



IMPIANTO AGRIVOLTAICO "FERRARA 5"

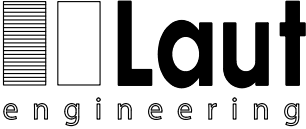


 Comune FERRARA (FE)	Committente JUWI DEVELOPMENT 25 S.R.L. Via Giovanni Battista Pirelli, 30 Milano (MI) - 20124
--	--

PROGETTO DEFINITIVO

Tavola 13R	Scala - Data Dicembre 2025	Titolo RELAZIONE GEOLOGICA
----------------------	--	--------------------------------------

Progetto

**Laut**
engineering

LAUT engineering s.r.l.
sede legale ed operativa:
Via San Crispino, 106
35129 PADOVA
tel. 049/2612374
e-mail: laut@lautengineering.it

Ing. ALBERTO VOLTOLINA



Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	12/25	REDAZIONE PROGETTO DEFINITIVO	A.V.	L.M.	A.V.
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
codice 681.PD			file 681PD13R00.pdf		
QUESTO DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO IN TUTTO O IN PARTE SENZA IL CONSENSO SCRITTO DEL PROGETTISTA IL QUALE SI RISERVA L'ASSOLUTA ED ESCLUSIVA PROPRIETA' (legge n° 633 del 22/04/41 – art. 2575 e segg. C.C.)					



LAUT ENGINEERING Srl, via San Crispino 106, 35129, Padova (PD)

**RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E
GEOTECNICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO
FOTOVOLTAICO**

FERRARA (FE)



Commessa: 99-24 (rev. 04)

Data: 02/12/25

dott. Geol. Alberto Velicogna



SOMMARIO

1.PREMESSA	2
2.NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3.INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	4
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	8
3.4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	8
4. VINCOLI PRESENTI SULLE AREE DI INTERVENTO	11
5.CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	14
5.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	15
5.2 INDAGINE MASW	16
6.CARATTERIZZAZIONE SISMICA	18
7.VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	21
7.1 VERIFICA DI FI – FATTORE DI SICUREZZA	22
8. ASPETTI RELATIVI ALLA SISMICITA'	24
8.1 RISPOSTA SISMICA LOCALE	30
9.MODELLO GEOTECNICO	33
9.1 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA	39
10.CONCLUSIONI.....	40

1.PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati di un'indagine geognostica e geofisica volta ad indagare dal punto di vista geologico e geotecnico una porzione di territorio comunale di Ferrara (FE) nell'ottica della realizzazione di un parco fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

In questa relazione geologico-tecnica si caratterizzano i terreni da un punto di vista geotecnico, al fine di valutare la Capacità Portante ammissibile ed i cedimenti prevedibili secondo quanto prescritto dalle NTC 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni" contenute dal D.M. 17.01.2018. e con la Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 – Suppl. Ordinario n. 8: "Aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17 gennaio 2018". Questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte è finalizzata alla costruzione del modello geologico, che è imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica. Il presente documento si prefigge quindi di essere anche uno strumento tecnico d'ausilio per la definizione progettuale.

I giorni 25 e 26 settembre 2024 si è effettuata una campagna di indagini mediante l'esecuzione di:

- n° 20 prove penetrometriche dinamiche DPSH
- n° 2 indagini geofisiche con metodologia MASW.

Si precisa che alcune prove penetrometriche (nello specifico la P4 – P5 – P6 – P16 – P17 – P18) ricadono al di fuori delle aree di interesse: esse però rientravano all'interno della prima perimetrazione durante la prima lottizzazione. Si ritiene opportuno tenere in considerazione ugualmente queste prove, al fine di avere un modello geotecnico di maggior precisione vista la vicinanza delle stesse con le aree di interesse. La caratteristica specifica di questo tipo di indagini è di essere di tipo preciso, diretto e locale; i dati acquisiti hanno un valore investigativo puntuale e possono essere raffrontati esclusivamente con altre prove analoghe a distanze limitrofe; qualsiasi altra estrapolazione non ha alcun valore geotecnico.

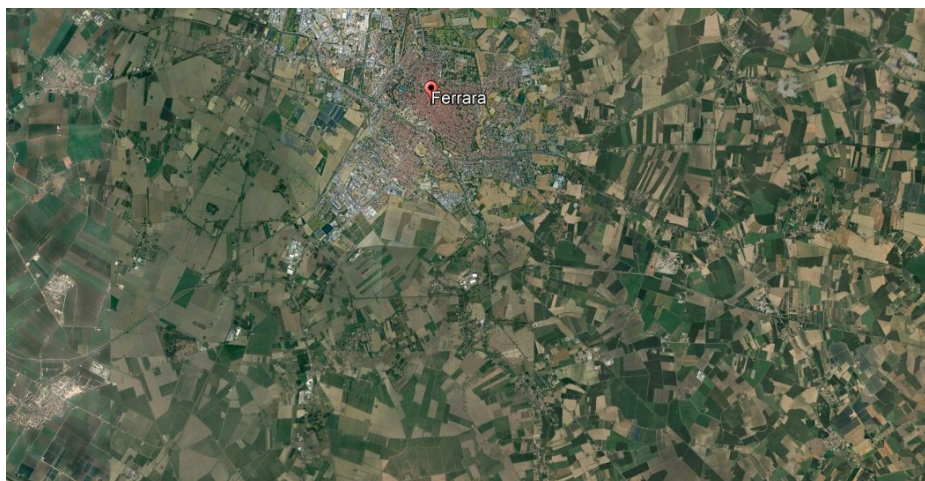


Figura 1: Ubicazione del Comune di Ferrara.

2.NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D. Lgs. N. 4 del 16 gennaio 2008 in vigore dal 13 giugno 2008, recante importanti modifiche al D.Lgs 152/2006 in materia ambientale

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

Piani Territoriali di coordinamento (Province)

Piano Strutturale e Regolam. Urbanistico

PRG comune di Ferrara (FE)

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il sito analizzato sarà interessato dalla realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico ed è ubicato nel SSE del territorio comunale di Ferrara. Si riporta, in seguito, una vista satellitare dall'area interessata dall'intervento.



Figura 2: Inquadramento su ortofoto.

3.1 Inquadramento geografico

L'area interessata dal progetto è sita nel territorio del Comune di Ferrara precisamente a SSE del centro della città.

La zona si presenta, allo stato di fatto, in un contesto poco urbanizzato con la presenza di terreni ad uso agricolo.

Il settore dove verrà costruito il parco fotovoltaico è pianeggiante, con una quota media sul livello del mare di 4 m.

3.2 Inquadramento geologico

Il territorio comunale si trova su parte della porzione frontale della Catena Appenninica, qui sepolta sotto i sedimenti quaternari dell'avanfossa subsidente, in via di progressivo coinvolgimento nell'attiva deformazione compressiva. Le strutture ereditate dal margine passivo mesozoico vengono deformate ed

invertite, mentre si sviluppano faglie inverse e sovrascorrimenti nord-est vergenti, associati alle strutture plicative delle pieghe ferraresi.

L'intenso campo di stress tettonico induce una forte attività sismica, associata anche a strutture fragili relativamente superficiali. L'attiva deformazione ed i variabili tassi di subsidenza hanno fortemente influenzato l'architettura stratigrafica, ma anche i caratteri dell'insediamento antropico.

La pianura bolognese può essere suddivisa in tre settori sulla base delle caratteristiche morfologiche, sedimentologiche e tessiturali dei depositi presenti.

L'alta pianura, compresa tra il limite appenninico a Sud e la direttrice Anzola-Castelmaggiore- Castenaso a Nord, si estende in corrispondenza delle quote più elevate dalla conoide del T. Samoggia a Ovest al T. Quaderna ad Est, caratterizzandosi principalmente per la presenza di litotipi a granulometria grossolana di spessore anche rilevante.

La media e la bassa pianura si collocano a Nord, procedendo in direzione Sud-Nord si assiste ad un progressivo aumento dei litotipi a granulometria fine. Le quote variano da 80-90 m s.l.m.m a ridosso del margine appenninico a 32 m s.l.m.m in prossimità del confine settentrionale del territorio comunale.

Il territorio comunale può essere suddiviso in tre parti: (a) una porzione settentrionale, fra il Po attuale e il canale di Burana-Volano, corrispondente grosso modo all'Anticlinale di Casaglia; (b) una centro-meridionale, corrispondente alla Sinclinale di Coronella; (c) una meridionale, collocata sopra l'Anticlinale di Poggio Renatico.

La superficie del territorio comunale è interamente formata da sedimenti fluviali del Po, Reno, Savena ed altri corsi appenninici, facenti parte della porzione più recente dell'Olocene. Questi sedimenti sono attribuibili al Subsistema di Ravenna (AES8), secondo i criteri della cartografia geologica della Regione Emilia Romagna e del Servizio Geologico Nazionale. La porzione più recente, di età post-romana, è ascritta all'Unità di Modena (AES8a). Sedimenti più antichi di 3000-4000 anni sono probabilmente assenti e la maggior parte del territorio è formata da sedimenti di età post-romana (Unità di Modena, secondo i suddetti criteri di suddivisione stratigrafica). A sud del centro storico dominano invece, sedimenti decisamente recenti, in gran parte successivi al XVI secolo.

Nel sottosuolo, uno spessore variabile fra 10 e 30 m circa è sempre formato da sedimenti olocenici del Subsistema di Ravenna (AES8), di bassa pianura alluvionale e deltizia, che registrano prima un avvicinamento trasgressivo e poi un allontanamento regressivo della linea di costa, pur rimanendo sempre in condizioni continentali. Sedimenti salmastri sono però conosciuti ad oriente del territorio comunale. La fase di massima trasgressione è marcata dalla maggiore diffusione di fanghi palustri e torbe, caratterizzati da valori di resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica e velocità delle onde sismiche particolarmente basse. Nella parte inferiore della successione trasgressiva, sono spesso diffusi limi pedogenizzati, di piana alluvionale drenata, caratterizzati da più elevate velocità Vs e da livelli di

paleosuolo particolarmente resistenti alla penetrazione, a causa di concrezioni diagenetiche carbonatiche.

L'Olocene si sovrappone, in genere con contatto netto e lacunoso, sui depositi pleistocenici di media pianura alluvionale singlaciale, risalenti all'ultima glaciazione (Wuerm alpino).

Anche il sottosuolo registra il contatto fra apporti appenninici meridionali e quelli di origine padana. In alcune fasi potevano essere presenti anche apporti di Adige. Le successioni di origine appenninica sono assai più ricche di limi ed in genere contengono solo corpi metrici discontinui di sabbie. Questa porzione inferiore singlaciale è attribuita al Subsistema di Villa Verucchio (AES7) e mostra le più elevate velocità sismiche ed i maggiori valori di resistenza alla punta penetrometrica.

Anche su base geologico-stratigrafica, il territorio del Comune di Ferrara può essere suddiviso in tre aree distinte, dai caratteri anche molto diversi. In superficie si possono individuare:

- un'area nord-occidentale di media pianura a meandri di Po;
- una nordorientale ed orientale, di bassa pianura con alvei pensili e canali deltizi di Po; le aree oggetto di intervento fanno parte di questo comparto, che di seguito viene descritto.
- una meridionale dominata dai canali appenninici di Reno, ma anche Idice, Savena e Riolo; quest'ultimo, canale di un fiume oggi estinto.

Area nord-orientale di bassa pianura con corpi pensili di canale

Si estende a sud del Po attuale, ad oriente del Canale Boicelli, a nord del Canale Emissario di Burana e a nord-est del Canale di Primaro, oltre che, per breve tratto, a sud di questi ultimi due canali. Ad oriente del territorio comunale, sfuma in ampi depositi di palude e piana deltizia, ben sviluppati oltre Copparo.

In superficie, l'area è dominata da corpi sabbiosi allungati, corrispondenti al riempimento di alvei del Po, ad andamento curvilineo, ma quasi mai meandriforme. Gli alvei recenti formano marcati dossi sopraelevati ed allungati, quelli precedenti sono progressivamente sepolti dalla sedimentazione.

I corpi di alveo sono sempre affiancati da depositi sabbioso-limosi di argine naturale, associati a ventagli da rotta e cicatrizzazione arginale.

Il contatto fra corpi di alveo e di argine è di tipo transizionale, ma su distanze relativamente brevi.

I corpi di argine mostrano una larghezza abbastanza contenuta e passano rapidamente ai sedimenti fini delle depressioni interalvee, dominate da fanghi sedimentati in piane allagabili, paludi dolci e torbiere.

Il sottosuolo presenta un'articolazione stratigrafica molto complessa, con lo sviluppo di corpi nastriformi di sabbie di canale fluviale, immersi in sedimenti fini. L'area può essere suddivisa in due parti: a nord, i sedimenti olocenici di bassa pianura alluvionale (AES8), di spessore relativamente contenuto, si sovrappongono a sottili limi di piana alluvionale drenata e quindi ad un esteso corpo di sabbie grossolane di media pianura alluvionale singlaciale (AES7), deposte in ampi alvei fluviali a treccia (braided rivers), in

cui la frazione fine è quasi assente, mentre può essere presente del ghiaio di provenienza alpina; a sud, l'Olocene aumenta di spessore e le sabbie pleistoceniche singlaciali sono spesso sostituite da successioni prevalentemente limose, con intercalazioni metriche e plurimetriche di sabbie fluviali.

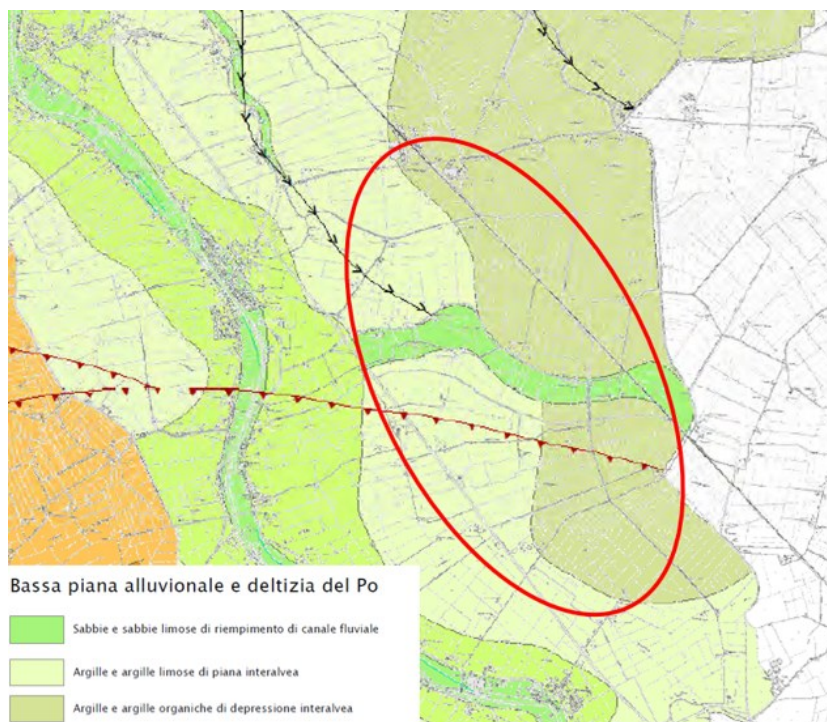


Figura 3: Stralcio della Carta Geologica – PRG Ferrara.

La Carta Litologica superficiale indica nell'area terreni superficiali costituiti da sabbie limose, argille sabbiose, argille limose e miscele ternarie.

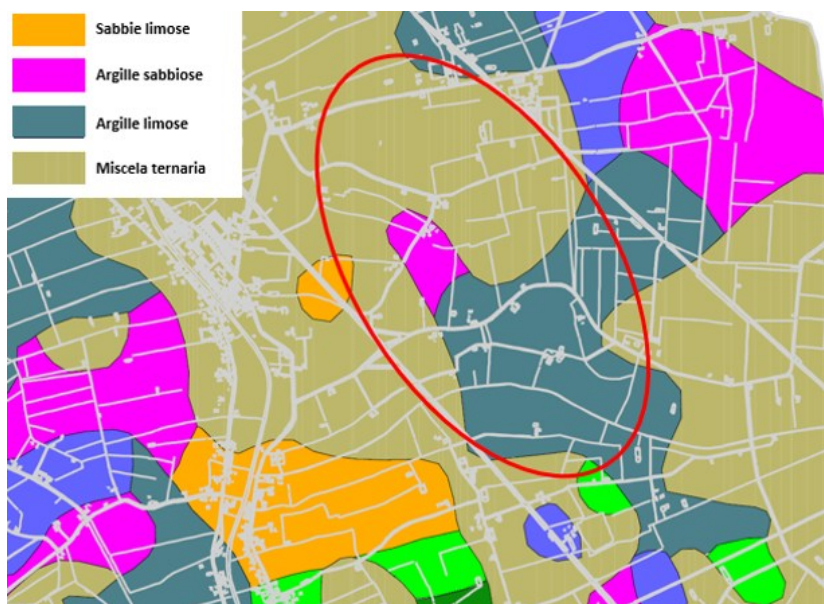


Figura 4: Stralcio della Carta della litologia superficiale – PRG Ferrara.

3.3 Inquadramento geomorfologico

L'assetto geomorfologico del territorio ferrarese è il risultato delle vicissitudini del Fiume Po.

In particolare, dalla rotta di Ficarolo del 1150 circa, il fiume ha abbandonato il suo antico corso spostandosi verso nord, dove in linea generale è ubicato l'odierno tracciato.

Questa situazione morfologica ha condizionato e regolato la deposizione dei sedimenti trasportati dal fiume con il risultato di ottenere, sulla morfologia di pianura, aree di alto strutturale meglio conosciute come dossi, costituiti da terreni sabbiosi indicanti paleoalvei, barre e sponde naturali relitti o sepolte, e zone depresse formate da argille e limi denominate catini.

Secondo la carta geomorfologica allegata al PRG Comunale di Ferrara, le aree di intervento sono caratterizzate dalla presenza di due palealvei, uno dossivo basso ed uno non dossivo.

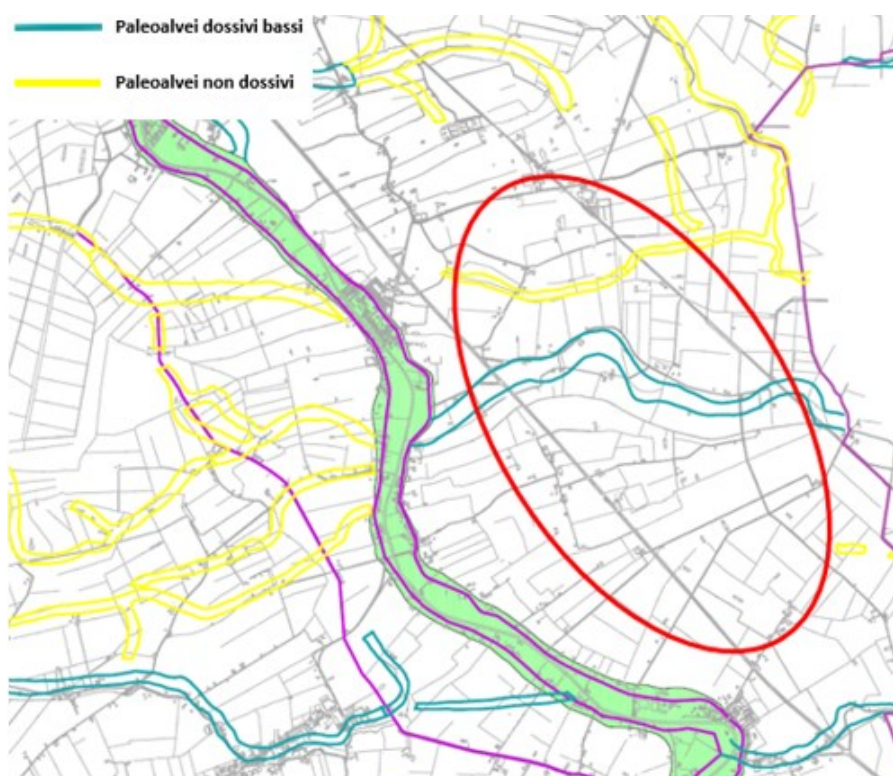


Figura 5: Stralcio della Carta Geomorfologica – PRG Ferrara.

3.4 Inquadramento idrografico e idrogeologico

Le condizioni di drenaggio dei terreni che costituiscono l'ossatura della pianura di Ferrara, sono condizionate dall'assetto morfologico ed in particolare dal micro rilievo.

Le linee preferenziali di drenaggio hanno direzione ovest – est.

Il territorio comunale è solcato da numerosi corsi d'acqua di vario grado di importanza; in particolare i principali sono senza dubbio il fiume Po ed il fiume Reno che non svolgono nessuna funzione scolante data la quota dei rispettivi alvei, anzi costituiscono delle linee di spartiacque al normale deflusso.

A questi si aggiungono il Po di Ferrara, Primaro e di Volano, il Boicelli e il Riazzo del Gallo che svolgono la funzione di collettori nel raccogliere la maggior parte delle acque superficiali e meteoriche ricadenti sul territorio, convogliate poi negli innumerevoli canali artificiali che interessano anche le aree di intervento.



Figura 6: Rete Idrografica nell'intorno dell'area di intervento.

L'inquadramento idrogeologico del territorio ferrarese evidenzia l'esistenza di un acquifero libero freatico, costituito prevalentemente da limi e limi sabbiosi, riconducibili a sedimenti di ambiente fluviale. La falda feratica, escludendo le aree limitrofe alle arginature del Po, viene alimentata principalmente da apporto meteorico e quindi fortemente influenzata da condizioni climatiche che ne favoriscono forti escursioni, prossima al p.c. in periodi molto piovosi e forte riduzione in periodi siccitosi. La profondità della falda freatica normalmente oscilla tra profondità comprese tra 1 e 4 m da p.c., ed in presenza dei canali principali la falda può essere influenzata dagli stessi alimentando o drenando la falda superficiale.

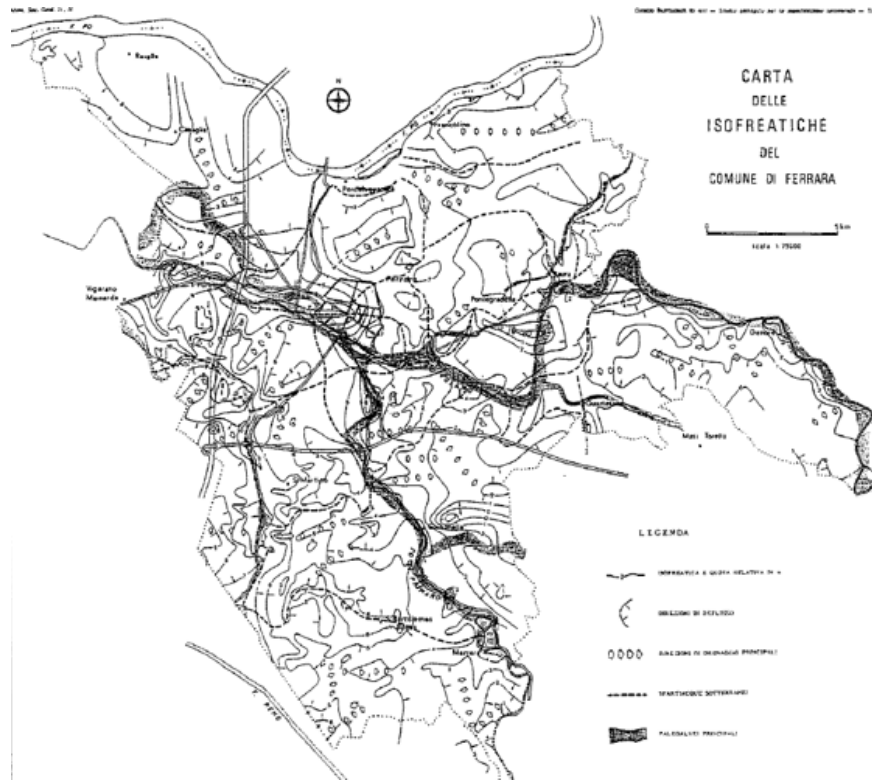


Figura 7: Carta delle isofreatiche derivanti dallo Studio Geologico del Comune di Ferrara – Bartolomei et al 1975.

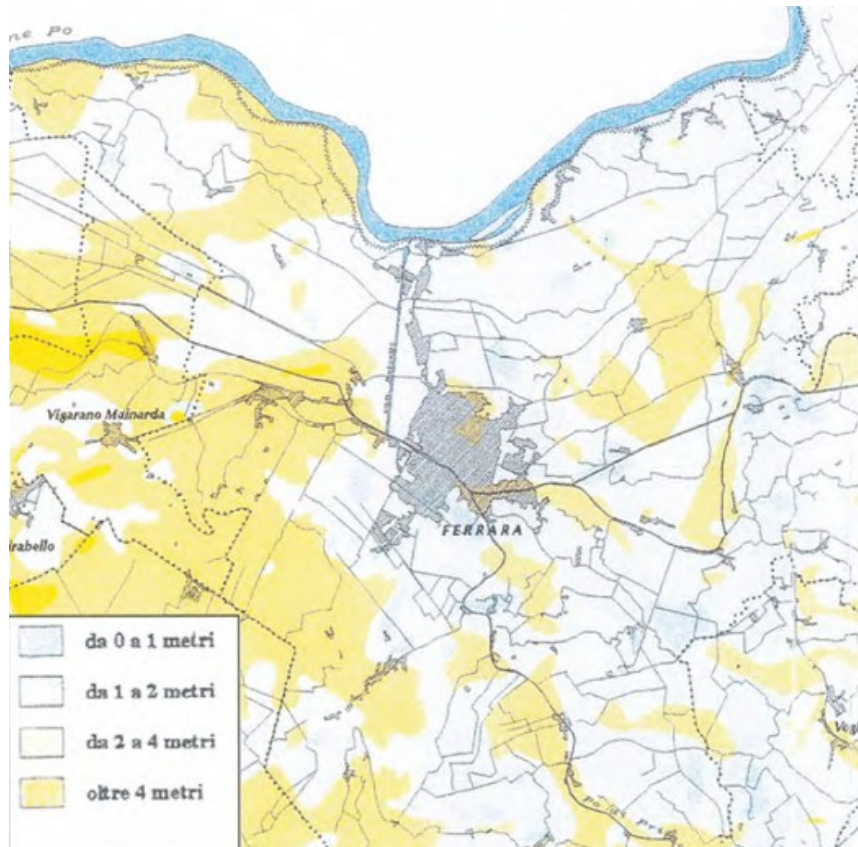


Figura 8: Stralcio della carta delle isobate della Provincia di Ferrara.

4. VINCOLI PRESENTI SULLE AREE DI INTERVENTO

Si riporta, in seguito, uno stralcio della carta A.3.1 – Scenario rischio idraulico Fiume Po Terre Estensi, e della carta A.3.3 – Scenario rischio idraulico reticolo secondario Terre Estensi.

Come si può notare, per quanto riguarda il reticolo principale (Fiume Po), l'area di interesse ricade nello scenario di pericolosità P1/L (scarsa probabilità – scenari eventi estremi T ritorno > 200 anni).

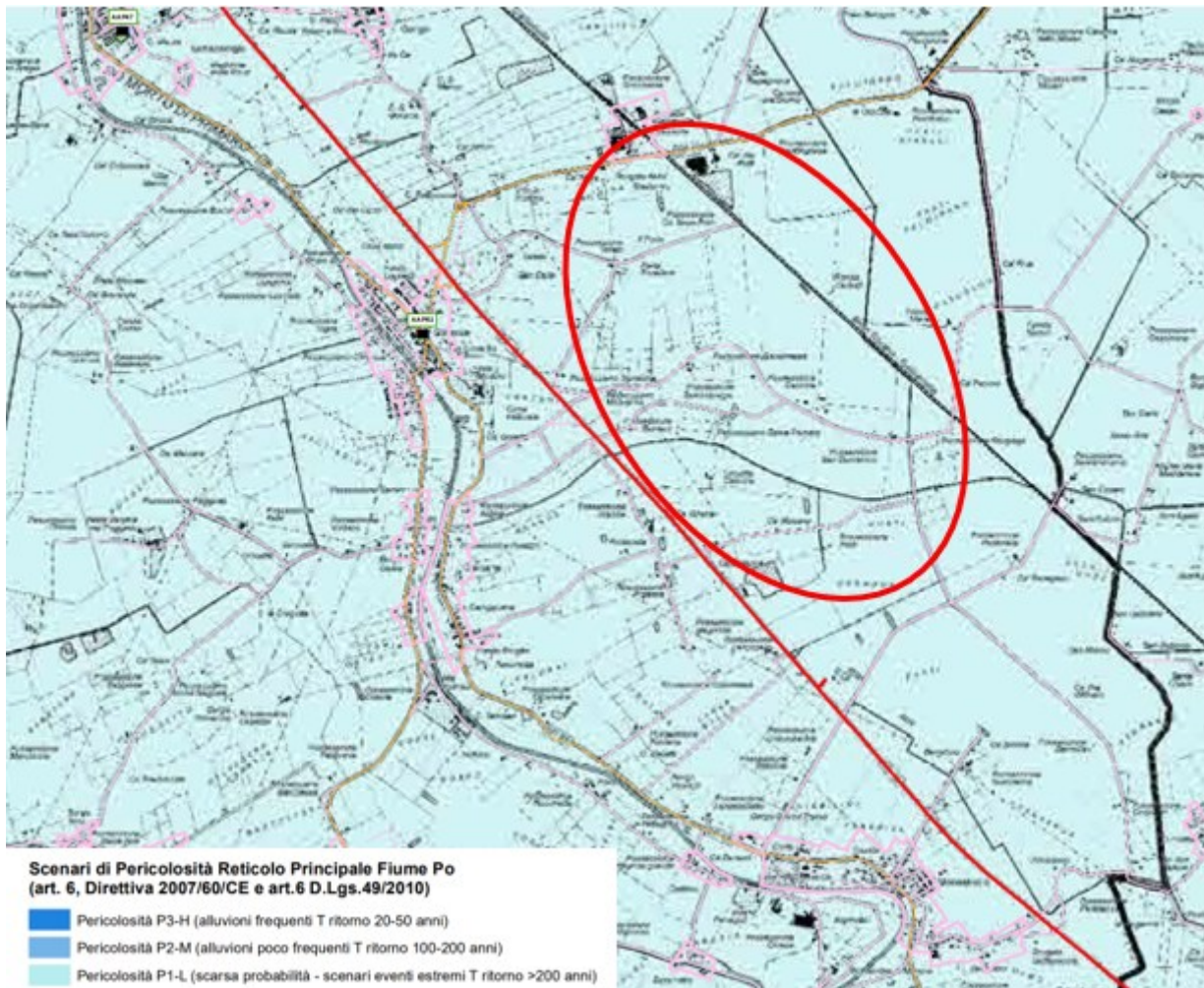


Figura 9: Rischio idraulico PGRA per il Reticolo Principale.

Per quanto riguarda invece il reticolo secondario, l'area di interesse ricade nello scenario di pericolosità P2/M (alluvioni poco frequenti T ritorno 100 - 200 anni).

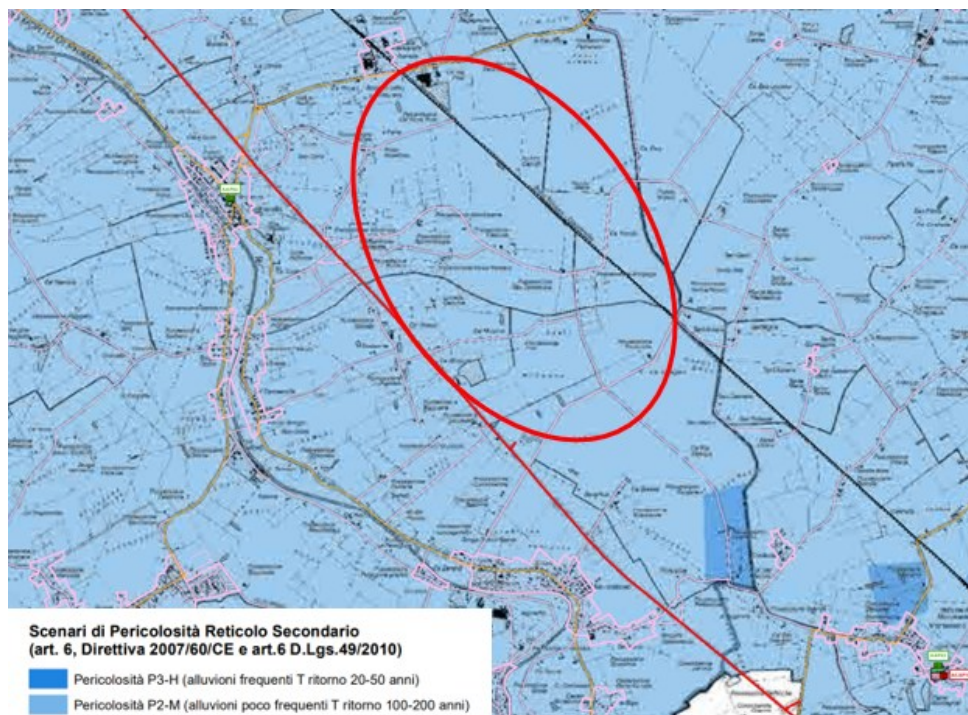


Figura 10: Rischio idraulico PGRA per il Reticolo Secondario.

Inoltre, attraverso la presa visione dalla carta dei vincoli – rispetti del PUG di Ferrara, nella quale vengono raccolti tutti i vincoli e le limitazioni alle possibilità di intervento, si evince come le aree di interesse ricadano nelle seguenti perimetrazioni vincolistiche (si prendono in considerazione solo i vincoli di carattere geologico – idrogeologico – sismico):

- Zone suscettibili di amplificazioni sismiche locali.

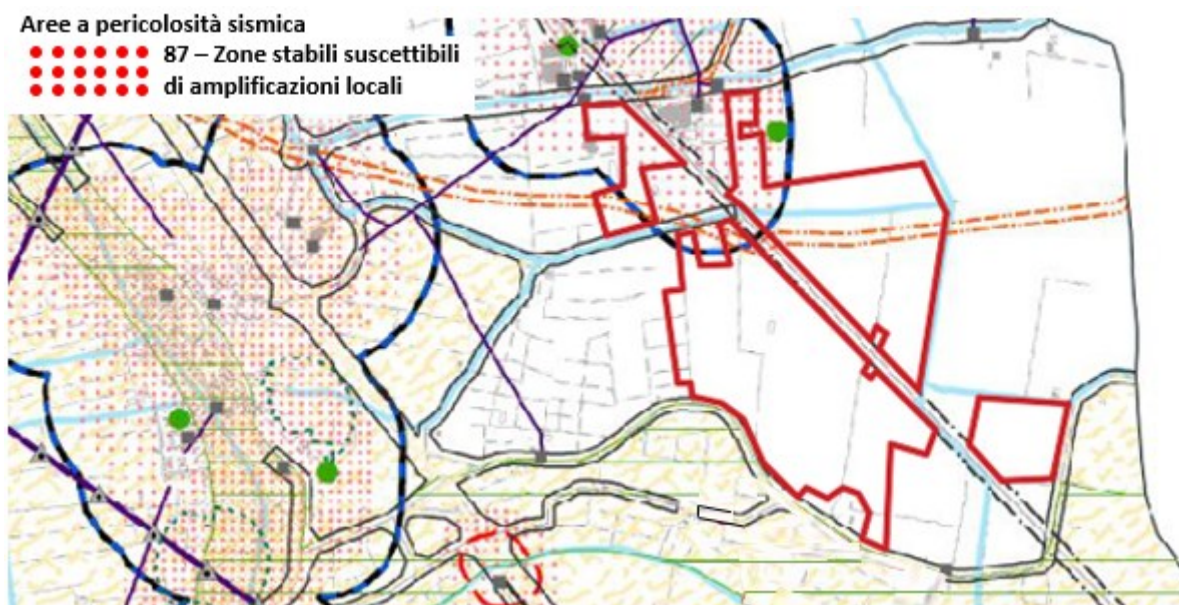


Figura 11: Stralcio della tavola dei vincoli – rispetti.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, le aree di interesse ricadono nelle seguenti perimetrazioni:

- Corpi sabbiosi sepolti o affioranti sottofalda – depositi di cordone litorale o di duna, nella quale gli effetti attesi sono relativi ad amplificazione e liquefazione con conseguenti potenziali cedimenti per addensamento e/o riconsolidazione indotti dal sisma;
- Depositi sabbiosi intercalati a livelli limosi sabbiosi ed argillosi, nella quale gli effetti attesi sono relativi ad amplificazione e liquefazione con conseguenti potenziali cedimenti per addensamento e/o riconsolidazione indotti dal sisma;
- Depositi di natura prevalentemente fine molto compressibili, nella quale gli effetti attesi sono relativi ad amplificazione con conseguenti potenziali cedimenti per riconsolidazione indotti dal sisma.

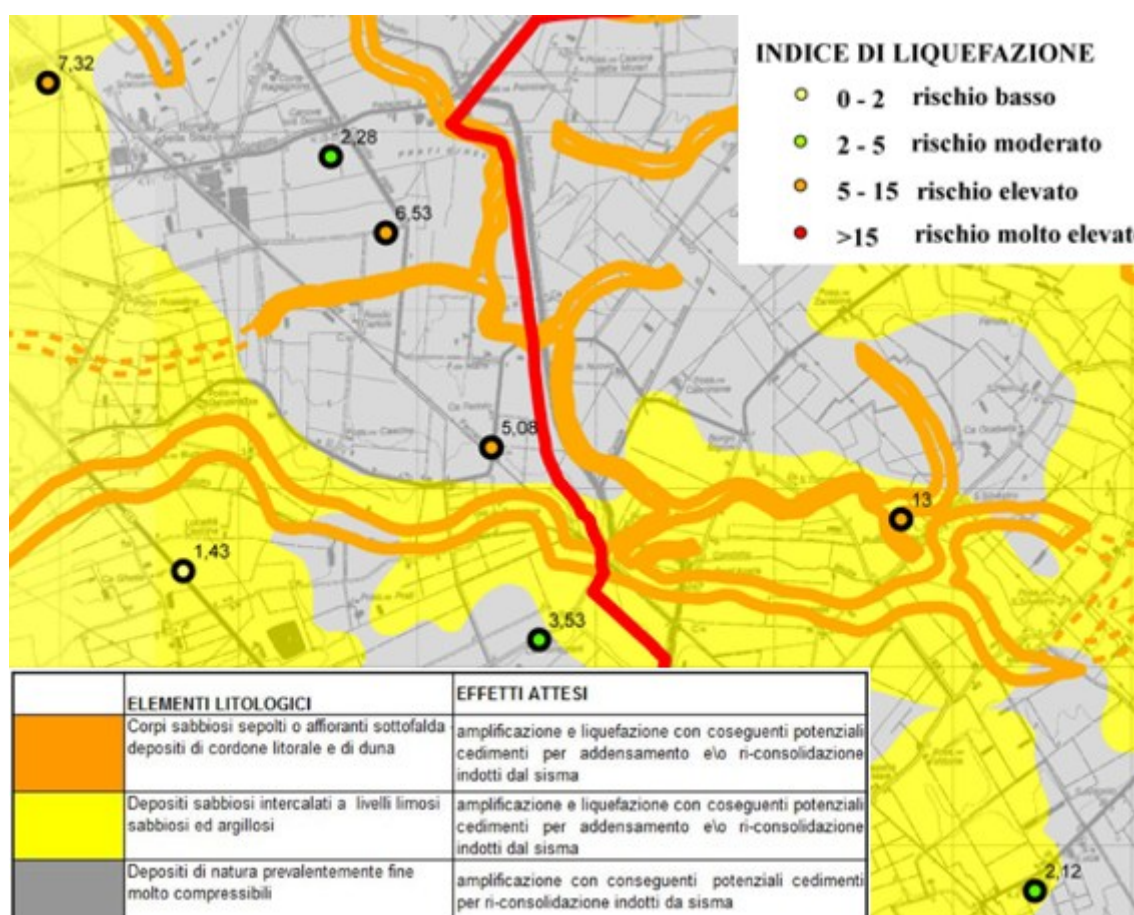


Figura 12: Stralcio della carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali con indagini e indice del potenziale di liquefazione.

In queste zone dovranno essere eseguite delle analisi approfondite di III livello di approfondimento.

5.CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geognostica di campagna è consistita in:

- n. 20 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n. 2 indagine geofisica con metodologia MASW.

Si precisa che alcune prove penetrometriche (nello specifico la P4 – P5 – P6 – P16 – P17 – P18) ricadono al di fuori delle aree di interesse: esse però rientravano all'interno della prima perimetrazione durante la prima lottizzazione. Si ritiene opportuno tenere in considerazione ugualmente queste prove, al fine di avere un modello geotecnico di maggior precisione vista la vicinanza delle stesse con le aree di interesse. Le prove sono state eseguite allo scopo di individuare un profilo geotecnico più profondo possibile e preciso dei terreni del lotto interessato.

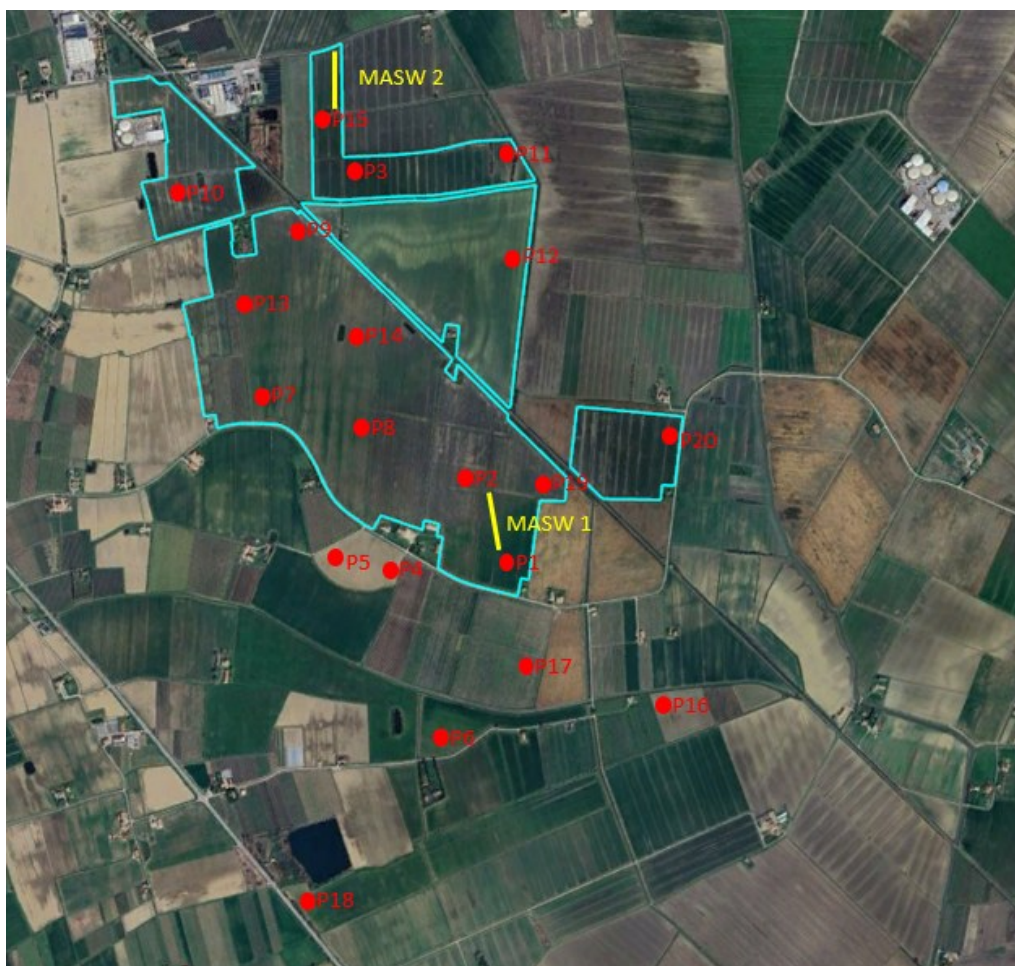


Figura 13: Ubicazione delle indagini eseguite.

5.1 Prove penetrometriche dinamiche

La prova penetrometrica dinamica consiste sostanzialmente nell'infissione nel terreno di una punta conica situata all'estremità di una batteria di aste, energizzata facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard. La misurazione del numero di colpi necessario all'avanzamento del sistema di aste di 20 cm, inserita in un programma di calcolo dedicato, fornisce uno degli elementi fondamentali per una corretta interpretazione geotecnica del sottosuolo. Le prove vengono normalmente fino all'eventuale rifiuto (N spt maggiore di 35 colpi). In occasione di ogni prova viene verificato il livello di eventuali falde freatiche mediante freatimetro e/o misura diretta sulle aste di perforazione.

Nella tabella di seguito, viene riassunta la profondità massima raggiunta durante la prova:

N° Prova	Profondità max da p.c. (m)	Profondità falda da p.c. (m)
P1	8,20	-
P2	9,20	-
P3	8,20	-
P4	15,20	-
P5	8,20	-
P6	7,20	-
P7	7,20	-
P8	8,20	
P9	8,20	
P10	8,20	
P11	8,20	-
P12	8,20	-
P13	7,20	-
P14	7,20	-
P15	7,20	-
P16	8,20	-
P17	7,20	-
P18	8,20	
P19	8,20	
P20	7,20	

** in grigio le prove penetrometriche situate al di fuori della zona di interesse, oggetto però della prima lottizzazione.*



Figura 14: Documentazione fotografica prove penetrometriche (P1, P2, P3, P4).

5.2 Indagine MASW

Sono state eseguite n.2 indagine geofisica MASW finalizzata:

- alla misura diretta della velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} e della relativa classificazione della categoria sismica di appartenenza dei terreni del sottosuolo;
- all'acquisizione di dati che contribuissero ad indagare sull'eventuale presenza di cavità sotterranee che fornissero maggiori informazioni sull'uniformità areale dei depositi presenti in situ.

Come detto nel precedente paragrafo, per la definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessaria una valutazione, oltre che dei parametri relativi alla "Pericolosità Sismica di Base", anche degli effetti della "Risposta Sismica Locale", che dipendono, essenzialmente, dalle caratteristiche litostratigrafiche o morfologiche del sito. Queste ultime, infatti, risultano esercitare una diretta influenza sulla propagazione e sull'eventuale amplificazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

Secondo le procedure prescritte dalla normativa vigente tali effetti sono valutabili, con buona approssimazione, mediante l'individuazione della categoria di sottosuolo e della categoria topografica in cui ricade il sito di interesse.

Da dette categorie deriva poi la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, "SS" e "ST", stabiliti dalle stesse norme, che concorrono nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici tipici del sito.

L'indagine MASW si svolge in tre fasi: acquisizione delle onde superficiali (ground roll), costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Le prove MASW sono indispensabili per ricavare direttamente il parametro Vseq, richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera semplice e decisamente affidabile. Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato).

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le onde di superficie sono state generate con una mazza battente (sorgente sismica) da due punti di energizzazione e sono state registrate con 12 geofoni lungo uno stendimento di lunghezza di 50 m.

Il modello sismico monodimensionale (Vs-profondità) che si è ricavato costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche sulla pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Le prove sono state condotte utilizzando 12 canali di acquisizione lungo uno stendimento di 50 m con distanza di energizzazione pari a 6 m.

I risultati dell'indagine MASW sono riportati per esteso nel pertinente allegato.



Figura 15: Stendimenti sismici per indagine MASW n° 1 e n°2.

6.CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La classificazione sismica del territorio nazionale e le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica sono regolate dalle norme contenute nella O.P.C.M. n. 3274/2003 del 23.03.2003, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 Maggio 2003.

In tale quadro il comune di Ferrara ricade in zona sismica 3:

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche è la pericolosità sismica di base" del sito. La sismicità di base del sito è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa a_g su suolo rigido con superficie topografica orizzontale per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Ai fini delle Nuove Norme Tecniche (NTC) le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Sulla base dei dati direttamente acquisiti in campagna tramite indagine geofisica con metodologia MASW il sito in esame ricade, per riscontro diretto, nella **categoria di sottosuolo D**, secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2018, con caratteristiche di superficie topografica T1, secondo la tab. 3.2.IV delle NTC 2018, ritenendo di utilizzare, a favore di sicurezza le risultanze dell'indagine MASW n° 1 poiché quella che fornisce il risultato minore.

MASW n° 1: $V_{seq} = 206 \text{ m/s}$

MASW n° 2: $V_{seq} = 179 \text{ m/s}$



MASW UTILIZZATA = SUOLO D

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

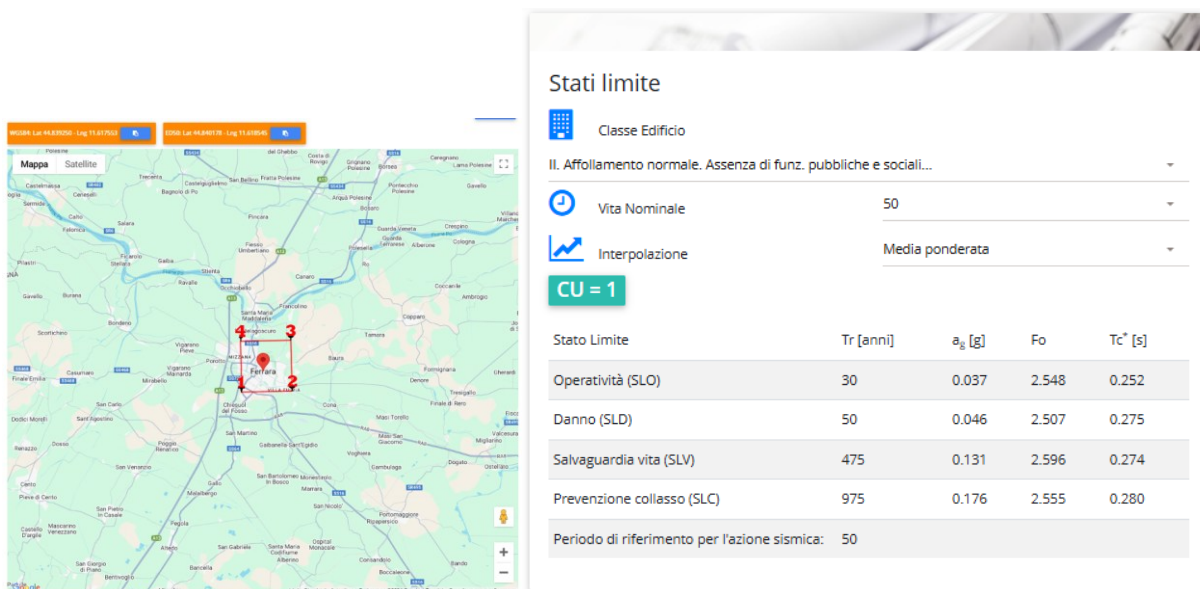
Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

La V_n (Vita nominale) attesa da un'opera: $V_n = 50$ anni. I dati sono stati processati con il software Geostru dedicato per la determinazione dei parametri sismici corretti. Vengono di seguito riportati i valori calcolati.



Coefficienti sismici

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo D

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,72
CC Coeff. funz categoria	2,49	2,38	2,39	2,36
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.057	0.073
kv	0.007	0.008	0.028	0.036
Amax [m/s ²]	0.645	0.805	2.321	2.977
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

7. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sulla base della Tabella 3.2. II delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008, le caratteristiche meccaniche dei terreni appena descritti, consentono di classificare, prudenzialmente, i profili stratigrafici come appartenenti alla categoria di suolo di fondazione tipo D tenuto conto del grado di sismicità della zona, della profondità della falda, non si escludono inoltre fenomeni di liquefazione.

Vengono di seguito riportate le condizioni di Legge previste per l'esclusione della verifica:

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

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

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

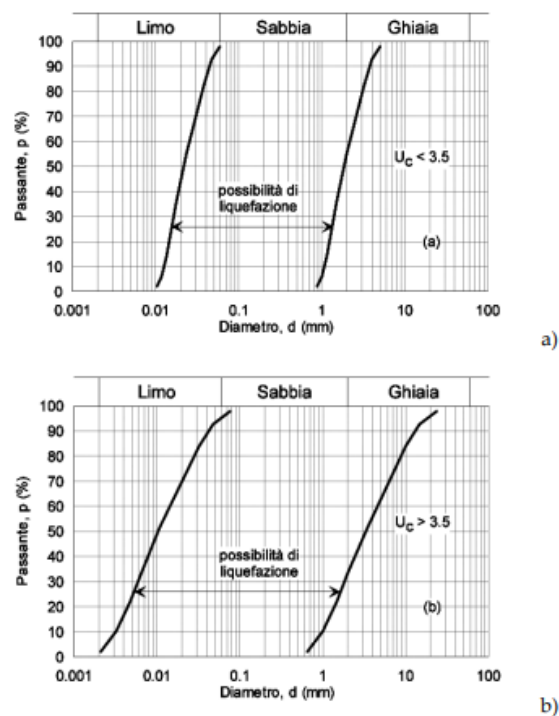


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Si procede pertanto ad una verifica di massima per il “fenomeno liquefazione” per i terreni presenti in situ.

Si ricorda che tale verifica può essere validata o meno solo ed esclusivamente tramite analisi di laboratorio che possano determinare il quantitativo di materiale fine presente nel campione di terreno rappresentativo del livello stratigrafico che si vuole analizzare.

7.1 Verifica di FI – Fattore di sicurezza

La verifica alla liquefazione è stata fatta sulla verticale penetrometrica P2 poiché in corrispondenza di tale prova si è arrivati sino a 9,20 m di profondità (maggior profondità a cui si è arrivati tra le prove all’interno dell’area di interesse).

Per l’analisi è stato utilizzato il metodo di Finn.

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.6 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.596

Tipo Suolo: D-Terreni granulari sciolti e poco addensati, coesivi consistenti Vs30<180

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.8

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 4.96

Distanza epicentro 9.35 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.27

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)
1	Argilla limosa	0	5.4	14.3	17.5	2
2	Sabbia limosa	5.4	8	14.3	18.9	6
3	Argilla limosa	8	9.2	14.3	19.1	11

Finn (1985)

	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs
1	2.80	40.680	38.719	0.958	0.064	0.177	0.36
2	3.00	44.180	40.257	0.955	0.063	0.184	0.34
3	3.20	47.680	41.796	0.952	0.063	0.191	0.33
4	3.40	51.180	43.335	0.949	0.062	0.197	0.31
5	3.60	54.680	44.873	0.946	0.061	0.202	0.30
6	3.80	58.180	46.412	0.943	0.060	0.207	0.29
7	4.00	61.680	47.951	0.940	0.059	0.212	0.28
8	4.20	65.180	49.489	0.937	0.058	0.217	0.27
9	4.40	68.680	51.028	0.934	0.058	0.221	0.26
10	4.60	72.180	52.567	0.931	0.057	0.224	0.25
11	4.80	75.680	54.105	0.928	0.056	0.228	0.25
12	5.00	79.180	55.644	0.925	0.056	0.231	0.24
13	5.20	82.680	57.183	0.922	0.055	0.234	0.23
14	5.40	86.180	58.721	0.919	0.054	0.237	0.23
15	5.60	89.680	60.260	0.916	0.160	0.239	0.67

16	5.80	93.740	62.359	0.913	0.158	0.241	0.66
17	6.00	97.520	64.177	0.910	0.156	0.243	0.64
18	6.20	101.300	65.996	0.907	0.154	0.244	0.63
19	6.40	105.080	67.815	0.904	0.152	0.246	0.62
20	6.60	108.860	69.633	0.901	0.150	0.247	0.61
21	6.80	112.640	71.452	0.898	0.148	0.248	0.60
22	7.00	116.420	73.271	0.895	0.146	0.250	0.58
23	7.20	120.200	75.089	0.892	0.144	0.251	0.58
24	7.40	123.980	76.908	0.889	0.142	0.252	0.57
25	7.60	127.760	78.727	0.886	0.141	0.252	0.56
26	7.80	131.540	80.545	0.883	0.139	0.253	0.55
27	8.00	135.320	82.364	0.880	0.137	0.254	0.54
28	8.20	139.140	84.223	0.877	0.248	0.254	0.98
29	8.40	142.960	86.081	0.874	0.245	0.255	0.96
30	8.60	146.780	87.940	0.871	0.243	0.255	0.95
31	8.80	150.600	89.799	0.868	0.240	0.255	0.94
32	9.00	154.420	91.657	0.865	0.237	0.256	0.93

Come si può notare, per tutta la colonna stratigrafica il coefficiente di sicurezza risulta minore a 1,25; questo significa che il terreno è liquefacibile.

8. ASPETTI RELATIVI ALLA SISMICITA'

La pericolosità di base del territorio comunale di Ferrara viene definita sulla base dei dati di sismicità storica e dalle mappe interattive di pericolosità sismica. I dati di sismicità storica sono stati reperiti all'interno del DBMI15, ovvero il database macrosismico utilizzato per la compilazione del CPTI15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani Ed.15) a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Nella tabella seguente, per ogni evento sismico, sono riportati la data, il sito epicentrale, la relativa intensità sismica e i valori di magnitudo raggiunti nel comune in studio.

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
5-6	🔗	1117	01	03	15	15	Veronese	55	9 6.52
F	🔗	1174	08	17	18		Val Padana	3	4-5 3.93
6	🔗	1222	12	25	12	30	Bresciano-Veronese	18	7-8 5.68
7	🔗	1234	03	20			Ferrara	1	7 5.10
7	🔗	1285	12	13			Ferrara	2	7 5.10
5	🔗	1304	10	23	00	45	Pianura emiliana	4	
6	🔗	1339	11	16	14	10	Ferrara	1	6 4.63
5	🔗	1365	03	04			Pianura Veneta	4	5 4.63
F	🔗	1399	07	20	23		Appennino modenese	6	7 5.10
3	🔗	1408	01	03	16	30	Bologna	2	4 3.70
6	🔗	1409	08	17	00	35	Ferrara	1	6 4.63
6-7	🔗	1410	05	09	22	30	Ferrara	1	6-7 4.86
F	🔗	1410	06	10	21		Verona	5	
7	🔗	1411	01	09	02		Ferrara	1	7 5.10
7	🔗	1425	08	10			Ferrarese	2	6 4.63
5-6	🔗	1483	03	03	22		Ferrara	1	5-6 4.40
5	🔗	1483	08	11	19	40	Romagna	14	8 5.69
5	🔗	1487	01	11	15	40	Ferrara	2	4 3.70
F	🔗	1501	06	05	10		Modenese	17	9 6.05
5	🔗	1504	12	31	04		Bolognese	15	6 5.02
6	🔗	1505	01	03	02		Bolognese	31	8 5.62
5	🔗	1505	01	20	23	50	Bolognese	11	5-6 4.76
F	🔗	1508	10	18			Ferrarese	1	4 3.70
5	🔗	1508	10	26			Ferrarese	1	5 4.16
6	🔗	1511	03	26	15	30	Friuli-Slovenia	120	9 6.32
NC	🔗	1511	03	28	14	30	Friuli-Slovenia	7	
NC	🔗	1511	04	01	17		Friuli-Slovenia	5	
4-5	🔗	1516	05	20	23		Pianura Padana	4	
6	🔗	1536	08	17	00	05	Appennino settentrionale	10	6-7 5.12
6-7	🔗	1561	11	24	01	25	Ferrarese	3	5-6 4.40
8	🔗	1570	11	17	19	10	Ferrarese	58	7-8 5.44
4	🔗	1572	06	04	22		Parmense	5	6 4.63
F	🔗	1574	03	17	03	40	Finale Emilia	4	6 4.63
5	🔗	1591	07	10			Romagna	6	6-7 5.13
5	🔗	1594	10	03			Ferrara	1	5 4.16
6	🔗	1624	03	19			Argenta	18	7-8 5.43
5	🔗	1661	03	22	12	50	Appennino forlivese	79	9 6.05
3	🔗	1666	04	14	18	58	Bolognese	3	5 4.16
5	🔗	1672	04	14	15	45	Riminese	92	8 5.59
5	🔗	1678	07	15			Ferrara	1	5 4.16

5		1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9 5.84
4-5		1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7 5.23
6		1695 02 25 05 30	Asolano	107	10 6.40
5-6		1695 02 28	Ferrara	1	5-6 4.40
3		1719 01 07	Italia nord-orientale	11	5-6 4.94
4		1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8 5.64
4		1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9 6.17
6-7		1743 05 29	Ferrara	1	6-7 4.86
F		1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5 4.70
4-5		1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10 6.12
5		1781 07 17 09 40	Faentino	46	8 5.61
3		1786 12 25 01	Riminese	90	8 5.66
6-7		1787 07 16 10	Ferrara	3	5-6 4.40
6-7		1787 07 26 07 15	Ferrara	1	6-7 4.86
7		1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7 5.45
4		1806 02 12	Reggiano	28	7 5.21
4-5		1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8 5.62
4		1813 09 21 07 45	Romagna	12	7 5.28
F		1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8 5.48

5		1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9 5.84
4-5		1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7 5.23
6		1695 02 25 05 30	Asolano	107	10 6.40
5-6		1695 02 28	Ferrara	1	5-6 4.40
3		1719 01 07	Italia nord-orientale	11	5-6 4.94

4		1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8 5.64
4		1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9 6.17
6-7		1743 05 29	Ferrara	1	6-7 4.86
F		1779 11 23 18 30	Bolognese	14	5 4.70
4-5		1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10 6.12
5		1781 07 17 09 40	Faentino	46	8 5.61
3		1786 12 25 01	Riminese	90	8 5.66
6-7		1787 07 16 10	Ferrara	3	5-6 4.40
6-7		1787 07 26 07 15	Ferrara	1	6-7 4.86
7		1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7 5.45
4		1806 02 12	Reggiano	28	7 5.21
4-5		1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8 5.62
4		1813 09 21 07 45	Romagna	12	7 5.28
F		1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8 5.48
F		1832 01 13 13	Valle Umbra	101	10 6.43
5		1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8 5.51
3		1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7 5.08
3		1834 10 04 19	Bolognese	12	6 4.71

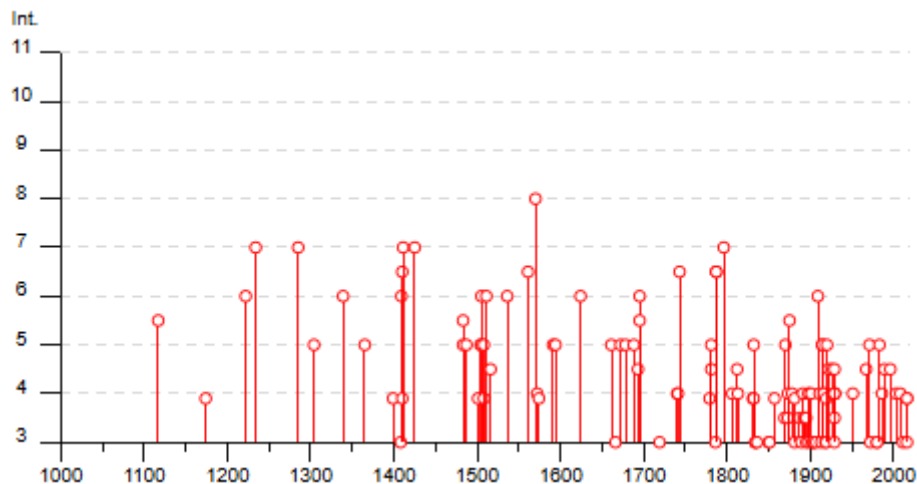
3		1836 06 12 02 30	Asolano	26	8 5.53
3		1850 09 18 06 20	Modenese	7	5 4.16
3		1851 08 03	Valli Giudicarie	15	6 4.92
F		1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7 5.11
3-4		1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5 4.57
5		1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8 5.61
3-4		1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8 5.85
4		1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10 6.29
NF		1874 10 07	Imolese	60	7 4.96
5-6		1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8 5.74
4		1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6 4.84
3		1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7 5.22
F		1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5 4.59
NF		1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6 5.01
3-4		1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9 6.27
3		1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5 4.53
4		1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	403	8-9 5.87
2		1891 08 01 13 32 2	Lugo	15	4-5 4.36
3-4		1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7 4.91

3-4		1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6 4.89
2-3		1895 03 23	Comacchio	33	6 4.65
NF		1895 05 18 19 55 1	Fiorentino	401	8 5.50
3		1895 07 30 10 47	Comacchio	10	5 4.47
3-4		1895 08 07 19 49 3	Appennino tosco-emiliano	84	5 4.67
2		1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	103	6 5.11
NF		1897 12 18 07 24 2	Alta Valtiberina	132	7 5.09
4		1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6 4.59
3		1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8 5.37
4		1898 03 09 11 43	Romagna settentrionale	68	6 4.59
4		1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8 5.44
3		1902 03 05 07 06	Garfagnana	83	7 4.98
2		1903 07 27 03 46	Lunigiana	79	7-8 5.19
3		1904 02 25 18 47 5	Reggiano	62	6 4.81
3		1904 03 10 04 23 0	Slovenia nord-occidentale	57	
NF		1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7 5.10
3		1907 04 25 04 52	Veronese	122	6 4.79
2		1908 07 10 02 13 3	Carnia	119	7-8 5.31
6		1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
4		1911 02 19 07 18 3	Forlivese	181	7 5.26
2-3		1911 03 20 15 47	Forlivese	25	6 5.09
3		1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5 4.65
5		1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7 5.63

2	🔗	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
5	🔗	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
4	🔗	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
4	🔗	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
3	🔗	1918 11 10 15 12 2	Appennino forlivese	187	9	5.96
3	🔗	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
F	🔗	1919 07 12 12 06	Asolano	7	4-5	5.03
5	🔗	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
4-5	🔗	1922 05 24 21 17 2	Ferrarese	7	4	3.70
4-5	🔗	1926 01 01 18 04 0	Carniola interna	63	7-8	5.72
4	🔗	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
4	🔗	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	🔗	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
3	🔗	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
3-4	🔗	1929 04 22 14 19	Bolognese	12	5-6	4.61
4-5	🔗	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
4	🔗	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
2-3	🔗	1956 02 20 01 29 4	Argenta	17	5-6	4.96
4-5	🔗	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
5	🔗	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
3	🔗	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
3	🔗	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	🔗	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
5	🔗	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	🔗	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
4	🔗	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
4-5	🔗	1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
4-5	🔗	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	🔗	2002 11 02 10 57 4	Ferrarese	79	4	4.21
4	🔗	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
4	🔗	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
3	🔗	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
F	🔗	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18
3	🔗	2016 10 26 19 18 0	Valnerina	77		6.07
F	🔗	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61

Figura 16: Risultati dell'interrogazione al database macrosismico italiano DBMI15 per il Comune di Ferrara.

Nella figura seguente, invece, è riportato il grafico anno/intensità per i principali eventi sismici individuati nel territorio comunale.



Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al possibile sisma atteso / di riferimento ed alle relative accelerazioni al suolo per il Comune di Ferrara si è fatto riferimento agli studi di “Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R_e” a cura di Spallarossa e Barani del 2007. L’analisi della disaggregazione dei valori di accelerazione $a(g)$ riporta, per ogni nodo della carta di pericolosità sismica la valutazione del contributo percentuale alla stima della pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori magnitudo e distanza del sisma che contribuisce alla valutazione stessa della pericolosità. Con riferimento alle NTC/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” la sismicità di base dell’area in esame è definibile in funzione del valore assunto dall’accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni, in corrispondenza dei nodi del reticolo di riferimento nazionale (Mappa interattiva di pericolosità sismica dell’INGV).

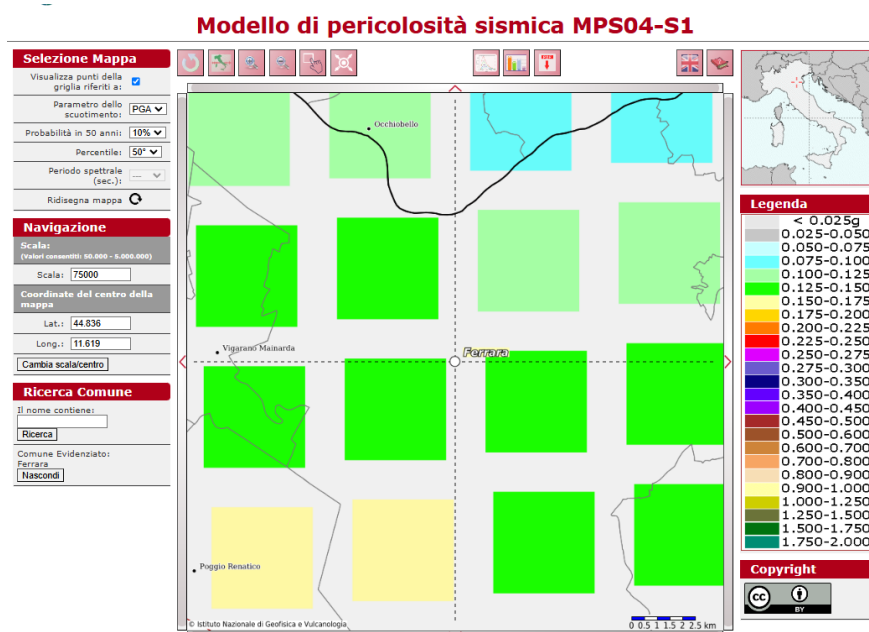


Figura 17. Stralcio Mappa interattiva di pericolosità sismica dell’INGV centrata sul Comune di FERRARA.

Come si nota, il valore dell'accelerazione di picco su suolo rigido per il sito d'indagine a cui corrisponde una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, è compreso tra 0,125g e 0,175g. Secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV, nel territorio del Comune di Ferrara sono attesi eventi sismici di Magnitudo (M) media pari a 4,96 per una distanza dal nodo (Coordinate del punto lat: 44.770, lon: 11.590) pari a 9,35 Km.

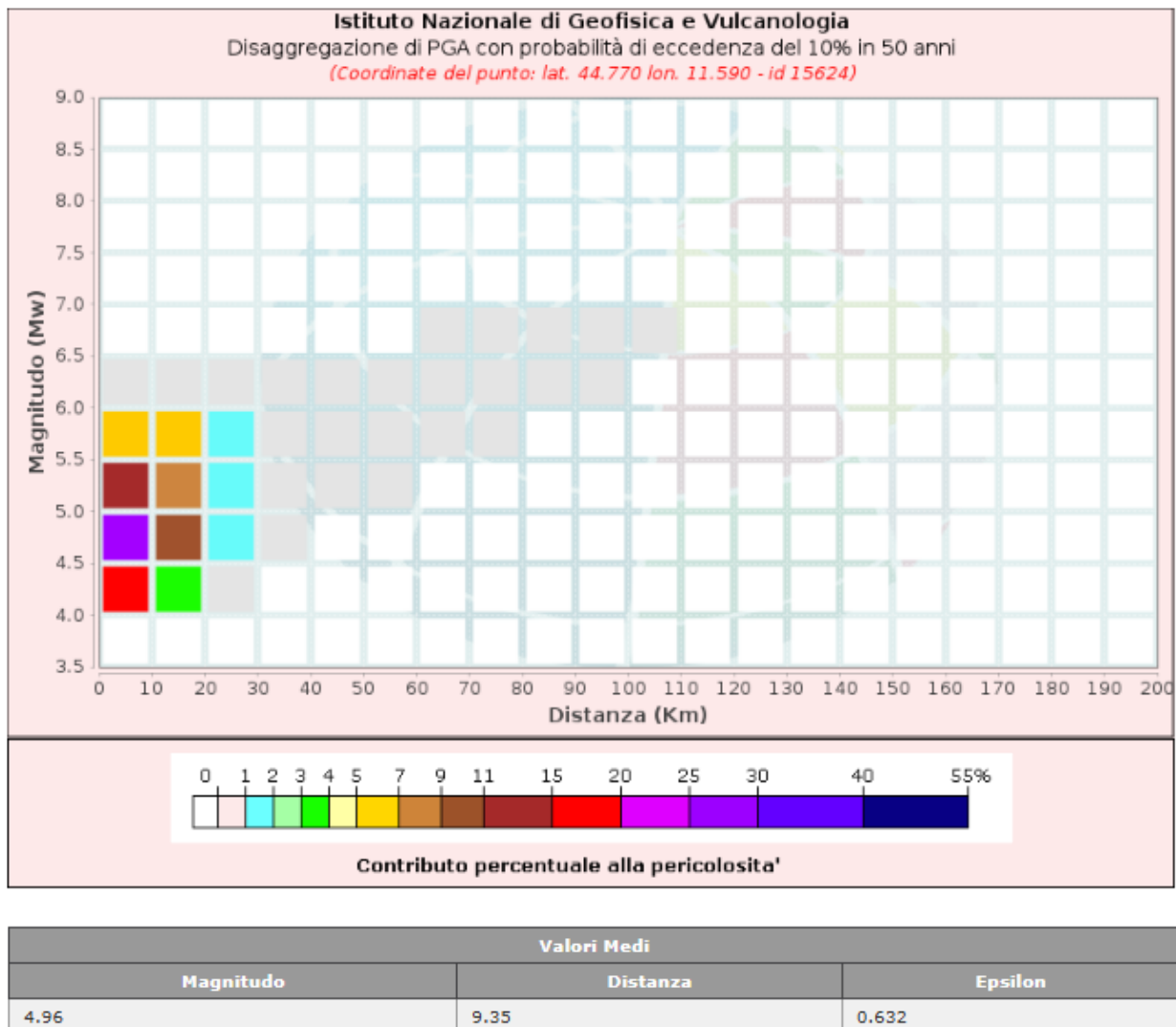


Figura 18. Disaggregazione della pericolosità sismica.

8.1 Risposta sismica locale

L'analisi di risposta sismica locale è stata effettuata utilizzando per l'analisi sette accelerogrammi naturali per lo Stato Limite SLV, selezionati utilizzando l'applicativo REXELWEB.

La stratigrafia di riferimento è stata determinata a partire dai risultati delle prove penetrometriche e sismiche effettuate.

Nella tabella seguente si riporta la sintesi del modello geologico-tecnico e geofisico adottato nel codice di calcolo STRATA per il calcolo della risposta sismica locale:

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	0.94	Terreni preval...	117.00
2	0.94	1.70	Terreni preval...	128.00
3	2.64	3.20	Terreni preval...	126.00
4	5.84	1.30	Terreni preval...	172.00
5	7.14	3.80	Terreni preval...	175.00
6	10.94	2.80	Terreni preval...	190.00
7	13.74	1.60	Terreni preval...	165.00
8	15.34	1.60	Terreni preval...	152.00
9	16.94	4.50	Terreni preval...	193.00
10	21.44	101.96	Terreni preval...	310.00
11	123.40	Half-Space	Bedrock	800.00

Si specifica che, come riportato anche nel Piano Operativo Comunale, elaborato QC1.1.1 – Studio di microzonazione sismica di terzo livello, il bedrock sismico non risulta coincidente con il substrato rigido che, nel sito oggetto d’esame, si trova a profondità elevate.

Per questo motivo esso è stato identificato, sulla base delle indagini eseguite nell’ambito della zonazione sismica di terzo livello sopra menzionata, ad una profondità di circa 125 m.

Le analisi numeriche sono state condotte con il codice di calcolo monodimensionale STRATA. Tale programma calcola la risposta dinamica monodimensionale (D) di una colonna di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà variabili in funzione del livello deformativo. Il programma permette di eseguire analisi lineari elastiche (EL), dove le proprietà elastiche e lo smorzamento sono mantenuti costanti, o analisi equivalenti lineari (EQL) dove le proprietà elastiche e lo smorzamento vengono fatti variare in funzione del livello deformativo. In questo caso si è utilizzata un’analisi equivalente lineare (EQL).

Le curve di smorzamento utilizzate sono quelle reperite nello Studio di microzonazione sismica di terzo livello del Piano operativo comunale di Ferrara.

Si riporta di seguito il confronto tra gli spettri di normativa riferiti alle categorie D di progetto secondo D.M. 17/01/2018, per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) e gli spettri determinati mediante analisi di RSL considerando un tempo di ritorno per la definizione dell’azione sismica T_r di 475 anni (SLV). Gli accelerogrammi di input selezionati mediante codice REXEL operando nello Stato Limite di Salvaguardia (SLV) sono i seguenti: AC.SRN..HNE.D.GR-2016-0006.ACC.MP; HI.KOZ1.00.HN2.D.GR-1995-0017.ACC.MP; IT.MRM.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC.MP; IT.SVN.00.HGN.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP; IV.EMCN..HNN.D.EMSC-20190108_0000122.ACC.MP; IV.FEMA..HNN.D.EMSC-20160824_0000006.ACC.MP; SM.112.00.HN3.D.IS-2000-0053.ACC.MP

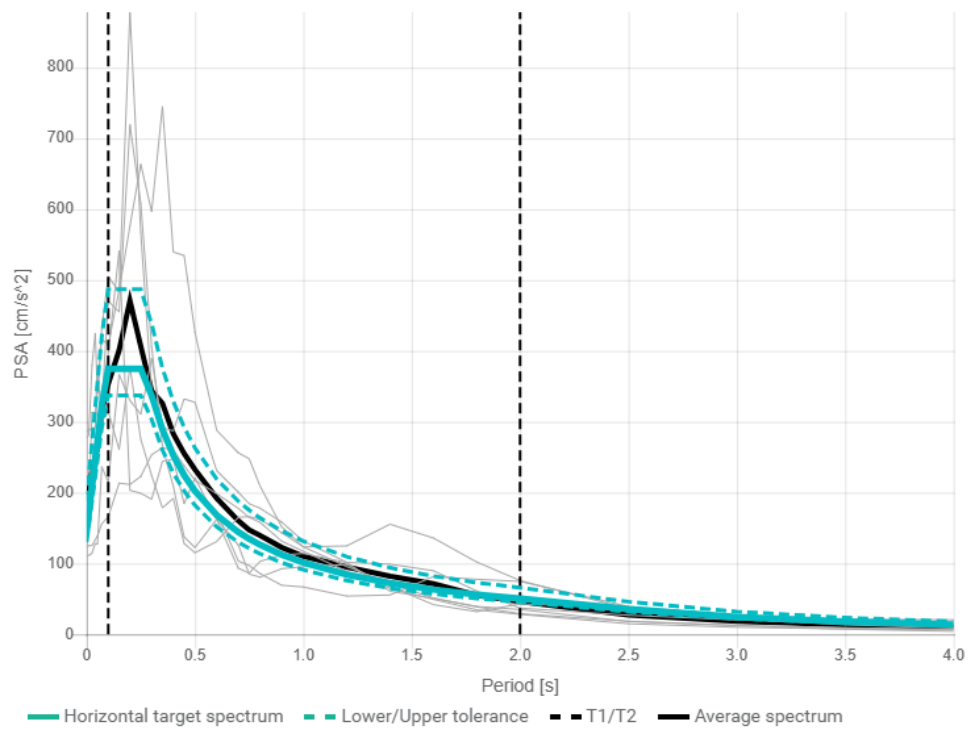


Figura 19: Spettri di risposta degli accelerogrammi di input utilizzati per l'SLV.

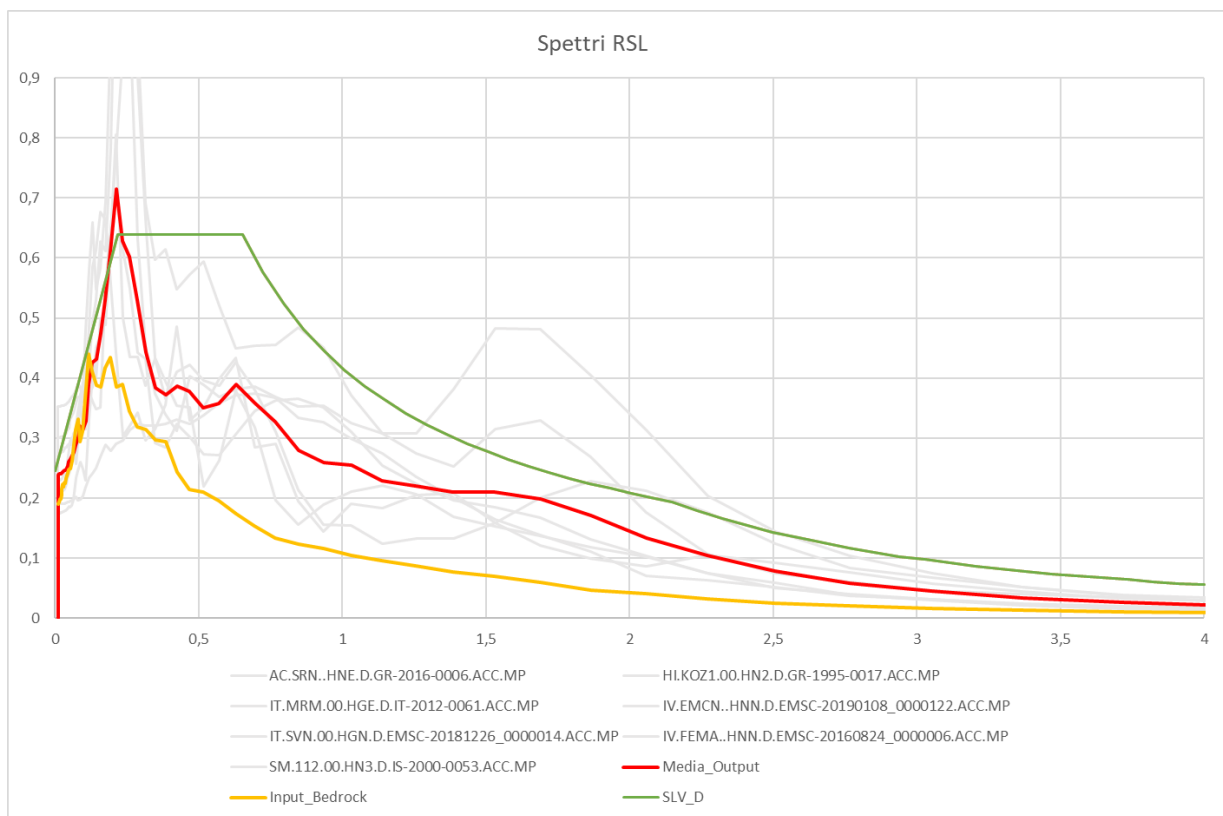


Figura 20: Stato Limite di salvaguardia Vita.

Dal confronto tra gli spettri elastici ottenuti dall'analisi RSL e quello semplificato delle NTC2018 per il suolo D, si può osservare come lo spettro medio risulti al di sotto della categoria di sottosuolo D se non per il picco a circa 0,25 s.

Ai fini del calcolo strutturale, si consiglia di ponderare la scelta dello spettro da utilizzare, anche in base al periodo proprio della struttura.

9. MODELLO GEOTECNICO

I dati acquisiti sono stati elaborati con l'ausilio del software di calcolo dedicato Fondazio per Windows (versione 6.55 del 2012) al fine di caratterizzare e parametrizzare gli aspetti geotecnici del sottosuolo investigato. Si rinvia alle tabelle allegate per la ricostruzione di dettaglio del modello geotecnico del sottosuolo stesso.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisicomeccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico (da NTC – D.M. 17/01/2018).

Sulla base dei dati ottenuti dalle prove eseguite, il terreno investigato può essere suddiviso (NB: riferimento piano campagna), dal punto di vista geotecnico, in tre livelli stratigrafici aventi le caratteristiche geotecniche principali di seguito indicate.

Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, tali parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2018), ottenendo parametri definiti “caratteristici”.

Esempio: Φ_{nominale} (da prove) = Φ_k (caratteristico)

Nella tabella seguente vengono riportati i parametri riscontrati per le prove penetrometriche effettuate.

Si ricorda che le prove P4 – P5 - P6 – P16 – P17 – P18 sono esterne all'area di intervento.

In allegato tutti i risultati delle prove.

Prova - P1

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>N_{spt} di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>Y_s (T/m³) (*)</i>	<i>Y (T/m³) (*)</i>	<i>C_u (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 4 m circa	2	8	27	1.85	1.36	-
Strato B	Da 4 m circa 8.2 m circa	6	22	28	1.89	1.43	-

Prova – P2

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>N_{spt} di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>γ_s (T/m³) (*)</i>	<i>γ (T/m³) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 5.4 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato B	Da 5.4 m circa a 8 m circa	6	22	22	1.89	1.43	
Strato C	Da 8 m circa a 9.2 m circa	11	-	-	1.91	-	67.62

Prova – P3

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>N_{spt} di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>γ_s (T/m³) (*)</i>	<i>γ (T/m³) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 1.8 m circa	3	11	27	1.86	1.38	-
Strato B	Da 1.8 m circa a 6.4 m circa	5	18	28	1.88	1.41	
Strato C	Da 6.4 m circa a 8.2 m circa	11	37	30	1.94	1.51	-

Prova – P4

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>N_{spt} di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>γ_s (T/m³) (*)</i>	<i>γ (T/m³) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 0.4 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato B	Da 0.4 m circa a 8.4 m circa	3	11	27	1.78	1.38	18.62
Strato C	Da 8.4 m circa a 14.0 m circa	9	32	30	1.89	1.48	54.88
Strato D	Da 14.0 m circa a 15.2 m circa	29	64	36	2.05	1.68	-

Prova – P5

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 8.2 m circa	3	11	27	1.86	1.38	-

Prova – P6

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 7.2 m circa	2	8	27	1.85	1.36	12.74

Prova – P7

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 7.2 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74

Prova – P8

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 8.2 m circa	3	11	27	1.86	1.38	-

Prova – P9

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 0.6 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74

Strato B	Da 0.6 m a 5.0 m circa	2	8	27	1.85	1.36	12.74
Strato C	Da 5.0 m a 8.2 m circa	6	22	28	1.89	1.43	37.24

Prova – P10

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 0.8 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato B	Da 0.8 m a 6.2 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato C	Da 6.2 m a 8.2 m circa	9	32	30	1.92	1.48	-

Prova – P11

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 1 m circa	1	-	-	1.68	-	5.88
Strato B	Da 1 m a 5.4 m circa	1	4	26	1.84	1.34	-
Strato C	Da 5.4 m a 8.2 m circa	4	-	-	1.80	-	24.5

Prova – P12

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 1.2 m circa	1	-	-	1.68	-	5.88
Strato B	Da 1.2 m a 6.2 m circa	1	4	26	1.84	1.34	-
Strato C	Da 6.2 m a 8.2 m circa	7	-	-	1.86	-	43.12

Prova – P13

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 4 m circa	1	-	-	1.68	-	5.88
Strato B	Da 4 m a 7.2 m circa	4	15	8	1.87	1.39	24.50

Prova – P14

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 1.4 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato B	Da 1.4 m a 4 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato C	Da 4 m a 7.2 m circa	5	18	28	1.88	1.41	30.38

Prova – P15

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 5 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato B	Da 5 m a 7.2 m circa	9	32	30	1.92	1.48	-

Prova – P16

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 6.6 m circa	5	18	28	1.88	1.41	30.38
Strato B	Da 6.6 m a 8.2m circa	8	28	29	1.91	1.46	-

Prova – P17

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m a 4.2 m circa	3	11	27	1.86	1.38	-
Strato B	Da 4.2 m a 7.2 m circa	7	25	29	1.90	1.45	-

Prova – P18

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m 0.8 m circa	1	-	-	1.68	-	5.88
Strato B	Da 0.8 m a 6.6 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato C	Da 6.6 m a 8.2 m circa	5	18	28	1.88	1.41	-

Prova – P19

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m 3.6 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato B	Da 3.6 m a 7.2 m circa	3	-	-	1.78	-	18.62
Strato C	Da 7.2 m a 8.2 m circa	8	28	29	1.91	1.46	-

Prova – P20

<i>Ipotesi stratigrafica</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Nspt di riferim. (*)</i>	<i>DR (%) (*)</i>	<i>Ø (°) (*)</i>	<i>ys (T/m3) (*)</i>	<i>y (T/m3) (*)</i>	<i>Cu (kPa) (*)</i>
Strato A	Da 0.0 m 2.2 m circa	2	-	-	1.75	-	12.74
Strato B	Da 2.2 m a 6.4 m circa	6	-	-	1.85	-	37.24
Strato C	Da 6.4 m a 7.2 m circa	11	37	30	1.94	1.51	-

dove:

NSPT = numero di colpi SPT correlati

(*) = vengono assunti cautelativamente come riferimento i valori medi minimi della campagna effettuata

γ (T/m³) = peso di volume del terreno

γ_s (T/m³) = peso di volume saturo del terreno

ϕ (°) = angolo di attrito efficace

c_u (kg/cm²) = coesione non drenata

9.1 Ricostruzione stratigrafica

Non risulta possibile definire un modello geologico univoco per tutta l'area di indagine, poiché il sottosuolo è costituito da un'alternanza di strati a carattere per lo più incoerente – coesivo che si alternano in profondità.

Tale substrato, a partire da una profondità di -2,3 m (massimo livello misurato), è immersa in falda e, in generale, ha una densità relativa medio-bassa anche se andando in profondità, il grado di addensamento tende a migliorare.

In quasi tutte le indagini, oltre i primi strati costituiti da materiale avente componente anche coesiva, si rinviene uno strato di sabbia limosa che, tra tutti gli orizzonti discriminati, è quello dotato di caratteristiche geotecniche migliori.

Si rimanda agli allegati specifici per la prova visione di ogni singola verticale penetrometrica.

10.CONCLUSIONI

Nello svolgimento dell'incarico, il cui prodotto finale è la seguente relazione, si sono accertate, a livello preliminare, le condizioni geologiche, geotecniche e sismiche del sito indagato.

La campagna geognostica è consistita in prove dirette (prove penetrometriche) ed indirette (indagini MASW). Le indagini hanno evidenziato la presenza di un'alternanza di terreni a comportamento misto (ovvero sia con componente coesiva che con componente incoerente) e, più in profondità, è stato rinvenuto nella quasi totalità delle indagini, uno strato di terreno sabbioso limoso che, tra tutti gli orizzonti rinvenuti, è quello che presenta le migliori caratteristiche geotecniche.

Dal punto di vista sismico si possono trarre le seguenti considerazioni:

- Secondo la classificazione corrente, il territorio del comune di Ferrara ricade in **zona sismica 3**;
- Sulla base dei dati acquisiti in campagna tramite indagine geofisica, il sito viene classificato con la **categoria di sottosuolo D** (Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.).
- Le indagini sismiche hanno suffragato e contribuito a ricostruire in maniera univoca il modello geotecnico preliminare di cui sopra;
- Il sottosuolo è soggetto a fenomeni di liquefazione. Si ricorda che tale verifica può essere validata o meno solo tramite analisi di laboratorio che possano determinare il quantitativo di materiale fine presente nel campione di terreno rappresentativo del livello stratigrafico che si vuole analizzare.
- A seguito della analisi sismica di terzo livello si evince come lo spettro medio risulti al di sotto della categoria di sottosuolo D se non per il picco a circa 0,25 s; ai fini del calcolo strutturale, si consiglia di ponderare la scelta dello spettro da utilizzare, anche in base al periodo proprio della struttura.

Le informazioni di questo elaborato hanno valore puntuale e caratterizzano il terreno limitatamente alla profondità indagata.

Serie, 02/12/2025

Dott.Geol. Alberto Velicogna



BIBLIOGRAFIA

- Brinch-Hansen, J. [1970] "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
- Burland, J.B. e Burbidge, M.C. (1984) "Settlement of Foundations on Sand and Gravel", Glasgow and West of Schotland Association, Centenary Literature
- Per la cartografia: <http://www.isprambiente.gov.it> (cartografia geologica)
- Piano regolatore comune di Ferrara.

ALLEGATI

- Caratteristiche del penetrometro
- Prove penetrometriche
- Indagini MASW

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ), misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione δ)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE SCHEDA PENETROMETRO		
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.		
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5		
Località: Ferrara		

DPSH (S. Heavy)		DPSH (S. Heavy)
Sigla	DPSH (S. Heavy)	Minimativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,80	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	64 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	8,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)	30 kg	Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	50,50 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%	50,00 %	Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM	2,00	Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)	100,00 mm	Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]	2,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]	1,00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)	0,02 mm	Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	32,00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)	49,00 mm	Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)	50,50 mm	Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)	11,00 mm	Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP	5 - 100	Massimo numero di colpi utile
Spinta	t	Spinta nominale strumento

	Lo sperimentatore:
	Il direttore laboratorio: xxxxxx

Campo fotovoltaico Ferrara 5

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	20
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	2		0,9					
0,60	2	1		0,5					
0,80	2	1		0,5					
1,00	2	1		0,5					
1,20	2	1		0,5					
1,40	2	1		0,5					
1,60	3	2		0,9					
1,80	3	2		0,9					
2,00	3	1		0,5					
2,20	3	2		0,9					
2,40	3	3		1,4					
2,60	4	4		1,9					
2,80	4	4		1,9					
3,00	4	3		1,4					
3,20	4	3		1,4					
3,40	4	4		1,9					
3,60	5	3		1,4					
3,80	5	4		1,9					
4,00	5	4		1,9					
4,20	5	5		2,4					
4,40	5	4		1,9					
4,60	6	3		1,4					
4,80	6	4		1,9					
5,00	6	3		1,4					
5,20	6	3		1,4					
5,40	6	4		1,9					
5,60	7	5		2,4					
5,80	7	5		2,4					
6,00	7	6		2,8					
6,20	7	5		2,4					
6,40	7	7		3,3					
6,60	8	8		3,8					
6,80	8	7		3,3					
7,00	8	7		3,3					
7,20	8	8		3,8					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	1
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	2		1,5					
0,40	1	2		0,9					
0,60	2	1		0,5					
0,80	2	2		1,5					
1,00	2	1		0,7					
1,20	2	2		1,4					
1,40	2	2		1,4					
1,60	3	1		0,7					
1,80	3	1		0,7					
2,00	3	2		1,3					
2,20	3	1		0,6					
2,40	3	1		0,6					
2,60	4	1		0,6					
2,80	4	2		1,3					
3,00	4	2		1,2					
3,20	4	2		1,2					
3,40	4	2		1,2					
3,60	5	2		1,2					
3,80	5	2		1,2					
4,00	5	2		1,1					
4,20	5	3		1,7					
4,40	5	3		1,7					
4,60	6	3		1,7					
4,80	6	4		2,2					
5,00	6	3		1,6					
5,20	6	4		2,1					
5,40	6	4		2,1					
5,60	7	5		2,6					
5,80	7	5		2,6					
6,00	7	5		2,5					
6,20	7	4		2,0					
6,40	7	6		3,0					
6,60	8	6		3,0					
6,80	8	6		3,0					
7,00	8	7		3,3					
7,20	8	7		3,3					
7,40	8	8		3,8					
7,60	9	8		3,8					
7,80	9	8		3,8					
8,00	9	8		3,6					
8,20	9	9		4,0					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

Data esec.: 25/09/2024

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

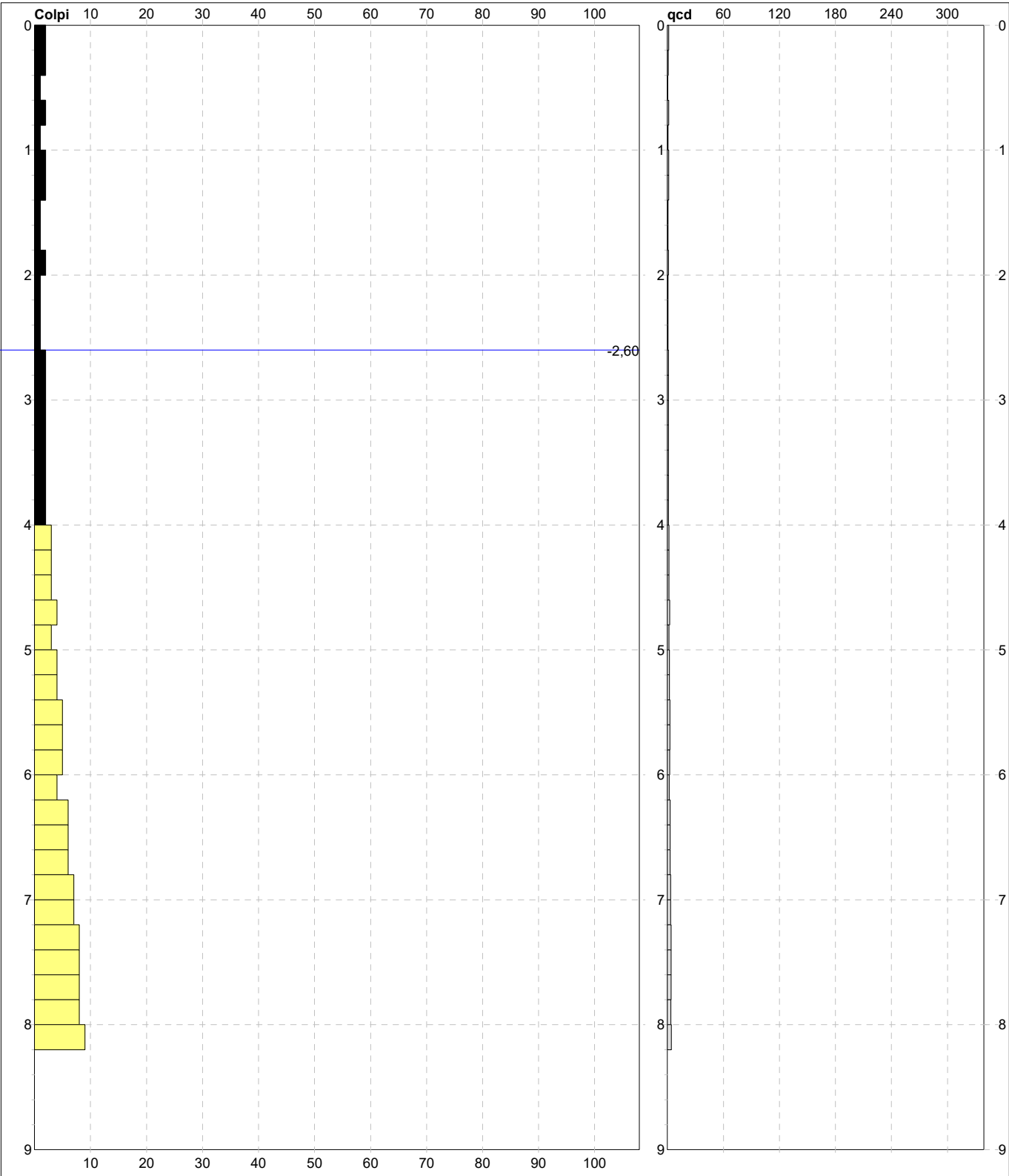
Scala: 1:45

Pagina: 1

Falda: -2,60 m da p.c.

Località: Ferrara

Elaborato:



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 4,00	Media	2	1,33	2	0,1.06	0,1.08	96	21	0,52	Granulare	Sabbia limosa/argillosa, color grig
2	4,00 : 8,20	Media	6	1,01	6	0,2.83	0,2.85	144	50	1,39	Granulare	Sabbia limosa

	NATURA COESIVA	NATURA GRANULARE
--	----------------	------------------

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ϕ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 4,00	2	---	---	---	---	---	8	27	2,11	1,85	1,36	0,95	---
2	4,00 : 8,20	6	---	---	---	---	---	22	28	2,43	1,89	1,43	1,42	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	2
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,60 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	1		0,4					
0,60	2	1		0,4					
0,80	2	2		0,9					
1,00	2	1		0,4					
1,20	2	2		0,9					
1,40	2	1		0,4					
1,60	3	2		0,9					
1,80	3	1		0,4					
2,00	3	2		0,9					
2,20	3	1		0,4					
2,40	3	2		0,9					
2,60	4	1		0,4					
2,80	4	2		0,9					
3,00	4	1		0,4					
3,20	4	1		0,4					
3,40	4	2		0,9					
3,60	5	1		0,4					
3,80	5	1		0,4					
4,00	5	1		0,4					
4,20	5	1		0,4					
4,40	5	2		0,9					
4,60	6	2		0,9					
4,80	6	1		0,4					
5,00	6	2		0,9					
5,20	6	1		0,4					
5,40	6	3		1,3					
5,60	7	3		1,3					
5,80	7	2		0,9					
6,00	7	3		1,3					
6,20	7	3		1,3					
6,40	7	4		1,7					
6,60	8	3		1,3					
6,80	8	4		1,7					
7,00	8	4		1,7					
7,20	8	3		1,3					
7,40	8	4		1,7					
7,60	9	5		2,1					
7,80	9	5		2,1					
8,00	9	6		2,6					
8,20	9	7		3,0					
8,40	9	6		2,6					
8,60	10	7		3,0					
8,80	10	8		3,4					
9,00	10	8		3,4					
9,20	10	9		3,8					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

Data esec.: 25/09/2024

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

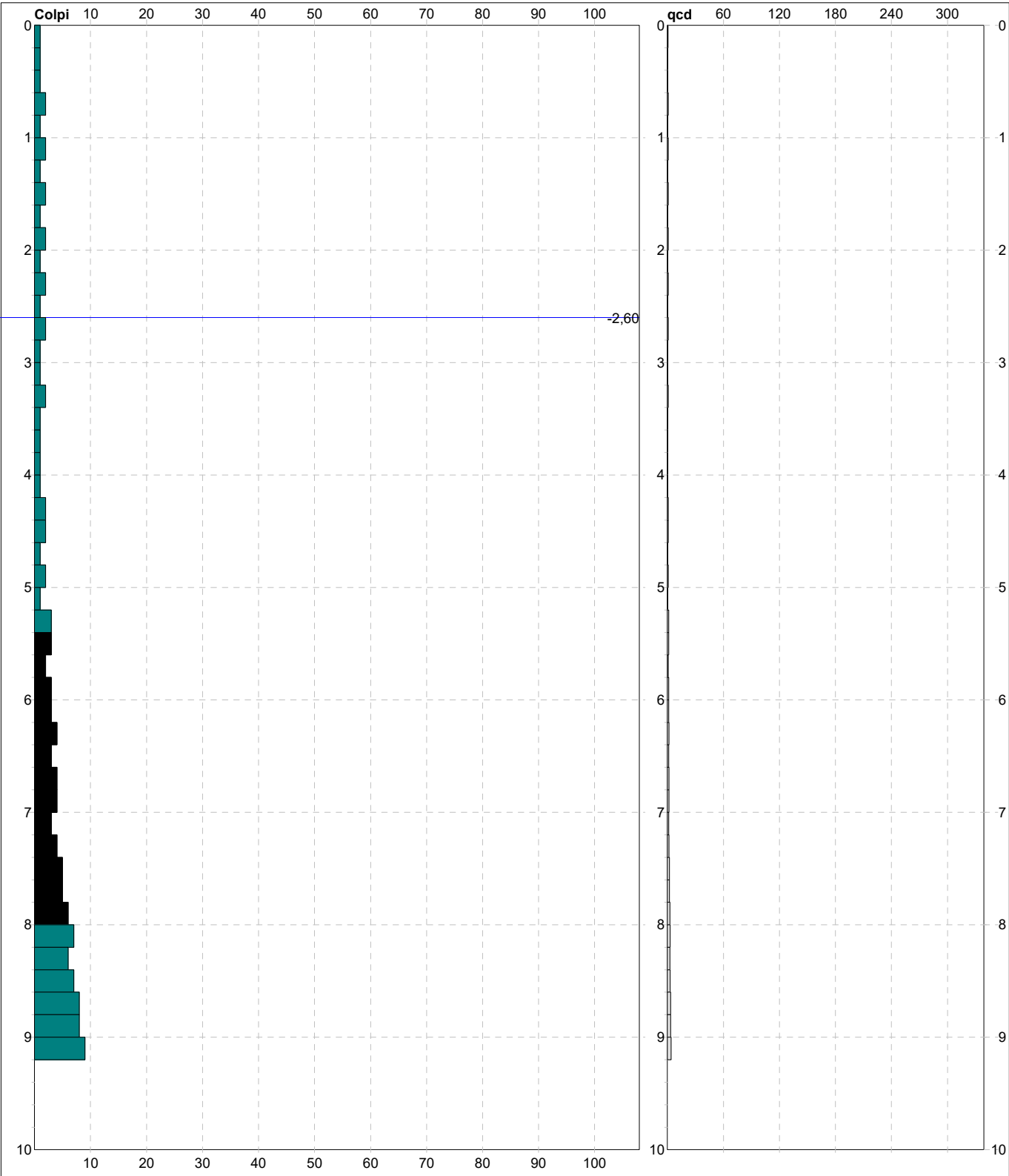
Scala: 1:50

Pagina: 1

Falda: -2,60 m da p.c.

Località: Ferrara

Elaborato:



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	2
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 5,40	Media	1	1,52	2	0,0.65	0,0.66	23	93	0,32	Coesiva	Argilla limosa
2	5,40 : 8,00	Media	4	1,52	6	0,1.67	0,1.95	147	50	0,82	Granulare	Sabbia limosa
3	8,00 : 9,20	Media	8	1,52	11	0,3.34	0,2.45	74	157	1,63	Coesiva	Argilla limosa

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m²	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 5,40	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
2	5,40 : 8,00	6	---	---	---	---	---	22	28	2,43	1,89	1,43	1,42	---
3	8,00 : 9,20	11	67,62	1,91	32,11	0,87	0,51	---	---	---	---	---	---	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	3
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	1		0,5					
0,60	2	2		0,9					
0,80	2	2		0,9					
1,00	2	3		1,3					
1,20	2	2		0,9					
1,40	2	2		0,9					
1,60	3	2		0,9					
1,80	3	3		1,3					
2,00	3	4		1,8					
2,20	3	5		2,2					
2,40	3	5		2,2					
2,60	4	2		0,9					
2,80	4	3		1,3					
3,00	4	4		1,8					
3,20	4	3		1,3					
3,40	4	3		1,3					
3,60	5	3		1,3					
3,80	5	1		0,5					
4,00	5	1		0,5					
4,20	5	1		0,5					
4,40	5	1		0,5					
4,60	6	2		0,9					
4,80	6	2		0,9					
5,00	6	2		0,9					
5,20	6	3		1,3					
5,40	6	3		1,3					
5,60	7	4		1,8					
5,80	7	4		1,8					
6,00	7	4		1,8					
6,20	7	5		2,2					
6,40	7	5		2,2					
6,60	8	6		2,7					
6,80	8	7		3,1					
7,00	8	6		2,7					
7,20	8	6		2,7					
7,40	8	7		3,1					
7,60	9	8		3,6					
7,80	9	8		3,6					
8,00	9	7		3,1					
8,20	9	8		3,6					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

Data esec.: 25/09/2024

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

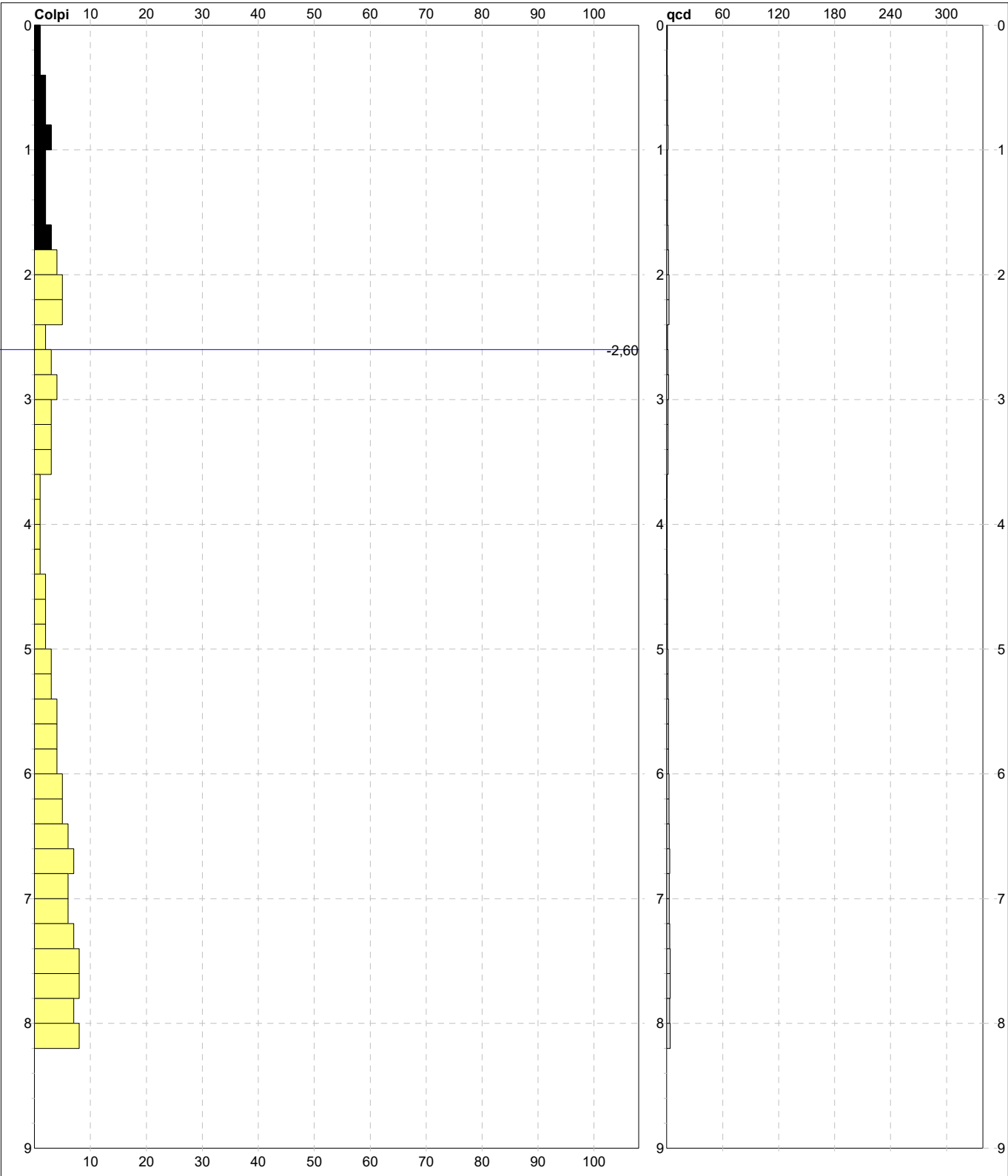
Scala: 1:45

Falda: -2,60 m da p.c.

Località: Ferrara

Pagina: 1

Elaborato:



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	3
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data eseg.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 1,80	Media	2	1,52	3	0,0.96	0,1.52	88	29	0,47	Granulare	Argilla limosa
2	1,80 : 6,40	Media	3	1,52	5	0,1.42	0,1.76	129	43	0,70	Granulare	Sabbia limosa
3	6,40 : 8,20	Media	7	1,52	11	0,3.27	0,3.43	166	82	1,60	Granulare	Argilla limosa

			NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE					
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 1,80	3	---	---	---	---	---	11	27	2,18	1,86	1,38	1,07	---
2	1,80 : 6,40	5	---	---	---	---	---	18	28	2,35	1,88	1,41	1,30	---
3	6,40 : 8,20	11	---	---	---	---	---	37	30	2,82	1,94	1,51	2,00	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	4
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7	15,20	1	26		8,7
0,40	1	3		1,0					
0,60	2	8		2,7					
0,80	2	7		2,3					
1,00	2	7		2,3					
1,20	2	7		2,3					
1,40	2	6		2,0					
1,60	3	5		1,7					
1,80	3	5		1,7					
2,00	3	3		1,0					
2,20	3	2		1,3					
2,40	3	3		1,9					
2,60	4	2		1,3					
2,80	4	3		1,9					
3,00	4	3		1,8					
3,20	4	4		2,4					
3,40	4	3		1,8					
3,60	5	2		1,2					
3,80	5	4		2,4					
4,00	5	4		2,2					
4,20	5	4		2,2					
4,40	5	4		2,2					
4,60	6	4		2,2					
4,80	6	4		2,2					
5,00	6	5		2,6					
5,20	6	5		2,6					
5,40	6	4		2,1					
5,60	7	3		1,6					
5,80	7	4		2,1					
6,00	7	4		2,0					
6,20	7	5		2,5					
6,40	7	4		2,0					
6,60	8	4		2,0					
6,80	8	4		2,0					
7,00	8	5		2,4					
7,20	8	4		1,9					
7,40	8	5		2,4					
7,60	9	5		2,4					
7,80	9	5		2,4					
8,00	9	5		2,2					
8,20	9	4		1,8					
8,40	9	6		2,7					
8,60	10	9		4,0					
8,80	10	8		3,6					
9,00	10	8		3,4					
9,20	10	8		3,4					
9,40	10	8		3,4					
9,60	11	7		3,0					
9,80	11	6		2,6					
10,00	11	6		2,5					
10,20	11	7		2,9					
10,40	11	6		2,5					
10,60	12	9		3,7					
10,80	12	8		3,3					
11,00	12	9		3,5					
11,20	12	9		3,5					
11,40	12	9		3,5					
11,60	13	9		3,5					
11,80	13	10		3,9					
12,00	13	10		3,8					
12,20	13	11		4,1					
12,40	13	12		4,5					
12,60	14	12		4,5					
12,80	14	12		4,5					
13,00	14	13		4,7					
13,20	14	13		4,7					
13,40	14	14		5,0					
13,60	15	15		5,4					
13,80	15	16		5,8					
14,00	15	17		5,9					
14,20	15	19		6,6					
14,40	15	20		6,9					
14,60	16	23		8,0					
14,80	16	25		8,7					
15,00	16	25		8,4					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

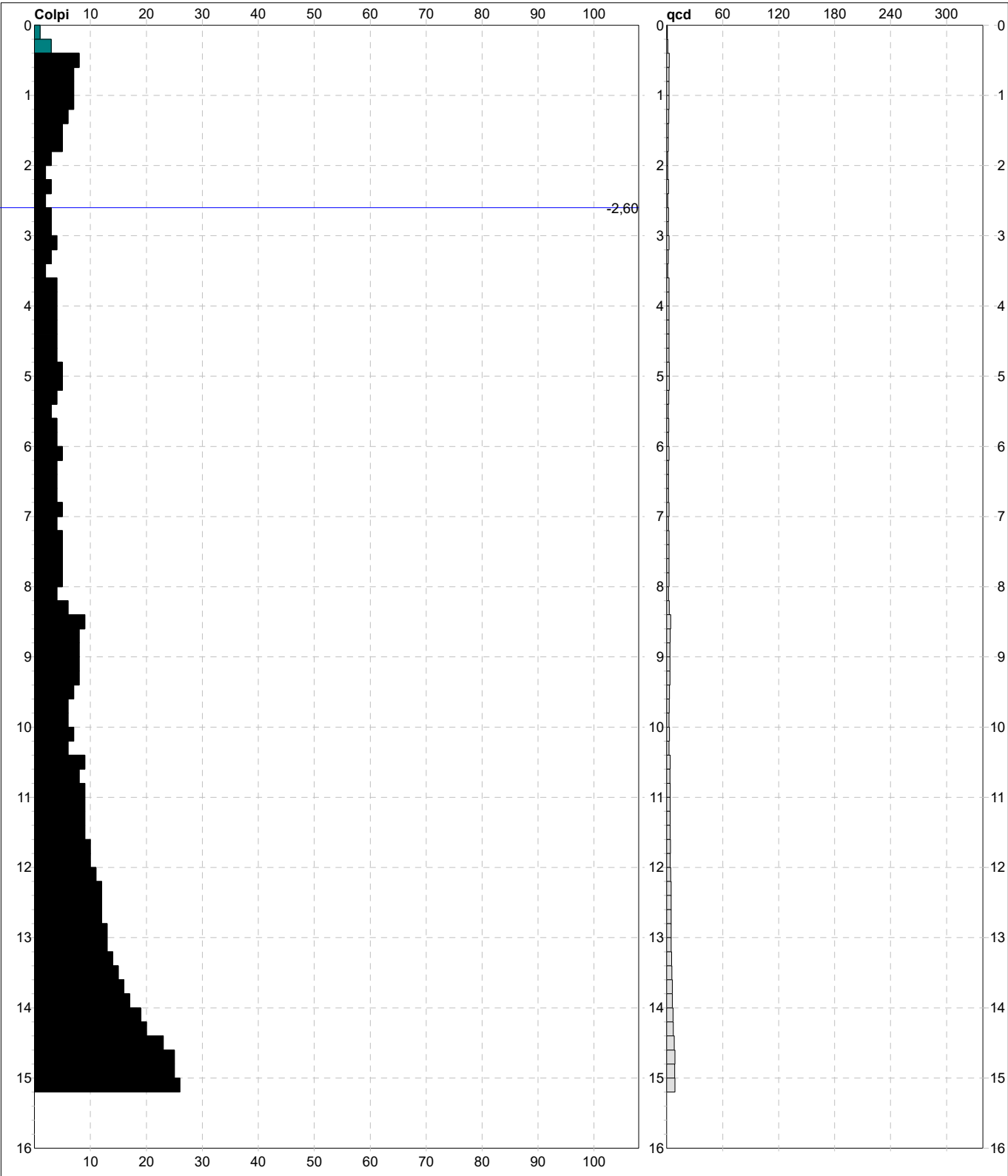
Scala: 1:80

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 25/09/2024

Falda: -2,60 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	4
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	minimo	1	1,52	2	0,0.76	0,0.53	23	57	0,37	Coesiva	Argilla debolmente limosa
2	0,40 : 8,40	minimo	2	1,52	3	0,1.04	0,1.04	120	29	0,51	Coes./Gran.	Limo sabbioso
3	8,40 : 14,00	minimo	6	1,52	9	0,2.55	0,2.19	174	70	1,25	Coes./Gran.	Limo argilloso, con calcinelli
4	14,00 : 15,20	minimo	19	1,52	29	0,6.87	0,6.87	245	177	3,37	Granulare	Sabbia deb.limosa, color nocciola

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	Ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 0,40	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
2	0,40 : 8,40	3	18,62	1,78	44,21	1,19	0,29	11	27	2,18	1,86	1,38	1,07	---
3	8,40 : 14,00	9	54,88	1,89	34,00	0,92	0,45	32	30	2,66	1,92	1,48	1,77	---
4	14,00 : 15,20	29	---	---	---	---	---	64	36	4,23	2,05	1,68	3,77	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	5
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	2		1,5					
0,40	1	4		1,8					
0,60	2	4		1,8					
0,80	2	6		2,7					
1,00	2	7		3,1					
1,20	2	6		2,7					
1,40	2	6		2,7					
1,60	3	6		2,7					
1,80	3	5		2,2					
2,00	3	4		1,8					
2,20	3	2		0,9					
2,40	3	2		0,9					
2,60	4	3		1,3					
2,80	4	2		0,9					
3,00	4	3		1,3					
3,20	4	2		0,9					
3,40	4	4		1,8					
3,60	5	3		1,3					
3,80	5	4		1,8					
4,00	5	3		1,3					
4,20	5	4		1,8					
4,40	5	3		1,3					
4,60	6	4		1,8					
4,80	6	4		1,8					
5,00	6	4		1,8					
5,20	6	4		1,8					
5,40	6	5		2,2					
5,60	7	4		1,8					
5,80	7	3		1,3					
6,00	7	4		1,8					
6,20	7	3		1,3					
6,40	7	4		1,8					
6,60	8	5		2,2					
6,80	8	5		2,2					
7,00	8	5		2,2					
7,20	8	4		1,8					
7,40	8	5		2,2					
7,60	9	5		2,2					
7,80	9	5		2,2					
8,00	9	4		1,8					
8,20	9	4		1,8					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

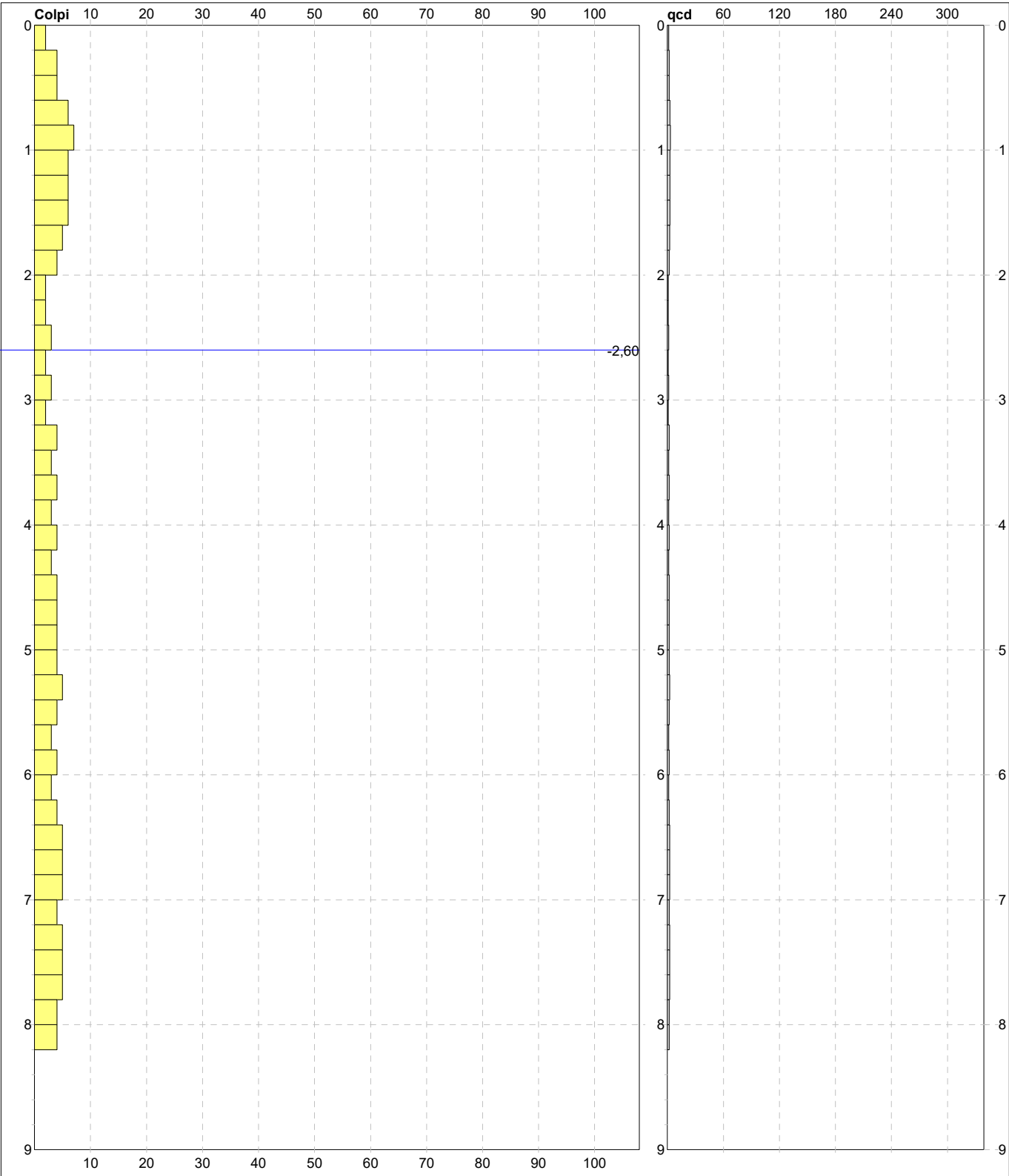
Scala: 1:45

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 25/09/2024

Falda: -2,60 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	5
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI														
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione		
1	0,00 : 8,20	minimo	2	1,32	3	0,0,00 - 0,1,10	118		29	0,46	Granulare	Sabbia fine		
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 8,20	3	---	---	---	---	---	11	27	2,18	1,86	1,38	1,07	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	6
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,60 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	4		1,9					
0,60	2	5		2,4					
0,80	2	5		2,4					
1,00	2	4		1,9					
1,20	2	3		1,4					
1,40	2	3		1,4					
1,60	3	5		2,4					
1,80	3	5		2,4					
2,00	3	4		1,9					
2,20	3	3		1,4					
2,40	3	3		1,4					
2,60	4	4		1,9					
2,80	4	3		1,4					
3,00	4	3		1,4					
3,20	4	3		1,4					
3,40	4	3		1,4					
3,60	5	2		0,9					
3,80	5	3		1,4					
4,00	5	4		1,9					
4,20	5	5		2,4					
4,40	5	5		2,4					
4,60	6	5		2,4					
4,80	6	4		1,9					
5,00	6	4		1,9					
5,20	6	3		1,4					
5,40	6	2		0,9					
5,60	7	2		0,9					
5,80	7	4		1,9					
6,00	7	2		0,9					
6,20	7	3		1,4					
6,40	7	3		1,4					
6,60	8	6		2,8					
6,80	8	5		2,4					
7,00	8	4		1,9					
7,20	8	6		2,8					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

Data esec.: 25/09/2024

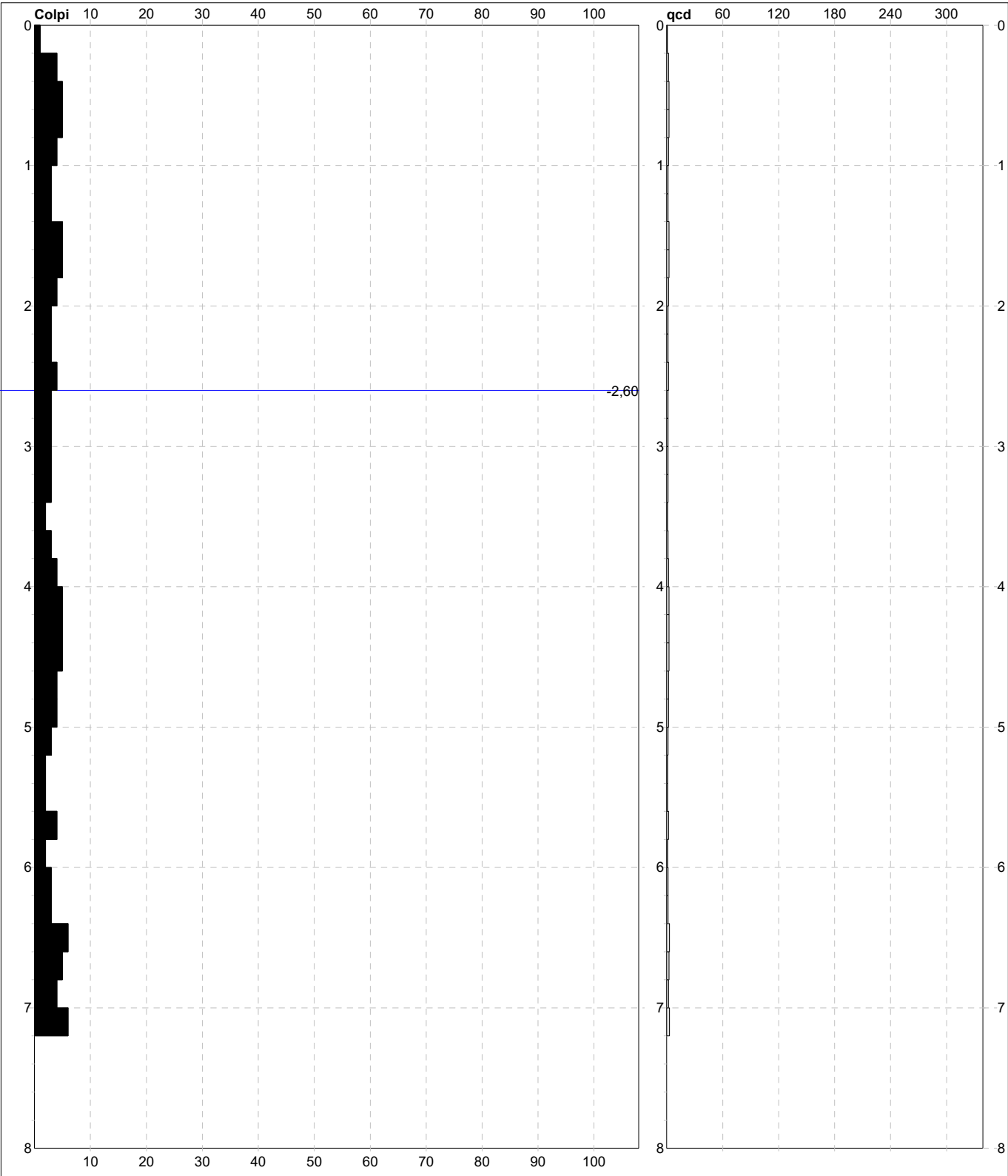
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Scala: 1:40

Elaborato: 1

Falda: -2,60 m da p.c.

Località: Ferrara



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	6
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI														
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione		
1	0,00 : 7,20	minimo	1	1,92	2	0,07	0,05	108	21	0,37	Coes. Gran.	Info. Sabbiose		
NATURA COESIVA														
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 7,20	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	8	27	2,11	1,85	1,36	0,95	- - -
NATURA GRANULARE														

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	7
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	2		0,9					
0,60	2	5		2,4					
0,80	2	5		2,4					
1,00	2	4		1,9					
1,20	2	6		2,8					
1,40	2	6		2,8					
1,60	3	5		2,4					
1,80	3	4		1,9					
2,00	3	4		1,9					
2,20	3	2		0,9					
2,40	3	2		0,9					
2,60	4	2		0,9					
2,80	4	3		1,4					
3,00	4	3		1,4					
3,20	4	2		0,9					
3,40	4	3		1,4					
3,60	5	3		1,4					
3,80	5	3		1,4					
4,00	5	4		1,9					
4,20	5	3		1,4					
4,40	5	4		1,9					
4,60	6	4		1,9					
4,80	6	4		1,9					
5,00	6	5		2,4					
5,20	6	4		1,9					
5,40	6	4		1,9					
5,60	7	4		1,9					
5,80	7	4		1,9					
6,00	7	5		2,4					
6,20	7	4		1,9					
6,40	7	4		1,9					
6,60	8	5		2,4					
6,80	8	4		1,9					
7,00	8	5		2,4					
7,20	8	5		2,4					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

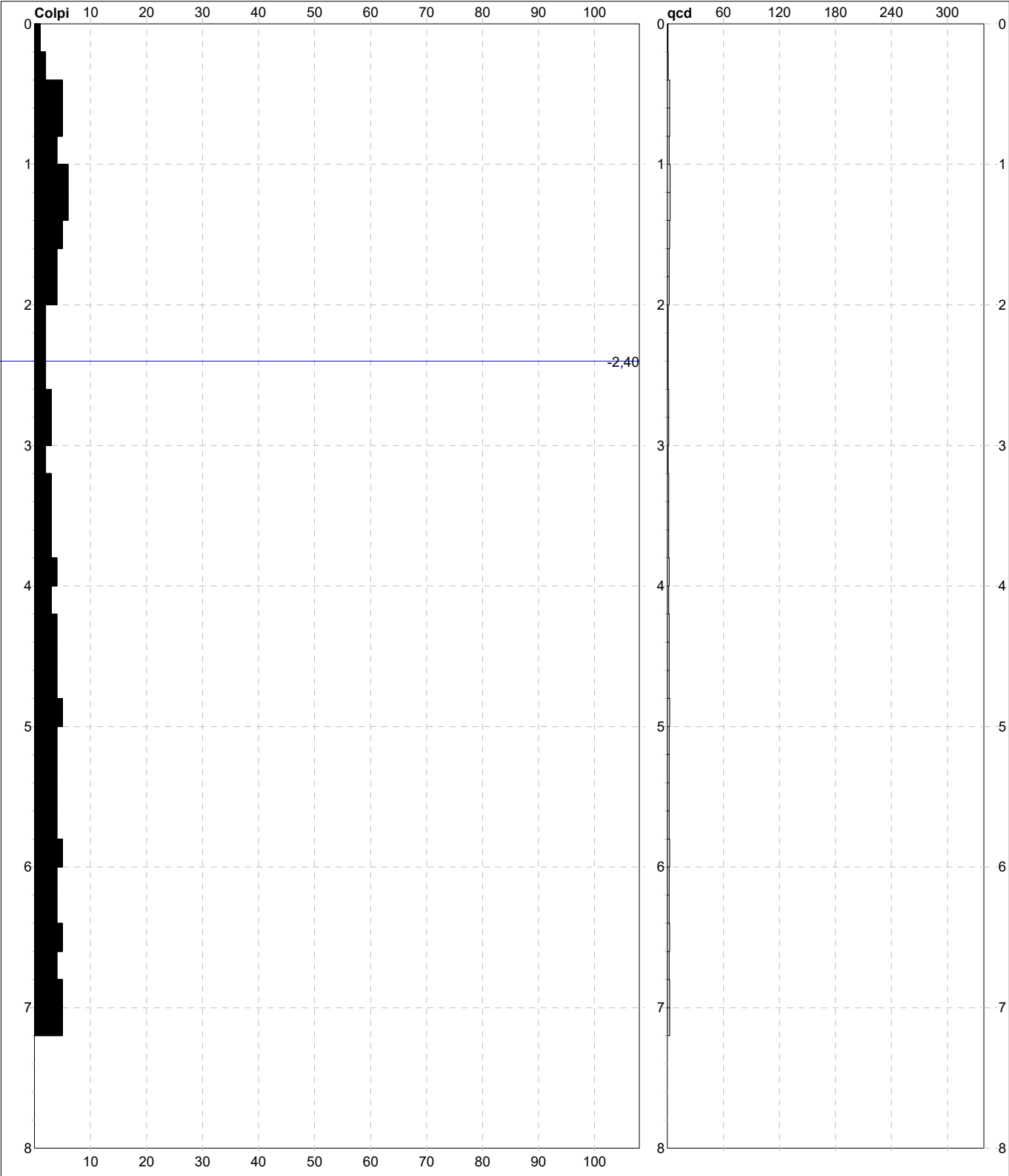
Scala: 1:40

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 25/09/2024

Falda: -2,40 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	7
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 25/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI														
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione		
1	0,00 : 7,20	minimo	1	1,32	2	0,07	0,07	23	99	0,37	coesiva	Limo sabbioso		
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 7,20	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	8
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	2		1,5					
0,40	1	3		1,3					
0,60	2	3		1,3					
0,80	2	4		1,8					
1,00	2	4		1,8					
1,20	2	5		2,2					
1,40	2	6		2,7					
1,60	3	5		2,2					
1,80	3	5		2,2					
2,00	3	4		1,8					
2,20	3	4		1,8					
2,40	3	2		0,9					
2,60	4	4		1,8					
2,80	4	3		1,3					
3,00	4	3		1,3					
3,20	4	4		1,8					
3,40	4	3		1,3					
3,60	5	3		1,3					
3,80	5	4		1,8					
4,00	5	3		1,3					
4,20	5	4		1,8					
4,40	5	3		1,3					
4,60	6	4		1,8					
4,80	6	5		2,2					
5,00	6	4		1,8					
5,20	6	6		2,7					
5,40	6	5		2,2					
5,60	7	4		1,8					
5,80	7	4		1,8					
6,00	7	3		1,3					
6,20	7	5		2,2					
6,40	7	4		1,8					
6,60	8	4		1,8					
6,80	8	4		1,8					
7,00	8	5		2,2					
7,20	8	6		2,7					
7,40	8	6		2,7					
7,60	9	7		3,1					
7,80	9	6		2,7					
8,00	9	7		3,1					
8,20	9	7		3,1					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

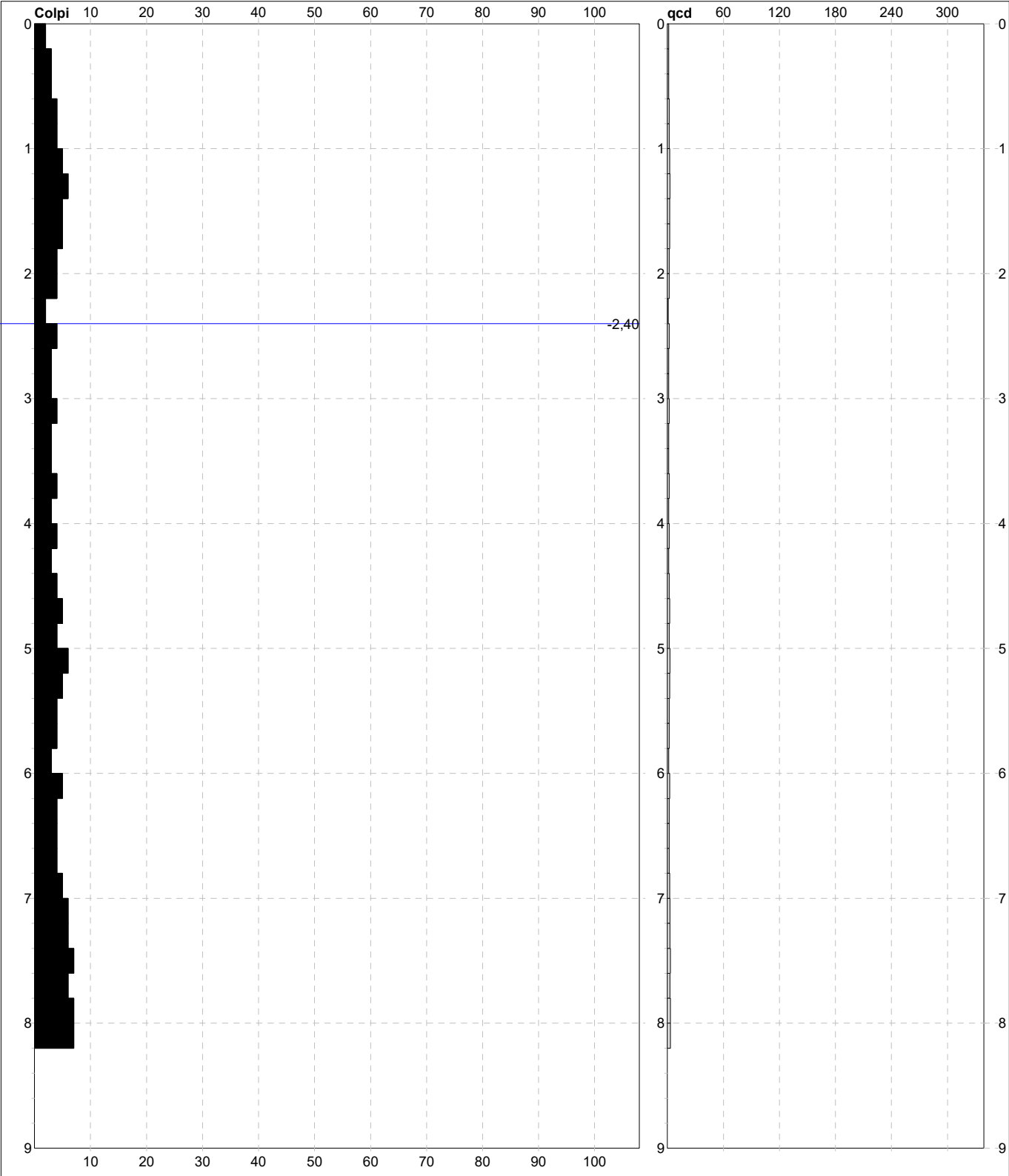
Scala: 1:45

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 26/09/2024

Falda: -2,40 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	8
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,40 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

PARAMETRI GENERALI														
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione		
1	0,00 : 8,20	minimo	2	1,32	3	0,0,00	0,1,10	118	29	0,46	Granulare	Sabbia fine/mediagrossa, color grig		
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 8,20	3	---	---	---	---	---	11	27	2,18	1,86	1,38	1,07	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	9
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	1		0,5					
0,60	2	2		0,9					
0,80	2	3		1,3					
1,00	2	3		1,3					
1,20	2	4		1,8					
1,40	2	5		2,2					
1,60	3	4		1,8					
1,80	3	4		1,8					
2,00	3	2		0,9					
2,20	3	1		0,5					
2,40	3	2		0,9					
2,60	4	1		0,5					
2,80	4	2		0,9					
3,00	4	2		0,9					
3,20	4	1		0,5					
3,40	4	2		0,9					
3,60	5	3		1,3					
3,80	5	2		0,9					
4,00	5	3		1,3					
4,20	5	3		1,3					
4,40	5	2		0,9					
4,60	6	4		1,8					
4,80	6	4		1,8					
5,00	6	4		1,8					
5,20	6	5		2,2					
5,40	6	4		1,8					
5,60	7	5		2,2					
5,80	7	4		1,8					
6,00	7	5		2,2					
6,20	7	5		2,2					
6,40	7	4		1,8					
6,60	8	6		2,7					
6,80	8	6		2,7					
7,00	8	7		3,1					
7,20	8	6		2,7					
7,40	8	7		3,1					
7,60	9	7		3,1					
7,80	9	7		3,1					
8,00	9	8		3,6					
8,20	9	7		3,1					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

Data esec.: 26/09/2024

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

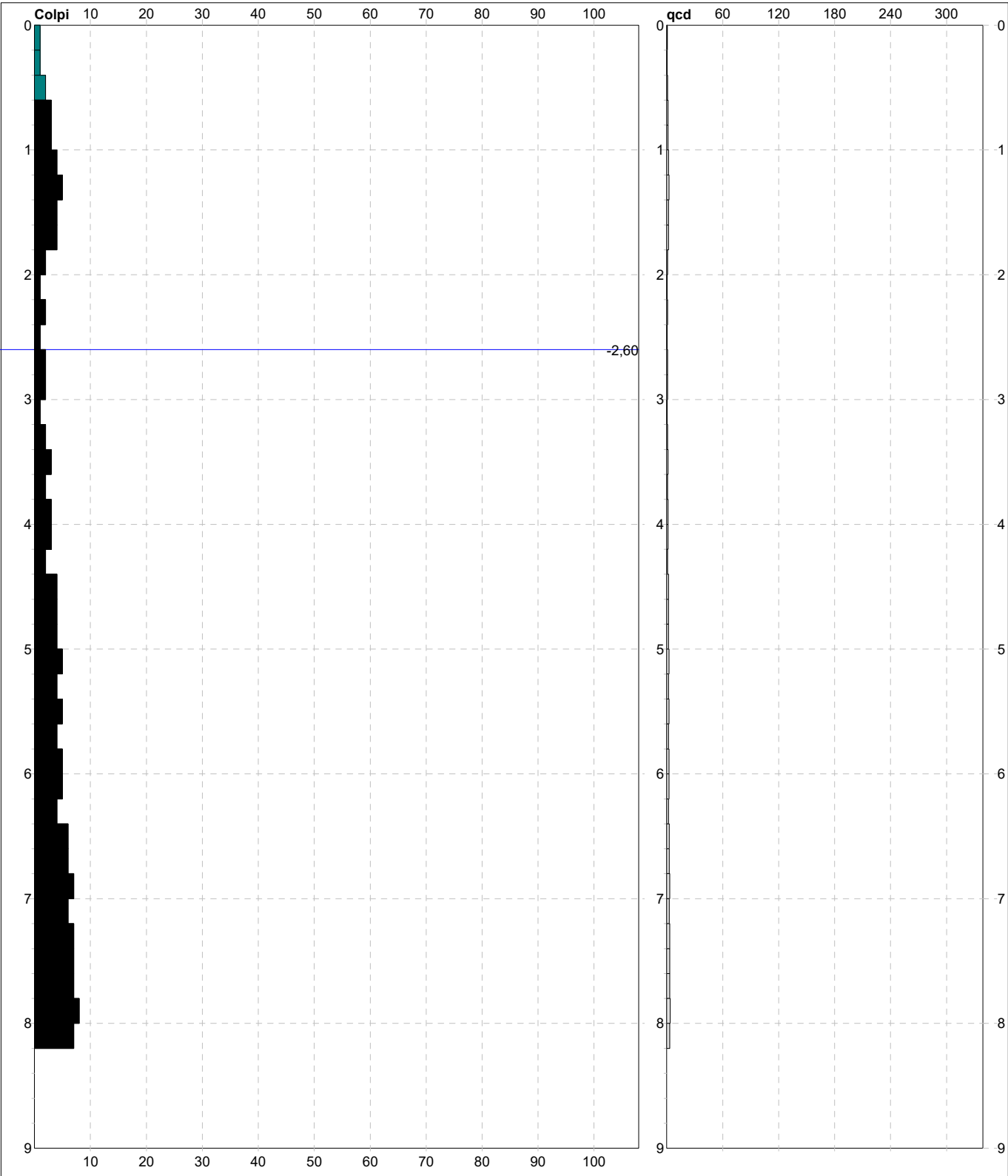
Scala: 1:45

Pagina: 1

Falda: -2,60 m da p.c.

Località: Ferrara

Elaborato:



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	9
	referimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data eseg.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 0,60	minimo	1	1,52	2	0,047	0,053	23	61	0,23	Coesiva	Argilla limosa
2	0,60 : 5,00	minimo	1	1,52	2	0,047	0,059	103	21	0,23	Coes./Gran.	Limo argilloso
3	5,00 : 8,20	minimo	4	1,52	6	0,187	0,186	146	50	0,92	Coes./Gran.	Limo argilloso, con calcinelli

			NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE					
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 0,60	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
2	0,60 : 5,00	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	8	27	2,11	1,85	1,36	0,95	---
3	5,00 : 8,20	6	37,24	1,85	37,04	1,00	0,37	22	28	2,43	1,89	1,43	1,42	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	10
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,60 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	2		0,9					
0,60	2	1		0,5					
0,80	2	3		1,3					
1,00	2	4		1,8					
1,20	2	4		1,8					
1,40	2	5		2,2					
1,60	3	4		1,8					
1,80	3	3		1,3					
2,00	3	1		0,5					
2,20	3	1		0,5					
2,40	3	2		0,9					
2,60	4	1		0,5					
2,80	4	2		0,9					
3,00	4	3		1,3					
3,20	4	2		0,9					
3,40	4	2		0,9					
3,60	5	3		1,3					
3,80	5	4		1,8					
4,00	5	3		1,3					
4,20	5	4		1,8					
4,40	5	5		2,2					
4,60	6	5		2,2					
4,80	6	4		1,8					
5,00	6	3		1,3					
5,20	6	4		1,8					
5,40	6	3		1,3					
5,60	7	4		1,8					
5,80	7	4		1,8					
6,00	7	5		2,2					
6,20	7	6		3,0					
6,40	7	6		3,0					
6,60	8	7		3,5					
6,80	8	6		3,0					
7,00	8	7		3,3					
7,20	8	8		3,8					
7,40	8	7		3,3					
7,60	9	8		3,8					
7,80	9	9		4,2					
8,00	9	8		3,6					
8,20	9	8		3,6					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

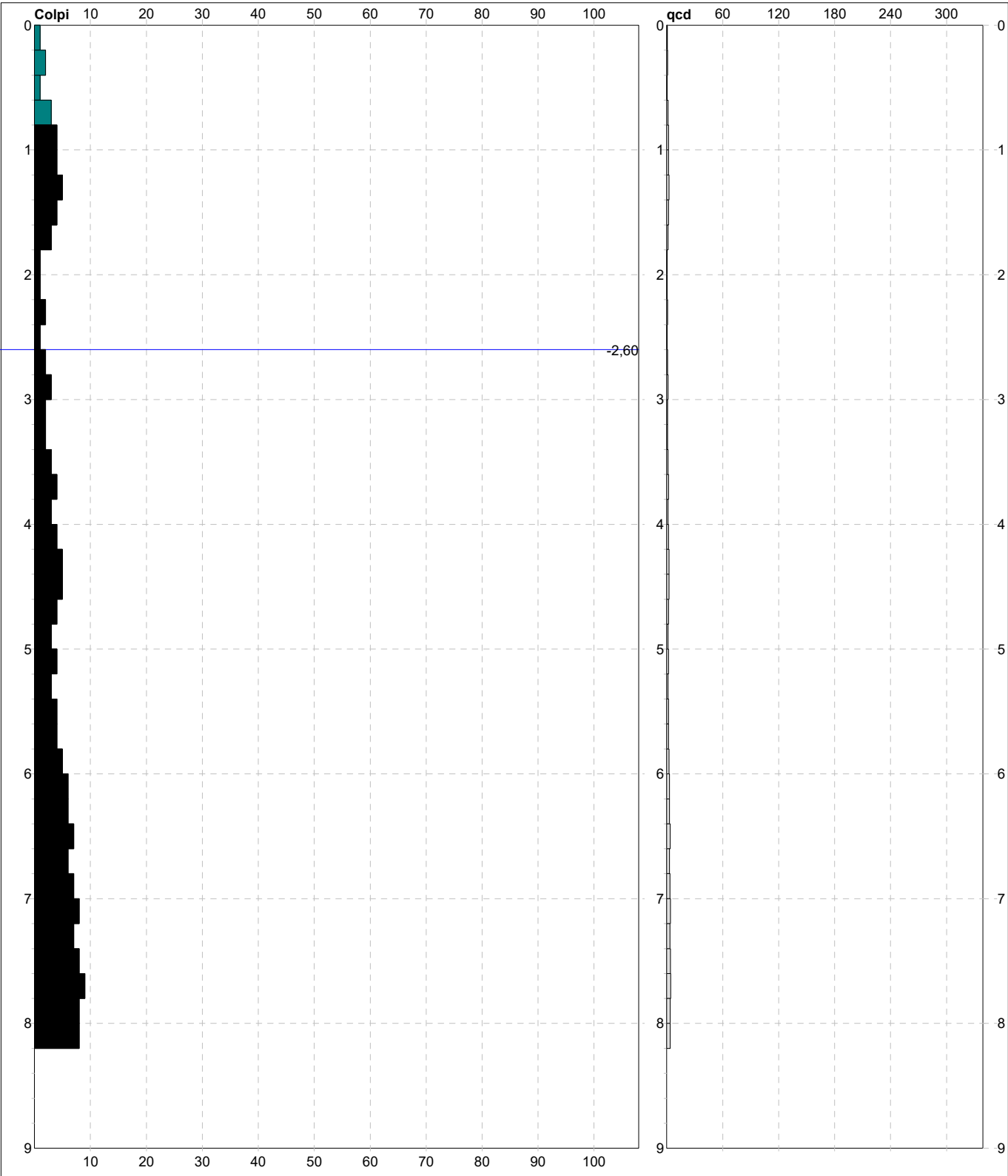
Scala: 1:45

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 26/09/2024

Falda: -2,60 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	10
	referimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 0,80	minimo	1	1,52	2	0,047	0,053	23	65	0,23	Coesiva	Argilla limosa
2	0,80 : 6,20	minimo	1	1,52	2	0,047	0,043	23	98	0,23	Coesiva	Argilla limosa sabbiosa
3	6,20 : 8,20	minimo	6	1,52	9	0,3.09	0,2.94	160	70	1,52	Granulare	Sabbia limosa

	NATURA COESIVA	NATURA GRANULARE
--	----------------	------------------

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 0,80	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
2	0,80 : 6,20	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
3	6,20 : 8,20	9	---	---	---	---	---	32	30	2,66	1,92	1,48	1,77	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	11
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,30 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	1		0,5					
0,60	2	2		0,9					
0,80	2	1		0,5					
1,00	2	2		0,9					
1,20	2	3		1,3					
1,40	2	4		1,8					
1,60	3	4		1,8					
1,80	3	3		1,3					
2,00	3	4		1,8					
2,20	3	3		1,3					
2,40	3	5		2,2					
2,60	4	4		1,8					
2,80	4	3		1,3					
3,00	4	4		1,8					
3,20	4	3		1,3					
3,40	4	2		0,9					
3,60	5	2		0,9					
3,80	5	1		0,5					
4,00	5	2		0,9					
4,20	5	1		0,5					
4,40	5	1		0,5					
4,60	6	1		0,5					
4,80	6	2		0,9					
5,00	6	2		0,9					
5,20	6	3		1,3					
5,40	6	4		1,8					
5,60	7	5		2,2					
5,80	7	4		1,8					
6,00	7	5		2,2					
6,20	7	6		2,7					
6,40	7	5		2,2					
6,60	8	7		3,1					
6,80	8	6		2,7					
7,00	8	6		2,7					
7,20	8	7		3,1					
7,40	8	7		3,1					
7,60	9	8		3,6					
7,80	9	7		3,1					
8,00	9	8		3,6					
8,20	9	8		3,6					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

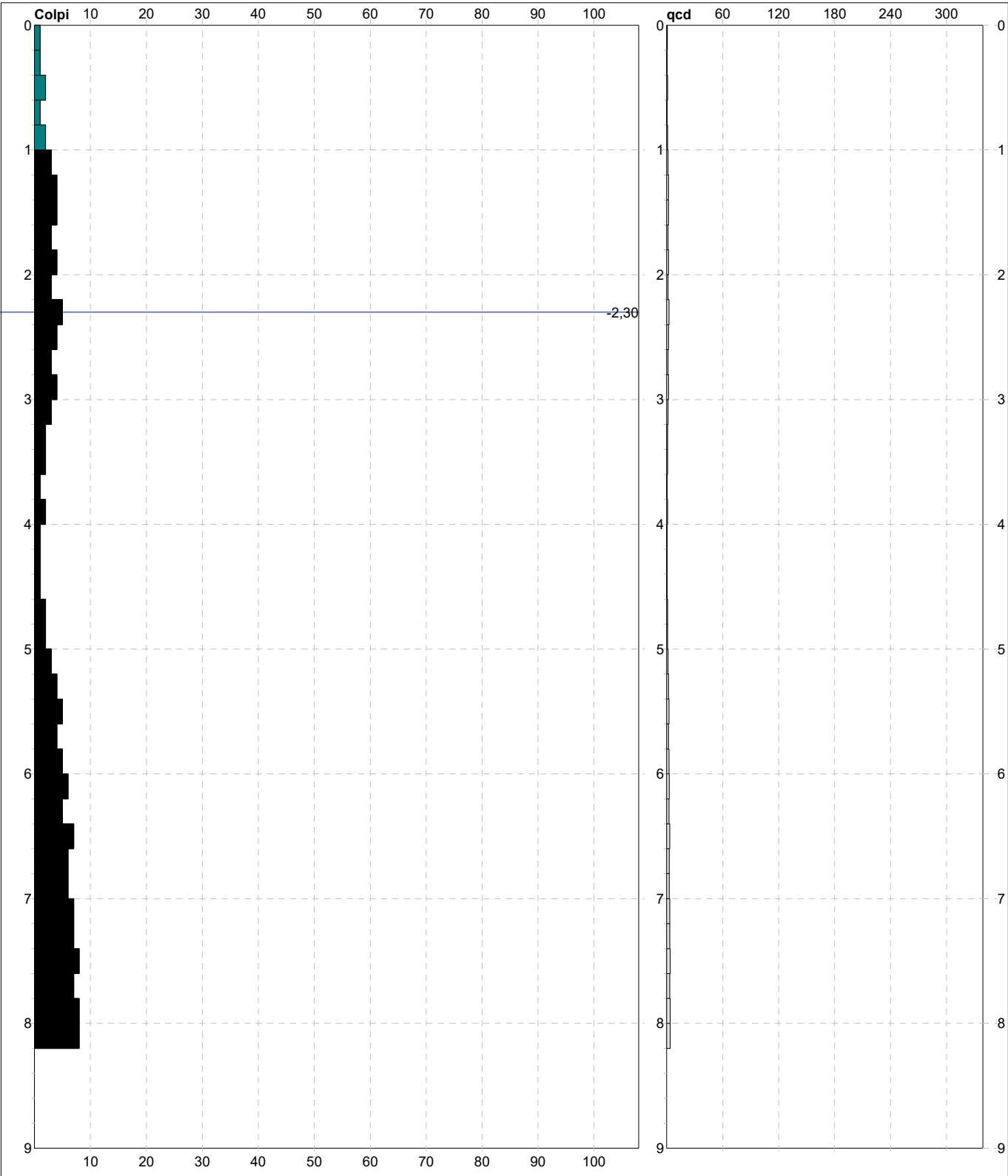
Scala: 1:45

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 26/09/2024

Falda: -2,30 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	11
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,30 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 1,00	minimo	1	1,47	1	0,047	0,053	14	60	0,23	Coesiva	Argilla limosa
2	1,00 : 5,40	minimo	1	1,22	1	0,047	0,061	93	12	0,23	Granulare	Sabbia limosa
3	5,40 : 8,20	minimo	4	1,00	4	0,187	0,145	37	126	0,92	Coesiva	Argilla limosa sabbiosa

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 1,00	1	5,88	1,68	56,24	1,52	0,22	---	---	---	---	---	---	---
2	1,00 : 5,40	1	---	---	---	---	---	4	26	2,03	1,84	1,34	0,84	---
3	5,40 : 8,20	4	24,50	1,80	41,67	1,13	0,31	---	---	---	---	---	---	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	12
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,40 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	1		0,5					
0,60	2	1		0,5					
0,80	2	2		0,9					
1,00	2	1		0,5					
1,20	2	2		0,9					
1,40	2	3		1,3					
1,60	3	3		1,3					
1,80	3	4		1,8					
2,00	3	3		1,3					
2,20	3	4		1,8					
2,40	3	4		1,8					
2,60	4	7		3,1					
2,80	4	5		2,2					
3,00	4	5		2,2					
3,20	4	4		1,8					
3,40	4	1		0,5					
3,60	5	1		0,5					
3,80	5	1		0,5					
4,00	5	1		0,5					
4,20	5	3		1,3					
4,40	5	2		0,9					
4,60	6	3		1,3					
4,80	6	4		1,8					
5,00	6	3		1,3					
5,20	6	4		1,8					
5,40	6	4		1,8					
5,60	7	5		2,2					
5,80	7	4		1,8					
6,00	7	6		2,7					
6,20	7	7		3,1					
6,40	7	9		4,0					
6,60	8	8		3,6					
6,80	8	9		4,0					
7,00	8	11		4,9					
7,20	8	8		3,6					
7,40	8	7		3,1					
7,60	9	8		3,6					
7,80	9	9		4,0					
8,00	9	8		3,6					
8,20	9	8		3,6					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

Data esec.: 26/09/2024

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

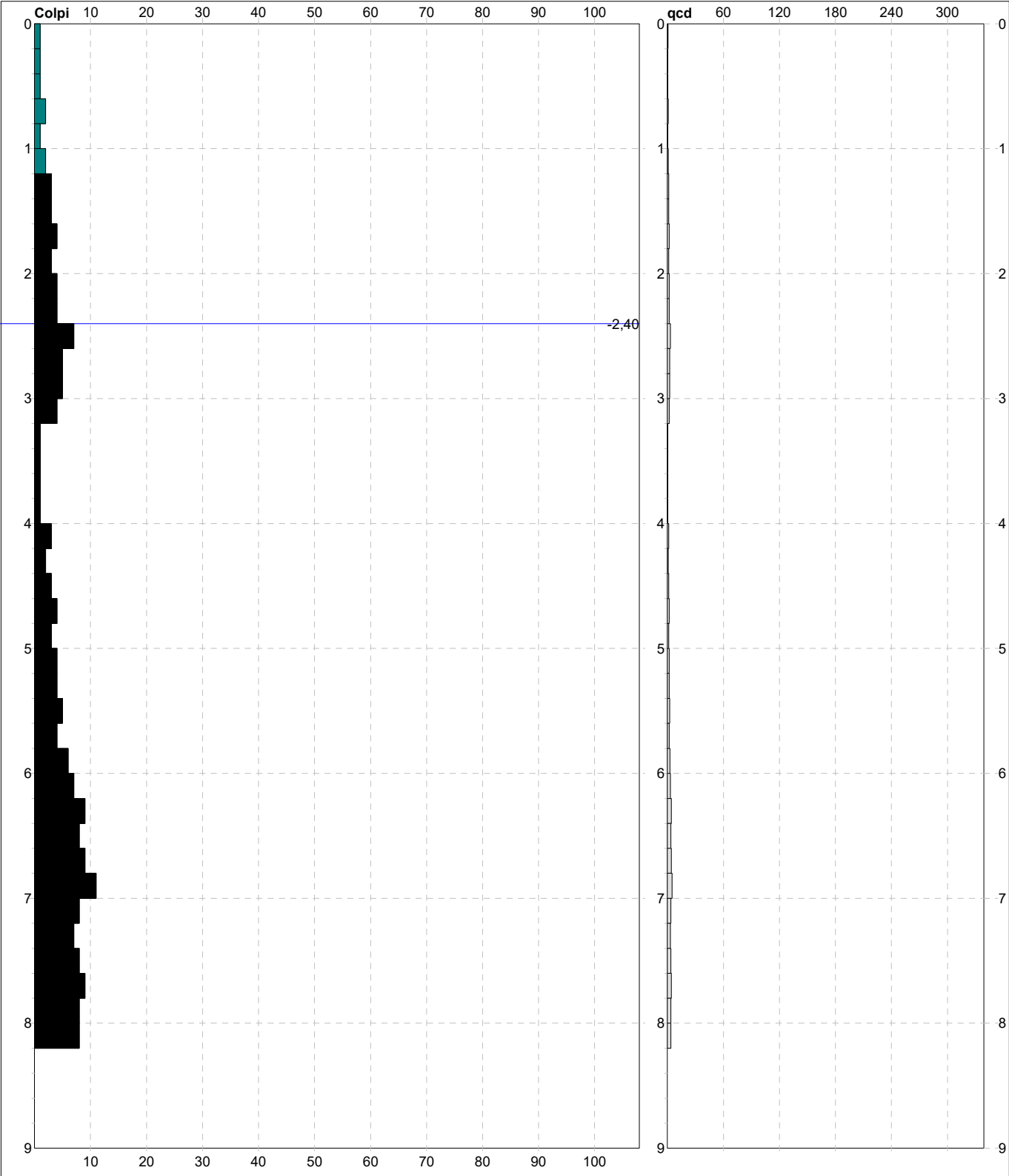
Scala: 1:45

Falda: -2,40 m da p.c.

Località: Ferrara

Pagina: 1

Elaborato:



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	12
	referimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 1,20	minimo	1	1,46	1	0,0.47	0,0.53	14	62	0,23	Coesiva	Argilla limosa
2	1,20 : 6,20	minimo	1	1,18	1	0,0.47	0,0.61	96	12	0,23	Granulare	Sabbia limosa
3	6,20 : 8,20	minimo	7	0,99	7	0,3.27	0,2.40	54	140	1,60	Coesiva	Argilla limosa sabbiosa

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 1,20	1	5,88	1,68	56,24	1,52	0,22	---	---	---	---	---	---	---
2	1,20 : 6,20	1	---	---	---	---	---	4	26	2,03	1,84	1,34	0,84	---
3	6,20 : 8,20	7	43,12	1,86	36,00	0,97	0,40	---	---	---	---	---	---	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	13
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,60 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	3		2,2					
0,40	1	3		1,4					
0,60	2	2		0,9					
0,80	2	1		0,5					
1,00	2	3		1,4					
1,20	2	1		0,5					
1,40	2	1		0,5					
1,60	3	1		0,5					
1,80	3	2		0,9					
2,00	3	1		0,5					
2,20	3	1		0,5					
2,40	3	1		0,5					
2,60	4	2		0,9					
2,80	4	4		1,9					
3,00	4	2		0,9					
3,20	4	3		1,4					
3,40	4	2		0,9					
3,60	5	2		0,9					
3,80	5	3		1,4					
4,00	5	2		0,9					
4,20	5	4		1,9					
4,40	5	4		1,9					
4,60	6	5		2,4					
4,80	6	4		1,9					
5,00	6	4		1,9					
5,20	6	6		2,8					
5,40	6	7		3,3					
5,60	7	7		3,3					
5,80	7	6		2,8					
6,00	7	8		3,8					
6,20	7	10		4,7					
6,40	7	10		4,7					
6,60	8	9		4,2					
6,80	8	11		5,2					
7,00	8	10		4,7					
7,20	8	10		4,7					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

Data eseg.: 26/09/2024

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

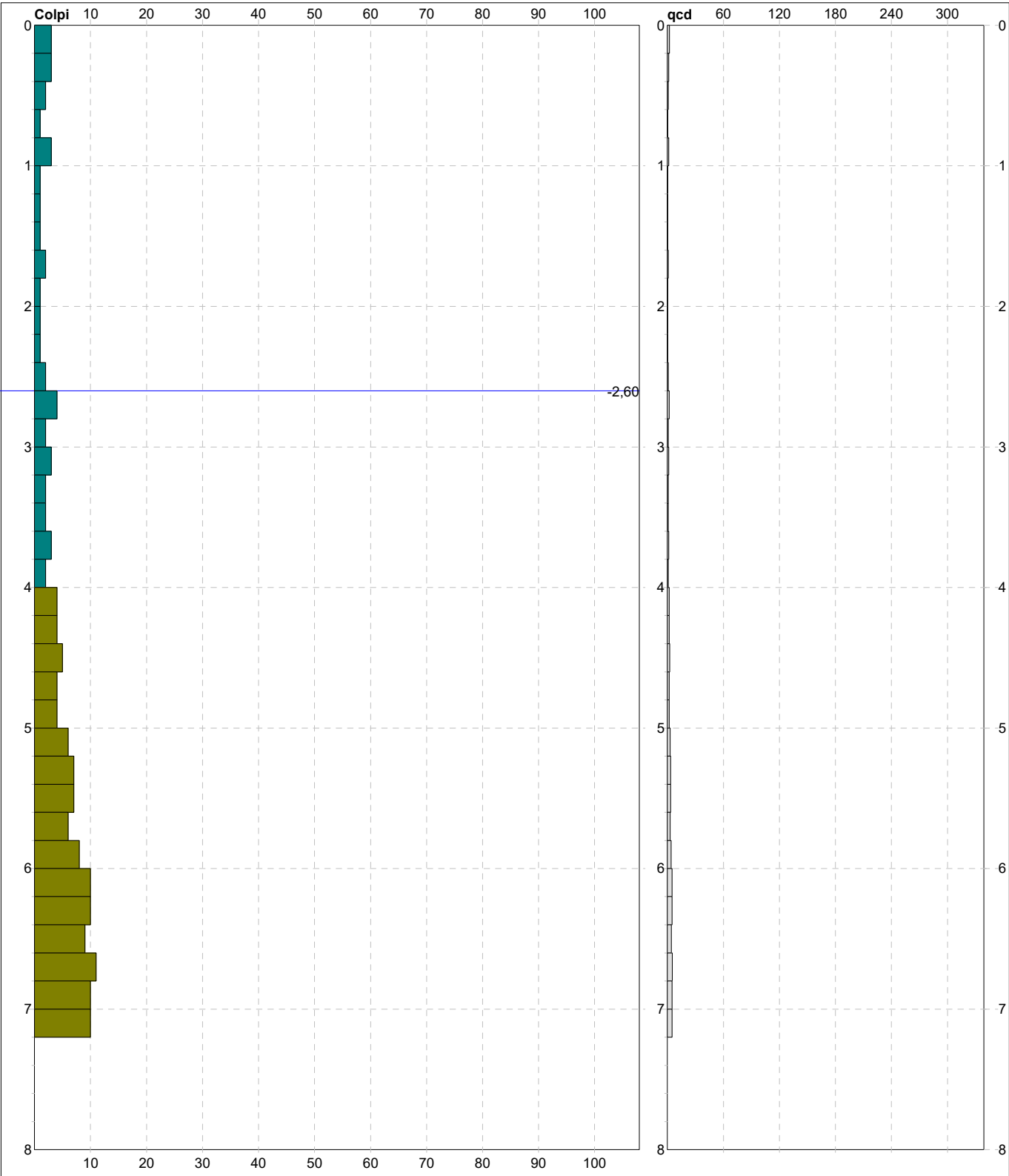
Scala: 1:40

Pagina: 1

Falda: -2,60 m da p.c.

Località: Ferrara

Elaborato:



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	13
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 4,00	minimo	1	1,33	1	0,0.49	0,0.46	14	78	0,24	Coesiva	Argilla limosa
2	4,00 : 7,20	minimo	4	1,05	4	0,1.96	0,1.96	132	36	0,96	Coes./Gran.	Limo argilloso

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 4,00	1	5,88	1,68	56,24	1,52	0,22	---	---	---	---	---	---	---
2	4,00 : 7,20	4	24,50	1,80	41,67	1,13	0,31	15	28	2,27	1,87	1,39	1,18	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	14
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	1		0,5					
0,60	2	1		0,5					
0,80	2	1		0,5					
1,00	2	1		0,5					
1,20	2	1		0,5					
1,40	2	1		0,5					
1,60	3	2		0,9					
1,80	3	1		0,5					
2,00	3	2		0,9					
2,20	3	3		1,4					
2,40	3	4		1,9					
2,60	4	3		1,4					
2,80	4	3		1,4					
3,00	4	2		0,9					
3,20	4	3		1,4					
3,40	4	2		0,9					
3,60	5	4		1,9					
3,80	5	4		1,9					
4,00	5	5		2,4					
4,20	5	4		1,9					
4,40	5	5		2,4					
4,60	6	6		2,8					
4,80	6	5		2,4					
5,00	6	4		1,9					
5,20	6	5		2,4					
5,40	6	3		1,4					
5,60	7	7		3,3					
5,80	7	6		2,8					
6,00	7	7		3,3					
6,20	7	8		3,8					
6,40	7	7		3,3					
6,60	8	7		3,3					
6,80	8	8		3,8					
7,00	8	7		3,3					
7,20	8	9		4,2					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

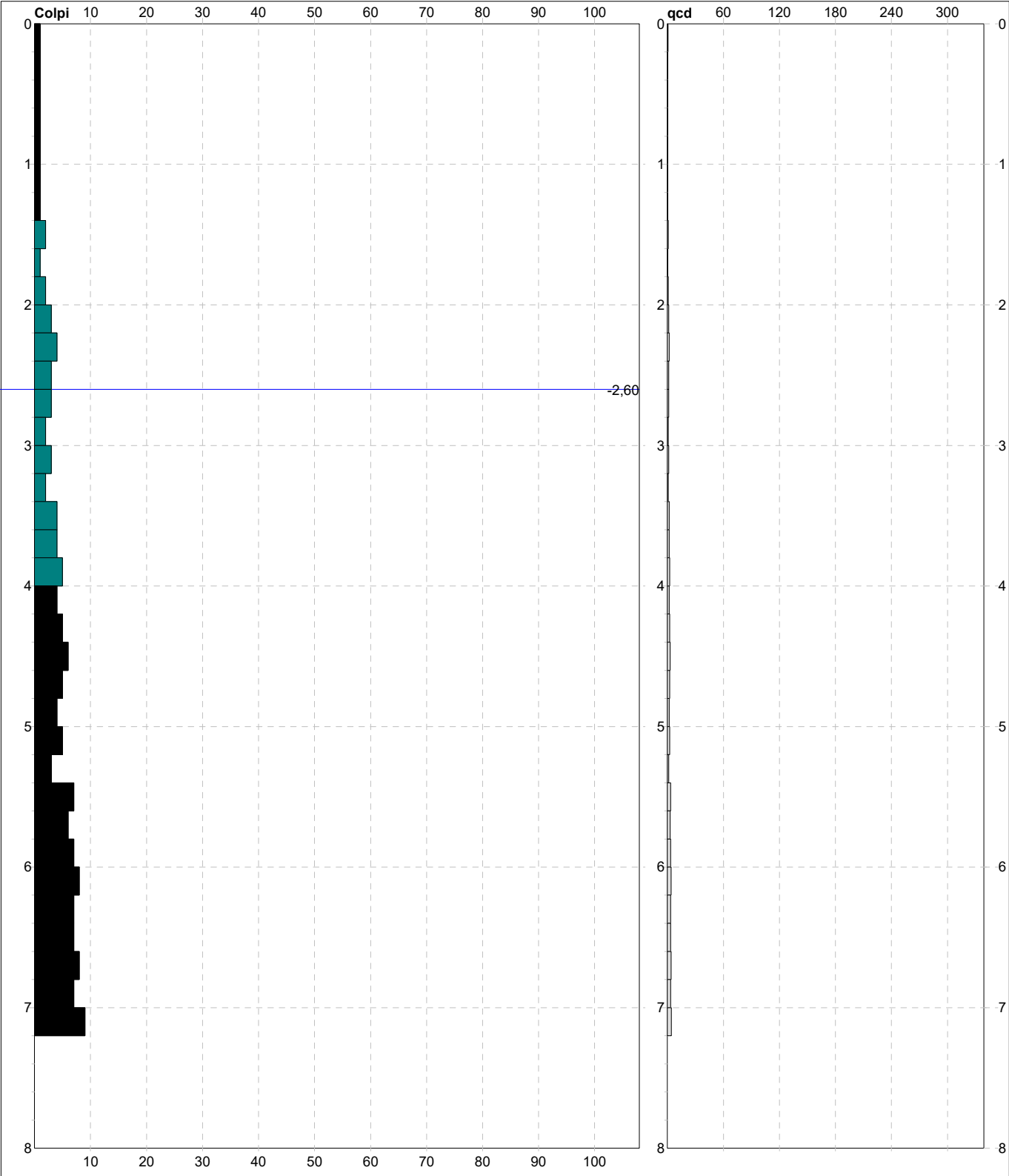
Scala: 1:40

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 26/09/2024

Falda: -2,60 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	14
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 1,40	minimo	1	1,52	2	0,049	0,053	23	72	0,24	Coesiva	Argilla debolmente limosa, color gr
2	1,40 : 4,00	minimo	1	1,52	2	0,049	0,046	23	93	0,24	Coesiva	Argilla limosa
3	4,00 : 7,20	minimo	3	1,52	5	0,147	0,147	137	43	0,72	Coes./Gran.	Limo sabbioso

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 1,40	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
2	1,40 : 4,00	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
3	4,00 : 7,20	5	30,38	1,83	39,28	1,06	0,34	18	28	2,35	1,88	1,41	1,30	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	15
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,40 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	2		0,9					
0,60	2	2		0,9					
0,80	2	1		0,5					
1,00	2	2		0,9					
1,20	2	3		1,4					
1,40	2	4		1,9					
1,60	3	4		1,9					
1,80	3	3		1,4					
2,00	3	4		1,9					
2,20	3	3		1,4					
2,40	3	4		1,9					
2,60	4	5		2,4					
2,80	4	4		1,9					
3,00	4	4		1,9					
3,20	4	2		0,9					
3,40	4	2		0,9					
3,60	5	3		1,4					
3,80	5	2		0,9					
4,00	5	1		0,5					
4,20	5	3		1,4					
4,40	5	4		1,9					
4,60	6	4		1,9					
4,80	6	5		2,4					
5,00	6	4		1,9					
5,20	6	6		2,8					
5,40	6	6		2,8					
5,60	7	7		3,3					
5,80	7	6		2,8					
6,00	7	7		3,3					
6,20	7	8		3,8					
6,40	7	7		3,3					
6,60	8	8		3,8					
6,80	8	9		4,2					
7,00	8	8		3,8					
7,20	8	9		4,2					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

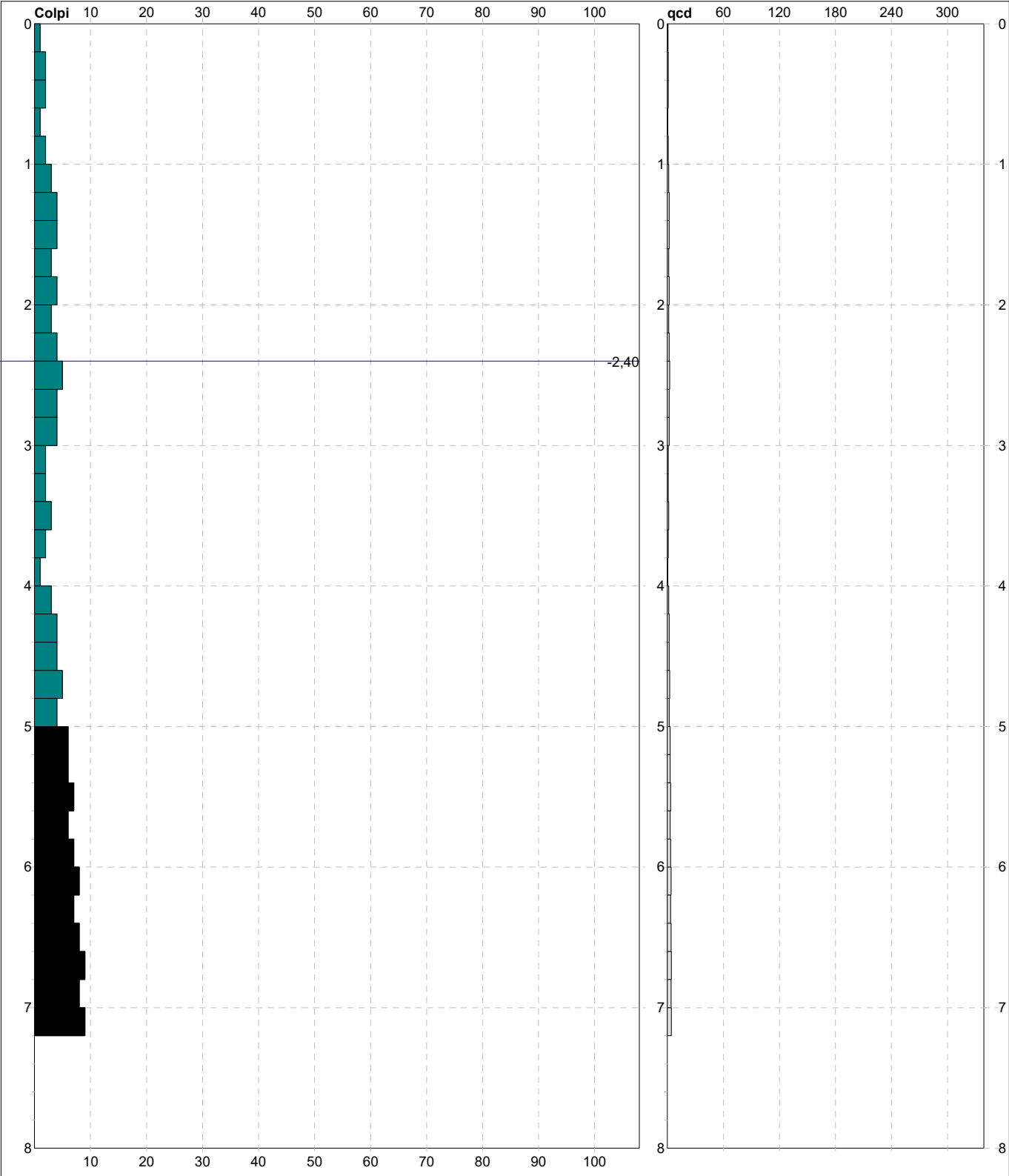
Scala: 1:40

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 26/09/2024

Falda: -2,40 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	15
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 26/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 5,00	minimo	1	1,52	2	0,0.49	0,0.46	23	92	0,24	Coesiva	Argilla limosa
2	5,00 : 7,20	minimo	6	1,52	9	0,2.94	0,3.09	155	70	1,44	Granulare	Sabbia limosa

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 5,00	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
2	5,00 : 7,20	9	---	---	---	---	---	32	30	2,66	1,92	1,48	1,77	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	16
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	2		1,5					
0,40	1	3		1,3					
0,60	2	4		1,8					
0,80	2	4		1,8					
1,00	2	3		1,3					
1,20	2	4		1,8					
1,40	2	5		2,2					
1,60	3	4		1,8					
1,80	3	3		1,3					
2,00	3	4		1,8					
2,20	3	4		1,8					
2,40	3	4		1,8					
2,60	4	3		1,3					
2,80	4	4		1,8					
3,00	4	5		2,2					
3,20	4	4		1,8					
3,40	4	4		1,8					
3,60	5	3		1,3					
3,80	5	3		1,3					
4,00	5	2		0,9					
4,20	5	4		1,8					
4,40	5	5		2,2					
4,60	6	4		1,8					
4,80	6	5		2,2					
5,00	6	5		2,2					
5,20	6	6		2,7					
5,40	6	6		2,7					
5,60	7	5		2,2					
5,80	7	6		2,7					
6,00	7	6		2,7					
6,20	7	7		3,1					
6,40	7	6		2,7					
6,60	8	7		3,1					
6,80	8	8		3,6					
7,00	8	7		3,1					
7,20	8	8		3,6					
7,40	8	8		3,6					
7,60	9	9		4,0					
7,80	9	9		4,0					
8,00	9	8		3,6					
8,20	9	9		4,0					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore:
		Il direttore laboratorio: xxxxxx

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

Data esec.: 27/09/2024

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

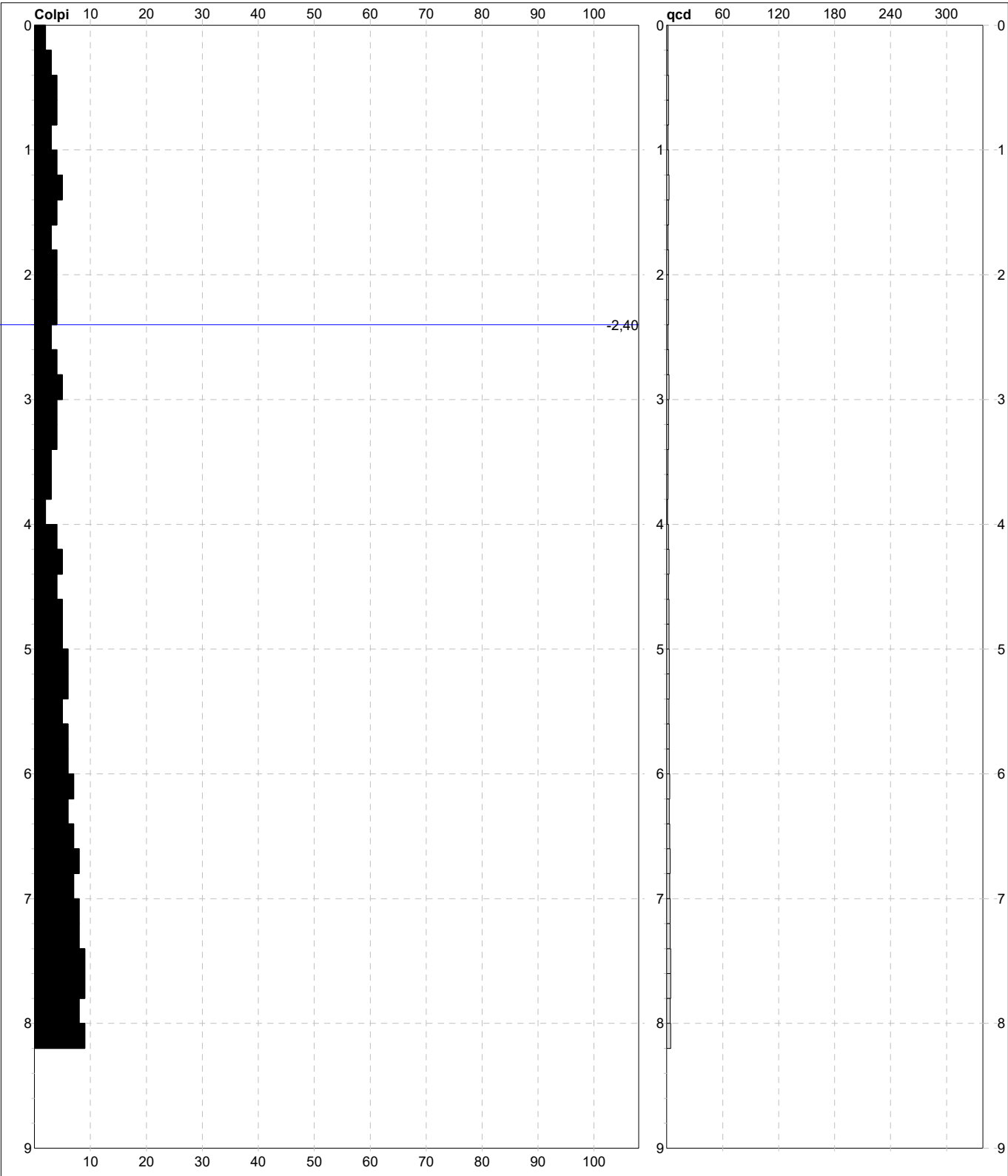
Scala: 1:45

Pagina: 1

Falda: -2,40 m da p.c.

Località: Ferrara

Elaborato:



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	16
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 6,60	Media	4	1,20	5	0,2.05	0,2.42	124	43	1,01	Coes./Gran.	Limo sabbioso
2	6,60 : 8,20	Media	8	0,96	8	0,3.85	0,4.04	157	63	1,88	Granulare	Sabbia limosa

		NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 6,60	5	30,38	1,83	39,28	1,06	0,34	18	28	2,35	1,88	1,41	1,30	---
2	6,60 : 8,20	8	---	---	---	---	---	28	29	2,58	1,91	1,46	1,64	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	17
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	8		5,8					
0,40	1	4		1,9					
0,60	2	3		1,4					
0,80	2	4		1,9					
1,00	2	2		0,9					
1,20	2	3		1,4					
1,40	2	4		1,9					
1,60	3	4		1,9					
1,80	3	3		1,4					
2,00	3	2		0,9					
2,20	3	2		0,9					
2,40	3	4		1,9					
2,60	4	4		1,9					
2,80	4	5		2,4					
3,00	4	4		1,9					
3,20	4	6		2,8					
3,40	4	7		3,3					
3,60	5	6		2,8					
3,80	5	5		2,4					
4,00	5	5		2,4					
4,20	5	7		3,3					
4,40	5	8		3,8					
4,60	6	7		3,3					
4,80	6	8		3,8					
5,00	6	9		4,2					
5,20	6	8		3,8					
5,40	6	8		3,8					
5,60	7	12		5,6					
5,80	7	7		3,3					
6,00	7	8		3,8					
6,20	7	10		4,7					
6,40	7	9		4,2					
6,60	8	9		4,2					
6,80	8	10		4,7					
7,00	8	8		3,8					
7,20	8	9		4,2					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

Data esec.: 27/09/2024

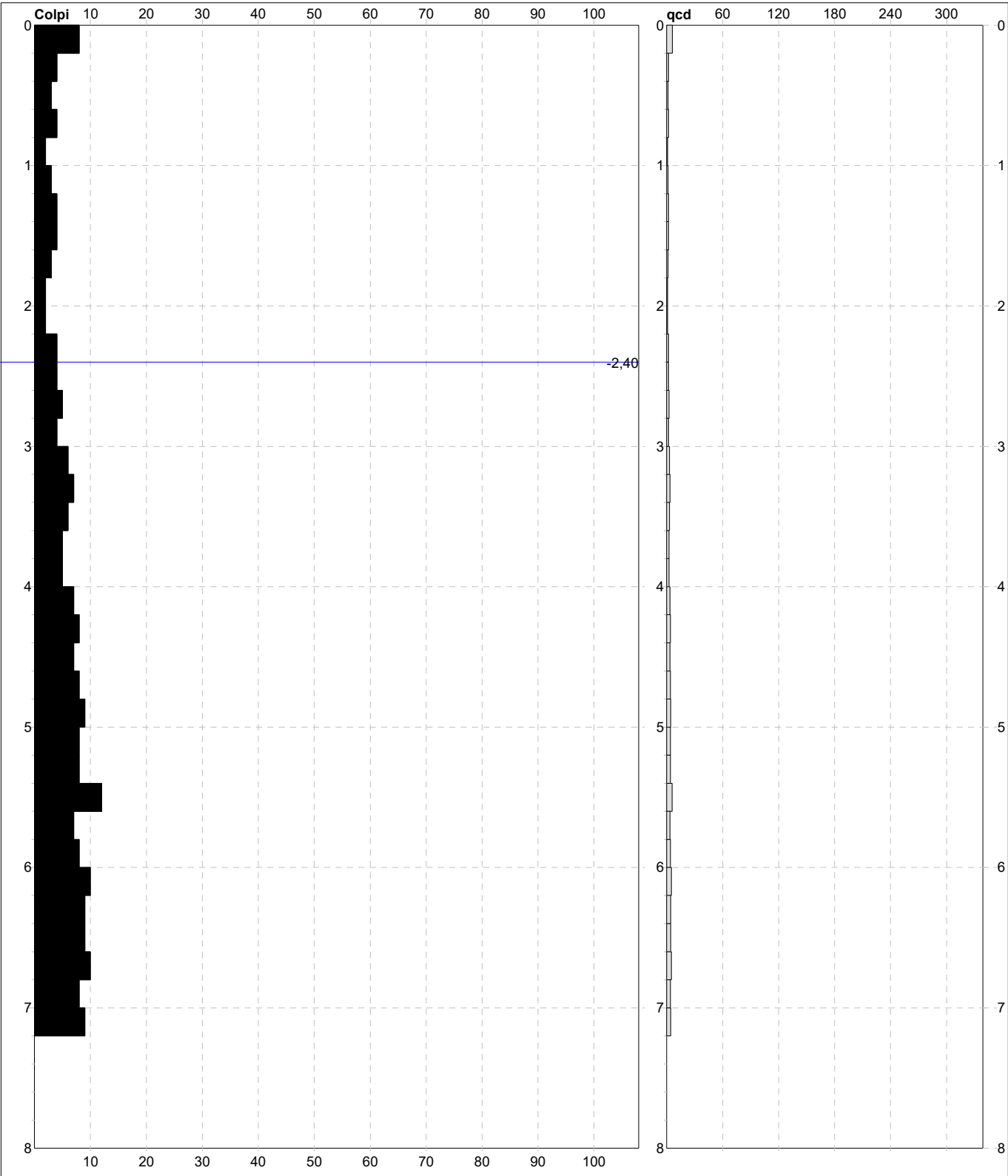
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Scala: 1:40

Elaborato: 1

Falda: -2,40 m da p.c.

Località: Ferrara



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	17
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpq MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 4,20	minimo	2	1,32	3	0,0.98	0,1.32	104	29	0,48	Granulare	Sabbia limosa/argillosa, color grig
2	4,20 : 7,20	minimo	7	1,05	7	0,3.43	0,3.82	146	57	1,68	Granulare	Sabbia limosa

			NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE					
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 4,20	3	---	---	---	---	---	11	27	2,18	1,86	1,38	1,07	---
2	4,20 : 7,20	7	---	---	---	---	---	25	29	2,50	1,90	1,45	1,53	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	18
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	1		0,5					
0,60	2	2		0,9					
0,80	2	1		0,5					
1,00	2	4		1,8					
1,20	2	3		1,3					
1,40	2	4		1,8					
1,60	3	4		1,8					
1,80	3	5		2,2					
2,00	3	4		1,8					
2,20	3	4		1,8					
2,40	3	3		1,3					
2,60	4	4		1,8					
2,80	4	3		1,3					
3,00	4	2		0,9					
3,20	4	2		0,9					
3,40	4	3		1,3					
3,60	5	4		1,8					
3,80	5	3		1,3					
4,00	5	3		1,3					
4,20	5	3		1,3					
4,40	5	4		1,8					
4,60	6	4		1,8					
4,80	6	3		1,3					
5,00	6	4		1,8					
5,20	6	4		1,8					
5,40	6	4		1,8					
5,60	7	5		2,2					
5,80	7	5		2,2					
6,00	7	4		1,8					
6,20	7	6		2,7					
6,40	7	6		2,7					
6,60	8	7		3,1					
6,80	8	6		2,7					
7,00	8	7		3,1					
7,20	8	6		2,7					
7,40	8	6		2,7					
7,60	9	5		2,2					
7,80	9	6		2,7					
8,00	9	7		3,1					
8,20	9	7		3,1					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

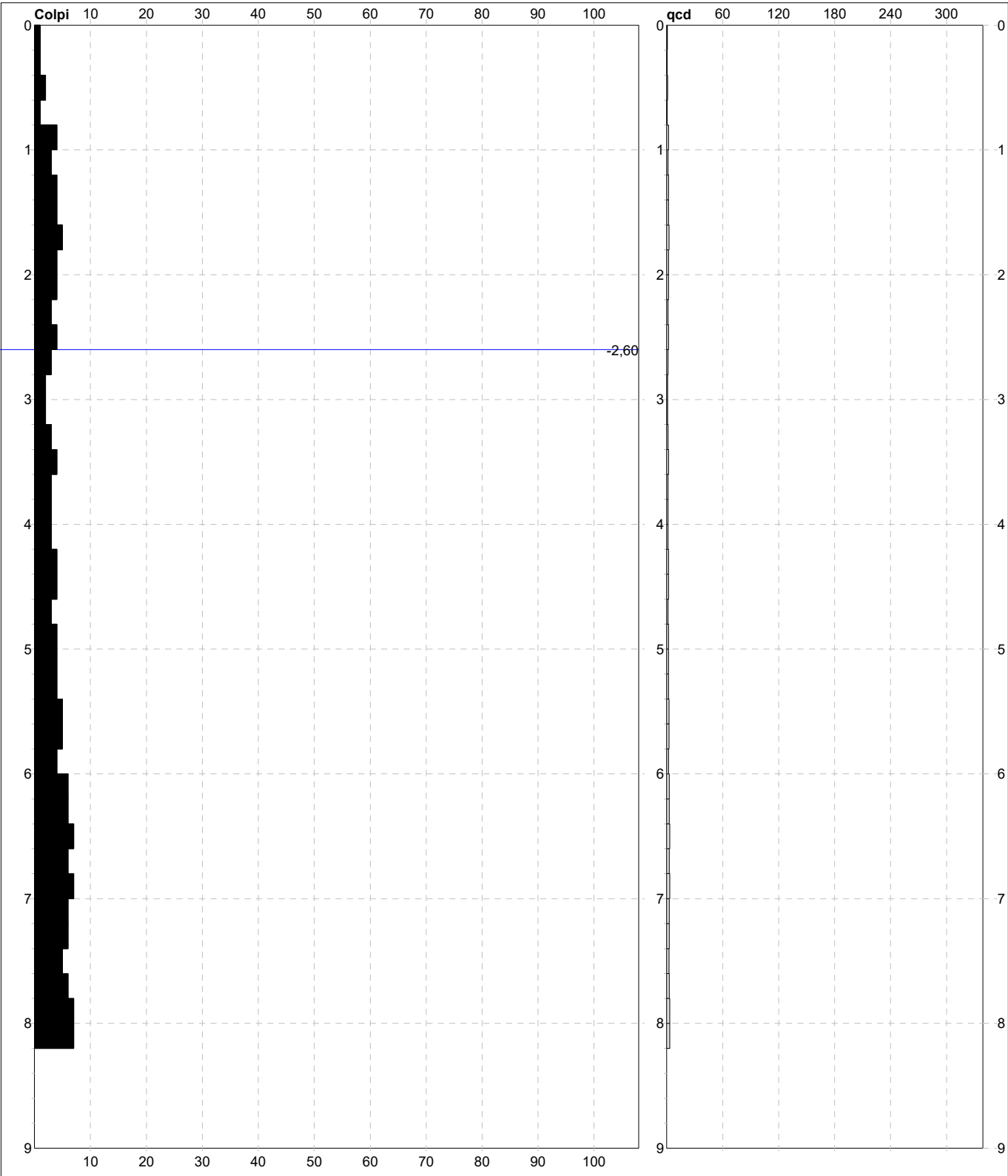
Scala: 1:45

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 27/09/2024

Falda: -2,60 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	18
	referimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 0,80	minimo	1	1,48	1	0,047	0,053	14	57	0,23	Coesiva	Argilla debolmente limosa
2	0,80 : 6,60	minimo	2	1,18	2	0,093	0,086	23	99	0,46	Coesiva	Limo sabbioso/argilloso, nocciola s
3	6,60 : 8,20	minimo	5	0,97	5	0,233	0,245	145	43	1,14	Granulare	Sabbia limosa

	NATURA COESIVA	NATURA GRANULARE
--	----------------	------------------

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 0,80	1	5,88	1,68	56,24	1,52	0,22	---	---	---	---	---	---	---
2	0,80 : 6,60	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
3	6,60 : 8,20	5	---	---	---	---	---	18	28	2,35	1,88	1,41	1,30	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	19
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,40 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	1		0,5					
0,60	2	1		0,5					
0,80	2	2		0,9					
1,00	2	1		0,5					
1,20	2	1		0,5					
1,40	2	1		0,5					
1,60	3	2		0,9					
1,80	3	1		0,5					
2,00	3	1		0,5					
2,20	3	2		0,9					
2,40	3	1		0,5					
2,60	4	1		0,5					
2,80	4	1		0,5					
3,00	4	1		0,5					
3,20	4	1		0,5					
3,40	4	1		0,5					
3,60	5	2		0,9					
3,80	5	3		1,3					
4,00	5	4		1,8					
4,20	5	4		1,8					
4,40	5	3		1,3					
4,60	6	2		0,9					
4,80	6	3		1,3					
5,00	6	2		0,9					
5,20	6	2		0,9					
5,40	6	3		1,3					
5,60	7	4		1,8					
5,80	7	3		1,3					
6,00	7	3		1,3					
6,20	7	4		2,0					
6,40	7	4		2,0					
6,60	8	4		2,0					
6,80	8	5		2,5					
7,00	8	4		1,9					
7,20	8	6		2,8					
7,40	8	7		3,3					
7,60	9	6		2,8					
7,80	9	5		2,4					
8,00	9	8		3,6					
8,20	9	8		3,6					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

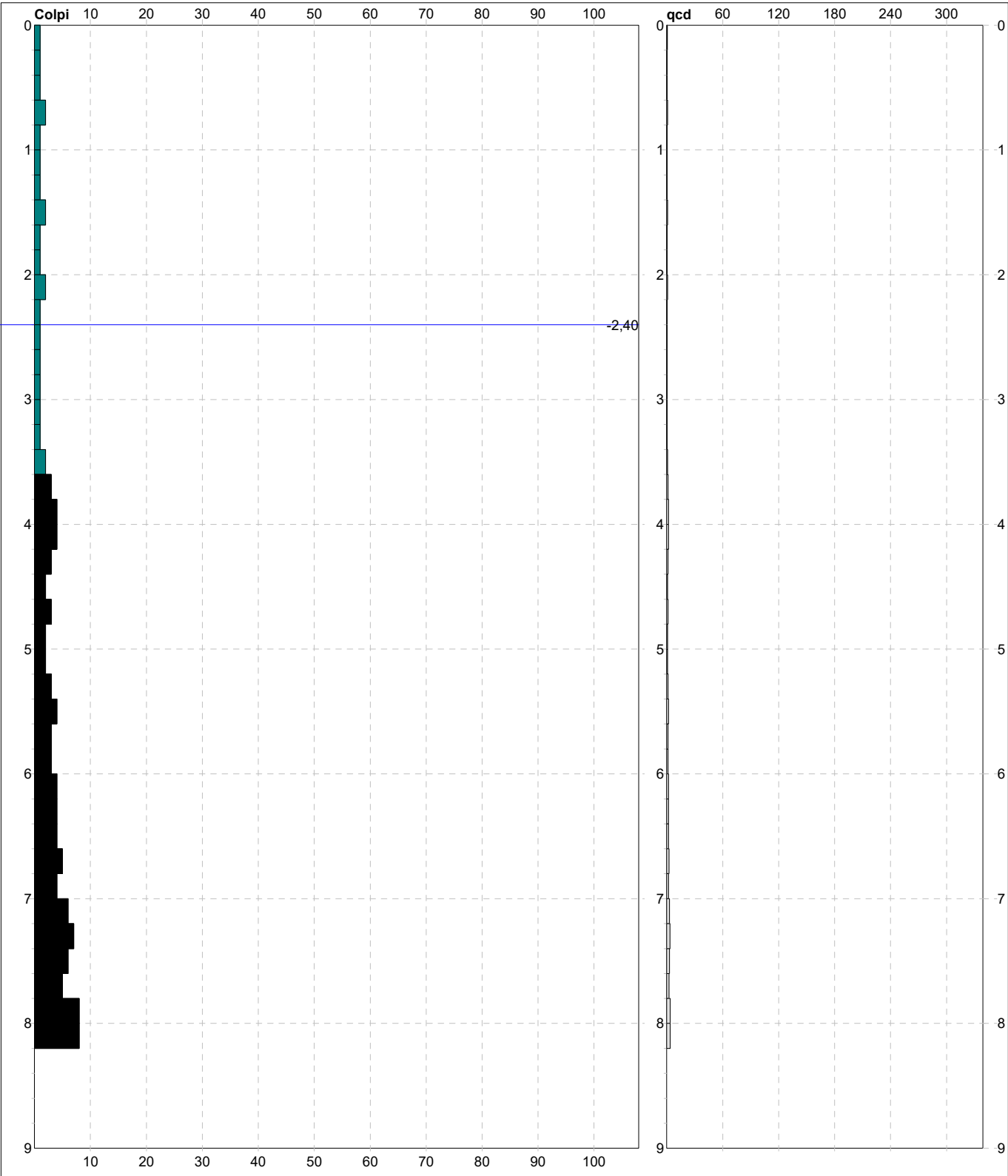
Scala: 1:45

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 27/09/2024

Falda: -2,40 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	19
	referimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 3,60	minimo	1	1,52	2	0,047	0,049	23	86	0,23	Coesiva	Argilla limosa
2	3,60 : 7,20	minimo	2	1,52	3	0,093	0,077	30	115	0,46	Coesiva	Limo sabbioso/argilloso, nocciola s
3	7,20 : 8,20	minimo	5	1,52	8	0,245	0,245	158	63	1,20	Granulare	Sabbia limosa

	NATURA COESIVA	NATURA GRANULARE
--	----------------	------------------

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ϕ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 3,60	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
2	3,60 : 7,20	3	18,62	1,78	44,21	1,19	0,29	---	---	---	---	---	---	---
3	7,20 : 8,20	8	---	---	---	---	---	28	29	2,58	1,91	1,46	1,64	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	20
	riferimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	Falda: -2,40 m da p.c.
Località: Ferrara	Elaborato:	

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	1		0,7					
0,40	1	2		0,9					
0,60	2	1		0,5					
0,80	2	1		0,5					
1,00	2	1		0,5					
1,20	2	1		0,5					
1,40	2	1		0,5					
1,60	3	2		0,9					
1,80	3	2		0,9					
2,00	3	1		0,5					
2,20	3	2		0,9					
2,40	3	3		1,4					
2,60	4	4		1,9					
2,80	4	4		1,9					
3,00	4	3		1,4					
3,20	4	3		1,4					
3,40	4	4		1,9					
3,60	5	3		1,4					
3,80	5	4		1,9					
4,00	5	4		1,9					
4,20	5	5		2,4					
4,40	5	4		1,9					
4,60	6	3		1,4					
4,80	6	4		1,9					
5,00	6	3		1,4					
5,20	6	3		1,4					
5,40	6	4		1,9					
5,60	7	5		2,4					
5,80	7	5		2,4					
6,00	7	6		2,8					
6,20	7	5		2,4					
6,40	7	7		3,3					
6,60	8	8		3,8					
6,80	8	7		3,3					
7,00	8	7		3,3					
7,20	8	8		3,8					

H = profondità L1 = prima lettura (colpi punta) L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)	qcd = resistenza dinamica punta Asta = numero di asta impiegata	Lo sperimentatore: Il direttore laboratorio: xxxxxx
---	--	--

Committente: Laut Engineering s.r.l.

Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5

Località: Ferrara

Quota ass.: Piano Campagna

U.M.: MPa

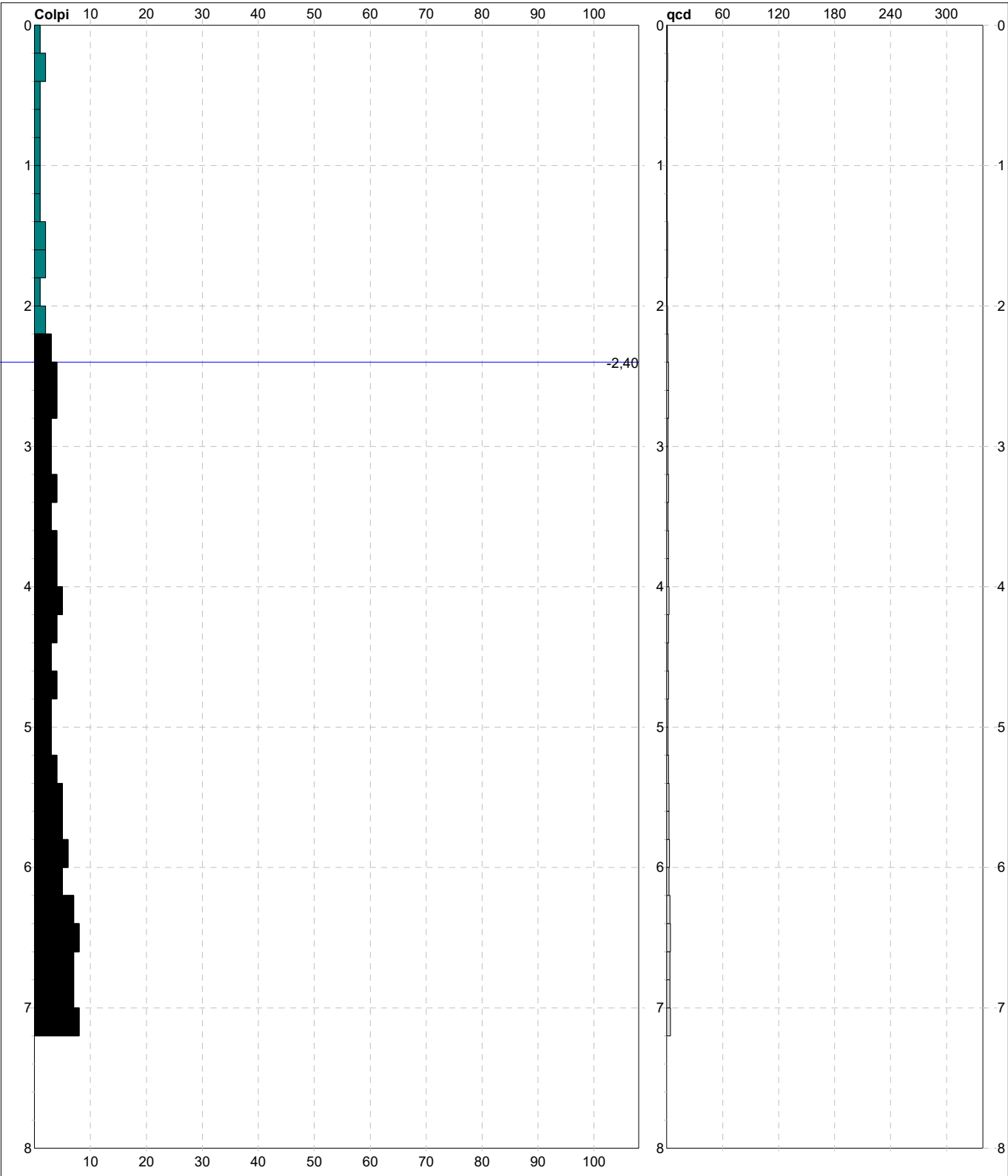
Scala: 1:40

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 27/09/2024

Falda: -2,40 m da p.c.



Responsabile: dr. Alberto Velicogna

Assistente:

Corr.astine: kN/ml

Cod.ISTAT: 0

Preforo: m

Lo sperimentatore:

Il direttore laboratorio: xxxxxx

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	20
	referimento	099-2024

Committente: Laut Engineering s.r.l.	U.M.: MPa	Data esec.: 27/09/2024
Cantiere: Campo fotovoltaico Ferrara 5	Pagina: 1	
Località: Ferrara	Elaborato:	Falda: -2,40 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 2,20	Media	1	1,52	2	0,0.69	0,0.67	23	79	0,34	Coesiva	Argilla limosa
2	2,20 : 6,40	Media	4	1,52	6	0,2.01	0,1.65	49	124	0,98	Coesiva	Limo sabbioso/argilloso, nocciola s
3	6,40 : 7,20	Media	8	1,52	11	0,3.67	0,3.87	163	82	1,80	Granulare	Sabbia limosa

			NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE					
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 2,20	2	12,74	1,75	46,91	1,27	0,26	---	---	---	---	---	---	---
2	2,20 : 6,40	6	37,24	1,85	37,04	1,00	0,37	---	---	---	---	---	---	---
3	6,40 : 7,20	11	---	---	---	---	---	37	30	2,82	1,94	1,51	2,00	---

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Previa definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo $(M+m)^{1/2}$

media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT : $Nspt = \beta N$ [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica Rpd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$Rpd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ Rpd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$Rpd' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$Rpd' = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta N ,$$

ove il rapporto $\beta = Q/Qspt$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT ($Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$,

$A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente

prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> ϕ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [$e_{max} = 1$ e $e_{min} = 1/3$ $G = 2.65$]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [$p_{specifico} G = 2.70$]

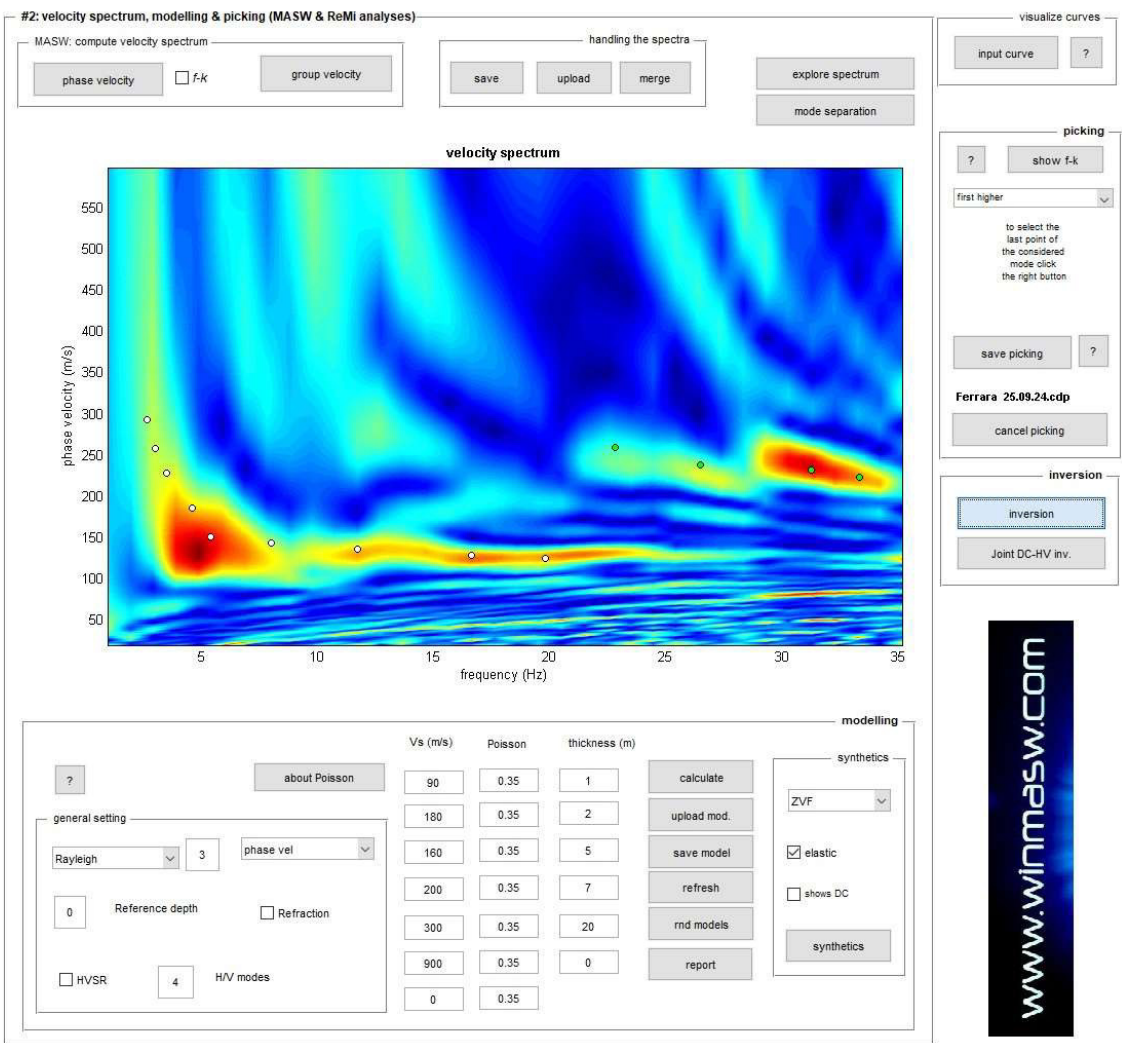
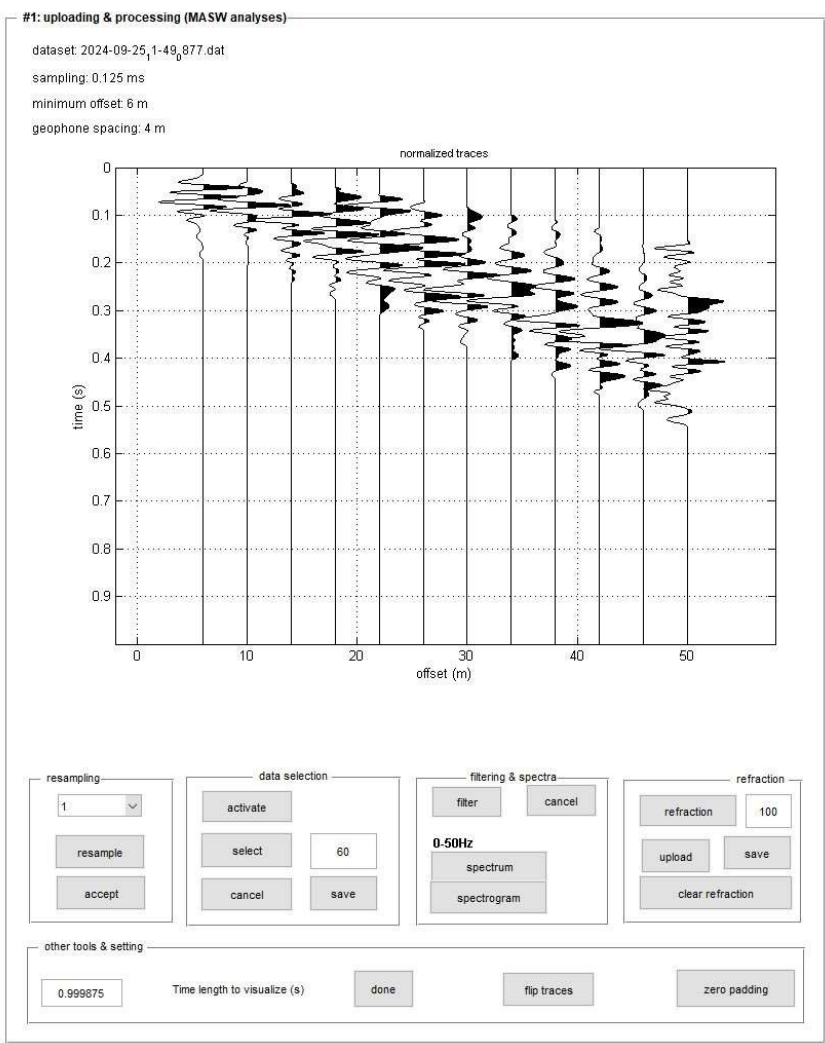
Rpd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

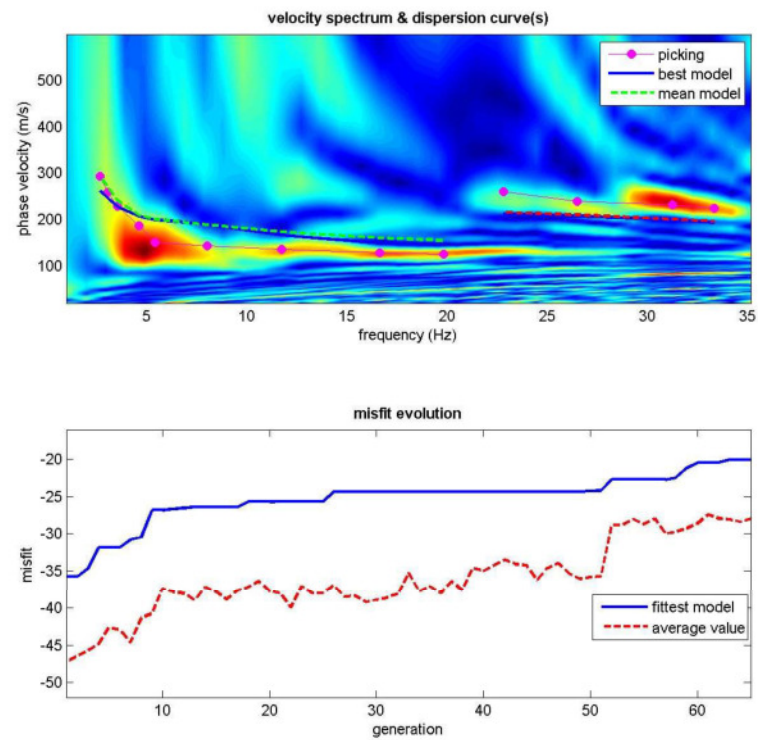
F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g)]

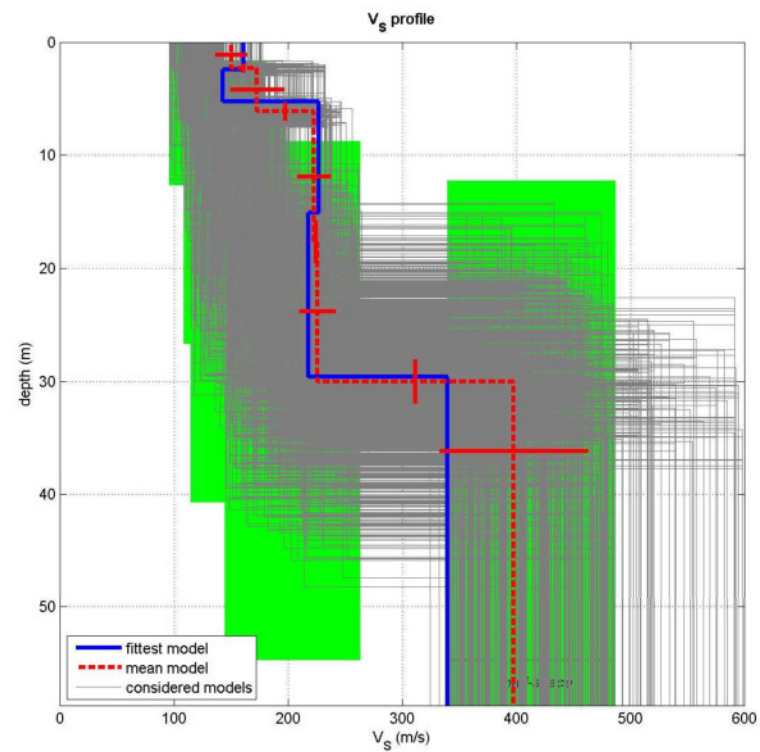
Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

MASW 1





www.winmasw.com

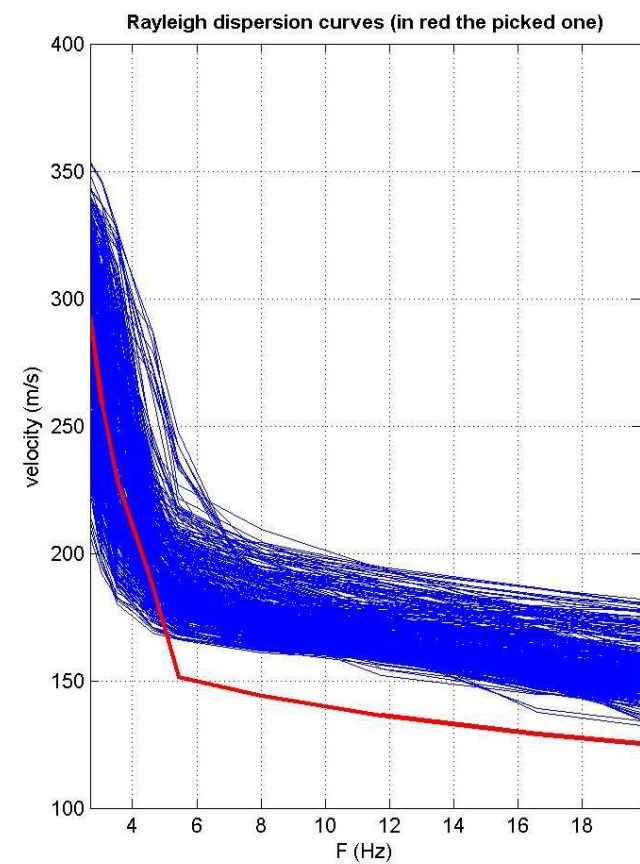
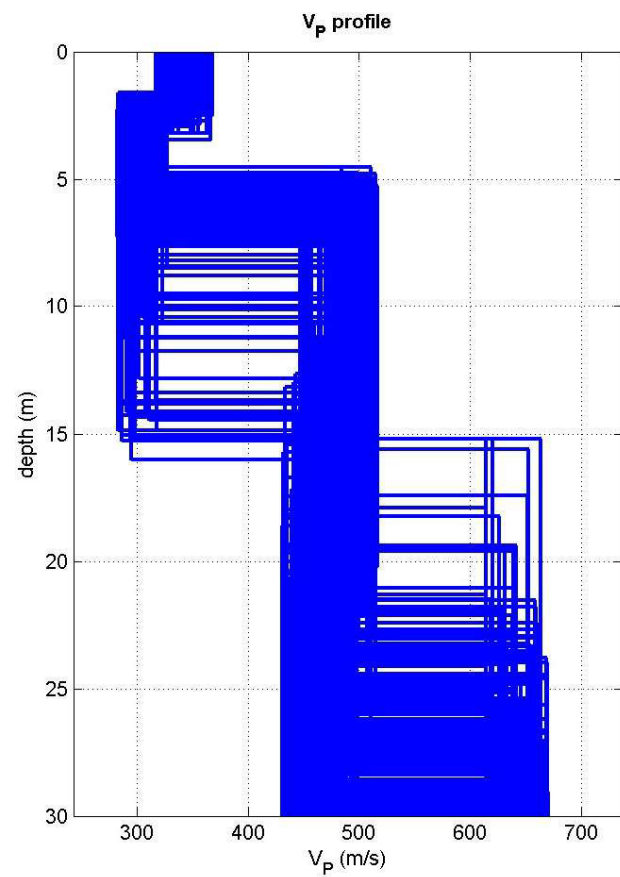
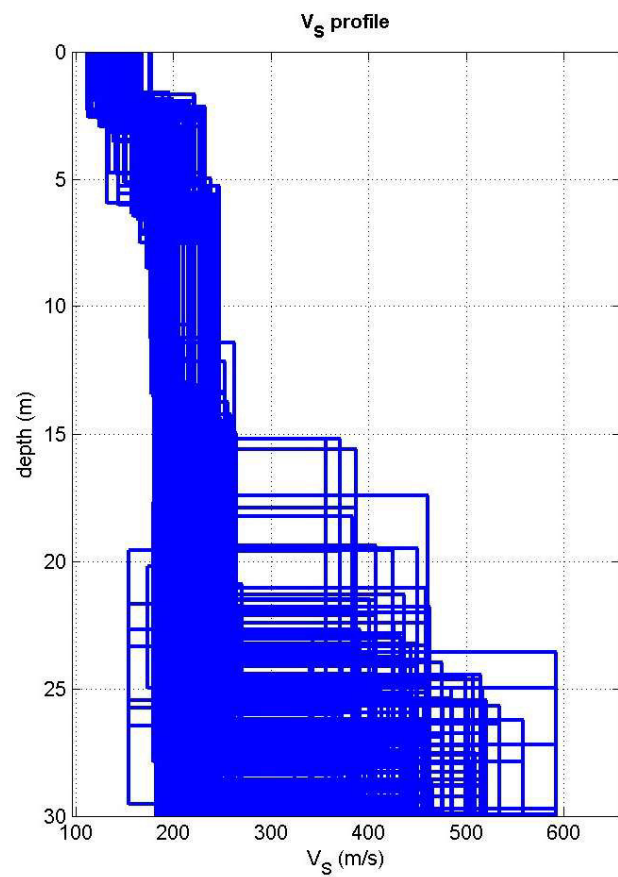


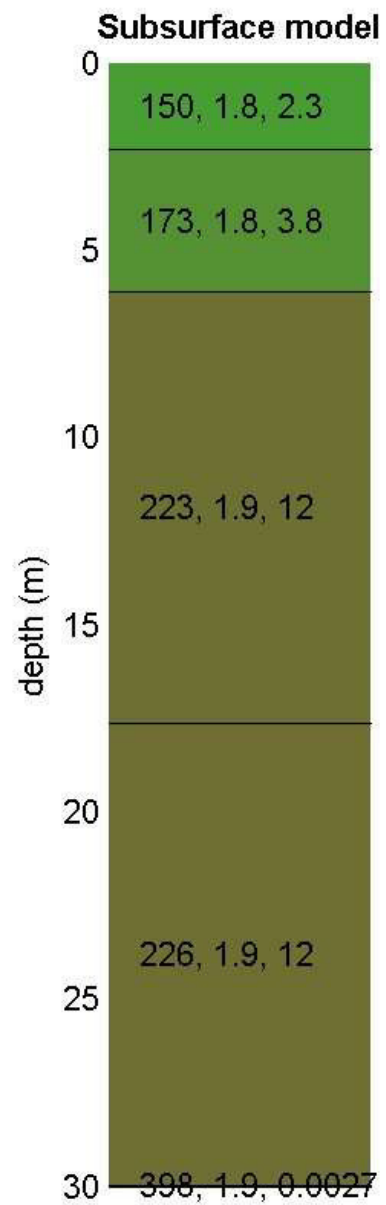
dataset: 2024-09-25_1-49_877.dat

dispersion curve: Ferrara 25.09.24.cdp

V_{s30} (best model): 206 m/s

V_{s30} (mean model): 209 m/s





V_s density thickness
(m/s) (gr/cm³) (m)

MASW 2

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 2024-09-26_1-03_878.dat

sampling: 0.125 ms

minimum offset: 6 m

geophone spacing: 4 m

normalized traces

resampling

1

resample

accept

data selection

activate

select

60

cancel

save

filtering & spectra

filter

cancel

0-50Hz

spectrum

spectrogram

refraction

100

upload

save

clear refraction

other tools & setting

0.999875

Time length to visualize (s)

done

flip traces

zero padding

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity

☐ f-k

group velocity

save

upload

merge

explore spectrum

mode separation

velocity spectrum

general setting

Rayleigh

3

phase vel

0

Reference depth

☐ Refraction

☐ H/VS

4

H/V modes

Vs (m/s)

Poisson

thickness (m)

calculate

upload mod.

save model

refresh

rnd models

report

90

0.35

1

180

0.35

2

160

0.35

5

200

0.35

7

300

0.35

20

900

0.35

0

0

0.35

modelling

synthetics

ZVF

☒ elastic

☐ shows DC

synthetics

visualize curves

input curve

?

picking

?

show f-k

Fundamental

to select the last point of the considered mode click the right button

save picking

?

Ferrara 26.09.24.cdp

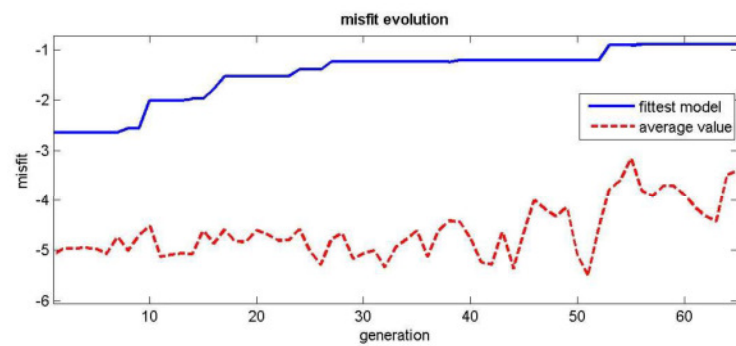
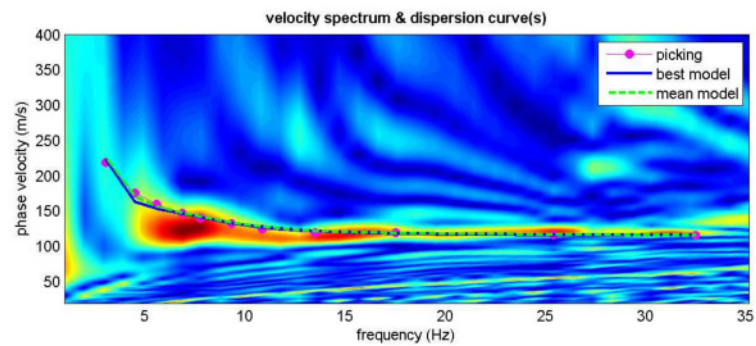
cancel picking

inversion

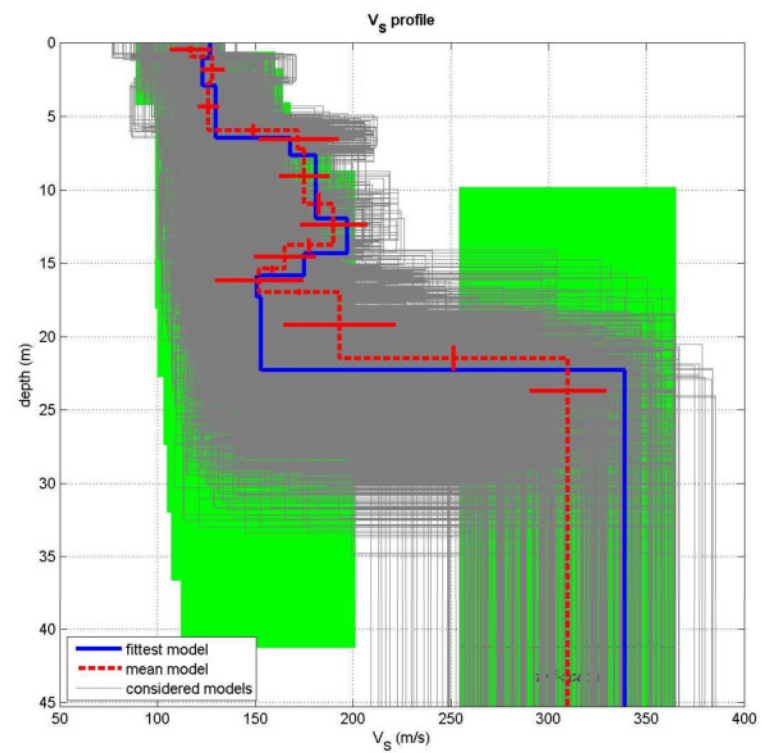
inversion

Joint DC-HV inv.

www.winmasw.com



www.winmasw.com

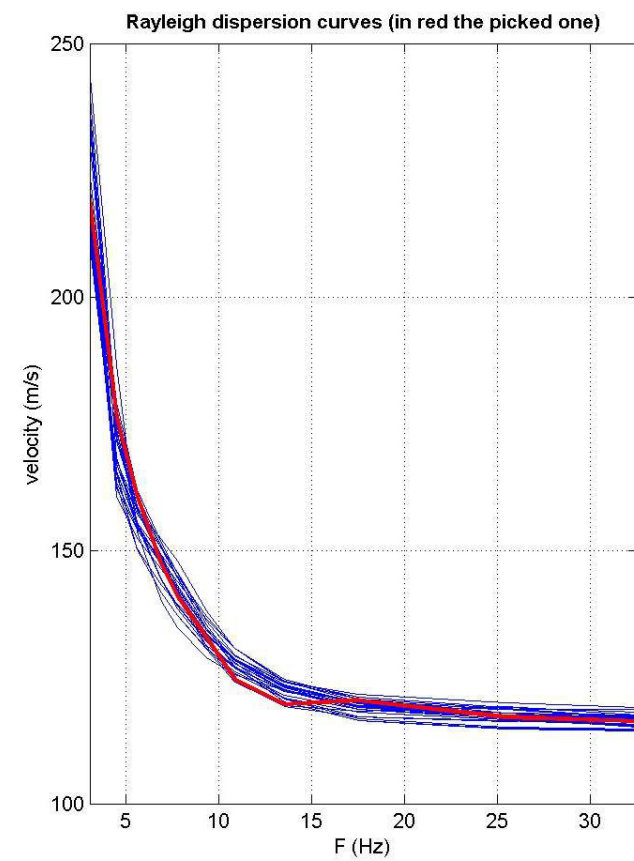
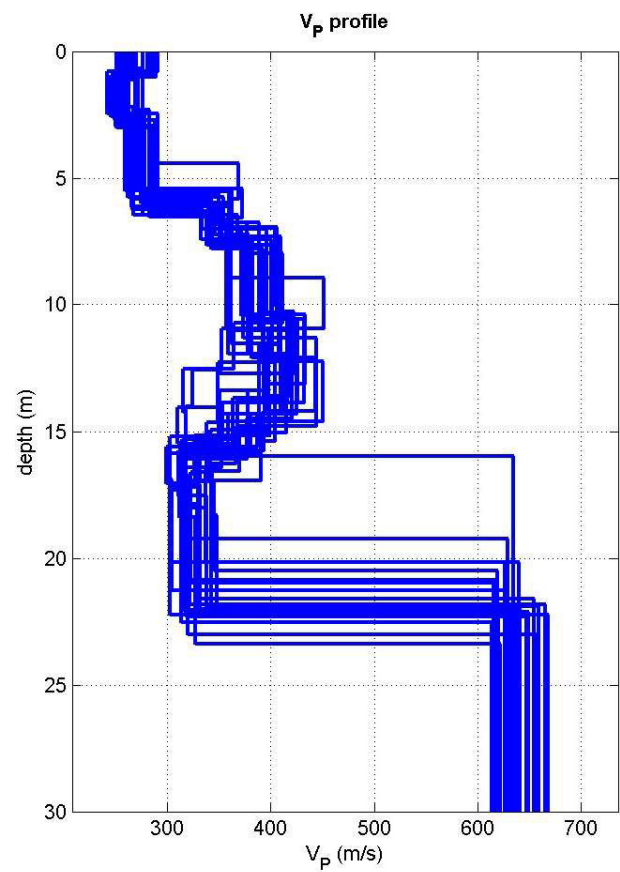
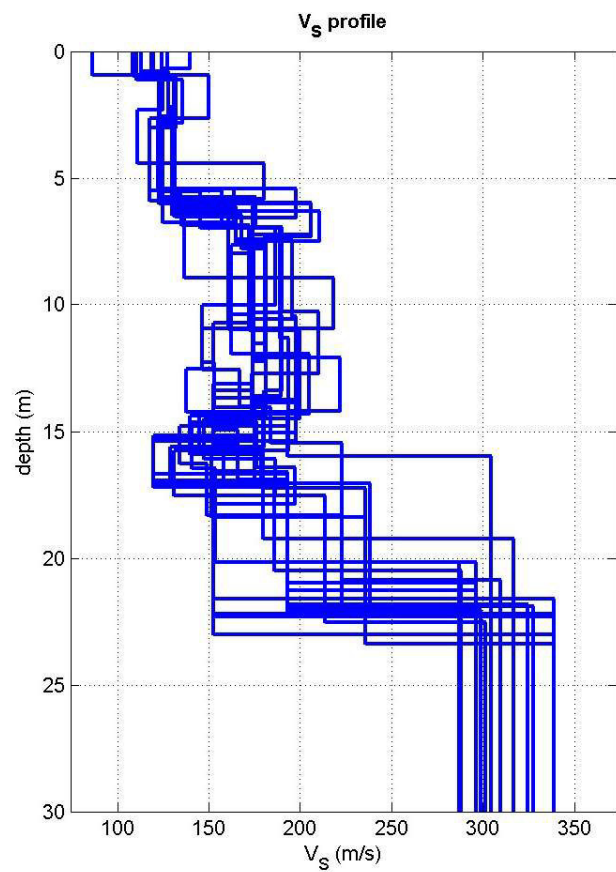


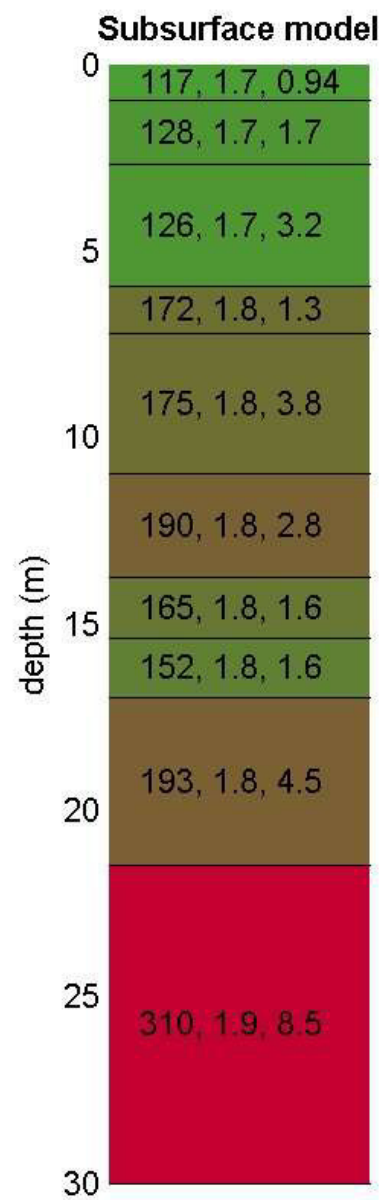
dataset: 2024-09-26_11-03_878.dat

dispersion curve: Ferrara 26.09.24.cdp

V_{s30} (best model): 179 m/s

V_{s30} (mean model): 185 m/s





V_s	density	thickness
(m/s)	(gr/cm ³)	(m)