

Provincia: Modena

Comune: Modena



Progetto: **NUOVA PALAZZINA LABORATORI**
Ospedale Policlinico di Modena

Località: **MODENA – Via del Pozzo – Via Campi**

Committente: **L+Partners srl**
Via Alberto da Giussano 21 – 20145 Milano

Consulenza geologica:



www.geosat.org

Dottor Geol. Giuseppe Baroni
Ordine Geologi Lombardia n° 603



Dottor Geol. Daniele Torzoni
Ordine Geologi Lombardia n° 968

RELAZIONE GEOLOGICA – IDROGEOLOGICA E SISMICA

Nome file: 2504-01 R1		Redatto:	Controllato:	Approvato:
Commessa N° 2504-01	Data Prima emissione 08/08/2024	TOR	TOR	BAR

INDICE

1)	PREMESSA	2
1.1	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO	5
2)	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	8
3)	IDROGRAFIA E SOGGIACENZA DELLA FALDA	10
3.1	IDROGRAFIA E RISCHIO IDRAULICO - DIRETTIVA ALLUVIONI	10
3.2	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	11
4)	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO	14
4.1	CLASSIFICAZIONE AI SENSI DELL'OPCM 3274/2003 E DEL D.M. 17/01/2018	14
4.2	PERICOLOSITÀ SISMICA DEFINITA NEL QUADRO CONOSCITIVO DEL PUG COMUNALE	15
4.3	CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO DEFINITA ATTRAVERSO L'INDAGINE GEOFISICA SVOLTA IN SITO	19
4.3.1	ANALISI SITO-SPECIFICA PER LA STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI SUL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DI SITO (2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO)	20
4.4	VERIFICA A LIQUEFAZIONE	28
5)	INDAGINI GEOTECNICHE CONDOTTE IN SITO	30
5.1	SONDAGGIO GEOTECNICO	30
5.2	PROVE PENETROMETRICHE IN FASE DI AVANZAMENTO (SPT)	31
5.3	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)	32
6)	PARAMETRAZIONE GEOTECNICA DEL SITO	34
6.1	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI	34
6.2	PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO	35
7)	CONCLUSIONI	38

ALLEGATI

- Allegato 1 – Relazione geofisica generale
- Allegato 2 – Raccolta esiti indagini geotecniche



La presente relazione viene stampata su carta a basso contenuto di cloro ed in modalità fronte/retro.
Un piccolo contributo per la salvaguardia dell'ambiente. Riciclare la carta è utile per preservare l'ambiente.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 2/39</p>

1) PREMESSA

La presente relazione, redatta su incarico dello studio di architettura **L+ Partners srl** esamina, ai sensi del D.M. 17.01.2018, le condizioni geologiche generali, idrauliche, idrologiche e sismiche di un'area di superficie complessiva pari a ca. 7.000 mq ubicata all'interno del polo ospedaliero Policlinico di Modena, in Modena, Via del Pozzo, 71 (vedasi **Figura 1.1 - 1.2 - 1.3**).

In tale area, ricadente catastalmente nel foglio 161, particella 12 p.p. e foglio 162 particella 102 p.p. (vedasi **Figura 1.4**), è prevista la realizzazione di un nuovo edificio polifunzionale denominato “Palazzina Laboratori”, costituito da una palazzina con ossatura in c.a. a tre piani fuori terra, oltre ad un piano tecnico in copertura.

Dalla consultazione della Carta Tecnica Regionale (CTR), si evince che la quota del piano campagna in corrispondenza della sede stradale adiacente all'area di interesse è posta a ca. 34,6 m slm.

Nella stesura del documento si è fatto riferimento, per quanto attiene alle tematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche:

- ai dati forniti dal Geoportale della Regione Emilia - Romagna e dell'Arpa Emilia Romagna;
- alla documentazione allegata al Piano Urbanistico Generale (PUG) del Comune di Modena (assunzione del dicembre 2021)¹:
 - Documento QC.B2 “*Suolo e sottosuolo: caratteristiche e criticità*”, rev. 2 rif. PG 302037/2020;
 - Documento QC.B4 “*Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza*”.

Alla presente relazione sono allegata la “**Relazione geofisica generale**” e la “**Raccolta esiti indagini geotecniche**” caratteristiche del sito.

¹ Il Comune di Modena ha assunto il Piano Urbanistico generale (PUG) con delibera di Consiglio Comunale n°86 del 29 dicembre 2021. Con il deposito della proposta di piano, avvenuto il 19 gennaio 2022 è stata avviata la fase della raccolta e dell'esame delle osservazioni. Il PUG è stato quindi adottato ai sensi dell'art.46 comma 1 della L.R 24/2017, con delibera di Consiglio Comunale n° 78 del 22 dicembre 2022. Il Comune di Modena ha approvato il Piano Urbanistico Generale (PUG) con delibera di Consiglio Comunale n° 46 del 22 giugno 2023. Il PUG è in vigore dal 2 agosto 2023 a seguito della pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Emilia Romagna.

GEOSAT srl

GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA
INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)
Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org



Modena (MO) - Ospedale Policlinico
Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori
Relazione geologica

Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024
Revisione: 00 Pag. 3/39

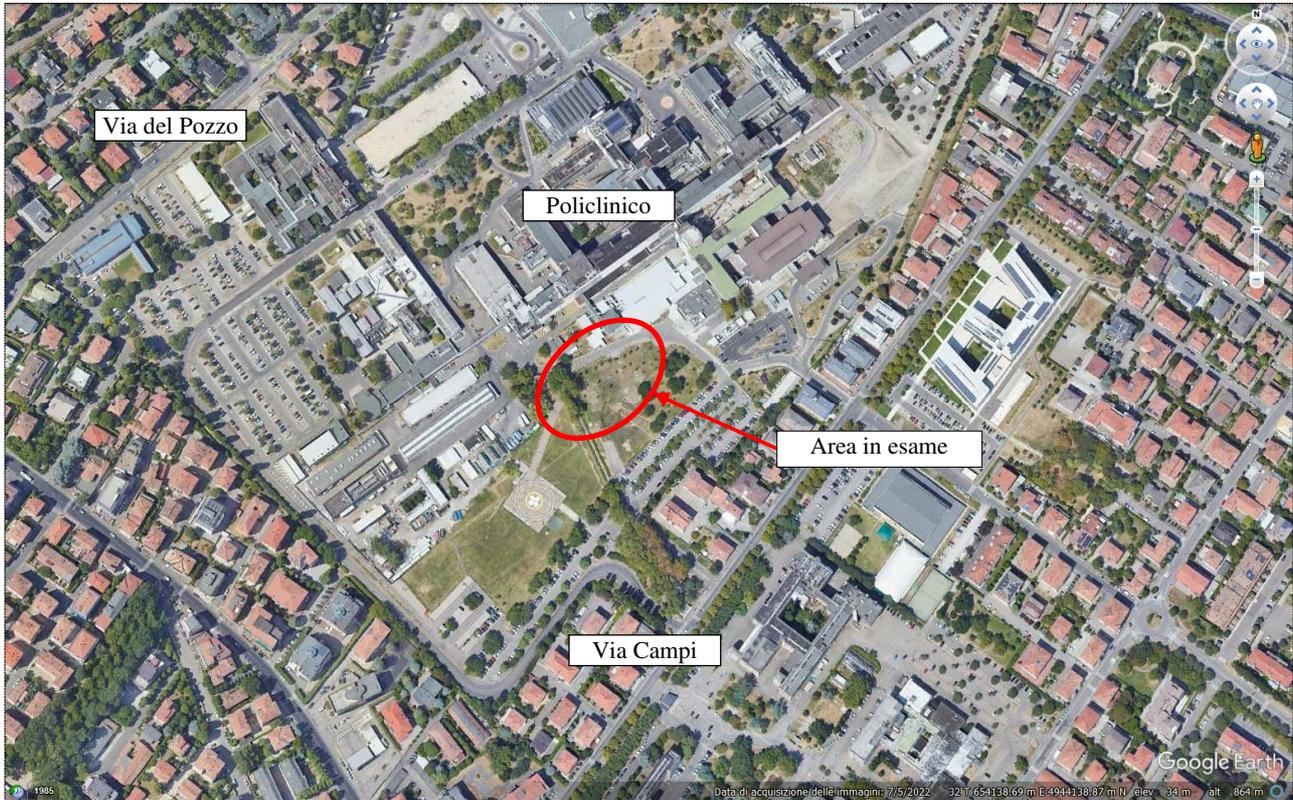


Figura 1.1 - Ripresa satellitare (fonte: Google Maps) con indicazione dell'area oggetto d'intervento (ovale rosso).

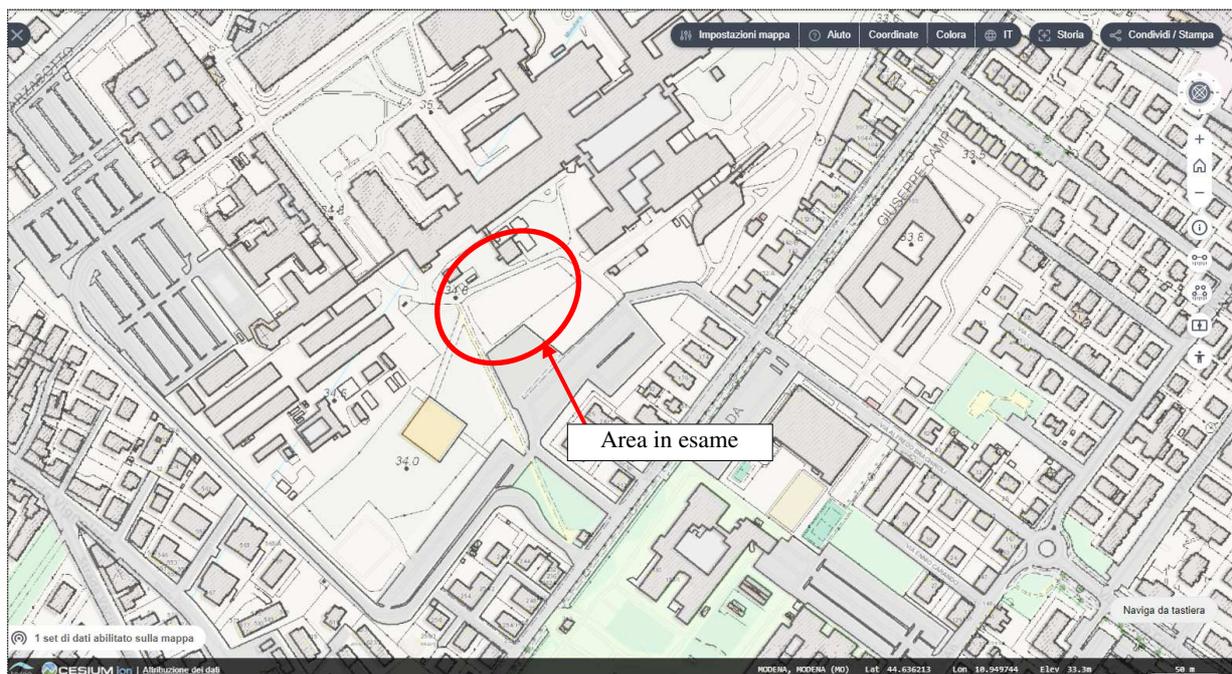


Figura 1.2 - Estratto del Database Topografico Regionale (DBTR, scala 1:5.000 modificato) con delimitazione dell'area oggetto di indagine (ovale rosso).



Figura 1.3 - Stralcio della Carta Tecnica Regionale (CTR) con indicazione dell'area oggetto di indagine (ovale rosso).

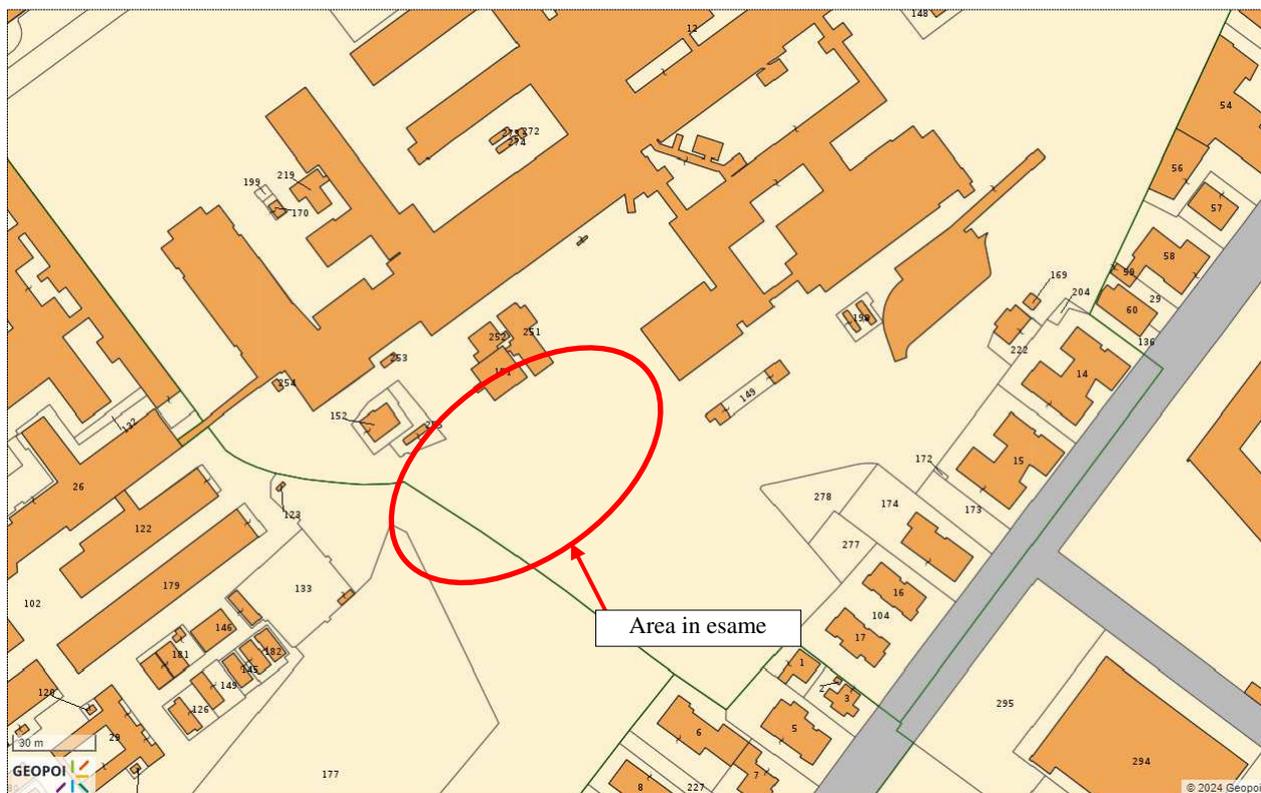


Figura 1.4 - Estratto della planimetria catastale (fonte: Agenzia delle Entrate), con indicazione dell'area in esame (foglio 161, mappale 12 p.p. e foglio 162, mappale 102 p.p.).

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 5/39</p>

1.1 Descrizione sintetica dell'intervento

L'intervento programmato riguarda un edificio per Centro Trasfusionale e Laboratori di Anatomia Patologica. L'edificio si sviluppa su tre livelli. Il piano terra ha una superficie di 1.640 mq destinato ai Donatori, Spogliatoi e altri servizi. I piani primo e secondo hanno anch'essi una superficie di 1.640 mq ciascuno, destinati il primo a centro Trasfusionale, mentre il secondo a laboratori di Anatomia Patologica. Il piano terzo è un'area tecnologica prevista in copertura con una superficie di 960 mq.

L'obiettivo nella realizzazione della nuova struttura è quella di creare un polo funzionale, omogeneo e compatto, caratterizzato da percorsi interni semplici e intuitivi. La struttura sarà articolata su tre piani fuori terra, con un accesso diretto e semplificato; sarà possibile interagire tra i piani mediante sistemi di collegamento verticali come scale e ascensori.

Al piano terra sono collocati l'area pubblica dei donatori con l'accettazione-accoglienza, punti di attesa e un punto di ristoro mediante macchinette. Inoltre, sono previsti a questo piano gli spogliatoi, la criobiologia, la logistica e un'area tecnologica.

Al piano primo sono presenti il percorso pazienti-trattamenti con accettazione e punti di attesa. Il resto del piano è dedicato al centro Trasfusionale con una porzione destinata ad area di studi medici.

Al piano secondo sarà presente la zona dei laboratori di anatomia patologica, un' area di studi medici e un' aula didattica.

In copertura è collocata la centrale tecnologica.

Si rende necessario realizzare una struttura con caratteristiche tecnico/strutturali appropriate per ospitare un Centro Trasfusionale e Anatomia Patologica con particolare attenzione ai solai per poter ospitare macchine pesanti.

Schema funzionale/Destinazione d'uso di progetto:

- Piano terra 1.640 mq: Donatori, Spogliatoi, Criobiologia, Tecnologico, Depositi-Logistica
- Piano primo 1.640 mq: Percorso pazienti-Trattamenti, Centro Trasfusionale, Studi Medici-Personale
- Piano secondo 1.640 mq: Laboratori Anatomia Patologica, Studi Medici-Personale
- Piano terzo 960 mq: Tecnologico

Complessivamente, la nuova struttura avrà una superficie coperta di ca. 1.640 mq, con un'altezza massima fuori terra di 17,7 m.

In **Figura 1.5, 1.6 e 1.7** vengono forniti stralci del progetto edilizio.

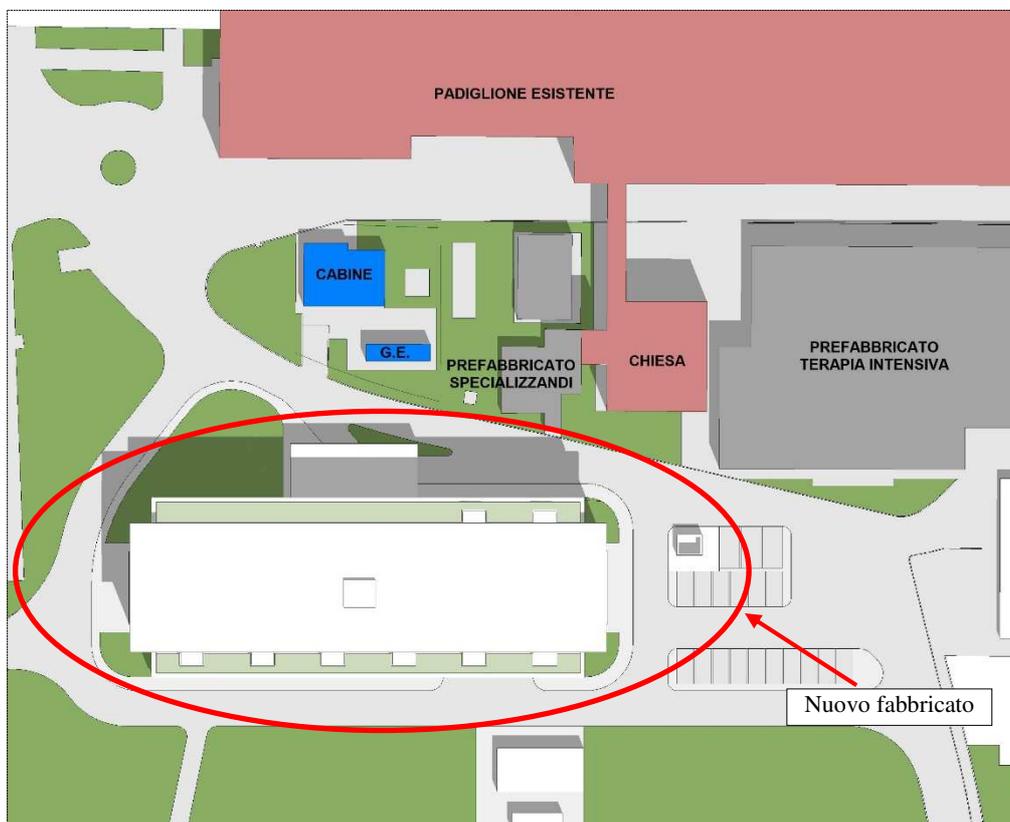


Figura 1.5 – Estratto planimetrico di inquadramento con indicato il nuovo fabbricato in progetto.

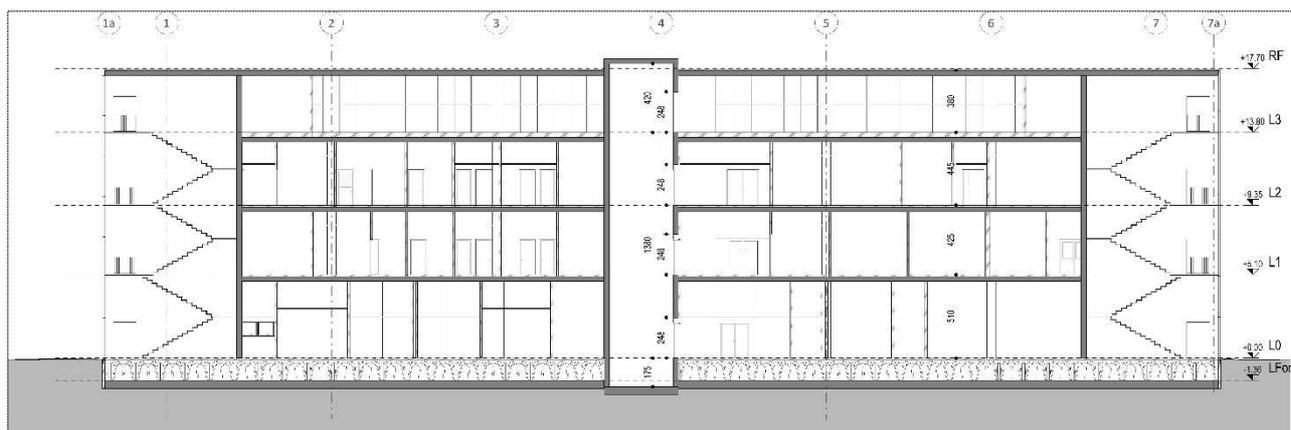


Figura 1.6 – Sezione longitudinale del nuovo fabbricato in progetto. Immagine non in scala.

GEOSAT srl

GEOTECNICA-GEOLOGIA-TOPOGRAFIA
INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)
Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org



www.geosat.org

Modena (MO) – Ospedale Policlinico
Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori
Relazione geologica

Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024

Revisione: 00 Pag. 7/39

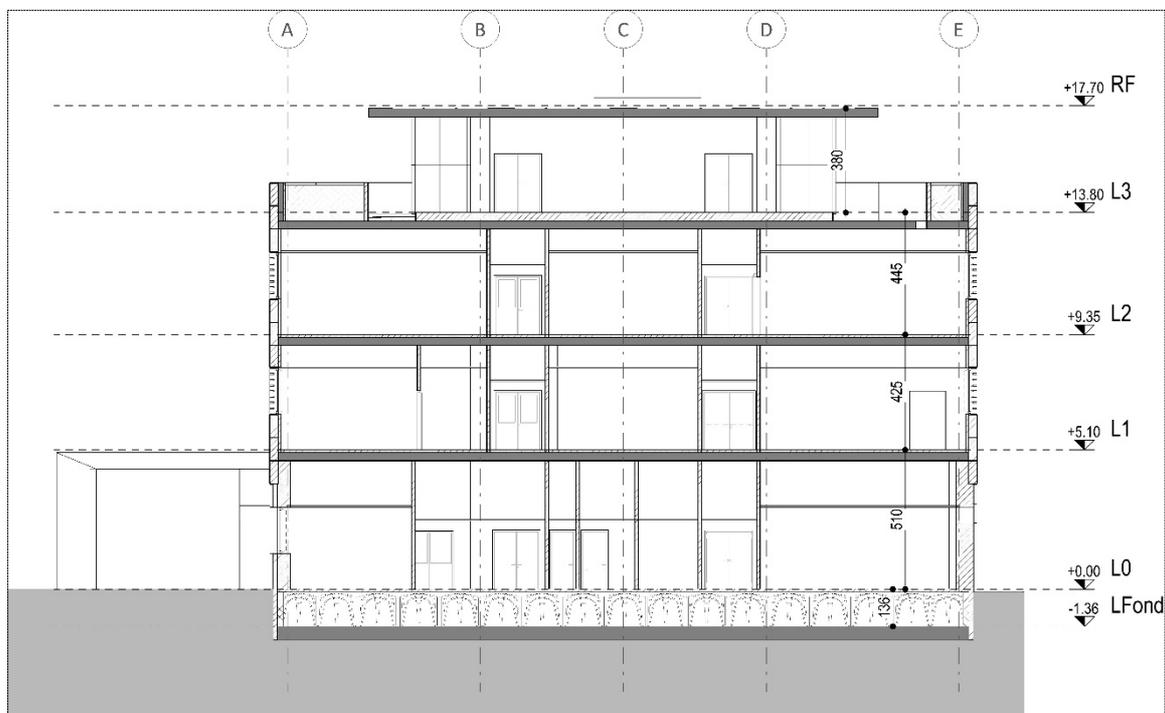


Figura 1.7 – Sezione trasversale del nuovo fabbricato in progetto. Immagine non in scala.

2) INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il settore geografico in esame ricade in un settore di pianura caratterizzato dalla presenza di depositi di età quaternaria.

Dalla consultazione della cartografia geologica regionale alla scala 1:10.000 e della carta geologica allegata al PUG si evince che nell'area in esame sono presenti depositi costituiti prevalentemente da limi appartenenti all'Unità di Modena (AES8a).

Detta unità, affiorante su quasi tutto il territorio comunale, è caratterizzata dalla presenza al tetto di un suolo con grado di alterazione estremamente basso con profilo inferiore al metro. La litologia è prevalentemente argillosa, con lenti di limi e sabbie estese anche oltre la decina di metri che si ripetono spesso sulla stessa verticale.



Figura 2.1 - Estratto della Carta Geologica della Regione Emilia Romagna, con indicazione dell'area in esame (cerchio rosso). Immagine non in scala.

La base dell'unità è ben riconoscibile dalla presenza di un suolo evoluto al tetto del Subsintema di Ravenna. Quest'ultimo, formato da argille con sporadici corpi lenticolati limo-sabbiosi, sovrasta l'Unità di Vignola, caratterizzata da ghiaie.

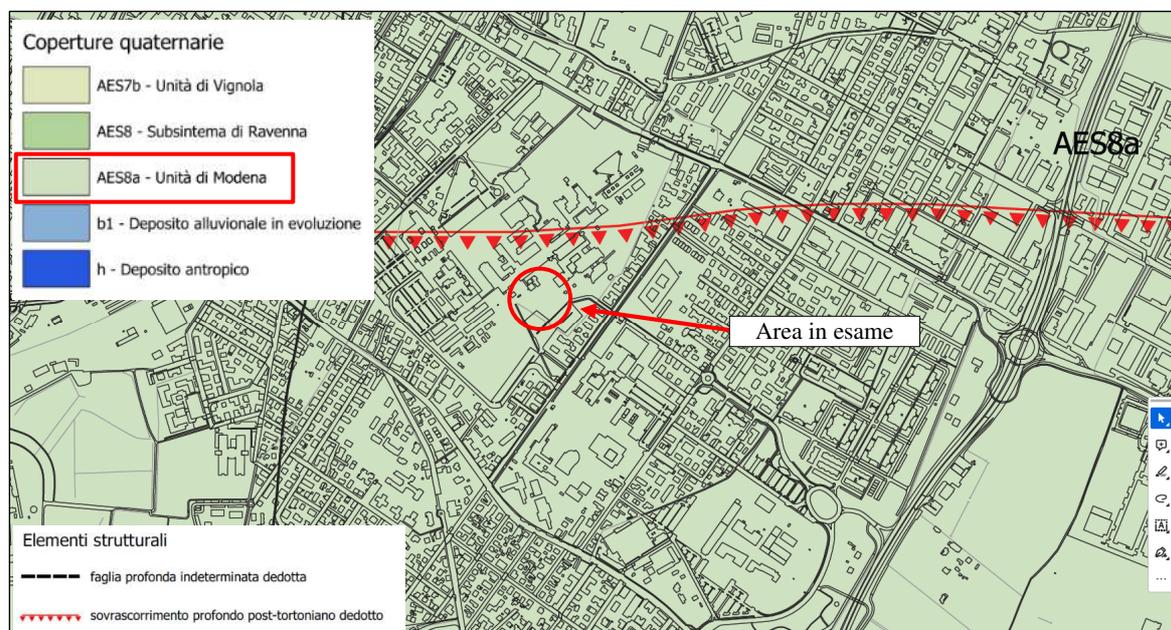


Figura 2.2 - Estratto della Tav. AG.0 - Carta geologica - allegata al PUG comunale e relativa legenda, con indicazione dell'area in esame (cerchio rosso) e della litologia affiorante. Immagine non in scala.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 www.geosat.org
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 10/39</p>

3) IDROGRAFIA E SOGGIACENZA DELLA FALDA

3.1 *Idrografia e rischio idraulico - Direttiva Alluvioni*

Il settore geografico in cui ricade il territorio comunale di Modena è compreso tra il Fiume Secchia e il Fiume Panaro. Dalla consultazione della cartografia del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), il sito in esame risulta ricadere all'esterno delle aree allagabili a causa di esondazioni connesse al reticolo idrico principale (vedasi **Figura 3.1**).

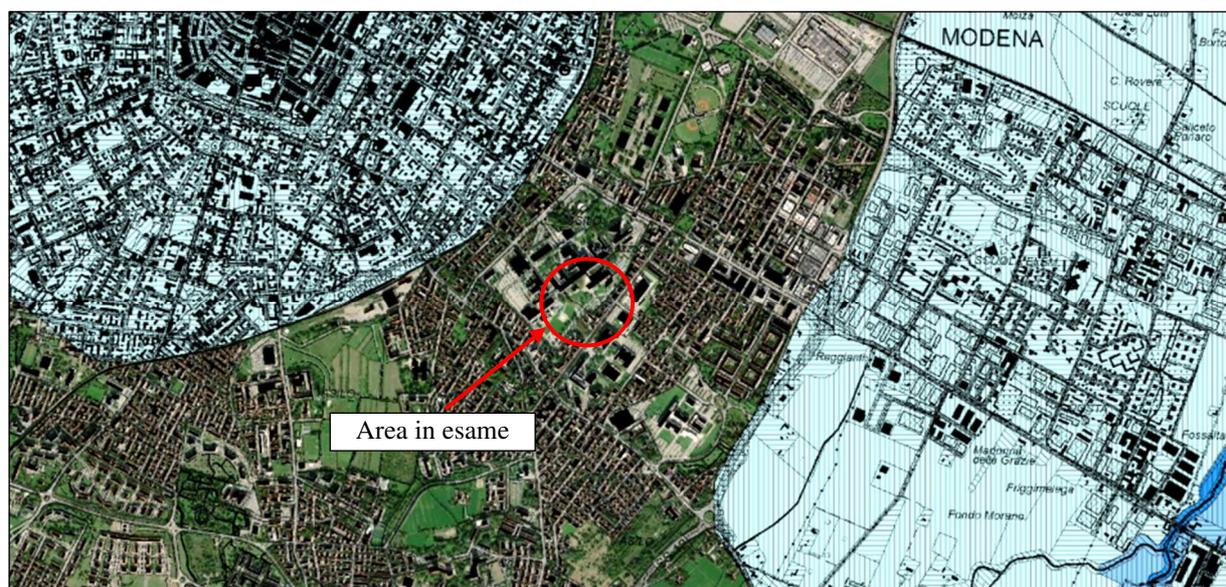


Figura 3.1 - Stralcio della Carta della pericolosità del PGRA del reticolo idrico principale. L'area in esame (cerchio rosso) ricade all'esterno delle aree esondive del reticolo idrografico principale. Immagine non in scala.

A titolo informativo, si riporta l'estratto della tavola AG.4 "Allagabilità potenziale naturale ed eventi esondativi storici", ove si evince che l'area in esame è stata allagata in concomitanza con l'evento di maggior criticità avvenuto dal XIX secolo ad oggi, ovvero con la piena del novembre 1966.

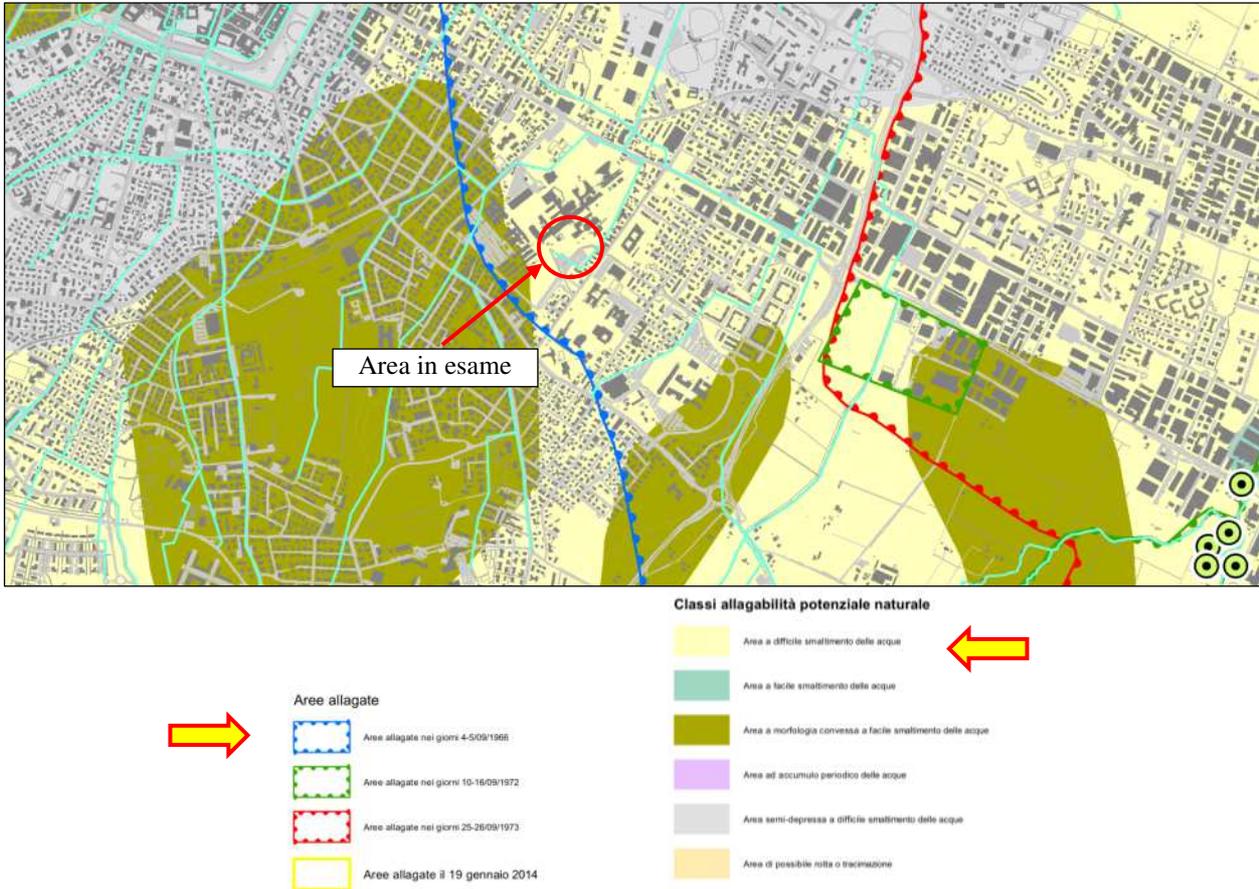
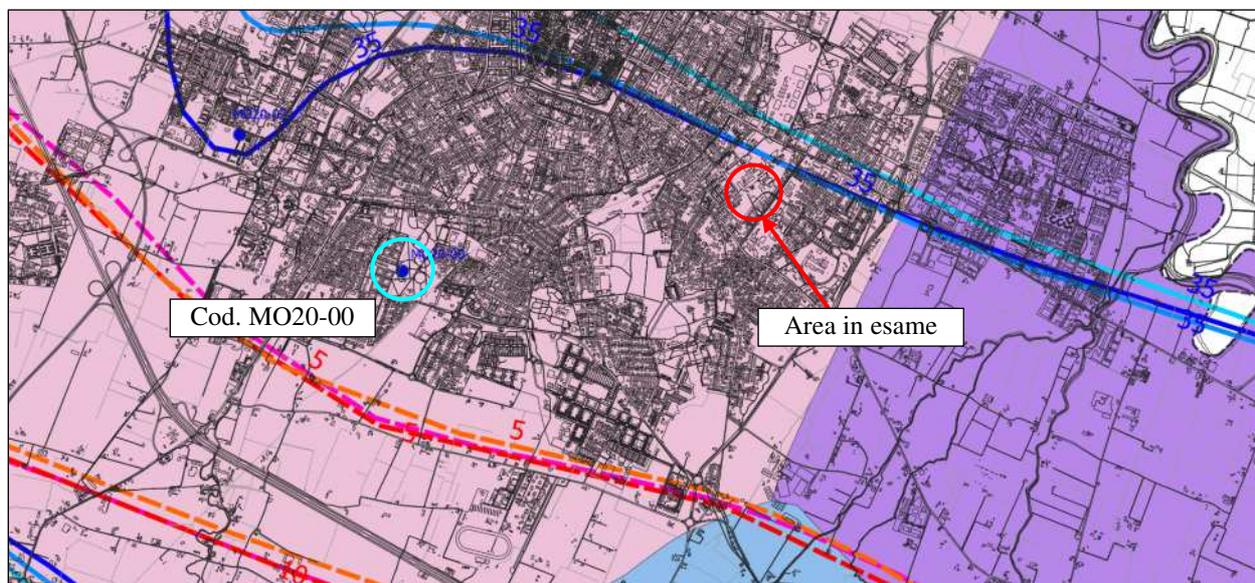


Figura 3.2 - Estratto della Tav. AG.4 - Allagabilità potenziale naturale ed eventi esondativi storici - allegata al PUG comunale e relativa legenda, con indicazione dell'area in esame (cerchio rosso). Immagine non in scala.

3.2 Inquadramento idrogeologico

Dalla consultazione della carta idrogeologica allegata al PUG comunale (si veda **Figura 3.3**) si evince che, presso l'area in esame, la soggiacenza del primo acquifero è inferiore a 5 m rispetto al piano campagna; l'acquifero risulta di tipo confinato, ovvero limitato non solo inferiormente ma anche superiormente da strati di terreno argillosi a scarsa o pressoché nulla permeabilità. A livello locale si osserva una direzione di falda tendenzialmente orientata SudOvest – NordEst.

Durante l'effettuazione dell'indagine geotecnica presso il sito nel giugno del 2024 è stata individuata la presenza di acqua nel sottosuolo a partire da -1,40 m dal piano campagna, in accordo, quindi, con i dati del PUG comunale.

**LEGENDA**
 Perimetro Comunale
Pozzi rilevati ARPAE
 Pozzi misurati
Isolinee della piezometria e soggiacenza

 Isopieze confinato superiore (m. s.l.m.m.) - Primavera 2019
 Soggiacenza confinato superiore (m. da p.c.) - Primavera 2019
 Isopieze confinato superiore (m. s.l.m.m.) - Autunno 2019
 Soggiacenza confinato superiore (m. da p.c.) - Autunno 2019
 Isopieze confinato superiore (m. s.l.m.m.) - Autunno 2020
 Soggiacenza confinato superiore (m. da p.c.) - Autunno 2020

Corpi acquiferi liberi e confinati superiori

 Conoide Panaro - confinato superiore
 Conoide Secchia - confinato superiore
 Conoide Secchia - libero
 Conoide Tiepido - confinato superiore
 Pianura Alluvionale Appenninica - confinato superiore

Figura 3.3 - Estratto della Tav. AG.6.1 - Confronto piezometria e soggiacenza - allegata al PUG comunale e relativa legenda, con indicazione dell'area in esame (cerchio rosso). Immagine non in scala.

Nel territorio comunale è presente un pozzo ad uso acquedottistico, monitorato da Arpa Emilia Romagna (pozzo MO20-00, ubicato a ca. 3 km in direzione ovest-sudovest rispetto all'area in studio, vedasi **Figura 3.3**), di cui sono forniti dati della soggiacenza della falda. L'elaborazione dei dati per il periodo di tempo compreso tra il 1988 ÷ 2008 indica un'oscillazione di falda tra quote comprese tra 27,82÷35,72 m slm, corrispondenti ad una soggiacenza² tra -1,44 ÷ -9,34 m dal p.c. (vedasi **Figura 3.4**).

² P.c. in corrispondenza del pozzo pari a 37,16 m slm.

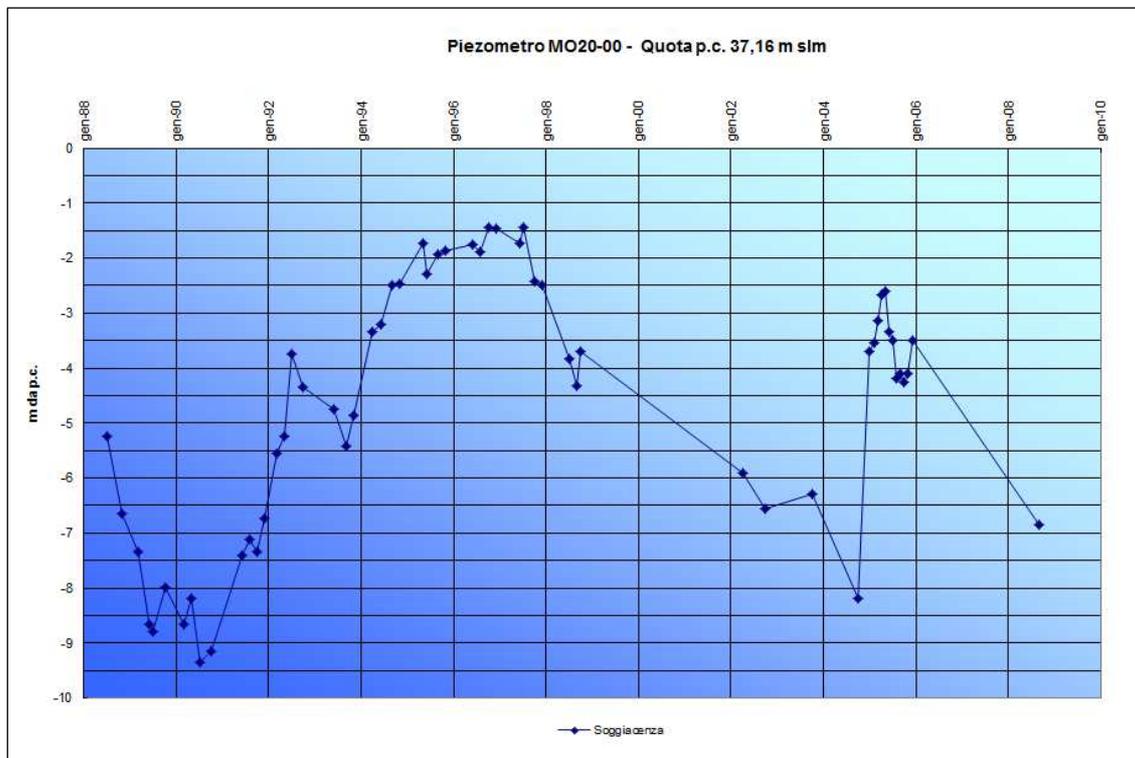


Figura 3.4 - Elaborazione della serie di dati del piezometro MO20-00 (periodo di monitoraggio 1988 - 2008).

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 <p>www.geosat.org</p>
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 14/39</p>

4) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

4.1 *Classificazione ai sensi dell’OPCM 3274/2003 e del D.M. 17/01/2018*

La classificazione sismica del territorio nazionale è regolata dalle seguenti normative:

1. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 30/03/03 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale l’08/05/03: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale...” e s.m.i.;
2. D.M. 17/01/2018: “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Ai sensi dell’OPCM n°3274/2003, il territorio comunale di Modena ricade nell’elenco dei comuni in **zona 3**, cioè a **sismicità medio-bassa (PGA fra 0,05 e 0,15 g)**.

Con riferimento alle NTC 2018 il sito in oggetto, individuato dalle seguenti coordinate geografiche:

- (WGS84) Lat 44.634243 - Long 10.942952;
- (ED50) Lat 44.635182 - Long 10.943956;

rientra nel reticolo sismico di riferimento riportato in ***Figura 4.1***.

Le coordinate geografiche dei siti che costituiscono il reticolo sismico di riferimento sono le seguenti (per “Distanza” si intende la distanza in metri tra il cantiere in oggetto e i siti di riferimento):

Sito 1	ID: 16058	Lat: 44,6565	Lon: 10,8908	Distanza: 4824,710
Sito 2	ID: 16059	Lat: 44,6580	Lon: 10,9610	Distanza: 2874,012
Sito 3	ID: 16281	Lat: 44,6080	Lon: 10,9631	Distanza: 3379,721
Sito 4	ID: 16280	Lat: 44,6065	Lon: 10,8930	Distanza: 5141,534

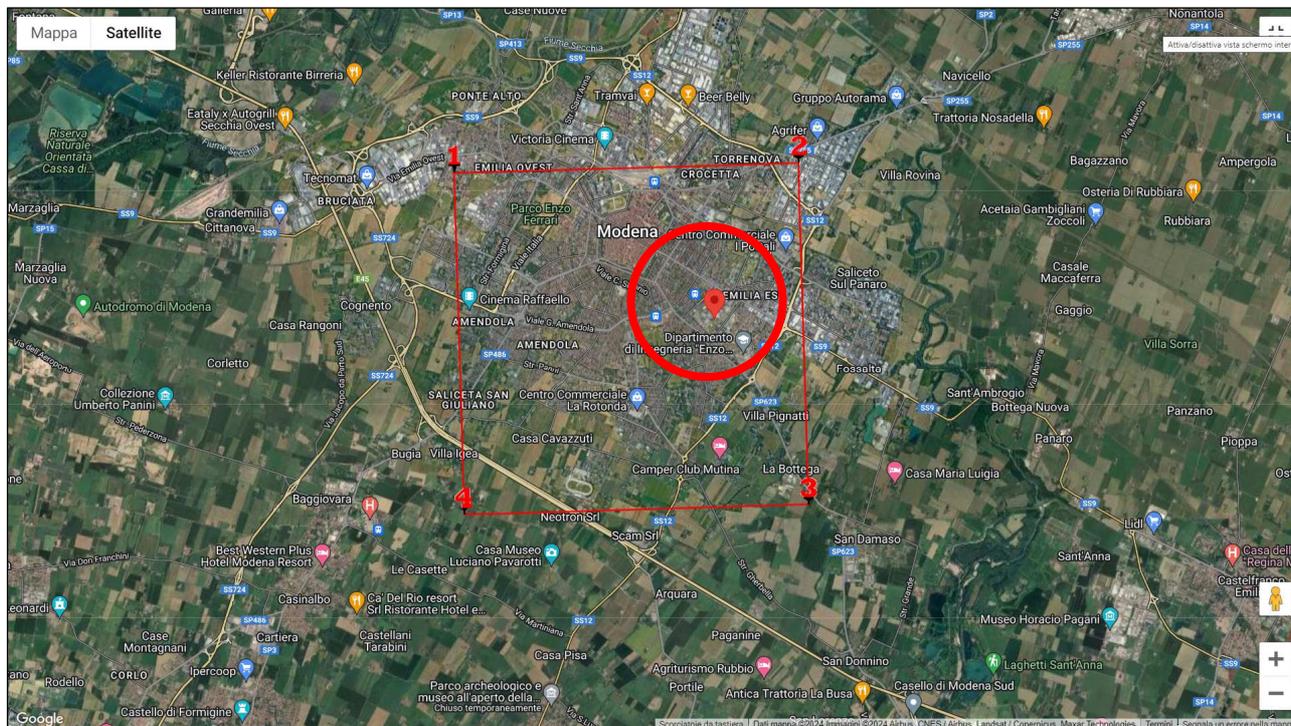


Figura 4.1 - Reticolo sismico di riferimento per il sito in oggetto (www.geostru.com).

Le caratteristiche dell'intervento sono le seguenti:

- Vita nominale (§2.4.1 delle NTC2018): 50 anni³
- Classe d'uso (§2.4.2 delle NTC2018): II – Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.

4.2 Pericolosità sismica definita nel quadro conoscitivo del PUG comunale

Si riportano in questo capitolo i risultati dello studio di microzonazione sismica svolto per la valutazione della pericolosità sismica, recepito nella sezione B4 del Quadro Conoscitivo del Piano Urbanistico Generale del Comune di Modena aggiornato al Dicembre 2020.

Detto studio si basa su un database composto da circa 2.500 dati puntuali (sondaggi, prove penetrometriche statiche e dinamiche, profili sismici a rifrazione, down-hole in foro, microtremore, remi, MASW, ecc.). La

³ Costruzioni con livelli di prestazione ordinari.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 16/39</p>

carta geologico-tecnica del territorio comunale sintetizza l'insieme delle principali informazioni geologiche racchiuse nel database. Il sito oggetto di studio ricade all'interno di un'area ove sono presenti in superficie depositi costituiti da argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di piana inondabile (vedasi **Figura 4.2**), con una falda che è stata intercettata dalle prove geotecniche a ca -1.40 m dal p.c..

Partendo dagli elementi contenuti nella Carta geologica tecnica viene costruita la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS livello 1, vedasi **Figura 4.3**), che individua nel territorio comunale zone suscettibili di amplificazioni locali e zone di attenzione per instabilità.

L'area di intervento risulta situata interessare le zone denominate 08 (in carta 2008) e la zona 10 (in carta 2010), così distinte:

“Zona 08 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 20 e 25 m e la

“Zona 10 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 25 e 30 m.”.

Per interventi edilizi ricadenti in entrambe le zone, che sono caratterizzate da possibile amplificazione sismica (amplificazione stratigrafica), è necessario procedere ad “Approfondimenti di II Livello” .

Si riportano di seguito le descrizioni della microzonazione sismica per la “zona 8” e la “zona 10”:

Zona 8: *La zona 8 corrisponde ai settori del territorio con substrato rigido costituito da banchi ghiaiosi pluridecametrici con terreni limoso-argillosi di copertura di spessore variabili da 20 a 25 metri. I terreni di copertura presentano valori medi di Vsh pari a 170 m/s, mentre i sottostanti livelli ghiaiosi Vs medie di 450/500 m/s. Profondità substrato sismico 90-140 m.*

Effetti attesi: amplificazione stratigrafica;

Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche;

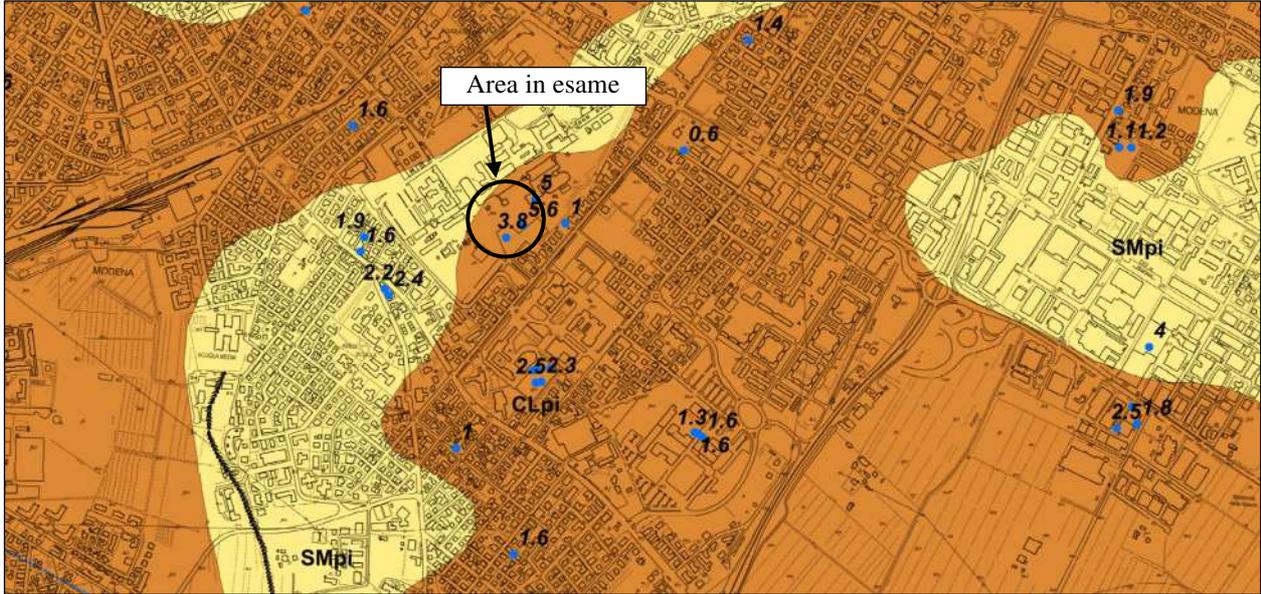
Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento.

Zona 10: *La zona 10 corrisponde ai settori del territorio con substrato rigido costituito da banchi ghiaiosi pluridecametrici con terreni limoso-argillosi di copertura di spessore variabili da 25 a 30 metri. I terreni di copertura presentano valori medi di Vsh pari a 170 m/s, mentre i sottostanti livelli ghiaiosi Vs medie di 450/500 m/s. Profondità substrato sismico 90-140 m.*

Effetti attesi: amplificazione stratigrafica;

Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione correlato alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche;

Microzonazione sismica: secondo livello di approfondimento.



Legenda

Terreni di copertura

-  Terreni contenenti resti di attività antropica
-  **GPes** Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia di argine/barre/canali
-  **GMes** Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di argine/barre/canali
-  **SMpi** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di piana inondabile
-  **MLpi** Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile
-  **CLpi** Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di piana inondabile
-  **OHpi** Argille organiche di media-alta plasticità, Limi organici di piana inondabile

Forme di superficie e sepolte

→ Asse di paleovalve

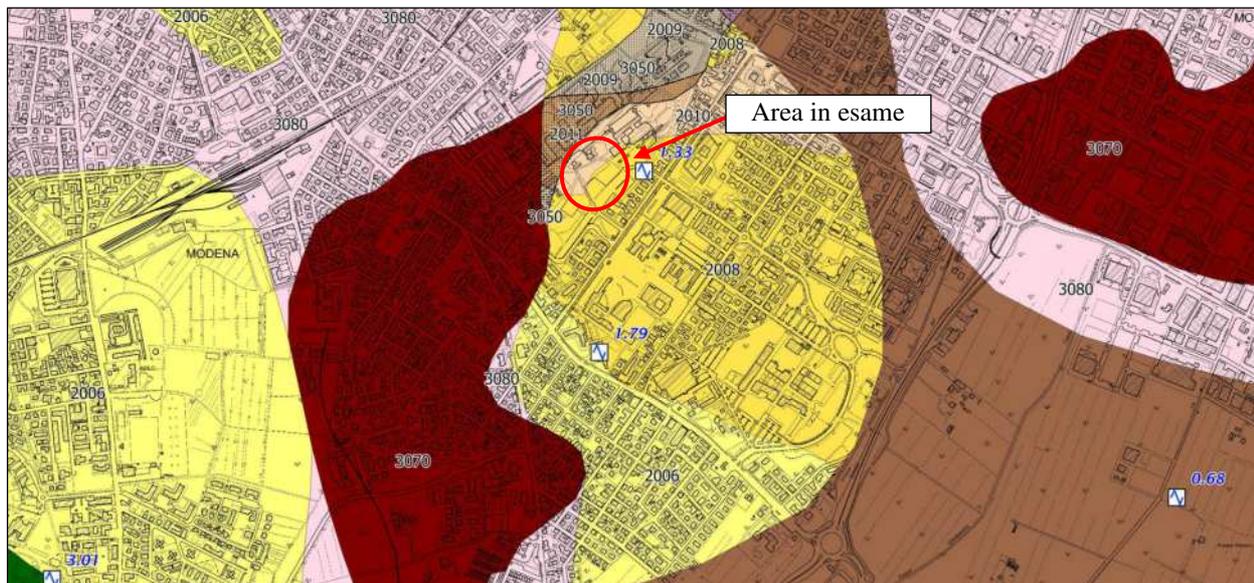
Elementi geologici e idrogeologici

-  Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo
-  Profondità (m) della falda con sabbie e/o ghiaie
-  Sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico

Altri elementi cartografati

-  Confine comunale
-  Profondità (m) della falda da prove penetrometriche

Figura 4.2 - Estratto della Tav. QC.B4.7.3 - Tavola 2.3 Carta geologico tecnica - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero). Immagine non in scala.



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- 2001 Zona 1 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura di spessore < 3 m. Approfondimenti di II° Livello
- 2002 Zona 2 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura di spessore compreso tra 3 e 5 m. Approfondimenti di II° Livello
- 2003 Zona 3 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura di spessore compreso tra 5 e 10 m. Approfondimenti di II° Livello
- 2004 Zona 4 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 10 e 15 m. Approfondimenti di II° Livello
- 2005 Zona 5 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 10 e 15 m e presenza di livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili nei primi 20 m. Approfondimenti di III° Livello
- 2006 Zona 6 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 15 e 20 m. Approfondimenti di II° Livello
- 2007 Zona 7 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 15 e 20 m e presenza di livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili nei primi 20 m. Approfondimenti di III° Livello
- 2008 Zona 8 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 20 e 25 m. Approfondimenti di II° Livello
- 2009 Zona 9 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 20 e 25 m e presenza di livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili nei primi 20 m. Approfondimenti di III° Livello
- 2010 Zona 10 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 25 e 30 m. Approfondimenti di II° Livello
- 2011 Zona 11 - Aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 25 e 30 m e presenza di livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili nei primi 20 m. Approfondimenti di III° Livello
- 2012 Zona 12 - Aree con substrato rigido rilevato a profondità inferiori a 100 m con alternanze prevalenti di argille e limi. Approfondimenti di II° Livello
- 2013 Zona 13 - Aree con substrato rigido rilevato a profondità inferiori a 100 m con alternanze prevalenti di argille e limi e presenza di livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili nei primi 20 m. Approfondimenti di III° Livello

- 2014 Zona 14 - Aree con substrato rigido rilevato a profondità maggiori di 100 m con argille e limi e livelli ghiaiosi. Approfondimenti di II° Livello
- 2015 Zona 15 - Aree con substrato rigido rilevato a profondità maggiori di 100 m con argille e limi e livelli ghiaiosi e presenza di livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili nei primi 20 m. Approfondimenti di III° Livello
- 2016 Zona 16 - Aree con substrato rigido rilevato a profondità maggiori di 100 m con alternanze di limi e argille e Vs30 media < 225 m/s. Approfondimenti di II° Livello
- 2017 Zona 17 - Aree con substrato rigido rilevato a profondità maggiori di 100 m con alternanze di limi e argille e livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili nei primi 20 m (Vs30 media < 225 m/s). Approfondimenti di III° Livello
- 2018 Zona 18 - Aree con substrato rigido rilevato a profondità maggiori di 100 m con alternanze di limi e argille e Vs30 media > 225 m/s. Approfondimenti di II° Livello
- 2019 Zona 19 - Aree con substrato rigido rilevato a profondità maggiori di 100 m con alternanze di limi e argille e livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili nei primi 20 m (Vs30 media > 225 m/s). Approfondimenti di III° Livello

Punti di misura di rumore ambientale

 Punto di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di fo

Zone di attenzione per instabilità

- 3050 ZALQ1 - Zona di attenzione per liquefazioni tipo I
- 3080 Cedimenti differenziali
- 3070 Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti

Forme di superficie e sepolte

 Asse di paleoalveo

Figura 4.3 - Estratto della Tav. QC.B4.8.3 - Tavola 3.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio rosso). Immagine non in scala.

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica	Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 19/39

4.3 Categoria sismica del sottosuolo definita attraverso l'indagine geofisica svolta in sito

Presso l'area in esame è stata effettuata un'indagine geofisica, consistita nell'esecuzione di un profilo di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves). Maggiori dettagli sulla tipologia di indagine eseguita sono riportati nella relazione in allegato (*Allegato 2*).

Viene di seguito eseguita la classificazione dei terreni di fondazione secondo quanto previsto dalle norme tecniche allegate al D.M. 17/01/18 ed in particolare tenendo conto di quanto indicato nella Tabella 3.2.II (Categorie di sottosuolo), allegate al testo unico.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/18:

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

Secondo il D.M. 17/01/18, quindi, e tenuto conto dei risultati delle indagini Sismiche MASW e HVSR eseguite nel lotto di progetto, è stato calcolato un valore di $V_{s,eq}$ pari a 178 m/s e quindi il sito di progetto ricadrebbe in una "*categoria di sottosuolo D*".

<i>MASW Modena Via del Pozzo</i>		
	V_{s30} (m/s)	Categoria di sottosuolo
MASW	178	D

Categoria di sottosuolo D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o 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 m/s e 180 m/s.

Tabella 4.1 – Esiti dell'indagine geofisica eseguita presso il comparto ove ricade il sito in esame.

Per lo scenario individuato, viene eseguita pertanto un'analisi sito-specifica per la Stima degli effetti litologici sul Fattore di Amplificazione di sito (2° Livello di approfondimento), così come previsto dalla normativa regionale vigente e dagli studi e indirizzi di Microzonazione Sismica.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 www.geosat.org
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 20/39</p>

4.3.1 Analisi sito-specifica per la Stima degli effetti litologici sul Fattore di Amplificazione di sito (2° Livello di approfondimento)

Il secondo livello di approfondimento, per la normativa regionale emiliano-romagnola, prevede un'analisi semplificata nel caso di aree pianeggianti e sub-pianeggianti (come quella in cui ricade l'ingombro progettuale), incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e di versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante; vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, come quello rappresentativo dell'area di indagine.

Per il presente Studio Geologico è stata eseguita un'analisi della pericolosità locale di II° Livello basata sui risultati di n°1 prospezione sismica (MASW+HVSr) elaborata considerando le evidenze scaturite dalle prove geotecniche eseguite contestualmente e nella medesima area di studio (Prove Penetrometriche Statiche CPT).

In questo caso è stata stimata l'amplificazione del moto sismico attraverso gli abachi proposti dalla norma regionale vigente in materia di prevenzione del rischio sismico. In particolare, l'Allegato A2 al testo della DGR 476/2021 permette l'individuazione dei Fattori di Amplificazione rispetto ai parametri relativi allo scuotimento sismico (PGA, SA e SI) suddivisi per diversi intervalli di periodo di vibrazione dell'edificio di progetto. La normativa fornisce i rispettivi valori di F_a tabellari, sulla base dei parametri V_{s30} e V_{sH} (velocità media ponderata dei sismostrati fino al substrato geologico, anche non rigido), e per ciascun ambito geo-litologico omogeneo, individuato nel territorio regionale.

Il sito in esame ricade entro un settore pianeggiante, definito come “*Pianura 2*”, ovvero un “*settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di un'importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m dal p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.*”.

Secondo quanto riportato nell'All. 2 alla DGR 476/2021, si riporta quindi di seguito la tabella dei Fattori di Amplificazione previsti per il settore “PIANURA 2”.

Per PGA si intende l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ alla superficie del sito, per SA si intende il Fattore di amplificazione F_a calcolato mediante l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie di sito e per SI si intende il Fattore di amplificazione F_a calcolato mediante l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) alla superficie di sito.

V _{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V _{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** (0,1s ≤ T ≤ 0,5s), **SA2** (0,4s ≤ T ≤ 0,8s), **SA3** (0,7s ≤ T ≤ 1,1s),
SA4 (0,5s ≤ T ≤ 1,5s)

V _{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s ≤ T ≤ 0,5s), **SI2** (0,5s ≤ T ≤ 1,0s), **SI3** (0,5s ≤ T ≤ 1,5s)

Dal valore di Vs30 (coincidente in questo caso a Vs,eq) ottenuto dalla prospezione sismica eseguita presso il sito di progetto (Vs30/Vs,eq = 178 m/s), sono stati ricavati gli FA mediante gli abachi consultabili nell'Allegato A2 della DGR 476/2021 vigente (vedi immagine sopra). Ciascuno dei valori di FA così determinati per ciascuno dei periodi T di riferimento, è stato confrontato infine con il rispettivo valore indicato nella cartografia allegata al Quadro Conoscitivo comunale vigente (Dicembre 2020), all'interno del quale è stato recepito lo Studio di Microzonazione Sismica comunale.

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica	Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 22/39

Si riportano di seguito i suddetti confronti mediante apposita tabella riassuntiva:

Fattori di Amplificazione specifico	Periodi di calcolo del Fattore di Amplificazione (Tavola di riferimento)	Valori di Fa individuati dagli Abachi riportati nell' Allegato A2 del DGR 476/2021, per l'ambito "Pianura 2"	Valori di Fa riportati nella Cartografia allegata allo Studio di Microzonazione Sismica di 2° livello "sezione B4 del Quadro Conoscitivo del Comune di Modena" (Dicembre 2020)
Fa calcolato dallo spettro di risposta in termini di accelerazione	FA (PGA) (Q.C. B4 9.3 – Tav. 4.3) <i>Figura 4.4</i>	1,7	1,9 – 2,0
	FA SA1 _{0,1s-0,5s} (Q.C. B4 15.3 – Tav. 10.3) <i>Figura 4.8</i>	1,8	1,9-2,0 / 2,1-2,2
	FA SA2 _{0,4s-0,8s} (Q.C. B4 16.3 – Tav. 11.3) <i>Figura 4.9</i>	2,7	3,1 – 3,5
	FA SA3 _{0,7s-1,1s} (Q.C. B4 17.3 – Tav. 12.3) <i>Figura 4.10</i>	3,2	≥3,5
Fa calcolato dallo spettro di risposta in termini di velocità (intensità di Housner)	FA SA4 _{0,5s-1,5s} (Q.C. B4 18.3 – Tav. 13.3) <i>Figura 4.11</i>	3,1	-- (Fa non calcolato)
	FA SI1 _{0,1s-0,5s} (Q.C. B4 10.3 – Tav. 5.3) <i>Figura 4.5</i>	2,0	2,1-2,2 / 2,3-2,4
	FA SI2 _{0,5s-1,0s} (Q.C. B4 11.3 – Tav. 6.3) <i>Figura 4.6</i>	3,0	≥3,5
	FA SI3 _{0,5s-1,5s} (Q.C. B4 14.3 – Tav. 9.3) <i>Figura 4.7</i>	3,3	-- (Fa non calcolato)

I valori di FA ottenuti mediante gli abachi dell' Allegato A2 (applicando i risultati della prospezione sismica realizzata appositamente nel sito di progetto) risultano essere sempre inferiori rispetto a quelli indicati nella cartografia allegata allo Studio di Microzonazione Sismica di II° livello comunale recepita dall' adeguamento del Quadro Conoscitivo.

In relazione al valore di $V_{s,eq}$ ottenuto dalla prospezione sismica eseguita nell' area in esame, pari a 178 m/s (> di 150 e < 200 m/s), si ritiene che l' utilizzo della Categoria più penalizzante tra quelle disponibili secondo la procedura semplificata (3.2.2 NTC 2018), ovvero la categoria di Sottosuolo D, tenga debitamente conto dei fattori di amplificazione stimati dagli abachi di normativa regionale, per il sito di progetto.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 23/39</p>

Per la stima dell'amplificazione sismica locale, alla luce del confronto con i valori di Fa indicati nei documenti del Quadro Conoscitivo vigente, si è ritenuto corretto e sufficiente l'approccio all'analisi semplificata (II° livello di approfondimento, D.G.R. 476 del 04/2021), in quanto secondo il metodo, e secondo quanto indicato dalla stessa normativa regionale vigente, sono stati identificati per il settore in cui ricade l'area d'interesse, Fattori di Amplificazione tali per cui i fenomeni di amplificazione sismica locale innescabili sono ampiamente considerati nell'azione sismica di progetto dall'utilizzo della Categoria di Sottosuolo "D". Inoltre si segnala che sulla base delle indagini geotecniche e geofisiche prese in considerazione e dai rilievi eseguiti in sito, se si esclude la necessità di verificare la portanza dei terreni di fondazione rispetto alla sovrastruttura di progetto, non sono state riscontrate, all'interno dell'area indagata, problematiche geologiche-geomorfologiche, sismostratigrafiche o geotecniche rilevanti, come ad esempio aree di versante instabili o potenzialmente instabili, rapide variazioni della profondità del bedrock sismico (valli strette/profonde), aree suscettibili di effetti differenziali (zone di faglia, cavità sepolte, contatto laterale tra litotipi diversi) o forti contrasti di impedenza sismica entro la successione sismostratigrafica indagata, che giustificerebbero ulteriori approfondimenti per la valutazione del rischio sismico.

Si rimanda in ogni caso a specifiche considerazioni dei Tecnici Strutturisti incaricati in merito alla possibilità di eseguire comunque ulteriori approfondimenti sismici, anche in funzione del periodo proprio di vibrazione dell'edificio in progetto.

Nelle seguenti immagini (**Figure 4.4÷4.11**) si riportano le carte di microzonazione sismica di riferimento citate nella **Tabella** di pagina precedente.

A titolo informativo viene anche allegato stralcio della *Carta di microzonazione sismica Livello 2 (H_{SM})* (vedasi **Figura 4.12**) ove si indica che l'area in esame ricade in zona stabile suscettibile di amplificazioni locali parzialmente appartenente alla classe H a rischio basso (600-700) e parzialmente alla classe H a rischio medio (700-800). I valori di H_{SM} (Naso et al., 2019) esprimono lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s²), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASI_{UHS}), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi 0,1s≤T≤0,5s, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

La maggiore pericolosità sismica con valori H_{SM} tra 800 e 900 è concentrata nel settore di media pianura caratterizzato dalla presenza di un substrato rigido costituito da depositi alluvionali ghiaiosi con spessori di terreni superficiali fini di copertura tra 10 e 15 metri, mentre lateralmente dove tali spessori risultano tra 5 e

10 metri si rileva una pericolosità media con valori H_{SM} tra 700 e 800. La restante parte del territorio Comunale presenta valori di H_{SM} più contenuti compresi tra 600 e 700.

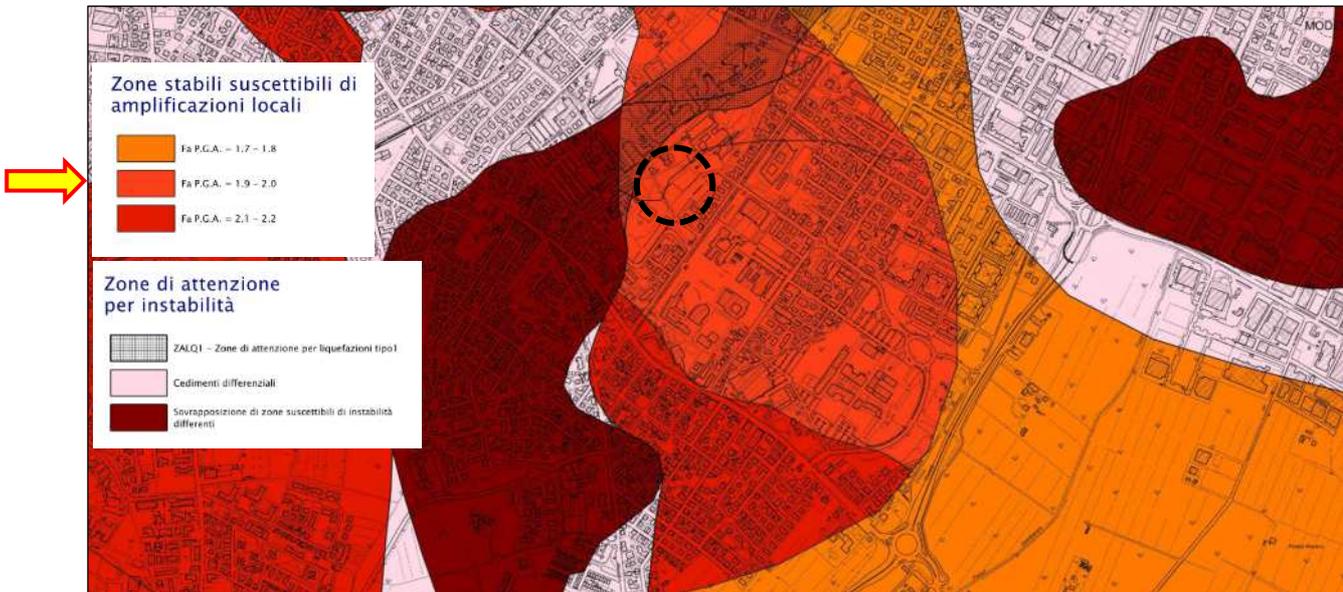


Figura 4.4 - Estratto della Tav. QC.B4.9.3 - Tavola 4.3 Carta di microzonazione sismica Livello 2 (FPGA) - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero tratteggiato). Immagine non in scala.



Figura 4.5 - Estratto della Tav. QC.B4.10.3 - Tavola 5.3 Carta di microzonazione sismica Livello 2 (FH 0.1-0.5) - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero tratteggiato). Immagine non in scala.



Figura 4.6 - Estratto della Tav. QC.B4.11.3 - Tavola 6.3 Carta di microzonazione sismica Livello 2 (FH 0.5-1.0) - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero tratteggiato). Immagine non in scala.



Figura 4.7 - Estratto della Tav. QC.B4.14.3 - Tavola 9.3 Carta di microzonazione sismica Livello 2 (FH 0.5-1.5) - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero tratteggiato). Immagine non in scala.



Figura 4.8 - Estratto della Tav. QC.B4.15.3 - Tavola 10.3 Carta di microzonazione sismica Livello 2 (FA 0.1-0.5) - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero tratteggiato). Immagine non in scala.



Figura 4.9 - Estratto della Tav. QC.B4.16.3 - Tavola 11.3 Carta di microzonazione sismica Livello 2 (FA 0.4-0.8) - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero tratteggiato). Immagine non in scala.



Figura 4.10 - Estratto della Tav. QC.B4.17.3 - Tavola 12.3 Carta di microzonazione sismica Livello 2 (FA 0.7-1.1) - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero tratteggiato). Immagine non in scala.



Figura 4.11 - Estratto della Tav. QC.B4.18.3 - Tavola 13.3 Carta di microzonazione sismica Livello 2 (FA 0.5-1.5) - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero tratteggiato). Immagine non in scala.

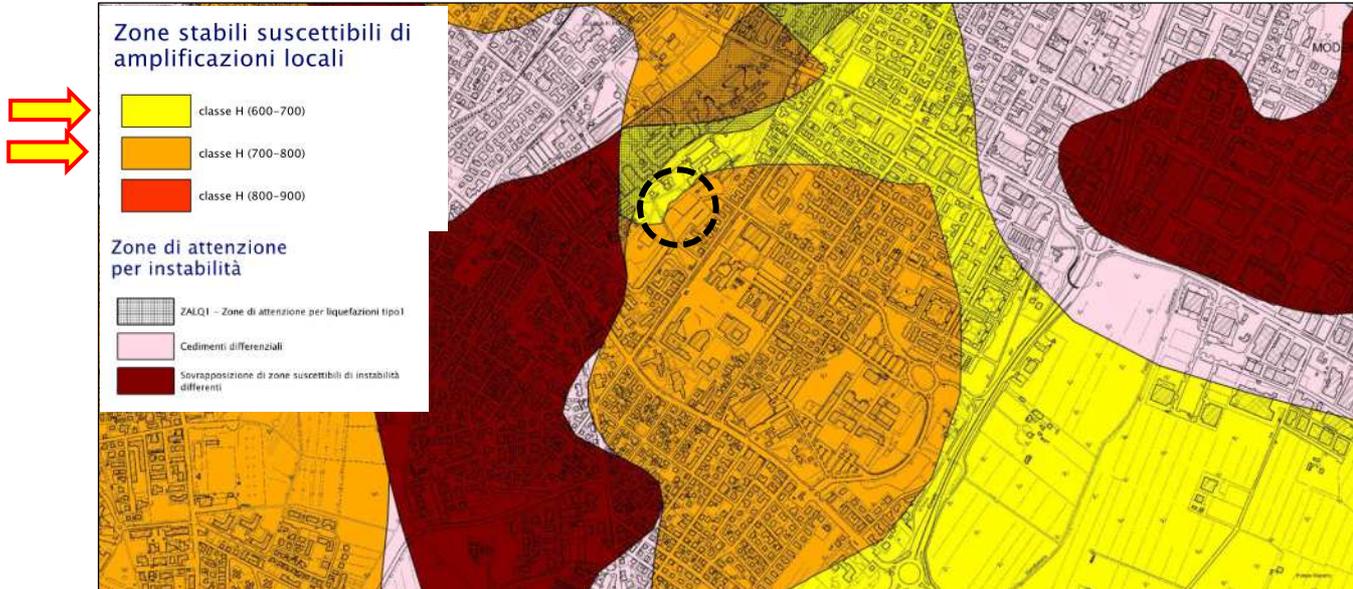


Figura 4.12 - Estratto della Tav. QC.B4.19.3 - Tavola 14.3 Carta di microzonazione sismica Livello 2 (H_{SM}) - allegata allo studio di microzonazione sismica, con indicazione dell'area in esame (cerchio nero tratteggiato). Immagine non in scala.

4.4 Verifica a liquefazione

Per la verifica alla liquefazione, la normativa di riferimento è rappresentata dalle NTC (Norme Tecniche Costruzioni), emesse con Decreto del Ministero delle Infrastrutture, il 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

Come riportato nella carta dello studio di microzonazione sismica a supporto dello strumento urbanistico comunale (vedasi **Figura 4.3**) l'area di interesse ricade in un settore (zona 8 e 10) per la quale non si evidenzia la presenza di livelli sabbiosi potenzialmente liquefacibili.

In base a quanto previsto dalla normativa (vedasi § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018), ed in relazione alle stratigrafie caratteristiche del terreno costituente il sottosuolo, che individuano la presenza di materiali coesivi esterni ai fusi granulometrici caratterizzanti i terreni potenzialmente suscettibili alla liquefazione, si ritiene quindi che possa essere esclusa la verifica a liquefazione.

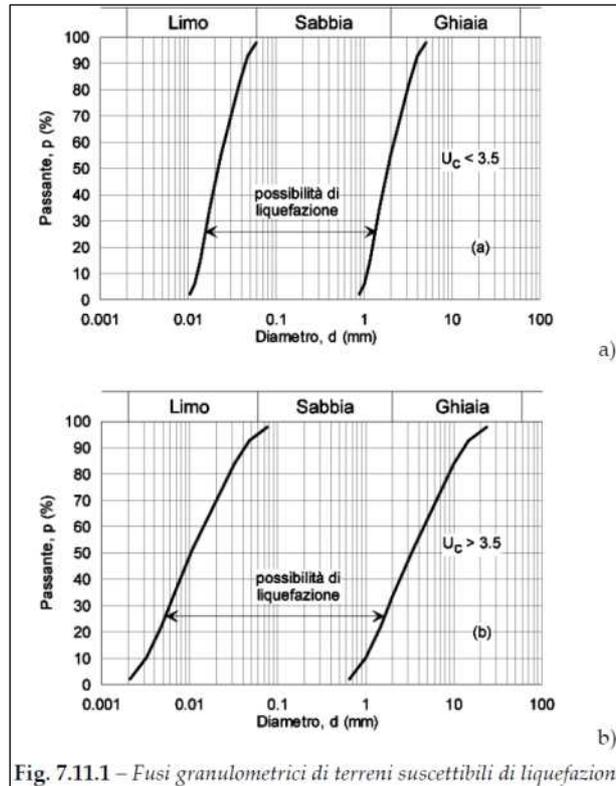


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Figura 4.13 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione tratto dalle NTC18. Dalla descrizione stratigrafica relativa alle indagini condotte in sito, si nota come i terreni del sito si collochino nel settore a sinistra del campo di possibile liquefazione.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 30/39</p>

5) INDAGINI GEOTECNICHE CONDOTTE IN SITO

L'indagine geotecnica condotta in sito è consistita nell'esecuzione di:

- n. 1 sondaggio geognostico (SA) spinto fino alla profondità massima di 30,0 m da p.c. con esecuzione nel corso del sondaggio di prove SPT;
- n. 5 prove CPT (CPT1, CPT2, CPT3, CPT4 e CPT5);
- n. 1 indagine sismica indiretta di tipo MASW;
- n. 1 misura HVSr.

I risultati della campagna d'indagine geotecnica e geofisica sono allegati alla presente. L'ubicazione delle prove sopra indicate è riportata in *Allegato*.

5.1 Sondaggio geotecnico

I sondaggi a carotaggio sono una tipologia di indagine diretta effettuata sia sulle rocce che sui terreni sciolti. Si tratta di perforazioni di diametro in genere tra 100 e 110 mm, che vengono condotte allo scopo di ricostruire con accuratezza il profilo stratigrafico del terreno, e di permettere, a seconda delle circostanze, della natura dei terreni e dello scopo e dell'importanza del progetto anche di:

- prelevare campioni rappresentativi (per eseguire eventuali prove di laboratorio, geotecnico ed anche di tipo chimico);
- installare eventuali strumenti di misura (i più comuni sono, ad es., i piezometri per misurare il livello di falda o permettere di prelevare campioni di acqua di falda; inclinometri per misurare eventuali spinte del terreno (in aree franose); tubazioni in profondità per effettuare prove geofisiche in foro (p.es.: *cross hole* e *down hole*));
- eseguire, nel corso della perforazione, prove geotecniche (le più comuni sono le misurazioni di resistenza alla penetrazione (Standard Penetration Test-SPT));
- misurare la profondità della superficie piezometrica.

La perforazione viene eseguita mediante sonda a rotazione a spinta idraulica, mediante carotieri semplici o doppi a seconda della natura dei terreni attraversati e avendo cura, nelle operazioni di perforazione, di arrecare il minimo il disturbo ai materiali attraversati e di consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 <p>www.geosat.org</p>
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 31/39</p>

Le pareti del foro sono sostenute, a seconda delle esigenze, da fluidi di circolazione (le tecniche correnti di perforazione avvengono con utilizzo di acqua additivata con polimeri biodegradabili) o da rivestimenti provvisori (anch'essi messi in opera con utilizzo di fluidi di circolazione che fungono sia da pellicola lubrificante rispetto al terreno e da elemento, per propria viscosità e densità, che più facilmente veicola i detriti di perforazione verso l'esterno).

Nel corso del sondaggio viene rilevata la stratigrafia del terreno attraversato e vengono annotati tutti gli elementi relativi ai campionamenti ed alle prove in situ. La stratigrafia del sondaggio eseguito è riportata in allegato ("**Raccolta esiti indagini geotecniche**").

5.2 Prove penetrometriche in fase di avanzamento (SPT)

Le prove Standard Penetration Test (S.P.T.) vengono eseguite in avanzamento dell'esecuzione del sondaggio per verificare puntualmente il grado di resistenza alla penetrazione che via via si registra, in funzione delle diverse tipologie di terreno, dell'eventuale presenza di falda, e delle condizioni geostatiche cui è soggetto il terreno, in profondità su quella verticale di prova.

La prova consiste nell'infiggere nel terreno, mediante una massa battente esterna al foro (correntemente si utilizza un maglio a sgancio automatico) del peso standard di 63,4 kg, cadente da un'altezza standard di 75 cm, di un utensile standard per dimensioni e lunghezza, chiamato campionatore Raymond (o "punta aperta". In ghiaie o in terreni molto compatti o con presenza di ciottoli, quali quelli prevalenti presso il sito in esame, la "punta aperta" viene sostituita da una punta chiusa, anch'essa di dimensioni standardizzate, con apertura conica di 60°.

La prova SPT consiste quindi nell'infissione dell'utensile (a "punta aperta" o a "punta chiusa") nel terreno sottostante il fondo della perforazione raggiunta via via dalle varie successive manovre di carotaggio. L'infissione avviene per tre tratti consecutivi di 15 cm (totali 45 cm di profondità) annotando il numero di colpi del maglio necessari per l'infissione di ogni singola tratta di 15 cm.

I valori riferiti ai primi 15 cm vengono in genere scartati, dai Progettisti geotecnici, in quanto ritenuti non rappresentativi dell'effettivo stato "a riposo" del terreno (si ritiene infatti che la perforazione possa produrre un certo disturbo nel volume di terreno immediatamente a ridosso della verticale perforata). I valori delle seconde e terze "volate" vengono tra loro sommate e definite con la sigla N_{SPT} . Il valore di N_{SPT} è quello che

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 www.geosat.org
Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica	Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 32/39

viene comunemente utilizzato per poi definire valori di addensamento, di angolo di attrito, ecc., alla base dei calcoli geotecnici.

Qualora, durante le varie fasi di infissione della punta, si raggiungano valori di 50 colpi (per il primo avanzamento di 15 cm) o di 100 colpi (per i successivi 30 cm), si determinano condizioni di “rifiuto” ancorché non si raggiunga la profondità teorica di infissione.

Le schede descrittive stratigrafiche, contenenti anche le informazioni circa i livelli di falda registrati in corso d’opera (si ricorda che i dati corretti possono essere ricavati mediante rilievi strumentali da piezometri), oltre che dei valori di resistenza alla penetrazione SPT e dei diagrammi delle analisi granulometriche effettuate sono riportati nella documentazione in allegato (“**Raccolta esiti indagini geotecniche**”).

5.3 Prove penetrometriche statiche (CPT)

Le prove penetrometriche statiche (CPT) eseguite consentono la misurazione continua della resistenza alla penetrazione offerta dal terreno in relazione all’infissione nello stesso mediante un sistema di spinta oleodinamica a velocità costante di una punta standard e permettono dunque di conoscere lo stato di addensamento (nel caso di terreni prevalentemente sabbiosi) o la consistenza (nel caso di terreni prevalentemente limosi-argillosi) degli strati attraversati.

Le prove CPT sono state eseguite con un penetrometro statico tipo Pagani 200 kN.

La metodologia di prova è standardizzata e consiste nell’infissione a velocità costante di una punta conica e di un manicotto aventi le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE TECNICHE DELL’ATTREZZATURA DI PROVA

(Penetrometro CPT)

Lecture eseguite:	resistenza alla punta (q_c), resistenza laterale (f_s)
Angolo apertura della punta conica:	60°
Diametro punta conica:	35,7 mm
Area della punta conica:	10 cm²
Passo lecture:	20 cm
Superficie del manicotto:	150 cm²
Costante di trasformazione:	10

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 33/39</p>

Durante la prova viene eseguita la lettura della resistenza alla punta (q_c) e della resistenza laterale (f_s) che il terreno offre alla punta e al manicotto in tratti di lunghezza di 20 cm. Le prove penetrometriche sono state eseguite a partire dal p.c.; la profondità massima esplorata è pari a circa -25,20 m dal p.c..

Le prove penetrometriche eseguite (sia di tipo statico che dinamico) non permettono di verificare direttamente la composizione granulometrica del terreno indagato (come avviene attraverso l'esecuzione di sondaggi a carotaggio); le caratteristiche granulometriche sono pertanto desunte indirettamente. Tuttavia, data la tipologia del terreno di fondazione desunto dal sondaggio eseguito, le prove penetrometriche eseguite hanno permesso di ricostruire con sufficiente precisione il profilo geotecnico di riferimento.

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica	Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 34/39

6) PARAMETRAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

6.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni

Sulla scorta dei risultati relativi all'indagine geotecnica svolta in corrispondenza del sito, riportati in allegato, è stato definito il relativo profilo stratigrafico e geotecnico di riferimento.

Partendo dalla quota di inizio delle prove è stata, quindi, definita la seguente successione stratigrafica (vedasi la **Tabella 6.1**).

Strato	Prof. strato (m dal piano inizio prova)	NsPT medio	Descrizione strato	Stato di addensamento (AGI, 1977)
A	0,0 ÷ -4,00	6	Argille, limi, sabbie/Materiale di riporto	Poco addensato
B	-4,00 ÷ -18,00	14	Argille, argille limose, argille sabbiose	Moderatamente addensato/consistente
C	-18,00 ÷ -24,50	18	Argille, argille limose, argille sabbiose	Moderatamente addensato/consistente
D	-24,50 ÷ -26,00	23	Ghiaia sabbiosa	Moderatamente addensato
E	-26,00 ÷ -30,00	18	Argille, argille limose, argille sabbiose	Moderatamente addensato/consistente

Tabella 6.1 - Identificazione degli strati attraversati dall'indagine geotecnica; in tabella è indicata la classificazione, in base allo stato di addensamento (A.G.I., 1977), degli strati di terreno attraversati. La natura dei terreni riportata è da ritenersi orientativa e non può essere considerata utile al fine di classificare dal punto di vista merceologico i terreni di fondazione.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 www.geosat.org
Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica	Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 35/39

6.2 Parametri geotecnici del sito

Al fine di definire il modello geotecnico del sottosuolo per l'intervento edilizio da realizzare, si è proceduto alla determinazione dei principali parametri geotecnici caratteristici (di resistenza e di deformabilità) tramite le correlazioni di seguito riportate.

Terreni granulari

Densità relativa:

Skempton, 1986

$$Dr = 100 \sqrt{\frac{(N_1)_{60}}{60}} \quad [\%]$$

$N_{60} = N_{SPT}(ER/60)$, valore medio di N_{SPT} corretto in funzione dell'energia rilasciata dal sistema di battitura, con $ER=65\%$
 $(N_1)_{60} = N_{60} \cdot C_N$, valore di N_{SPT} corretto in funzione del rendimento e della profondità di prova, dove:

$C_N = (98,1/\sigma'_{vo})^{0,5}$ (Whitman e Liao); $C_N = 2/(1+\sigma'_{vo}/100)$ (per sabbie fini); $C_N = 3/(2+\sigma'_{vo}/100)$ (per sabbie grosse).

Angolo di resistenza al taglio di picco:

Meyerhof, 1965:

$$\varphi = 29,47 + 0,46 N_{spt} - 0,004 N_{spt}^2 \quad (< 5\% \text{ di limo})$$

$$\varphi = 23,7 + 0,57 \cdot N_{spt} - 0,006 \cdot N_{spt}^2 \quad (> 5\% \text{ di limo})$$

Schmertmann, 1977:

$$\varphi = 28 + 0,14 \cdot D_r \quad (\text{sabbia fine uniforme})$$

$$\varphi = 31,5 + 0,11 \cdot D_r \quad (\text{sabbia media uniforme/sabbie fini ben gradate})$$

$$\varphi = 34,5 + 0,10 \cdot D_r \quad (\text{sabbia grossa uniforme/sabbia media ben gradata})$$

$$\varphi = 38 + 0,08 \cdot D_r \quad (\text{ghiaietto uniforme/sabbia e ghiaia poco limosa})$$

Modulo di deformabilità (modulo di elasticità o di Young): Bowles (1991); D'Appolonia (1977)

GEOSAT srl

GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA
INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)
Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org



www.geosat.org

Modena (MO) – Ospedale Policlinico
Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori
Relazione geologica

Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024

Revisione: 00 Pag. 36/39

Terreni coesivi

Coesione non drenata: formula della capacità portante

$$C_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k} \quad [\text{kPa}]$$

dove:

σ_{v0} : pressione geostatica totale del terreno alla profondità indagata [kPa];

N_k : coefficiente che tiene conto delle caratteristiche della punta assunto pari a 14 (Lunne, 1976 e Baligh, 1980).

Modulo di deformabilità (modulo di elasticità o di Young): Bowles, 1991

$$E = \alpha \cdot q_c$$

Dove α è un coefficiente moltiplicativo che dipende dal terreno considerato (3÷8 per argilla soffice).

Oppure, considerando la C_u :

$$E = 100 \div 500 \cdot C_u \quad \text{per argilla } I_p > 30 \text{ o organica}$$

$$E = 500 \div 1500 \cdot C_u \quad \text{per argilla } I_p < 30 \text{ o rigida}$$

Dove I_p è l'indice di plasticità dell'argilla.

I parametri geotecnici di riferimento sono riportati nella seguente tabella, ove oltre ai valori medi di N' ed ai valori relativi ai parametri geotecnici, sono stati riportati anche i valori (stimati in base al grado di addensamento relativo D_r) del peso nell'unità di volume del terreno naturale (γ), dell'angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ') e quello a "volume costante" (ϕ_{cv}). Si riportano anche i valori stimati di coesione efficace (c') e non drenata (c_u) riferiti ai livelli coesivi.

GEOSAT srl

GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA
INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)
Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org



www.geosat.org

Modena (MO) – Ospedale Policlinico
Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori
Relazione geologica

Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024

Revisione: 00

Pag. 37/39

Strato	Spessore strato (m dal piano inizio prova)	N _{SPT} medio	γ [kN/m ³]	γ [kN/m ³]	Dr [%]	ϕ'_p [°]	ϕ'_{cv} [°] (stima)	Cu [kPa]	c' [kPa]	E [kPa]
A	0,0 ÷ -1,40	6	18,0	-	43	29	25	-	-	3.500 ÷ 4.700
A*	-1,40 ÷ -4,00	6	18,0	9,0	39	28	24	-	-	3.500 ÷ 4.700
B	-4,00 ÷ -18,00	14	18,5	9,5	-	-	-	62	5	6.000 ÷ 8.200
C	-18,00 ÷ -24,50	18	19,0	10,0	-	-	-	80	7	7.500 ÷ 11.000
D	-24,50 ÷ -26,00	23	19,5	10,5	50	37	33	-	-	36.000 ÷ 48.000
E	-26,00 ÷ -30,00	18	20,0	11,0	-	-	-	95	9	9.000 ÷ 12.000

Tabella 6.2 - Valori dei principali parametri geotecnici del sito desunti dall'indagine geotecnica eseguita nel giugno 2024. Con asterisco (*) è indicata la porzione di strato assunta come immersa in falda.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 <p>www.geosat.org</p>
<p>Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica</p>	<p>Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 38/39</p>

7) CONCLUSIONI

Nel presente documento sono state esaminate le condizioni geologiche, idrauliche, idrogeologiche e sismiche dei terreni relativi ad un'area ubicata a Modena (MO), in Via del Pozzo, 71, situata all'interno del Policlinico di Modena, ove è prevista la realizzazione di un nuovo edificio polifunzionale, in c.a. a tre piani fuori terra oltre ad un piano tecnico in copertura.

Di seguito breve sintesi degli argomenti trattati.

Inquadramento geologico e geomorfologico (§2)

Il settore geografico in esame ricade in un'area di pianura caratterizzata dalla presenza di depositi fluviali di età quaternaria, costituiti prevalentemente da depositi di piana alluvionale costituiti da litologie argillose, limose e sabbiose.

Idrografia e rischio idraulico (§3.1)

L'area in studio non è direttamente interessata dalla presenza di corsi d'acqua.

Per quanto concerne le applicazioni e le indicazioni fornite dalla Direttiva Alluvioni, il sito in esame non ricade all'interno delle aree esondabili del reticolo idrico principale.

Presenza di acqua nel sottosuolo (§3.2)

Dalla consultazione della carta idrogeologica allegata al PUG comunale si evince che, presso l'area in esame, la soggiacenza dell'acquifero confinato superiore è minore di 5 m.

A livello locale si osserva una direzione di falda tendenzialmente orientata SudOvest – NordEst.

Durante l'effettuazione dell'indagine geotecnica presso il sito nel giugno del 2024 è stata individuata la falda a partire da -1,40 m dal piano campagna.

Classificazione sismica del sottosuolo (§5)

Tramite indagine geofisica eseguita in loco si è individuata, per l'area in esame, una categoria di sottosuolo D. Inoltre, l'area ricade, in base a quanto indicato nello Studio di microzonazione sismica a supporto del comunale:

- in zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
- in aree ove l'approfondimento di II livello ha determinato:
 - FA P.G.A. = 1,7;

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA- GEOLOGIA- TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 www.geosat.org
Modena (MO) – Ospedale Policlinico Realizzazione Nuova Palazzina Laboratori Relazione geologica	Nome file: 2504-01 R1 del 08.08.2024 Revisione: 00 Pag. 39/39

- FA SA1_{0.1-0.5} = 1,8;
- FA SA2_{0.4-0.8} = 2,7;
- FA SA3_{0.7-1.1} = 3,2;
- FA SA4_{0.5-1.5} = 3,1;
- FA SI1_{0.1-0.5} = 2,0;
- FA SI2_{0.5-1.0} = 3,0;
- FA SI3_{0.5-1.5} = 3,3;
- Classe H_{SM} 600-700/700-800.

Caratteristiche geotecniche del sottosuolo indagato (§6)

L'indagine geotecnica ha evidenziato un sottosuolo costituito da materiali prevalentemente coesivi con presenza di argille e argille limose, talvolta con livelli sabbiosi. In profondità (tra ca. 24,5 m e 26,0 m da p.c.) si è intercettato uno strato di materiale prevalentemente granulare ghiaioso sabbioso.

Le caratteristiche di addensamento/consistenza, peso di volume e modulo elastico di ciascuno strato sono più dettagliatamente descritte nel §6.

Dott. Geol. Giuseppe Baroni

IL DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Giuseppe Baroni




Dott. Geol. Daniele Torzoni



MODENA – OSPEDALE POLICLINICO

PALAZZINA LABORATORI

RELAZIONE GEOFISICA GENERALE

ALLEGATO 1

GEOSAT srl

GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA
INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)
Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org



www.geosat.org

Modena (MO) – Via del Pozzo-Via Campi
Relazione Geofisica Generale

Nome file: 2504-01
Rev.: 00

del 05/07/2024
Pag. 1/15

INDICE

1) PREMESSA	2
2) ANALISI HVSR	2
2.1 CENNI SULLA METODOLOGIA HVSR	2
2.2 ACQUISIZIONE DEI DATI	3
2.3 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI ACQUISITI	3
2.4 DESCRIZIONE DEI RISULTATI	6
3) INDAGINE SISMICA MASW	7
3.1 CENNI SULLA METODICA MASW	7
3.2 ACQUISIZIONE DEI DATI	8
3.3 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI ACQUISITI	9
3.3.1 <i>Determinazione dello spettro di velocità ed individuazione delle curve di dispersione</i>	9
3.3.2 <i>Procedure di modellazione diretta e analisi congiunta Rayleigh + Love + HVSR</i>	10
4) PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO	12
5) CONCLUSIONI	14

1) PREMESSA

Nella presente relazione si esaminano i risultati della prospezione geofisica eseguita in data 28/06/2024, presso un sito ubicato in Via del Pozzo, nel comune di Modena (MO).

Le indagini in sito sono consistite nell'esecuzione di n° **1 profilo di sismica multicanale** con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dei dati **mediante metodologia MASW** (Multi-channel Analysis of Surface Waves) e nell'esecuzione di n° **1 indagine sismica passiva con metodo HVSR**.

Si è così ricostruito l'andamento medio delle onde di taglio *S* in corrispondenza dello stendimento, valutato il parametro $V_{s,eq}$ del sito e si è quindi classificato il terreno di fondazione secondo le tabelle allegate al D.M. 17/01/2018, misurando eventualmente il periodo proprio di vibrazione di sito.

I risultati delle prove penetrometriche CPT, da noi eseguite contestualmente alle prospezioni sismiche, in corrispondenza del sito di progetto, sono stati tenuti in considerazione durante l'elaborazione dei dati sismici.

2) ANALISI HVSR

Allo scopo di migliorare la definizione del profilo verticale V_s nelle porzioni più profonde e per fornire una **frequenza di risonanza di sito**, si è scelto di eseguire una misurazione dei microtremori sismici ambientali per la definizione e l'analisi del rapporto spettrale H/V.

2.1 Cenni sulla metodologia HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale.

La prova a stazione singola, nota anche come prova Nakamura (1989), consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti.

Il risultato di questa prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione di sito. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi, sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 <p>www.geosat.org</p>
<p>Modena (MO) – Via del Pozzo-Via Campi Relazione Geofisica Generale</p>	<p>Nome file: 2504-01 del 05/07/2024 Rev.: 00 Pag. 3/15</p>

L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza f_r relativa alla configurazione stratigrafica del sito. Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

2.2 *Acquisizione dei dati*

Nell'area d'indagine, in corrispondenza dello stendimento sismico MASW, è stata eseguita, mediante stazione singola o tromometro, una misura di rumore sismico ambientale per un tempo di registrazione massimo di 15 minuti.

La strumentazione utilizzata è composta nello specifico di:

- un sistema di ricezione costituito da un tromometro CGE a 3 componenti geofoniche con frequenza propria di 2 Hz per acquisizioni del microtremore lungo la direzione verticale e le due direzioni orizzontali ortogonali.
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms (campionamento eseguito a 4 ms). Il sistema di acquisizione è completato da un computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

2.3 *Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti*

I risultati delle analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software *winMASW* versione *Acd 7.1* che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore, misurate sul piano orizzontale e verticale passanti per il punto di misura. A questo scopo, l'acquisizione del rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 ms), per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto. Si riportano di seguito (**Figura 2.1**) i dati acquisiti mediante misura del microtremore sismico ambientale.

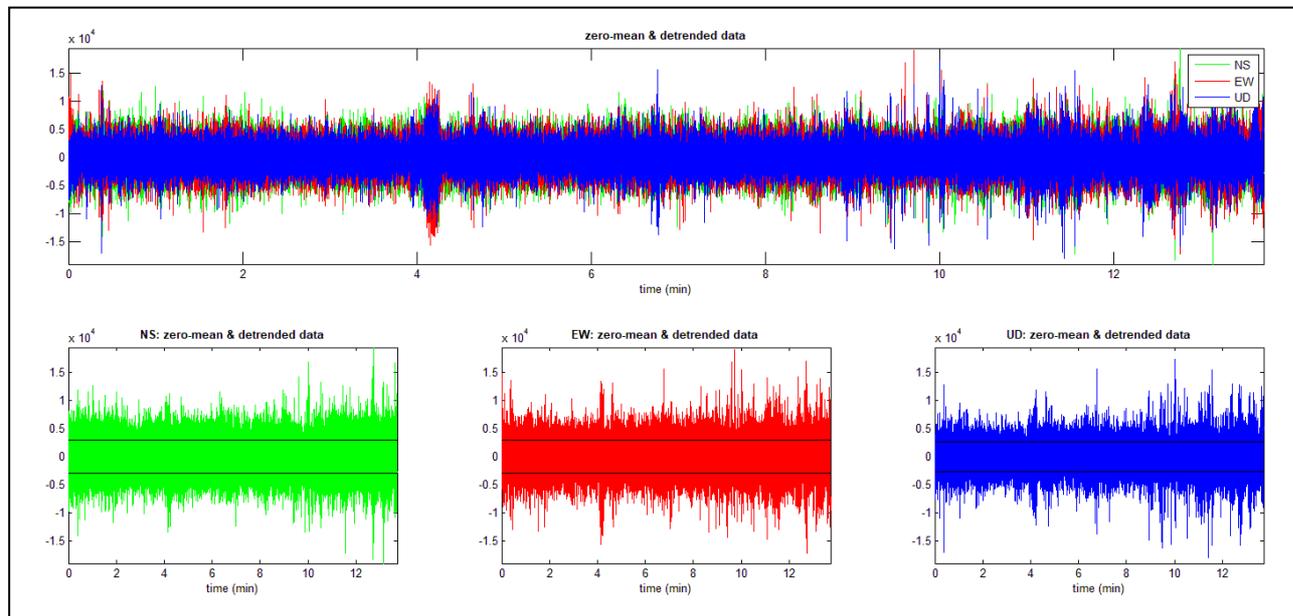


Figura 2.1 - Visualizzazione dei dati dopo la rimozione degli eventi transienti principali.

La determinazione della curva HVSR (**Figura 2.2**) ha previsto in sintesi i seguenti steps:

- 1) Eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi non conformi al rumore ambientale (transienti). Questa operazione produce una diminuzione della lunghezza del segnale analizzato.
- 2) Definizione della lunghezza degli intervalli entro cui calcolare le curve HVSR (20 ms).
- 3) Calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto.
- 4) Operazione di smoothing degli spettri di Fourier.
- 5) Somma delle due componenti orizzontali x e y.
- 6) Calcolo delle curve HVSR come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari.
- 7) Calcolo della curva HVSR media tra le n curve HVSR.

La validità della curva H/V ottenuta viene verificata, mediante software *winMASW*, secondo i criteri di ammissibilità del progetto SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti). Si riportano di seguito la curva HVSR ottenuta e le rispettive risultanze dell'applicazione dei criteri di verifica SESAME.

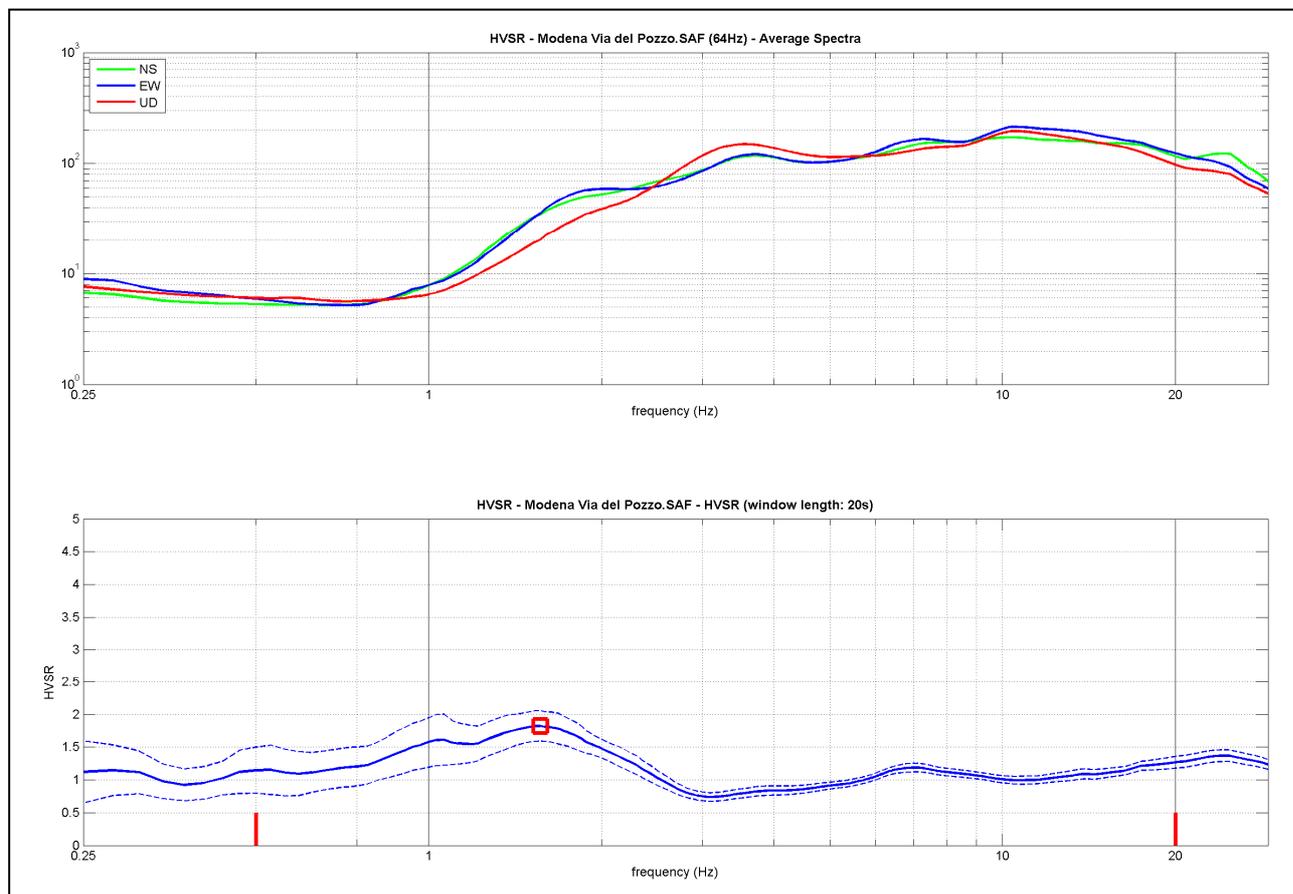


Figura 2.2 - Curva HVSR e rispettivo spettro medio di ampiezza.

I risultati parziali ottenuti, durante le fasi di elaborazione della curva H/V, sono stati iterativamente controllati andando a valutare la direttività e la stabilità nel tempo della curva HVSR. Un buon valore di direttività e cioè un'uniformità spaziale del segnale, ed una sua buona persistenza nel tempo, sono indice della validità stratigrafica del segnale sismico elaborato.

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Modena (MO) – Via del Pozzo-Via Campi Relazione Geofisica Generale	Nome file: 2504-01 del 05/07/2024 Rev.: 00 Pag. 6/15

Verifica della curva HVSR ai criteri SESAME (Peak frequency (Hz): 1,6 - Peak HVSR value: 1,8)

Criteria for a reliable H/V curve (Criteri per una curva affidabile)

- #1. $[f_0 > 10/L_w]$: $1.564 > 0.5$ (OK)
- #2. $[n_c > 200]$: $2440 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

Criteria for a clear H/V peak (Criteri per un picco H/V chiaro)

- #1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f_-) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency 0.5Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f_+) < A_0/2]$: yes, at frequency 2.7Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $1.8 < 2$ (NO)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)]$: $1.156 > 0.156$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.233 < 1.78$ (OK)

2.4 Descrizione dei risultati

Il picco a 1,6 Hz di ampiezza pari a 1,8 rispetta tutti i criteri SESAME per una curva affidabile. Tuttavia, non è rispettata la condizione che prevede la verifica di un minimo di 5 criteri su 6 per un picco chiaro, nonostante siano stati modificati, in diverso modo, i parametri di elaborazione.

Dall'analisi della curva HVSR, eseguita tra 0,5 Hz e 20,0 Hz (frequenze di interesse ingegneristico), è quindi risultata una possibile frequenza principale di risonanza attorno a 1,6 Hz. Questa non può essere definita come certamente significativa ai fini dell'individuazione di una possibile frequenza di risonanza di sito.

Dall'andamento delle tre componenti che costituiscono il segnale acquisito, si specifica che il picco di risonanza del sito indagato, nonostante non siano verificati tutti i criteri SESAME, può essere comunque ritenuto di origine stratigrafica e correlabile ad un contrasto di impedenza sismica presente a circa -20/-25 m di profondità dal p.c., tra i depositi argilloso-limosi scarsamente consistenti della sequenza alluvionale che caratterizza il territorio in cui ricade l'area in esame, e sottostanti orizzonti di natura granulare maggiormente addensati afferenti alla medesima unità deposizionale.

Pur tenendo debitamente conto delle limitazioni che tale metodologia presenta per la ricostruzione di un profilo sismostratigrafico dettagliato, il picco individuato dall'analisi HVSR è stato comunque utilizzato, tramite modellazione diretta, nell'analisi congiunta MASW+HVSR, per trarre informazioni sismostratigrafiche utili da integrare all'analisi MASW di seguito riportata.

3) INDAGINE SISMICA MASW

3.1 Cenni sulla metodica MASW

Con una prospezione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) si analizza il fenomeno della dispersione che le onde sismiche di superficie (surface waves) subiscono in un mezzo stratificato (come il terreno). La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), è influenzata dalle specifiche proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta velocità di fase.

Le MASW attive sono realizzate tramite analisi delle onde di Rayleigh o delle onde di Love oppure congiuntamente Rayleigh+Love. Queste perturbazioni rappresentano le onde di superficie prodotte dall'interazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Le onde di Rayleigh, generate attraverso un sistema di impatto di una massa battente sul suolo, vengono registrate tramite geofoni verticali a bassa frequenza; le onde di Love vengono invece acquisite tramite geofoni a componente orizzontale. Durante l'indagine in oggetto sono state registrate sia la componente verticale delle onde di Rayleigh che le onde di Love.

Poiché la dispersione delle onde nel terreno dipende dalle specifiche caratteristiche composizionali e di addensamento del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale si ricavano le caratteristiche fondamentali del terreno quali ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s propria degli strati di terreno e lo spessore dei singoli strati. La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio.

L'analisi del fenomeno della dispersione (curva di dispersione) permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del dataset è ottenuta mediante il passaggio dal dominio spazio-tempo (sismogramma) al dominio velocità di fase/frequenza (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato. Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti. Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

- 1) La percentuale di energia convertita in onde di Superficie è di gran lunga maggiore (67%) rispetto a quella coinvolta nella propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
- 2) La propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica anche in caso di inversioni di velocità. Rispetto alla sismica a rifrazione, infatti, il metodo MASW non presenta problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	 www.geosat.org
<p>Modena (MO) – Via del Pozzo-Via Campi Relazione Geofisica Generale</p>	<p>Nome file: 2504-01 del 05/07/2024 Rev.: 00 Pag. 8/15</p>

- 3) La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al Testo Unico).

3.2 Acquisizione dei dati

L'ubicazione e la lunghezza dello stendimento sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi oggetto di interesse e dell'ingombro delle strutture di progetto. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (4-6-8-10-15 m) a diversa intensità di energizzazione e in modo coniugato rispetto allo stendimento. Per l'acquisizione delle onde di Love lo stendimento sismico ha previsto una distanza intergeofonica pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni, con offset di 4 m dall'ultimo geofono.

L'acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh è avvenuta mediante registrazione della propagazione del segnale sismico generato da una sorgente ad impatto verticale (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale.

L'acquisizione delle onde di Love è avvenuta invece mediante uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente orizzontale posti trasversalmente all'allungamento dello stendimento, generando un'onda sismica di taglio mediante martellata orizzontale su piastra posta verticalmente nel terreno.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- Una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale (Rayleigh) e orizzontale (Love) di una mazza battente di 10 kg su piastra;
- Un sistema di ricezione costituito alternativamente da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Rayleigh) a movimento verticale (Geospace GS11D) e da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Love) a movimento orizzontale (Senshe con livello a bolla), entrambi a frequenza di 4,5 Hz e puntali da 3", collegati mediante un cavo multielettrodo;
- Un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (Geode Geometrics Mod. 3-1000); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di acquisizione è completato da dispositivo di trigger, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

<p>GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org</p>	
<p>Modena (MO) – Via del Pozzo-Via Campi Relazione Geofisica Generale</p>	<p>Nome file: 2504-01 del 05/07/2024 Rev.: 00 Pag. 9/15</p>

3.3 Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

3.3.1 Determinazione dello spettro di velocità ed individuazione delle curve di dispersione

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale, è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase.

Viene utilizzato lo spettro di velocità in quanto è il dominio dove è chiaramente più immediato e naturale comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto quindi i sismogrammi più idonei (**Figura 3.1 a**), quelli solitamente con il miglior rapporto segnale/rumore, si esegue una trasformata dal dominio spazio/tempo al dominio frequenza/velocità (**Figura 3.1 b**).

Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi modi, che possono sovrapporsi all'interno dello spettro di velocità.

Se tale sovrapposizione avviene, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione. Al fine di individuare i modi corretti e correlabili alla reale successione stratigrafica è stato scelto di eseguire un'**analisi congiunta delle onde di Rayleigh e delle onde di Love**. L'interpretazione degli spettri è consistita quindi nel confrontare le distribuzioni di energia tra i vari modi. Dato che la distribuzione dell'energia nelle due componenti Love e Rayleigh è risultata a tratti differente (**Figura 3.1**), l'analisi congiunta è risultata indispensabile al riconoscimento del reale andamento dei modi, conducendo all'elaborazione di un modello maggiormente vincolato e preciso.

GEOSAT srl GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI) Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org	 www.geosat.org
Modena (MO) – Via del Pozzo-Via Campi Relazione Geofisica Generale	Nome file: 2504-01 del 05/07/2024 Rev.: 00 Pag. 10/15

Nello specifico le componenti analizzate, Love e Rayleigh, sono risultate utili per il riconoscimento di tutto il “*Modo Fondamentale*” e, per alcune porzioni dello spettro di velocità, il “*primo modo superiore*”, utilizzati per la successiva modellazione della curva di dispersione.

Si riassumono di seguito i dati relativi ai parametri di acquisizione utilizzati per i dataset prescelti per l’elaborazione:

MASW – Via del Pozzo - Modena

ONDE DI RAYLEIGH	ONDE DI LOVE
Dati relativi allo shot 2 – File7R1.sgy	Dati relativi allo shot 1 – File3L2.sgy
Offset del dataset utilizzato: 10 m	Offset del dataset utilizzato: 4 m
Distanza intergeofonica: 1,0 m	Distanza intergeofonica: 1,0 m
Intervallo di campionamento: 0,25 ms	Intervallo di campionamento: 0,25 ms
Tempo di acquisizione: 1 s	Tempo di acquisizione: 1 s

3.3.2 Procedure di modellazione diretta e analisi congiunta Rayleigh + Love + HVSR

Analizzati i sismogrammi e i rispettivi spettri di velocità si è proceduto alla ricostruzione della distribuzione verticale delle Vs. Partendo dalle curve di dispersione delle onde di Rayleigh e di Love è stato ricostruito il modello che è responsabile di quelle curve, effettuando quindi un’inversione, vale a dire che si è ricavato il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna (sismogramma).

Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali, mediante modellazione diretta, studiando l’andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (**Figura 3.1 b**).

Questo è stato iterativamente modificato fino ad ottenere una buona sovrapposizione degli andamenti delle curve di dispersione sui vari modi riconosciuti, contemporaneamente in entrambi gli spettri (Rayleigh+Love), al fine di ottenere un solo modello di velocità.

Per l’elaborazione del modello di velocità è stato impostato l’utilizzo di 6 strati, compatibile con l’assetto stratigrafico del sito d’interesse e con le finalità del presente studio.

Inoltre, come detto, per l’interpretazione dello spettro di velocità nella sua parte a bassa frequenza (<10 Hz), è stata considerata la curva HV ottenuta dall’indagine sismica HVSR (**Figura 3.2**). In particolare, è stata eseguita un’analisi congiunta tra lo spettro di dispersione ottenuto con l’indagine MASW e la curva H/V misurata, al fine di ottenere un solo modello di velocità.

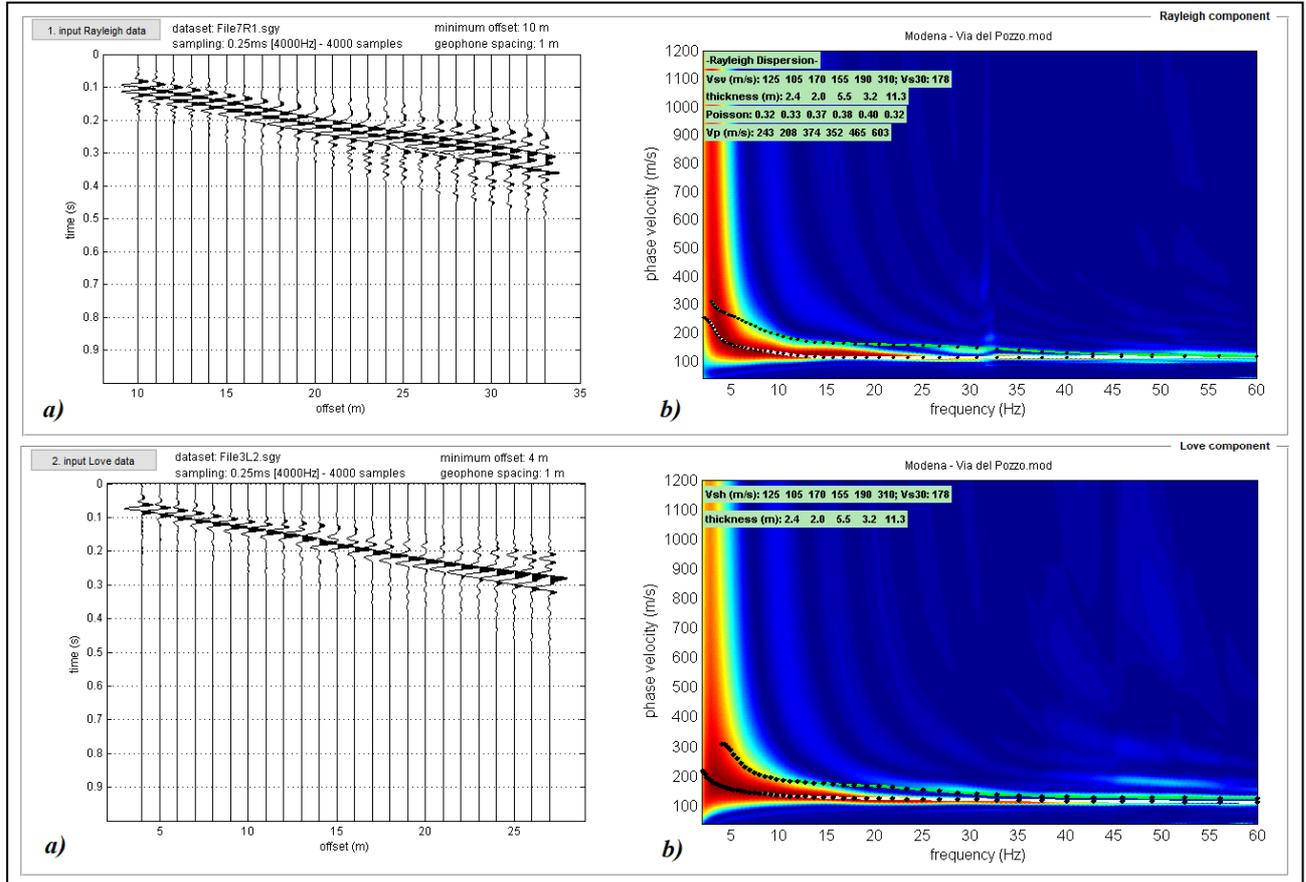


Figura 3.1 - a) Caricamento dati e visualizzazione dei sismogrammi prescelti;
b) risultati dell'analisi congiunta Rayleigh+Love: modellazione diretta mediante individuazione del modo fondamentale e di porzioni del primo modo superiore che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh (in alto) e congiuntamente quello delle onde di Love (in basso).

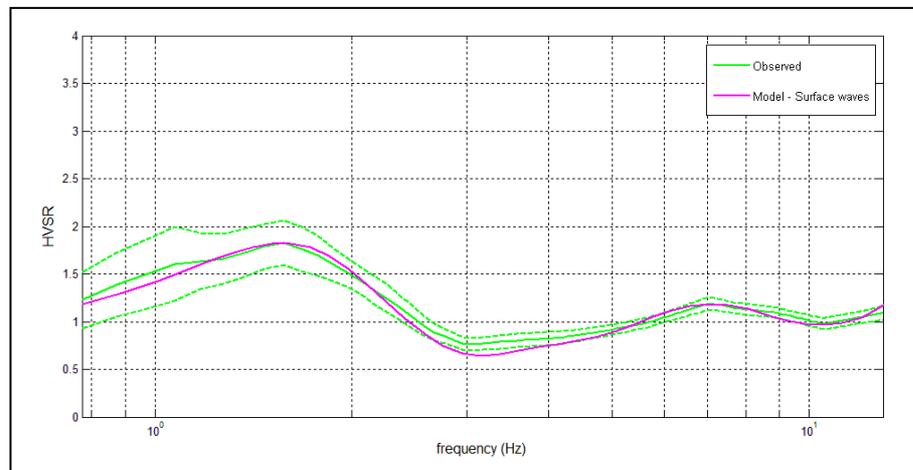


Figura 3.2 - Confronto tra H/V sperimentale (verde) e modellato (magenta), ottenuti per lo stesso modello di velocità considerato nell'analisi MASW.

4) PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO

Per l'elaborazione ed interpretazione dei dati si è tenuto conto, delle evidenze dei segnali acquisiti, delle prove penetrometriche eseguite nel sito di indagine e delle stratigrafie di alcuni pozzi terebrati in aree limitrofe a quelle di studio. Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie di Vs e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un modello geofisico medio, ottenuti con metodologia MASW mediante analisi della componente verticale delle onde di Rayleigh e delle onde di Love ed in modo congiunto con la modellazione diretta della curva HVSR. Si riportano anche, in maniera indicativa, le stime dei valori di Vp, densità e modulo di Poisson eseguite dal software di elaborazione. Poiché la dispersione delle onde di Rayleigh dipende essenzialmente dalla Vs e degli spessori degli strati (cioè dalla geometria), tali valori di densità e Vp devono essere considerati solamente come stime largamente approssimative. Viene riportato, inoltre, il valore del modulo di taglio che tra i moduli elastici è l'unico che non dipende da Vp, ma solamente da Vs e densità e quindi risulta assai attendibile.

MODELLO GEOFISICO MEDIO – Via del Pozzo - Modena (Mo)								
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità dal p.c. (m)	Stima della Vp (m/s)	Vp/Vs	Stima densità (g/cm ³)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	125	2,4	-2,4	243	1,94	1,71	0,32	27
2	105	2,0	-4,4	208	1,98	1,68	0,33	18
3	170	5,5	-9,9	374	2,20	1,82	0,37	52
4	155	3,2	-13,1	352	2,27	1,80	0,38	43
5	190	11,3	-24,4	465	2,45	1,87	0,40	67
6	310	5,6	-30,0	603	1,94	1,93	0,32	186

I valori sopra riportati sono riferiti a moduli dinamici e quindi a condizioni di bassa deformazione, essendo stimati sulla base delle deformazioni indotte nel terreno. Questo comporta alti valori dei moduli dinamici calcolati. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori dovranno essere opportunamente corretti dal Progettista delle strutture.

D.M. 17/01/2018	Profondità del bedrock sismico	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria di sottosuolo	Valore di $V_{s,eq}$ calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018 $V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$
Calcolo a partire dal ripiano di esecuzione MASW (p.c.)	Oltre -30,0 m dal p.c.	178	D	Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II

Si sottolinea come la Categoria di Sottosuolo di Progetto, stimata in base a quanto previsto dalla Tabella 3.2 II del D.M. 17/01/18, deve essere definita dal Progettista in base ai dati sismostratigrafici, alle indagini geotecniche nonché ai dati progettuali.

Si riporta inoltre la stratigrafia schematica del modello medio, ottenuto mediante analisi MASW in onde di Rayleigh e di Love congiuntamente con la modellazione della curva HVSR, fino a -30,0 m dal p.c., utilizzato per il calcolo del parametro $V_{s,eq}$ (**Figura 4.1**).

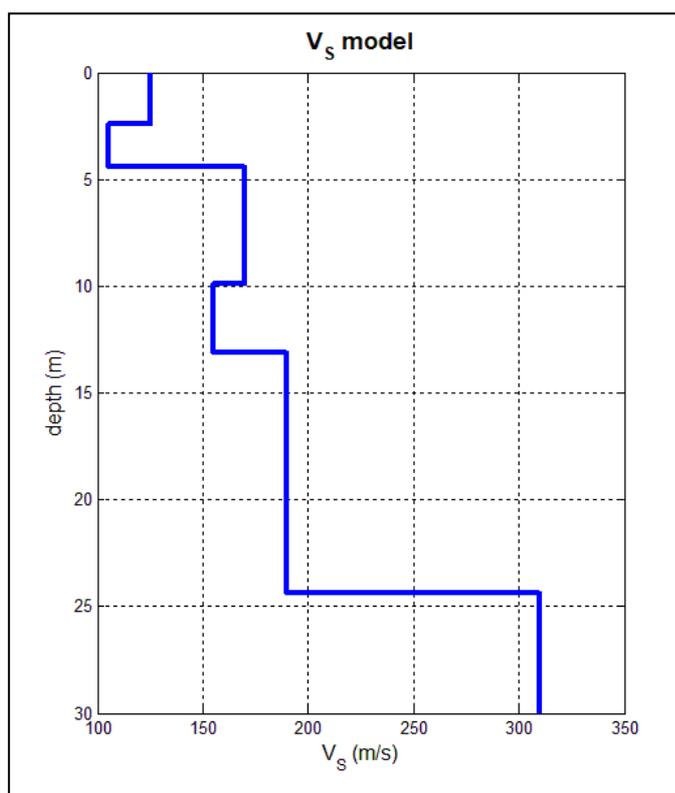


Figura 4.1 - Profilo sismostratigrafico del modello medio ottenuto fino a -30,0 m dal p.c., utilizzato per il calcolo del parametro $V_{s,eq}$.

GEOSAT srl

GEOTECNICA - GEOLOGIA - TOPOGRAFIA
INDAGINI E RISANAMENTI AMBIENTALI

Viale Assunta 16 - 20063 Cernusco Sul Naviglio (MI)
Tel 02 9259 0455 - Fax 02 9259 1619 - E mail: geosat@geosat.org



www.geosat.org

Modena (MO) – Via del Pozzo-Via Campi
Relazione Geofisica Generale

Nome file: 2504-01
Rev.: 00

del 05/07/2024
Pag. 14/15

Dai dati sismostratigrafici ottenuti, si rileva inizialmente un primo orizzonte di copertura superficiale, di spessore pari a 2,4 m, con velocità di propagazione delle onde di taglio (onde S) pari a 125 m/s.

A partire da -2,4 e fino a circa -24,4 m dal p.c. sono stati riscontrati valori di velocità delle onde di taglio compresi tra 105 e 190 m/s, caratteristici di depositi nel complesso scarsamente consistenti, di natura prevalentemente argilloso-limosa, afferenti alla sequenza deposizionale alluvionale caratteristica del territorio in cui ricade l'area in esame.

Oltre -24,4 m profondità, in accordo anche con la modellazione diretta del picco principale della curva HVSR analizzata, si riscontra un valore di velocità delle onde S pari a 310 m/s, correlabile alla presenza di depositi di natura prevalentemente granulare, nel complesso moderatamente addensati e appartenenti alla medesima sequenza deposizionale indagata.

5) CONCLUSIONI

Il profilo sismostratigrafico ottenuto risulta correlabile con il quadro geologico dell'area oggetto di indagine e i valori di velocità delle onde S risultano compatibili con l'andamento delle prove CPT da noi eseguite in corrispondenza dell'area oggetto di intervento.

Pertanto, come già indicato, sulla base del valore di $V_{s,eq}$ calcolato, a partire dal piano campagna, e pari a 178 m/s, è stata definita una categoria di sottosuolo del sito in esame di tipo "D".

UBICAZIONE DELLE PROSPEZIONI SISMICHE

(fonte Google Earth)



Legenda

-  Stendimento sismico con acquisizione ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW
-  Misura di microtremore sismico, con stazione singola, mediante tecnica HVSr

MODENA – OSPEDALE POLICLINICO

PALAZZINA LABORATORI

RACCOLTA ESITI INDAGINI GEOTECNICHE

ALLEGATO 2

2504-01 - MODENA – VIA DEL POZZO-VIA CAMPI
UBICAZIONE SCHEMATICA PROVE GEOTECNICHE E GEOFISICHE



LEGENDA

- Prova penetrometrica statica CPT
- MASW Stendimento geofisico MASW
- Misura HVSr
- Sondaggio geotecnico



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

Riferimento

Modena

Committente

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. 28/06/2024

Cantiere

Pagina 1

Località **Via del Pozzo - Modena (Mo)**

Elaborato

Falda

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00										
0,40	0,0	0,0		0,00	1,40	0									
0,60	22,0	43,0		22,00	1,47	15	6,7								
0,80	22,0	44,0		22,00	1,60	14	7,3								
1,00	50,0	74,0		50,00	1,53	33	3,1								
1,20	61,0	84,0		61,00	2,07	29	3,4								
1,40	65,0	96,0		65,00	1,60	41	2,5								
1,60	54,0	78,0		54,00	1,07	50	2,0								
1,80	27,0	43,0		27,00	0,87	31	3,2								
2,00	21,0	34,0		21,00	1,47	14	7,0								
2,20	33,0	55,0		33,00	0,93	35	2,8								
2,40	18,0	32,0		18,00	1,93	9	10,7								
2,60	42,0	71,0		42,00	0,73	58	1,7								
2,80	28,0	39,0		28,00	0,87	32	3,1								
3,00	22,0	35,0		22,00	1,60	14	7,3								
3,20	29,0	53,0		29,00	0,67	43	2,3								
3,40	10,0	20,0		10,00	0,53	19	5,3								
3,60	10,0	18,0		10,00	4,27	2	42,7								
3,80	87,0	151,0		87,00	4,73	18	5,4								
4,00	162,0	233,0		162,00	3,60	45	2,2								
4,20	141,0	195,0		141,00	1,00	141	0,7								
4,40	11,0	26,0		11,00	0,87	13	7,9								
4,60	8,0	21,0		8,00	0,40	20	5,0								
4,80	8,0	14,0		8,00	0,60	13	7,5								
5,00	13,0	22,0		13,00	0,67	19	5,2								
5,20	14,0	24,0		14,00	0,80	18	5,7								
5,40	13,0	25,0		13,00	0,73	18	5,6								
5,60	15,0	26,0		15,00	0,73	21	4,9								
5,80	13,0	24,0		13,00	0,87	15	6,7								
6,00	15,0	28,0		15,00	1,07	14	7,1								
6,20	18,0	34,0		18,00	1,00	18	5,6								
6,40	18,0	33,0		18,00	0,93	19	5,2								
6,60	16,0	30,0		16,00	0,80	20	5,0								
6,80	15,0	27,0		15,00	0,73	21	4,9								
7,00	9,0	20,0		9,00	0,60	15	6,7								
7,20	14,0	23,0		14,00	0,73	19	5,2								
7,40	15,0	26,0		15,00	0,80	19	5,3								
7,60	11,0	23,0		11,00	0,67	16	6,1								
7,80	10,0	20,0		10,00	1,00	10	10,0								
8,00	14,0	29,0		14,00	1,07	13	7,6								
8,20	18,0	34,0		18,00	1,13	16	6,3								
8,40	21,0	38,0		21,00	0,93	23	4,4								
8,60	15,0	29,0		15,00	0,87	17	5,8								
8,80	14,0	27,0		14,00	1,13	12	8,1								
9,00	17,0	34,0		17,00	1,27	13	7,5								
9,20	16,0	35,0		16,00	1,27	13	7,9								
9,40	16,0	35,0		16,00	1,20	13	7,5								
9,60	14,0	32,0		14,00	1,20	12	8,6								
9,80	16,0	34,0		16,00	1,40	11	8,8								
10,00	17,0	38,0		17,00	1,40	12	8,2								
10,20	14,0	35,0		14,00	1,20	12	8,6								
10,40	13,0	31,0		13,00	1,13	12	8,7								
10,60	11,0	28,0		11,00	0,93	12	8,5								
10,80	12,0	26,0		12,00	1,07	11	8,9								
11,00	14,0	30,0		14,00	0,40	35	2,9								
11,20	10,0	16,0		10,00	0,53	19	5,3								
11,40	10,0	18,0		10,00	0,67	15	6,7								
11,60	10,0	20,0		10,00	0,87	11	8,7								
11,80	12,0	25,0		12,00	0,53	23	4,4								
12,00	10,0	18,0		10,00	0,80	13	8,0								
12,20	10,0	22,0		10,00	0,60	17	6,0								
12,40	8,0	17,0		8,00	0,80	10	10,0								
12,60	9,0	21,0		9,00	0,80	11	8,9								
12,80	11,0	23,0		11,00	0,60	18	5,5								
13,00	10,0	19,0		10,00	0,73	14	7,3								
13,20	10,0	21,0		10,00	0,73	14	7,3								
13,40	9,0	20,0		9,00	0,73	12	8,1								
13,60	10,0	21,0		10,00	0,67	15	6,7								
13,80	10,0	20,0		10,00	1,00	10	10,0								
14,00	11,0	26,0		11,00	0,73	15	6,6								
14,20	11,0	22,0		11,00	0,93	12	8,5								
14,40	16,0	30,0		16,00	0,93	17	5,8								
14,60	14,0	28,0		14,00	1,07	13	7,6								
14,80	14,0	30,0		14,00	1,13	12	8,1								
15,00	16,0	33,0		16,00	0,80	20	5,0								

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT =10,00 costante di trasformazione

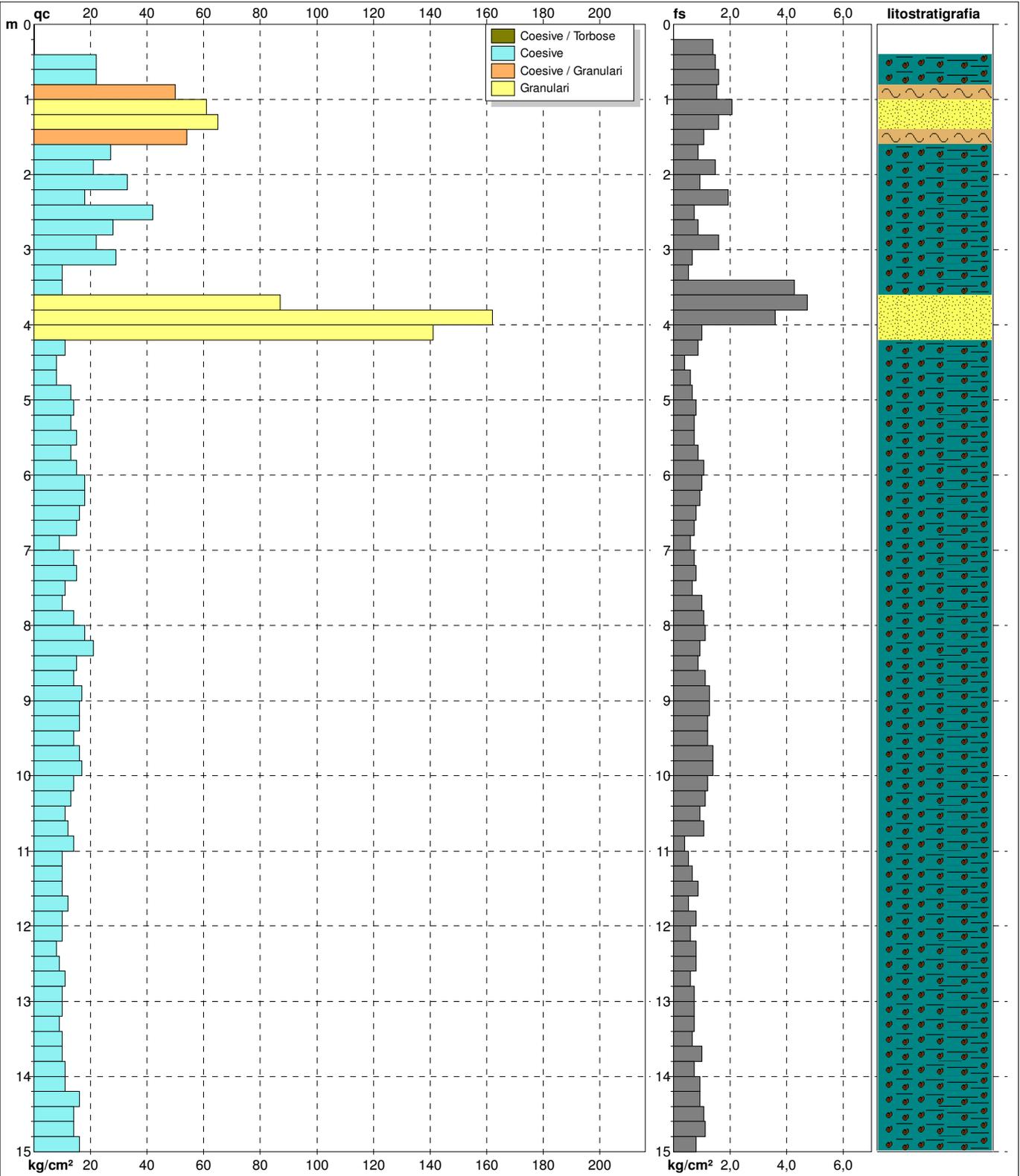
qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 0,20 m sopra quota qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs /qc)*100



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	1
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data exec.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:75	Quota inizio:	
Località	Pagina 1	Falda	
	Elaborato		



Litology:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo	m
Penetrometro:	TG63-200Stat	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:		Cod. tip:	
Assistente:			

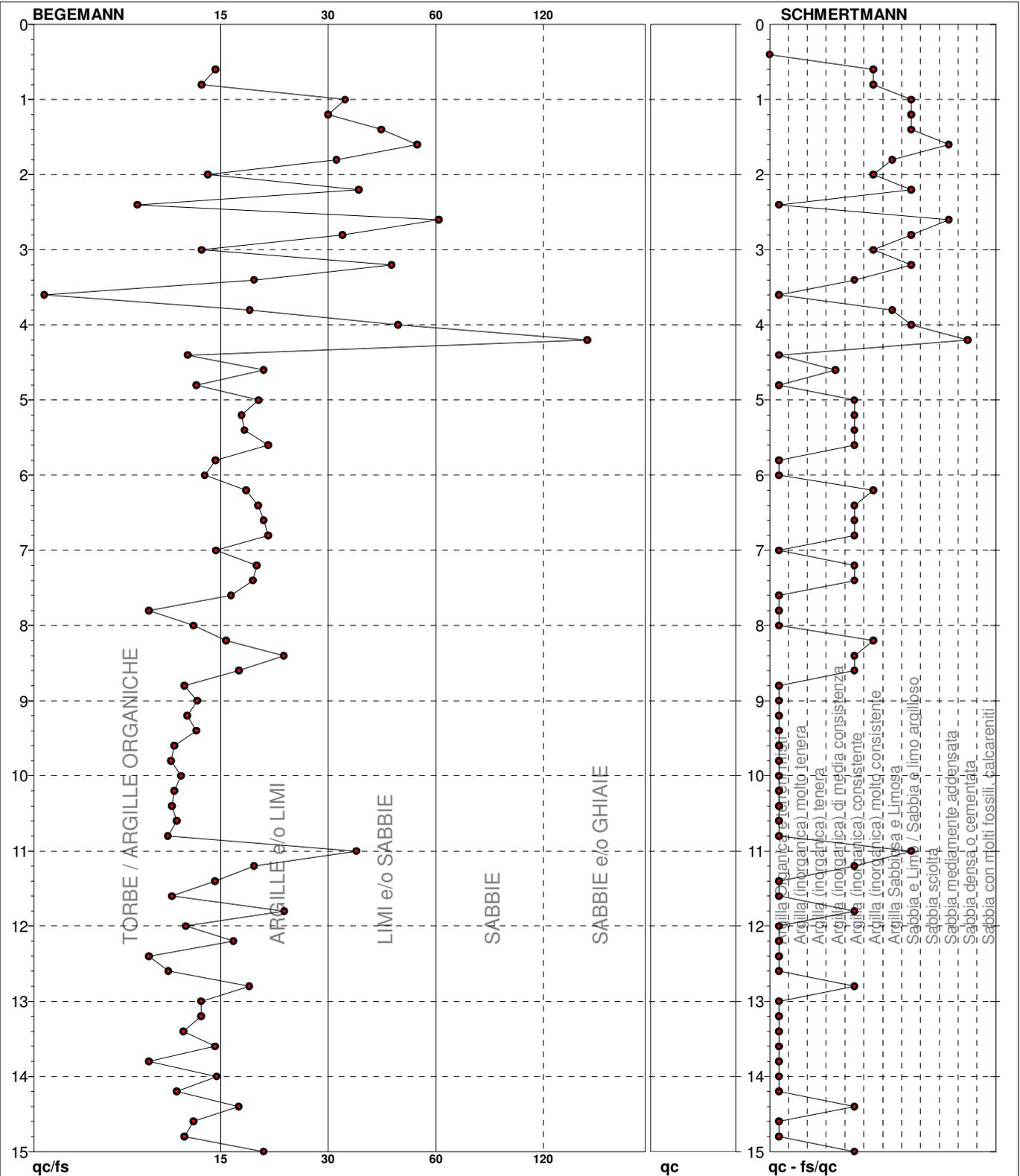


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data eseg.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:75		
Località	Pagina 1	Falda	
Via del Pozzo - Modena (Mo)	Elaborato		



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	36 punti, 52,00%	Argilla Organica e terreni misti	36 punti, 48,00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	2 punti, 2,67%
ARGILLE e/o LIMI	25 punti, 33,33%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punto, 1,33%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	8 punti, 10,67%
LIMI e/o SABBIE	10 punti, 13,33%	Argilla (inorganica) consistente	17 punti, 22,67%	Sabbia mediamente addensata	2 punti, 2,67%
		Argilla (inorganica) molto consistente	6 punti, 8,00%	Sabbia densa o cementata	1 punto, 1,33%
SABBIE e/o GHIAIE	1 punto, 1,33%				



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

2

Riferimento

Modena

Committente
 Cantiere
 Località **Via del Pozzo - Modena (Mo)**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg. **28/06/2024**
 Pagina **1**
 Elaborato Falda **-1,40 m** da p.c.

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0,0	-	0,00	0,00	-	-								
0,40	0,0	0,0	-	0,00	0,40	0	-								
0,60	8,0	14,0	-	8,00	0,60	13	7,5								
0,80	10,0	19,0	-	10,00	0,47	21	4,7								
1,00	7,0	14,0	-	7,00	2,67	3	38,1								
1,20	55,0	95,0	-	55,00	0,93	59	1,7								
1,40	17,0	31,0	-	17,00	0,47	36	2,8								
1,60	8,0	15,0	-	8,00	0,73	11	9,1								
1,80	15,0	26,0	-	15,00	0,73	21	4,9								
2,00	15,0	26,0	-	15,00	0,60	25	4,0								
2,20	9,0	18,0	-	9,00	0,47	19	5,2								
2,40	8,0	15,0	-	8,00	0,47	17	5,9								
2,60	5,0	12,0	-	5,00	0,33	15	6,6								
2,80	5,0	10,0	-	5,00	0,27	19	5,4								
3,00	4,0	8,0	-	4,00	0,20	20	5,0								
3,20	3,0	6,0	-	3,00	0,27	11	9,0								
3,40	4,0	8,0	-	4,00	0,27	15	6,8								
3,60	7,0	11,0	-	7,00	0,27	26	3,9								
3,80	8,0	12,0	-	8,00	0,53	15	6,6								
4,00	14,0	22,0	-	14,00	0,60	23	4,3								
4,20	12,0	21,0	-	12,00	0,53	23	4,4								
4,40	12,0	20,0	-	12,00	0,60	20	5,0								
4,60	11,0	20,0	-	11,00	0,73	15	6,6								
4,80	13,0	24,0	-	13,00	0,87	15	6,7								
5,00	18,0	31,0	-	18,00	0,80	23	4,4								
5,20	12,0	24,0	-	12,00	0,67	18	5,6								
5,40	16,0	26,0	-	16,00	0,93	17	5,8								
5,60	16,0	30,0	-	16,00	1,00	16	6,3								
5,80	17,0	32,0	-	17,00	1,20	14	7,1								
6,00	22,0	40,0	-	22,00	1,00	22	4,5								
6,20	19,0	34,0	-	19,00	1,07	18	5,6								
6,40	20,0	36,0	-	20,00	0,93	22	4,7								
6,60	16,0	30,0	-	16,00	0,80	20	5,0								
6,80	10,0	22,0	-	10,00	0,53	19	5,3								
7,00	17,0	25,0	-	17,00	0,93	18	5,5								
7,20	20,0	34,0	-	20,00	1,13	18	5,7								
7,40	17,0	34,0	-	17,00	1,33	13	7,8								
7,60	19,0	39,0	-	19,00	1,00	19	5,3								
7,80	17,0	32,0	-	17,00	1,13	15	6,6								
8,00	17,0	34,0	-	17,00	1,27	13	7,5								
8,20	23,0	42,0	-	23,00	1,33	17	5,8								
8,40	26,0	46,0	-	26,00	1,53	17	5,9								
8,60	24,0	47,0	-	24,00	1,40	17	5,8								
8,80	22,0	43,0	-	22,00	1,27	17	5,8								
9,00	20,0	39,0	-	20,00	1,33	15	6,7								
9,20	18,0	38,0	-	18,00	0,53	34	2,9								
9,40	13,0	21,0	-	13,00	0,60	22	4,6								
9,60	13,0	22,0	-	13,00	0,60	22	4,6								
9,80	14,0	23,0	-	14,00	0,80	18	5,7								
10,00	12,0	24,0	-	12,00	0,60	20	5,0								
10,20	10,0	19,0	-	10,00	0,53	19	5,3								
10,40	9,0	17,0	-	9,00	0,53	17	5,9								
10,60	9,0	17,0	-	9,00	0,80	11	8,9								
10,80	11,0	23,0	-	11,00	0,73	15	6,6								
11,00	13,0	24,0	-	13,00	0,80	16	6,2								
11,20	9,0	21,0	-	9,00	0,67	13	7,4								
11,40	10,0	20,0	-	10,00	0,80	13	8,0								
11,60	13,0	25,0	-	13,00	0,60	22	4,6								
11,80	12,0	21,0	-	12,00	0,67	18	5,6								
12,00	11,0	21,0	-	11,00	0,53	21	4,8								
12,20	10,0	18,0	-	10,00	0,67	15	6,7								
12,40	12,0	22,0	-	12,00	1,07	11	8,9								
12,60	14,0	30,0	-	14,00	0,93	15	6,6								
12,80	13,0	27,0	-	13,00	0,87	15	6,7								
13,00	9,0	22,0	-	9,00	0,87	10	9,7								
13,20	11,0	24,0	-	11,00	0,80	14	7,3								
13,40	12,0	24,0	-	12,00	0,73	16	6,1								
13,60	11,0	22,0	-	11,00	0,80	14	7,3								
13,80	12,0	24,0	-	12,00	1,00	12	8,3								
14,00	16,0	31,0	-	16,00	1,00	16	6,3								
14,20	17,0	32,0	-	17,00	1,20	14	7,1								
14,40	16,0	34,0	-	16,00	1,13	14	7,1								
14,60	14,0	31,0	-	14,00	0,93	15	6,6								
14,80	15,0	29,0	-	15,00	0,80	19	5,3								
15,00	16,0	28,0	-	16,00	-	-	-								

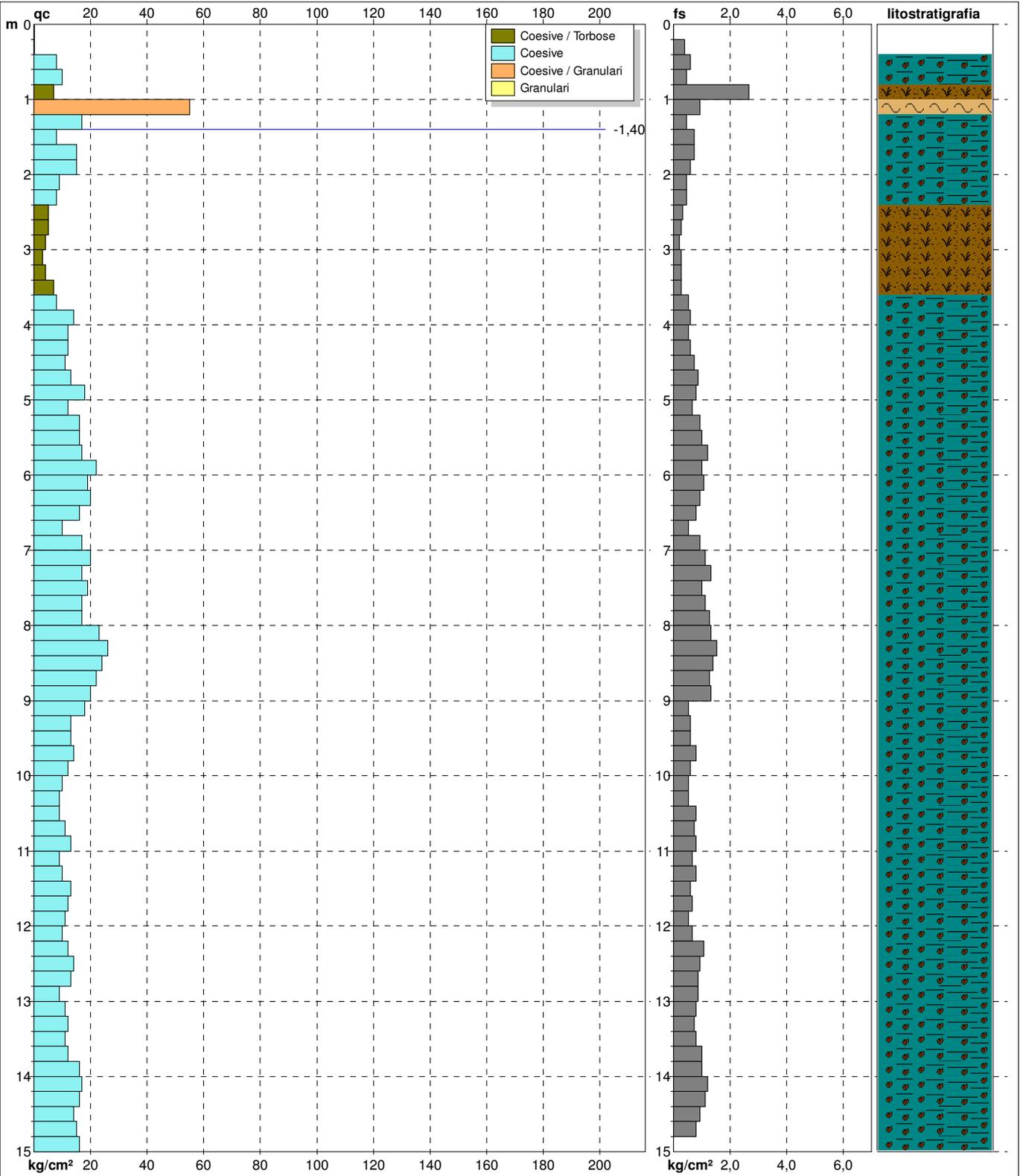
H = profondità qc = resistenza punta
 L1 = prima lettura (punta) fs = resistenza laterale
 L2 = seconda lettura (punta + laterale) 0,20 m sopra quota qc
 Lt = terza lettura (totale) F = rapporto Begemann (qc / fs)
 CT =10,00 costante di trasformazione Rf = rapporto Schmertmann (fs /qc)*100



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	2
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data exec.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:75	Quota inizio:	
Località	Pagina 1	Falda	-1,40 m da p.c.
Via del Pozzo - Modena (Mo)		Elaborato	



Litology:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo	m
Penetrometro:	TG63-200Stat	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:		Cod. tip:	
Assistente:			

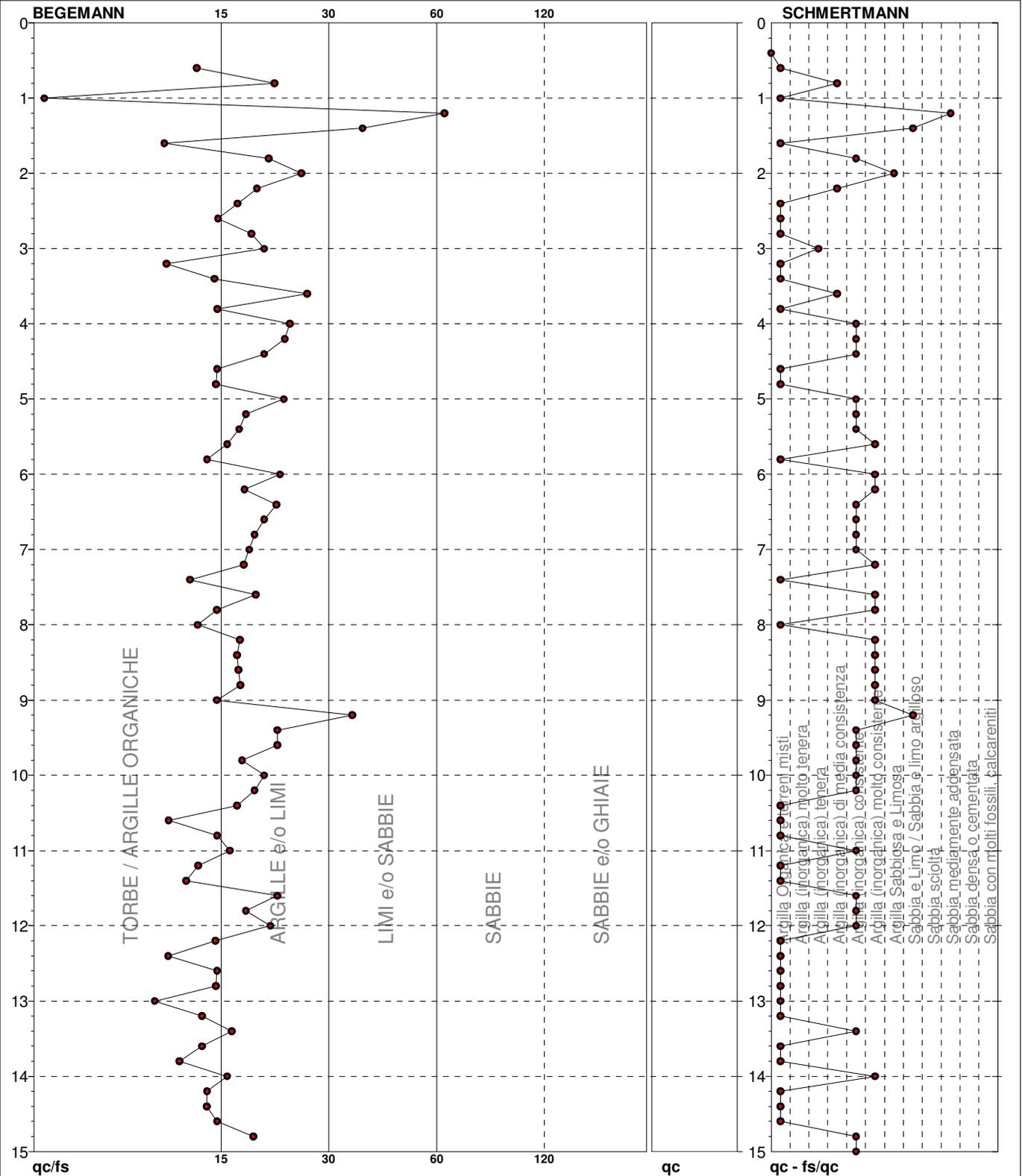


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data exec.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:75		
Località	Pagina 1		
Via del Pozzo - Modena (Mo)	Elaborato	Falda	-1,40 m da p.c.



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	26 punti, 30,67%	Argilla Organica e terreni misti	30 punti, 40,00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	1 punti, 1,33%
ARGILLE e/o LIMI	48 punti, 64,00%	Argilla (inorganica) tenera	1 punti, 1,33%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	2 punti, 2,67%
LIMI e/o SABBIE	3 punti, 4,00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	3 punti, 4,00%	Sabbia mediamente addensata	1 punti, 1,33%
		Argilla (inorganica) consistente	22 punti, 29,33%		
		Argilla (inorganica) molto consistente	12 punti, 16,00%		



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

3

Riferimento

Modena

Committente

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. 28/06/2024

Cantiere

Pagina 1

Località **Via del Pozzo - Modena (Mo)**

Elaborato

Falda -1,50 m da p.c.

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0,0	-	0,00	0,00	-	-								
0,40	0,0	0,0	-	0,00	0,60	0	-								
0,60	10,0	19,0	-	10,00	0,80	13	8,0								
0,80	10,0	22,0	-	10,00	0,47	21	4,7								
1,00	13,0	20,0	-	13,00	0,67	19	5,2								
1,20	8,0	18,0	-	8,00	0,73	11	9,1								
1,40	8,0	19,0	-	8,00	0,60	13	7,5								
1,60	10,0	19,0	-	10,00	0,67	15	6,7								
1,80	13,0	23,0	-	13,00	0,80	16	6,2								
2,00	8,0	20,0	-	8,00	0,33	24	4,1								
2,20	5,0	10,0	-	5,00	0,27	19	5,4								
2,40	5,0	9,0	-	5,00	0,27	19	5,4								
2,60	6,0	10,0	-	6,00	0,27	22	4,5								
2,80	4,0	8,0	-	4,00	0,27	15	6,8								
3,00	4,0	8,0	-	4,00	0,20	20	5,0								
3,20	3,0	6,0	-	3,00	0,27	11	9,0								
3,40	4,0	8,0	-	4,00	0,33	12	8,3								
3,60	5,0	10,0	-	5,00	4,53	1	90,6								
3,80	135,0	203,0	-	135,00	4,87	28	3,6								
4,00	199,0	272,0	-	199,00	0,67	297	0,3								
4,20	8,0	18,0	-	8,00	0,53	15	6,6								
4,40	9,0	17,0	-	9,00	0,60	15	6,7								
4,60	9,0	18,0	-	9,00	0,60	15	6,7								
4,80	11,0	20,0	-	11,00	0,60	18	5,5								
5,00	12,0	21,0	-	12,00	0,60	20	5,0								
5,20	8,0	17,0	-	8,00	0,80	10	10,0								
5,40	8,0	20,0	-	8,00	0,80	10	10,0								
5,60	10,0	22,0	-	10,00	0,87	11	8,7								
5,80	13,0	26,0	-	13,00	0,93	14	7,2								
6,00	15,0	29,0	-	15,00	0,87	17	5,8								
6,20	15,0	28,0	-	15,00	0,93	16	6,2								
6,40	16,0	30,0	-	16,00	1,00	16	6,3								
6,60	15,0	30,0	-	15,00	0,80	19	5,3								
6,80	10,0	22,0	-	10,00	0,67	15	6,7								
7,00	7,0	17,0	-	7,00	0,67	10	9,6								
7,20	12,0	22,0	-	12,00	0,73	16	6,1								
7,40	16,0	27,0	-	16,00	1,07	15	6,7								
7,60	18,0	34,0	-	18,00	1,13	16	6,3								
7,80	20,0	37,0	-	20,00	1,20	17	6,0								
8,00	22,0	40,0	-	22,00	1,20	18	5,5								
8,20	20,0	38,0	-	20,00	1,07	19	5,4								
8,40	24,0	40,0	-	24,00	1,27	19	5,3								
8,60	24,0	43,0	-	24,00	1,00	24	4,2								
8,80	17,0	32,0	-	17,00	1,20	14	7,1								
9,00	26,0	44,0	-	26,00	1,27	20	4,9								
9,20	26,0	45,0	-	26,00	1,33	20	5,1								
9,40	22,0	42,0	-	22,00	1,33	17	6,0								
9,60	18,0	38,0	-	18,00	0,67	27	3,7								
9,80	15,0	25,0	-	15,00	1,20	13	8,0								
10,00	17,0	35,0	-	17,00	1,00	17	5,9								
10,20	13,0	28,0	-	13,00	1,20	11	9,2								
10,40	15,0	33,0	-	15,00	0,73	21	4,9								
10,60	12,0	23,0	-	12,00	0,67	18	5,6								
10,80	9,0	19,0	-	9,00	0,60	15	6,7								
11,00	11,0	20,0	-	11,00	0,67	16	6,1								
11,20	10,0	20,0	-	10,00	0,60	17	6,0								
11,40	9,0	18,0	-	9,00	0,47	19	5,2								
11,60	9,0	16,0	-	9,00	0,60	15	6,7								
11,80	9,0	18,0	-	9,00	0,80	11	8,9								
12,00	9,0	21,0	-	9,00	0,67	13	7,4								
12,20	10,0	20,0	-	10,00	0,60	17	6,0								
12,40	11,0	20,0	-	11,00	0,53	21	4,8								
12,60	10,0	18,0	-	10,00	0,67	15	6,7								
12,80	13,0	23,0	-	13,00	0,60	22	4,6								
13,00	10,0	19,0	-	10,00	0,87	11	8,7								
13,20	12,0	25,0	-	12,00	0,73	16	6,1								
13,40	17,0	28,0	-	17,00	0,87	20	5,1								
13,60	16,0	29,0	-	16,00	0,87	18	5,4								
13,80	15,0	28,0	-	15,00	0,93	16	6,2								
14,00	14,0	28,0	-	14,00	0,80	18	5,7								
14,20	18,0	30,0	-	18,00	1,07	17	5,9								
14,40	17,0	33,0	-	17,00	1,00	17	5,9								
14,60	18,0	33,0	-	18,00	0,87	21	4,8								
14,80	16,0	29,0	-	16,00	0,93	17	5,8								
15,00	18,0	32,0	-	18,00	-	-	-								

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT =10,00 costante di trasformazione

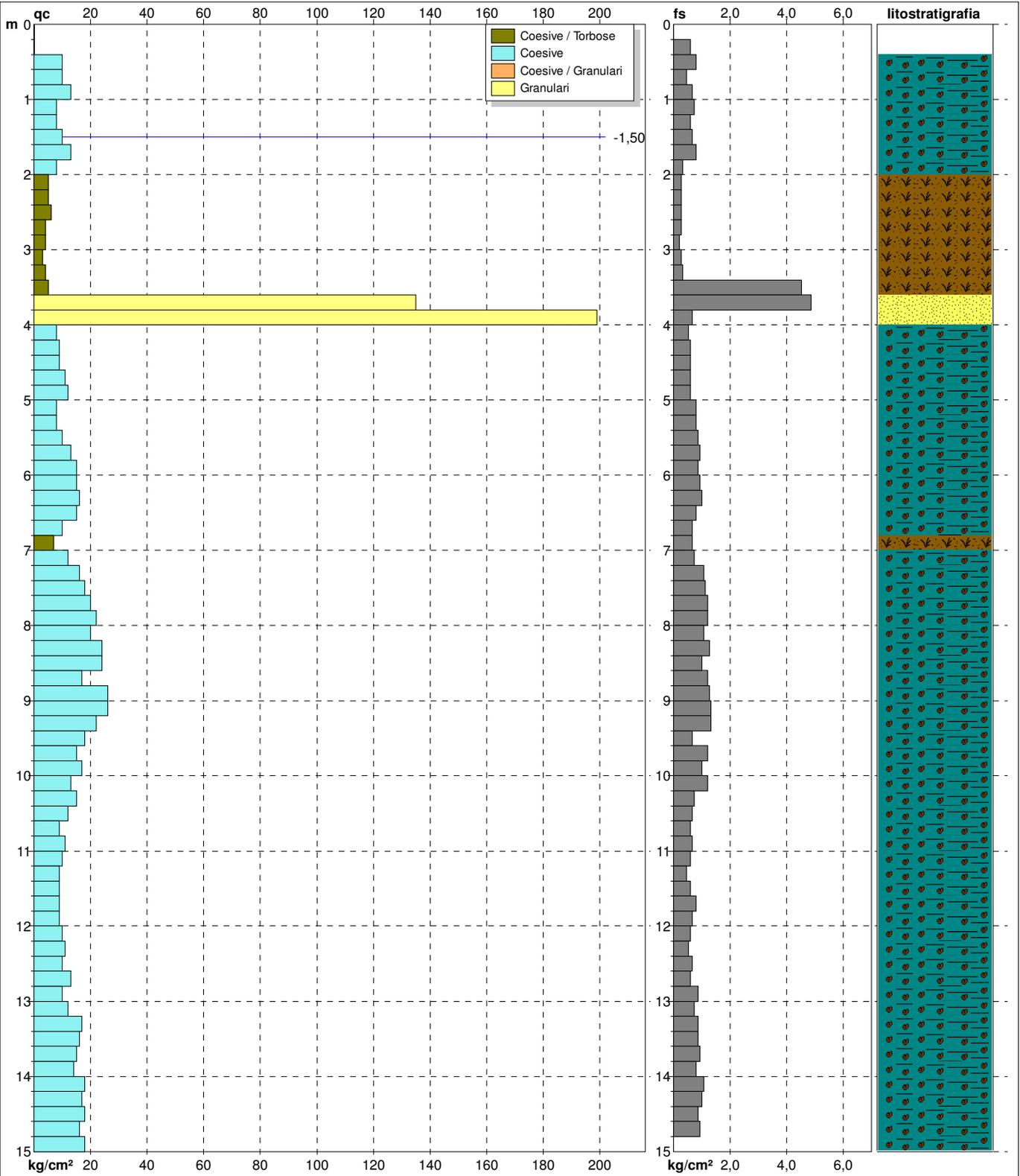
qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 0,20 m sopra quota qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs /qc)*100



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	3
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data exec.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:75	Quota inizio:	
Località	Pagina 1	Falda	-1,50 m da p.c.
Via del Pozzo - Modena (Mo)		Elaborato	



Litology:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo	m
Penetrometro:	TG63-200Stat	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:		Cod. tip:	
Assistente:			

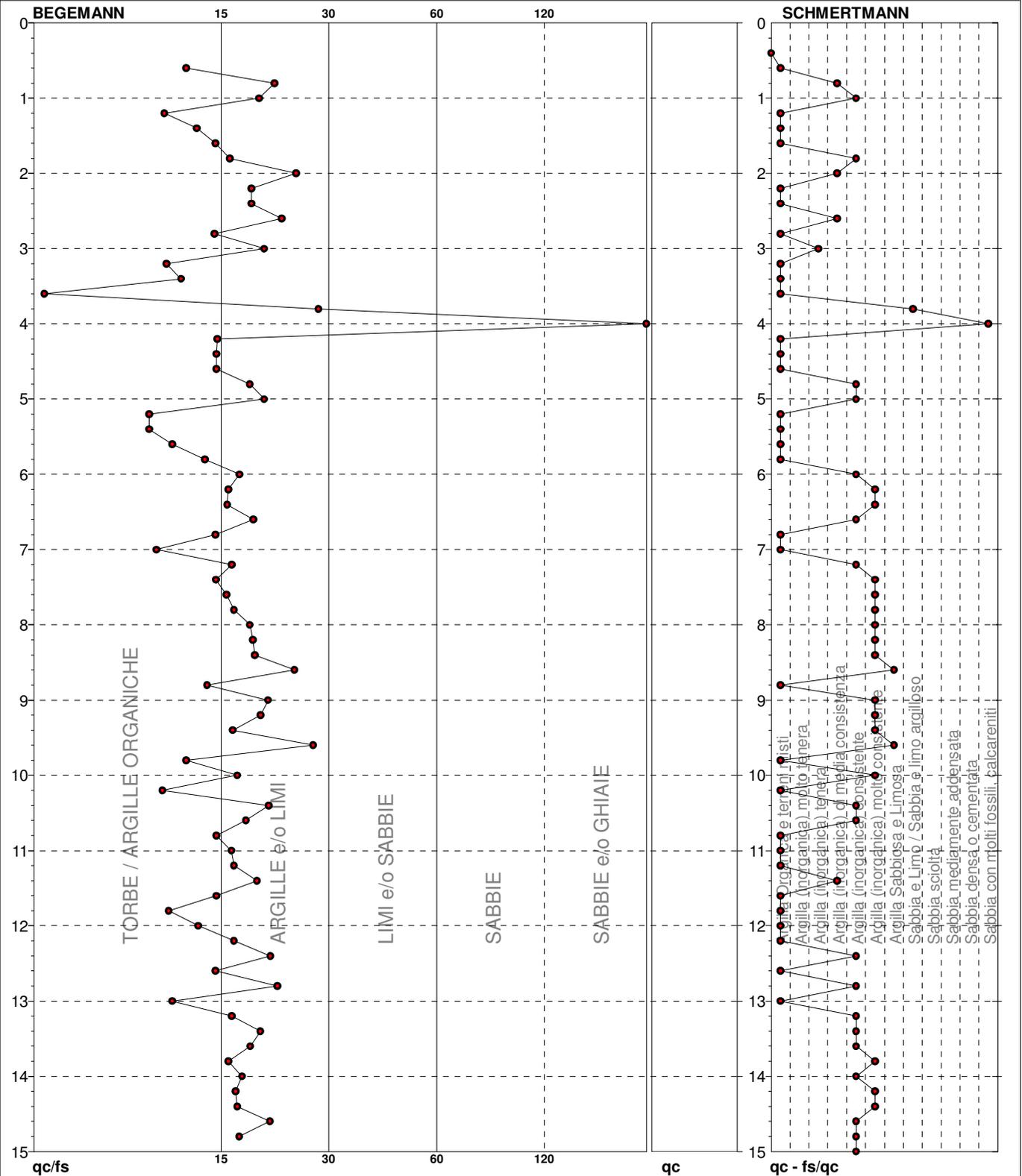


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data eseg.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:75		
Località	Pagina 1		
Via del Pozzo - Modena (Mo)	Elaborato	Falda	-1,50 m da p.c.



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	26 punti, 37,33%	Argilla Organica e terreni misti	31 punti, 41,33%	Argilla Sabbiosa e Limosa	2 punti, 2,67%
ARGILLE e/o LIMI	45 punti, 60,00%	Argilla (inorganica) tenera	1 punto, 1,33%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	1 punto, 1,33%
		Argilla (inorganica) di media consistenza	4 punti, 5,33%	Sabbia con molti fossili, calcareniti	1 punto, 1,33%
		Argilla (inorganica) consistente	17 punti, 22,67%		
		Argilla (inorganica) molto consistente	15 punti, 20,00%		
SABBIE e/o GHIAIE	1 punto, 1,33%				



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	4
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data esec.	28/06/2024
Cantiere	Pagina 1		
Località Via del Pozzo - Modena (Mo)	Elaborato	Falda	-2,37 m da p.c.

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00			15,20	15,0	27,0		15,00	0,87	17	5,8
0,40	0,0	0,0		0,00	0,93	0		15,40	14,0	27,0		14,00	0,73	19	5,2
0,60	16,0	30,0		16,00	0,73	22	4,6	15,60	14,0	25,0		14,00	0,73	19	5,2
0,80	18,0	29,0		18,00	1,27	14	7,1	15,80	13,0	24,0		13,00	0,67	19	5,2
1,00	22,0	41,0		22,00	1,33	17	6,0	16,00	14,0	24,0		14,00	0,87	16	6,2
1,20	21,0	41,0		21,00	1,40	15	6,7	16,20	16,0	29,0		16,00	0,93	17	5,8
1,40	40,0	61,0		40,00	0,93	43	2,3	16,40	19,0	33,0		19,00	0,80	24	4,2
1,60	15,0	29,0		15,00	1,07	14	7,1	16,60	17,0	29,0		17,00	0,80	21	4,7
1,80	19,0	35,0		19,00	0,40	48	2,1	16,80	15,0	27,0		15,00	0,93	16	6,2
2,00	10,0	16,0		10,00	0,47	21	4,7	17,00	18,0	32,0		18,00	1,27	14	7,1
2,20	8,0	15,0		8,00	0,33	24	4,1	17,20	21,0	40,0		21,00	0,87	24	4,1
2,40	5,0	10,0		5,00	0,27	19	5,4	17,40	20,0	33,0		20,00	0,93	22	4,7
2,60	5,0	9,0		5,00	0,27	19	5,4	17,60	16,0	30,0		16,00	0,60	27	3,8
2,80	6,0	10,0		6,00	0,40	15	6,7	17,80	12,0	21,0		12,00	0,87	14	7,3
3,00	6,0	12,0		6,00	0,33	18	5,5	18,00	15,0	28,0		15,00	1,40	11	9,3
3,20	5,0	10,0		5,00	0,33	15	6,6	18,20	20,0	41,0		20,00	1,40	14	7,0
3,40	6,0	11,0		6,00	0,33	18	5,5	18,40	19,0	40,0		19,00	1,20	16	6,3
3,60	7,0	12,0		7,00	0,33	21	4,7	18,60	16,0	34,0		16,00	1,13	14	7,1
3,80	6,0	11,0		6,00	0,47	13	7,8	18,80	15,0	32,0		15,00	1,07	14	7,1
4,00	8,0	15,0		8,00	0,53	15	6,6	19,00	16,0	32,0		16,00	1,07	15	6,7
4,20	10,0	18,0		10,00	0,67	15	6,7	19,20	18,0	34,0		18,00	1,00	18	5,6
4,40	12,0	22,0		12,00	0,80	15	6,7	19,40	15,0	30,0		15,00	0,93	16	6,2
4,60	18,0	30,0		18,00	0,93	19	5,2	19,60	18,0	32,0		18,00	1,07	17	5,9
4,80	19,0	33,0		19,00	0,87	22	4,6	19,80	20,0	36,0		20,00	1,07	19	5,4
5,00	18,0	31,0		18,00	0,87	21	4,8	20,00	19,0	35,0		19,00	1,27	15	6,7
5,20	13,0	26,0		13,00	0,73	18	5,6	20,20	21,0	40,0		21,00	1,40	15	6,7
5,40	14,0	25,0		14,00	0,93	15	6,6	20,40	21,0	42,0		21,00	1,33	16	6,3
5,60	15,0	29,0		15,00	1,07	14	7,1	20,60	19,0	39,0		19,00	1,13	17	5,9
5,80	18,0	34,0		18,00	1,20	15	6,7	20,80	18,0	35,0		18,00	1,20	15	6,7
6,00	22,0	40,0		22,00	1,27	17	5,8	21,00	21,0	39,0		21,00	1,27	17	6,0
6,20	23,0	42,0		23,00	1,47	16	6,4	21,20	24,0	43,0		24,00	1,53	16	6,4
6,40	23,0	45,0		23,00	1,47	16	6,4	21,40	27,0	50,0		27,00	1,47	18	5,4
6,60	21,0	43,0		21,00	1,27	17	6,0	21,60	27,0	49,0		27,00	1,53	18	5,7
6,80	26,0	45,0		26,00	1,47	18	5,7	21,80	25,0	48,0		25,00	1,40	18	5,6
7,00	23,0	45,0		23,00	1,27	18	5,5	22,00	26,0	47,0		26,00	1,80	14	6,9
7,20	15,0	34,0		15,00	1,07	14	7,1	22,20	30,0	57,0		30,00	2,00	15	6,7
7,40	14,0	30,0		14,00	1,00	14	7,1	22,40	28,0	58,0		28,00	1,80	16	6,4
7,60	21,0	36,0		21,00	1,27	17	6,0	22,60	28,0	55,0		28,00	1,87	15	6,7
7,80	20,0	39,0		20,00	1,33	15	6,7	22,80	31,0	59,0		31,00	2,07	15	6,7
8,00	20,0	40,0		20,00	1,27	16	6,4	23,00	29,0	60,0		29,00	1,93	15	6,7
8,20	19,0	38,0		19,00	1,27	15	6,7	23,20	32,0	61,0		32,00	1,93	17	6,0
8,40	22,0	41,0		22,00	1,47	15	6,7	23,40	29,0	58,0		29,00	1,87	16	6,4
8,60	22,0	44,0		22,00	1,27	17	5,8	23,60	29,0	57,0		29,00	1,87	16	6,4
8,80	22,0	41,0		22,00	1,47	15	6,7	23,80	32,0	60,0		32,00	1,73	18	5,4
9,00	23,0	45,0		23,00	1,47	16	6,4	24,00	30,0	56,0		30,00	1,80	17	6,0
9,20	19,0	41,0		19,00	1,40	14	7,4	24,20	26,0	53,0		26,00	1,53	17	5,9
9,40	19,0	40,0		19,00	1,00	19	5,3	24,40	27,0	50,0		27,00	3,13	9	11,6
9,60	17,0	32,0		17,00	0,87	20	5,1	24,60	89,0	136,0		89,00	2,93	30	3,3
9,80	14,0	27,0		14,00	1,13	12	8,1	24,80	95,0	139,0		95,00	4,27	22	4,5
10,00	16,0	33,0		16,00	1,00	16	6,3	25,00	148,0	212,0		148,00	6,87	22	4,6
10,20	13,0	28,0		13,00	0,80	16	6,2	25,20	198,0	301,0		198,00			
10,40	14,0	26,0		14,00	0,73	19	5,2								
10,60	13,0	24,0		13,00	0,73	18	5,6								
10,80	9,0	20,0		9,00	0,60	15	6,7								
11,00	10,0	19,0		10,00	0,60	17	6,0								
11,20	9,0	18,0		9,00	0,60	15	6,7								
11,40	10,0	19,0		10,00	0,67	15	6,7								
11,60	11,0	21,0		11,00	0,67	16	6,1								
11,80	10,0	20,0		10,00	0,53	19	5,3								
12,00	9,0	17,0		9,00	0,67	13	7,4								
12,20	10,0	20,0		10,00	0,73	14	7,3								
12,40	9,0	20,0		9,00	0,80	11	8,9								
12,60	11,0	23,0		11,00	0,73	15	6,6								
12,80	12,0	23,0		12,00	0,67	18	5,6								
13,00	12,0	22,0		12,00	0,73	16	6,1								
13,20	11,0	22,0		11,00	0,27	41	2,5								
13,40	18,0	22,0		18,00	0,73	25	4,1								
13,60	10,0	21,0		10,00	0,53	19	5,3								
13,80	12,0	20,0		12,00	1,00	12	8,3								
14,00	14,0	29,0		14,00	0,93	15	6,6								
14,20	15,0	29,0		15,00	1,07	14	7,1								
14,40	14,0	30,0		14,00	1,00	14	7,1								
14,60	14,0	29,0		14,00	1,00	14	7,1								
14,80	13,0	28,0		13,00	1,00	13	7,7								
15,00	14,0	29,0		14,00	0,80	18	5,7								

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10,00 costante di trasformazione

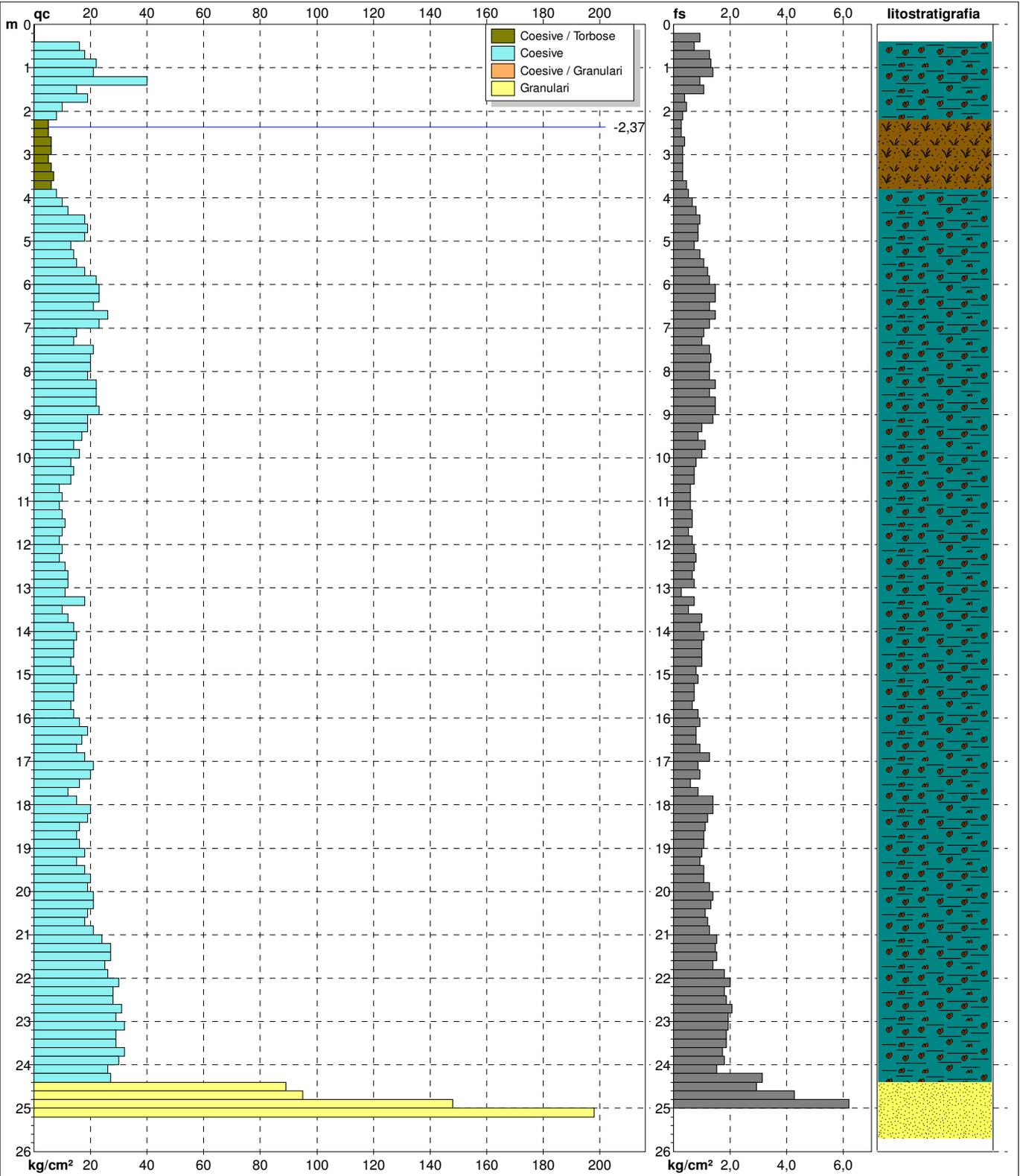
qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 0.20 m sopra quota qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	4
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data exec.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:130	Quota inizio:	Falda -2,37 m da p.c.
Località	Pagina 1	Elaborato	
Via del Pozzo - Modena (Mo)			



Litology:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo	m
Penetrometro:	TG63-200Stat	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:		Cod. tip:	
Assistente:			

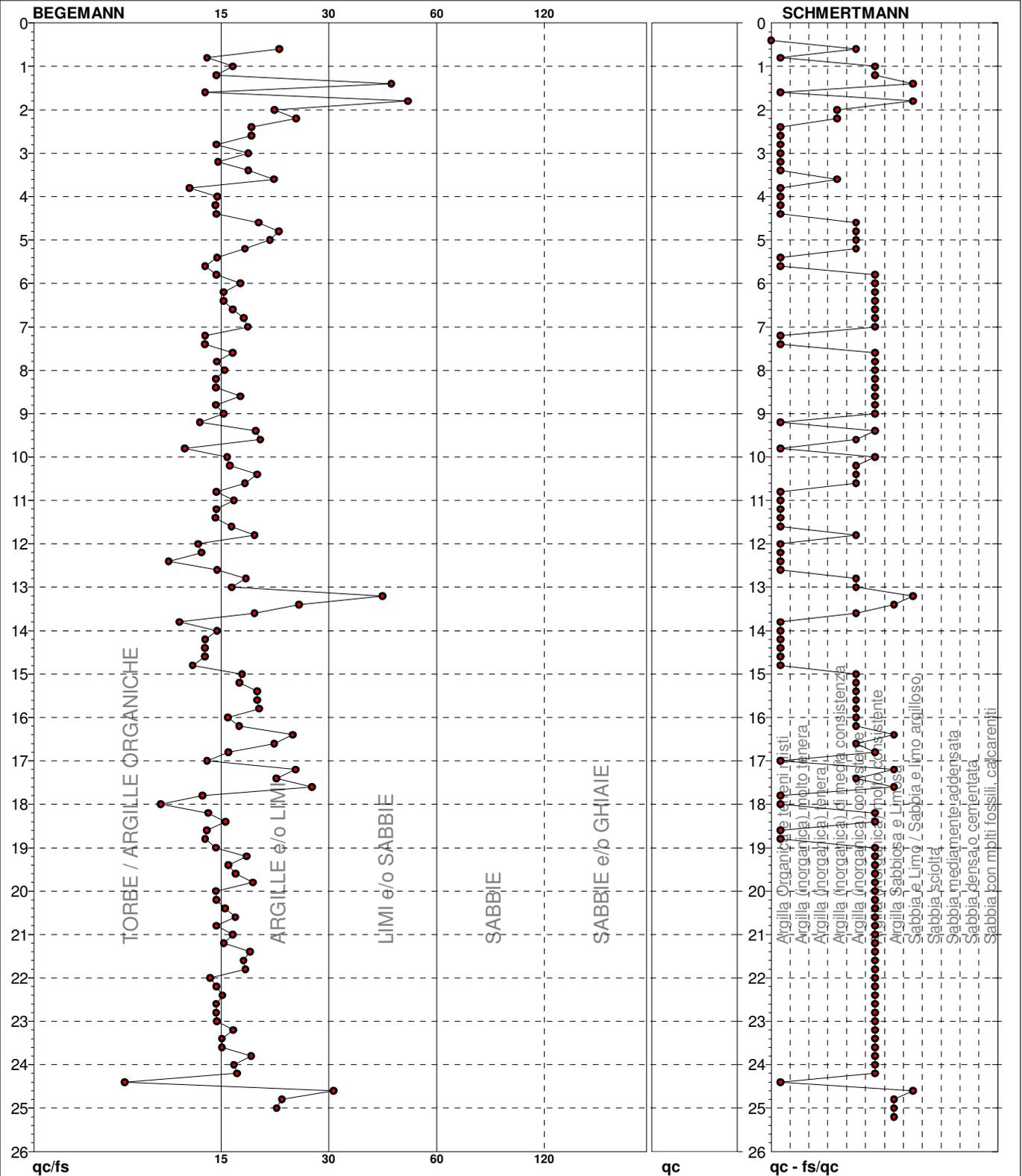


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	4
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data exec.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:130		
Località	Pagina 1		
Via del Pozzo - Modena (Mo)	Elaborato	Falda	-2,37 m da p.c.



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	44 punti, 34,92%	Argilla Organica e terreni misti	39 punti, 30,95%	Argilla Sabbiosa e Limosa	6 punti, 4,76%
ARGILLE e/o LIMI	77 punti, 61,11%	Argilla (inorganica) di media consistenza	3 punti, 2,38%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	4 punti, 3,17%
LIMI e/o SABBIE	4 punti, 3,17%	Argilla (inorganica) consistente	22 punti, 17,46%		
		Argilla (inorganica) molto consistente	49 punti, 38,89%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

4

Riferimento

Modena

Committente

U.M.: **kg/cm²**

Data eseg.

28/06/2024

Cantiere

Pagina

2

Località

Via del Pozzo - Modena (Mo)

Elaborato

Falda -2,37 m da p.c.

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2	
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.			
20,00	19,00	14,96	2	0,99	2,08		0,78	1,8	440,9	661,4	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20,20	21,00	15,00	4	0,93	2,10		0,82	2,0	463,2	694,8	63,0	0	28	21	18	17	25	27	35,0	52,5	63,0	--	--	
20,40	21,00	15,79	4	0,93	2,11		0,82	1,9	464,1	696,2	63,0	--	28	21	18	17	25	27	35,0	52,5	63,0	--	--	
20,60	19,00	16,81	2	0,99	2,13		0,78	1,8	443,2	664,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20,80	18,00	15,00	2	0,98	2,15		0,75	1,7	431,8	647,7	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21,00	21,00	16,54	4	0,93	2,17		0,82	1,9	466,8	700,2	63,0	--	28	21	18	17	25	27	35,0	52,5	63,0	--	--	
21,20	24,00	15,69	4	0,94	2,19		0,89	2,0	496,2	744,3	72,0	4	29	22	18	17	25	28	40,0	60,0	72,0	--	--	
21,40	27,00	18,37	4	0,95	2,21		0,95	2,2	521,2	781,7	81,0	8	29	22	19	18	25	28	45,0	67,5	81,0	--	--	
21,60	27,00	17,65	4	0,95	2,23		0,95	2,2	522,4	783,6	81,0	7	29	22	19	18	25	28	45,0	67,5	81,0	--	--	
21,80	25,00	17,86	4	0,94	2,25		0,91	2,0	507,9	761,8	75,0	5	29	22	18	17	25	28	41,7	62,5	75,0	--	--	
22,00	26,00	14,44	4	0,95	2,27		0,93	2,1	517,1	775,7	78,0	6	29	22	18	18	25	28	43,3	65,0	78,0	--	--	
22,20	30,00	15,00	4	0,96	2,29		1,00	2,2	546,8	820,3	90,0	10	29	23	19	18	26	29	50,0	75,0	90,0	--	--	
22,40	28,00	15,56	4	0,96	2,31		0,97	2,1	534,6	801,9	84,0	8	29	22	19	18	25	28	46,7	70,0	84,0	--	--	
22,60	28,00	14,97	4	0,96	2,32		0,97	2,1	535,8	803,6	84,0	8	29	22	19	18	25	28	46,7	70,0	84,0	--	--	
22,80	31,00	14,98	4	0,97	2,34		1,03	2,3	563,7	845,5	93,0	11	30	23	19	18	26	29	51,7	77,5	93,0	--	--	
23,00	29,00	15,03	4	0,96	2,36		0,98	2,1	545,3	817,9	87,0	8	29	22	19	18	25	29	48,3	72,5	87,0	--	--	
23,20	32,00	16,58	4	0,97	2,38		1,07	2,3	579,0	868,5	96,0	12	30	23	19	18	26	29	53,3	80,0	96,0	--	--	
23,40	29,00	15,51	4	0,96	2,40		0,98	2,1	547,6	821,3	87,0	8	29	22	19	18	25	29	48,3	72,5	87,0	--	--	
23,60	29,00	15,51	4	0,96	2,42		0,98	2,0	548,6	823,0	87,0	8	29	22	19	18	25	29	48,3	72,5	87,0	--	--	
23,80	32,00	18,50	4	0,97	2,44		1,07	2,2	583,4	875,1	96,0	11	30	23	19	18	26	29	53,3	80,0	96,0	--	--	
24,00	30,00	16,67	4	0,96	2,46		1,00	2,0	557,9	836,9	90,0	9	29	22	19	18	25	29	50,0	75,0	90,0	--	--	
24,20	26,00	16,99	4	0,95	2,48		0,93	1,8	527,6	791,4	78,0	4	28	21	18	17	25	28	43,3	65,0	78,0	--	--	
24,40	27,00	8,63	4	0,95	2,50		0,95	1,9	536,9	805,4	81,0	5	29	22	18	17	25	28	45,0	67,5	81,0	--	--	
24,60	89,00	30,38	3	0,98	2,52		--	--	--	--	--	45	34	27	24	23	31	33	148,3	222,5	267,0	--	--	
24,80	95,00	22,25	4	1,05	2,54		3,17	8,3	604,7	907,1	285,0	47	35	28	25	23	31	34	158,3	237,5	285,0	--	--	
25,00	148,00	21,54	4	1,09	2,56		4,93	14,3	838,7	1258,0	444,0	63	37	30	27	25	34	36	246,7	370,0	444,0	--	--	
25,20	198,00	--	3	1,15	2,58		--	--	--	--	--	72	38	31	28	27	35	38	330,0	495,0	594,0	--	--	



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

5

Riferimento

Modena

Committente

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. 28/06/2024

Cantiere

Pagina 1

Località **Via del Pozzo - Modena (Mo)**

Elaborato

Falda -2,07 m da p.c.

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0,0	0,0	-	0,00	0,00	-	-								
0,40	0,0	0,0	-	0,00	0,60	-	0								
0,60	16,0	25,0	-	16,00	1,67	-	10	10,4							
0,80	34,0	59,0	-	34,00	2,87	-	12	8,4							
1,00	45,0	88,0	-	45,00	1,20	-	38	2,7							
1,20	25,0	43,0	-	25,00	0,53	-	47	2,1							
1,40	14,0	22,0	-	14,00	0,60	-	23	4,3							
1,60	16,0	25,0	-	16,00	0,60	-	27	3,8							
1,80	10,0	19,0	-	10,00	0,67	-	15	6,7							
2,00	8,0	18,0	-	8,00	5,47	-	1	68,4							
2,20	251,0	333,0	-	251,00	2,00	-	126	0,8							
2,40	38,0	68,0	-	38,00	0,80	-	48	2,1							
2,60	10,0	22,0	-	10,00	0,47	-	21	4,7							
2,80	11,0	18,0	-	11,00	0,93	-	12	8,5							
3,00	22,0	36,0	-	22,00	0,87	-	25	4,0							
3,20	17,0	30,0	-	17,00	0,93	-	18	5,5							
3,40	11,0	25,0	-	11,00	0,87	-	13	7,9							
3,60	9,0	22,0	-	9,00	0,60	-	15	6,7							
3,80	11,0	20,0	-	11,00	0,47	-	23	4,3							
4,00	13,0	20,0	-	13,00	0,47	-	28	3,6							
4,20	13,0	20,0	-	13,00	0,53	-	25	4,1							
4,40	12,0	20,0	-	12,00	0,47	-	26	3,9							
4,60	11,0	18,0	-	11,00	0,53	-	21	4,8							
4,80	13,0	21,0	-	13,00	0,73	-	18	5,6							
5,00	19,0	30,0	-	19,00	0,80	-	24	4,2							
5,20	13,0	25,0	-	13,00	0,60	-	22	4,6							
5,40	13,0	22,0	-	13,00	0,53	-	25	4,1							
5,60	14,0	22,0	-	14,00	0,67	-	21	4,8							
5,80	15,0	25,0	-	15,00	0,93	-	16	6,2							
6,00	22,0	36,0	-	22,00	1,13	-	19	5,1							
6,20	22,0	39,0	-	22,00	1,13	-	19	5,1							
6,40	19,0	36,0	-	19,00	1,00	-	19	5,3							
6,60	18,0	33,0	-	18,00	1,13	-	16	6,3							
6,80	16,0	33,0	-	16,00	0,60	-	27	3,8							
7,00	13,0	22,0	-	13,00	0,60	-	22	4,6							
7,20	18,0	27,0	-	18,00	0,87	-	21	4,8							
7,40	13,0	26,0	-	13,00	0,73	-	18	5,6							
7,60	15,0	26,0	-	15,00	0,87	-	17	5,8							
7,80	16,0	29,0	-	16,00	0,73	-	22	4,6							
8,00	16,0	27,0	-	16,00	0,73	-	22	4,6							
8,20	14,0	25,0	-	14,00	0,73	-	19	5,2							
8,40	18,0	29,0	-	18,00	1,13	-	16	6,3							
8,60	21,0	38,0	-	21,00	1,27	-	17	6,0							
8,80	23,0	42,0	-	23,00	1,53	-	15	6,7							
9,00	21,0	44,0	-	21,00	1,47	-	14	7,0							
9,20	23,0	45,0	-	23,00	1,33	-	17	5,8							
9,40	20,0	40,0	-	20,00	1,27	-	16	6,4							
9,60	17,0	36,0	-	17,00	1,00	-	17	5,9							
9,80	17,0	32,0	-	17,00	0,87	-	20	5,1							
10,00	14,0	27,0	-	14,00	0,93	-	15	6,6							
10,20	16,0	30,0	-	16,00	1,07	-	15	6,7							
10,40	20,0	36,0	-	20,00	0,87	-	23	4,4							
10,60	14,0	27,0	-	14,00	0,73	-	19	5,2							
10,80	14,0	25,0	-	14,00	0,80	-	18	5,7							
11,00	15,0	27,0	-	15,00	0,60	-	25	4,0							
11,20	17,0	26,0	-	17,00	0,73	-	23	4,3							
11,40	14,0	25,0	-	14,00	0,67	-	21	4,8							
11,60	13,0	23,0	-	13,00	0,60	-	22	4,6							
11,80	14,0	23,0	-	14,00	0,87	-	16	6,2							
12,00	15,0	28,0	-	15,00	0,67	-	22	4,5							
12,20	13,0	23,0	-	13,00	0,53	-	25	4,1							
12,40	15,0	23,0	-	15,00	0,67	-	22	4,5							
12,60	14,0	24,0	-	14,00	0,87	-	16	6,2							
12,80	14,0	27,0	-	14,00	1,13	-	12	8,1							
13,00	16,0	33,0	-	16,00	1,00	-	16	6,3							
13,20	16,0	31,0	-	16,00	0,87	-	18	5,4							
13,40	12,0	25,0	-	12,00	0,73	-	16	6,1							
13,60	13,0	24,0	-	13,00	0,80	-	16	6,2							
13,80	12,0	24,0	-	12,00	0,80	-	15	6,7							
14,00	13,0	25,0	-	13,00	0,80	-	16	6,2							
14,20	14,0	26,0	-	14,00	0,87	-	16	6,2							
14,40	17,0	30,0	-	17,00	0,87	-	20	5,1							
14,60	16,0	29,0	-	16,00	1,13	-	14	7,1							
14,80	19,0	36,0	-	19,00	1,07	-	18	5,6							
15,00	17,0	33,0	-	17,00	-	-	-	-							

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT =10,00 costante di trasformazione

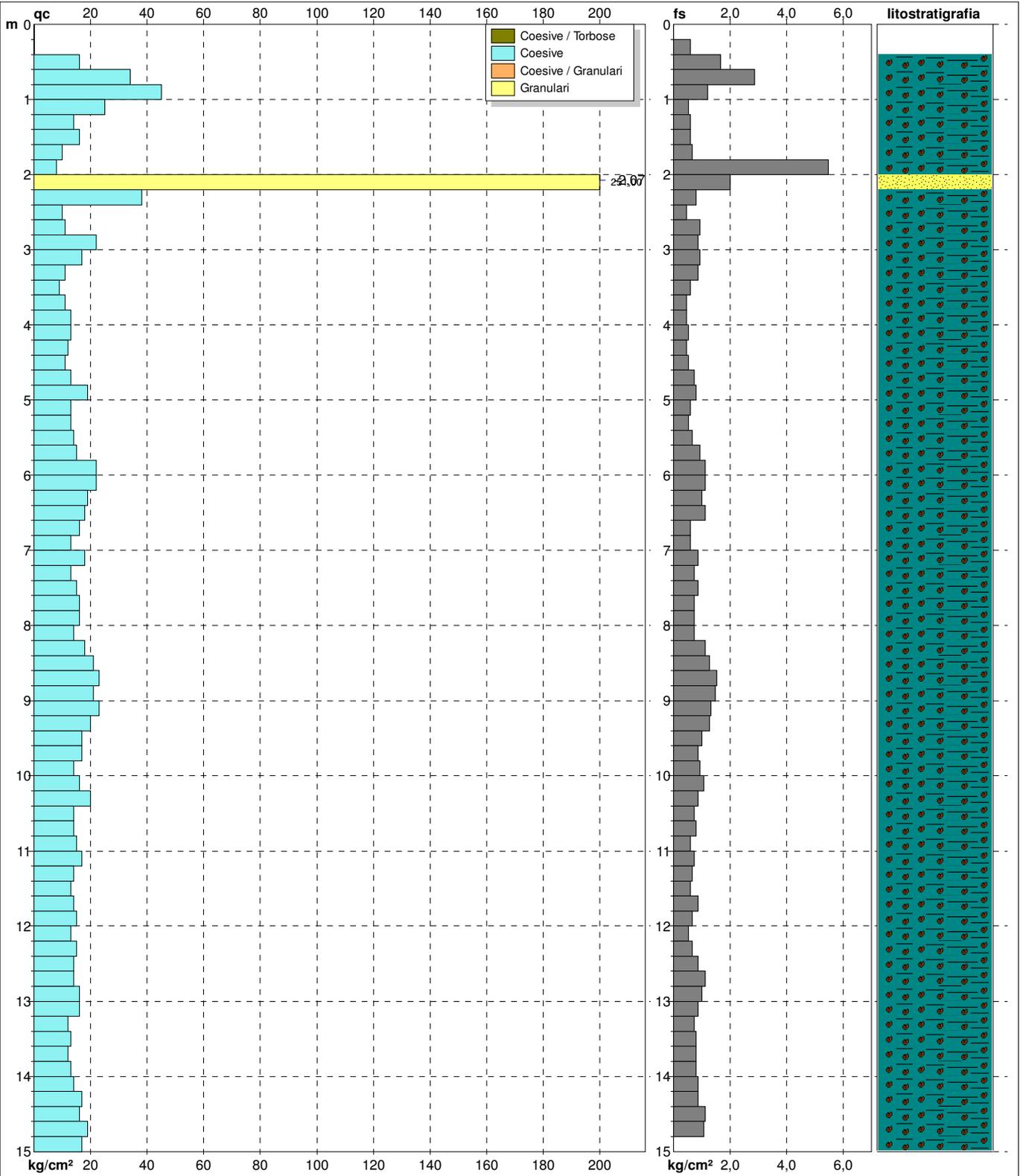
qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 0,20 m sopra quota qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs /qc)*100



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	5
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data exec.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:75	Quota inizio:	
Località	Pagina 1	Falda	-2,07 m da p.c.
Via del Pozzo - Modena (Mo)		Elaborato	



Litology:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo	m
Penetrometro:	TG63-200Stat	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:		Cod. tip:	
Assistente:			

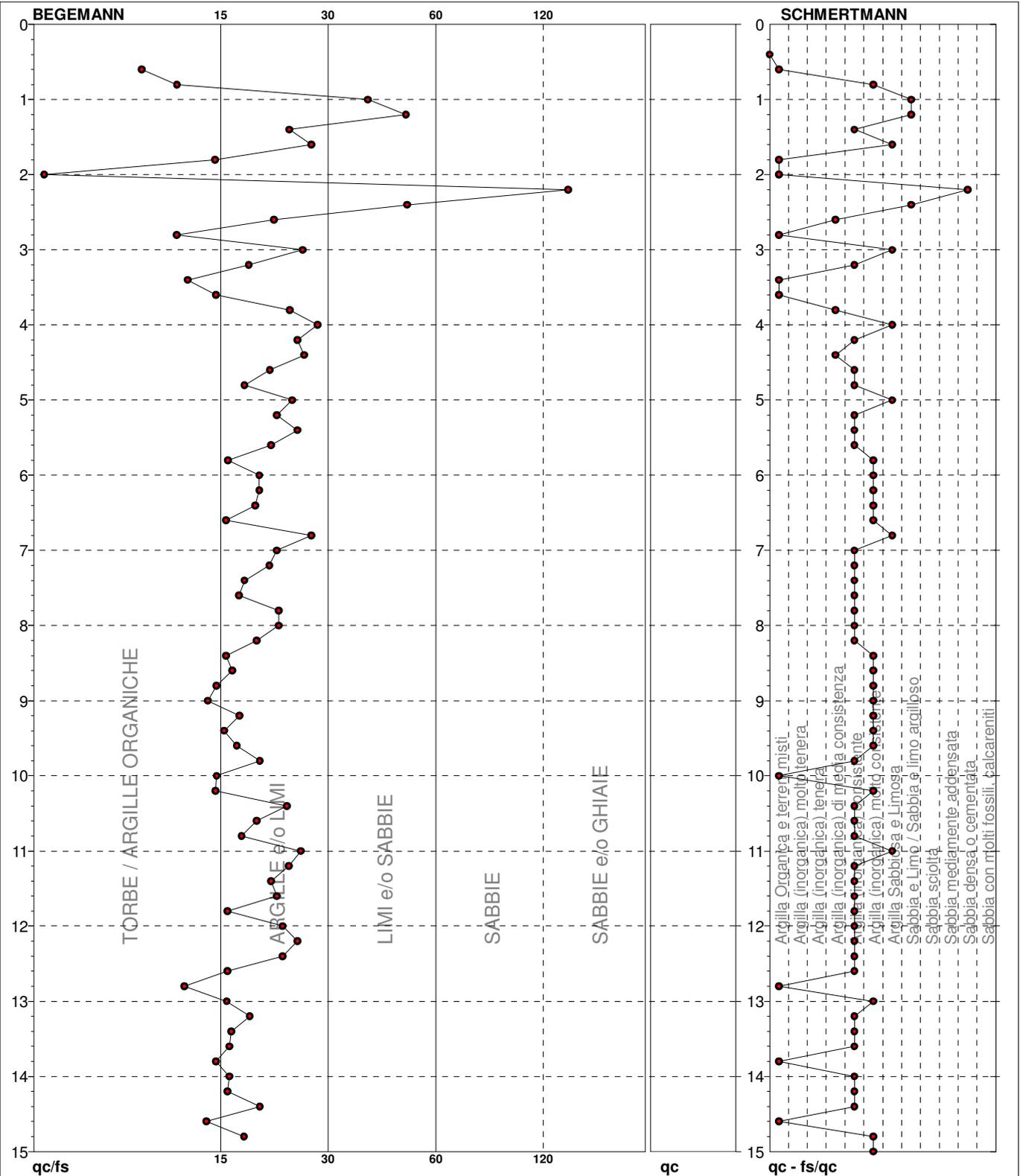


PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	5
Riferimento	Modena

Committente	U.M.: kg/cm²	Data exec.	28/06/2024
Cantiere	Scala: 1:75		
Località	Pagina 1		
Via del Pozzo - Modena (Mo)	Elaborato	Falda	-2,07 m da p.c.



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	10 punti, 18,67%	Argilla Organica e terreni misti	10 punti, 13,33%	Argilla Sabbiosa e Limosa	6 punti, 8,00%
ARGILLE e/o LIMI	56 punti, 74,67%	Argilla (inorganica) di media consistenza	3 punti, 4,00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	3 punti, 4,00%
LIMI e/o SABBIE	3 punti, 4,00%	Argilla (inorganica) consistente	33 punti, 44,00%	Sabbia densa o cementata	1 punti, 1,33%
SABBIE e/o GHIAIE	1 punti, 1,33%	Argilla (inorganica) molto consistente	16 punti, 21,33%		

Committente: MONTANA		Certificato n°: 1544/08
Località: Policlinico Modena		Verbale di accettazione n°:
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini	Lo sperimentatore Dott. Geol. Giampiero Tuso	Data esecuzione: 30-31/10/08
		Data emissione: 03/11/08
		Sondaggio: S1

Ø mm	R v	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	Standard Penetration Test			Prel. % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.
							m	S.P.T.	N				
			1								1.6	Limo sabbioso di colore marrone inglobante sparsi frammenti di laterizi e apparti radicali. Terreno asciutto e duro.	
			2								1.5	Limo argilloso sabbioso di colore marrone con sottili intercalazioni di sabbia finissima limosa. Terreno moderatamente umido e moderatamente consistente.	1
			3								2.0		
			4								2.5	Argilla debolmente limosa di colore grigio-azzurro. Terreno da moderatamente plastico a plastico, asciutto e consistente. Da -3.00 m a -3.30 m, da -4.00 m a -4.30 m e da -6.00 m a -6.90 m di colore grigio-nocciola. Si osservano sparse picchiettature carboniose e rare concrezioni calcaree da -5.00 m a -5.30 m.	
			5								4.0		
			6								1.0		
			7								1.0		
			8								2.25		
			9								2.25		
			10								8.1	Argilla debolmente limosa a tratti limosa di colore grigio-azzurro inglobante materiale vegetale. Da -9.50 m a -10.00 m argilla torbosa; da -11.50 m a -12.00 m argilla con limo di colore bruno. Terreno consistente a tratti moderatamente consistente, asciutto e plastico.	2
			11								2.25		
			12								2.5		
			13								1.0		
			14								1.0		
			15								1.5		
			16								1.5		
			17								12.5	Argilla grigio-azzurra a tratti bruna. Terreno asciutto, plastico e moderatamente consistente.	3
											13.3	Materiale non recuperato.	
											15.0		
											16.1	Argilla grigio-azzurra a tratti bruna. Terreno asciutto, plastico e moderatamente consistente.	
											16.1	Alternanze da centimetriche a decimetriche di limo argilloso debolmente sabbioso ed argilla limosa, a luoghi si osservano sottili intercalazioni dello spessore massimo di 1 cm di sabbia fine. Terreno di colore grigio laminato bruno, moderatamente plastico a tratti plastico, asciutto.	4

1) She < 7,30
7,85

2) She < 16,60
17,20

Committente: MONTANA		Certificato n°: 1544/08
Località: Policlinico Modena		Verbale di accettazione n°:
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini	Lo sperimentatore Dott. Geol. Giampiero Tuso	
	Data esecuzione: 30-31/10/08	
	Data emissione: 03/11/08	
		Sondaggio: S1

Ø mm	R v	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	Standard Penetration Test			Prel. % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.
							m	S.P.T.	N				
			18			1.0							
						1.75							
			19			0.5							4
						1.5							
						1.25							
			20			1.5							
						1.5							
						1.75							
			21			2.5							
						1.5							
						2.0							
						2.0							
			22			2.25							
						2.5							
						3.5							
			23			1.75							
						2.0							
			24										
			25		1) SPT - 25,00 25,45	25,0	16-7-17	24	A		24,6	Ghiaia sabbiosa di colore grigio-nocciola, bagnata.	
			26			3,5					26,0	Argilla debolmente limosa grigio-verdastra con screziature ocre. Si osservano livelli di concrezioni calcaree Ømax 1 cm. Terreno asciutto e molto consistente.	
						3,5							
			27		2) SPT - 26,80 27,25	26,8	5-8-10	18	A				
						2,5							
						2,25					27,5	Argilla grigio-bruna, asciutta e molto consistente.	6
			28			2,5							
						3,0					28,0	Argilla debolmente limosa a tratti limosa di colore grigio-verdastro con sparse concrezioni calcaree tra -28.00 m e -29.00 m. Terreno asciutto e consistente.	
						3,0							
						3,0							
			29			2,0							
						2,0							
						2,0							
101			30								30,0		

Sondatore: Sig. Francesco Barone
 Sonda: Ellettari EK 1000

Committente: MONTANA		Certificato n°: 1544/08
Località: Policlinico Modena		Verbale di accettazione n°:
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini	Lo sperimentatore Dott. Geol. Giampiero Tusso	Data esecuzione: 30-31/10/08
		Data emissione: 03/11/08
		Sondaggio: S1



Cassa n. 1 da 0.00 m a -5.00 m



Cassa n. 2 da -5.00 m a -10.00 m

Committente: MONTANA		Certificato n°: 1544/08
Località: Policlinico Modena		Verbale di accettazione n°:
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini	Lo sperimentatore Dott. Geol. Giampiero Tusso	Data esecuzione: 30-31/10/08
		Data emissione: 03/11/08
		Sondaggio: S1



Cassa n. 3 da -10.00 m a -15.00 m



Cassa n. 4 da -15.00 m a -20.00 m

Committente: MONTANA		Certificato n°: 1544/08
Località: Policlinico Modena		Verbale di accettazione n°:
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Rino Guadagnini	Lo sperimentatore Dott. Geol. Giampiero Tusso	Data esecuzione: 30-31/10/08
		Data emissione: 03/11/08
		Sondaggio: S1

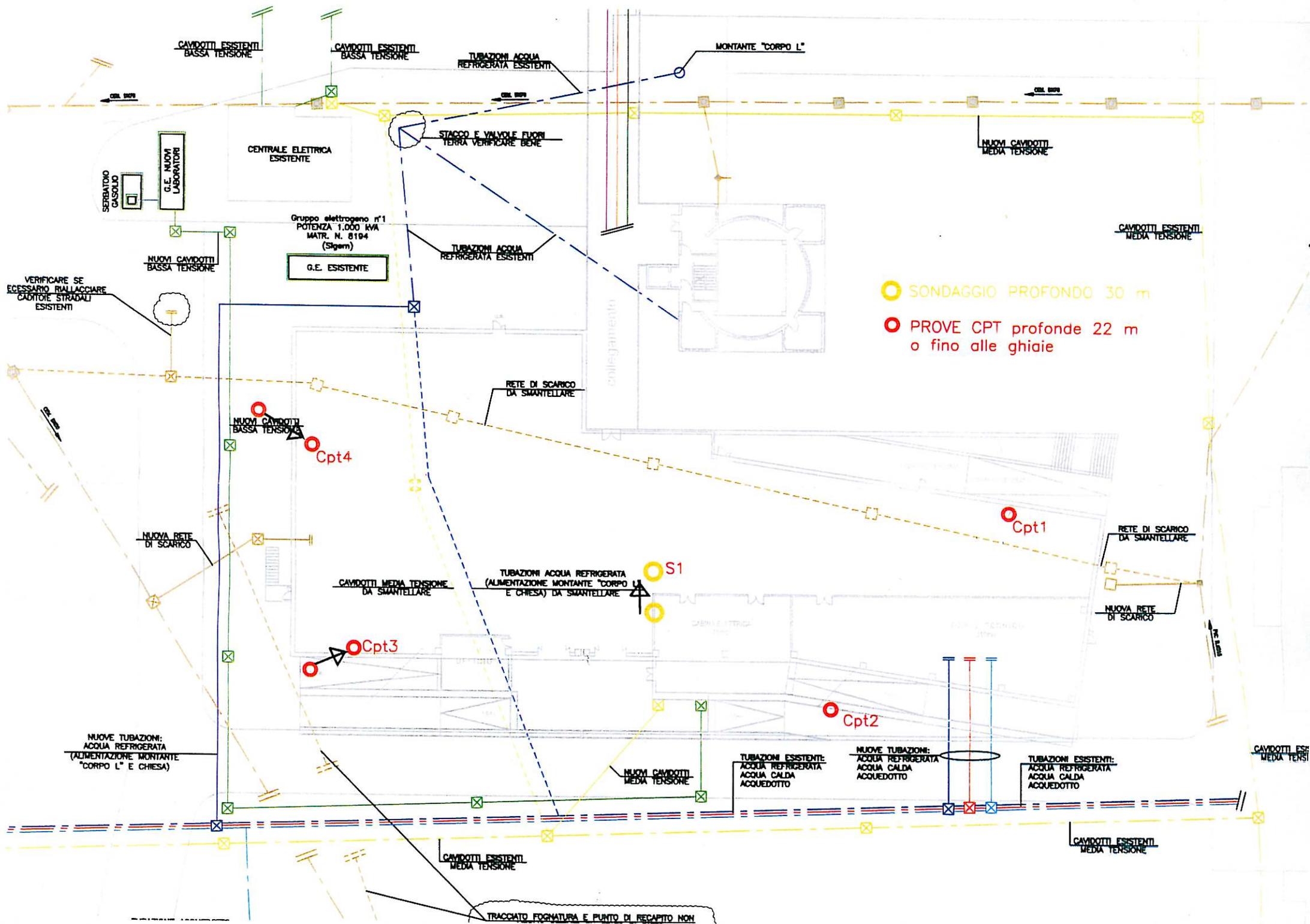


Cassa n. 5 da -20.00 m a -25.00 m



Cassa n. 6 da -25.00 m a -30.00 m





● SONDAGGIO PROFONDO 30 m

● PROVE CPT profonde 22 m o fino alle ghiaie

Stratigrafia	Campioni rimaneeggiati	H ₂ O	Cassette	SONDAGGIO: SA				SPT			
								Descrizione stratigrafica			
0				Limo sabbioso, debolmente argilloso, con frammenti di laterizi e materiale organico, colore marrone	1.40	1.50	5	9	10		
1						(A)					
2		Falda: -2,00 m	1	Limo argilloso sabbioso con livelli sabbioso limosi, colore marrone chiaro	3.00	3.00	3	4	3		
3											
4					Limo sabbioso, debolmente argilloso, colore nocciola	4.20	4.50	4	2	5	
5							(A)				
6			2	Argilla debolmente limosa, con livelli limoso sabbiosi tra 4,8 e 5,2 m e tra 6,6 e 7,0 m, colore grigio chiaro, con venature marroni.	5.60	6.00	6	7	8		
7						(A)					
8						7.50	5	6	5		
9						(A)					
10			3			9.00	7	9	6		
11						(A)					
12						10.50	4	6	5		
13						(A)					
14			4			12.00	4	4	5		
15						(A)					
16						13.50	5	6	6		
17						(A)					
18				Argilla debolmente limosa con livelli limoso argillosi e limoso sabbiosi, colore grigio con venature marroni	18.00	15.00	5	7	6		
19						(A)					
20						18.00	6	7	9		
						(A)					

PROFONDITA' IN METRI

SCALA VERTICALE 1:100

Metodo di perforazione: A rotazione con carotaggio continuo

Carotiere: Ø 101 mm Rivestimento: Ø 127 mm

Sonda: Renzi Gelmina-SAT 2

Livello di falda indicativo (registrato in fase di perforazione)

(A): Punta Aperta

(C): Punta Chiusa

Stratigrafia	Campioni rimaneeggiati	H ₂ O	Cassette	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	SPT			
					Profond. (Punta)	n. colpi x 15 cm.		
20								
21					21.00 (A)	6	8	11
22			5	Argilla debolmente limosa con livelli limoso argillosi e limoso sabbiosi, colore grigio con venature marroni				
23								
24					24.00 (A)	8	10	15
25				Ghiaia sabbiosa, colore grigio-nocciola				
26					25.50 (C)	14	12	16
27					27.00 (A)	4	7	11
28			6	Argilla debolmente limosa con livelli francamente argillosi tra 27 e 27,5 m, colore grigio-verdastro con venature marroni				
29								
30					30.00 (A)	6	8	10
31				FINE SONDAGGIO				
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								

PROFONDITA' IN METRI

SCALA VERTICALE 1:100

Metodo di perforazione: A rotazione con carotaggio continuo

Carotiere: \varnothing 101 mm Rivestimento: \varnothing 127 mm

Sonda: Renzi Gelmina-SAT 2

Livello di falda indicativo (registrato in fase di perforazione)

(A): Punta Aperta

(C): Punta Chiusa