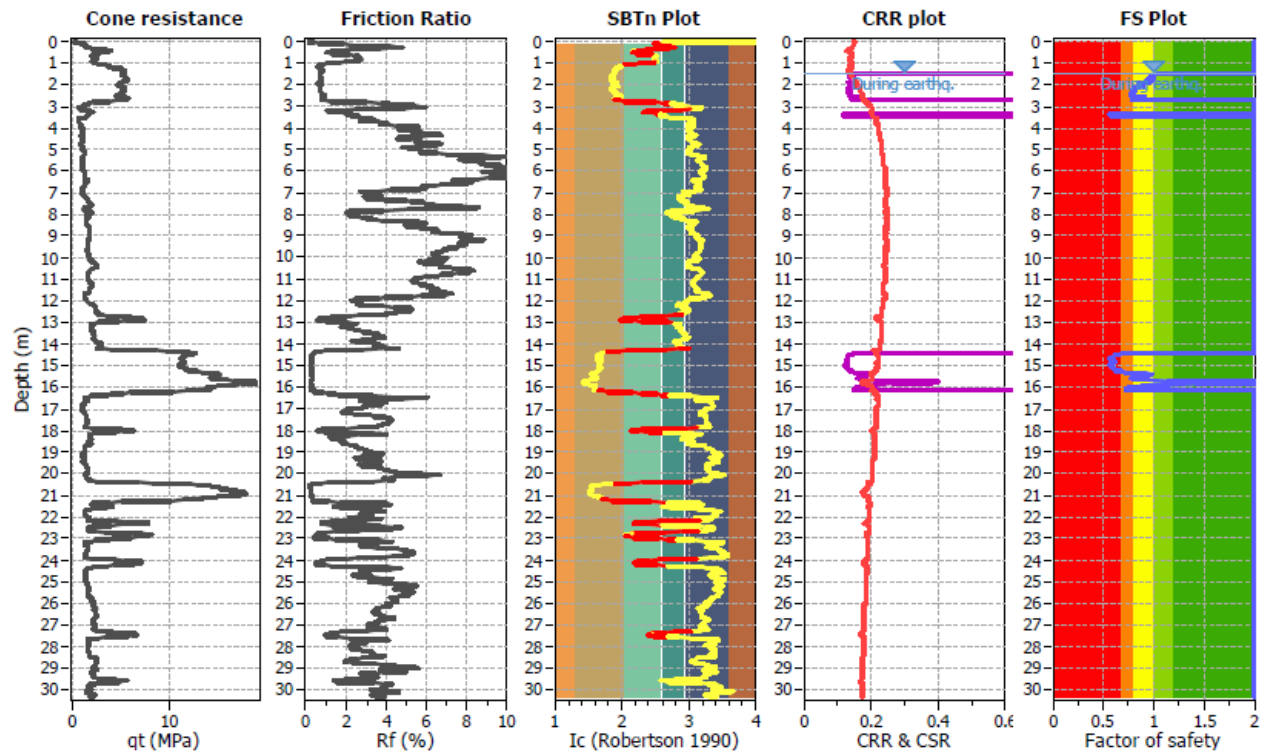
In base al valore di IL ottenuto attraverso le prove è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione riportato nella seguente tabella e nelle figure di seguito (output del programma):

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

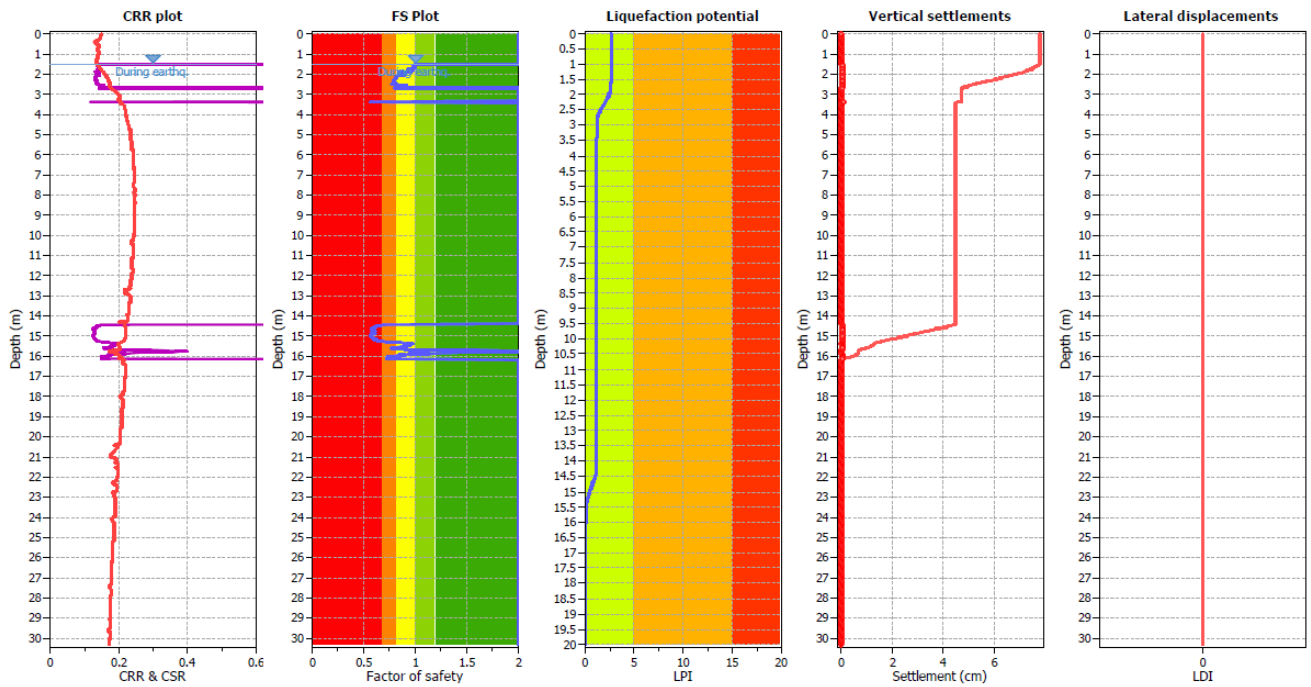
IL	Rischio di liquefazione	CPTU1	SCPTU2
IL = 0	Molto basso		
0 < IL ≤ 5	Basso	1.99	1.10
5 < IL ≤ 15	Alto		
15 < IL	Molto alto		

Considerando lo strato complessivo, l'indice di liquefazione (IL) risulta compreso tra 0 e 5, il che ci permette di evidenziare il rischio di liquefazione come “*moderatamente BASSO*”, per gli orizzonti riscontrati. Di seguito i diagrammi degli output del programma delle prove effettuate.

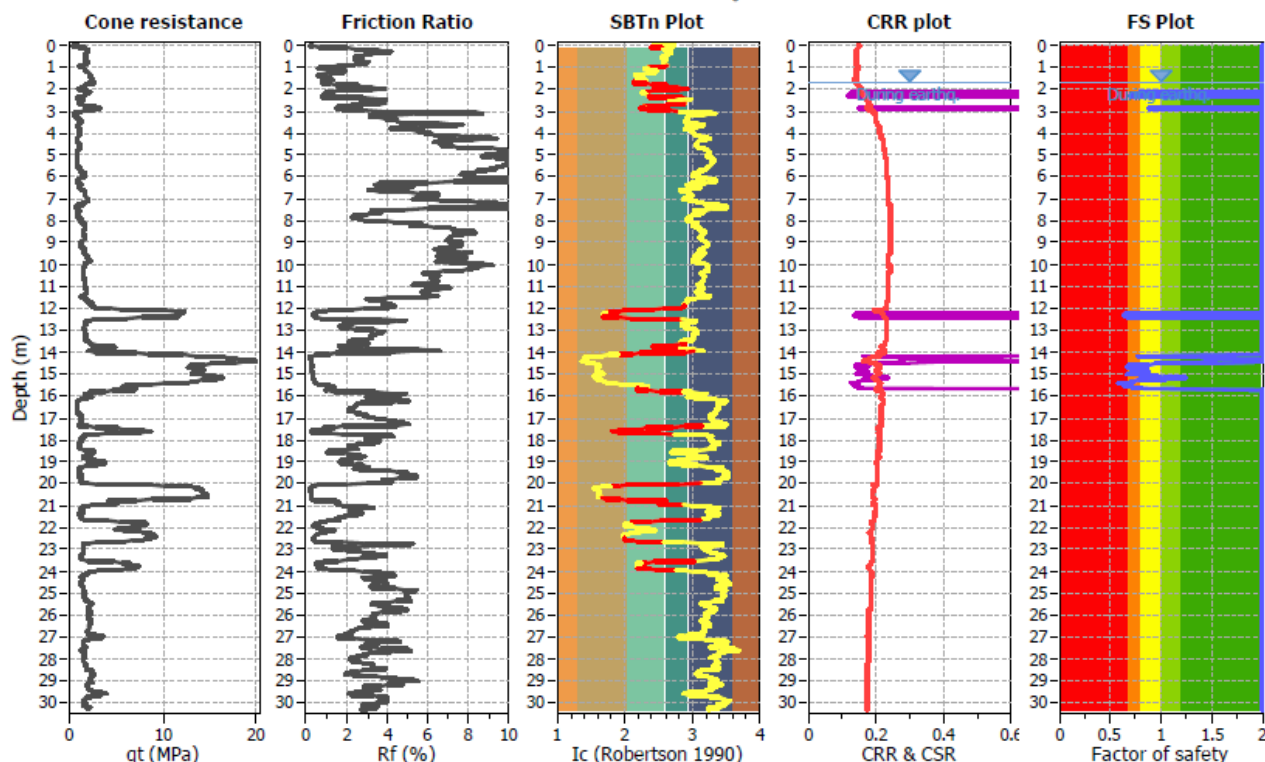
CLIQ Parametres	CPTU1	SCPTU2
Livello Statico Falda	2,50 mt da p.c.	2,70 mt da p.c.
Livello Falda durante Terremoto	2.00 mt da p.c.	2.20 mt da p.c.
Magnitudo	6,14	6,14
Teoria Utilizzata:	I&B (2014)	I&B (2014)
Accelerazione Max: $S * a_{refg} = 1,41 * 0,189g = 0,266 = 0,27 g$		



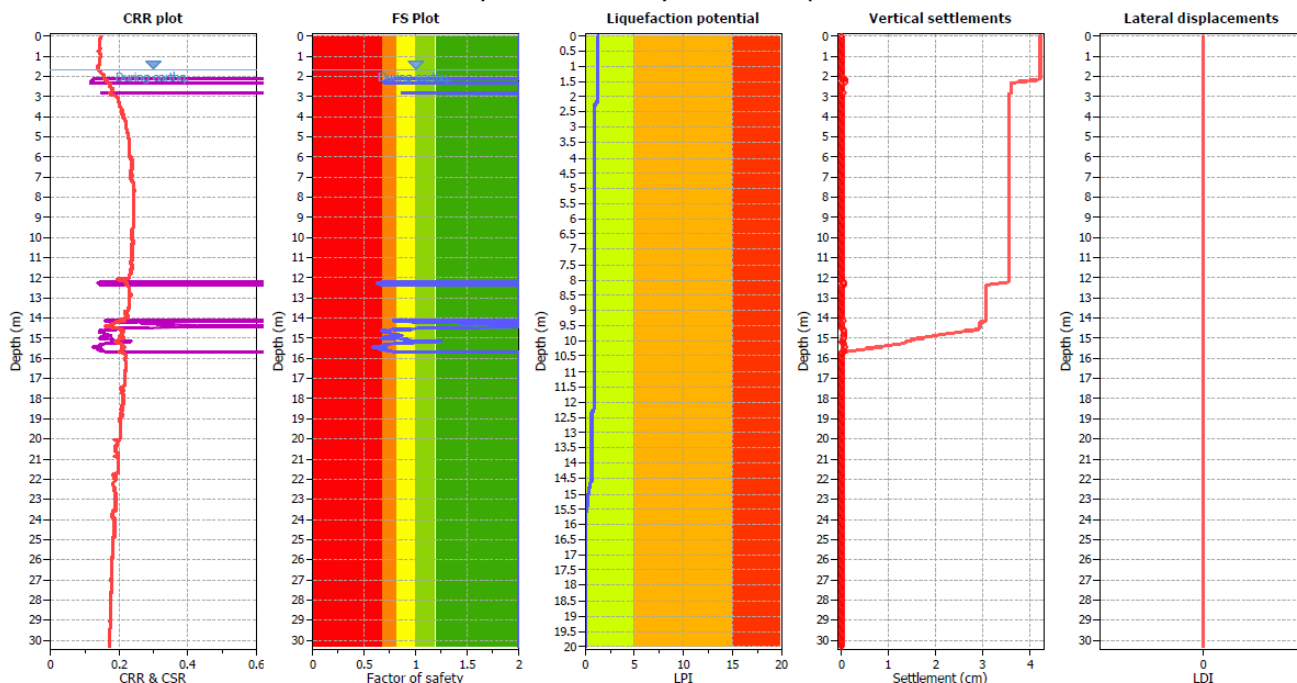
Liquefaction analysis overall plots



GRAFICI OUTPUT CLIQ PER CPTU 1



Liquefaction analysis overall plots



GRAFICI OUTPUT CLIQ PER SCPTU 2

Considerando i singoli strati, gli orizzonti risultano non liquefacibili, quando il Fattore di sicurezza alla liquefazione $FS > 1.00$. Nello specifico è stato utilizzato sempre attraverso il software Cliq, il metodo di Robertson e Wride, che permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

risultati delle prove penetrometriche statiche, esprimendo la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un fattore di liquefazione F_s dato dal rapporto tra la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico (CSR lim) e la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma (CSR max)

Un deposito **non è suscettibile a liquefazione** quando **FL (o F_s) ≥ 1.00**

Di seguito vengono riportare in tabella le risultanze ottenute, utilizzando come dato di input di accelerazione 0.27g

Profondità strato	ID. PROVA e STRATO	F. S. (acc.:0,27g)
0.00 – 3.60	CPTU (Sabbie Limose)	1.60
14.20 – 16.40	CPTU (Sabbie)	1.10
0.00 – 3.00	SCPTU (Limi e limi sabbiosi)	1.92
12.00 – 16.00	SCPTU (Sabbie)	1.56

Da quello che possiamo vedere tutti i gli strati sono sopra al fattore di sicurezza.

Cedimenti Post-sismici	
CPTU1	7.79 cm
SCPTU2	4.21 cm

9. PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO

La pericolosità del lotto è stata effettuata sulla base dell'individuazione di:

- spessori potenzialmente liquefacibili;
- presenza di terreni con caratteristiche portanti scarse;
- condizioni idrogeologiche particolari;
- presenza di rilevati.

Per il terreno in esame, fino alla massima profondità d'indagine (mt. 30.00):

1. sono stati individuati livelli a natura granulare, potenzialmente liquefacibili compresi tra piano campagna e mt 20.00 “ipotizzati in via cautelativa continui”, le cui verifiche sono state calcolate nel capitolo 8;
2. sono stati individuati livelli centimetrici, caratterizzati da bassi valori di resistenza alla punta del penetrometro e bassa coesione:
- in CPTU 1 da mt 3.56 a mt 3.76 con valori da 5 a 6 kg/cm²
3. per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche, si segnala la presenza di terreni superficiali a natura coesivi-granulare e granulari;
4. Si segnala la presenza di argini fluviali nell'intorno delle prove

9.1 Caratteri idrogeologici e idrologici

Nei fori residuali delle indagini eseguite in data 06/04/2022, è stato inserito un piezometro da ½ pollice col fine di misurare la quota di falda delle prove in condizioni più stazionarie possibili, per avere un valore preciso e rappresentativo. Col freatimetro di precisione è stata misurata la quota della superficie di saturazione, alla seguente profondità riferita al piano campagna:

Prova CPT effettuata	Profondità del livello di saturazione dal p.c. (mt)
SCPTU1	-2.70
CPTU1	-2.50

Vista la situazione al contorno, l'acqua presente all'interno dei fori residuali delle indagini eseguite, corrisponde in questo caso ad acqua di infiltrazione superficiale o di saturazione, a movimento prevalentemente verticale, regimata principalmente dall'evapotraspirazione e dall'infiltrazione efficace (di fatto la componente granulare si trova a maggiori profondità). In ogni caso, in virtù di una consuetudine comune acquisita da tempo, nel presente testo tale acqua di infiltrazione potrà essere comunque denominata “falda superficiale” o “falda freatica”.

Per quanto riguarda le acque di superficie, si segnala la presenza del canale allacciante IV circondario all'interno dell'area d'indagine, a circa 15 m dalle prove.

Si ricorda che l'individuazione della falda è legata al tipo d'incarico ricevuto e al periodo di osservazione strettamente connesso con l'incarico.

10. TIPO DI FONDAZIONI

Le scelte progettuali per le opere di fondazione, vanno fatte contestualmente e congruentemente con quelle delle strutture in elevato.

La scelta del tipo di fondazioni da adottare dipende:

- dalla disposizione planimetrica dei montanti della costruzione (pilastri, muri continui, ecc.);
- dall'entità dei carichi applicati, in relazione alla capacità portante offerta dai terreni di posa;
- dai cedimenti differenziali ammissibili, e quindi da un'analisi dell'interazione che si sviluppa tra terreno e struttura, nel suo insieme.

Le fondazioni dirette o superficiali, sono quelle che trasferiscono l'azione proveniente dalla struttura in elevato, agli strati superficiali del terreno.

La profondità del piano di posa della fondazione deve essere scelta in relazione alle caratteristiche ed alle prestazioni da raggiungere della struttura in elevato, alle caratteristiche dei terreni ed alle condizioni idrogeologiche e posto, quindi, al di fuori del campo di variazioni significative del contenuto d'acqua del terreno e a profondità tale da non risentire di fenomeni di erosione o scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale.

Per profondità piano di posa e verifiche interazioni struttura terreno bisognerà considerare la misura diretta della falda freatica, effettuata nel corso delle indagini e risultata, nel sito in oggetto, a profondità di -2.50/2.70 (CPTU1/SCPTU2) mt dal piano delle indagini.

Per evitare che a causa di eventi meteorici particolarmente intensi, il livello statico della falda possa risalire fino ad interferire con il piano di posa delle fondazioni, sarà utile prevedere opportuni accorgimenti di impermeabilizzazione, utili ad evitare fenomeni di risalita capillare lungo i muri perimetrali.

11. CALCOLO RD

11.1 Calcolo RD

Nelle verifiche (SLU) nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa due diversi approcci progettuali:

APPROCCIO 1 (DA1)		APPROCCIO 2 (DA2)
Combinazione 1	Combinazione 2	Combinazione 1 o unica
(A1+M1+R1)	(A2+M2+R2)	(A1+M1+R3)
(STR)	(GEO)	(STR+GEO)

Le combinazioni sono formate da gruppi di *coefficienti parziali* γ con

A = Azioni γ_F (Progettista)

M = resistenza dei materiali (terreno) γ_M (parametri del terreno)

R = resistenza globale del sistema γ_R (coefficienti di sicurezza)

- **Approccio 1 (DA1):** si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le *azioni* (A), per la *resistenza dei materiali* (M) e, eventualmente, per la *resistenza globale del sistema* (R).
- Nella combinazione 1 dell'Approccio 1, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della tabella 6.2.I (NTC 2018);
- Nella combinazione 2 dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti γ_F riportati nella colonna A2 della tabella 6.2.I (NTC 2018);
- **Approccio 2 (DA2):** si impiega *un'unica combinazione* dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) Ed, eventualmente per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della tabella 6.2.I (NTC 2018).

Tabella 6.2.I

		Coefficiente	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
		γ_F			
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

Carichi perm.	favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
non struttu.	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.					

In accordo con il Progettista, è stato scelto:

- **Approccio 2 Combinazione unica:** tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali (NTC 2018).

Tabella 6.2.I Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni					
Tipologia carichi		Coefficiente γ_F	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi perm. non struttu.	favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.					

Tabella 6.2.II Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno				
PARAMETRO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente Parziale γ_M	(M1) STR	(M2) GEO
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi_k$	γ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_k	γ_γ	1,0	1,0

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

Tabella 6.8.I Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

Coefficiente	R3
γ_R	2,3

Stratigrafia media del terreno: falda a -2.50/2.70 (CPTU) metri dal p.c.

Caratteristiche medie del terreno, fino alla profondità interessata dal *bulbo d'influenza* (25.00 metri).

Il valore caratteristico k , rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

Il valore caratteristico di c_u è determinabile con la seguente relazione:

$$c_{uk} = c_{um} (1 + X V_{c_u})$$

dove:

c_{uk} = valore caratteristico della coesione

c_{um} = valore medio della coesione

V_{c_u} = coefficiente di variazione (COV) di c_u , definito come rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di c_u

X = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata.

L'Eurocodice 7 fissa, per i parametri di resistenza, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X uguale a -1.645.

Frattile %	50	25	10	5
X	0	0,674	1,282	-1,645

Di conseguenza la precedente relazione $c_{uk} = c_{um} (1 + X V_{c_u})$

Diventa

$$c_{uk} = c_{um} (1 - 1,645 V_{c_u})$$

Dall'analisi delle indagini effettuate, sono stati ricavati i valori della coesione non drenata c_u , considerati nell'ambito del volume significativo;

il valore medio della coesione non drenata risulta $c_{um} = 0,9 \text{ kg/cm}^2$ (9 t/m^2).

Il valore caratteristico della c_u diventa:

$$c_{uk} = c_{um} (1 + X V_{cu}), \text{ dove } X \text{ rappresenta il parametro adottato e } V_{cu} = \frac{\sigma}{c_{um}}$$

$$c_{uk} = c_{um} (1 + X V_{cu}) = 0,8 \text{ kg/cm}^2 \text{ (} 8 \text{ t/m}^2 \text{)}$$

Per il calcolo della C_u caratteristica e Media, inerente all' RD , in maniera conservativa è stato preso lo strato superficiale prettamente coesivo, presente indicativamente da mt 3.00 a mt 15.00 di profondità da piano campagna in entrambe le prove

Per lo stato limite di resistenza del terreno (GEO), nella combinazione 1 si amplificano tutte le azioni in condizioni statiche, mentre in condizioni sismiche $\gamma_F = 1$

Le **verifiche della sicurezza** nei confronti degli **stati limite ultimi** di resistenza (SLU), vengono verificate tramite l'equazione

$$Ed \leq Rd$$

con Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

Rd = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (terreno)

Il calcolo della **resistenza di progetto Rd** (finalizzata al dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione) viene effettuata considerando carico verticale centrato, base piana della fondazione e poiché il bulbo d'influenza si sviluppa all'interno di terreni essenzialmente coesivi, si considera $\phi = 0^\circ$. In virtù di quanto sopra esposto, per la posizione della falda coincidente con il piano di posa della fondazione, la formula generale risulta

$$q_{lim} = Rd = (c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q) \cdot A'$$

indicando con s_c , s_q , s_γ , i fattori di forma e con d_c , d_q , d_γ , i fattori di profondità.

Il calcolo della **resistenza di progetto Rd** (finalizzata al dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione) viene effettuata in condizioni a breve termine (condizioni non drenate) per $c_{uk} = 0,5 \text{ kg/cm}^2 - 8 \text{ T/m}^2$, (valore medio all'interno del bulbo d'influenza carico verticale centrato, base piana

della fondazione e poiché il bulbo d'influenza si sviluppa all'interno di terreni essenzialmente coesivi, si considera cautelativamente $\phi = 0^\circ$.

IPOSTIZZIAMO PER CALCOLO RD UN PLINTO (B = 3 m x L = 3m)–piano di posa = -1.5 m

Nc - Nq - Ny

ϕ	0.01
rad	0.000175
$\tan \phi$	0.000175
$45+\phi/2$	45.005
rad	0.785485
$\tan$	1.000175
$\tan^2$	1.000349
e	2.718282
π	3.141593
$e^{\pi \cdot \tan \phi}$	1.000548
$\cot \phi$	5729.578
Nc	5.14
Nq	1.00
Ny	0.00

FORMA

B =	3	mt
L =	3	mt
$\phi^\circ =$	0.01	
$\phi^{\text{rad}} =$	0.000175	
$\sin \phi =$	0.000175	
$1 + \sin \phi =$	1.000175	
$1 - \sin \phi =$	0.999825	
B/L =	1	
s_c =	1.20007	
s_q =	1.100035	
s_y =	1.100035	

PROFONDITA'

D =	3	mt
B =	3	mt
N _c =	5.14	
$\phi^\circ =$	0.01	°
$\phi^{\text{rad}} =$	0.000175	
$\tan \phi =$	0.000175	
$\sin \phi =$	0.000175	
$(1 - \sin \phi)^2 =$	0.999651	
d_c =	1.389318	
d_q =	1.000349	
d_y =	1	

Rd = 5.00 kg/cm²

Ancora da dividere per R3

3.60/2.3

RD= 2.13 kg/cm²

12. CONSIDERAZIONI SUI CEDIMENTI

Per la valutazione indicativa dei cedimenti, **in condizioni statiche**, sono stati utilizzati i dati ricavati dalla prova penetrometrica statica effettuata, in corrispondenza del sito in oggetto.

Lo spessore dello strato comprimibile, valutato attraverso l'analisi del bulbo d'influenza, è stato considerato cautelativamente pari a 25.00 metri, considerando, secondo i dati del Progettista, fondazioni tipo Plinto pari a $B = 3 \text{ m} \times L = 3 \text{ m}$. Il piano di posa è stato valutato a -1.50 di profondità da piano campagna.

Suddiviso l'intero spessore del terreno investigato in strati di 20 cm, è stata valutata per ciascun livello la tensione verticale " σ_v " in corrispondenza del centro della superficie di carico, secondo la teoria dell'elasticità di Boussinesq.

Il relativo valore del modulo edometrico " M_o " viene ottenuto, per i vari livelli, in base alla relazione:

$$M_o = \alpha * R_p$$

dove: α = coefficiente tabulato in funzione della litologia.

R_p = resistenza alla punta in corrispondenza del livello considerato

La valutazione, dei cedimenti è stata condotta ipotizzando un carico di esercizio compatibile con quello realmente applicato, e utilizzando i dati di progetto per il tipo di fondazioni.

Il calcolo è stato ottenuto in base all'espressione:

$$S = n * \Sigma (h * \sigma_v / M_o)$$

in cui

S = cedimento esteso alla profondità H_c (metri)

n = coefficiente di riduzione ($n = 0.85$) che tiene conto della flessibilità del piano di posa

Σ = somm. degli strati di 20 cm fino alla profondità H_c

h = spessore degli strati considerati (= 20cm)

σ_v = tensione verticale al centro della superficie di carico

M_o = modulo edometrico

Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella GEOLOGIA FERRARA S.N.C. via dell'artigianato, 3 44033 – Ro Ferrarese (FE) cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it P. IVA: 01926240381	RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE NEL COMUNE DI MINERBIO (BO) NTC 18 – D.M. 17/01/18
---	--

<i>CPT</i>	<i>Tipo di fondazioni PLINTO B x L (mt)</i>	<i>Piano di posa da p.c. (mt)</i>	<i>Carico (kg/cm²) Ipotizzato</i>	<i>Banco comprimibile (in mt da p.c.)</i>	<i>Cedimento (cm)</i>
SCPTU1	3 x 3	-1.50	1.50	25	6.50
CPTU2	3 x 3	-1.50	1.50	25	7.00

Programma utilizzato per il calcolo: CPTe- It

Non sono da escludere l'utilizzo di fondazioni profonde tipo pali

13. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico della Committenza, è stata effettuata un'indagine geognostica in un'area dove vi è in progetto la costruzione di un nuovo ponte in via Sagradino, nel comune di Minerbio (BO).

Lo scrivente ha redatto la suddetta relazione di “Modellazione Geologica”, comprensiva dei parametri geotecnici e sismici, ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018 (NTC).

le indagini previste, iniziate in data 06/04/2022 e concluse in data 07/04/2022, sono state sviluppate tramite l'esecuzione di:

- n° 1 SCPTU prova penetrometrica statica con sismocono, eseguita fino alla profondità di 30.30 metri da piano campagna
- n° 1 CPTU prova penetrometrica con punta elettrica, eseguite alla profondità di 30 metri da piano campagna.
- n° 1 sondaggi a carotaggio continuo eseguito alla profondità di 30 metri da piano campagna
- n° 2 piezometri ½ pollice installati nel foro d'indagine delle prove penetrometriche per la misura della quota di falda.

I dati ottenuti dalla prova eseguita hanno permesso di caratterizzare l'area in esame, dal punto di vista geotecnico e stratigrafico e di fornire i parametri e i coefficienti sismici.

Dalle indagini svolte e da quanto emerso nell'analisi dei risultati, raccolti nella presente relazione tecnica, non si registrano, quindi, elementi ostativi, dal punto di vista geologico, idrogeologico e sismico, per la costruzione dell'opera in progetto.

Riva del Po (FE), 21/04/2022

Dr. Geol. Fabio Zanella



Geo.Fe. Snc - Dott. Geol. Fabio Zanella
GEOLOGIA FERRARA S.N.C.

via dell'artigianato, 3
44033 – Ro Ferrarese (FE)
cell. +39.3383646278 - info@geofe.it – www.geofe.it
P. IVA: 01926240381

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA PER IL
PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE
NEL COMUNE DI MINERBIO (BO)
NTC 18 – D.M. 17/01/18

ALLEGATO 1
RAPPORTI DI PROVA PROVE SCPTU2-CPTU1

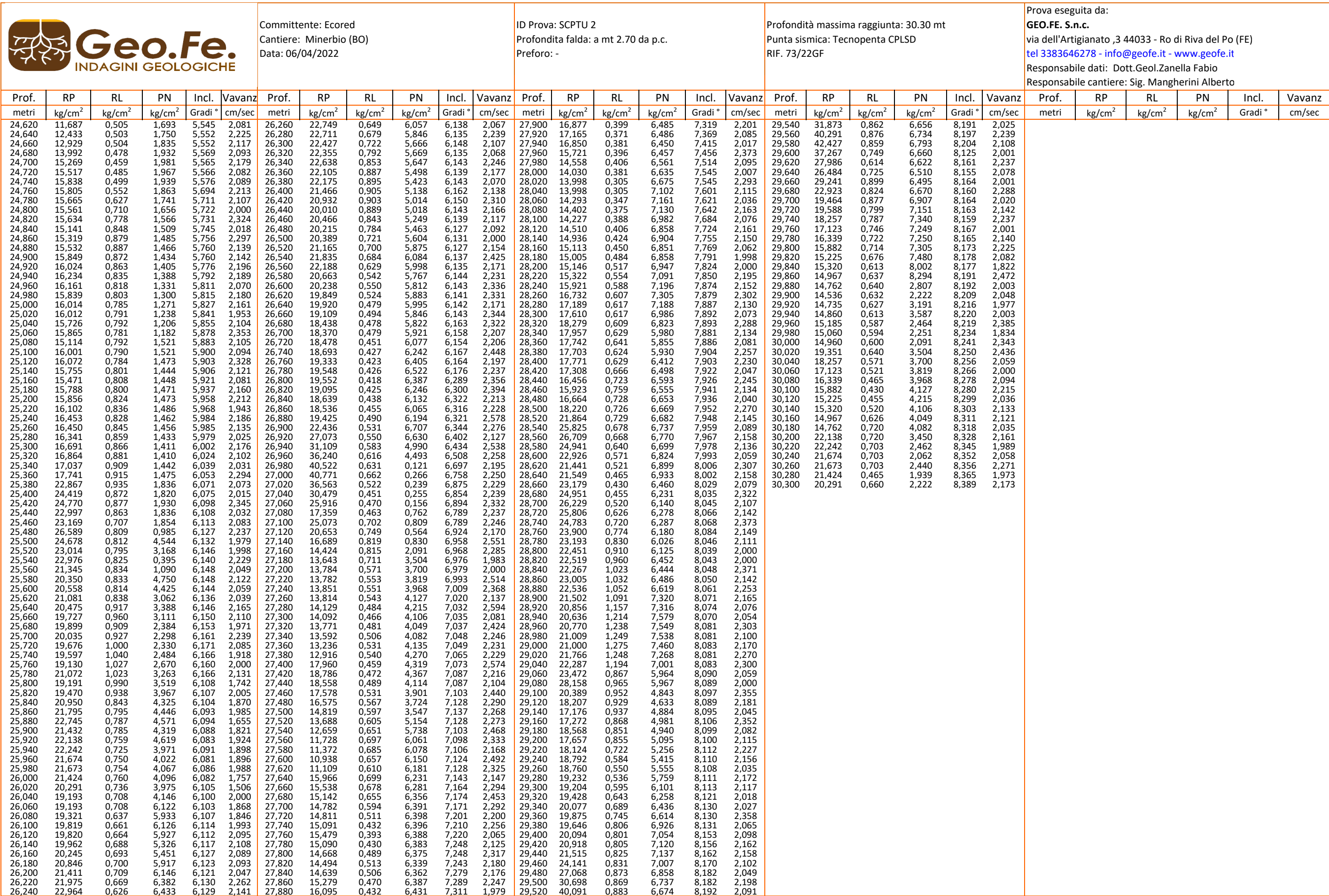
ALLEGATO 2
STRATIGRAFIE SONDAGGI S1

ALLEGATO 3
RISULTATI DI LABORATORIO GEOTECNICO

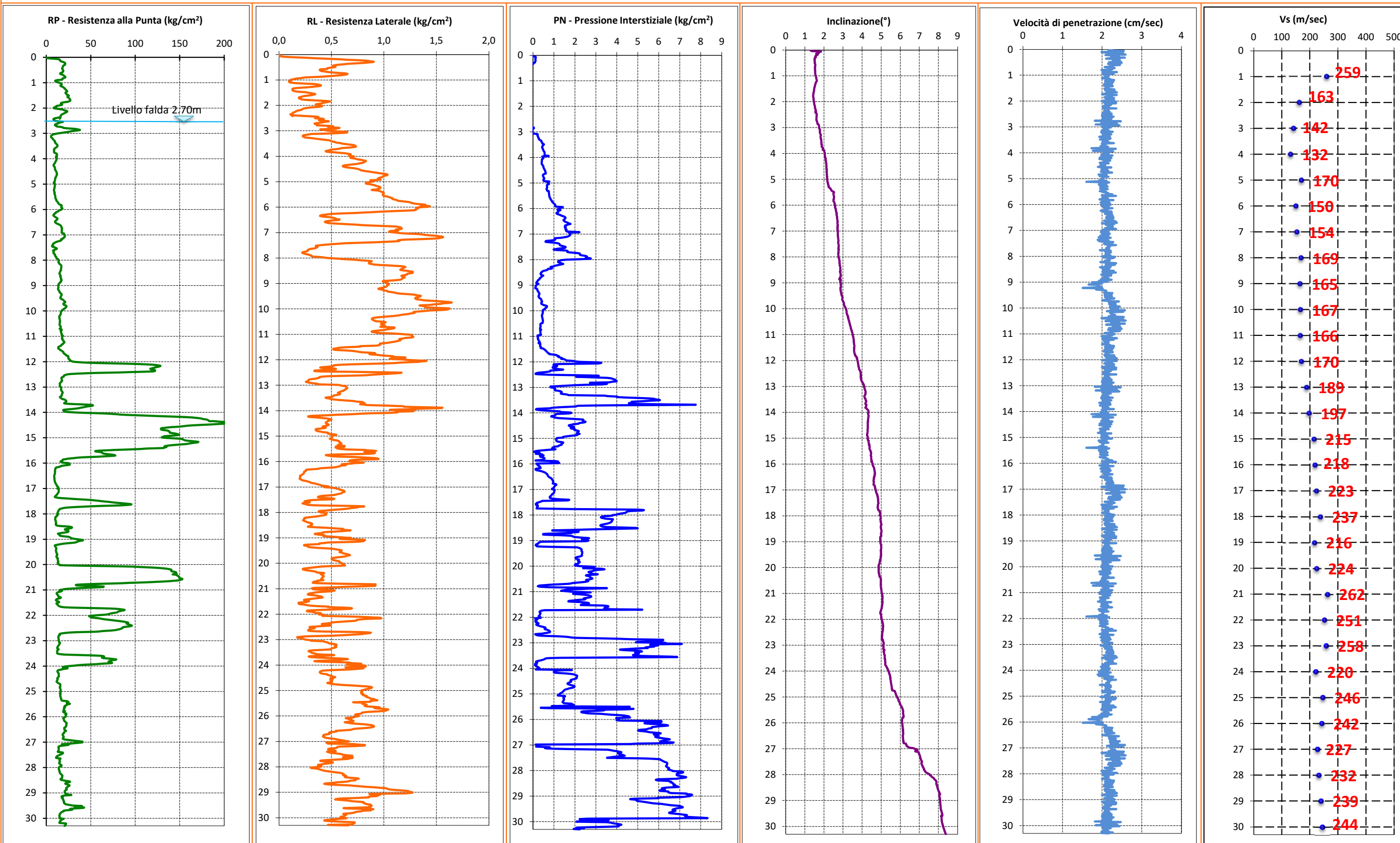
 Geo.FE. INDAGINI GEOLOGICHE	Committente: Ecored Cantiere: Minerbio (BO) Data: 06/04/2022	ID Prova: SCPTU 2 Profondita falda: a mt 2.70 da p.c. Preforo: -	Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 73/22GF	Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto																									
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V.avanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
0,020	0,490	0,004	-2,535	1,297	2,246	1,660	26,678	0,209	-0,473	1,448	2,373	3,300	9,530	0,333	0,297	1,835	2,087	4,940	8,239	0,871	0,772	2,169	2,001	6,580	13,844	0,437	1,725	2,703	2,212
0,040	4,220	0,007	1,943	1,370	2,170	1,680	27,002	0,192	-0,474	1,445	2,149	3,320	9,880	0,373	0,336	1,824	2,033	4,960	9,049	0,910	0,737	2,160	2,039	6,600	15,047	0,451	1,788	2,703	2,258
0,060	11,833	0,009	11,660	1,834	2,551	1,700	26,901	0,189	-0,472	1,452	2,111	3,340	9,739	0,419	0,392	1,820	2,186	4,980	9,507	0,901	0,697	2,164	2,016	6,620	15,720	0,467	1,672	2,720	2,040
0,080	14,735	0,043	13,012	1,722	2,285	1,720	26,305	0,190	-0,474	1,443	2,000	3,360	9,879	0,464	0,397	1,820	2,076	5,000	9,332	0,884	0,739	2,172	2,000	6,640	16,394	0,530	1,630	2,716	2,343
0,100	14,735	0,119	11,829	1,722	1,983	1,740	24,965	0,202	-0,479	1,447	2,000	3,380	10,441	0,489	0,401	1,823	1,926	5,020	9,683	0,848	0,756	2,173	1,995	6,660	16,715	0,615	1,535	2,711	2,160
0,120	15,690	0,233	11,914	1,725	2,000	1,760	22,423	0,214	-0,491	1,435	2,371	3,400	11,040	0,494	0,422	1,831	2,205	5,040	9,753	0,831	0,754	2,177	2,031	6,680	16,964	0,699	1,552	2,709	2,111
0,140	15,902	0,325	10,308	1,593	2,514	1,780	18,539	0,260	-0,503	1,429	2,142	3,420	11,464	0,511	0,441	1,844	2,006	5,060	9,541	0,826	0,690	2,176	1,929	6,700	17,073	0,789	1,517	2,710	2,374
0,160	16,893	0,423	10,308	1,598	2,368	1,800	16,880	0,345	-0,504	1,441	2,253	3,440	12,169	0,532	0,441	1,843	2,208	5,080	9,503	0,834	0,663	2,181	2,115	6,720	17,394	0,893	1,517	2,710	1,994
0,180	19,015	0,540	11,491	1,675	2,137	1,820	16,284	0,429	-0,498	1,441	2,165	3,460	12,379	0,550	0,459	1,853	2,193	5,100	9,395	0,872	0,656	2,196	1,793	6,740	17,926	1,018	1,564	2,720	2,315
0,200	20,183	0,641	11,998	1,620	2,594	1,840	17,139	0,486	-0,429	1,453	2,076	3,480	12,659	0,588	0,522	1,854	1,942	5,120	9,286	0,891	0,666	2,194	1,615	6,760	17,397	1,117	1,555	2,723	2,154
0,220	21,104	0,757	11,238	1,591	2,081	1,860	17,815	0,470	-0,444	1,453	2,054	3,500	12,587	0,600	0,505	1,861	2,126	5,140	9,108	0,915	0,665	2,209	2,170	6,780	17,256	1,139	1,538	2,715	2,089
0,240	21,142	0,830	10,477	1,543	2,424	1,880	17,041	0,447	-0,460	1,459	2,303	3,520	12,054	0,639	0,480	1,865	2,120	5,160	9,104	0,926	0,676	2,205	1,956	6,800	17,397	1,162	1,547	2,720	2,211
0,260	21,005	0,865	8,787	1,543	2,246	1,900	14,074	0,411	-0,482	1,451	2,100	3,540	11,521	0,671	0,465	1,872	2,013	5,180	8,924	0,945	0,671	2,221	2,101	6,820	17,749	1,162	1,603	2,707	2,266
0,280	21,188	0,902	8,534	1,575	2,231	1,920	11,425	0,408	-0,500	1,458	2,170	3,560	10,563	0,711	0,443	1,859	2,158	5,200	8,708	0,956	0,667	2,229	1,964	6,840	17,251	1,170	1,569	2,721	2,150
0,300	20,345	0,890	4,647	1,521	2,229	1,940	11,524	0,374	-0,577	1,459	2,270	3,580	9,996	0,724	0,440	1,862	2,057	5,220	8,775	0,966	0,639	2,221	1,918	6,860	17,424	1,150	1,575	2,695	2,187
0,320	19,222	0,820	1,859	1,523	2,574	1,960	9,621	0,349	-0,594	1,470	2,300	3,600	9,324	0,732	0,437	1,863	2,025	5,240	8,666	0,966	0,646	2,245	2,107	6,880	17,526	1,111	1,589	2,705	2,269
0,340	18,913	0,750	-0,760	1,500	2,216	1,980	8,639	0,358	-0,597	1,475	2,059	3,620	8,687	0,733	0,437	1,870	2,298	5,260	8,698	0,958	0,654	2,243	2,014	6,900	17,380	1,133	1,623	2,705	2,077
0,360	18,638	0,661	-3,971	1,524	2,104	2,000	8,431	0,383	-0,591	1,478	2,000	3,640	8,577	0,703	0,452	1,865	1,994	5,280	8,870	0,940	0,672	2,237	1,944	6,920	17,380	1,133	2,215	2,720	2,144
0,380	18,327	0,619	-8,449	1,505	2,440	2,020	10,476	0,412	-0,508	1,474	2,355	3,660	9,031	0,662	0,465	1,887	2,104	5,300	9,147	0,928	0,677	2,250	2,140	6,940	19,634	1,061	1,715	2,725	2,355
0,400	18,443	0,566	-10,224	1,521	2,290	2,040	14,794	0,400	-0,470	1,491	2,181	3,680	8,779	0,593	0,472	1,891	2,051	5,320	8,975	0,882	0,753	2,276	2,035	6,960	20,060	1,049	1,744	2,710	2,043
0,420	17,959	0,533	-12,843	1,516	2,268	2,060	18,263	0,359	-0,462	1,484	2,045	3,700	8,598	0,573	0,483	1,883	2,000	5,340	9,504	0,930	0,742	2,326	2,079	6,980	20,273	1,071	1,753	2,717	2,000
0,440	17,619	0,513	-15,462	1,507	2,273	2,080	19,928	0,301	-0,459	1,489	2,352	3,720	8,594	0,535	0,493	1,891	2,040	5,360	9,329	0,953	0,748	2,345	1,952	7,000	20,343	1,123	1,752	2,721	2,170
0,460	18,021	0,518	-16,138	1,519	2,468	2,100	22,371	0,266	-0,450	1,494	2,082	3,740	8,729	0,493	0,502	1,886	1,960	5,380	9,154	0,969	0,758	2,358	1,950	7,020	20,908	1,157	1,784	2,722	2,031
0,480	18,456	0,538	-12,083	1,526	2,333	2,120	23,471	0,237	-0,449	1,501	2,115	3,760	9,393	0,482	0,519	1,916	2,152	5,400	9,295	0,984	0,759	2,379	2,142	7,040	20,552	1,232	1,748	2,729	2,161
0,500	18,962	0,520	-14,110	1,515	2,168	2,140	23,508	0,223	-0,455	1,514	2,227	3,780	10,762	0,459	0,540	1,935	1,972	5,420	9,645	0,989	0,764	2,383	2,006	7,060	20,690	1,337	1,738	2,725	1,964
0,520	18,939	0,486	-17,659	1,524	2,492	2,160	22,661	0,219	-0,465	1,521	2,156	3,800	11,749	0,444	0,547	1,953	1,980	5,440	9,959	0,999	0,767	2,411	2,059	7,080	20,651	1,382	1,687	2,724	2,089
0,540	19,056	0,460	-20,532	1,540	2,325	2,180	21,567	0,203	-0,476	1,530	2,035	3,820	11,922	0,458	0,548	1,945	1,739	5,460	9,991	0,998	0,769	2,455	2,026	7,100	20,046	1,425	1,628	2,722	1,988
0,560	18,645	0,460	-23,912	1,541	2,147	2,200	20,295	0,183	-0,485	1,533	2,172	3,840	12,130	0,528	0,552	1,932	2,347	5,480	10,201	0,993	0,773	2,512	1,935	7,120	19,155	1,483	1,508	2,731	2,198
0,580	18,371	0,397	-25,601	1,550	2,294	2,220	19,025	0,168	-0,496	1,525	2,117	3,860	11,843	0,575	0,551	1,941	1,872	5,500	10,057	0,989	0,770	2,533	2,098	7,140	19,113	1,520	1,326	2,726	1,999
0,600	17,217	0,387	-28,305	1,541	2,453	2,240	18,178	0,158	-0,504	1,527	2,018	3,880	11,165	0,630	0,547	2,020	2,080	5,520	10,018	0,990	0,778	2,516	2,030	7,160	17,266	1,557	1,023	2,728	2,003
0,620	16,025	0,392	-31,093	1,535	2,292	2,260	17,084	0,149	-0,511	1,540	2,027	3,900	11,515	0,656	0,562	2,009	2,133	5,540	10,120	0,992	0,780	2,497	2,149	7,180	16,621	1,564	1,048	2,733	2,163
0,640	15,575	0,397	-32,699	1,534	2,200	2,280	16,555	0,135	-0,515	1,551	2,358	3,920	11,936	0,683	0,570	2,018	1,766	5,560	10,399	1,006	0,792	2,497	2,132	7,200	17,072	1,540	1,056	2,721	1,954
0,660	15,904	0,421	-32,023	1,534	2,256	2,300	16,309	0,128	-0,514	1,566	2,065	3,940	10,687	0,668	0,747	2,026	2,269	5,580	10,817	1,031	0,816	2,497	2,103	7,220	16,250	1,522	1,045	2,730	2,142
0,680	18,142	0,457	-31,009	1,522	2,065	2,320	15,183	0,129	-0,510	1,557	2,098	3,960	11,784	0,669	0,442	2,036	2,110	5,600	11,167	1,044	0,825	2,506	2,256	7,240	15,002	1,441	0,957	2,744	2,030
0,700	19,337	0,507	-31,431	1,532	2,125	2,340	16,104	0,110	-0,510	1,577	2,162	3,980	11,820	0,668	0,478	2,043	2,036	5,620	11,125	1,061	0,828	2,513	2,173	7,260	12,583	1,316	0,660	2,741	1,914
0,720	19,826	0,563	-32,192	1,529	2,317	2,360	15,150	0,110	-0,514	1,580	2,158	4,000	11,537	0,711	0,495	2,043	2,036	5,640	11,226	1,079	0,839	2,520	1,987	7,280	11,227	1,181	0,598	2,749	2,217
0,740	20,404	0,636	-33,713	1,533	2,180	2,380	12,745	0,132	-0,529	1,579	2,102	4,020	11,324	0,712	0,483	2,043	2,156	5,660	11,717	1,077	0,861	2,520	2,351	7,300	9,908	1,135	0,597	2,749	1,997
0,760	21,013	0,652	-34,304	1,534	2,176	2,400	10,130	0,188	-0,5																				

 Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE						Committente: Ecored Cantiere: Minerbio (BO) Data: 06/04/2022						ID Prova: SCPTU 2 Profondita falda: a mt 2.70 da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 73/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto					
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
8,220	16,855	0,863	1,147	2,814	1,953	9,860	21,752	1,340	0,638	3,059	2,344	11,500	14,379	0,670	0,520	3,576	2,073	13,140	16,896	0,642	1,256	4,161	2,003	14,780	138,660	0,356	2,093	4,277	2,074
8,240	16,955	0,889	1,042	2,811	2,104	9,880	21,392	1,380	0,630	3,074	2,322	11,520	15,299	0,578	0,565	3,576	2,288	13,160	17,497	0,630	1,327	4,162	2,385	14,800	138,885	0,369	2,097	4,275	2,043
8,260	16,969	0,921	0,970	2,824	2,353	9,900	20,467	1,384	0,596	3,084	2,207	11,540	15,688	0,554	0,571	3,592	2,134	13,180	17,921	0,628	1,373	4,172	1,834	14,820	142,619	0,397	2,219	4,277	1,896
8,280	16,929	1,020	0,839	2,831	2,105	9,920	19,435	1,395	0,556	3,100	2,206	11,560	17,137	0,520	0,611	3,584	2,081	13,200	18,380	0,615	1,357	4,177	2,343	14,840	145,827	0,417	2,117	4,266	2,234
8,300	16,821	1,099	0,861	2,828	2,094	9,940	19,435	1,395	0,556	3,109	2,448	11,580	17,810	0,515	0,628	3,581	2,257	13,220	18,449	0,612	1,325	4,189	2,436	14,860	148,303	0,461	2,096	4,257	1,976
8,320	16,568	1,171	0,899	2,826	2,328	9,960	17,938	1,547	0,484	3,127	2,197	11,600	18,447	0,521	0,648	3,574	2,230	13,240	18,096	0,589	1,325	4,172	2,059	14,880	149,416	0,471	1,961	4,263	2,122
8,340	16,421	1,203	0,887	2,830	2,121	9,980	17,552	1,623	0,468	3,145	2,237	11,620	19,227	0,580	0,680	3,581	2,047	13,260	17,883	0,582	1,421	4,164	2,000	14,900	146,126	0,467	1,748	4,260	2,095
8,360	16,415	1,190	0,720	2,845	2,081	10,000	17,236	1,615	0,453	3,151	2,356	11,640	19,123	0,682	0,704	3,583	2,245	13,280	17,422	0,569	1,622	4,181	2,094	14,920	139,234	0,505	1,568	4,269	1,980
8,380	16,515	1,189	0,692	2,860	2,160	10,020	16,671	1,604	0,470	3,153	2,394	11,660	19,585	0,724	0,727	3,584	2,134	13,300	17,456	0,561	1,717	4,179	2,215	14,940	132,134	0,544	1,429	4,292	2,135
8,400	16,401	1,180	0,671	2,859	2,212	10,040	16,422	1,556	0,468	3,161	2,213	11,680	20,190	0,756	0,779	3,589	2,040	13,320	17,561	0,565	3,387	4,151	2,036	14,960	132,134	0,544	1,429	4,295	2,001
8,420	15,933	1,169	0,591	2,859	1,943	10,060	16,382	1,443	0,467	3,177	2,228	11,700	20,686	0,788	0,783	3,600	2,270	13,340	17,064	0,583	3,555	4,147	2,133	14,980	129,455	0,502	1,135	4,291	2,158
8,440	15,608	1,162	0,507	2,854	2,186	10,080	16,236	1,379	0,466	3,184	2,578	11,720	22,071	0,864	1,035	3,602	2,145	13,360	16,532	0,571	4,011	4,121	2,121	15,000	134,703	0,509	1,138	4,291	1,968
8,460	15,388	1,155	0,447	2,854	2,135	10,100	16,335	1,317	0,461	3,190	2,276	11,740	22,321	0,915	1,136	3,612	2,089	13,380	15,504	0,551	4,003	4,110	2,035	15,020	144,355	0,505	1,099	4,290	2,000
8,480	15,272	1,176	0,423	2,861	2,025	10,120	16,223	1,281	0,454	3,188	2,127	11,760	22,677	0,862	1,145	3,618	2,158	13,400	15,326	0,522	4,656	4,120	2,161	15,040	150,997	0,503	1,095	4,297	2,251
8,500	15,016	1,214	0,385	2,855	2,176	10,140	15,828	1,294	0,443	3,185	2,538	11,780	24,731	0,865	1,240	3,643	2,136	13,420	15,924	0,516	5,300	4,131	1,989	15,060	153,549	0,505	1,108	4,295	2,054
8,520	14,831	1,255	0,391	2,875	2,102	10,160	15,540	1,284	0,435	3,186	2,258	11,800	24,486	0,932	1,192	3,637	2,059	13,440	16,913	0,511	5,721	4,145	2,058	15,080	154,419	0,499	1,110	4,312	2,108
8,540	14,892	1,276	0,365	2,851	2,031	10,180	15,038	1,254	0,422	3,193	2,195	11,820	24,735	0,969	1,248	3,638	2,307	13,460	17,512	0,487	5,817	4,143	2,271	15,100	156,475	0,483	1,129	4,353	2,078
8,560	15,059	1,273	0,356	2,837	2,294	10,200	15,067	1,222	0,427	3,206	2,250	11,840	24,948	1,021	1,348	3,686	2,158	13,480	19,456	0,444	5,941	4,181	1,973	15,120	161,078	0,498	1,172	4,331	1,907
8,580	15,689	1,273	0,376	2,856	2,073	10,220	14,638	1,179	0,426	3,214	2,229	11,860	24,843	1,087	1,400	3,708	2,079	13,500	21,117	0,450	6,041	4,169	2,173	15,140	167,079	0,512	1,357	4,332	2,112
8,600	16,104	1,247	0,404	2,854	2,015	10,240	14,668	1,154	0,434	3,219	2,239	11,880	24,843	1,075	1,342	3,710	2,322	13,520	21,752	0,479	5,545	4,176	2,082	15,160	170,912	0,541	1,437	4,337	2,076
8,620	15,954	1,222	0,490	2,865	2,345	10,260	14,627	1,126	0,439	3,244	2,332	11,900	25,727	1,201	1,498	3,741	2,107	13,540	22,246	0,492	5,194	4,195	2,013	15,180	169,537	0,564	1,423	4,340	1,938
8,640	15,558	1,220	0,439	2,873	2,032	10,280	14,835	1,085	0,446	3,257	2,237	11,920	26,505	1,171	1,545	3,722	2,142	13,560	22,564	0,528	4,706	4,218	2,234	15,200	165,508	0,571	1,361	4,353	2,159
8,660	16,083	1,200	0,418	2,864	2,083	10,300	14,830	1,025	0,448	3,258	2,246	11,940	26,963	1,150	1,594	3,733	2,373	13,580	22,140	0,593	4,722	4,216	2,087	15,220	161,584	0,576	1,361	4,364	2,001
8,680	16,253	1,182	0,386	2,873	2,237	10,320	15,179	0,955	0,457	3,254	2,170	11,960	26,301	1,056	1,893	3,742	2,149	13,600	21,397	0,654	4,701	4,205	2,033	15,240	157,486	0,576	1,367	4,379	2,039
8,700	16,565	1,166	0,366	2,882	1,979	10,340	15,068	0,914	0,460	3,284	2,551	11,980	28,921	1,150	2,018	3,745	2,111	13,620	20,338	0,714	4,579	4,187	2,186	15,260	150,556	0,585	1,303	4,352	2,016
8,720	16,455	1,183	0,317	2,878	1,998	10,360	15,206	0,891	0,466	3,265	2,285	12,000	30,516	1,230	2,236	3,761	2,000	13,640	20,126	0,738	4,956	4,174	2,076	15,280	143,838	0,595	1,227	4,372	2,000
8,740	16,591	1,195	0,317	2,886	2,229	10,380	15,415	0,886	0,471	3,282	1,983	12,020	37,168	1,320	3,131	3,760	2,000	13,660	24,444	0,798	6,018	4,169	1,926	15,300	138,305	0,589	1,199	4,391	1,995
8,760	16,444	1,196	0,299	2,862	2,049	10,400	15,306	0,884	0,468	3,292	2,000	12,040	49,716	1,405	3,260	3,768	2,371	13,680	37,073	0,802	7,757	4,170	2,205	15,320	134,462	0,576	1,031	4,383	2,031
8,780	17,322	1,179	0,291	2,848	2,122	10,420	15,233	0,893	0,463	3,290	2,514	12,060	72,670	1,359	3,080	3,773	2,142	13,700	50,715	0,811	4,082	4,221	2,006	15,340	132,895	0,566	0,979	4,401	1,929
8,800	16,751	1,176	0,240	2,862	2,059	10,440	15,478	0,897	0,466	3,299	2,368	12,080	95,162	1,324	1,468	3,786	2,253	13,720	52,457	0,819	2,142	4,217	2,208	15,360	135,066	0,561	0,925	4,381	2,115
8,820	16,533	1,170	0,226	2,819	2,039	10,460	15,157	0,915	0,453	3,316	2,137	12,100	110,709	1,198	0,981	3,784	2,165	13,740	51,056	0,772	2,058	4,216	2,193	15,380	132,059	0,625	0,968	4,381	1,793
8,840	16,563	1,163	0,212	2,870	2,165	10,480	15,156	0,921	0,453	3,315	2,594	12,120	120,071	1,111	1,018	3,783	2,076	13,760	46,341	0,815	1,649	4,211	1,942	15,400	131,951	0,542	0,906	4,382	1,615
8,860	15,745	1,138	0,191	2,803	2,110	10,500	14,903	0,987	0,365	3,325	2,081	12,140	124,854	0,987	0,976	3,789	2,054	13,780	43,608	0,849	1,184	4,200	2,126	15,420	113,686	0,622	1,070	4,392	2,170
8,880	15,138	1,065	0,166	2,891	1,971	10,520	14,978	1,015	0,357	3,333	2,424	12,160	128,134	0,817	1,145	3,793	2,303	13,800	41,148	1,033	0,892	4,195	2,120	15,440	105,932	0,540	0,751	4,411	1,956
8,900	15,061	0,992	0,166	2,872	2,239	10,540	15,053	1,007	0,353	3,337	2,246	12,180	127,361	0,657	1,104	3,811	2,100	13,820	37,991	1,183	0,769	4,165	2,013	15,460	92,935	0,556	0,504	4,421	2,101
8,920	14,526	0,988	0,153	2,847	2,085	10,560	14,985	0,991	0,344	3,341	2,231	12,200	125,190	0,561	0,956	3,803	2,170	13,840	34,242	1,192	0,199	4,213	2,158	15,480	76,361	0,552	0,2		

 Committente: Ecored Cantiere: Minerbio (BO) Data: 06/04/2022						ID Prova: SCPTU 2 Profondita falda: a mt 2.70 da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 73/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto											
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
16,420	9,568	0,238	0,691	4,653	2,261	18,060	12,049	0,445	3,287	4,973	2,134	19,700	11,504	0,649	2,045	4,940	1,834	21,340	13,674	0,414	1,887	5,058	1,896	22,980	13,746	0,242	4,919	5,095	2,055
16,440	9,397	0,237	0,692	4,659	2,095	18,080	11,980	0,450	3,236	4,967	2,081	19,720	11,997	0,634	2,099	4,927	2,343	21,360	11,731	0,377	1,695	5,052	2,234	23,000	14,067	0,260	6,307	5,097	2,137
16,460	9,191	0,236	0,708	4,656	2,055	18,100	11,308	0,436	3,262	4,981	2,257	19,740	12,986	0,600	2,193	4,930	2,436	21,380	11,026	0,341	1,688	5,061	1,976	23,020	14,282	0,304	6,253	5,096	2,084
16,480	9,055	0,229	0,726	4,623	2,137	18,120	10,459	0,412	3,377	4,954	2,230	19,760	12,912	0,561	2,168	4,931	2,059	21,400	10,780	0,289	2,180	5,057	2,122	23,040	14,282	0,304	7,101	5,098	1,960
16,500	8,814	0,223	0,749	4,639	2,084	18,140	10,142	0,375	3,476	4,953	2,047	19,780	12,627	0,527	2,138	4,917	2,000	21,420	11,420	0,252	2,494	5,053	2,095	23,060	14,863	0,419	5,627	5,123	2,234
16,520	8,960	0,218	0,785	4,613	1,960	18,160	10,212	0,339	3,813	4,957	2,245	19,800	12,801	0,504	2,161	4,909	2,094	21,440	12,625	0,237	2,646	5,045	1,980	23,080	15,466	0,435	5,586	5,121	2,038
16,540	8,930	0,209	0,830	4,608	2,234	18,180	10,105	0,298	3,802	4,968	2,134	19,820	12,941	0,501	2,220	4,920	2,215	21,460	14,044	0,260	2,668	5,044	2,135	23,100	15,112	0,459	5,951	5,115	2,242
16,560	9,078	0,200	0,879	4,607	2,038	18,200	10,034	0,259	3,777	4,979	2,040	19,840	13,187	0,510	2,224	4,907	2,036	21,480	14,438	0,286	2,517	5,039	2,001	23,120	14,618	0,468	5,640	5,118	2,212
16,580	9,190	0,200	0,891	4,616	2,242	18,220	9,962	0,240	3,769	4,970	2,270	19,860	13,292	0,511	2,207	4,890	2,133	21,500	13,132	0,276	2,325	5,041	2,158	23,140	14,547	0,474	5,784	5,102	2,125
16,600	9,231	0,202	0,907	4,604	2,212	18,240	10,069	0,246	3,748	4,981	2,145	19,880	13,290	0,529	2,136	4,880	2,121	21,520	11,439	0,248	2,280	5,031	1,968	23,160	14,406	0,503	5,561	5,127	2,080
16,620	9,063	0,201	0,919	4,602	2,125	18,260	10,565	0,239	3,749	4,976	2,089	19,900	13,643	0,552	2,146	4,867	2,035	21,540	11,444	0,188	3,336	5,022	2,000	23,180	13,909	0,539	5,358	5,166	2,254
16,640	9,175	0,201	0,943	4,593	2,080	18,280	10,601	0,236	3,704	4,991	2,158	19,920	12,864	0,571	2,024	4,865	2,161	21,560	12,086	0,185	3,581	5,028	2,251	23,200	13,271	0,549	5,474	5,159	2,134
16,660	9,323	0,199	0,958	4,593	2,254	18,300	10,637	0,229	3,663	4,993	2,136	19,940	12,793	0,579	2,015	4,866	1,989	21,580	12,763	0,188	3,592	5,019	2,054	23,220	13,055	0,537	4,971	5,129	2,264
16,680	9,434	0,196	0,956	4,617	2,134	18,320	10,851	0,236	3,578	5,006	2,059	19,960	13,006	0,580	1,992	4,879	2,058	21,600	13,228	0,197	3,526	5,005	2,108	23,240	12,909	0,531	4,527	5,115	2,198
16,700	9,371	0,208	0,961	4,609	2,264	18,340	11,029	0,245	3,475	5,012	2,307	19,980	13,394	0,584	2,049	4,857	2,271	21,620	13,836	0,236	3,424	4,993	2,078	23,260	12,516	0,539	4,148	5,133	2,112
16,720	9,731	0,218	0,966	4,610	2,198	18,360	10,854	0,257	3,361	4,997	2,158	20,000	15,340	0,606	2,386	4,868	1,973	21,640	15,079	0,270	3,433	4,992	1,907	23,280	12,194	0,545	4,286	5,143	2,287
16,740	9,737	0,229	0,950	4,609	2,112	18,380	11,067	0,272	3,257	4,980	2,079	20,020	15,288	0,606	2,911	4,864	2,173	21,660	16,323	0,300	3,396	4,985	2,112	23,300	12,473	0,543	4,733	5,150	2,121
16,760	9,850	0,256	0,942	4,603	2,287	18,400	10,681	0,288	3,207	4,981	2,322	20,040	37,188	0,617	2,770	4,872	2,082	21,680	20,149	0,376	3,704	4,977	2,076	23,320	13,249	0,520	5,136	5,151	2,098
16,780	10,319	0,271	1,063	4,594	2,121	18,420	10,931	0,306	3,230	4,979	2,107	20,060	71,469	0,612	2,397	4,882	2,013	21,700	36,215	0,475	5,118	4,967	1,938	23,340	13,881	0,499	5,194	5,153	2,286
16,800	10,678	0,287	1,112	4,603	2,098	18,440	10,968	0,313	3,279	4,979	2,142	20,080	97,354	0,627	2,394	4,862	2,234	21,720	61,187	0,466	5,589	4,958	2,159	23,360	13,312	0,495	4,890	5,154	2,149
16,820	10,791	0,300	1,100	4,648	2,246	18,460	12,173	0,316	3,419	4,970	2,373	20,100	112,066	0,523	3,218	4,858	2,087	21,740	77,317	0,623	0,404	4,944	2,001	23,380	12,390	0,487	4,870	5,187	2,212
16,840	11,258	0,316	1,069	4,651	2,170	18,480	17,446	0,304	4,059	4,990	2,149	20,120	123,355	0,419	3,408	4,872	2,033	21,760	84,496	0,695	0,344	4,953	2,039	23,400	12,280	0,407	5,045	5,184	2,258
16,860	11,583	0,345	1,036	4,669	2,551	18,500	25,869	0,310	4,901	4,991	2,111	20,140	130,136	0,366	3,098	4,860	2,186	21,780	87,848	0,687	0,310	4,953	2,016	23,420	12,277	0,324	5,045	5,181	2,040
16,880	11,728	0,359	1,017	4,674	2,285	18,520	28,417	0,304	4,983	4,994	2,000	20,160	135,377	0,329	2,953	4,862	2,076	21,800	87,066	0,589	0,321	5,004	2,000	23,440	12,240	0,282	4,969	5,181	2,343
16,900	12,089	0,378	0,998	4,671	1,983	18,540	28,951	0,284	3,700	4,998	2,000	20,180	138,416	0,286	2,885	4,879	1,926	21,820	84,165	0,450	0,344	4,989	1,995	23,460	12,167	0,287	4,826	5,184	2,160
16,920	12,731	0,394	0,996	4,682	2,000	18,560	27,502	0,275	2,549	5,008	2,371	20,200	140,442	0,239	2,793	4,871	2,205	21,840	81,810	0,340	0,358	4,985	2,031	23,480	12,027	0,301	4,770	5,179	2,111
16,940	13,337	0,409	0,983	4,690	2,514	18,580	24,250	0,346	1,833	5,015	2,142	20,220	140,685	0,226	2,650	4,874	2,006	21,860	80,480	0,268	0,345	5,000	1,929	23,500	12,452	0,306	4,955	5,179	2,374
16,960	13,520	0,449	0,928	4,688	2,368	18,600	21,175	0,446	0,911	5,012	2,253	20,240	140,229	0,230	2,681	4,891	2,208	21,880	79,287	0,267	0,328	4,996	2,115	23,520	13,975	0,316	5,511	5,196	1,994
16,980	13,595	0,474	0,904	4,692	2,137	18,620	20,965	0,512	1,656	5,014	2,165	20,260	141,066	0,248	2,746	4,896	2,193	21,900	76,077	0,312	0,326	5,008	1,793	23,540	19,884	0,337	6,594	5,190	2,315
17,000	12,345	0,426	1,016	4,708	2,594	18,640	22,985	0,610	2,171	5,002	2,076	20,280	143,509	0,278	2,793	4,893	1,942	21,920	72,799	0,335	0,315	5,007	1,615	23,560	37,539	0,357	6,848	5,203	2,154
17,020	14,081	0,490	1,035	4,719	2,081	18,660	24,685	0,599	2,138	4,991	2,054	20,300	145,740	0,312	2,849	4,901	2,126	21,940	70,886	0,347	0,284	4,993	2,170	23,580	54,624	0,411	1,669	5,201	2,089
17,040	14,047	0,529	1,023	4,716	2,424	18,680	24,900	0,603	1,717	4,995	2,303	20,320	145,529	0,350	3,090	4,909	2,120	21,960	68,733	0,397	0,268	5,009	1,956	23,600	63,440	0,525	0,684	5,206	2,211
17,060	14,013	0,549	1,011	4,735	2,246	18,700	24,795	0,681	1,825	4,976	2,100	20,340	146,265	0,354	2,593	4,909	2,013	21,980	64,154	0,385	0,302	5,005	2,101	23,620	65,013	0,456	0,574	5,208	2,266
17,080	13,908	0,577	1,012	4,735	2,231	18,720	22,744	0,633	0,954	4,995	2,170	20,360	146,231	0,365	2,518	4,915	2,158	22,000	53,972	0,378	0,362	5,028	1,964	23,640	63,957	0,340	0,541	5,207	2,150
17,100	13,979	0,577	1,004	4,732	2,229	18,740	19,136	0,576	0,484	5,001	2,270	20,380	141,998	0,431	2,608	4,965	2,057	22,020	48,334	0,435	0,369	5,033	1,918	23,660	62,389	0,283	0,483	5,204	2,187
17,120	13,908	0,600	1,001	4,752	2,574	18,760	15,669	0,463	0,489	4,991	2,300	20,400	146,468	0,400	2,712	4,968	2,025	22,040	48,334	0,435	0,103	5,038	2,107	23,680	63,964	0,307	0,383	5,212	2,269
17,140	13,837	0,617	0																										



GRAFICI PROVA SCPTU 2



 Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE	Committente: Ecored Cantiere: Minerbio (BO) Data: 06/04/2022	ID Prova: SCPTU 2 Profondità falda: a mt 2.70 da p.c. Preforo: -	Profondità massima raggiunta: 30.30 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 73/22GF	Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto
---	--	--	---	--

Vs 30 e ANAGRAFICA PROVA SCPTU 2

prof. (p)	prof.(cs)	Dist (L)	Tempo (t)	VsP	L2-L1	t2-t1	VsL			
m	m	m	sec	m/sec	m	sec	m/sec			
0.00	0.00	0.00	0.0000							
1.30	1.00	1.8028	0.0070	259	1.80	0.0070	259	1.00	0.00386	
2.30	2.00	2.5000	0.0112	222	0.70	0.0043	163	1.00	0.00615	
3.30	3.00	3.3541	0.0173	194	0.85	0.0060	142	1.00	0.00704	
4.30	4.00	4.2720	0.0242	176	0.92	0.0070	132	1.00	0.00760	
5.30	5.00	5.2202	0.0298	175	0.95	0.0056	170	1.00	0.00589	
6.30	6.00	6.1847	0.0362	171	0.96	0.0064	150	1.00	0.00665	
7.30	7.00	7.1589	0.0426	168	0.97	0.0063	154	1.00	0.00650	
8.30	8.00	8.1394	0.0484	168	0.98	0.0058	169	1.00	0.00593	
9.30	9.00	9.1241	0.0543	168	0.98	0.0060	165	1.00	0.00606	
10.30	10.00	10.1119	0.0603	168	0.99	0.0059	167	1.00	0.00600	
11.30	11.00	11.1018	0.0662	168	0.99	0.0060	166	1.00	0.00602	
12.30	12.00	12.0934	0.0721	168	0.99	0.0058	170	1.00	0.00589	
13.30	13.00	13.0863	0.0773	169	0.99	0.0053	189	1.00	0.00530	
14.30	14.00	14.0801	0.0824	171	0.99	0.0050	197	1.00	0.00507	
15.30	15.00	15.0748	0.0870	173	0.99	0.0046	215	1.00	0.00466	
16.30	16.00	16.0702	0.0916	176	1.00	0.0046	218	1.00	0.00458	
17.30	17.00	17.0660	0.0960	178	1.00	0.0045	223	1.00	0.00448	
18.30	18.00	18.0624	0.1002	180	1.00	0.0042	237	1.00	0.00422	
19.30	19.00	19.0591	0.1048	182	1.00	0.0046	216	1.00	0.00462	
20.30	20.00	20.0562	0.1093	184	1.00	0.0045	224	1.00	0.00447	
21.30	21.00	21.0535	0.1131	186	1.00	0.0038	262	1.00	0.00381	
22.30	22.00	22.0511	0.1171	188	1.00	0.0040	251	1.00	0.00398	
23.30	23.00	23.0489	0.1209	191	1.00	0.0039	258	1.00	0.00388	
24.30	24.00	24.0468	0.1255	192	1.00	0.0045	220	1.00	0.00454	
25.30	25.00	25.0450	0.1295	193	1.00	0.0041	246	1.00	0.00406	
26.30	26.00	26.0432	0.1336	195	1.00	0.0041	242	1.00	0.00413	
27.30	27.00	27.0416	0.1380	196	1.00	0.0044	227	1.00	0.00440	
28.30	28.00	28.0401	0.1423	197	1.00	0.0043	232	1.00	0.00431	
29.30	29.00	29.0388	0.1465	198	1.00	0.0042	239	1.00	0.00418	
30.30	30.00	30.0375	0.1506	199	1.00	0.0041	244	1.00	0.00410	

30.00 0.15236

196,9

prof.(cs): profondità cono sismico
prof. (p): profondità piezocono
prof. (p): profondità piezocono
D1: distanza fra la sorgente del rumore S - geofono triassiale (L)
Tempo (t): tempo d'arrivo dell'onda a S
VsP: velocità del suono nel percorso fra S ed L - Vs puntuale alla profondità
VsL: Vs per ogni livello (L2 - L1)/(t2 - t1)

Nel calcolo delle Vs30 è da intendersi un possibile valore di indeterminatezza del +/- 20% del valore ricavato

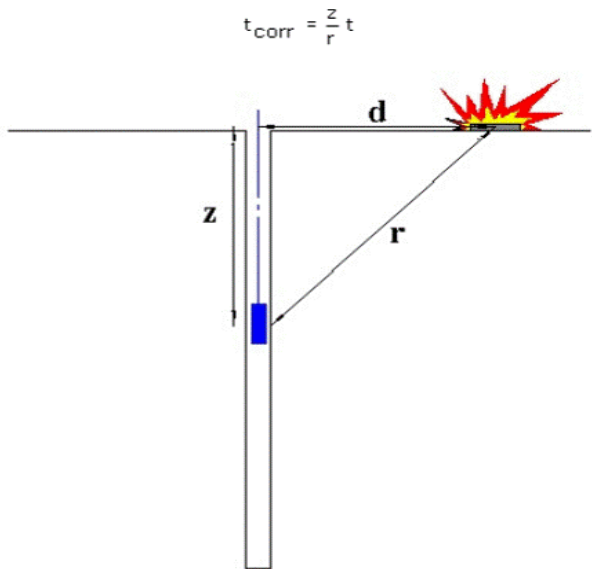


Figura 1 – Schema di down hole con metodo diretto



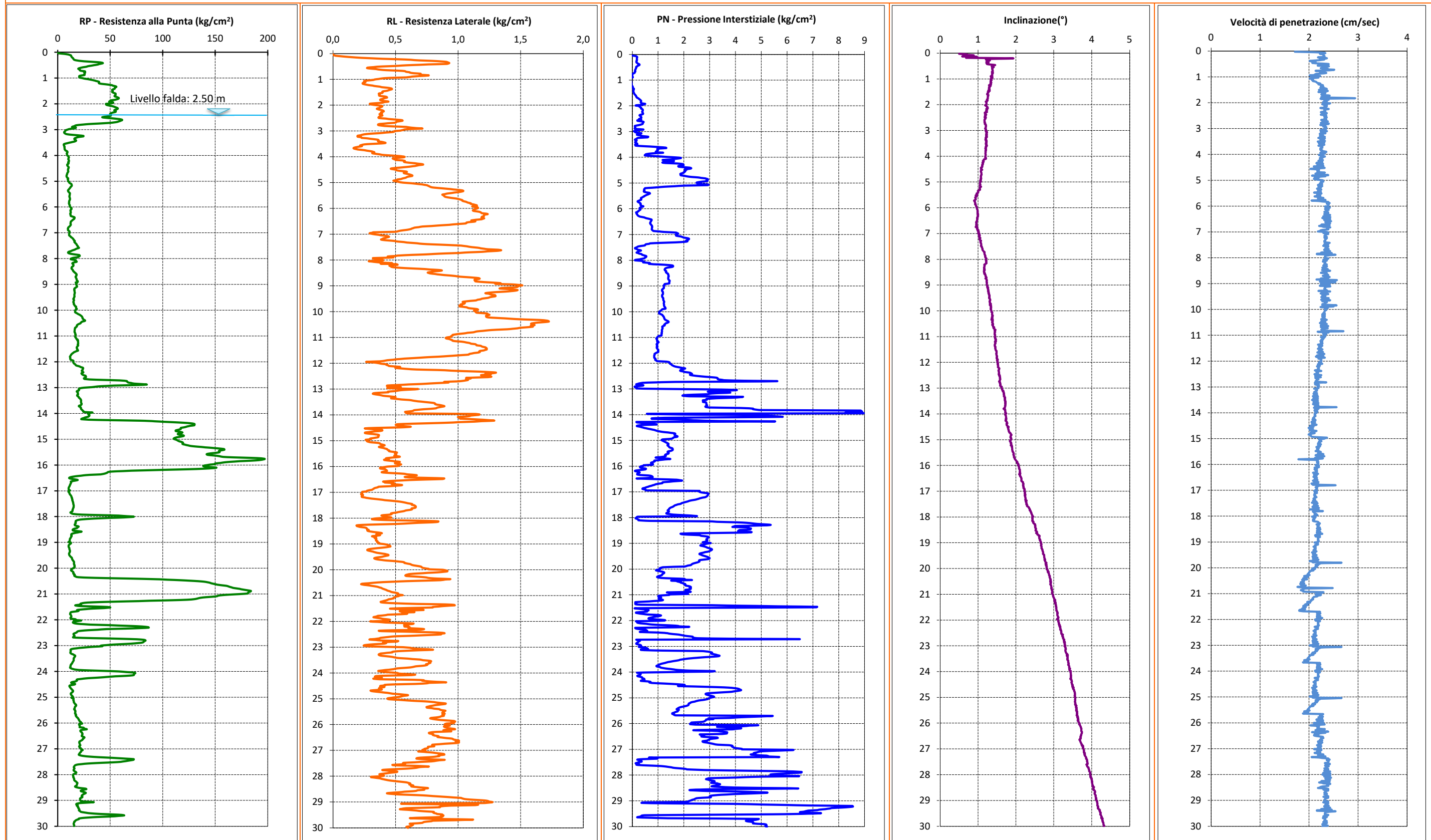
 Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE						Committente: Ecored Cantiere: Minerbio (BO) Data: 06/04/2022						ID Prova: CPTU 1 Profondita falda: a mt 2.50 da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.00 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 73/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto					
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V.avanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
0,020	-0,028	-0,002	-0,062	0,500	1,710	1,660	54,899	0,414	0,168	1,242	2,270	3,300	18,426	0,299	0,122	1,200	2,270	4,940	9,856	0,492	2,723	1,052	2,100	6,580	12,303	1,059	0,699	0,956	2,450
0,040	1,203	-0,003	-0,035	0,698	2,120	1,680	54,310	0,428	0,178	1,273	2,250	3,320	16,909	0,332	0,100	1,208	2,320	4,960	9,856	0,516	2,580	1,069	2,130	6,600	12,263	1,008	0,713	0,953	2,360
0,060	5,706	0,008	0,096	0,687	2,310	1,700	54,062	0,431	0,228	1,260	2,280	3,340	15,922	0,360	0,168	1,208	2,250	4,980	9,856	0,532	2,493	1,073	2,200	6,620	12,151	0,959	0,732	0,964	2,330
0,080	8,941	0,021	0,170	0,883	2,330	1,720	54,977	0,414	0,253	1,266	2,420	3,360	15,853	0,365	0,152	1,192	2,190	5,000	9,891	0,569	2,497	1,054	2,280	6,640	12,250	0,897	0,748	0,957	2,360
0,100	11,301	0,061	0,185	0,864	2,220	1,740	56,471	0,404	0,272	1,261	2,320	3,380	16,033	0,360	0,146	1,224	2,320	5,020	10,453	0,622	2,596	1,054	2,240	6,660	12,104	0,837	0,766	0,950	2,430
0,120	12,575	0,101	0,185	0,579	2,290	1,760	57,827	0,391	0,298	1,254	2,320	3,400	17,026	0,361	0,115	1,208	2,230	5,040	10,841	0,660	2,668	1,049	2,290	6,680	12,418	0,786	0,768	0,957	2,390
0,140	12,751	0,152	0,178	0,969	2,290	1,780	58,094	0,379	0,320	1,258	2,250	3,420	17,558	0,389	0,112	1,224	2,230	5,060	11,158	0,694	2,954	1,049	2,270	6,700	12,236	0,715	0,772	0,964	2,360
0,160	12,928	0,226	0,178	0,700	2,290	1,800	57,741	0,378	0,341	1,258	2,400	3,440	17,064	0,410	0,143	1,224	2,240	5,080	11,935	0,731	2,923	1,049	2,240	6,720	11,808	0,686	0,758	0,975	2,250
0,180	13,211	0,314	0,178	0,684	2,310	1,820	56,640	0,395	0,343	1,256	2,940	3,460	15,934	0,419	0,182	1,208	2,270	5,100	12,783	0,752	2,021	1,061	2,250	6,740	11,451	0,652	0,768	0,936	2,420
0,200	13,672	0,397	0,181	1,922	2,310	1,840	54,377	0,415	0,334	1,248	2,240	3,480	13,812	0,387	0,191	1,224	2,320	5,120	13,136	0,759	1,623	1,045	2,220	6,760	10,918	0,642	0,760	0,972	2,210
0,220	14,344	0,525	0,180	1,276	2,310	1,860	50,986	0,443	0,322	1,233	2,290	3,500	11,090	0,304	0,109	1,208	2,180	5,140	13,239	0,769	1,237	1,045	2,270	6,780	10,351	0,630	0,755	0,979	2,270
0,240	14,734	0,620	0,165	1,207	2,180	1,880	50,052	0,410	0,342	1,250	2,400	3,520	9,469	0,250	0,204	1,201	2,220	5,160	13,341	0,776	1,016	1,055	2,220	6,800	9,856	0,621	0,751	0,969	2,290
0,260	14,949	0,688	0,168	1,236	2,330	1,900	49,462	0,395	0,364	1,248	2,330	3,540	7,500	0,229	0,122	1,224	2,310	5,180	13,267	0,792	0,770	1,078	2,180	6,820	9,927	0,598	0,770	0,983	2,430
0,280	15,377	0,791	0,157	1,312	2,360	1,920	48,946	0,344	0,497	1,231	2,310	3,560	5,954	0,216	0,315	1,210	2,200	5,200	12,769	0,829	0,490	1,053	2,200	6,840	9,541	0,568	0,795	0,976	2,380
0,300	16,477	0,856	0,154	1,234	2,220	1,940	52,671	0,295	0,443	1,203	2,360	3,580	5,674	0,232	0,679	1,233	2,240	5,220	12,235	0,873	0,483	1,042	2,270	6,860	9,681	0,539	0,824	1,009	2,390
0,320	18,850	0,905	0,170	1,236	2,310	1,960	52,569	0,295	0,401	1,217	2,350	3,600	5,781	0,218	1,048	1,226	2,220	5,240	11,949	0,916	0,456	1,045	2,190	6,880	9,717	0,521	1,049	0,985	2,360
0,340	22,497	0,918	0,193	1,221	2,250	1,980	51,000	0,323	0,131	1,223	2,280	3,620	6,133	0,189	1,289	1,202	2,310	5,260	11,556	0,961	0,469	1,045	2,240	6,900	9,895	0,497	1,233	1,000	2,390
0,360	28,196	0,929	0,228	1,276	2,160	2,000	45,946	0,355	0,241	1,223	2,330	3,640	6,170	0,171	1,315	1,211	2,240	5,280	11,270	1,003	0,454	1,047	2,240	6,920	10,534	0,324	1,686	1,018	2,280
0,380	37,644	0,924	0,267	1,217	2,010	2,020	46,014	0,385	0,272	1,217	2,430	3,660	6,452	0,164	1,005	1,210	2,190	5,300	10,841	1,035	0,472	1,049	2,220	6,940	11,067	0,313	1,734	1,008	2,230
0,400	41,836	0,905	0,279	1,255	2,100	2,040	46,731	0,395	0,288	1,220	2,310	3,680	6,312	0,169	0,966	1,194	2,270	5,320	10,448	1,042	0,445	1,024	2,160	6,960	11,247	0,292	1,776	1,022	2,270
0,420	42,967	0,761	0,262	1,235	2,130	2,060	48,608	0,389	0,331	1,211	2,270	3,700	6,419	0,184	0,999	1,194	2,270	5,340	9,844	1,034	0,467	0,993	2,200	6,980	11,283	0,306	1,742	1,002	2,180
0,440	41,535	0,636	0,212	1,333	2,120	2,080	50,930	0,376	0,343	1,186	2,360	3,720	6,596	0,214	0,993	1,210	2,270	5,360	9,731	1,008	0,536	1,001	2,250	7,000	11,003	0,334	1,691	1,015	2,350
0,460	39,354	0,552	0,193	1,451	2,070	2,100	52,874	0,371	0,335	1,219	2,360	3,740	6,528	0,250	0,972	1,202	2,270	5,380	9,899	0,972	0,656	1,003	2,200	7,020	10,934	0,366	1,717	1,035	2,390
0,480	37,270	0,492	0,153	1,371	2,270	2,120	54,477	0,358	0,376	1,220	2,310	3,760	6,564	0,271	0,944	1,210	2,230	5,400	10,033	0,948	0,685	1,003	2,180	7,040	11,007	0,385	1,698	1,015	2,290
0,500	34,370	0,389	0,152	1,364	2,400	2,140	55,738	0,350	0,397	1,241	2,360	3,780	7,023	0,298	0,907	1,194	2,250	5,420	10,623	0,918	0,643	0,995	2,200	7,060	10,724	0,419	1,793	1,039	2,380
0,520	31,931	0,324	0,153	1,361	2,310	2,160	56,690	0,364	0,409	1,252	2,330	3,800	7,305	0,319	0,916	1,203	2,230	5,440	11,075	0,895	0,609	0,962	2,240	7,080	10,797	0,443	1,894	1,044	2,390
0,540	28,962	0,278	0,141	1,415	2,220	2,180	57,199	0,383	0,407	1,241	2,330	3,820	7,975	0,331	1,197	1,194	2,230	5,460	11,562	0,874	0,554	0,970	2,180	7,100	10,939	0,448	1,945	1,031	2,330
0,560	26,947	0,272	0,135	1,376	2,180	2,200	56,750	0,397	0,399	1,257	2,230	3,840	8,925	0,321	0,870	1,203	2,270	5,480	11,553	0,880	0,515	0,978	2,100	7,120	11,542	0,431	2,029	1,026	2,330
0,580	23,944	0,298	0,122	1,372	2,400	2,220	55,209	0,404	0,384	1,217	2,310	3,860	9,243	0,314	0,649	1,195	2,250	5,500	11,475	0,885	0,465	0,968	2,250	7,140	12,215	0,420	2,142	1,031	2,330
0,600	21,896	0,344	0,113	1,381	2,330	2,240	53,975	0,405	0,381	1,225	2,400	3,880	9,280	0,335	0,519	1,195	2,320	5,520	11,433	0,889	0,450	0,937	2,240	7,160	12,533	0,403	2,193	1,053	2,310
0,620	20,413	0,379	0,109	1,376	2,290	2,260	54,005	0,392	0,402	1,241	2,330	3,900	8,894	0,373	0,539	1,194	2,350	5,540	11,390	0,895	0,403	0,968	2,170	7,180	13,313	0,396	2,198	1,060	2,350
0,640	19,461	0,424	0,103	1,376	2,290	2,280	55,092	0,383	0,414	1,216	2,310	3,920	8,467	0,391	0,482	1,195	2,270	5,560	11,134	0,909	0,382	0,957	2,170	7,200	13,843	0,384	2,162	1,031	2,360
0,660	20,526	0,521	0,121	1,384	2,240	2,300	55,224	0,383	0,418	1,213	2,310	3,940	8,820	0,438	0,633	1,203	2,230	5,580	11,125	0,931	0,340	0,939	2,160	7,220	14,304	0,400	2,106	1,051	2,310
0,680	21,024	0,575	0,101	1,386	2,380	2,320	54,228	0,392	0,408	1,212	2,330	3,960	8,751	0,502	0,976	1,197	2,320	5,600	11,048	0,958	0,343	0,924	2,230	7,240	14,835	0,442	2,080	1,044	2,360
0,700	21,028	0,583	0,088	1,386	2,280	2,340	51,985	0,372	0,346	1,237	2,310	3,980	8,821	0,555	1,340	1,198	2,290	5,620	11,361	0,988	0,334	0,934	2,110	7,260	14,977	0,491	2,136	1,057	2,350
0,720	22,375	0,611	0,088	1,368	2,510	2,360	51,159	0,377	0,278	1,182	2,240	4,000	9,138	0,572	1,667	1,189	2,280	5,640	11,352	1,010	0,352	0,931	2,170	7,280	15,508	0,519	2,057	1,080	2,330
0,740	26,022	0,618	0,036	1,368	2,390	2,380	50,095	0,391	0,291	1,177	2,330	4,020	9,769	0,558	1,884	1,190	2,200	5,660	11,559	1,0									

 Committente: Ecored Cantiere: Minerbio (BO) Data: 06/04/2022						ID Prova: CPTU 1 Profondita falda: a mt 2.50 da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.00 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 73/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto											
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
8,220	14,825	0,452	1,581	1,163	2,330	9,860	17,443	1,084	1,291	1,347	2,270	11,500	18,417	1,204	1,002	1,459	2,220	13,140	18,055	0,367	3,796	1,666	2,160	14,780	114,806	0,368	1,633	1,863	2,110
8,240	14,967	0,464	1,576	1,175	2,310	9,880	17,372	1,116	1,280	1,338	2,500	11,520	18,838	1,175	1,005	1,466	2,180	13,160	18,265	0,324	3,346	1,677	2,130	14,800	114,341	0,363	1,654	1,880	2,080
8,260	14,968	0,466	1,511	1,169	2,360	9,900	17,365	1,150	1,164	1,331	2,240	11,540	18,799	1,168	0,996	1,475	2,270	13,180	18,936	0,318	3,009	1,677	2,130	14,820	115,692	0,362	1,709	1,879	2,010
8,280	14,757	0,493	1,373	1,168	2,310	9,920	17,625	1,160	1,143	1,347	2,310	11,560	19,325	1,173	1,011	1,489	2,240	13,200	19,217	0,340	2,942	1,684	2,100	14,840	118,511	0,364	1,751	1,861	1,990
8,300	14,262	0,544	1,316	1,162	2,290	9,940	18,088	1,152	1,126	1,331	2,380	11,580	17,905	1,163	0,959	1,486	2,240	13,220	19,038	0,368	2,355	1,677	2,130	14,860	120,073	0,361	1,730	1,863	2,030
8,320	13,555	0,614	1,278	1,157	2,360	9,960	17,948	1,127	1,093	1,343	2,350	11,600	16,911	1,129	0,914	1,486	2,200	13,240	19,178	0,387	2,000	1,684	2,160	14,880	119,085	0,342	1,610	1,851	2,030
8,340	13,272	0,698	1,260	1,168	2,360	9,980	17,136	1,134	1,063	1,345	2,320	11,620	15,811	1,111	0,888	1,489	2,200	13,260	19,425	0,405	1,945	1,681	2,090	14,900	116,662	0,319	1,577	1,861	2,040
8,360	13,130	0,771	1,250	1,168	2,320	10,000	16,570	1,139	1,047	1,356	2,350	11,640	15,031	1,089	0,862	1,486	2,280	13,280	18,753	0,446	2,212	1,694	2,150	14,920	114,241	0,297	1,554	1,855	2,050
8,380	13,095	0,842	1,261	1,157	2,270	10,020	16,533	1,142	1,042	1,356	2,350	11,660	14,356	1,084	0,865	1,478	2,170	13,300	18,401	0,498	4,279	1,682	2,130	14,940	111,762	0,304	1,445	1,875	2,150
8,400	13,341	0,870	1,278	1,174	2,320	10,040	16,568	1,151	1,034	1,352	2,320	11,680	13,716	1,034	0,860	1,483	2,190	13,320	18,791	0,486	4,159	1,684	2,170	14,960	110,773	0,262	1,175	1,874	2,360
8,420	13,976	0,852	1,313	1,174	2,320	10,060	16,425	1,211	1,046	1,374	2,320	11,700	13,255	0,976	0,846	1,486	2,230	13,340	19,394	0,469	3,857	1,697	2,100	14,980	110,356	0,270	1,135	1,876	2,320
8,440	14,292	0,806	1,312	1,157	2,380	10,080	16,600	1,236	1,079	1,370	2,310	11,720	12,794	0,921	0,848	1,486	2,310	13,360	19,962	0,464	3,268	1,713	2,080	15,000	111,512	0,270	1,166	1,859	2,310
8,460	14,501	0,779	1,303	1,151	2,270	10,100	17,623	1,234	1,122	1,372	2,310	11,740	12,509	0,843	0,849	1,495	2,220	13,380	19,997	0,515	2,879	1,700	2,180	15,020	112,807	0,273	1,198	1,863	2,200
8,480	14,886	0,757	1,318	1,163	2,270	10,120	18,399	1,250	1,158	1,372	2,310	11,760	12,154	0,761	0,853	1,501	2,240	13,400	20,633	0,549	2,870	1,713	2,120	15,040	114,030	0,285	1,237	1,839	2,240
8,500	15,024	0,766	1,342	1,157	2,430	10,140	19,138	1,232	1,176	1,368	2,290	11,780	11,905	0,701	0,848	1,495	2,160	13,420	21,162	0,608	2,881	1,700	2,100	15,060	114,867	0,304	1,277	1,842	2,220
8,520	15,834	0,781	1,379	1,163	2,310	10,160	19,984	1,222	1,188	1,372	2,320	11,800	11,622	0,640	0,868	1,489	2,290	13,440	21,551	0,634	2,735	1,713	2,090	15,080	115,912	0,351	1,317	1,852	2,240
8,540	16,255	0,815	1,381	1,181	2,310	10,180	21,253	1,229	1,212	1,386	2,270	11,820	11,695	0,571	0,893	1,498	2,140	13,460	21,904	0,656	2,766	1,708	2,180	15,100	117,585	0,374	1,365	1,861	2,250
8,560	17,029	0,855	1,397	1,163	2,350	10,200	21,779	1,225	1,217	1,382	2,320	11,840	11,945	0,510	0,903	1,489	2,160	13,480	22,185	0,704	2,790	1,706	2,120	15,120	118,834	0,377	1,390	1,876	2,200
8,580	17,166	0,890	1,398	1,175	2,240	10,220	22,519	1,239	1,228	1,369	2,270	11,860	11,842	0,481	0,886	1,496	2,320	13,500	22,221	0,738	2,736	1,723	2,060	15,140	119,388	0,388	1,404	1,861	2,200
8,600	17,763	0,940	1,404	1,193	2,360	10,240	22,904	1,301	1,234	1,382	2,280	11,880	11,881	0,436	0,908	1,518	2,200	13,520	22,291	0,776	2,852	1,718	2,120	15,160	119,065	0,404	1,378	1,877	2,220
8,620	18,007	0,979	1,410	1,198	2,350	10,260	23,252	1,375	1,244	1,369	2,320	11,900	12,170	0,414	0,939	1,518	2,190	13,540	22,148	0,807	2,865	1,728	2,180	15,180	118,743	0,412	1,361	1,879	2,180
8,640	17,790	1,014	1,394	1,193	2,330	10,280	23,530	1,451	1,250	1,359	2,270	11,920	12,388	0,376	0,970	1,496	2,240	13,560	22,077	0,817	2,874	1,716	2,110	15,200	119,957	0,396	1,377	1,877	2,220
8,660	17,785	1,073	1,398	1,204	2,390	10,300	23,596	1,536	1,264	1,365	2,310	11,940	14,164	0,267	1,327	1,512	2,250	13,580	22,252	0,816	2,874	1,728	2,090	15,220	122,501	0,379	1,413	1,861	2,240
8,680	17,424	1,124	1,395	1,205	2,310	10,320	23,696	1,653	1,292	1,387	2,280	11,960	14,911	0,311	1,437	1,509	2,250	13,600	22,499	0,831	2,867	1,716	2,100	15,240	124,658	0,367	1,418	1,895	2,180
8,700	16,925	1,165	1,387	1,221	2,280	10,340	24,292	1,699	1,336	1,350	2,320	11,980	14,775	0,347	1,444	1,519	2,250	13,620	22,638	0,857	2,881	1,720	2,190	15,260	126,922	0,380	1,433	1,887	2,220
8,720	17,131	1,172	1,392	1,210	2,360	10,360	24,678	1,720	1,379	1,379	2,270	12,000	14,672	0,369	1,453	1,509	2,230	13,640	22,778	0,875	2,904	1,724	2,100	15,280	131,213	0,402	1,481	1,893	2,220
8,740	17,302	1,153	1,398	1,194	2,420	10,380	25,590	1,725	1,402	1,390	2,250	12,020	14,782	0,399	1,461	1,518	2,250	13,660	22,388	0,891	2,856	1,721	2,080	15,300	137,005	0,417	1,541	1,891	2,220
8,760	17,686	1,132	1,417	1,217	2,320	10,400	26,113	1,692	1,405	1,382	2,360	12,040	15,141	0,430	1,512	1,527	2,200	13,680	21,679	0,871	2,831	1,711	2,110	15,320	143,740	0,432	1,563	1,900	2,150
8,780	17,785	1,131	1,436	1,222	2,390	10,420	25,361	1,641	1,378	1,371	2,270	12,060	15,392	0,426	1,525	1,516	2,200	13,700	20,333	0,851	2,854	1,717	2,190	15,340	149,217	0,434	1,553	1,900	2,170
8,800	17,922	1,142	1,450	1,229	2,240	10,440	23,335	1,609	1,309	1,382	2,270	12,080	15,999	0,442	1,555	1,521	2,200	13,720	20,048	0,832	3,012	1,711	2,150	15,360	154,380	0,439	1,567	1,900	2,200
8,820	17,985	1,138	1,440	1,223	2,330	10,460	22,515	1,583	1,281	1,371	2,250	12,100	16,816	0,447	1,594	1,521	2,270	13,740	20,931	0,822	4,199	1,708	2,120	15,380	158,319	0,450	1,544	1,901	2,170
8,840	18,295	1,176	1,433	1,229	2,150	10,480	21,870	1,595	1,266	1,389	2,330	12,120	17,068	0,495	1,633	1,524	2,180	13,760	21,849	0,782	4,682	1,699	2,120	15,400	158,730	0,447	1,497	1,899	2,160
8,860	18,748	1,234	1,430	1,224	2,560	10,500	21,757	1,592	1,236	1,382	2,290	12,140	17,637	0,538	1,736	1,532	2,220	13,780	22,023	0,723	4,668	1,694	2,560	15,420	156,624	0,465	1,408	1,908	2,180
8,880	19,060	1,301	1,439	1,224	2,420	10,520	20,903	1,611	1,256	1,396	2,220	12,160	19,339	0,513	1,842	1,527	2,180	13,800	21,986	0,682	4,786	1,671	2,100	15,440	154,062	0,498	1,369	1,907	2,190
8,900	18,912	1,341	1,429	1,235	2,420	10,540	19,690	1,581	1,226	1,371	2,270	12,180	20,899	0,500	1,933	1,521	2,220	13,820	22,126	0,647	4,984	1,714	2,120	15,460	153,389	0,511	1,374	1,909	2,180
8,920	17,032	1,300	1,255	1,229	2,220	10,560	18,797	1,592	1,179	1,389	2,360	12,200	21,999	0,555	2,045	1,536	2,160	13,840	22,514	0,639	8,853	1,702	2,190	15,480	154,182	0,503	1,410	1,925	2,130

 Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE	Committente: Ecored Cantiere: Minerbio (BO) Data: 06/04/2022	ID Prova: CPTU 1 Profondita falda: a mt 2.50 da p.c. Preforo: -	Profondità massima raggiunta: 30.00 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 73/22GF	Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto																									
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
16,420	19,343	0,607	0,788	2,120	2,150	18,060	40,061	0,362	0,210	2,428	2,100	19,700	14,548	0,563	2,605	2,769	2,080	21,340	25,556	0,900	0,113	3,046	2,020	22,980	46,321	0,393	0,337	3,301	2,110
16,440	15,874	0,758	0,742	2,120	2,150	18,080	31,147	0,487	0,252	2,436	2,100	19,720	14,902	0,571	2,570	2,768	2,110	21,360	22,540	0,968	0,127	3,039	2,000	23,000	41,059	0,562	0,349	3,277	2,010
16,460	13,077	0,889	0,563	2,136	2,100	18,100	24,178	0,690	0,236	2,436	2,110	19,740	15,327	0,573	2,493	2,780	2,010	21,380	21,505	0,973	0,332	3,042	1,970	23,020	42,352	0,611	0,248	3,293	2,180
16,480	11,519	0,877	0,177	2,136	2,090	18,120	20,287	0,842	0,671	2,436	2,080	19,760	15,503	0,598	2,427	2,785	2,180	21,400	22,275	0,888	3,099	3,054	1,940	23,040	34,524	0,632	0,445	3,296	2,080
16,500	10,811	0,744	1,035	2,145	2,130	18,140	18,483	0,839	2,965	2,429	2,100	19,780	15,537	0,619	2,360	2,804	2,080	21,420	19,543	0,847	4,073	3,052	1,920	23,060	28,299	0,683	0,553	3,308	2,660
16,520	11,695	0,619	1,656	2,144	2,160	18,160	17,173	0,794	3,328	2,436	2,080	19,800	15,394	0,625	2,319	2,785	2,660	21,440	16,635	0,797	5,626	3,054	1,970	23,080	23,205	0,769	0,579	3,303	2,240
16,540	14,455	0,546	1,831	2,144	2,120	18,180	17,171	0,681	4,018	2,462	2,080	19,820	15,498	0,637	2,295	2,782	2,240	21,460	20,518	0,797	7,164	3,052	1,900	23,100	17,758	0,797	0,609	3,311	2,220
16,560	17,039	0,459	1,928	2,142	2,120	18,200	17,133	0,612	4,426	2,454	2,110	19,840	15,426	0,657	2,266	2,805	2,220	21,480	34,453	0,634	7,118	3,062	1,880	23,120	14,113	0,686	0,329	3,319	2,180
16,580	19,025	0,401	1,709	2,143	2,110	18,220	16,810	0,512	4,670	2,453	2,180	19,860	15,743	0,689	2,148	2,805	2,180	21,500	47,566	0,459	3,091	3,061	1,920	23,140	12,590	0,561	0,337	3,311	2,130
16,600	16,411	0,423	1,439	2,142	2,170	18,240	17,160	0,365	4,843	2,469	2,190	19,880	15,953	0,705	2,098	2,790	2,130	21,520	50,063	0,523	0,105	3,066	1,930	23,160	12,129	0,501	1,156	3,301	2,180
16,620	13,976	0,415	1,183	2,158	2,080	18,260	16,907	0,237	5,159	2,478	2,200	19,900	15,880	0,709	2,002	2,805	2,180	21,540	44,160	0,660	0,282	3,058	1,890	23,180	12,233	0,474	2,661	3,306	2,160
16,640	12,427	0,488	1,167	2,182	2,090	18,280	16,621	0,189	5,361	2,504	2,220	19,920	16,159	0,713	1,219	2,813	2,160	21,560	33,057	0,723	0,496	3,062	1,870	23,200	12,408	0,474	2,906	3,306	2,130
16,660	12,750	0,468	1,158	2,182	2,110	18,300	16,193	0,190	5,142	2,495	2,200	19,940	16,084	0,730	1,126	2,808	2,130	21,580	27,368	0,590	0,596	3,068	1,860	23,220	12,193	0,434	3,009	3,311	2,160
16,680	12,724	0,473	1,026	2,182	2,190	18,320	16,120	0,202	3,976	2,512	2,150	19,960	15,726	0,764	1,063	2,806	2,160	21,600	21,892	0,534	0,630	3,068	1,920	23,240	12,156	0,387	3,091	3,313	2,120
16,700	12,413	0,528	0,905	2,190	2,120	18,340	16,685	0,218	3,944	2,504	2,200	19,980	15,726	0,764	1,093	2,816	2,120	21,620	18,363	0,546	0,515	3,062	1,820	23,260	12,048	0,373	3,080	3,321	2,120
16,720	12,209	0,553	0,862	2,199	2,100	18,360	18,346	0,251	3,886	2,504	2,190	20,000	14,343	0,877	1,067	2,816	2,120	21,640	19,965	0,651	0,583	3,072	1,800	23,280	12,011	0,365	3,051	3,326	2,070
16,740	12,077	0,515	0,793	2,190	2,050	18,380	19,868	0,265	4,497	2,512	2,180	20,020	13,884	0,898	0,979	2,809	2,070	21,660	19,127	0,554	0,419	3,086	1,800	23,300	12,611	0,367	3,134	3,334	2,120
16,760	11,801	0,447	0,740	2,183	2,190	18,400	19,550	0,271	4,502	2,504	2,170	20,040	13,142	0,914	0,916	2,828	2,120	21,680	15,706	0,561	0,153	3,086	1,880	23,320	13,388	0,379	3,224	3,357	2,070
16,780	11,526	0,366	0,662	2,190	2,080	18,420	18,843	0,270	4,601	2,512	2,180	20,060	12,645	0,913	0,976	2,838	2,070	21,700	12,779	0,593	0,143	3,096	2,220	23,340	14,767	0,410	3,302	3,339	2,050
16,800	11,357	0,360	0,593	2,199	2,540	18,440	18,243	0,278	4,481	2,521	2,220	20,080	12,679	0,880	1,060	2,836	2,050	21,720	12,149	0,549	0,287	3,088	2,180	23,360	15,403	0,450	3,383	3,368	2,090
16,820	11,188	0,347	0,532	2,190	2,160	18,460	16,298	0,286	4,567	2,529	2,180	20,100	13,242	0,835	1,165	2,838	2,090	21,740	11,909	0,437	0,441	3,100	2,160	23,380	16,500	0,477	3,344	3,339	2,030
16,840	10,986	0,330	0,487	2,199	2,180	18,480	15,097	0,275	4,157	2,522	2,160	20,120	13,946	0,759	1,229	2,859	2,030	21,760	11,844	0,421	0,599	3,092	2,230	23,400	16,606	0,496	3,138	3,355	2,010
16,860	10,604	0,325	0,405	2,206	2,160	18,500	14,354	0,285	4,121	2,522	2,230	20,140	14,685	0,679	1,240	2,838	2,010	21,780	11,780	0,365	1,019	3,092	2,200	23,420	16,465	0,531	2,822	3,357	2,010
16,880	10,436	0,317	0,396	2,198	2,130	18,520	14,214	0,306	4,101	2,514	2,200	20,160	14,057	0,620	1,219	2,856	2,010	21,800	12,141	0,352	1,115	3,088	2,200	23,440	15,934	0,597	2,504	3,365	2,000
16,900	10,305	0,311	0,494	2,223	2,160	18,540	14,816	0,332	4,226	2,531	2,200	20,180	15,065	0,598	1,185	2,863	2,000	21,820	12,680	0,339	1,044	3,094	2,160	23,460	15,828	0,635	2,288	3,360	1,990
16,920	10,350	0,291	0,526	2,223	2,160	18,560	19,239	0,365	4,623	2,546	2,160	20,200	14,813	0,586	1,160	2,868	1,990	21,840	12,829	0,324	0,911	3,100	2,180	23,480	15,192	0,696	2,099	3,355	1,990
16,940	10,431	0,271	0,519	2,231	2,160	18,580	22,673	0,391	4,353	2,556	2,180	20,220	15,128	0,578	1,153	2,875	1,990	21,860	12,980	0,354	0,806	3,108	2,230	23,500	15,194	0,720	1,986	3,365	1,970
16,960	10,431	0,271	2,609	2,223	2,160	18,600	20,481	0,365	2,509	2,549	2,230	20,240	16,045	0,586	1,121	2,875	1,970	21,880	12,952	0,383	0,731	3,112	2,160	23,520	15,087	0,767	1,855	3,357	1,970
16,980	11,669	0,234	2,587	2,231	2,130	18,620	17,263	0,346	1,874	2,532	2,160	20,260	16,115	0,654	1,049	2,875	1,970	21,900	12,465	0,399	0,642	3,122	2,160	23,540	15,158	0,784	1,780	3,355	2,010
17,000	10,824	0,234	2,626	2,223	2,160	18,640	15,390	0,368	1,911	2,565	2,160	20,280	15,724	0,709	1,004	2,893	2,010	21,920	12,084	0,435	0,631	3,112	2,180	23,560	15,157	0,779	1,658	3,373	1,940
17,020	10,507	0,235	2,690	2,231	2,100	18,660	13,764	0,376	2,163	2,564	2,180	20,300	16,041	0,746	0,960	2,886	1,940	21,940	12,303	0,457	0,794	3,112	2,270	23,580	15,121	0,766	1,548	3,381	1,900
17,040	10,262	0,231	2,837	2,234	2,160	18,680	12,916	0,342	2,600	2,564	2,270	20,320	17,170	0,776	1,008	2,895	1,900	21,960	13,586	0,441	1,056	3,082	2,160	23,600	14,730	0,779	1,448	3,375	1,980
17,060	10,794	0,225	2,943	2,242	2,120	18,700	12,917	0,311	2,661	2,599	2,160	20,340	18,193	0,835	1,116	2,886	1,980	21,980	17,130	0,410	1,271	3,106	2,180	23,620	14,481	0,767	1,332	3,381	1,940
17,080	11,044	0,227	2,949	2,232	2,120	18,720	12,848	0,329	2,827	2,617	2,180	20,360	27,955	0,937	1,542	2,895	1,940	22,000	15,247	0,297	1,243	3,116	2,120	23,640	14,160	0,763	1,271	3,378	1,940
17,100	11,223	0,240	2,931	2,232	2,160	18,740	13,168	0,345	2,945	2,625	2,120	20,380	46,023	0,895	2,030	2,897	1,940	22,020	22,151	0,358	0,152	3,120	2,220	23,660	13,876	0,743	1,187	3,388	1,880
17,120	11,330	0,236	2,931	2,240	2,110	18,760	13,205	0,332	2,961	2,608	2,220	20,400	69,488	0,859	1,767	2,913	1,880	22,040	20,067	0,419	0,263	3,120	2,130	23,680	13,592	0,754	1,114	3,388	2,220
17,140	11,756	0,229	2,916	2,250	2,120	18,780	12,817	0,338	2,928	2,616	2,130	20,420	88,649	0,723	2,315	2,902	1,890	22,060	17,135	0									

 Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE						Committente: Ecored Cantiere: Minerbio (BO) Data: 06/04/2022						ID Prova: CPTU 1 Profondita falda: a mt 2.50 da p.c. Preforo: -						Profondità massima raggiunta: 30.00 mt Punta sismica: Tecnopenta CPLSD RIF. 73/22GF						Prova eseguita da: GEO.FE. S.n.c. via dell'Artigianato ,3 44033 - Ro di Riva del Po (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto					
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Gradi °	cm/sec
24,620	11,804	0,374	3,935	3,519	2,120	26,260	23,514	0,943	2,364	3,724	2,240	27,900	17,387	0,400	6,546	3,949	2,360	29,540	52,783	0,862	2,882	4,222	2,320	29,540	52,783	0,862	2,882	4,222	2,320
24,640	12,159	0,390	4,075	3,516	2,060	26,280	21,775	0,827	3,241	3,724	2,130	27,920	17,675	0,371	6,210	3,960	2,310	29,560	61,201	0,877	0,470	4,237	2,390	29,560	61,201	0,877	0,470	4,237	2,390
24,660	12,620	0,350	4,139	3,502	2,110	26,300	21,524	0,784	3,392	3,724	2,180	27,940	17,360	0,381	5,902	3,964	2,290	29,580	63,337	0,860	0,356	4,244	2,380	29,580	63,337	0,860	0,356	4,244	2,380
24,680	13,118	0,301	4,190	3,516	2,120	26,320	21,697	0,767	3,586	3,727	2,290	27,960	16,231	0,396	5,524	3,953	2,430	29,600	58,177	0,750	0,345	4,250	2,320	29,600	58,177	0,750	0,345	4,250	2,320
24,700	13,616	0,310	4,215	3,528	2,080	26,340	22,224	0,771	3,678	3,742	2,380	27,980	15,068	0,406	5,353	3,957	2,380	29,620	48,896	0,615	0,258	4,254	2,290	29,620	48,896	0,615	0,258	4,254	2,290
24,720	13,866	0,342	4,131	3,536	2,080	26,360	22,857	0,793	3,634	3,738	2,060	28,000	14,540	0,381	5,475	3,960	2,270	29,640	37,194	0,725	0,195	4,265	2,360	29,640	37,194	0,725	0,195	4,265	2,360
24,740	14,436	0,380	4,002	3,533	2,150	26,380	23,066	0,802	3,663	3,738	2,330	28,020	14,508	0,305	5,527	3,968	2,390	29,660	29,751	0,899	0,746	4,261	2,330	29,660	29,751	0,899	0,746	4,261	2,330
24,760	14,617	0,412	3,849	3,539	2,130	26,400	23,382	0,797	3,487	3,738	2,230	28,040	14,508	0,305	6,471	3,961	2,430	29,680	23,433	1,120	1,714	4,250	2,280	29,680	23,433	1,120	1,714	4,250	2,280
24,780	14,339	0,454	3,551	3,549	2,110	26,420	23,627	0,813	2,623	3,727	2,180	28,060	14,803	0,347	5,092	3,964	2,310	29,700	19,974	0,980	4,900	4,286	2,310	29,700	19,974	0,980	4,900	4,286	2,310
24,800	14,060	0,476	3,224	3,551	2,070	26,440	23,412	0,839	2,718	3,720	2,110	28,080	14,912	0,375	4,382	3,978	2,310	29,720	20,098	0,800	4,845	4,272	2,330	29,720	20,098	0,800	4,845	4,272	2,330
24,820	13,321	0,528	2,951	3,551	2,100	26,460	23,303	0,845	2,784	3,720	2,190	28,100	14,737	0,388	3,705	3,964	2,360	29,740	18,767	0,787	4,754	4,272	2,320	29,740	18,767	0,787	4,754	4,272	2,320
24,840	12,689	0,567	2,844	3,557	2,170	26,480	22,946	0,836	2,710	3,712	2,100	28,120	15,020	0,407	2,979	3,979	2,450	29,760	17,633	0,746	4,503	4,286	2,330	29,760	17,633	0,746	4,503	4,286	2,330
24,860	12,302	0,600	2,849	3,549	2,080	26,500	22,875	0,867	2,677	3,716	2,130	28,140	15,446	0,425	2,909	3,997	2,360	29,780	16,849	0,723	4,403	4,286	2,310	29,780	16,849	0,723	4,403	4,286	2,310
24,880	12,412	0,567	2,903	3,555	2,100	26,520	23,686	0,909	2,893	3,701	2,200	28,160	15,623	0,451	2,854	3,998	2,330	29,800	16,392	0,715	4,496	4,280	2,360	29,800	16,392	0,715	4,496	4,280	2,360
24,900	12,697	0,550	2,968	3,558	2,100	26,540	24,888	0,949	3,280	3,701	2,280	28,180	15,515	0,485	2,958	3,990	2,360	29,820	15,735	0,676	4,666	4,294	2,310	29,820	15,735	0,676	4,666	4,294	2,310
24,920	13,052	0,535	3,053	3,558	2,190	26,560	25,418	0,959	3,312	3,712	2,240	28,200	15,656	0,518	3,021	4,005	2,430	29,840	15,830	0,613	4,686	4,289	2,290	29,840	15,830	0,613	4,686	4,289	2,290
24,940	13,583	0,506	3,125	3,548	2,080	26,580	24,922	0,965	3,136	3,701	2,290	28,220	15,832	0,555	3,137	3,998	2,390	29,860	15,477	0,637	4,693	4,303	2,360	29,860	15,477	0,637	4,693	4,303	2,360
24,960	14,115	0,463	3,171	3,558	2,110	26,600	24,107	0,990	3,018	3,708	2,270	28,240	16,431	0,588	3,188	4,005	2,360	29,880	15,272	0,640	4,675	4,307	2,360	29,880	15,272	0,640	4,675	4,307	2,360
24,980	14,257	0,437	3,084	3,557	2,010	26,620	24,069	1,008	2,977	3,687	2,240	28,260	17,242	0,608	3,170	4,012	2,250	29,900	15,046	0,633	5,061	4,307	2,320	29,900	15,046	0,633	5,061	4,307	2,320
25,000	14,505	0,436	3,008	3,568	2,180	26,640	23,501	0,981	2,934	3,671	2,250	28,280	17,699	0,618	3,173	4,001	2,420	29,920	15,245	0,627	5,186	4,307	2,270	29,920	15,245	0,627	5,186	4,307	2,270
25,020	13,139	0,455	2,956	3,561	2,080	26,660	23,180	0,988	2,878	3,686	2,220	28,300	18,120	0,617	3,055	4,012	2,210	29,940	15,370	0,613	5,197	4,314	2,320	29,940	15,370	0,613	5,197	4,314	2,320
25,040	14,873	0,524	2,942	3,568	2,660	26,680	22,153	1,007	2,727	3,693	2,270	28,320	18,789	0,610	3,286	4,009	2,270	29,960	15,695	0,587	5,195	4,314	2,320	29,960	15,695	0,587	5,195	4,314	2,320
25,060	15,017	0,596	2,843	3,557	2,240	26,700	21,301	1,004	2,725	3,693	2,220	28,340	18,467	0,630	3,339	4,012	2,290	29,980	15,570	0,594	5,152	4,331	2,380	29,980	15,570	0,594	5,152	4,331	2,380
25,080	15,018	0,662	2,737	3,557	2,220	26,720	20,625	0,959	2,769	3,701	2,180	28,360	18,252	0,642	3,399	4,017	2,430	30,000	15,470	0,600	5,220	4,318	2,270	30,000	15,470	0,600	5,220	4,318	2,270

GRAFICI PROVA CPTU 1



Committente: Comune di Molinella	Sondaggio: S1
Riferimento: 73-22GF	Data: 06/04/22
Coordinate: Minerbio (Bo) - nuova circonvallazione	Quota: 30m
Perforazione: carotaggio continuo	

SCALA 1:100		STRATIGRAFIA - S1					Pagina 1/2				
metri	LITOLOGIA	Campioni	prof. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test				
							m	S.P.T.	N	A	Pz
			0.3	Terreno vegetale							
1			1.0	Argilla limosa molto consistente, colore marrone	>6	>1.2					
				Limo argilloso molto consistente, colore nocciola	>6	>1.2					
2			1.8	Limo sabbioso - argilloso, colore nocciola							
3			3.4	Argilla limosa consistente, colore grigio chiaro	1.2	0.7					
4		1) She < 4.30 5.00	4.3	Vuoto prelievo Shelby 1	2.9	>1.2					
5			5.0	Argilla debolmente limosa molto consistente, colore grigio scuro	1.7	0.8					
6			6.4	Argilla debolmente limosa con inclusioni carbonatiche, molto consistente, colore nocciola	3.8	>1.2					
7		2) She < 7.30 8.00	7.3	Vuoto prelievo Shelby 2	3.9	>1.2					
8			8.0	Argilla debolmente limosa con inclusioni carbonatiche, molto consistente, colore grigio - marrone	4.6	>1.2					
9		3) She < 9.00 9.70	9.0	Vuoto prelievo Shelby 3	2.7	0.95					
10			9.7	Argilla a tratti debolmente limosa, consistente, colore grigio scuro - marrone	4	>1.2					
11			11.3	Limo argilloso debolmente sabbioso, colore nocciola	4.2	>1.2					
12		4) She < 12.00 12.60	12.0	Vuoto prelievo Shelby 4	4.7	>1.2					
13			12.6	Limo argilloso - sabbioso, colore nocciola	3	>1.2	12.6	6-4-7	11		
14			13.0	Argilla debolmente limosa consistente, colore grigio - nocciola	2.9	1.06					
15			13.8	Argilla sabbiosa, colore grigio - nocciola	4.7	>1.2					
16			14.3	Sabbia limosa, a tratti argillosa, colore grigio			14.5	5-6-8	14		
17			17.0	Argilla limosa consistente con intervalli centimetrici limoso - sabbiosi e rare inclusioni carbonatiche, colore grigio chiaro	1.5	0.6					
18		5) She < 18.00 18.60	18.0	Vuoto prelievo Shelby 5	2.1	0.8					
19			18.6	Argilla limosa mediamente consistente con livelli decimetrici limoso - sabbiosi e rare inclusioni carbonatiche, colore grigio chiaro	0.9	0.4					
20			19.9	Sabbia limosa passante a limoso - argillosa, colore grigio chiaro	2	0.8					
					2.2	0.8	20.0	5-6-6	12		

Committente: Comune di Molinella	Sondaggio: S1
Riferimento: 73-22GF	Data: 06/04/22
Coordinate: Minerbio (Bo) - nuova circonvallazione	Quota: 30m
Perforazione: carotaggio continuo	

SCALA 1 :100	STRATIGRAFIA - S1	Pagina 2/2
--------------	--------------------------	------------

metri	LITOLOGIA	Campioni	prof. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test				
							m	S.P.T.	N	A	Pz
21				Sabbia limosa passante a limoso - argillosa, colore grigio chiaro							
22			22.4								
23				Argilla debolmente limosa molto consistente, colore grigio scuro							
24					4.3	>1.2					
25					5.1	>1.2					
26			26.0		5.3	>1.2					
27				Argilla limosa consistente, con livelli decimetrici limoso - sabbiosi, colore grigio chiaro	3.7	>1.2					
28					4	>1.2					
29					4.5	>1.2					
30			30.0		4.8	>1.2					
					3.8	>1.2					
							28.0	19-23-27	50		
					4.1	>1.2					

prelevati n. 5 campioni indisturbati:
Sh1 (4,3-5,0m)
Sh2 (7,3-8,0m)
Sh3 (9,0-9,7m)
Sh4 (12,0-12,6m)
Sh5 (18,0-18,6m)

SCHEDA APERTURA CAMPIONE

Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Campione: **S1SH1** Profondità: **4.3-5.0** mt
Data apertura: **08/04/2022** Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Tipo di contenitore: ☐ Fustella ☐ Sacchetto ☐ Cassetta
Qualità del campione: ☐ Scadente ☐ Discreta ☒ Buona ☐ Eccellente

ALTO A B C BASSO
0 10 40 62 cm



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	TrCD
A	argilla mediamente compatta color grigio										
B	limo argilloso color nocciola saturato d'acqua										
C	argilla mediamente compatta color grigio	150	75	*	*				*		

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)

Vane test V.T (kPa)

Peso di volume Y

Contenuto d'acqua W

Granulometria G

Limiti di Atterberg LA

Prova edometrica Ed

Prova di taglio PT

Compressione E.L.L.C

Triassiale T.R

Permeabilità k

Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	559
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

Committente : **Geologia Ferrara Snc**

Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**

Campione : **S1SH1** mt. **4.3-5.0**

Data prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	170.91
Massa terreno secco + Tara	(g)	128.62
Massa Tara	(g)	7.92
Contenuto d'acqua - W	(%)	35.04

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	233.35
Massa tara	(g)	73.67
Peso unità di volume - γ	(g/cm ³)	1.839
	(kN/m ³)	18.035
Peso secco unità di volume - γ_d	(g/cm ³)	1.362
	(kN/m ³)	13.355

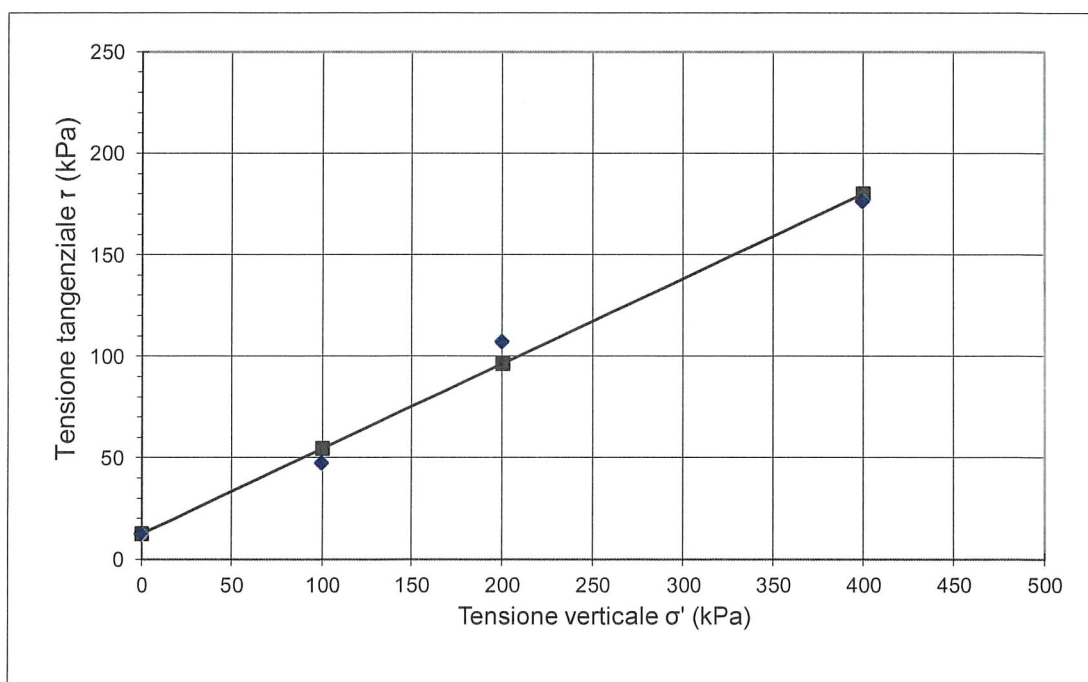
Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	560
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Campione: **S1SH1**
Prof. (mt) : **4.3-5.0**
Data inizio prova : **08/04/2022**

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino (n°)	Tensione verticale σ' (kPa)	Tensione tangenziale τ (kPa)
1	100	47.466
2	200	107.092
3	400	176.526

COESIONE EFFICACE c'_p (kPa):	12.75
ANGOLO D'ATTRITO EFFICACE ϕ'_p (° sess):	23



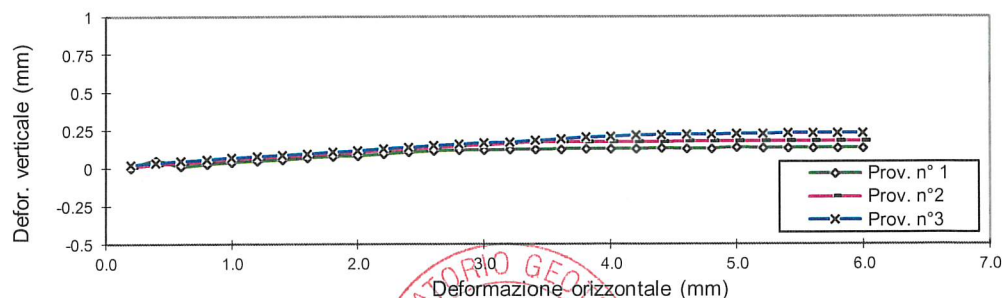
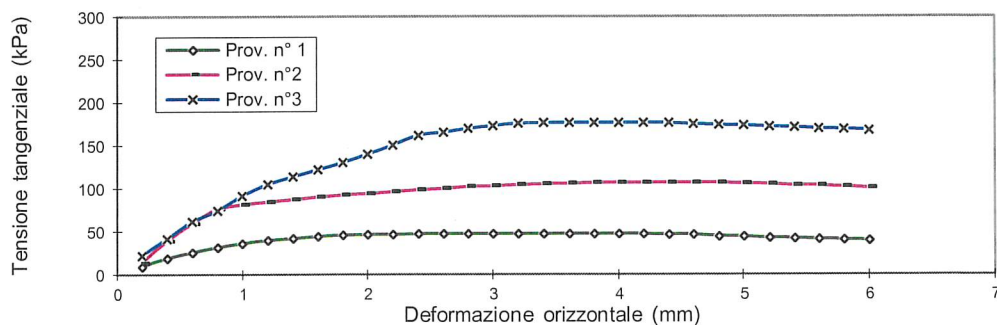
L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Campione: **S1SH1 mt 4.3-5.0**
Data inizio prova: **08/04/2022** **Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - Raccomandazioni AGI 1994						
Def. Oriz. (mm)	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n° 2	Prov. n° 3	Prov. n° 1	Prov. n° 2	Prov. n° 3
0.20	9.51	14.12	21.97	0	0.011	0.024
0.40	19.12	39.42	41.68	0.05	0.025	0.035
0.60	25.60	59.23	61.20	0.015	0.037	0.046
0.80	31.77	76.49	74.14	0.026	0.045	0.055
1.00	36.29	81.50	91.01	0.038	0.056	0.067
1.20	39.82	84.83	104.44	0.049	0.064	0.078
1.40	42.07	87.67	113.57	0.057	0.075	0.085
1.60	44.33	90.32	121.61	0.068	0.085	0.096
1.80	45.90	92.77	129.94	0.079	0.094	0.105
2.00	46.29	94.64	139.85	0.083	0.108	0.116
2.20	46.68	96.50	150.24	0.093	0.118	0.127
2.40	47.47	98.95	161.52	0.105	0.128	0.138
2.60	47.47	100.42	165.54	0.114	0.138	0.149
2.80	47.07	102.48	169.86	0.12	0.149	0.158
3.00	47.47	103.56	173.00	0.12	0.156	0.167
3.20	47.47	104.64	175.94	0.122	0.166	0.172
3.40	47.47	105.72	176.53	0.124	0.175	0.181
3.60	47.47	106.11	176.53	0.126	0.176	0.191
3.80	47.47	107.09	176.53	0.128	0.176	0.203
4.00	47.47	107.09	176.53	0.128	0.176	0.209
4.20	47.07	107.09	176.53	0.128	0.176	0.215
4.40	46.68	107.09	176.04	0.132	0.176	0.219
4.60	46.29	107.09	174.96	0.128	0.177	0.22
4.80	44.72	107.09	173.98	0.13	0.178	0.222
5.00	44.03	106.21	173.09	0.136	0.178	0.224
5.20	42.86	105.52	172.01	0.132	0.178	0.226
5.40	42.46	104.05	170.94	0.132	0.179	0.228
5.60	41.29	103.76	169.86	0.134	0.178	0.229
5.80	40.90	102.29	169.07	0.132	0.18	0.23
6.00	40.21	101.31	167.80	0.132	0.18	0.231



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Campione: **S1SH1**
Prof. (mt) : **4.3-5.0**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Descrizione litologica del provino : **argilla grigia mediamente compatta**

Caratteristiche dei provini

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm ²)	36	36	36
Peso dell'unità di volume stato naturale(kN/m ³)	17.980	18.000	17.959
Peso dell'unità di volume stato secco (kN/m ³)	13.315	13.327	13.302
Contenuto d'acqua : (W%)	35.04	35.06	35.01

Modalità di consolidazione e rottura

Tensione verticale (kPa)	100	200	400
Velocità di deformazione (mm/min)	0.004	0.004	0.004

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	561
2 di 2	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022





SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Campione: **S1SH2** Profondità: **7.3-8.0** **mt**
Data apertura: **08/04/2022**
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Tipo di contenitore: ☐ Fustella ☐ Sacchetto ☐ Cassetta
Qualità del campione: Scadente ☐ Discreta ☒ Buona ☐ Eccellente

ALTO BASSO
0 57cm



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	TrCD
A	Argilla debolmente limosa color nocciola compatta	240	130	*	*			*			

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)

Vane test V.T (kPa)

Peso di volume Y

Contenuto d'acqua W

Granulometria G

Limiti di Atterberg LA

Prova edometrica Ed

Prova di taglio PT

Compressione E.L.L.C

Triassiale T.R

Permeabilità k

Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	562
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

Committente : **Geologia Ferrara Snc**

Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**

Campione : **S1SH2** **mt.** **7.3-8.0**

Data prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	136.59
Massa terreno secco + Tara	(g)	106.29
Massa Tara	(g)	6.33
Contenuto d'acqua - W	(%)	30.31

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	240.08
Massa tara	(g)	73.78
Peso unità di volume - γ	(g/cm ³)	1.915
	(kN/m ³)	18.782
Peso secco unità di volume - γ_d	(g/cm ³)	1.470
	(kN/m ³)	14.413

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	563
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi/Antonio	Data emissione:	19/04/2022

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente : **Geologia Ferrara Snc**

Cantierte : **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**

Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Sondaggio:

S1

Campione:

SH2

Prof.(m):

7.3-8.0

σ'_v (kPa) tensione verticale	ΔH (mm) cedimento	ϵ % def. verticale	e° indice vuoti	M_o (kPa) modulo edometrico
11.768	0.00	0.00	0.80	
24.518	0.04	0.20	0.80	6374.55
49.035	0.15	0.75	0.79	4457.73
98.070	0.43	2.15	0.76	3502.50
196.140	0.84	4.20	0.72	4783.90
392.280	1.42	7.10	0.67	6763.45
784.560	2.11	10.55	0.61	11370.43
1569.120	2.82	14.10	0.55	22100.28
392.280	2.52	12.60	0.57	
98.070	2.06	10.30	0.61	
49.035	1.84	9.20	0.63	

Natura del campione : argilla deb. Limosa

Peso dell'unità di volume: (kN/m³) 18.86

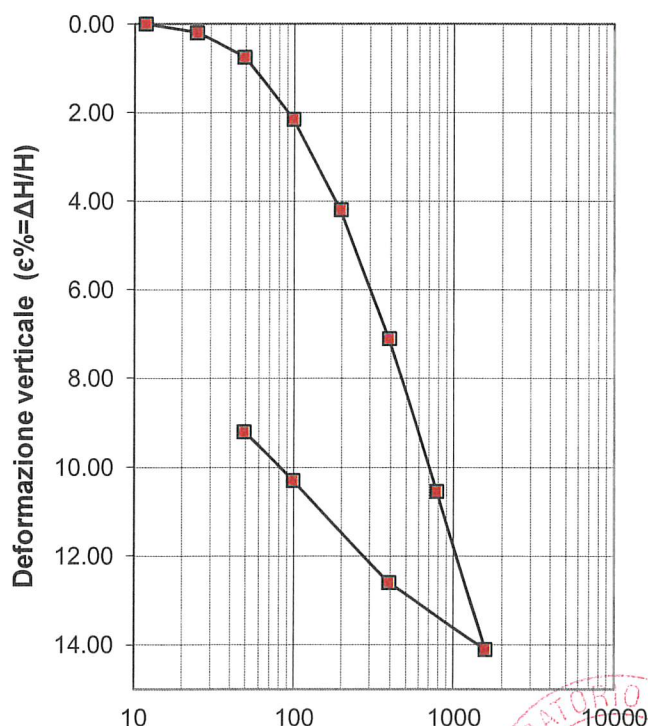
Peso di volume terreno secco: (kN/m³) 14.47

Contenuto d'acqua naturale: (%) 30.31

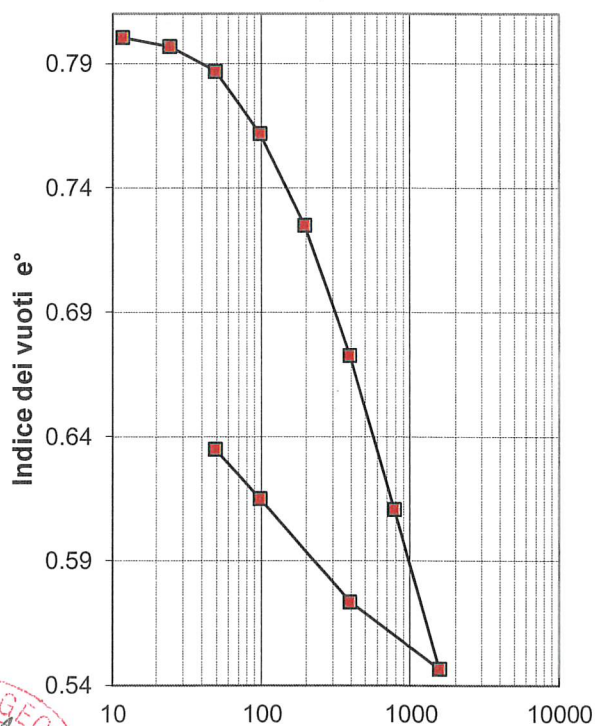
Peso specifico dei granuli: (kN/m³) 26.06

Indice dei vuoti inizio prova: (e°) 0.80

Tensione verticale - σ'_v log (kPa)



Tensione verticale - σ'_v log (kPa)



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
1 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	564
			Data emissione: 19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**Norma di riferimento A.G.I. 1994**

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Data inizio prova: **08/04/2022**
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Sondaggio: **S1**
Campione: **SH2**
Prof(m): **7.3-8.0**

NATURA DEL CAMPIONE: **argilla deb. Limosa**

Tensione verticale efficace (kPa) **49.035**

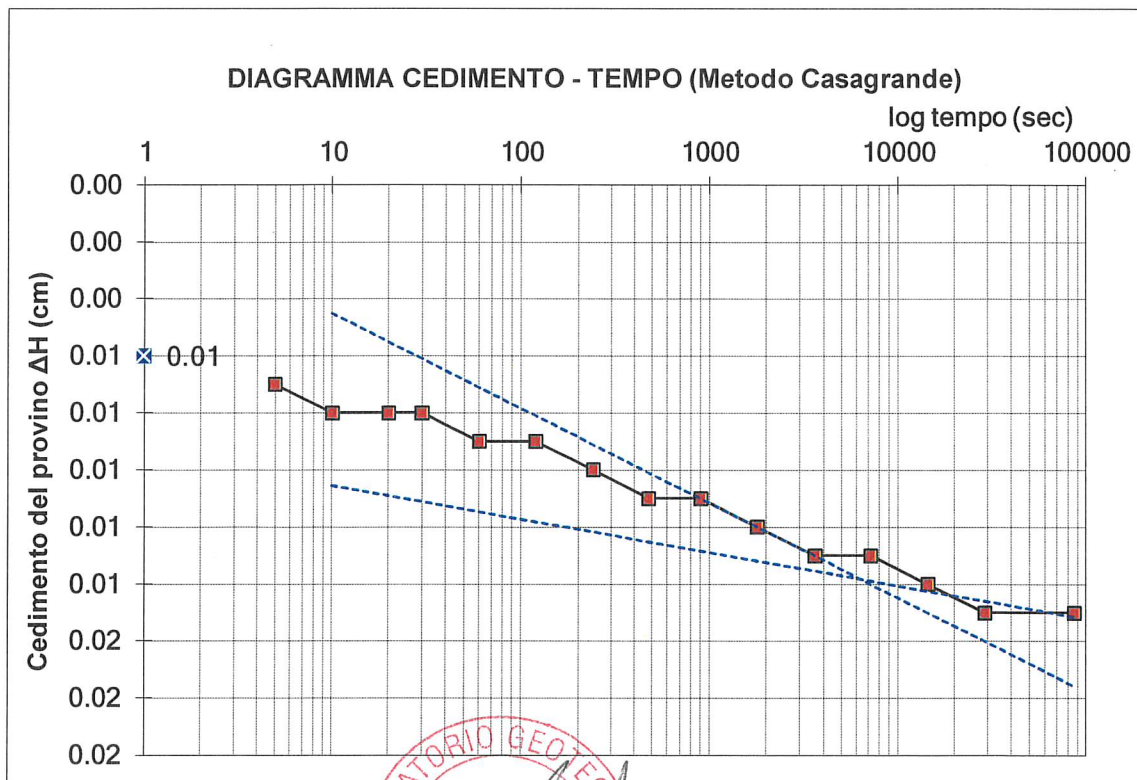
Cv (cmq/sec):

C alfa

t50 (sec)

Permeabilità (cm/sec)

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.007
5	0.007
10	0.007
20	0.008
30	0.008
60	0.008
120	0.009
240	0.009
480	0.010
900	0.011
1800	0.011
3600	0.012
7200	0.013
14400	0.013
28800	0.014
86400	0.015



Pagina	Sperimentatore	CONCESSIONE DIRETTORE	Certificato di prova n.
2 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	564
			Data emissione: 19/04/2022

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

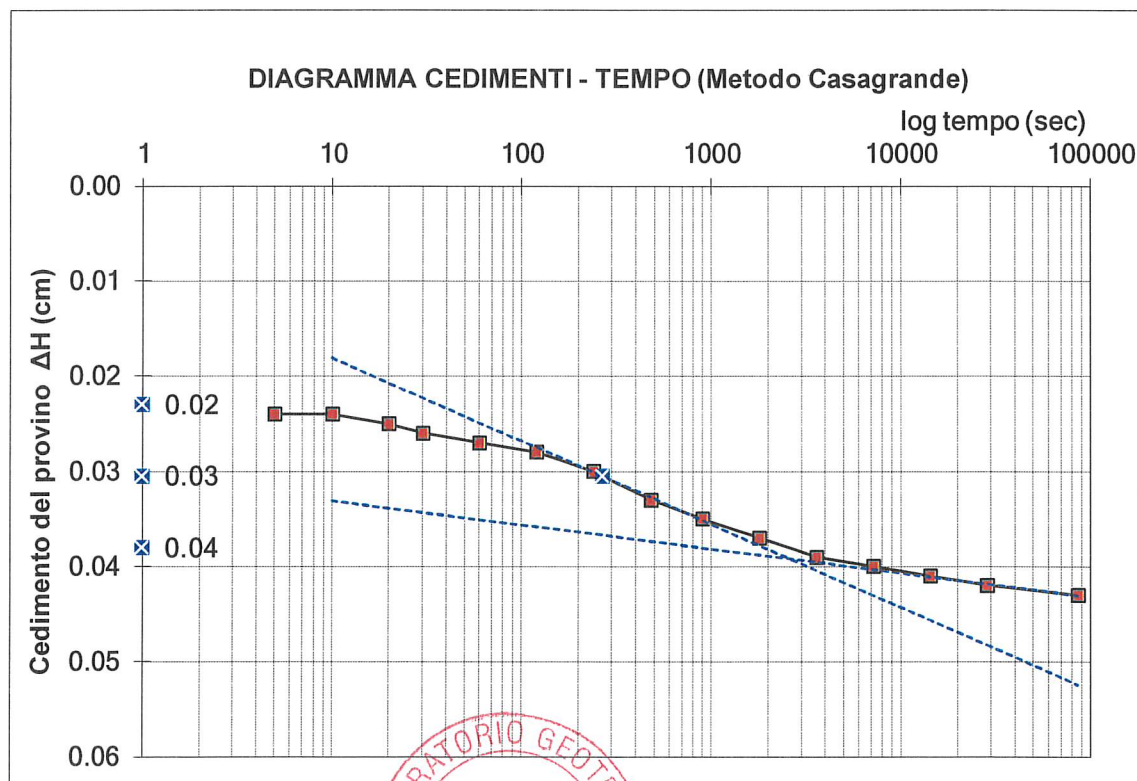
Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Data inizio prova: **08/04/2022**
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Sondaggio: **S1**
Campione: **SH2**
Prof(m): **7.3-8.0**

NATURA DEL CAMPIONE: argilla deb. Limosa

Tensione verticale efficace (kPa) 98.07
Cv (cmq/sec): 7.31E-04
C alfa 1.26E-05
t50 (sec) 269
Permeabilità (cm/sec) 2.05E-08

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.023
5	0.024
10	0.024
20	0.025
30	0.026
60	0.027
120	0.028
240	0.030
480	0.033
900	0.035
1800	0.037
3600	0.039
7200	0.040
14400	0.041
28800	0.042
86400	0.043



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	564
3 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Norma di riferimento A.G.I. 1994

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Data inizio prova: **08/04/2022**

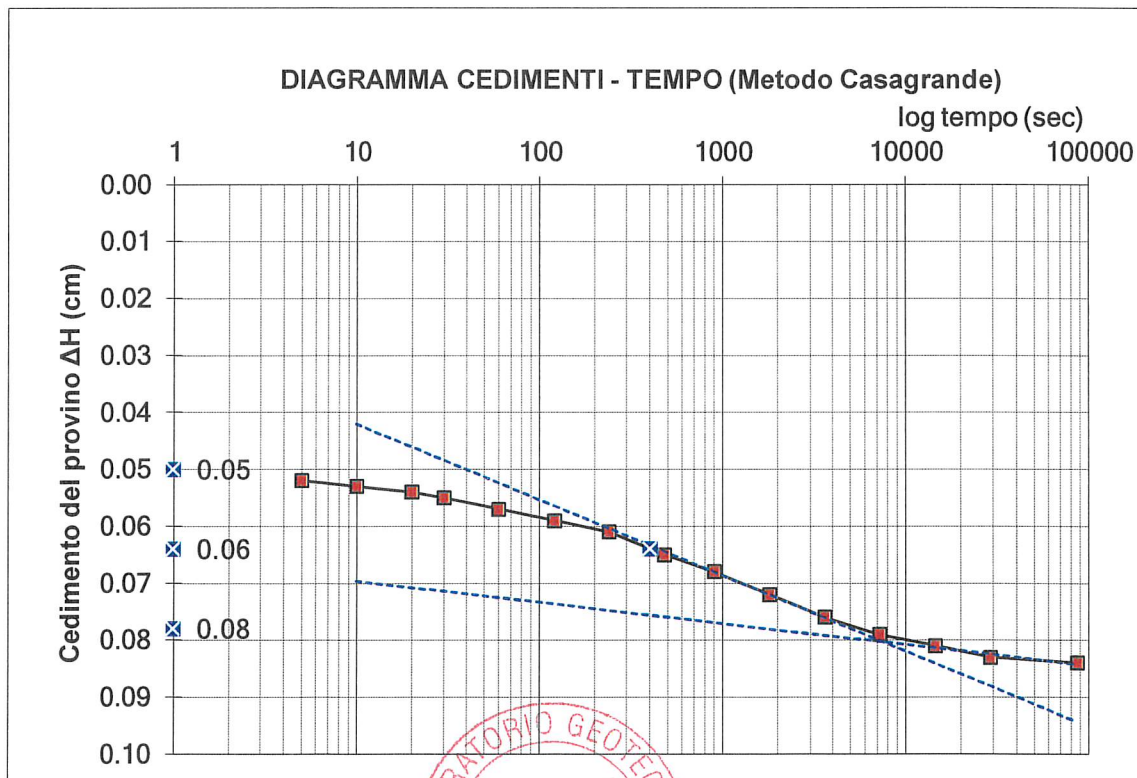
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Sondaggio: **S1**
Campione: **SH2**
Prof(m): **7.3-8.0**

NATURA DEL CAMPIONE: **argilla deb. Limosa**

Tensione verticale efficace (kPa) : **196.14**
Cv (cmq/sec): **4.88E-04**
C alfa **1.85E-05**
t50 (sec) **404**
Permeabilità (cm/sec) **9.994E-09**

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.051
5	0.052
10	0.053
20	0.054
30	0.055
60	0.057
120	0.059
240	0.061
480	0.065
900	0.068
1800	0.072
3600	0.076
7200	0.079
14400	0.081
28800	0.083
86400	0.084



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	564
4 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Norma di riferimento A.G.I. 1994

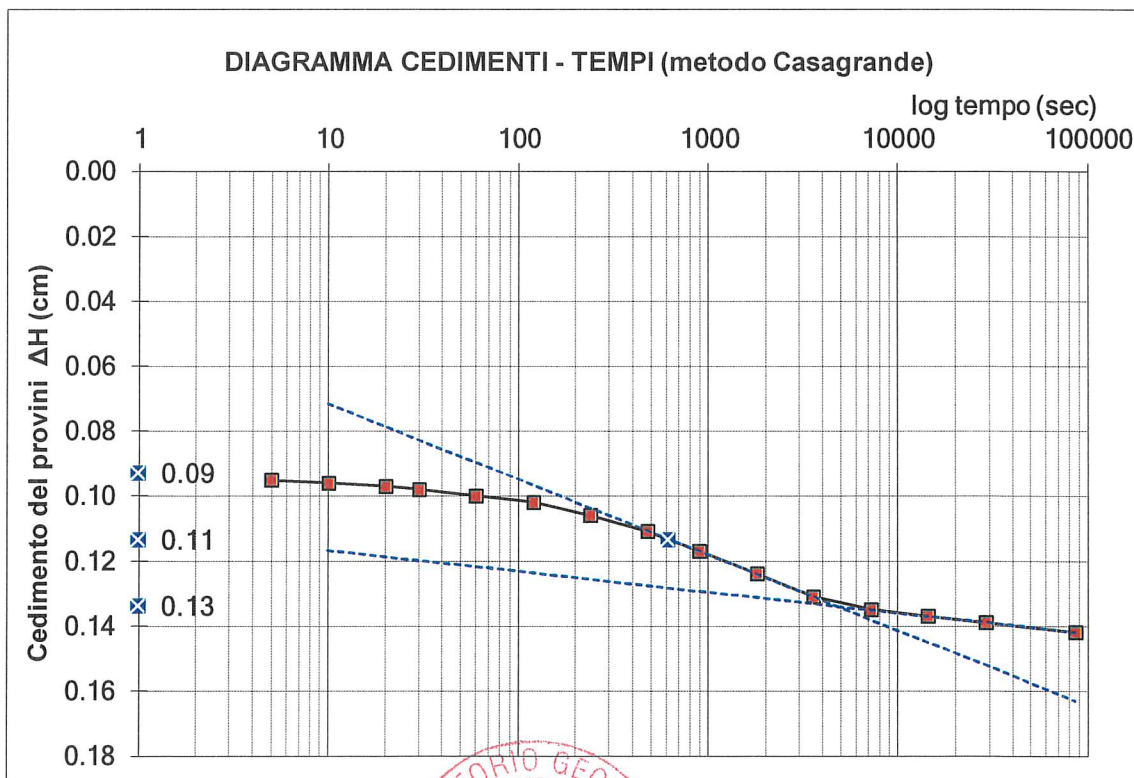
Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Data inizio prova: **08/04/2022**
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Sondaggio: **S1**
Campione: **SH2**
Prof(m): **7.3-8.0**

NATURA DEL CAMPIONE: **argilla deb. Limosa**

Tensione verticale efficace (kPa) : **392.28**
Cv (cmq/sec): **3.19E-04**
C alfa **3.21E-05**
t50 (sec) **617**
Permeabilità (cm/sec) **4.618E-09**

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.092
5	0.095
10	0.096
20	0.097
30	0.098
60	0.100
120	0.102
240	0.106
480	0.111
900	0.117
1800	0.124
3600	0.131
7200	0.135
14400	0.137
28800	0.139
86400	0.142



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
5 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	564
			Data emissione: 19/04/2022

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA
Norma di riferimento A.G.I. 1994

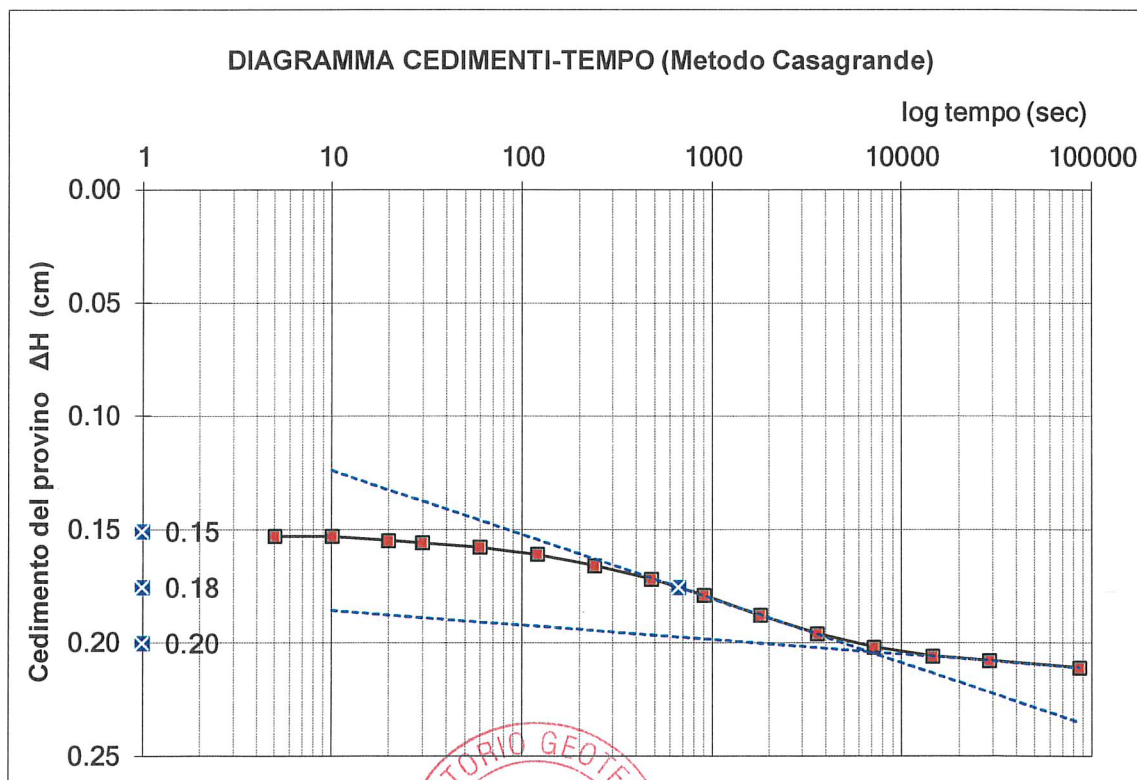
Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Data inizio prova: **08/04/2022**
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Sondaggio: **S1**
Campione: **SH2**
Prof(m): **7.3-8.0**

NATURA DEL CAMPIONE: **argilla deb. Limosa**

Tensione verticale efficace (kPa) : **784.56**
Cv (cmq/sec): **2.94E-04**
C alfa **3.21E-05**
t50 (sec) **668**
Permeabilità (cm/sec) **2.535E-09**

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.151
5	0.153
10	0.153
20	0.155
30	0.156
60	0.158
120	0.161
240	0.166
480	0.172
900	0.179
1800	0.188
3600	0.196
7200	0.202
14400	0.206
28800	0.208
86400	0.211



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
6 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	564
			Data emissione: 19/04/2022



LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Norma di riferimento A.G.I. 1994

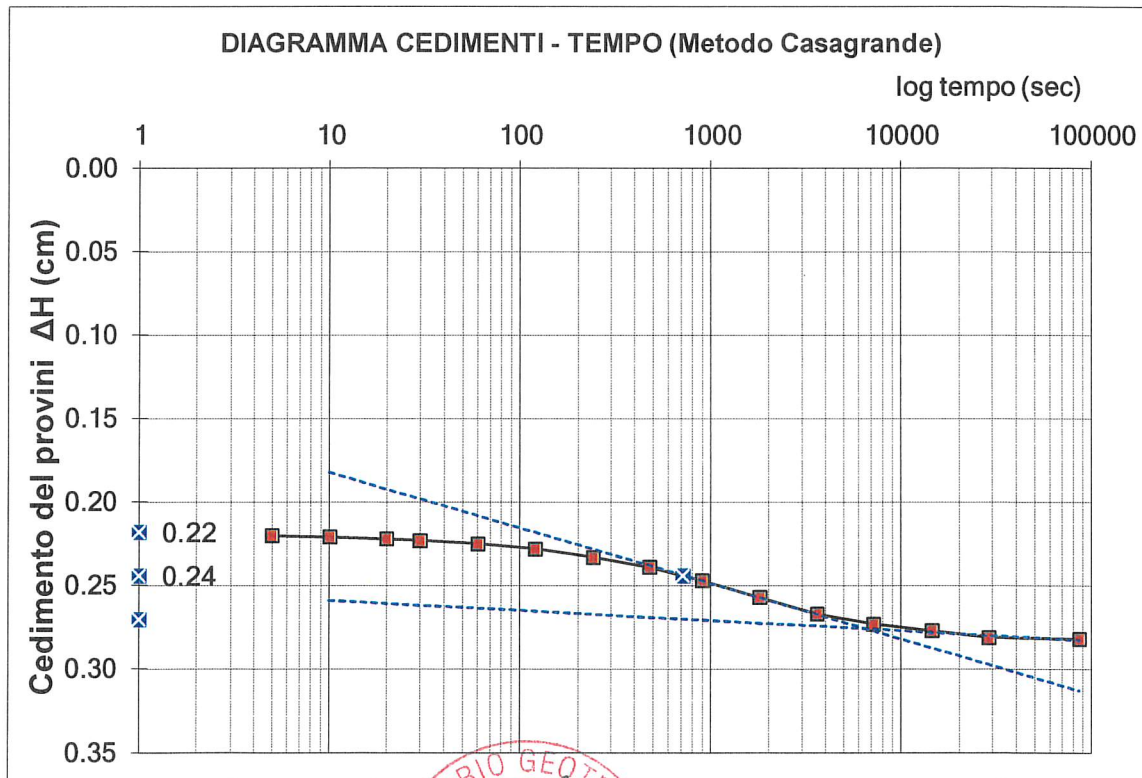
Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Data inizio prova: **08/04/2022**
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Sondaggio: **S1**
Campione: **SH2**
Prof(m): **7.3-8.0**

NATURA DEL CAMPIONE: **argilla deb. Limosa**

Tensione verticale efficace (kPa) : **1569.12**
Cv (cmq/sec): **2.72E-04**
C alfa **3.02E-05**
t50 (sec) **720**
Permeabilità (cm/sec) **1.208E-09**

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.218
5	0.220
10	0.221
20	0.222
30	0.223
60	0.225
120	0.228
240	0.233
480	0.239
900	0.247
1800	0.257
3600	0.267
7200	0.273
14400	0.277
28800	0.281
86400	0.282



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	564
7 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIVA
=UNI EN ISO 9001=

SCHEMA APERTURA CAMPIONE**Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977**

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Campione: **S1SH3** Profondità: **9.0-9.7** mt
Data apertura: **08/04/2022**
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Tipo di contenitore:

Qualità del campione:

ALTO BASSO
0 30 57cm



descritti nella legenda a fondo pagina

Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	T.R
A	Limo argilloso color nocciola saturo d'acqua										
B	Argilla grigia compatta	260	130	*	*						*(CIU)

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa)

Vane test **V.T** (kPa)

Peso di volume **Y**

Contenuto d'acqua **W**

Granulometria **G**

Limiti di Atterberg **LA**

Prova edometrica **Ed**

Prova di taglio **PT**

Compressione E.L.L.C

Triassiale **T.R**

Permeabilità **k**

Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	565
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

Committente : **Geologia Ferrara Snc**

Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**

Campione : **S1SH3 mt. 9.0-9.7**

Data prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	201.96
Massa terreno secco + Tara	(g)	156.17
Massa Tara	(g)	7.90
Contenuto d'acqua - W	(%)	30.88

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	236.96
Massa tara	(g)	74.00
Peso unità di volume - γ	(g/cm ³)	1.877
	(kN/m ³)	18.405
Peso secco unità di volume - γ_d	(g/cm ³)	1.434
	(kN/m ³)	14.062

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	566
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da K/WA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.

Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente : **Geologia Ferrara Srl**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte EDORED Srl**
Campione : **S1SH3** mt. **9.0-9.7**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Natura del campione : argilla grigia

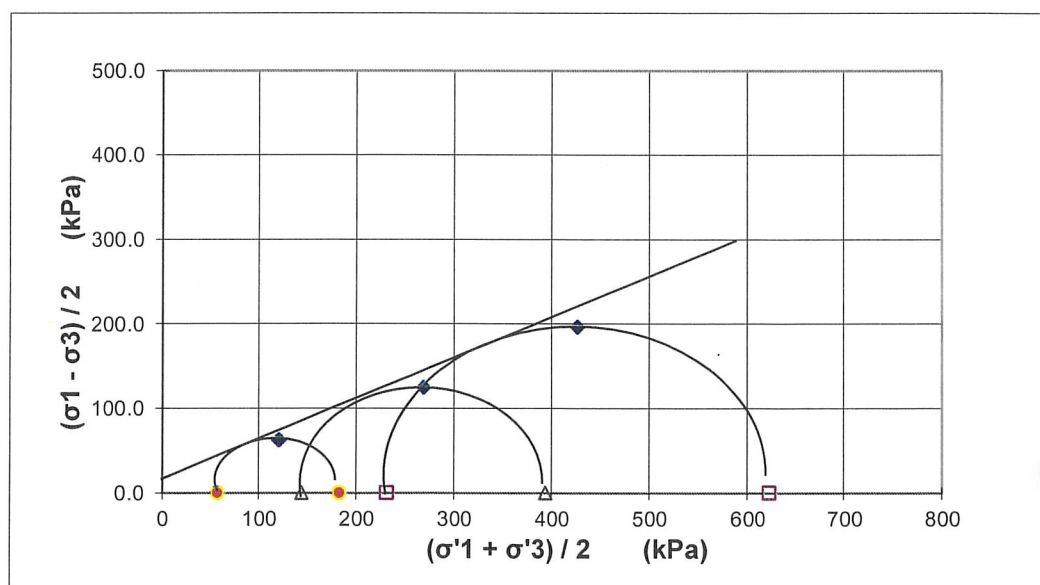
Angolo attrito efficace φ' (° sess) :

26

Coesione efficace c' (kPa) :

19.11

CONDIZIONI A ROTTURA			
Provino n°	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	Pres. Cons. (kPa)
1	120.418	62.391	100
2	268.549	124.854	200
3	426.995	196.166	400



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato



LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi

Via Alberto Ascani, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da K/WA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.

Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

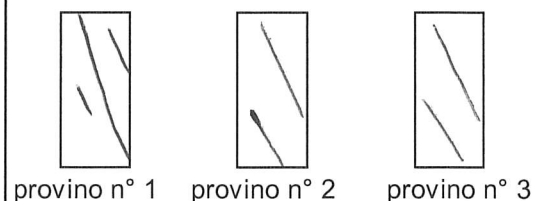
Committente : **Geologia Ferrara Srl**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte EDORED Srl**
Campione : **S1SH3 mt. 9.0-9.7**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Natura del campione : **argilla grigia**

Provino n° :	1	2	3
Altezza del provino : (cm)	7.62	7.62	7.62
Diametro provino : (cm)	3.81	3.81	3.81
Sezione del provino : (cm ²)	11.4	11.4	11.4
Volume del provino inizio consolidazione : (cm ³)	86.83	86.83	86.83
Volume del provino fine consolidazione : (cm ³)	85.25	84.03	83.14
Peso specifico dei granuli : (kN/m ³)	26.28	26.28	26.28
Peso dell'unità di volume : (kN/m ³)	18.405	18.309	18.316
Peso dell'unità di volume del terreno secco (kN/m ³)	14.062	14.003	14.005
Contenuto d'acqua : (W%)	30.88	30.75	30.78
Pressione in cella : (kPa)	200	300	500
Contropressione (Back Pressure) : (kPa)	100	100	100
Parametro di Skempton (B) :	0.89	0.91	0.88
Velocità di deformazione : (mm/min)	0.009	0.009	0.009

SCHEMI DI ROTTURA



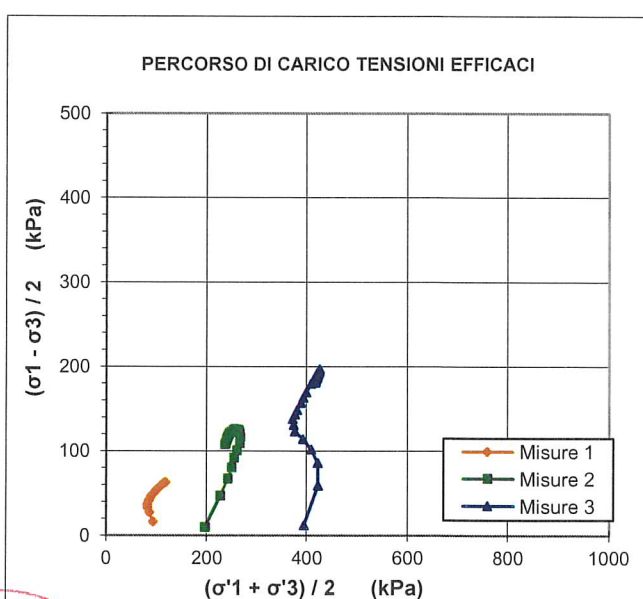
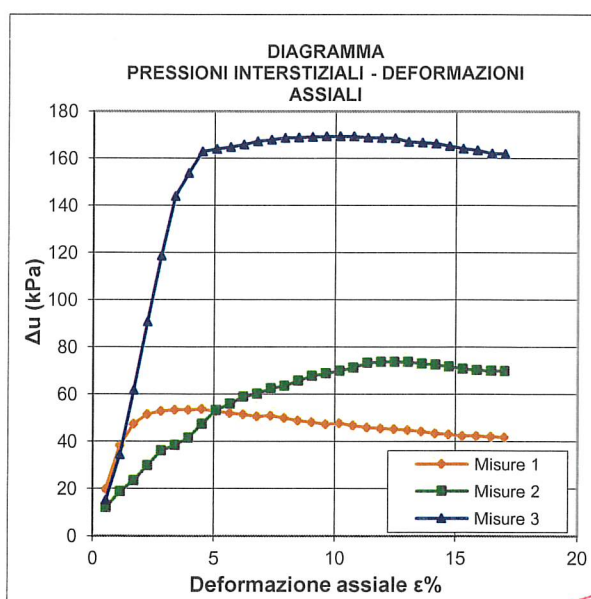
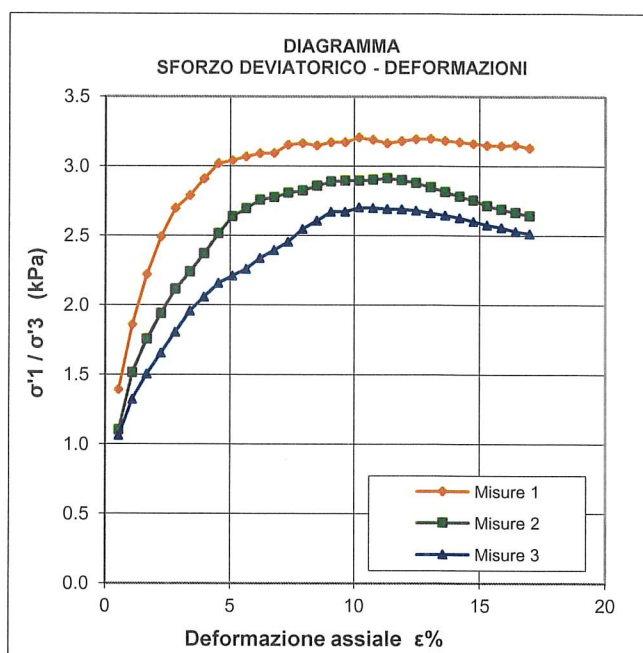
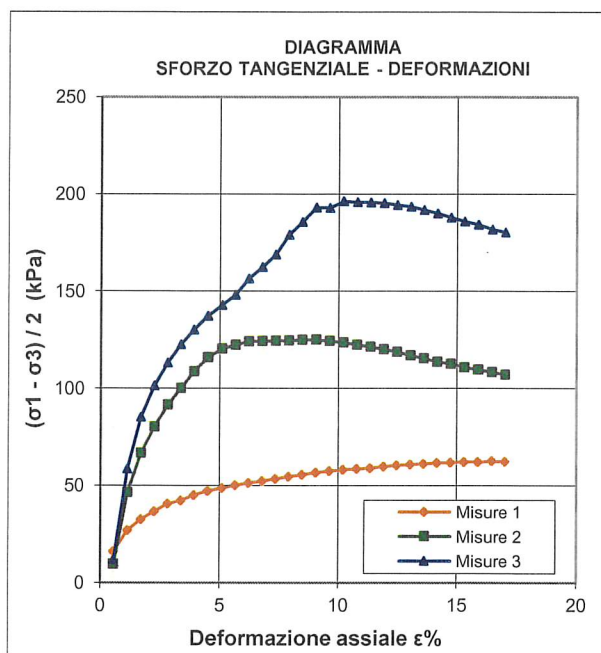
Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	567
1 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio,	Data emissione:	19/04/2022

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.

Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente : **Geologia Ferrara Srl**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte EDORED Srl**
Campione : **S1SH3** mt. **9.0-9.7**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	567
2 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.**Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994**

Committente : **Geologia Ferrara Srl**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte EDORED Srl**
Campione : **S1SH3** mt. **9.0-9.7**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

ε %	A m ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Δu (kPa)	σ'_1 / σ'_3 (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	σ_3 (kPa)
0.6	0.001146	31.31	19.52	1.39	15.65	96.14	100
1.1	0.001153	53.16	37.95	1.86	26.58	88.63	100
1.7	0.001159	64.37	47.17	2.22	32.19	85.01	100
2.3	0.001166	72.68	51.19	2.49	36.34	85.15	100
2.8	0.001172	80.39	52.57	2.69	40.20	87.63	100
3.4	0.001179	83.65	53.15	2.79	41.83	88.67	100
4.0	0.001185	89.28	53.15	2.91	44.64	91.49	100
4.5	0.001192	93.82	53.45	3.02	46.91	93.46	100
5.1	0.001198	96.66	52.57	3.04	48.33	95.77	100
5.7	0.001205	99.73	51.68	3.06	49.86	98.18	100
6.2	0.001211	101.93	51.19	3.09	50.96	99.77	100
6.8	0.001218	103.78	50.31	3.09	51.89	101.58	100
7.4	0.001224	106.22	50.60	3.15	53.11	102.51	100
7.9	0.001230	108.63	49.72	3.16	54.32	104.59	100
8.5	0.001237	110.43	48.54	3.15	55.21	106.67	100
9.1	0.001243	112.79	47.96	3.17	56.39	108.44	100
9.6	0.001250	114.54	47.17	3.17	57.27	110.10	100
10.2	0.001256	115.70	47.47	3.20	57.85	110.38	100
10.8	0.001263	116.84	46.58	3.19	58.42	111.84	100
11.3	0.001269	117.40	45.70	3.16	58.70	113.00	100
11.9	0.001276	119.09	45.31	3.18	59.55	114.24	100
12.5	0.001282	120.20	45.11	3.19	60.10	114.99	100
13.0	0.001289	121.30	44.72	3.19	60.65	115.93	100
13.6	0.001295	121.82	44.13	3.18	60.91	116.78	100
14.2	0.001302	122.90	43.35	3.17	61.45	118.10	100
14.7	0.001308	123.41	42.86	3.16	61.70	118.85	100
15.3	0.001315	124.00	42.27	3.15	62.00	119.73	100
15.9	0.001321	124.06	42.17	3.15	62.03	119.86	100
16.4	0.001327	124.78	41.97	3.15	62.39	120.42	100
17.0	0.001334	124.18	41.68	3.13	62.09	120.41	100

Provino n° 1

LEGENDA

ε = deformazione assiale

A = area del provino

$\sigma_1 - \sigma_3$ = pressione deviatorica

Δu = Pressione interstiziale

σ'_1, σ'_3 = tensioni efficaci

σ_1, σ_3 = tensioni totali

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	567
3 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.

Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente : **Geologia Ferrara Srl**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte EDORED Srl**
Campione : **S1SH3 mt. 9.0-9.7**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

ϵ %	A m ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Δu (kPa)	σ'_1 / σ'_3 (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	σ_3 (kPa)
0.6	0.001146	18.48	11.77	1.10	9.24	197.47	200
1.1	0.001153	92.50	18.54	1.51	46.25	227.71	200
1.7	0.001159	132.93	23.14	1.75	66.46	243.32	200
2.3	0.001166	159.77	29.52	1.94	79.88	250.36	200
2.8	0.001172	182.56	35.80	2.11	91.28	255.48	200
3.4	0.001179	199.84	38.15	2.23	99.92	261.77	200
4.0	0.001185	216.93	41.29	2.37	108.46	267.18	200
4.5	0.001192	231.25	47.07	2.51	115.62	268.55	200
5.1	0.001198	240.31	52.96	2.63	120.16	267.20	200
5.7	0.001205	244.23	55.70	2.69	122.12	266.41	200
6.2	0.001211	247.79	58.65	2.75	123.89	265.25	200
6.8	0.001218	248.08	59.92	2.77	124.04	264.12	200
7.4	0.001224	248.38	62.27	2.80	124.19	261.91	200
7.9	0.001230	248.90	63.26	2.82	124.45	261.20	200
8.5	0.001237	249.35	65.51	2.85	124.67	259.16	200
9.1	0.001243	249.71	67.57	2.89	124.85	257.28	200
9.6	0.001250	248.42	68.65	2.89	124.21	255.56	200
10.2	0.001256	246.67	69.63	2.89	123.34	253.71	200
10.8	0.001263	244.63	71.10	2.90	122.32	251.22	200
11.3	0.001269	242.61	73.06	2.91	121.31	248.24	200
11.9	0.001276	239.85	73.55	2.90	119.92	246.37	200
12.5	0.001282	237.11	73.55	2.88	118.55	245.00	200
13.0	0.001289	233.48	73.55	2.85	116.74	243.19	200
13.6	0.001295	230.58	72.77	2.81	115.29	242.52	200
14.2	0.001302	227.17	72.38	2.78	113.59	241.21	200
14.7	0.001308	224.92	71.59	2.75	112.46	240.87	200
15.3	0.001315	221.43	70.61	2.71	110.72	240.11	200
15.9	0.001321	219.09	70.12	2.69	109.54	239.42	200
16.4	0.001327	216.47	69.83	2.66	108.23	238.41	200
17.0	0.001334	213.95	69.63	2.64	106.97	237.34	200

Provino n°2

LEGENDA

ϵ = deformazione assiale

A = area del provino

$\sigma_1 - \sigma_3$ = pressione deviatorica

Δu = Pressione interstiziale

σ'_1, σ'_3 = tensioni efficaci

σ_1, σ_3 = tensioni totali

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	567
4 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022



PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.
Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente : **Geologia Ferrara Srl**
 Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte EDORED Srl**
 Campione : **S1SH3 mt. 9.0-9.7**
 Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

ε %	A m ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Δu (kPa)	σ'_1 / σ'_3 (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	σ_3 (kPa)
0.57	0.00115	22.93	14.91	1.06	11.47	396.56	400
1.13	0.00115	116.58	34.23	1.32	58.29	424.06	400
1.70	0.00116	170.11	61.49	1.50	85.05	423.56	400
2.27	0.00117	202.36	90.52	1.65	101.18	410.66	400
2.83	0.00117	226.18	118.37	1.80	113.09	394.72	400
3.40	0.00118	244.76	143.67	1.95	122.38	378.71	400
3.97	0.00119	260.07	153.58	2.06	130.03	376.46	400
4.54	0.00119	273.98	162.70	2.15	136.99	374.29	400
5.10	0.00120	285.30	163.68	2.21	142.65	378.97	400
5.67	0.00120	295.90	164.56	2.26	147.95	383.39	400
6.24	0.00121	312.57	165.64	2.33	156.28	390.64	400
6.80	0.00122	324.60	167.01	2.39	162.30	395.29	400
7.37	0.00122	337.39	167.70	2.45	168.70	401.00	400
7.94	0.00123	357.62	168.48	2.54	178.81	410.32	400
8.50	0.00124	371.05	168.68	2.60	185.52	416.84	400
9.07	0.00124	385.68	168.88	2.67	192.84	423.97	400
9.64	0.00125	385.34	169.17	2.67	192.67	423.50	400
10.20	0.00126	392.33	169.17	2.70	196.17	427.00	400
10.77	0.00126	391.41	169.17	2.70	195.71	426.53	400
11.34	0.00127	390.96	168.68	2.69	195.48	426.80	400
11.91	0.00128	390.52	168.48	2.69	195.26	426.78	400
12.47	0.00128	388.55	168.34	2.68	194.28	425.94	400
13.04	0.00129	386.60	166.92	2.66	193.30	426.39	400
13.61	0.00130	383.54	166.52	2.64	191.77	425.25	400
14.17	0.00130	379.75	166.23	2.62	189.87	423.65	400
14.74	0.00131	375.62	165.15	2.60	187.81	422.66	400
15.31	0.00131	371.54	163.97	2.57	185.77	421.80	400
15.87	0.00132	368.24	163.29	2.56	184.12	420.83	400
16.44	0.00133	363.49	162.01	2.53	181.74	419.73	400
17.01	0.00133	360.26	161.82	2.51	180.13	418.31	400
Provano n°3							

LEGENDA

ε = deformazione assiale

A = area del provino

$\sigma_1 - \sigma_3$ = pressione deviatorica

Δu = Pressione interstiziale

σ'_1, σ'_3 = tensioni efficaci

σ_1, σ_3 = tensioni totali

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	567
5 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

SCHEMA APERTURA CAMPIONE**Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977**

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Campione: **S1SH4** Profondità: **12.0-12.6** **mt**
Data apertura: **08/04/2022**
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Tipo di contenitore: ☐ Fustella ☐ Sacchetto ☐ Cassetta
Qualità del campione: Scadente ☐ Discreta ☒ Buona ☐ Eccellente

ALTO 0 51cm BASSO



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	T.R
A	Sabbia limosa color nocciola	140	30	*	*				*		

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)

Vane test V.T (kPa)

Peso di volume Y

Contenuto d'acqua W

Granulometria G

Limiti di Atterberg LA

Prova edometrica Ed

Prova di taglio PT

Compressione E.L.L C

Triassiale T.R

Permeabilità k

Peso specifico G.S

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	568
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

Committente : **Geologia Ferrara Snc**

Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**

Campione : **S1SH4** mt. **12.0-12.6**

Data prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	338.95
Massa terreno secco + Tara	(g)	273.47
Massa Tara	(g)	7.93
Contenuto d'acqua - W	(%)	24.66

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	243.48
Massa tara	(g)	73.65
Peso unità di volume - γ	(g/cm ³)	1.956
	(kN/m ³)	19.181
Peso secco unità di volume - γ_d	(g/cm ³)	1.569
	(kN/m ³)	15.387

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	569
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Campione: **S1SH4**
Prof. (mt) : **12.0-12.6**
Data inizio prova : **08/04/2022**

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO

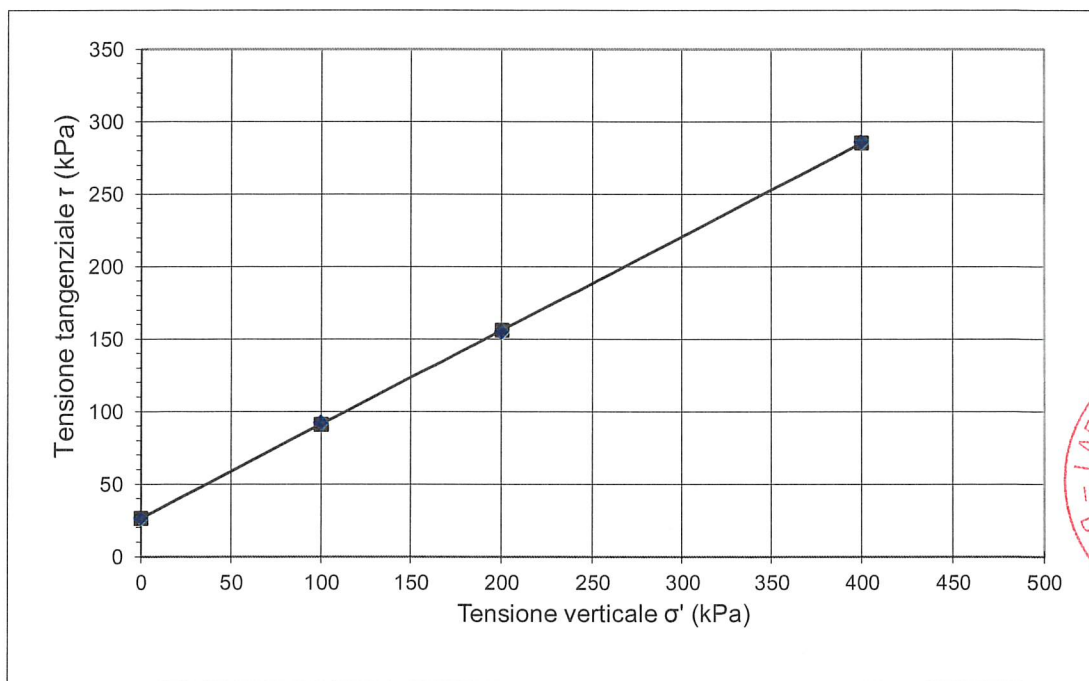
Provino (n°)	Tensione verticale σ' (kPa)	Tensione tangenziale τ (kPa)
1	100	92.382
2	200	154.754
3	400	286.070

COESIONE EFFICACE c'_p (kPa):

26.72

ANGOLO D'ATTRITO EFFICACE ϕ'_p (° sess):

33



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato

PROVA DI TAGLIO DIRETTO Raccomandazioni AGI 1994

Committente:

Geologia Ferrara Snc

Cantiere :

Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl

Campione:

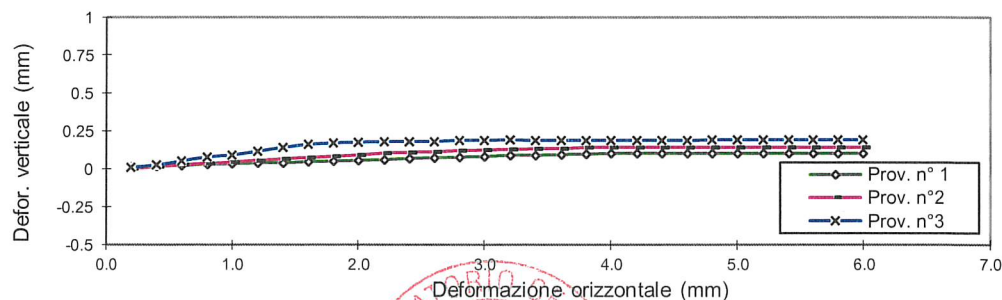
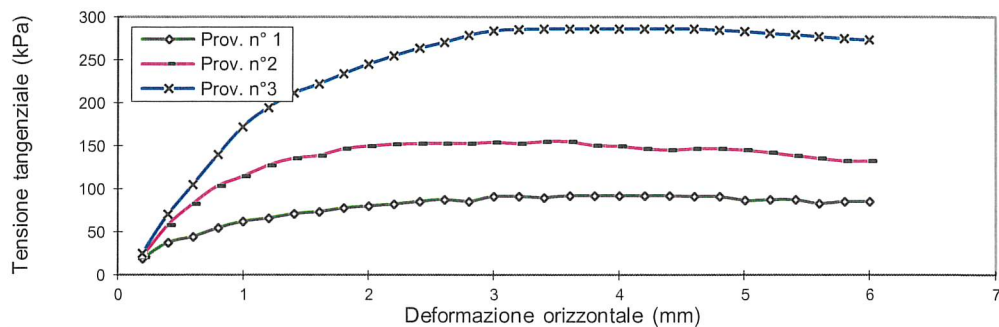
S1SH4 mt 12.0-12.6

Data inizio prova :

08/04/2022

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - Raccomandazioni AGI 1994						
Def. Oriz. (mm)	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.20	18.93	20.30	25.11	0.014	0.002	0.01
0.40	37.86	57.67	70.12	0.019	0.012	0.026
0.60	44.52	82.18	104.54	0.024	0.026	0.05
0.80	54.53	103.46	139.75	0.029	0.034	0.078
1.00	62.37	114.15	172.21	0.033	0.044	0.092
1.20	65.71	127.00	194.57	0.038	0.054	0.116
1.40	71.20	135.53	211.64	0.041	0.064	0.14
1.60	73.45	138.67	222.03	0.046	0.074	0.16
1.80	77.87	146.22	233.90	0.051	0.082	0.17
2.00	80.12	149.36	244.68	0.055	0.091	0.176
2.20	82.38	151.52	254.88	0.062	0.102	0.178
2.40	85.71	152.60	263.51	0.067	0.108	0.178
2.60	87.97	152.60	270.28	0.073	0.113	0.18
2.80	85.71	152.60	278.62	0.078	0.118	0.188
3.00	91.30	153.68	283.81	0.083	0.123	0.188
3.20	91.30	152.60	285.38	0.088	0.128	0.19
3.40	90.13	154.75	286.07	0.091	0.131	0.188
3.60	92.38	154.75	286.07	0.095	0.134	0.188
3.80	92.38	150.44	286.07	0.099	0.139	0.186
4.00	92.38	149.36	286.07	0.101	0.139	0.188
4.20	92.38	146.22	286.07	0.101	0.14	0.189
4.40	92.38	145.14	286.07	0.101	0.14	0.189
4.60	91.30	146.22	286.07	0.102	0.14	0.189
4.80	91.30	146.22	284.40	0.102	0.14	0.19
5.00	86.79	145.14	283.23	0.103	0.14	0.19
5.20	87.97	141.91	280.87	0.103	0.141	0.19
5.40	87.97	138.67	279.01	0.104	0.141	0.19
5.60	83.46	135.53	277.15	0.104	0.141	0.19
5.80	85.71	132.30	274.79	0.104	0.142	0.19
6.00	85.71	132.30	273.03	0.104	0.142	0.19



**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

*Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=*

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Raccomandazioni AGI 1994

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
Campione: **S1SH4**
Prof. (mt) : **12.0-12.6**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Descrizione litologica del provino : **sabbia limosa**

Caratteristiche dei provini

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm ²)	36	36	36
Peso dell'unità di volume stato naturale(kN/m ³)	19.116	19.105	19.123
Peso dell'unità di volume stato secco (kN/m ³)	15.335	15.322	15.335
Contenuto d'acqua : (W%)	24.66	24.69	24.70

Modalità di consolidazione e rottura

Tensione verticale (kPa)	100	200	400
Velocità di deformazione (mm/min)	0.004	0.004	0.004

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	570
2 di 2	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022



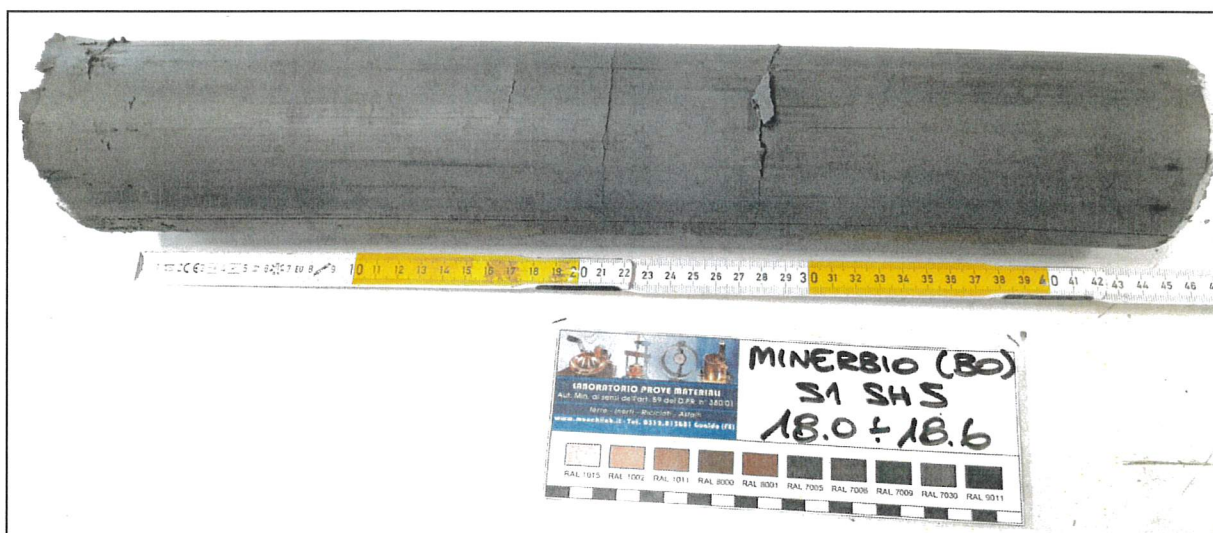
SCHEDA APERTURA CAMPIONE
Norma di riferimento ASTM D2488 - AGI 1977

Committente: **Geologia Ferrara Snc**
 Cantiere: **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**
 Campione: **S1SH5** Profondità: **18.0-18.6 mt**
 Data apertura: **08/04/2022**
Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Tipo di contenitore: Fustella Sacchetto Cassetta

Qualità del campione: Scadente Discreta Buona Eccellente

ALTO BASSO
 0 A 45 cm



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	T.R
A	Argilla debolmente limosa color grigio	150	80	*	*						*(CIU)

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico **P.P.** (kPa)

Vane test **V.T** (kPa)

Peso di volume **Y**

Contenuto d'acqua **W**

Granulometria **G**

Limiti di Atterberg **LA**

Prova edometrica **Ed**

Prova di taglio **PT**

Compressione E.L.L **C**

Triassiale **T.R**

Permeabilità **k**

Peso specifico **G.S**

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	571
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

Committente : **Geologia Ferrara Snc**

Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo ponte ECORED Srl**

Campione : **S1SH5** **mt.** **18.0-18.6**

Data prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

CONTENUTO D'ACQUA
Norma di riferimento ASTM D 2216

Massa terreno umido + Tara	(g)	194.73
Massa terreno secco + Tara	(g)	152.49
Massa Tara	(g)	6.29
Contenuto d'acqua - W	(%)	28.89

PESO UNITA' DI VOLUME
Norma di riferimento ASTM D 2937

Volume	(cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara	(g)	238.98
Massa tara	(g)	73.43
Peso unità di volume - γ	(g/cm ³)	1.907
	(kN/m ³)	18.698
Peso secco unità di volume - γ_d	(g/cm ³)	1.479
	(kN/m ³)	14.506

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	572
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi/Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

*Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01*

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.**Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994**

Committente : **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte ECORED Srl**
Campione : **S1SH5** mt. **18-18.6**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Natura del campione : argilla grigia

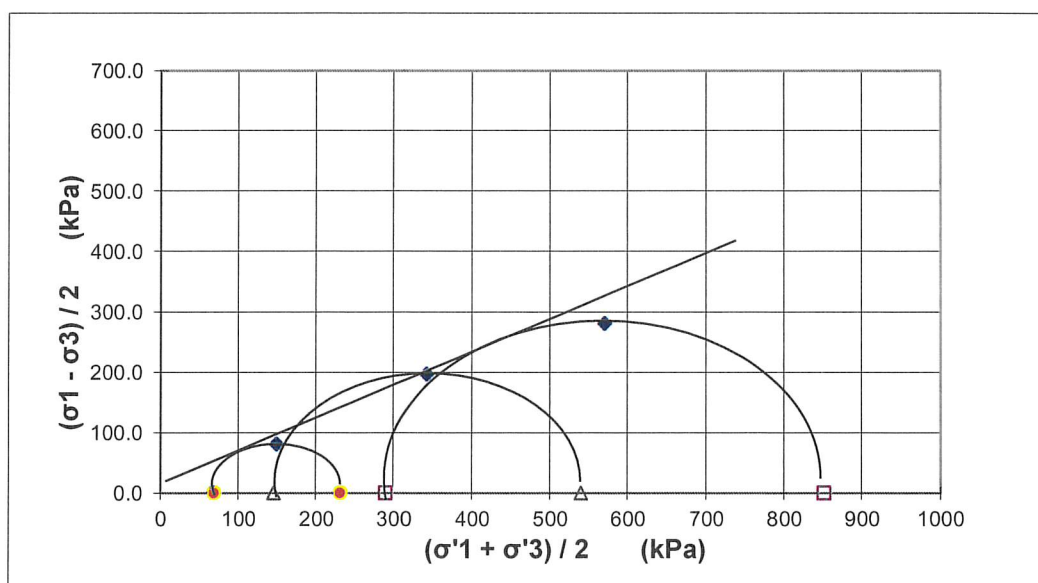
Angolo attrito efficace φ' (° sess) :

27

Coesione efficace c' (kPa) :

20.1

CONDIZIONI A ROTTURA			
Provino n°	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	Pres. Cons. (kPa)
1	150.819	81.319	100
2	343.420	196.551	200
3	570.980	280.820	400



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato



LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIVA =UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.

Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

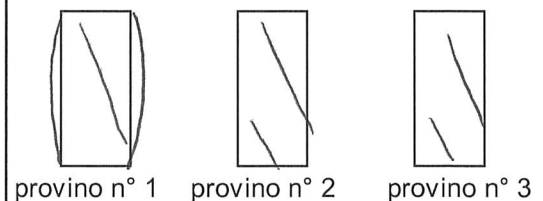
Committente : **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte ECORED Srl**
Campione : **S1SH5 mt. 18-18.6**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

Natura del campione : **argilla grigia**

Provino n° :	1	2	3
Altezza del provino : (cm)	7.62	7.62	7.62
Diametro provino : (cm)	3.81	3.81	3.81
Sezione del provino : (cm ²)	11.4	11.4	11.4
Volume del provino inizio consolidazione : (cm ³)	86.83	86.83	86.83
Volume del provino fine consolidazione : (cm ³)	85.1	84.61	84.11
Peso specifico dei granuli : (kN/m ³)	26.28	26.28	26.28
Peso dell'unità di volume : (kN/m ³)	18.666	18.684	18.639
Peso dell'unità di volume del terreno secco(kN/m ³)	14.482	14.490	14.482
Contenuto d'acqua : (W%)	28.89	28.94	28.70
Pressione in cella : (kPa)	200	300	400
Contropressione (Back Pressure) : (kPa)	100	100	100
Parametro di Skempton (B) :	0.91	0.92	0.89
Velocità di deformazione : (mm/min)	0.009	0.009	0.009

SCHEMI DI ROTTURA



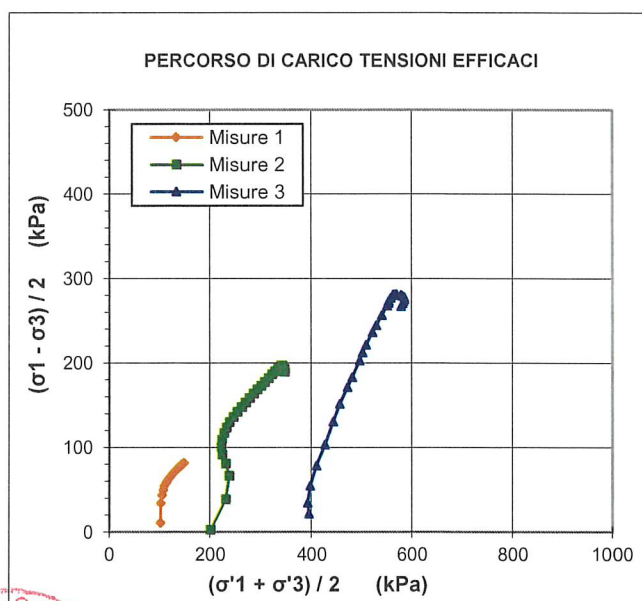
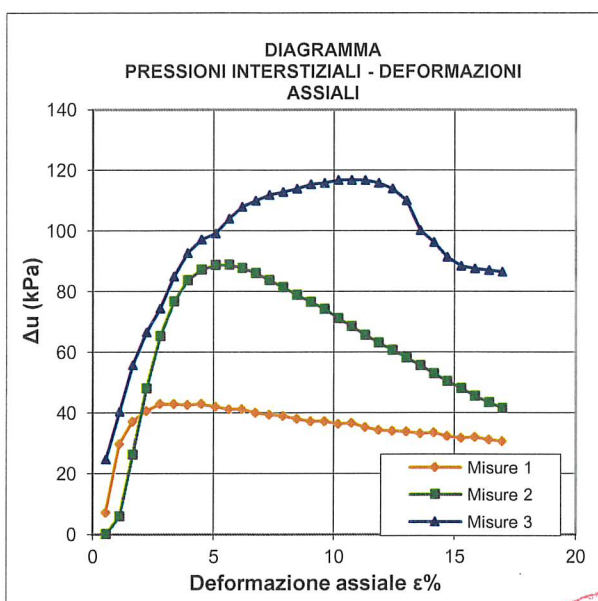
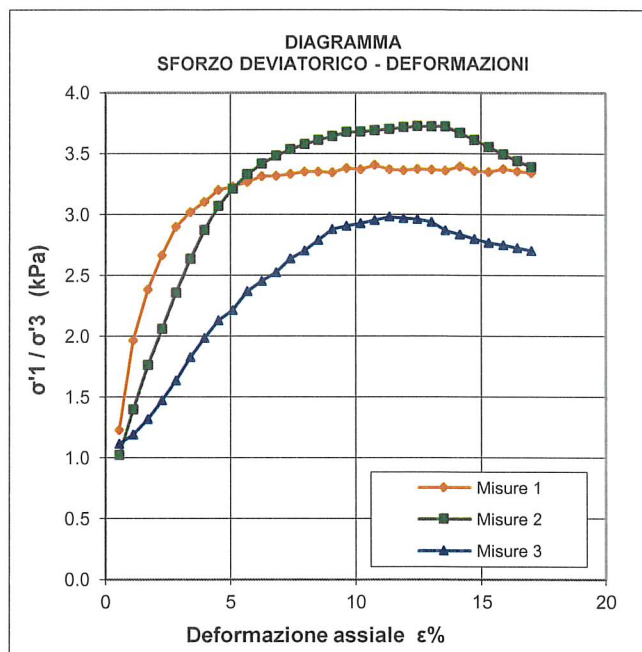
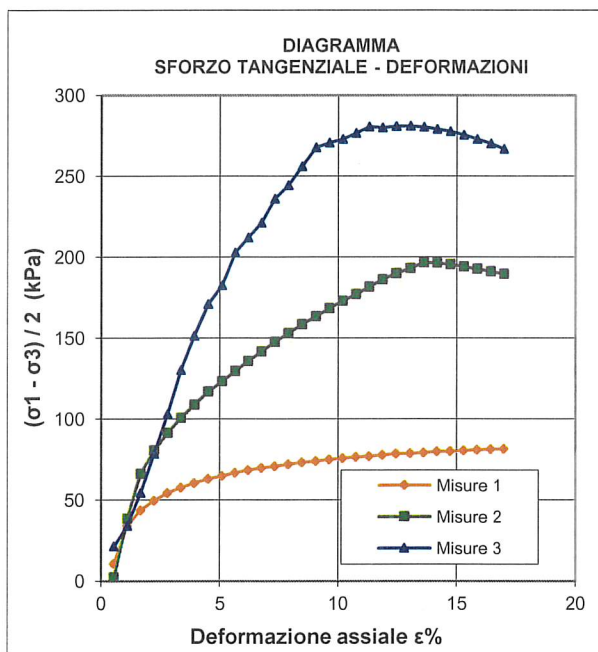
Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	573
1 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi/Antonio	Data emissione:	19/04/2022

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.

Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994

Committente : **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte ECORED Srl**
Campione : **S1SH5** mt. **18-18.6**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
2 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	573
			Data emissione: 19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.**Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994**

Committente : **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte ECORED Srl**
Campione : **S1SH5 mt. 18-18.6**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

ε %	A m ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Δu (kPa)	σ'_1 / σ'_3 (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ kPa	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	σ_3 (kPa)
0.6	0.001146	21.03	7.16	1.23	10.51	103.35	100
1.1	0.001153	67.79	29.62	1.96	33.89	104.28	100
1.7	0.001159	86.94	37.07	2.38	43.47	106.40	100
2.3	0.001166	98.99	40.50	2.66	49.50	108.99	100
2.8	0.001172	108.42	42.86	2.90	54.21	111.35	100
3.4	0.001179	115.25	42.86	3.02	57.63	114.77	100
4.0	0.001185	120.79	42.56	3.10	60.39	117.83	100
4.5	0.001192	125.65	42.86	3.20	62.83	119.97	100
5.1	0.001198	129.24	41.97	3.23	64.62	122.65	100
5.7	0.001205	133.40	41.09	3.26	66.70	125.61	100
6.2	0.001211	136.31	41.09	3.31	68.15	127.06	100
6.8	0.001218	139.18	39.91	3.32	69.59	129.68	100
7.4	0.001224	141.43	39.33	3.33	70.72	131.39	100
7.9	0.001230	143.65	38.84	3.35	71.83	132.99	100
8.5	0.001237	145.86	37.95	3.35	72.93	134.98	100
9.1	0.001243	147.45	37.07	3.34	73.73	136.66	100
9.6	0.001250	149.61	37.07	3.38	74.80	137.73	100
10.2	0.001256	151.16	36.19	3.37	75.58	139.39	100
10.8	0.001263	152.70	36.48	3.40	76.35	139.87	100
11.3	0.001269	153.65	35.11	3.37	76.83	141.72	100
11.9	0.001276	155.16	34.23	3.36	77.58	143.35	100
12.5	0.001282	156.66	33.93	3.37	78.33	144.40	100
13.0	0.001289	157.01	33.64	3.37	78.50	144.87	100
13.6	0.001295	157.92	33.05	3.36	78.96	145.91	100
14.2	0.001302	159.38	33.34	3.39	79.69	146.35	100
14.7	0.001308	159.71	32.17	3.35	79.86	147.69	100
15.3	0.001315	160.59	31.58	3.35	80.29	148.72	100
15.9	0.001321	161.46	31.87	3.37	80.73	148.86	100
16.4	0.001327	162.33	30.99	3.35	81.16	150.17	100
17.0	0.001334	162.64	30.50	3.34	81.32	150.82	100

Provino n° 1

LEGENDA ε = deformazione assiale

A = area del provino

 $\sigma_1 - \sigma_3$ = pressione deviatorica Δu = Pressione interstiziale σ'_1, σ'_3 = tensioni efficaci σ_1, σ_3 = tensioni totali

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	573
3 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.**Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994**

Committente : **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte ECORED Srl**
Campione : **S1SH5 mt. 18-18.6**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

ε %	A m ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Δu (kPa)	σ'_1 / σ'_3 (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	σ_3 (kPa)
0.6	0.001146	4.46	0.00	1.02	2.23	202.23	200
1.1	0.001153	76.66	5.79	1.39	38.33	232.54	200
1.7	0.001159	132.30	26.18	1.76	66.15	239.97	200
2.3	0.001166	161.02	47.96	2.06	80.51	232.55	200
2.8	0.001172	182.56	65.22	2.35	91.28	226.06	200
3.4	0.001179	201.39	76.69	2.63	100.69	224.00	200
4.0	0.001185	217.55	83.65	2.87	108.77	225.12	200
4.5	0.001192	233.53	87.09	3.07	116.76	229.68	200
5.1	0.001198	246.29	88.56	3.21	123.14	234.59	200
5.7	0.001205	258.91	88.75	3.33	129.46	240.70	200
6.2	0.001211	271.40	87.67	3.42	135.70	248.03	200
6.8	0.001218	283.16	85.91	3.48	141.58	255.67	200
7.4	0.001224	294.80	83.65	3.53	147.40	263.75	200
7.9	0.001230	305.72	81.30	3.58	152.86	271.56	200
8.5	0.001237	316.52	78.75	3.61	158.26	279.51	200
9.1	0.001243	326.62	76.40	3.64	163.31	286.91	200
9.6	0.001250	336.62	74.14	3.67	168.31	294.17	200
10.2	0.001256	345.36	71.00	3.68	172.68	301.67	200
10.8	0.001263	353.99	68.35	3.69	177.00	308.64	200
11.3	0.001269	363.13	65.51	3.70	181.57	316.06	200
11.9	0.001276	372.17	62.96	3.72	186.09	323.12	200
12.5	0.001282	379.40	60.61	3.72	189.70	329.09	200
13.0	0.001289	386.01	58.06	3.72	193.00	334.95	200
13.6	0.001295	393.10	55.51	3.72	196.55	341.04	200
14.2	0.001302	392.56	52.86	3.67	196.28	343.42	200
14.7	0.001308	390.62	50.31	3.61	195.31	345.00	200
15.3	0.001315	387.95	47.96	3.55	193.98	346.02	200
15.9	0.001321	385.24	45.41	3.49	192.62	347.21	200
16.4	0.001327	381.81	43.35	3.44	190.91	347.56	200
17.0	0.001334	378.64	41.39	3.39	189.32	347.93	200

Provino n°2

LEGENDA ε = deformazione assiale

A = area del provino

 $\sigma_1 - \sigma_3$ = pressione deviatorica Δu = Pressione interstiziale σ'_1, σ'_3 = tensioni efficaci σ_1, σ_3 = tensioni totali

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	573
4 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022

**LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi**

Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera 44019 (FE) - Tel 0532/815681 -
www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

**Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad
eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01**

Azienda con sistema di
gestione per la qualità
certificato da KIWA
=UNI EN ISO 9001=

PROVA TRIASSIALE TIPO C.I.U.**Norma di riferimento - Raccomandazioni AGI 1994**

Committente : **Geologia Ferrara Snc**
Cantiere : **Minerbio (BO) - Nuovo Ponte ECORED Srl**
Campione : **S1SH5 mt. 18-18.6**
Data inizio prova : **08/04/2022**

Verbale di accettazione n.22 del 06/04/2022

ϵ %	A m ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Δu (kPa)	σ'_1 / σ'_3 (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ (kPa)	$(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ (kPa)	σ_3 (kPa)
0.57	0.00115	42.77	24.71	1.11	21.39	396.67	400
1.13	0.00115	68.05	40.31	1.19	34.02	393.72	400
1.70	0.00116	108.99	55.70	1.32	54.50	398.79	400
2.27	0.00117	156.88	66.49	1.47	78.44	411.95	400
2.83	0.00117	206.23	74.34	1.63	103.12	428.78	400
3.40	0.00118	260.40	84.93	1.83	130.20	445.27	400
3.97	0.00119	302.67	92.68	1.98	151.34	458.66	400
4.54	0.00119	342.18	97.09	2.13	171.09	474.00	400
5.10	0.00120	365.46	99.05	2.21	182.73	483.68	400
5.67	0.00120	405.43	103.95	2.37	202.71	498.76	400
6.24	0.00121	423.99	107.88	2.45	212.00	504.12	400
6.80	0.00122	442.20	109.84	2.52	221.10	511.26	400
7.37	0.00122	471.83	111.80	2.64	235.92	524.12	400
7.94	0.00123	488.72	112.78	2.70	244.36	531.58	400
8.50	0.00124	512.02	113.76	2.79	256.01	542.25	400
9.07	0.00124	535.38	115.23	2.88	267.69	552.46	400
9.64	0.00125	541.25	115.72	2.90	270.62	554.90	400
10.20	0.00126	545.41	116.70	2.93	272.70	556.00	400
10.77	0.00126	553.10	116.70	2.95	276.55	559.85	400
11.34	0.00127	560.95	116.70	2.98	280.47	563.77	400
11.91	0.00128	559.64	115.72	2.97	279.82	564.10	400
12.47	0.00128	561.41	113.76	2.96	280.71	566.94	400
13.04	0.00129	561.64	109.84	2.94	280.82	570.98	400
13.61	0.00130	560.35	100.03	2.87	280.18	580.14	400
14.17	0.00130	557.57	96.11	2.83	278.78	582.68	400
14.74	0.00131	554.81	91.21	2.80	277.41	586.20	400
15.31	0.00131	550.59	88.26	2.77	275.30	587.03	400
15.87	0.00132	545.67	87.48	2.75	272.84	585.36	400
16.44	0.00133	540.06	86.89	2.72	270.03	583.14	400
17.01	0.00133	533.33	86.40	2.70	266.66	580.26	400

Provino n°3

LEGENDA

ϵ = deformazione assiale

A = area del provino

$\sigma_1 - \sigma_3$ = pressione deviatorica

Δu = Pressione interstiziale

σ'_1, σ'_3 = tensioni efficaci

σ_1, σ_3 = tensioni totali

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.	573
5 di 5	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	19/04/2022