



CITTA' DI MASSA LOMBARDA
PROGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO
IN VIA PALMIERA SNC, SP117

Foglio 36 mappale 47,52,53P,78,234,265,266,342P,346,396

AUTORIZZAZIONE UNICA AI SENSI DELL'ART.12 D.Lgs.387/2003

Impianto di Energia Elettrica Prodotta da Fonti Energetiche Rinnovabili a Solare Fotovoltaico

Committente:



JUWI ENERGIE RINNOVABILI S.r.l.

MILANO (MI) VIA VITTOR PISANI 20 - 20124
C.F. P.I.V.A. 02600410217
JUWIENERGIERINNOVABILISRL@LEGALMAIL.IT

a cura di:



Studio Rigolli

sustainable landscaping | projects and consulting
via Begatto 1 | 40125 Bologna Italy | +39 051232125
studio2@rigolli.com - r.rigolli@epap.conafpec.it

Coordinamento generale e progettazione

Dott.Agr. Riccardo Rigolli
via Begatto, 1
40125 Bologna
n.784 Ordine DAF (BO)

Relazioni specialistiche

Ing. Franca Conti
tecnico competente in acustica
via Massimo Gorki, 11
40128 Bologna
n.964 Ordine Ingegneri (RA)

Progetto definitivo impianto elettrico

Dott. Ing. Enrico Riccardi
SRCIngegneria S.r.l.
Via Castello 79/58
29121 Piacenza (PC)
n.1003 Ordine Ingegneri (PC)

Progettazione architettonica

Arch. Giuseppe Satta
n.2737 Ordine Architetti

Collaboratori

Dott. Margherita Silverii

Geol. Oberdan Drapelli
via Cerchio, 57 Ravenna
n.938 Ordine Geologi ER

Progetto definitivo mitigazioni ambientali

Dott.Agr. Riccardo Rigolli
Dott.For.Claudia Maccaferri
via Begatto, 1
40125 Bologna

Titolo tavola

PROCEDIMENTO DI VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ A VIA (SCREENING)
RELAZIONE_GEOLOGICA_IDRAULICA

Codice					Redatto	
S03_GEO					STUDIO RIGOLLI	
Data	Scala	Revisione	N. tavola			
30/11/2023	-	REV.N.00	S	03	GEO	

PROVINCIA DI RAVENNA

COMUNE DI MASSA LOMBARDA

"INDAGINE GEOGNOSTICA SUL TERRENO DI FONDAZIONE DEL PROGETTO

CAMPO FOTOVOLTAICO IN MASSA LOMBARDA LOTTO 2 STRADA

PROVINCIALE 17"

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA

CONFOME AL DM 2018

COMMITTENTE: **STUDIO RIGOLLI**

 VIA BEGATTO 1

 40125 BOLOGNA ITALY

REDATTO:

Dott. Geologo Oberdan Drapelli

N° 938 ORDINE DEI GEOLOGI DELL'EMILIA ROMAGNA



REV.	0	EMISSIONE DICEMBRE 2023		
	1			

DRAPELLI DR. OBERDAN –GEOLOGO-
STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE
RAVENNA, VIA CERCHIO, 57
FERRARA VIA V. RAVANI, 6
E-MAIL oberdandrapelli@gmail.com
TEL E FAX 0544 202700 CELL. 338 8439633
C.F. DRP BDN 68T22 H199Z P.IVA 01442260392

INDICE

1. GENERALITA'	3
2. MODELLO GEOLOGICO	5
3. STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO	12
4. MODELLO GEOTECNICO	12
5.1. CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI E MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	12
6. ELEMENTI DI IDROLOGIA	14
7. SISMICITA' DELL'AREA.....	23
8. STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	24

1. GENERALITA'

La presente Relazione Geologica, con parametrizzazione geotecnica del terreno, di cui al § 6.2.1 del D.M. 17.01.2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, viene redatta a corredo degli adempimenti amministrativi, per “PROGETTO CAMPO FOTOVOLTAICO IN MASSA LOMBARDA LOTTO 2 STRADA PROVINCIALE 17. L’area in esame è suddivisa in due lotti situati nelle campagne a ovest dell’abitato di Massa Lombarda, in terreni attualmente adibiti ad uso agricolo.

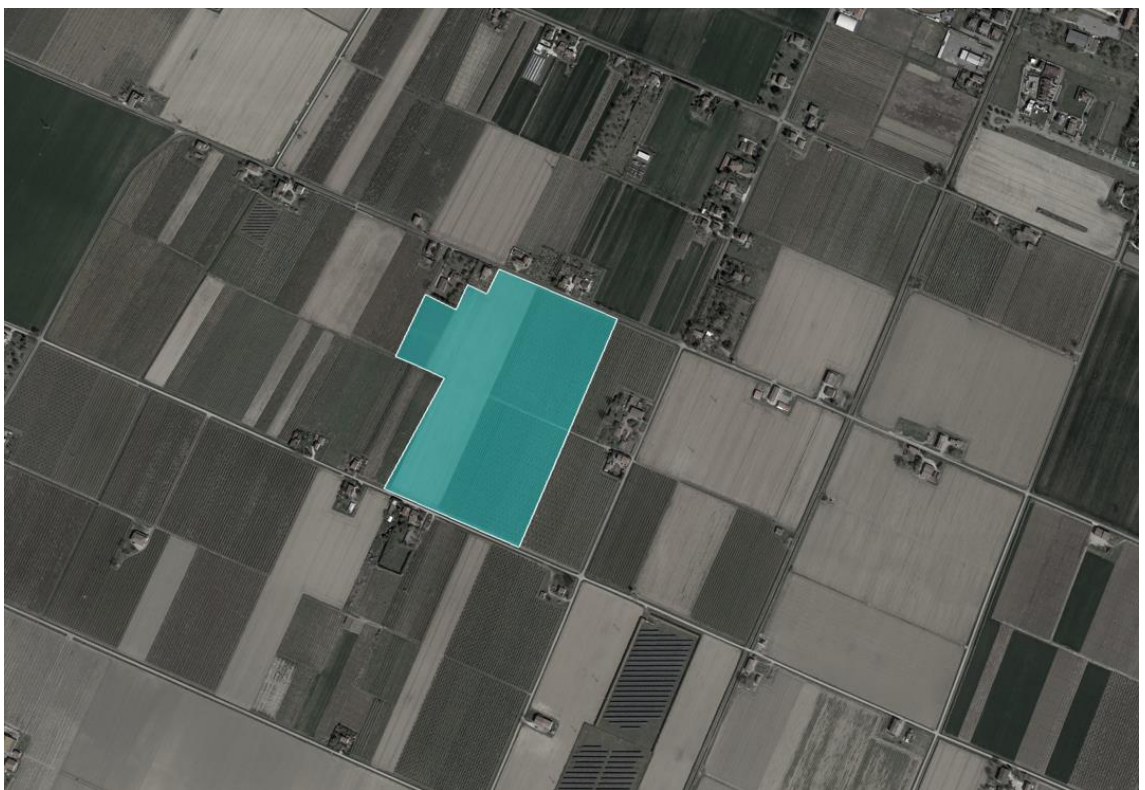
Il presente studio, inteso a verificare l’idoneità dell’area da un punto di vista geologico agli usi proposti, è basato sull’analisi, estesa ad un adeguato intorno, degli aspetti geomorfologici, litologici, e idrologici in modo da caratterizzare l’area nel suo insieme, in quanto, tali aspetti rivestono particolare importanza ai fini della futura edificazione. Una volta definiti gli obiettivi dell’indagine, si è proceduto alla raccolta dei dati esistenti in bibliografia ed ai sopralluoghi di campagna. Per meglio caratterizzare la natura dei terreni e acquisire i parametri litologici e geotecnici necessari a verificare l’edificabilità di massima, sono state realizzate:

n° 1 prova penetrometrica statica elettrica con piezocono, CPTU, spinta fino alla profondità di -15 m dal p.c.;

n°4 prove CPT spinte fino a -5 m dal p.c.

Inoltre è stata svolta l’indagine sismica mediante misura di n° 1 masw abbinate alla misura di H/V.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti in materia, in particolare il D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»), facendo riferimento alla circolare n° 7 del 21/01/2019.



2. MODELLO GEOLOGICO

Il territorio del Comune di Massa Lombarda, è inserito nel settore romagnolo dell'ampio bacino sedimentario padano; nel sottosuolo sono presenti successioni di depositi marini, deltizi, lagunari, palustri ed alluvionali di età pliocenico-quadernaria che poggiano su un substrato caratterizzato da una complessa configurazione a pieghe e pieghe- faglie. Gli elementi tettonici profondi, rilevati principalmente tramite prospezioni geofisiche effettuate dall'AGIP per la ricerca di idrocarburi, fanno parte delle pieghe adriatiche con asse parallelo ai principali lineamenti strutturali appenninici NO - SE e sono procedendo da nord verso sud:

- anticlinale di Argenta, Alfonsine
- sinclinale di Miravalle, Conselice
- anticlinale di Minerbio, Villa Serraglio
- sinclinale di Budrio, Bubano

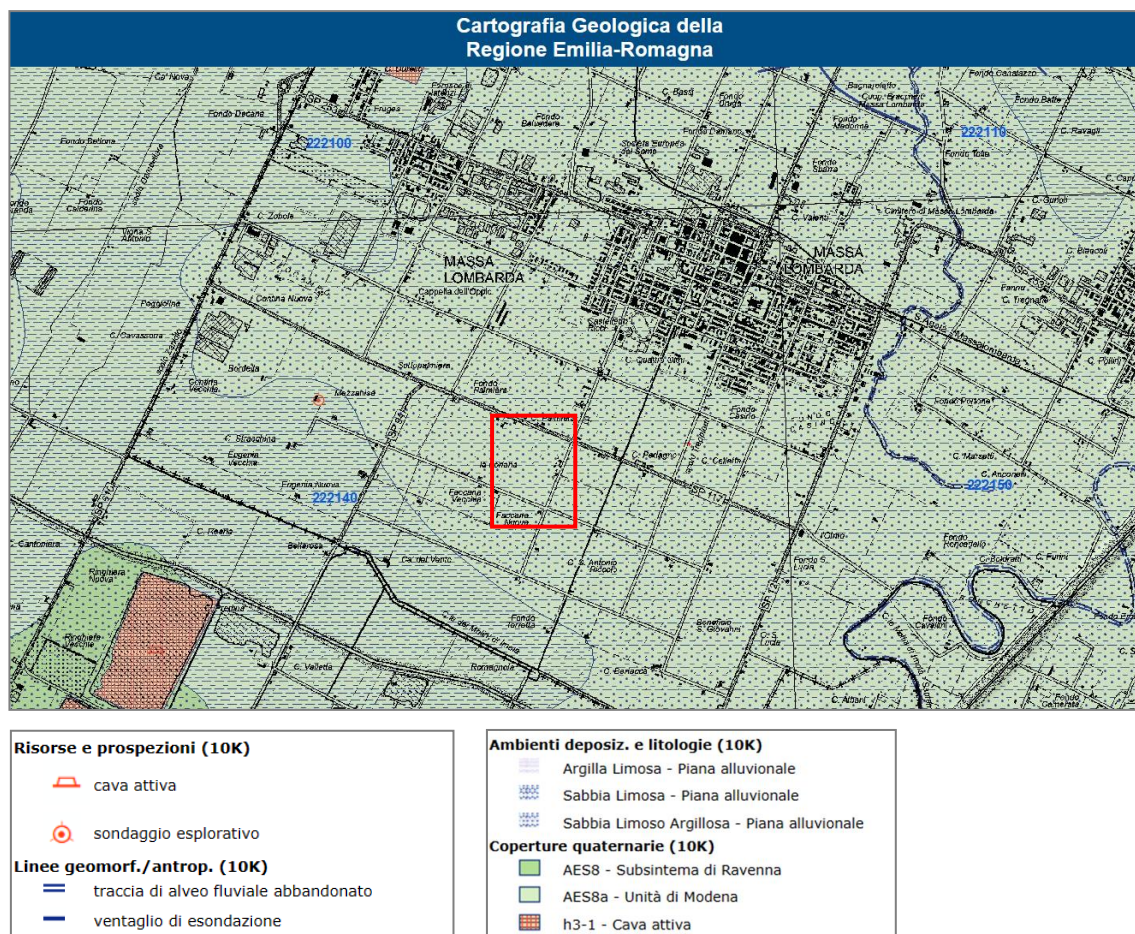
Su questo substrato, caratterizzato da pieghe e faglie, si sono deposte le prime formazioni marine del Pliocene superiore e del Quadernario marino caratterizzati da frequenti variazioni litologiche con corpi sabbiosi isolati intercalati da livelli argillosi sabbiosi e limo argillosi. In seguito col Quadernario continentale si sono avuti depositi clastici di varia natura e dimensioni, messi in posto dalle alluvioni dei fiumi appenninici. Il Comune di Lugo è inserito nel Foglio 222 della Carta geologica d'Italia al 50.000. L'analisi del Foglio 222 è stata affrontata con l'obiettivo di ricostruire l'assetto tridimensionale dei depositi della pianura e di rappresentarlo tramite la carta geologica di superficie (Carta Geologica *sensu stricto*), la carta di sottosuolo e numerose sezioni geologiche realizzate con diversi gradi di dettaglio (Foglio Allegato alla Carta Geologica - Geologia di Sottosuolo). Per questo motivo il rilevamento geologico del Foglio è stato condotto attraverso l'analisi integrata di dati di superficie e di sottosuolo e, nell'ambito della Carta Geologica d'Italia, proprio la cartografia di sottosuolo qui prodotta costituisce un elemento di novità che viene considerato dai realizzatori del Foglio un importante strumento propedeutico per le analisi geologiche delle aree di pianura. Questo lavoro è stato realizzato grazie alla disponibilità di un archivio di dati stratigrafici:

la banca dati geognostici, realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. La banca dati, inoltre, è stata arricchita di nuove prove geognostiche, quali sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche e trivellate manuali, eseguite ad hoc durante il rilevamento del Foglio. Comprende un'area situata tra le province di Bologna e Ravenna (Fig. 3) e si estende dal settore compreso tra Imola e Lugo fino al territorio immediatamente a sud degli abitati di Molinella e Argenta e delle Valli di Comacchio. Questo territorio è caratterizzato da una superficie topografica piuttosto regolare che si immerge progressivamente verso NE fino a raggiungere il livello del mare; esso può essere distinto in due settori: un settore di alta pianura ed uno di bassa pianura. L'alta pianura si sviluppa a ridosso del margine appenninico ed è caratterizzata da quote comprese tra 50 e 10 m s.l.m., da gradienti relativamente elevati (circa 1 m di quota ogni 300 m) e da un reticolo idrografico generalmente inciso. Le quote topografiche più elevate si registrano nell'angolo di SO, a sud di Castel Guelfo, fino ad arrivare a nord all'allineamento Bagnacavallo-Lugo-Massa Lombarda-Buda. La bassa pianura è caratterizzata da quote inferiori (comprese tra 10 e -1 m s.l.m.), da gradienti bassi (circa 1 m di quota ogni 2 km) e da un reticolo idrografico non inciso, generalmente pensile. Nel margine settentrionale del Foglio è tipicamente diffusa una morfologia valliva caratterizzata da ampie zone depresse (aree di intercanale e casse di espansione) separate da rilevati e dossi (argini e canali). In particolare, a nord degli abitati di S. Biagio e Filo e ad ovest di Longastrino (Foglio 223), si individuano aree topograficamente depresse che raggiungono quote di 1 m al di sotto del livello del mare. Tutta l'area in esame è occupata dai depositi di piana alluvionale tardo-quaternari della Pianura Padana mentre i depositi terrazzati di conoide del margine appenninico affiorano poco più a sud, nell'area di interesse del Foglio 239 e verso ovest nel Foglio 221 (Fig. 4). Il reticolo di corsi d'acqua è piuttosto fitto. I fiumi principali, che scorrono da SO verso NE, seguendo il gradiente topografico regionale, sono (da ovest) il T. Sillaro, il F. Santerno e il F. Senio. Nel margine NE del Foglio è presente, con

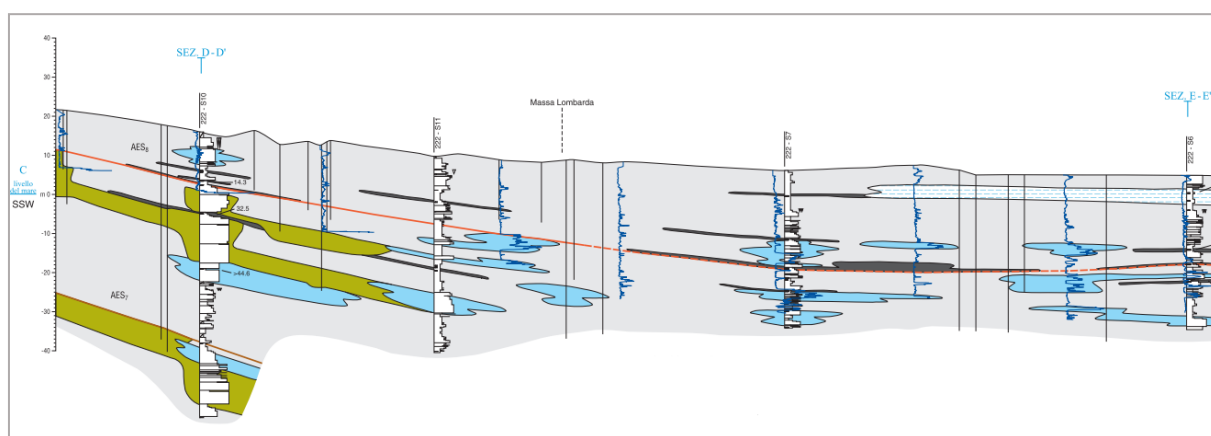
andamento NO-SE quasi perpendicolare ai precedenti corsi d'acqua, un tratto artificializzato del F. Reno, nel quale confluiscono il T. Sillaro, in prossimità dell'abitato di S. Biagio, e il F. Santerno, a nord di Voltana. Questi corsi d'acqua sono alimentati da bacini idrografici montani relativamente poco estesi: quello del T. Sillaro è di c.a. 135 km², quello del F. Santerno è di c.a. 420 km² e quello del F. Senio è di c.a. 270 km². Nelle zone di alta pianura, limitatamente al margine di SO a sud di Castel Guelfo, il T. Sillaro è inciso nei depositi della pianura lungo scarpate di terrazzo di pochi metri. Nell'area restante i corsi d'acqua sono confinati entro argini, in gran parte artificiali, che diventano particolarmente elevati nel settore della bassa pianura dove il massimo dislivello argine-pianura raggiunge i 10 m. I corsi d'acqua secondari sono costituiti da una fitta rete di torrenti, fossi, scoli e canali di bonifica che drenano gran parte dell'area del Foglio, ma che si concentrano particolarmente nei quadranti settentrionali della bassa pianura.

Questo territorio della pianura, dista circa 30 chilometri dal margine collinare, dove affiorano le successioni sedimentarie marine che nella zona di Lugo si trovano a grandissima profondità (circa un migliaio di metri) sotto la superficie topografica. Dalla parte opposta troviamo il mare ad una distanza di circa 20-25 chilometri, dall'attuale linea di costa. Nel sottosuolo i sedimenti Pliocenici e Quaternari ricoprono un substrato di età Miocenica, il quale risulta essere fortemente ripiegato e tettonizzato con strutture e successioni stratigrafiche molto simili a quelle rinvenibili nell'Appennino; il territorio comunale a tal proposito è situato sul fianco SO della "sinclinale romagnola", la quale è delimitata a SO dalla sinclinale di Cotignola e a NE dalla sinclinale di Alfonsine-Ravenna. Il substrato Miocenico è caratterizzato da una successione di pieghe anticlinali e sinclinali con vergenza NE ed andamento appenninico; è situato a profondità crescenti da un minimo di 1500 m ad un massimo di 4000 m. Al substrato miocenico si sovrappongono in giacitura trasgressiva e discordante le argille del Pliocene inferiore con intercalati frequenti livelli di sabbia. Questi terreni hanno spessore molto variabile essendo ridotti od addirittura mancanti al culmine delle anticlinali, mentre sono di spessore notevole nelle sinclinali. Ciò è conseguenza sia di emersione ed erosione nelle

zone di anticlinale alla fine del Miocene e nel Pliocene inferiore, sia della subsidenza differenziata fra zone di anticlinali e di sinclinali. Gli strati del Pliocene inferiore sono ed interessati da fenomeni disgiuntivi simili a quelli che interessano il substrato miocenico, ma di minore intensità. Le formazioni più recenti, a partire dal Pliocene medio superiore, sono caratterizzate da deformazioni meno intense. I sedimenti del Pliocene medio superiore (argille marnose con intercalazioni di sabbie) sono trasgressivi sul Pliocene inferiore; lo spessore di questi sedimenti è condizionato dalla tettonica con uno spessore modesto (circa 100 m) sulle anticlinali ed uno spessore più rilevante nelle sinclinali (anche e oltre 1000 m).. L'influenza della tettonica si riduce e si attenua nel Quaternario; ai sedimenti del Pliocene superiore seguono con una certa continuità di sedimentazione le argille e argille limoso sabbiose tipiche del Calabriano, a sua volta seguite da sedimenti di ambiente marino litorale e salmastro consistenti in intercalazione di sabbie e di argille con banchi ricchi di macrofossili attribuibili al periodo post Calabriano (Emiliano, Siciliano e Milazziano). Seguono terreni prevalentemente di ambiente continentale (alluvioni argilloso limose con lenti sabbioso limose) a cui si intercalano livelli marini con depositi di ambiente litorale (sabbie di spiaggia e duna) legate alle fasi interglaciali pleistoceniche, terminate le quali ha inizio il depositarsi di sedimenti continentali depositate durante la glaciazione Wurmiana. Il territorio del Comune, è stato raggiunto dal mare durante la trasgressione dell'Olocene; la linea di massima avanzata del mare, databile a circa 5000 anni fa, coincide circa con la S.S16 Adriatica che collega Ravenna a Ferrara. I sedimenti Olocenici nel territorio, sono rappresentati superficialmente da alluvioni argilloso limose con lenti sabbioso limose a cui si intercalano episodi lagunari argilloso limosi molli (circa normalconsolidati), a cui seguono strati sabbiosi, che rappresentano depositi di spiaggia o duna, alternati a livelli argilloso limosi molli fino a oltre i 20 metri di profondità. Nell'area in esame le quote rispetto al livello medio del mare, sono di circa 4-5 metri più alti rispetto a questo livello (dati dedotti dalla ctr). Il livello della falda nella zona è superficiale ed in certi periodi dell'anno può essere prossimo alla superficie topografica.



Carta geologica stratta da
Cartografia Geologica della Regione Emilia-



SEZIONE GEOLOGICA SUPERFICIALE

CAROTAGGI

222 - 84 Carotaggio "Progetto CARG"

Profilo granulometrico del carotaggio

Indagini geognostiche della banca dati RER

- Penetrometrie elettriche con o senza piezometro "Progetto CARG" (resistenza alla punta)
- 14.3 Età 14C B.P. (in ka non calibrati)
- Paleosuoli (non calcarei o scarsamente calcarei)

DEPOSITI ALLUVIONALI

- Ghiaie di riempimento di canale fluviale
- Sabbie di riempimento di canale e di rotta fluviale
- Altezze di sabbie, limi ed argille di trascinamento fluviale indifferenziata
- Argille e limi con sostanza organica di palude

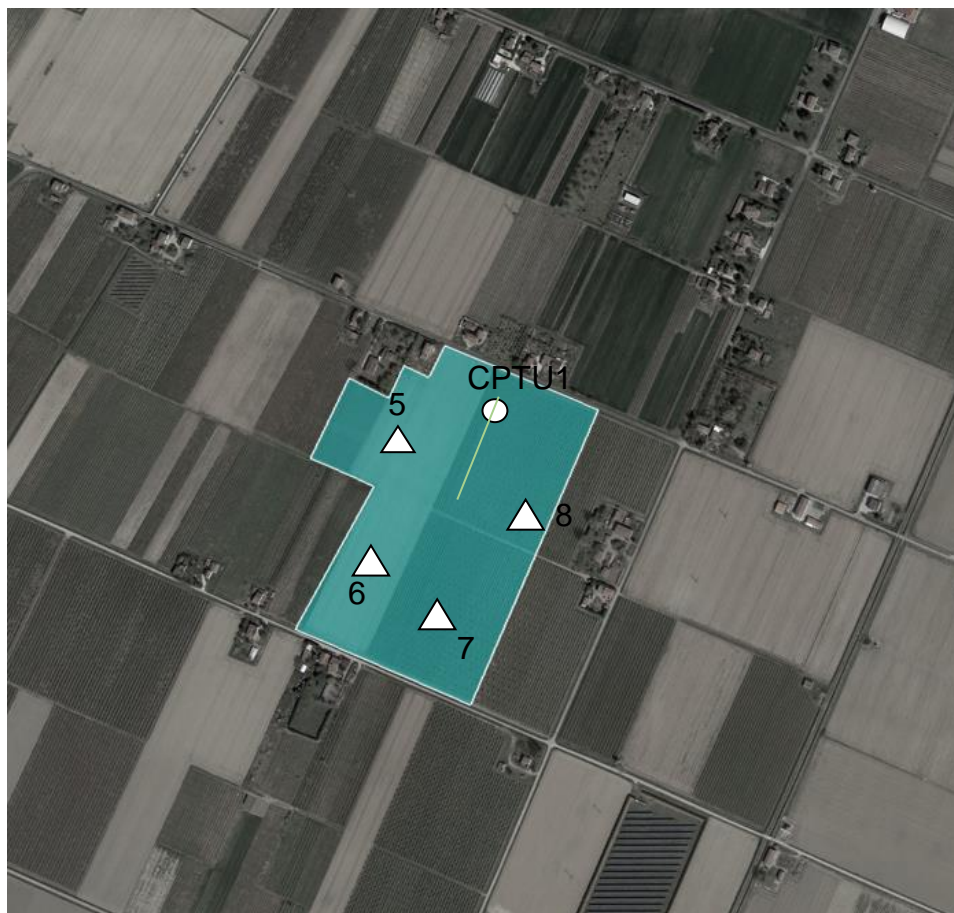
DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI

- Argille e limi con sostanza organica di palude-laguna
- Sabbie di cordone litorale
- Base del Subsistema di Ravenna - AES8
- Base del Subsistema di Villa Verucchio - AES7

INDAGINI ESEGUITE SUL TERRENO

I risultati prodotti da questo elaborato sono il frutto dell'analisi di dati presenti in bibliografia e dati ottenuti dalle indagini svolte sul terreno. Il progetto per cui viene redatta questa relazione interessa un lotto attualmente impiegato per uso agricolo, nel quale sono state effettuate:

- N° 1 prova penetrometrica statica con piezocono CPTU
- N° 4 prove penetrometriche statiche CPT
- N° 1 indagine sismica mediante misura di MASW abbinata ad H/V



Al fine di caratterizzare il substrato di fondazione sono state realizzate n° 1 prova penetrometrica statica con piezocono "CPTU" - ASTM (D3441) spinte fino a -15 m dal piano campagna, eseguita con penetrometro statico-dinamico da 20 tonnellate in spinta ed estrazione (modello Pagani TG 63/200 montato su autocarro Unimog-Mercedes).

La punta piezocono utilizzata (Pagani) produce dei segnali continui con rilievo delle grandezze ogni centimetro; tali segnali vengono trasmessi tramite un cavo passante all'interno delle aste di spinta. I segnali sono ricevuti in superficie da una centralina di

condizionamento la quale riceve anche gli impulsi trasmessi da un generatore (encoder) collegato meccanicamente al dispositivo di spinta e che fornisce il parametro profondità. I segnali digitali trasmessi dalla punta alla centralina vengono, nel corso della prova, direttamente elaborati e visualizzati sul visore della centralina stessa. Le prove CPTU hanno consentito di determinare in continuo i valori della resistenza di punta (q_c), dell'attrito laterale specifico (f_s) e della pressione dinamica dell'acqua nei pori (u_2). Dal rapporto R_f (f_s/q_c %) è possibile valutare la stratigrafia del terreno.

CPT

In totale sono state effettuate 4 prove CPT, spinte fino alla profondità di -5 m dal p.c. La punta utilizzata presenta le dimensioni standard europee: apertura di 60°, diametro di 35,7 mm e area di 10 cmq per la misura della pressione di rottura (Q_c), manicotto di attrito per la misurazione delle resistenze di attrito laterale (f_s) con superficie di 10 cmq e velocità di penetrazione della punta-manicotto pari a 2 cm/sec. Al di sopra della punta, si ha un manicotto scorrevole, con un diametro pari a 35,7 mm, una lunghezza di 133 mm ed una superficie di 150 cm², sul quale viene misurata la resistenza di attrito laterale (f_s). Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. I valori acquisiti, ad intervalli regolari di 0,20 m.

I valori di seguito calcolati q_c , resistenza alla punta conica (Kg/cm²), e f_s , resistenza all'attrito laterale (manicotto) (Kg/cm²), sono legati da correlazioni empiriche ad alcuni parametri geotecnici caratteristici di un terreno e permettono dunque di valutare la successione stratigrafica del sottosuolo indagato, identificando la natura degli strati attraversati. L'acquisizione delle informazioni è avvenuta direttamente, durante la prova, con trasduttore elettronico.

MASW

Date le caratteristiche dell'area è stato sviluppato un programma di indagine finalizzato alla modellazione geologico-sismica sito specifica, le cui relazione è stata redatta dal dott. Geologo Rolfini.

È stata, quindi, effettuata una prospezione sismica superficiale tipo M.A.S.M mediante approccio HS®, al fine di identificare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) nel sito. E una misura di rumore sismico, HVSR a stazione singola della durata di 30 minuti, al

fine di identificare la frequenza fondamentale del sito e fornire informazioni circa la sequenza sismostratigrafica locale.

Tali indagini sono state effettuate nelle immediate vicinanze della strada Provinciale 117.

3. STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO

Le prove penetrometriche eseguite nell'area in esame, sono risultate sostanzialmente omogenee e la stratigrafia ad esse correlata, viene di seguito riportata.

omogenee e la stratigrafia ad esse correlata, viene di seguito riportata.

CPTU lotto 2

- Da 0.00 m a 0.55 m circa: ARGILLE e ARGILLE limose
- Da 0.55 m a 3.20 m circa: ARGILLE
- Da 3.20 m a 4.75 m circa: ARGILLE e ARGILLE limose
- Da 4.75 m a 5.80 m circa: SABBIE e SABBIE limose
- Da 5.80 m a 6.35 m circa: SABBIA limosa e LIMO sabbioso
- Da 6.350 m a 14.00 m circa: ARGILLA

Il livello della falda si attesta ad una profondità di circa 3.00 m.

4. MODELLO GEOTECNICO

5.1. CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI E MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Sono stati calcolati i valori caratteristici X_k dei parametri del terreno, acquisiti attraverso le indagini geognostiche e alle conoscenze dell'area in esame. I valori caratteristici X_k si definiscono calcolando il 5° percentile della distribuzione media della serie di dati ottenuti dalle prove CPT. Tale stima cautelativa indica un valore al di sotto del quale ci si può attendere che si collochi non più del 5% dei risultati ottenibili da una serie illimitata di prove, ossia al di sopra del quale troviamo il 95% dei valori della distribuzione media della serie di dati (coesione non drenata C_u e angolo d'attrito ϕ).

Successivamente applicando il fattore riduttivo γ_M , sono stati calcolati i valori di progetto della resistenza del terreno X_d .

I valori caratteristici sono:

- la coesione non drenata **C_{uk}** (per i terreni di natura coesiva)
- l'angolo di attrito interno efficace (per i terreni di natura granulare) **Ø_k**

mentre i corrispondenti valori di progetto sono:

- la coesione non drenata **C_{ud}** (per i terreni di natura coesiva)
- l'angolo di attrito interno efficace (per i terreni di natura granulare) **Ø_d**

MEDIA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 5

Prof. da m a m.	Descrizione	Qc Media (Mpa)	γ (t/mc)	γ* (t/mc)	Ø _m	Ø _k	C _{um} (kpa)	C _{uk} (kpa)	Ed (Kg/cmq)	Ey (Kg/cmq)	Ni
0.40 – 4.20	Coesiva	1.72	1.80	1.85	25	23	86	82	78.4	70	0.35
4.20 – 5.00	Granulare	5.32	0.90	0.94	31	30	/	/	133	196	0.30

CPT 6

Prof. da m a m.	Descrizione	Qc Media (Mpa)	γ (t/mc)	γ* (t/mc)	Ø _m	Ø _k	C _{um} (kpa)	C _{uk} (kpa)	Ed (Kg/cmq)	Ey (Kg/cmq)	Ni
0.40 – 3.20	Coesiva	1.3	1.80	1.85	25	23	65	62	70.2	45	0.40
3.20 – 4.60	Coesiva	2.6	1.80	1.85	28	26	130	124	88.4	72	0.35
4.60 – 5.00	Granulare	7.8	0.95	0.97	32	30	/	/	156	96	0.30

CPT 7

Prof. da m a m.	Descrizione	Qc Media (Mpa)	γ (t/mc)	γ* (t/mc)	Ø _m	Ø _k	C _{um} (kpa)	C _{uk} (kpa)	Ed (Kg/cmq)	Ey (Kg/cmq)	Ni
0.40 – 3.60	Coesiva	1.1	1.80	1.85	25	23	55	52	63.8	45	0.40
3.60 – 5.00	Coesiva	1.81	0.95	1.0	27	25	90	85	79.2	72	0.35

CPT 8

Prof. da m a m.	Descrizione	Qc Media (Mpa)	γ (t/mc)	γ* (t/mc)	Ø _m	Ø _k	C _{um} (kpa)	C _{uk} (kpa)	Ed (Kg/cmq)	Ey (Kg/cmq)	Ni
0.40 – 3.40	Coesiva	1.36	1.80	1.85	25	23	68	65	71.8	45	0.40
3.40 – 4.20	Coesiva	0.62	1.42	1.47	18	16	31	29	41.9	25	0.45
4.20 – 5.00	Coesiva	1.94	0.94	0.96	27	25	97	92	79.9	69	0.35

CPTU lotto 2

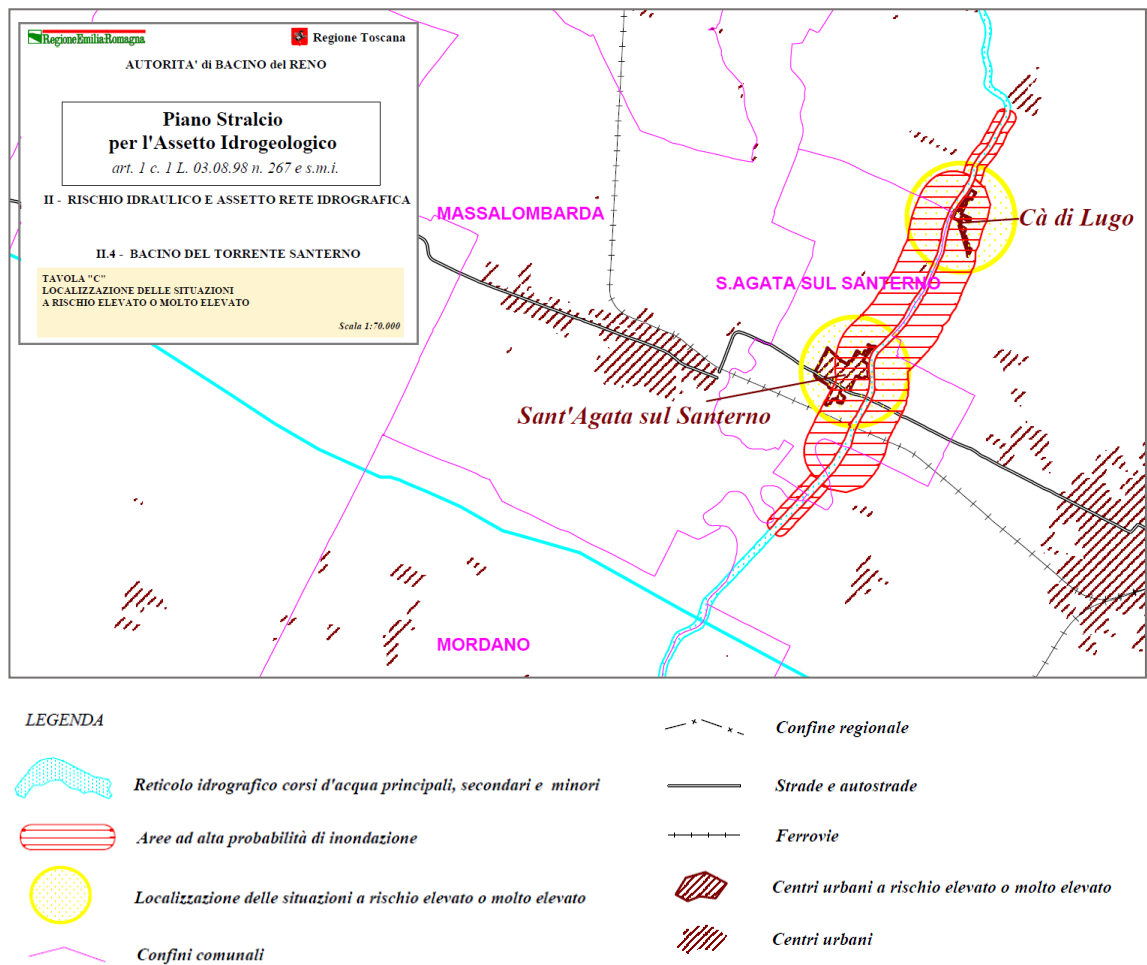
Prof. da m a m.	Descrizione	Qc Media (Mpa)	γ (t/mc)	γ^* (t/mc)	ϕ_m	ϕ_k	Cum (kpa)	Cuk (kpa)	Ed (Kg/cmq)	Ey (Kg/cmq)	Ni
0.00-0.55	Coesiva	0.4	1.58	1.63	17	15	20	18	28.8	25	0.45
0.55-3.20	Coesiva	0.8	1.67	1.72	20	18	40	38	51.2	25	0.45
3.20-4.75	Coesiva	1.4	1.75	1.80	25	23	70	67	72.8	45	0.40
4.75-5.80	Granulare	6.6	1.82	1.86	31	29	330	314	132	96	0.30
5.80-6.35	Coesiva	3.4	1.70	1.75	30	28	170	162	93.5	72	0.35
6.35-13.14	Coesiva	1.6	1.79	1.83	16	14	80	76	76.8	45	0.40

Dove:

qc	=	Resistenza alla punta misurata con il penetrometro (kg/cmq)
γ o γ^*	=	Peso specifico secco e saturo (t/mc)
Cum	=	coesione non drenata media
ϕ_m	=	Angolo di attrito interno (°) medio
Ed	=	Modulo edometrico (caratteristico)
cuk	=	coesione non drenata caratteristica
ϕ_k	=	Angolo di attrito interno (°) caratteristico
Ni	=	Coeff di Poisson

6. ELEMENTI DI IDROLOGIA

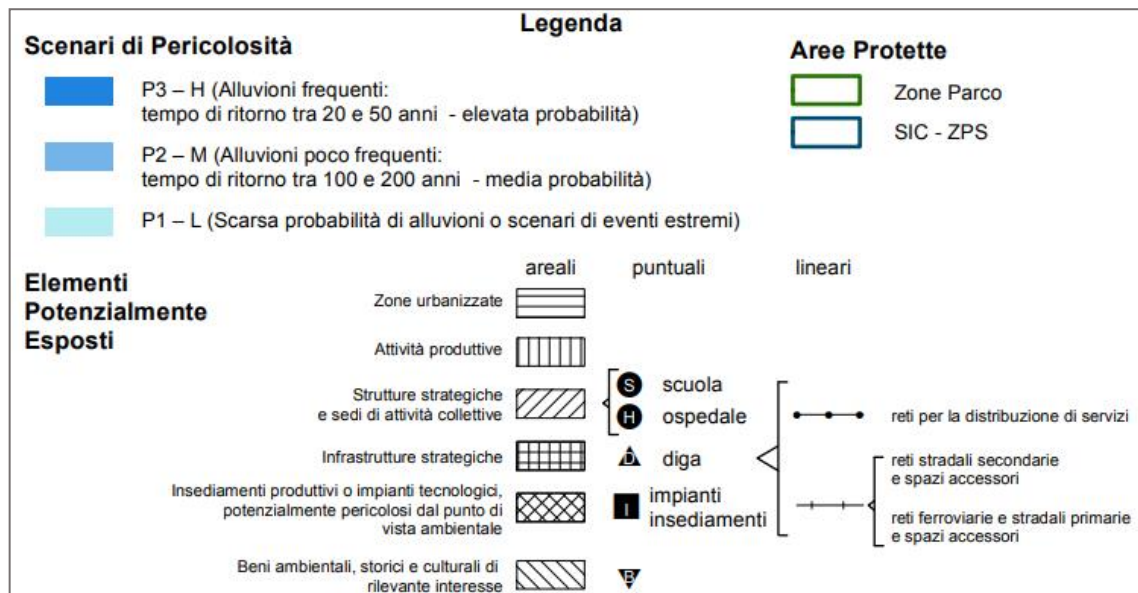
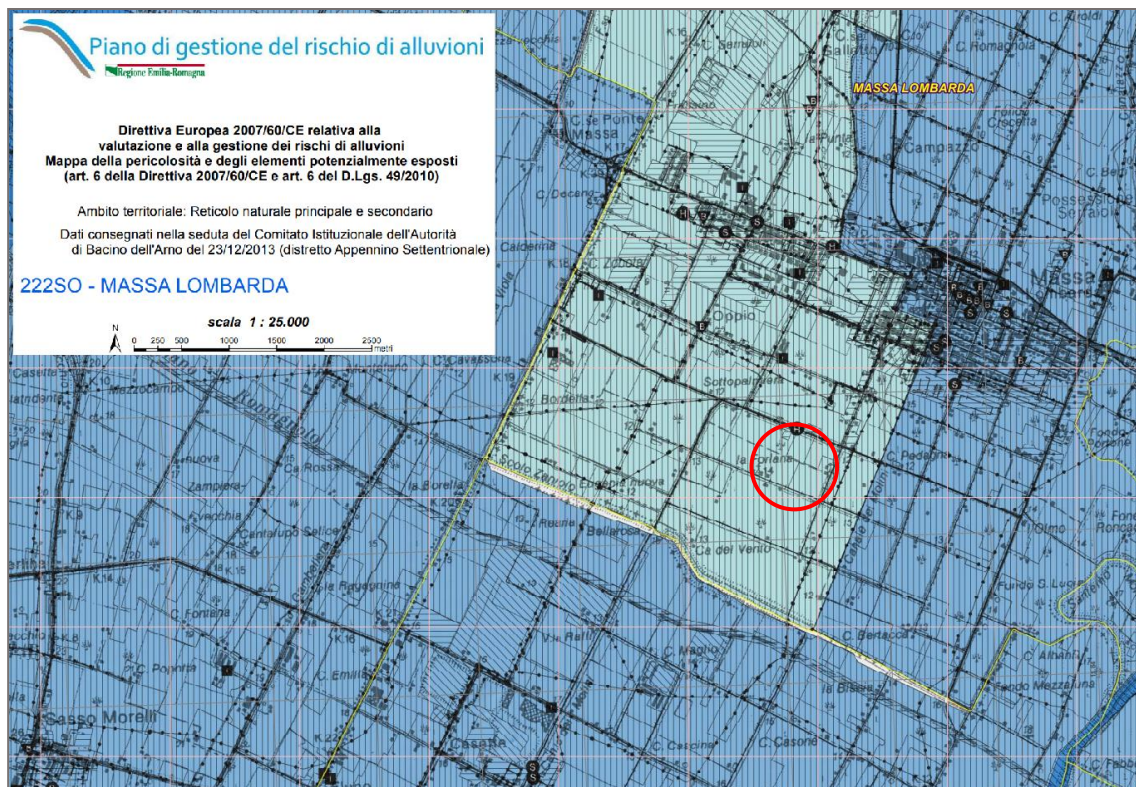
Secondo il *Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico art. 1 c.l L.3.08.98 n.267 e s.m.i., 2002, approvato con deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 857 del 17/06/2014*, l'area interessata da questo studio rientra nel Bacino del Torrente Santerno e non si evidenziano particolari problematiche idrauliche. Infatti non risulta nessuna situazione a rischio idraulico elevato o molto elevato, condizione che si concentrano principalmente nelle vicinanze dell'asta fluviale del Santerno, nei pressi di S. Agata sul Santerno e Cà di Lugo.



Di seguito si riporta:

- la mappa del quadro conoscitivo della pericolosità di alluvioni relativa al reticolo idrografico naturale principale e secondario e degli elementi potenzialmente esposti, predisposto in attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010.

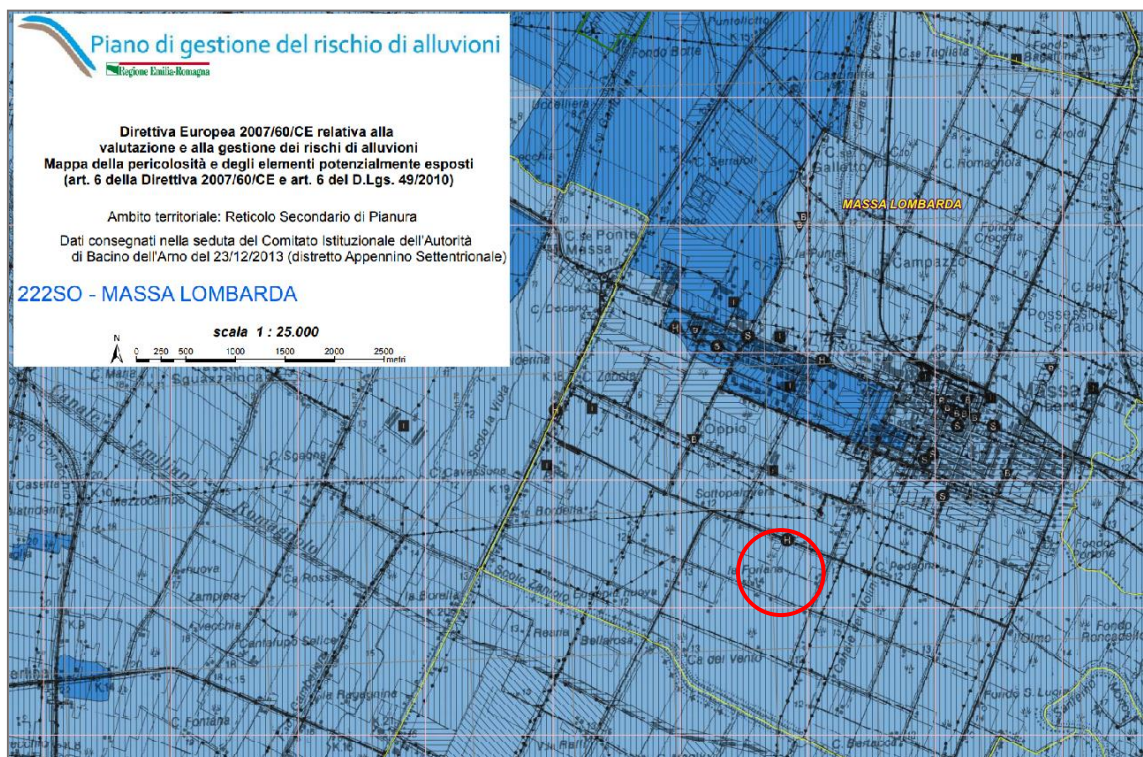
In cui l'area di studio è classificata come Scenario di Pericolosità P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi).



Fonte Mappa della pericolosità di alluvioni e degli elementi potenzialmente esposti a scala 1:25'000, predisposta in attuazione dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE del D.Lgs. 49/2010.

- La mappa del quadro conoscitivo della pericolosità di alluvioni al reticolo secondario di pianura artificiale (canali di bonifica) e degli elementi potenzialmente esposti, predisposto in attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010.

In cui l'area analizzata, a differenza di quanto visto per il reticolo idrografico naturale principale e secondario, viene classificata come P2 – M , alluvioni poco frequenti, con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni (media probabilità)



Fonte: Mappa della pericolosità di alluvioni e degli elementi potenzialmente esposti a scala 1:25'000, predisposta in attuazione dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE del D.Lgs. 49/2010.

- Mappatura del rischio di alluvioni, sia per corsi d'acqua naturali principali e secondari e sia per Reticolo Secondario di pianura, predisposta in attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010. In particolare, l'art. 6 comma 5 del D.Lgs. 49/2010 *"Le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari di cui al comma 2 e prevedono le 4 classi di rischio di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 29 settembre 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 3 del 5 gennaio 1999 [...]"*

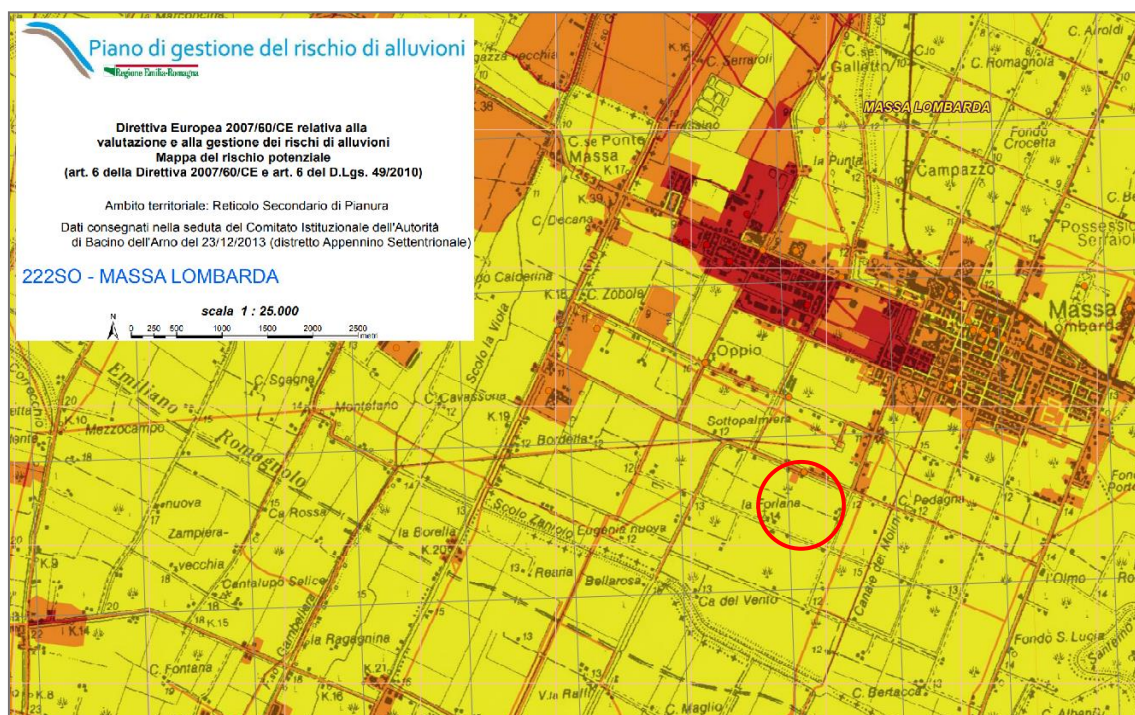
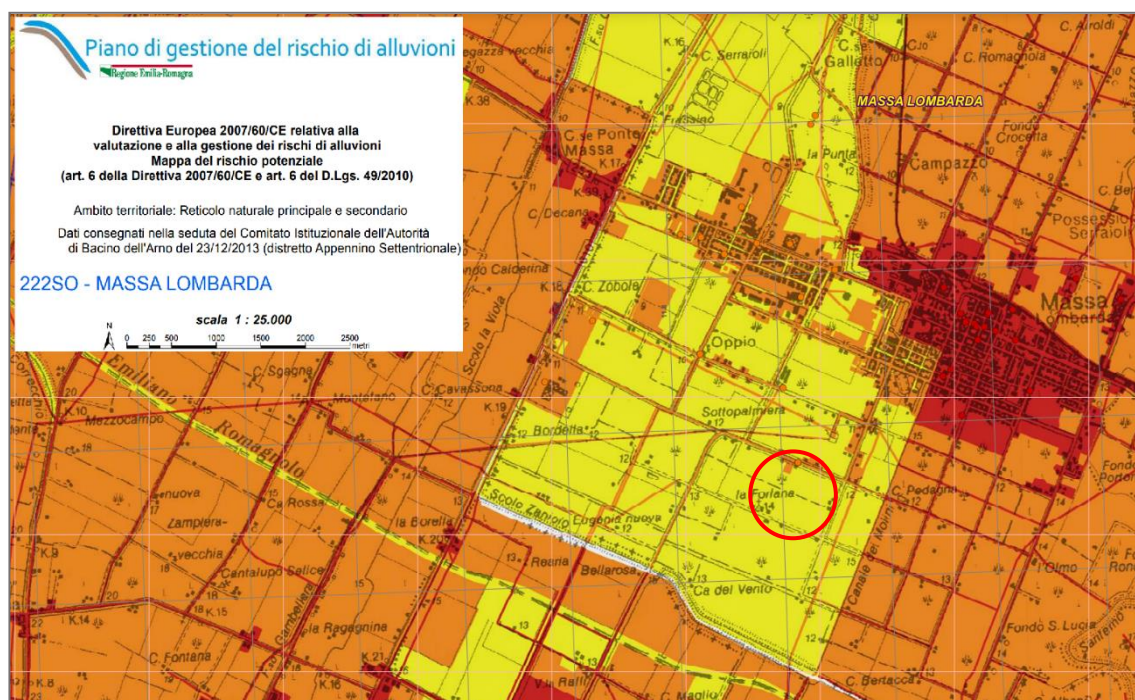
Il D.P.C.M. 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180", richiamato nel D.Lgs. 49/2010, definisce quattro classi di rischio:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

$R = P \times E \times V = P \times Dp$ dove: **P** (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità; **E** (elementi esposti): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale; **V** (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale; **Dp** (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto; **R** (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a

proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

Nella valutazione del rischio idraulico, i fattori da prendere in considerazione, oltre alla “pericolosità” della rete idrografica (P3, P2, P1), sono il valore degli elementi esposti a rischio e della loro vulnerabilità il cui prodotto costituisce il “danno potenziale” (D1, D2, D3, D4).



Fonte: Mappa del rischio di alluvioni
a scala 1:25'000, predisposta in attuazione

Tipologia Matrice	Ambito
Matrice A	Corsi d'acqua naturali principali ITN008 (distretto padano)
Matrice B	Corsi d'acqua naturali principali e secondari UoM ITI021, ITR081, ITI01319 (distretto appennino settentrionale) e reticolo secondario collinare-montano ITN008 (distretto padano)
Matrice B	Aree costiere marine
Matrice C	Reticolo Secondario artificiale di Pianura

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R3	R3	R1
D2	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Figura 3 – Matrice del rischio di tipo B

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'	
CLASSI DI DANNO	P3	P2
D4	R3	R2
D3	R3	R1
D2	R2	R1
D1	R1	R1

Figura 4 – Matrice del rischio di tipo C

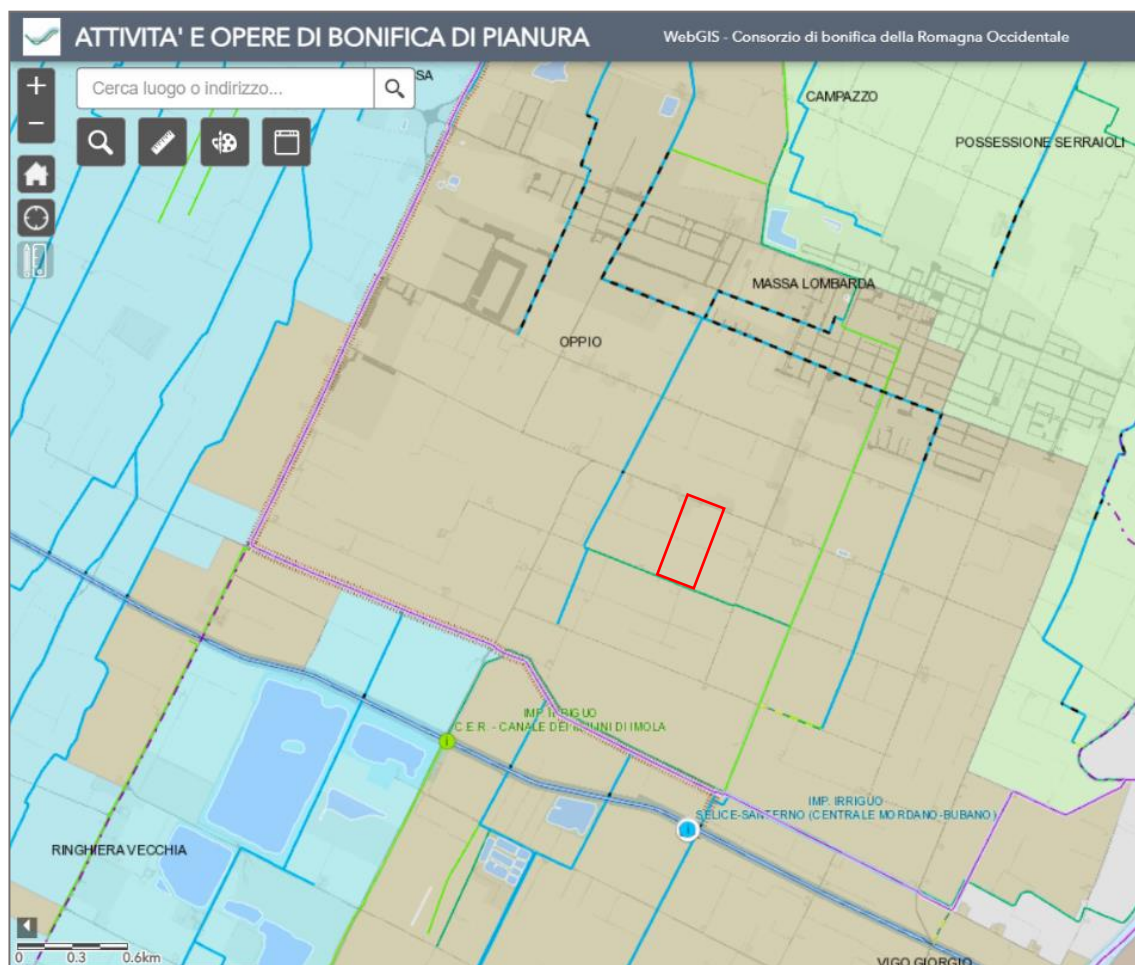
Secondo questi criteri, sia per corsi d'acqua naturali principali e secondari (matrice B), sia per il Reticolo Secondario di pianura (matrice C), l'area indagata è considerata Classe di rischio R1, cioè rischio moderato o nullo per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Dal 17 febbraio 2017 con l'entrata in vigore il D.M. 25 ottobre 2016, sono state soppresse le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali, e tutte le relative funzioni sono state trasferite alle Autorità di bacino distrettuali.

Le Autorità di bacino interregionali del fiume Reno e del Marecchia-Conca e l'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli confluiscono pertanto nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po.

Inoltre il territorio del comune di Massa Lombarda rientra nel comprensorio del Consorzio di bonifica della Romagna Occidentale, che si estende tra il Sillaro ad ovest, il Lamone a est, il Reno a nord e lo spartiacque del bacino idrografico a sud.

Come mostrato nell'immagine sotto riportata, estratta dal Servizio WebGIS del Consorzio di bonifica della Romagna Occidentale, le aree interessate rientrano nel bacino idraulico Zaniolo – 077 ZB, classificato come zona beneficio idraulico C, territorio di media pianura a scolo naturale.

**IMPIANTI IRRIGUI**

- Centrale di pompaggio in pressione
- Impianto di derivazione

IDROGRAFIA**RETE IDROGRAFICA NATURALE**

- Fiumi e torrenti

ACQUE INTERNE

- Bacini interni di varia natura

RETICOLO CONSORZIALE DI BONIFICA

- Rete scolante consorziale a cielo aperto
- Rete scolante consorziale tombinata

RETE SCOLANTE NON CONSORZIALE

- Rete scolante non consorziale
- Rete non consorziale in gestione al Consorzio

OPERE ARGINALI DI DIFESA

- Opere arginali di difesa dalle acque di monte e circostanti

BACINI IDRAULICI**BACINI IDRAULICI**

- Canale di Bonifica in Destra di Reno - 001 CB
- Gambellara - 056 ZB
- Zaniolo - 077 ZB
- Canale dei Mulini di Imola e Massalombarda - 000 CM
- Maestà - 059 ZB
- Canalazzo di San Prospero - 033 ZB
- Principale di Lavezzola - 028 ZB
- Fossatone Nuovo - 021 ZB

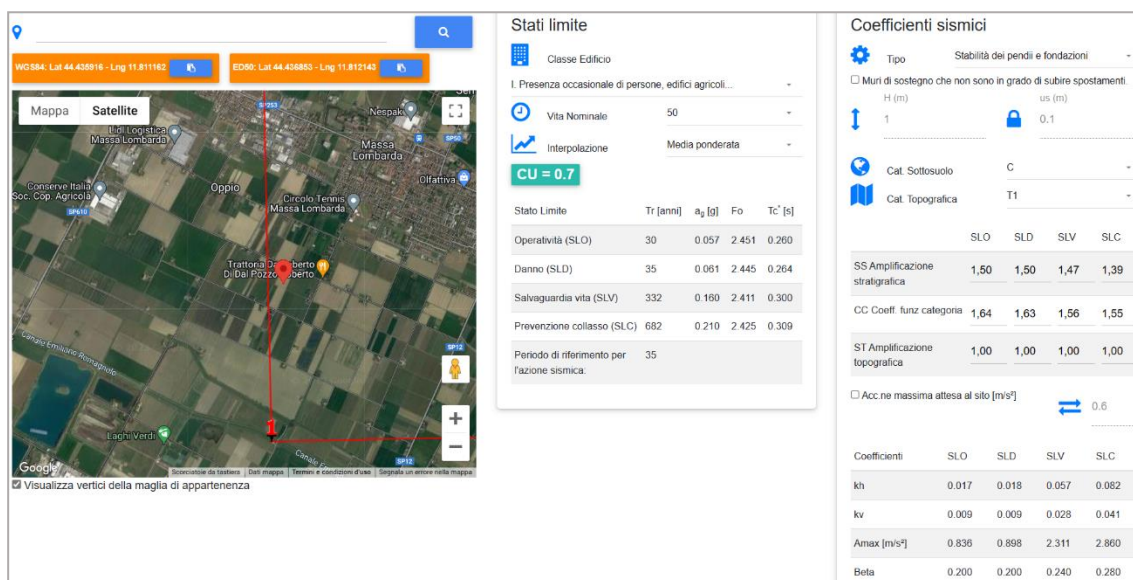
7. SISMICITA' DELL'AREA

La sismicità dell'area di progetto viene regolata dal Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008 con il quale sono state approvate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008. Il D.M. è stato aggiornato con quanto previsto nel **D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»)**, al quale è seguita la circolare n° 7 del **21/01/2019**. L'Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003 e successive variazioni, fornisce in prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, l'individuazione delle zone sismiche del territorio nazionale, indicando, in un apposito allegato, la classificazione di ciascun Comune. Questa prima classificazione costituiva il riferimento necessario per l'applicazione della normativa tecnica prevista dalla medesima Ordinanza. Quindi anche il comune di MASSA LOMBARDA è entrato a far parte delle aree definite a “rischio sismico” e inserita in zona 2 con accelerazione pari a 0.25 g **secondo la normativa nazionale**.

Per quanto riguarda la categoria del suolo di fondazione, secondo la nuova normativa di legge, si inserisce tale suolo nella categoria “C” “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina consistenti in spessori superiori a 30 metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche aventi una V_{s30} compresa tra 180 m/s e 360 m/s”.

Questo valore viene calcolato mediante la restituzione dell'indagine geofisica che ha dato un valore di V_{s30} di circa $219 \div 227$ m/s.

$$\text{Lotto 2 } a_{\max} = a_g * ss = 0.162 * 1.47 = 0.24$$



8. STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua. Durante un terremoto il terreno può essere visto come sottoposto da una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso. In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico. In definitiva, un'elevata magnitudo del sisma e una lunga durata dello stesso rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito a prevalenza sabbiosa. Dall'analisi dei fattori che predispongono un terreno alla liquefazione, tra i quali la granulometria, la profondità del livello potenzialmente liquefacibile, il grado di addensamento dei depositi, in linea generale si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti costituiti da sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile dallo 0 al 25%, si trovano sotto falda, sono da poco a mediamente addensati e si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori a 15 metri). Per la presenza di depositi granulari/incoerenti con spessori $> 1,00$ m e saturi d'acqua, si ritiene necessario eseguire la verifica a liquefazione. Come indicato nella DAL n. 112/2007, tra i metodi semplificati sono raccomandati quelli basati su prove CPTU e tra questi in particolare il metodo di Idriss & Boulanger, 2014. Per il presente studio sono state quindi realizzate le verifiche della propensione alla liquefazione e dei cedimenti potenziali indotti da sisma sulle verticali delle prove penetrometriche statiche CPTU eseguite. Per i calcoli è stato utilizzato il programma "Cliq 3.0" della Geologismiki Geotechnical Software, sviluppato in collaborazione con il Prof. Peter Robertson. L'algoritmo di calcolo utilizzato si basa sul metodo di Idriss & Boulanger, 2014. Le analisi eseguite seguono le procedure di riferimento dettate dall'NCEER. Lo stesso software esegue il calcolo dei cedimenti attesi secondo il metodo proposto da Zhang ed al. (2002), calcolando per tutti i livelli che hanno un fattore di sicurezza inferiore a 2. Il

potenziale di liquefazione si ottiene eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza FSL, definito dal rapporto CRR su CSR. La metodologia utilizzata permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso il confronto tra le caratteristiche granulometriche e di addensamento del deposito, espresse dai valori della resistenza penetrometrica q_c normalizzati con lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR e CSR). Il fattore di sicurezza alla liquefazione FSL è definito dal rapporto: $FSL = CRR \cdot MSF/CSR$ (dove MSF è il coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma).

La liquefazione è in relazione al fattore di sicurezza nel seguente modo:

- $FS_L > 1,0$ *liquefazione assente*
- $1,0 < FS_L < 1,25$ *liquefazione possibile*
- $FS_L < 1,00$ *liquefazione molto probabile*

Secondo la normativa i livelli di sabbia presenti alle varie profondità potrebbero avere problematiche. È necessario considerare che, secondo alcuni autori (Sherif-Ishibashi, 1978), occorre che i depositi siano costituiti da sabbie o sabbie limose con frazione fine inferiore al 25% che si trovino sotto il livello statico di falda e che siano sovrastati da livelli non liquefacibili con spessore inferiore a 3 metri.

Nel caso specifico, alcuni livelli degli strati considerati presentano fattore di sicurezza inferiore a 1, e quindi inferiore al fattore di sicurezza e potenzialmente liquefacibili, anche se di spessore limitato. Pertanto, per maggiore dettaglio, si è proceduto alla Valutazione dell'indice del potenziale di liquefazione I_L , secondo quanto riportato nell'Allegato A3 della DAL 112/2007, e in seguito modificato dalla DGR 2193/2015.

I_L secondo l'Allegato A3 della DAL 112/2007:

- $0 < I_L \leq 5 \rightarrow$ RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "BASSO"
- $5 < I_L \leq 15 \rightarrow$ RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "ELEVATO"
- $I_L > 15 \rightarrow$ RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "ESTREMAMENTE ELEVATO"

I_L secondo l'Allegato A3 della DGR 2193/2015:

- $I_L =$ \rightarrow NON LIQUEFACIBILE ($FI > 1$)
- $0 < I_L \leq 2 \rightarrow$ RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "BASSO"
- $2 < I_L \leq 5 \rightarrow$ RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "MODERATO"

$5 < I_L \leq 15 \rightarrow$ RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "ALTO"

$I_L > 15 \rightarrow$ RISCHIO DI LIQUEFAZIONE "MOLTO ALTO"

L'indice del potenziale di liquefazione, I_L è definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui:

z è la profondità dal piano campagna in metri e $w(z) = 10 - 0.5z$;

ad una data quota z il fattore $F(z) = F$ vale:

$F = 1 - FL$ se $FL \leq 1.0$

$F = 0$ se $FL > 1.0$

dove FL è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Per il calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione I_L si sono effettuate le verifiche delle prove effettuata ottenendo i seguenti risultati:

Dati di input:

AUTORE ROBERTSON (2009)

FALDA in situ = 3.00 m FALDA durante il terremoto = 3 m $a_{max} = 0.24$ $M = 6.00$

I risultati ottenuti sono stati graficati a secondo, Robertson 2009 e si è ottenuto un LPI di 0.171, quindi < 2 , dunque rischio di liquefazione "BASSO/NULLO", pertanto si ritiene possibile realizzare l'opera senza particolari accorgimenti costruttivi e fondali.

RAVENNA DICEMBRE 2023

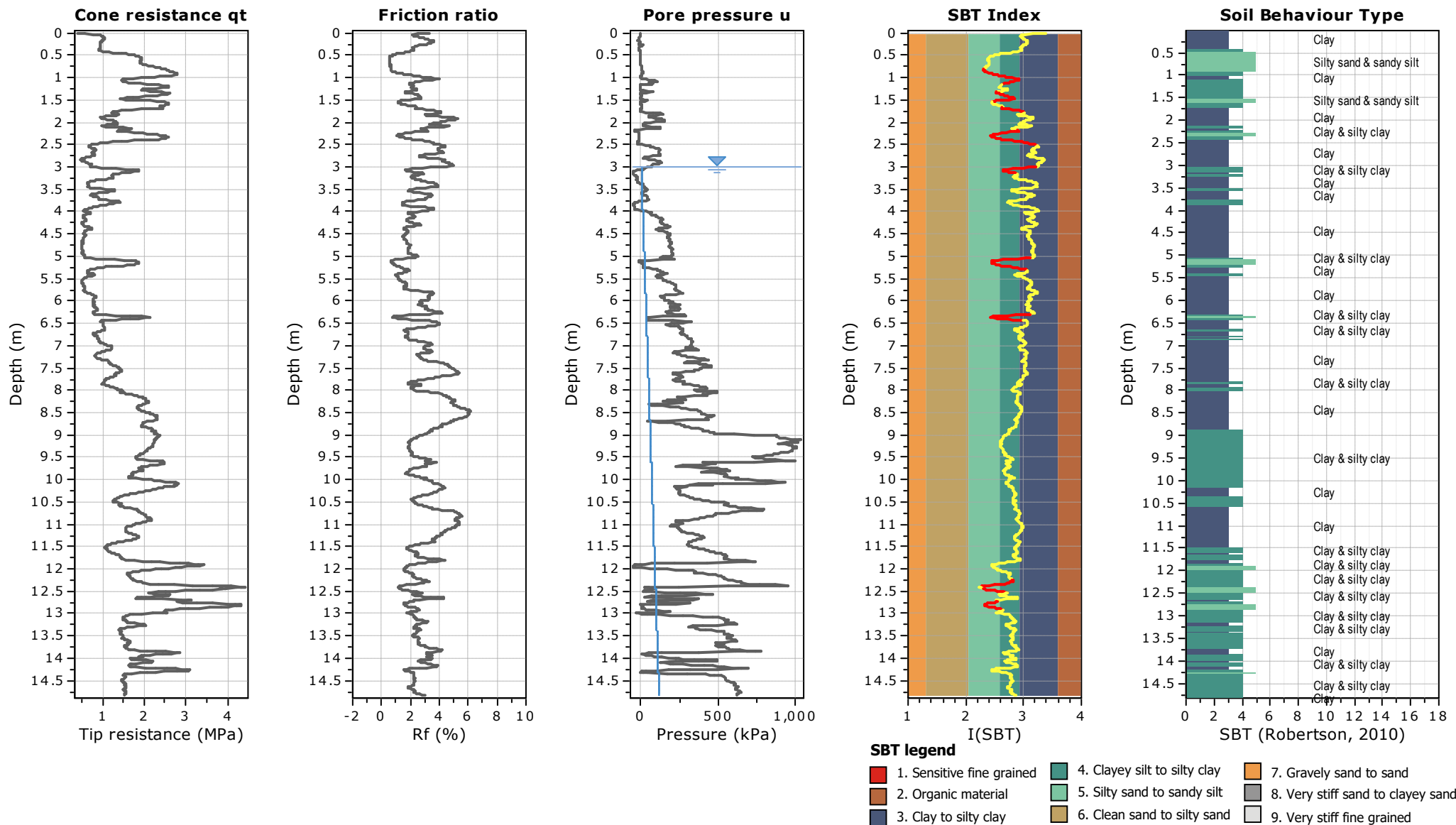
REDATTO:

DOTT. GEOLOGO OBERDAN DRAPELLI



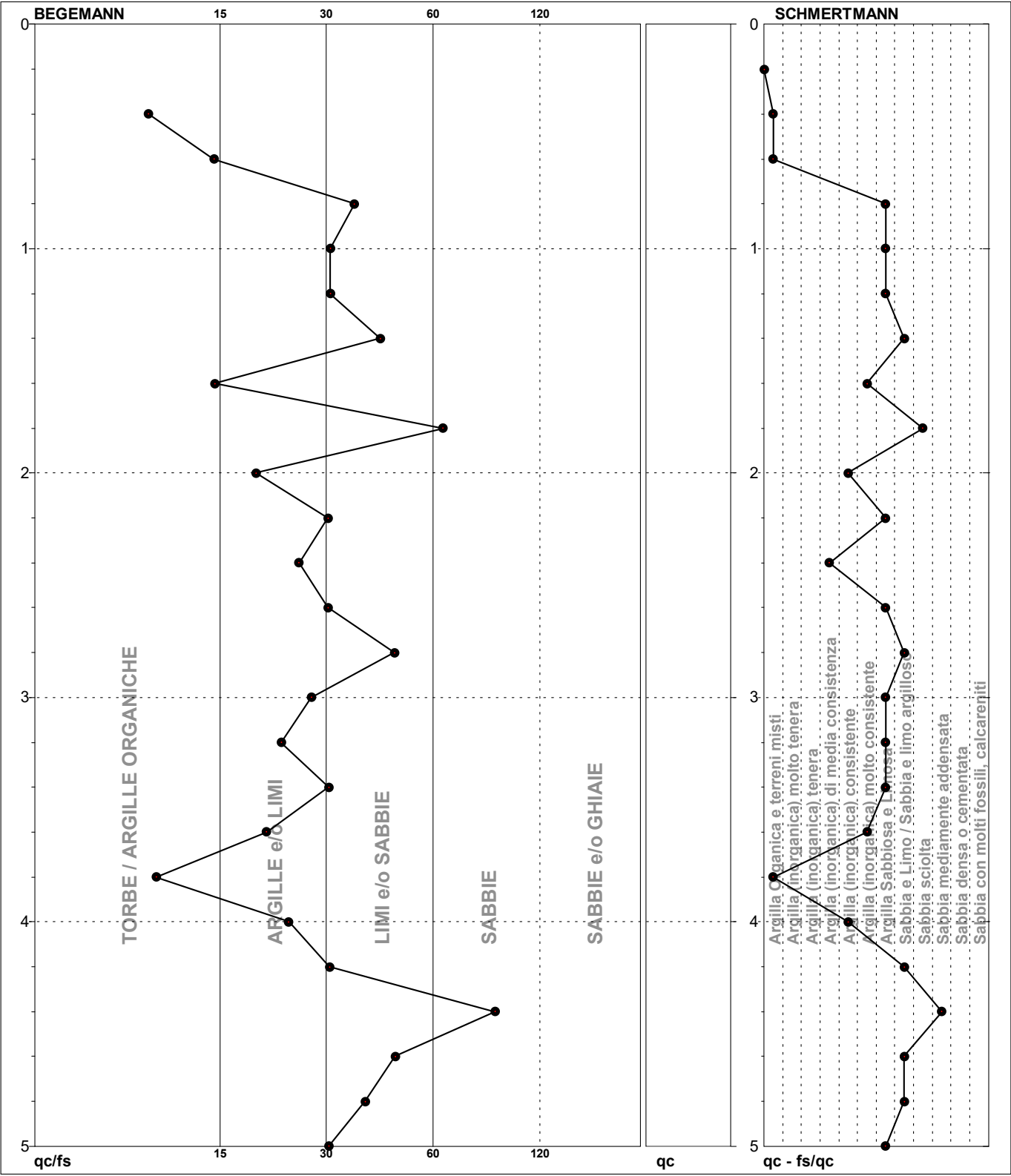
Project: Impianto fotovoltaico

Location: Massa Lombarda LOTTO 1



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	5
	Riferimento	006-2023

Committente	Dott. Rigolli	U.M.:	MPa	Data eseg.	02/02/2023
Cantiere	Impianto fotovoltaico - Via Palmiera	Scala:	1:25		
Località	Massa Lombarda	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	-4.00 m da p.c.



TORBE / ARGILLE OR	5 punti, 20.00%	Argilla Organica e terreni misti	3 punti, 12.00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	9 punti, 36.00%
ARGILLE e/o LIMI	10 punti, 40.00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punti, 4.00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	5 punti, 20.00%
LIMI e/o SABBIE	9 punti, 36.00%	Argilla (inorganica) consistente	2 punti, 8.00%	Sabbia sciolta	1 punti, 4.00%
SABBIE	1 punti, 4.00%	Argilla (inorganica) molto consistente	2 punti, 8.00%	Sabbia mediamente addensata	1 punti, 4.00%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

Riferimento

5

006-2023

Committente
Cantiere
Località

Dott. Rigolli
Impianto fotovoltaico - Via Palmiera
Massa Lombarda

U.M.:
Scala:
Pagina
Elaborato

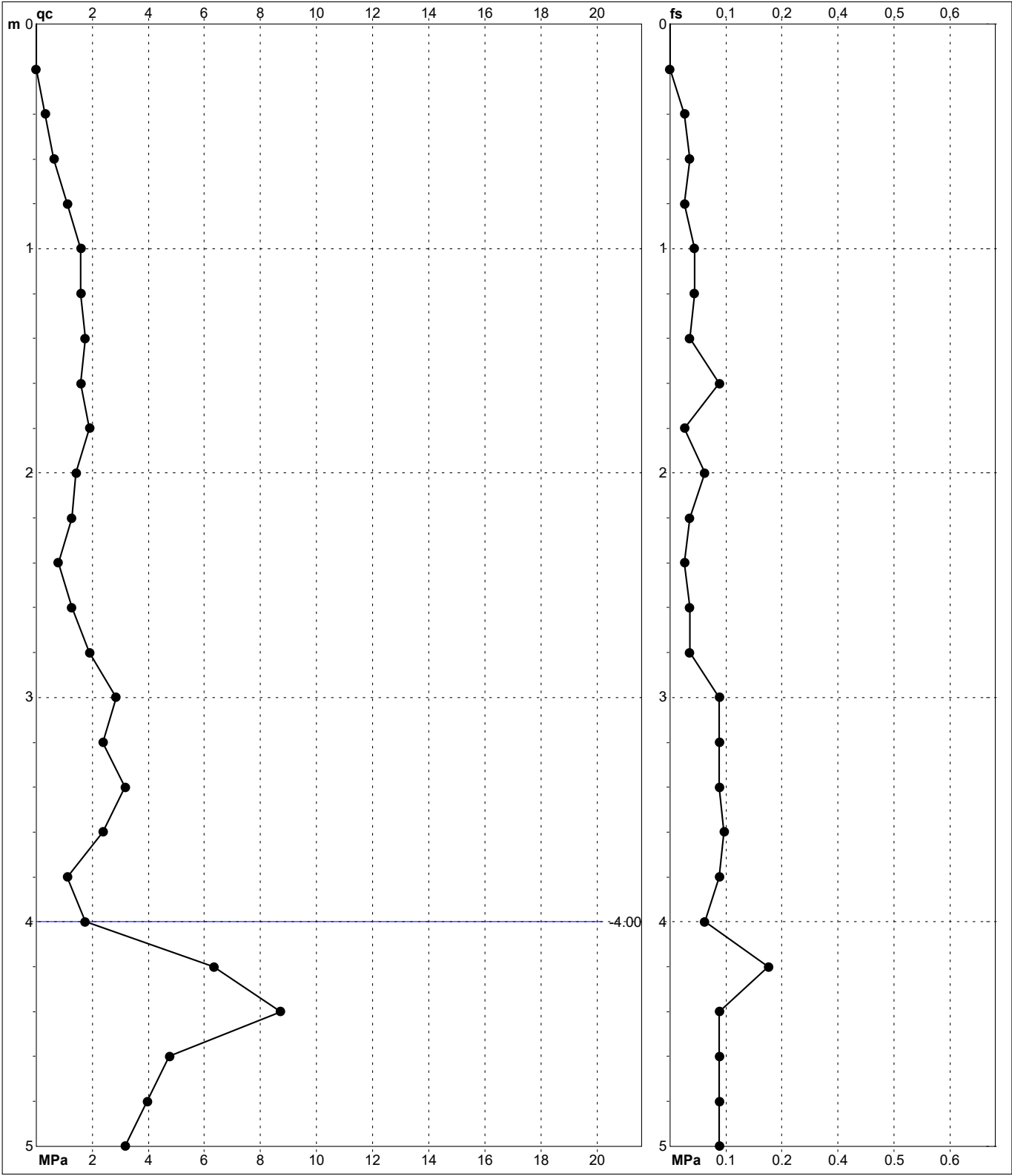
MPa
1:25
1
Elaborato

Data esec.

02/02/2023

Quota inizio: Piano Campagna

Falda -4.00 m da p.c.



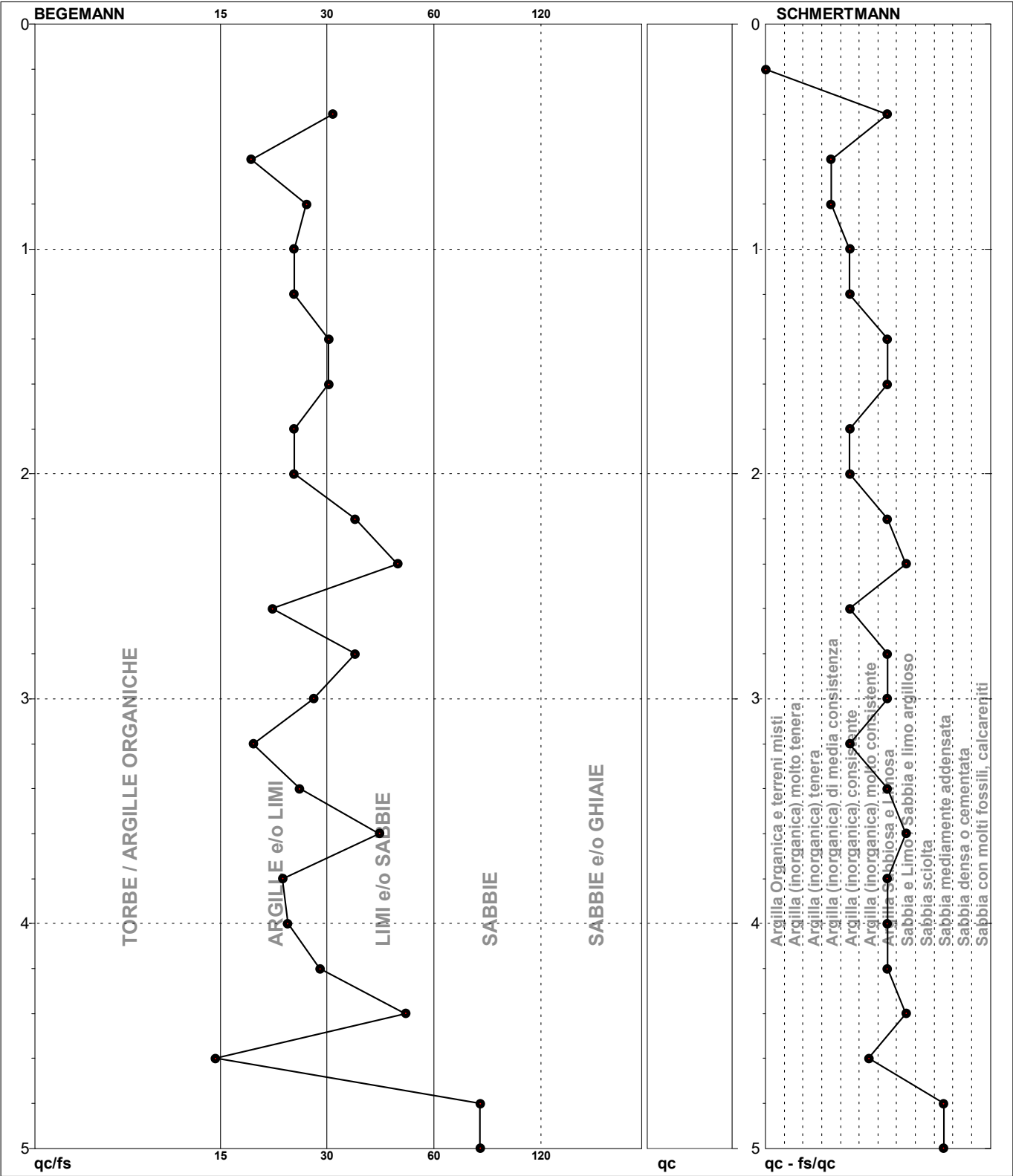
Penetrometro: TG63-200Stat
Responsabile:
Assistente:

preforo m
Corr.astine: kN/ml

Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	6
	Riferimento	006-2023

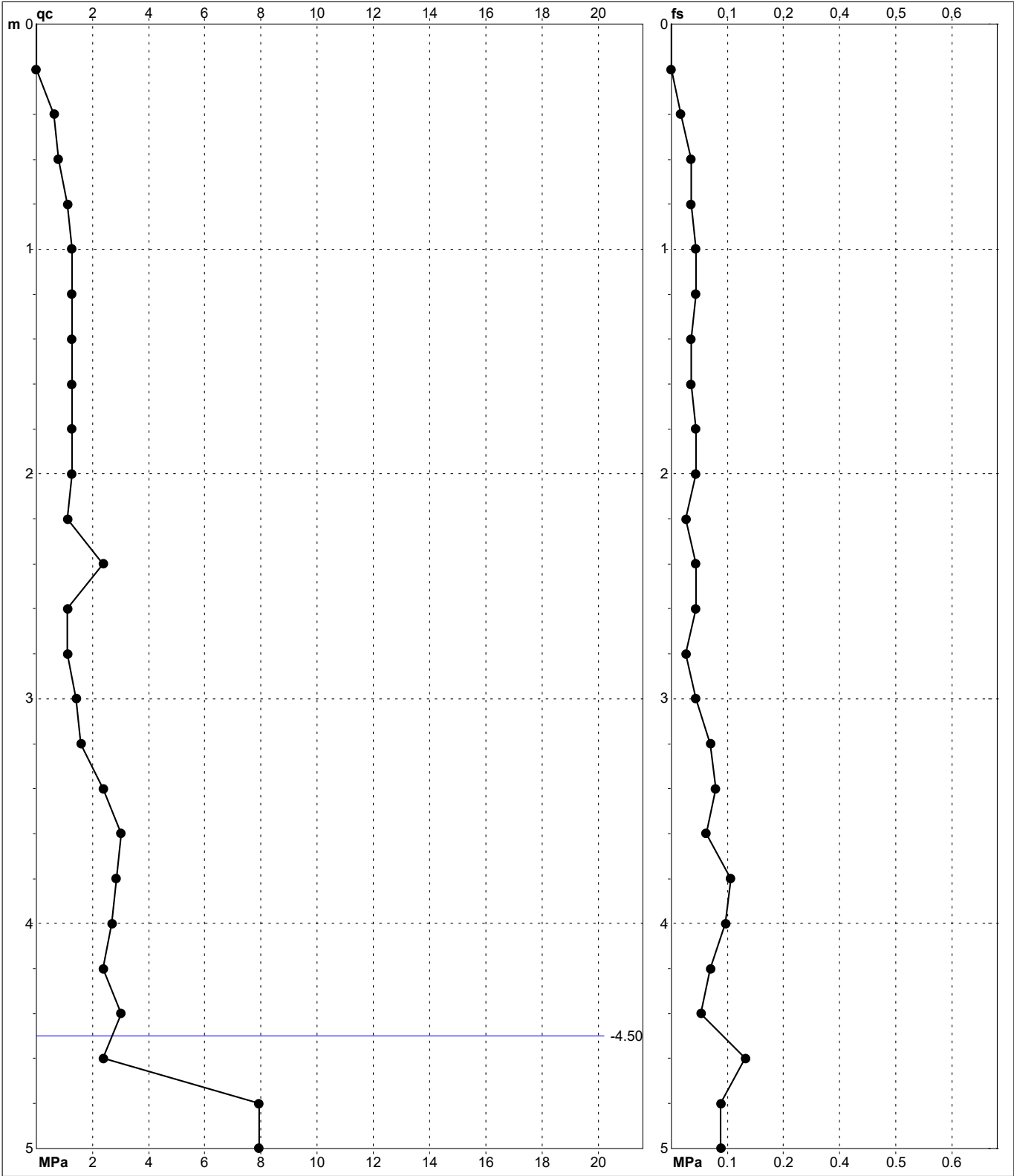
Committente	Dott. Rigolli	U.M.:	MPa	Data eseg.	02/02/2023
Cantiere	Impianto fotovoltaico - Via Palmiera	Scala:	1:25		
Località	Massa Lombarda	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	-4.50 m da p.c.



TORBE / ARGILLE OR	2 punti, 8.00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	2 punti, 8.00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	10 punti, 40.00%
ARGILLE e/o LIMI	15 punti, 60.00%	Argilla (inorganica) consistente	6 punti, 24.00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	3 punti, 12.00%
LIMI e/o SABBIE	6 punti, 24.00%	Argilla (inorganica) molto consistente	1 punti, 4.00%	Sabbia mediamente addensata	2 punti, 8.00%
SABBIE	2 punti, 8.00%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	6
	Riferimento	006-2023

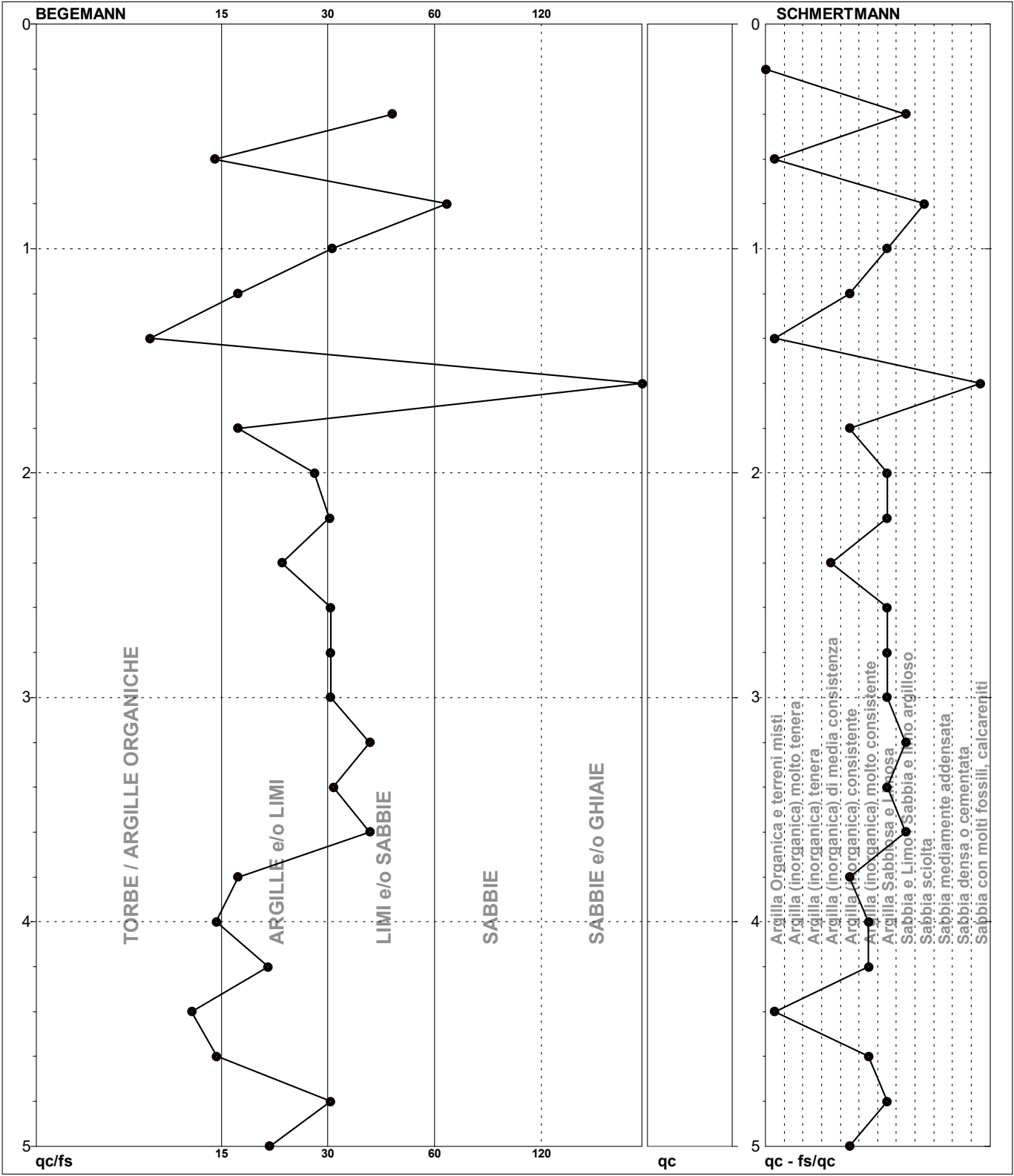
Committente	Dott. Rigolli	U.M.:	MPa	Data esec.	02/02/2023
Cantiere	Impianto fotovoltaico - Via Palmiera	Scala:	1:25	Quota inizio: Piano Campagna Falda -4.50 m da p.c.	
Località	Massa Lombarda	Pagina	1		
		Elaborato			



Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kN/ml
Assistente:		Cod. tip:	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	7
	Riferimento	006-2023

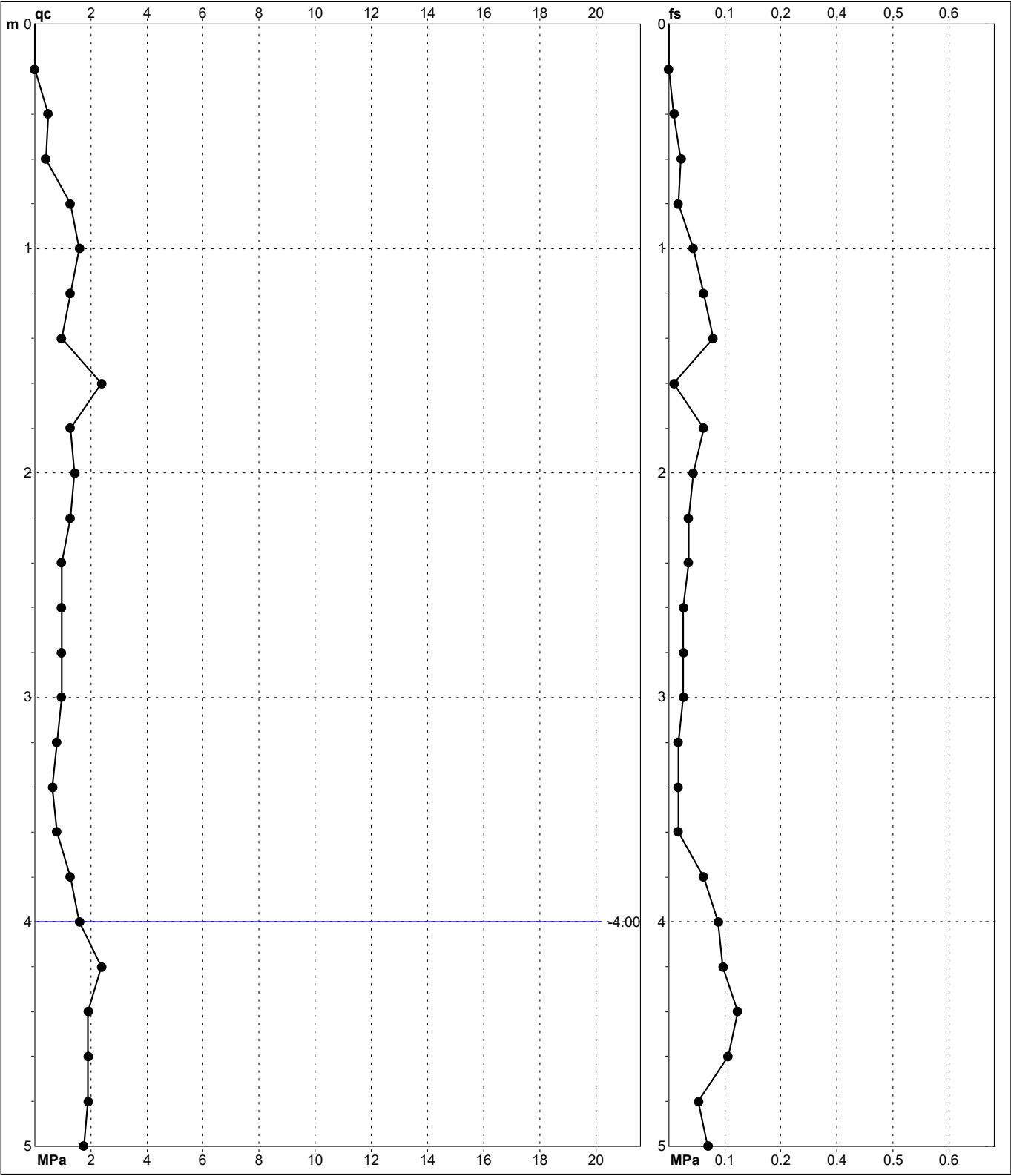
Committente	Dott. Rigolli	U.M.:	MPa	Data eseg.	02/02/2023
Cantiere	Impianto fotovoltaico - Via Palmiera	Scala:	1:25		
Località	Massa Lombarda	Pagina	1		
		Elaborato			
				Falda	-4.00 m da p.c.



TORBE / ARGILLE OR	6 punti, 24.00%	Argilla Organica e terreni misti	3 punti, 12.00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	8 punti, 32.00%
ARGILLE e/o LIMI	12 punti, 48.00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punti, 4.00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	3 punti, 12.00%
LIMI e/o SABBIE	5 punti, 20.00%	Argilla (inorganica) consistente	4 punti, 16.00%	Sabbia sciolta	1 punti, 4.00%
SABBIE	1 punti, 4.00%	Argilla (inorganica) molto consistente	3 punti, 12.00%	Sabbia con molti fossili, calcareniti	1 punti, 4.00%
SABBIE e/o GHIAIE	1 punti, 4.00%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	7
	Riferimento	006-2023

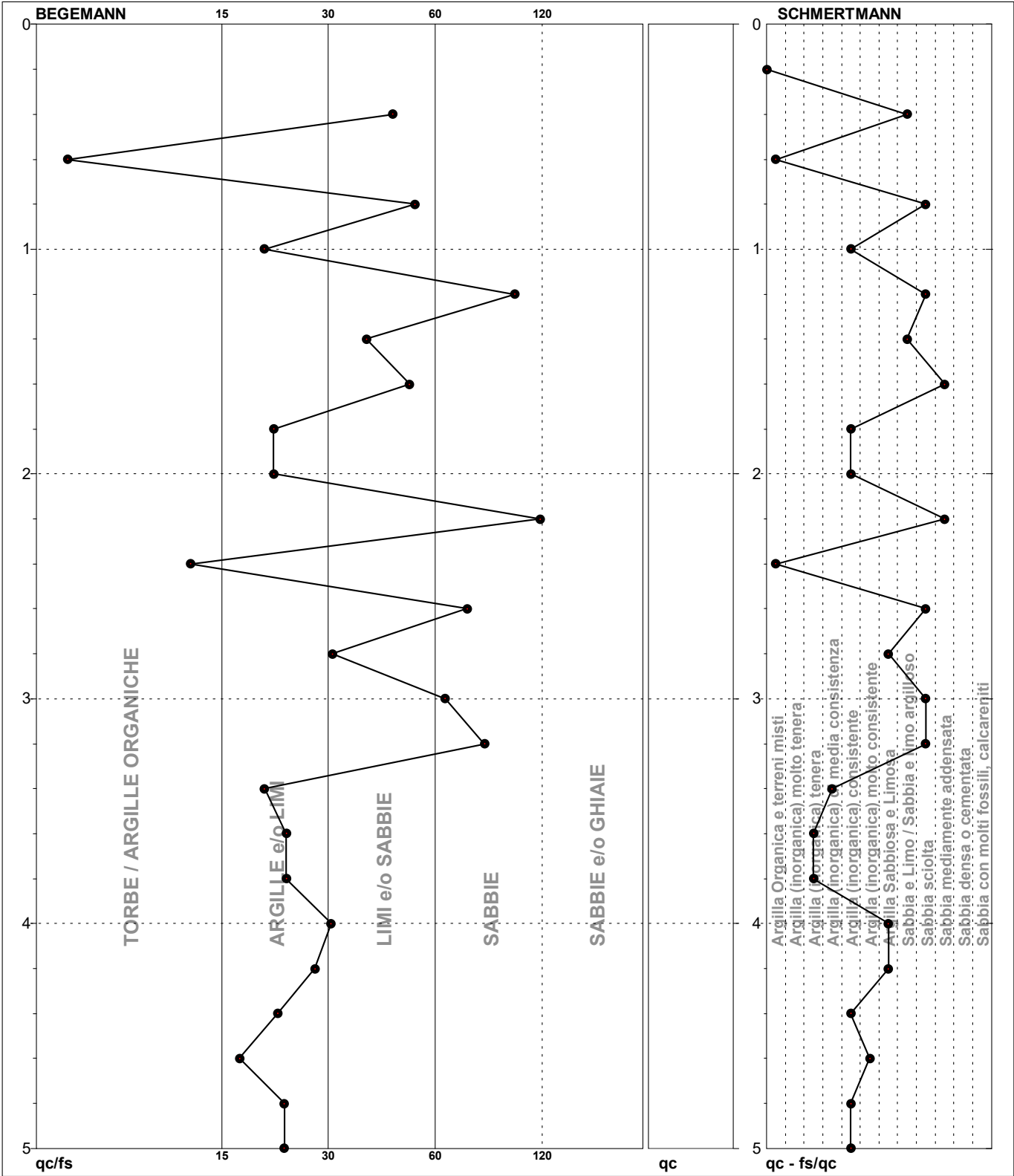
Committente Cantiere Località	Dott. Rigolli Impianto fotovoltaico - Via Palmiera Massa Lombarda	U.M.: MPa	Data esec.	02/02/2023
		Scala: 1:25	Quota inizio: Piano Campagna Falda -4.00 m da p.c.	
		Pagina 1		
		Elaborato		



Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	8
	Riferimento	006-2023

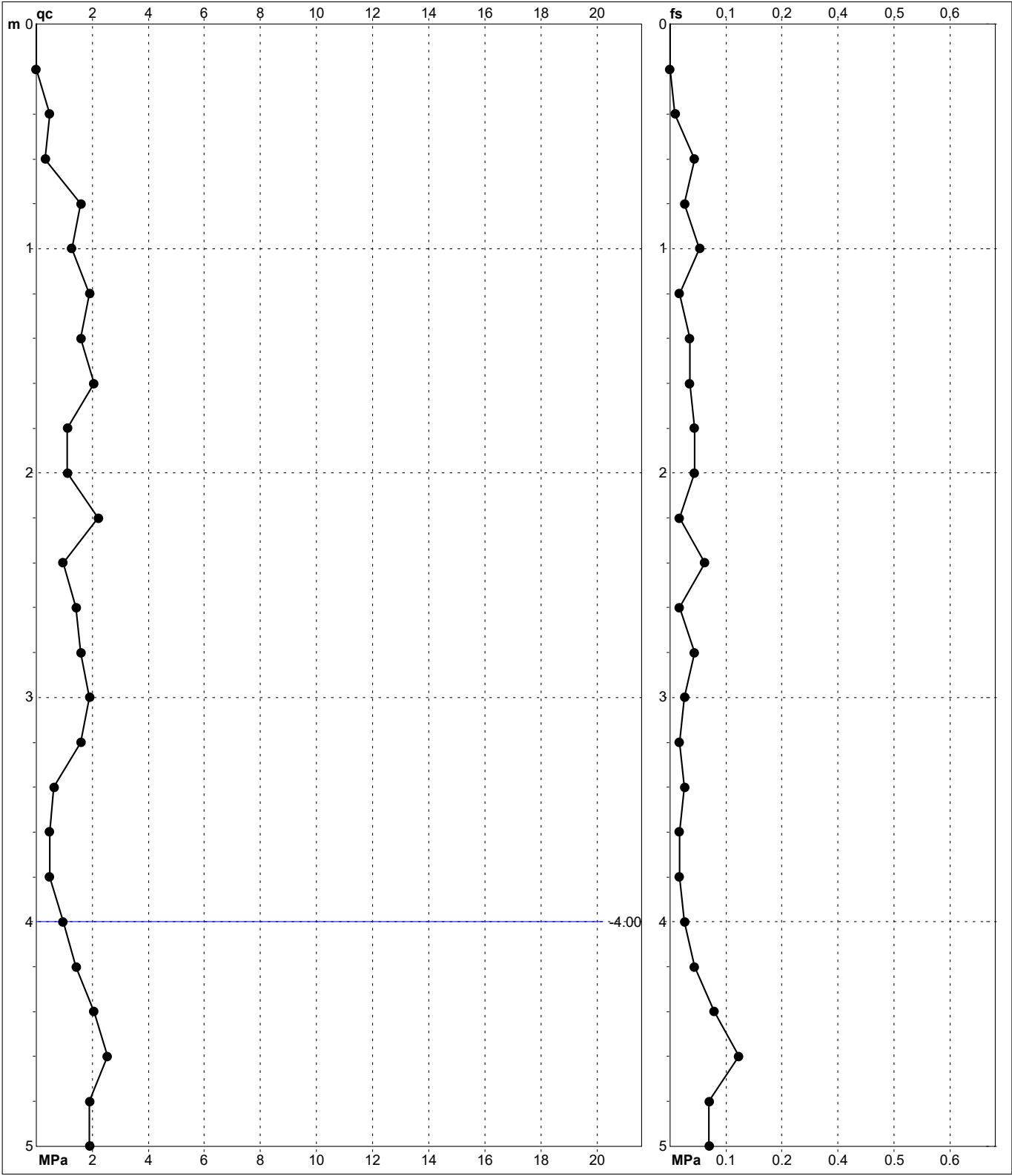
Committente	Dott. Rigolli	U.M.:	MPa	Data eseg.	02/02/2023
Cantiere	Impianto fotovoltaico - Via Palmiera	Scala:	1:25		
Località	Massa Lombarda	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	-4.00 m da p.c.



TORBE / ARGILLE OR	3 punti, 12.00%	Argilla Organica e terreni misti	2 punti, 8.00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	3 punti, 12.00%
ARGILLE e/o LIMI	12 punti, 48.00%	Argilla (inorganica) tenera	2 punti, 8.00%	Sabbia e Limos / Sabbia e limo argilloso	2 punti, 8.00%
LIMI e/o SABBIE	6 punti, 24.00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	1 punti, 4.00%	Sabbia sciolta	5 punti, 20.00%
SABBIE	4 punti, 16.00%	Argilla (inorganica) consistente	6 punti, 24.00%	Sabbia mediamente addensata	2 punti, 8.00%
		Argilla (inorganica) molto consistente	1 punti, 4.00%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	8
	Riferimento	006-2023

Committente	Dott. Rigolli	U.M.:	MPa	Data esec.	02/02/2023
Cantiere	Impianto fotovoltaico - Via Palmiera	Scala:	1:25	Quota inizio: Piano Campagna Falda -4.00 m da p.c.	
Località	Massa Lombarda	Pagina	1		
		Elaborato			



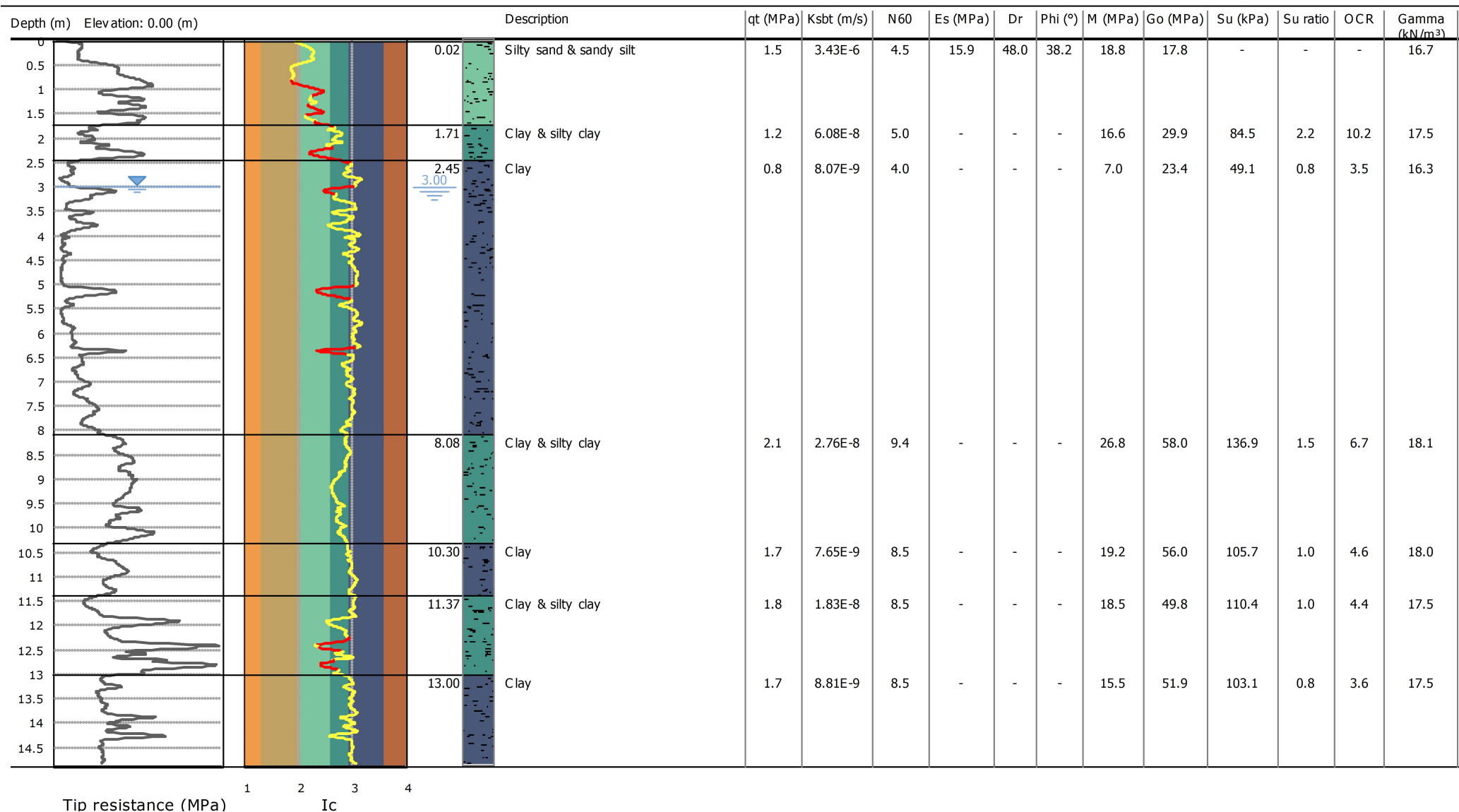
		Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
		Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
		Assistente:	Cod. tip:

Project: Impianto fotovoltaico

Location: Massa Lombarda

Cone Type:

Cone Operator:





O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 2 :::**Code:** Layer_2 **Start depth:** 1.71 (m), **End depth:** 2.45 (m)**Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.22 ±0.21 MPa

Sleeve friction: 46.60 ±4.79 kPa

Ic: 2.69 ±0.09

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 6.08E-08 ±4.87E-08 m/s

N₆₀: 4.99 ±0.59 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.48 ±0.12 kN/m³

Constrained Mod.: 16.55 ±2.86 MPa

Go: 29.91 ±2.27 MPa

Su: 84.46 ±14.58 kPa

Su ratio: 2.21 ±0.26

O.C.R.: 10.20 ±1.21

::: Layer No: 3 :::**Code:** Layer_3 **Start depth:** 2.45 (m), **End depth:** 8.08 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 0.78 ±0.28 MPa

Sleeve friction: 19.90 ±14.91 kPa

Ic: 2.97 ±0.12

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 8.07E-09 ±1.98E-08 m/s

N₆₀: 3.99 ±1.23 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.33 ±0.78 kN/m³

Constrained Mod.: 6.99 ±4.90 MPa

Go: 23.40 ±8.91 MPa

Su: 49.13 ±19.12 kPa

Su ratio: 0.75 ±0.26

O.C.R.: 3.47 ±1.21

::: Layer No: 4 :::**Code:** Layer_4 **Start depth:** 8.08 (m), **End depth:** 10.30 (m)**Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.07 ±0.25 MPa

Sleeve friction: 68.91 ±30.09 kPa

Ic: 2.80 ±0.10

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 2.76E-08 ±2.61E-08 m/s

N₆₀: 9.39 ±1.14 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.14 ±0.50 kN/m³

Constrained Mod.: 26.83 ±3.52 MPa

Go: 57.99 ±10.42 MPa

Su: 136.88 ±17.97 kPa

Su ratio: 1.46 ±0.19

O.C.R.: 6.75 ±0.87

::: Layer No: 5 :::**Code:** Layer_5 **Start depth:** 10.30 (m), **End depth:** 11.37 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.67 ±0.25 MPa

Sleeve friction: 64.38 ±28.08 kPa

Ic: 2.98 ±0.05

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 7.65E-09 ±2.67E-09 m/s

N₆₀: 8.45 ±1.43 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.98 ±0.57 kN/m³

Constrained Mod.: 19.24 ±4.78 MPa

Go: 55.98 ±12.11 MPa

Su: 105.73 ±17.88 kPa

Su ratio: 0.99 ±0.16

O.C.R.: 4.56 ±0.75

:: Layer No: 6 ::**Code:** Layer_6 **Start depth:** 11.37 (m), **End depth:** 13.00 (m)**Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.80 ±0.75 MPa

Sleeve friction: 42.01 ±18.29 kPa

Ic: 2.85 ±0.18

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 1.83E-08 ±1.01E-07 m/s

N₆₀: 8.52 ±2.33 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.51 ±0.58 kN/m³

Constrained Mod.: 18.49 ±12.62 MPa

Go: 49.77 ±12.45 MPa

Su: 110.43 ±47.89 kPa

Su ratio: 0.95 ±0.40

O.C.R.: 4.40 ±1.87

:: Layer No: 7 ::**Code:** Layer_7 **Start depth:** 13.00 (m), **End depth:** 14.83 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.69 ±0.37 MPa

Sleeve friction: 43.11 ±14.84 kPa

Ic: 2.96 ±0.09

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 8.81E-09 ±1.79E-08 m/s

N₆₀: 8.54 ±1.30 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.52 ±0.38 kN/m³

Constrained Mod.: 15.47 ±7.22 MPa

Go: 51.90 ±8.59 MPa

Su: 103.13 ±26.33 kPa

Su ratio: 0.79 ±0.20

O.C.R.: 3.63 ±0.94

Project: Impianto fotovoltaico

Location: Massa Lombarda

Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G _o (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.02	1.69	3.43E-06	4.5	15.9	48.0	38.2	18.8	17.8	0.0	0.0	0.0	16.7
1.71		(±7.29E-06)	(±1.9)	(±7.5)	(±8.1)	(±2.2)	(±8.3)	(±9.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.7)
1.71	0.74	6.08E-08	5.0	0.0	0.0	0.0	16.6	29.9	84.5	2.2	10.2	17.5
2.45		(±4.87E-08)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.9)	(±2.3)	(±14.6)	(±0.3)	(±1.2)	(±0.1)
2.45	5.63	8.07E-09	4.0	0.0	0.0	0.0	7.0	23.4	49.1	0.8	3.5	16.3
8.08		(±1.98E-08)	(±1.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±4.9)	(±8.9)	(±19.1)	(±0.3)	(±1.2)	(±0.8)
8.08	2.22	2.76E-08	9.4	0.0	0.0	0.0	26.8	58.0	136.9	1.5	6.7	18.1
10.30		(±2.61E-08)	(±1.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.5)	(±10.4)	(±18.0)	(±0.2)	(±0.9)	(±0.5)
10.30	1.07	7.65E-09	8.5	0.0	0.0	0.0	19.2	56.0	105.7	1.0	4.6	18.0
11.37		(±2.67E-09)	(±1.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±4.8)	(±12.1)	(±17.9)	(±0.2)	(±0.7)	(±0.6)
11.37	1.63	1.83E-08	8.5	0.0	0.0	0.0	18.5	49.8	110.4	1.0	4.4	17.5
13.00		(±1.01E-07)	(±2.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±12.6)	(±12.4)	(±47.9)	(±0.4)	(±1.9)	(±0.6)
13.00	1.83	8.81E-09	8.5	0.0	0.0	0.0	15.5	51.9	103.1	0.8	3.6	17.5
14.83		(±1.79E-08)	(±1.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±7.2)	(±8.6)	(±26.3)	(±0.2)	(±0.9)	(±0.4)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

Dott. Geol. Marco Rolfini
Consulenze Geologico Tecniche ed Ambientali
Via Valle Sabbionchi 50, 44023 Lagosanto (FE)
e-mail: geologo.marcorolfini@gmail.com
Tel: 340 4708522
P.IVA: 01939920383; C.F. RLFMRC81H22C814Z

Committente: **GEOLOG SRL, via della Lirica 15,
48124 Ravenna.**

Cantiere: **Massa Lombarda (RA) Strada
Provinciale 117.**

Progetto: **Prospezione sismica tipo MASW
mediante approccio HS[®],
esecuzione di una misura di
rumore sismico HVSR.**

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
1.1	Descrizione del sito in esame.....	5
2	RAPPORTI SPETTRALI H/V	6
3.	ANALISI CONGIUNTA HOLISURFACE®.....	9

1. INTRODUZIONE

Date le caratteristiche dell'area e in accordo con la committenza è stato sviluppato un programma di indagine finalizzato alla modellizzazione geologico-sismica sito specifica, articolato come di seguito indicato:

- ✓ Esecuzione di una prospezione sismica di superficie tipo M.A.S.W. mediante approccio HS[®], al fine di identificare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) nel sito.
- ✓ Una misura di rumore sismico tipo HVSR a stazione singola della durata di 30 minuti, al fine di identificare la frequenza fondamentale del sito e fornire informazioni circa la sequenza sismostratigrafica locale.

Al fine di caratterizzare il sito oggetto di indagine dal punto di vista sismico, è stata eseguita una ricostruzione del profilo della velocità delle onde di taglio (V_s), attraverso un unico geofono a tre componenti di tipo attivo, mediante metodologia HoliSurface[®].

Gli spettri di *velocità di gruppo* dell'onda di Rayleigh sono stati definiti tramite l'approccio HoliSurface[®] (multicanale, multicomponente e singolo offset) un'evoluzione del metodo Multiple Filter Analysis (MFA, Dziewonsky et al., 1969) e Frequency – Time Analysis (FTAN, Natale et al., 2004), considerando un'acquisizione attiva con offset pari a 45 m. Tali metodi sono fondamentalmente molto simili e in sismologia sono da sempre il metodo più classico possibile per analizzare la dispersione delle onde di superficie. Considerando il lato pratico della trattazione matematica ("considerando la velocità di gruppo come la derivata prima della velocità di fase"), la velocità di gruppo viene determinata dal semplice rapporto tra spazio e tempo di arrivo dell'onda (frequenza per frequenza). Nel dettaglio si tratta di definire frequenza per frequenza il tempo impiegato dal segnale prodotto dalla sorgente (Martellata) per raggiungere il geofono posto ad una certa distanza, in modo tale da avere una misura assoluta (e non relativa) del tempo. Se per la velocità di fase non è strettamente rilevante conoscere il momento esatto dell'energizzazione (la velocità di fase è di fatto una pendenza, quindi non necessita della conoscenza del tempo zero), per la velocità di gruppo è fondamentale che il tempo zero (spesso definito dai sismologi *tempo di origine*) sia esattamente coincidente all'energizzazione, come nella sismica a rifrazione e/o riflessione.

Nella sua implementazione automatica, l'approccio HS è costituito dalle seguenti fasi:

- Calcolo delle tracce sintetiche delle componenti considerate, come le componenti verticale e radiale delle onde di Rayleigh (ZVF e RVF) e/o le onde di Love (THF).
- Determinazione degli spettri di velocità di gruppo delle tracce sintetiche calcolate.

I dati così ottenuti sono stati analizzati, modellati e invertiti in modo congiunto alla curva HVSR misurata in prossimità del profilo di acquisizione (Dal Moro, 2010; 2011; 2014; 2017; 2018).

Le acquisizioni sono state eseguite utilizzando un geofono triassiale modello “GS ONE LF” Geospace Technologies, cioè una terna *calibrata* con geofoni da 4,5Hz (frequenza propria), collegato ad un sismografo Pasi a 24 Bit e 24 canali modello” GEA 24”. Date le caratteristiche logistiche del sito l’offset impiegato nelle prospezioni è stato pari a 45 m, utilizzando come sorgente una mazza dal peso di 8 Kg impiegata per generare una forza verticale (VF) e implementando uno stack verticale pari a 35. Successivamente, i dati acquisiti sono stati analizzati attraverso il software *HoliSurface* (*Eliosoft*). Le procedure adottate risultano in accordo a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17 gennaio 2018).

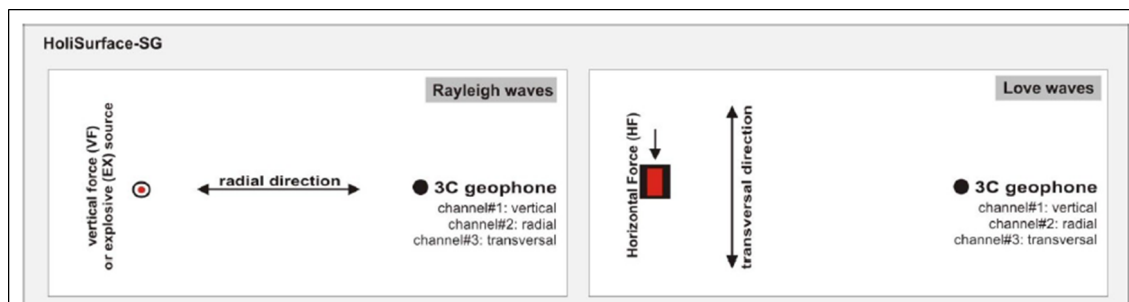


Figura 5.3: schema acquisizione dati.

Nell’ambito dell’indagine è stata eseguita una misura di rumore sismico, gli spettri di ciascuna delle 3 componenti spaziali ortogonali sono stati ricavati dall’analisi di Fourier del rumore sismico ambientale (microtremori), attraverso i quali è stato possibile calcolare il rapporto spettrale HVSR.

A titolo di approfondimento si rammenta come la frequenza fondamentale di un sito rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovrà cercare di progettargli con una frequenza di vibrazione diversa da quella/e di sito per evitare effetti di doppia risonanza. Un metodo per stimare tale frequenza è quello di determinare l’HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) secondo la tecnica inizialmente sviluppata da Nakamura. Tale tecnica si basa sul calcolo dei rapporti spettrali tra la componente orizzontale e quella verticale del segnale registrato (rapporto H/V), consentendo di identificare gli spettri e le relative frequenze del terreno e fornire informazioni circa la sequenza sismostratigrafica locale, nell’ipotesi che lo spettro della componente verticale simuli quello di un rumore “bianco”. Utilizzando un sistema di acquisizione composto da un sensore a tre componenti (verticale, Est-Ovest e Nord-Sud) e da un convertitore analogico digitale (sismografo), si registrano finestre di rumore ambientale dalle quali è possibile elaborare i rapporti H/V. Tali rapporti presentano un comportamento differente a seconda del sito considerato, l’esatto valore della frequenza fondamentale (o di risonanza) dipende da alcune caratteristiche dei litotipi di indagine, tra le più importanti si ricordano lo spessore delle coltri di copertura, caratterizzate da differenti parametri meccanici e sismici che definiscono il contrasto

di impedenza tra litotipi. Infatti, ciascuna sorgente genera un treno d'onde che raggiunge il punto di misura con caratteristiche che dipendono dall'entità delle sollecitazioni nelle componenti orizzontali e verticali del moto e dalle modalità di propagazione fra la sorgente e il sito, in funzione dei fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione che hanno luogo in corrispondenza delle variazioni stratigrafiche nel sottosuolo. In genere, nel campo di rumore ambientale, saranno presenti sia onde di volume (P e VSH in quantità variabili) che onde superficiali (Love e Rayleigh).

1.1 Descrizione del sito in esame

L'ambito in oggetto è localizzato nella porzione meridionale dell'abitato di Massa Lombarda, nelle immediate adiacenze della strada Provinciale 117 e viene identificata geograficamente dalle seguenti coordinate, riferite ad un punto centrale (WGS 84):

Latitudine: 44° 26' 16" N

Longitudine: 11° 48' 43" E

Nell'immagine seguente si riporta identificazione del sito su immagine orto fotografica.



Figura 1.1: orto-foto satellitare con identificazione area di indagine (Immagine da Google Earth).

2 RAPPORTI SPETTRALI H/V

Allo scopo di migliorare la definizione del profilo verticale Vs nelle porzioni più profonde, è stata eseguita una misura di microtremori, utile a definire il rapporto H/V. Il computo della direttività relativa alla misura è mostrato nella Figura 2.1, dove si può notare come nell'intervallo compreso tra 0,7 ÷ 0,9 Hz circa, siano presenti i valori massimi del rapporto HVSR con valori compresi tra 2 ÷ 2,5. Si può notare inoltre come la misura sia caratterizzata da una direzionalità limitata nell'intervallo di frequenze considerato.

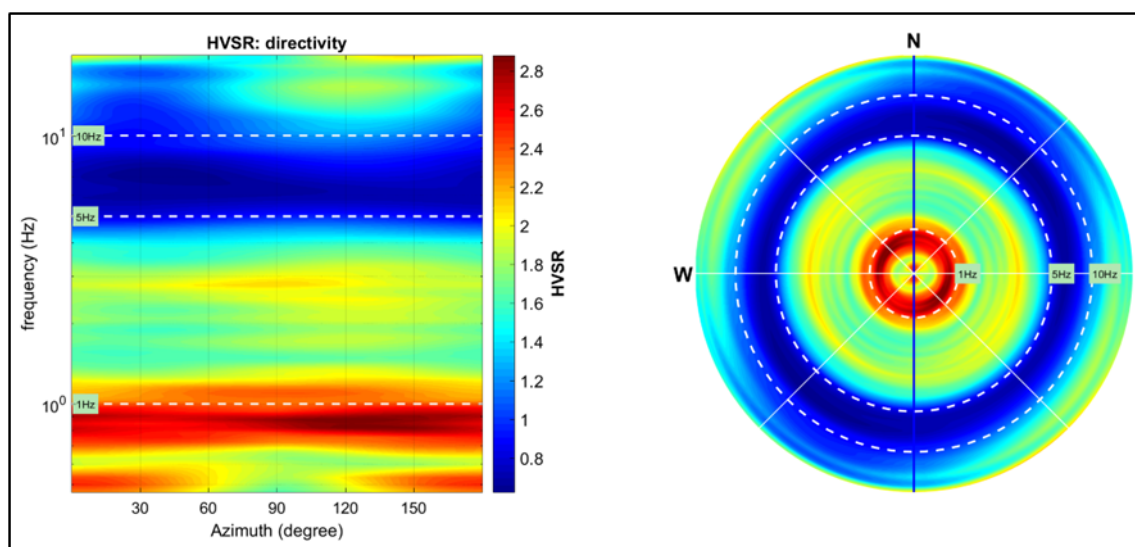


Figura 2.1: computo della direttività relativa alla HVSR.

La curva HVSR e gli spettri medi delle tre componenti (NS, EW e verticale) riportate in Figura 2.2, sono state ottenute attraverso l'analisi delle registrazioni acquisite ad una frequenza di 250 Hz e successivamente decimate a 64 Hz, considerando una finestra di larghezza pari a 20 secondi, liscio spettrale (smoothing) attraverso finestra triangolare avente ampiezza pari al 10 % della frequenza centrale e rimozione dei transienti sulla serie temporale H/V. L'analisi della curva HVSR mette in evidenza come il valore massimo del rapporto H/V risulta identificato alla frequenza di 0,8 Hz circa con valori prossimi a 2,5, con tutta probabilità tale fenomeno è legato alla potente coltre alluvionale che sovrasta i depositi profondi contraddistinti da un maggiore contrasto di impedenza.

Nel dettaglio il computo dei criteri SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR) relativi al valore massimo della curva HVSR identificato alla frequenza di 0,8 Hz circa e riferiti all'intervallo di frequenze comprese tra 0,5 ÷ 20 Hz sono riportati di seguito.

HVSR Criteri SESAME (Max 0,8Hz)

In the following the results considering the data in the 0.5-20Hz frequency range.

Peak frequency (Hz): 0.8 (± 0.9)

Peak HVSR value: 2.5 (± 0.6)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [$f_0 > 10/L_w$]: $1.3 > 0.5$ (OK)

#2. [$n_c > 200$]: $2026 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak =====

#1. [exists f_- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: (OK)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 3.0Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: $2.5 > 2$ (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)

#5. [$\sigma_A < \epsilon(f_0)$]: $0.502 > 0.125$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.323 < 1.78$ (NO)

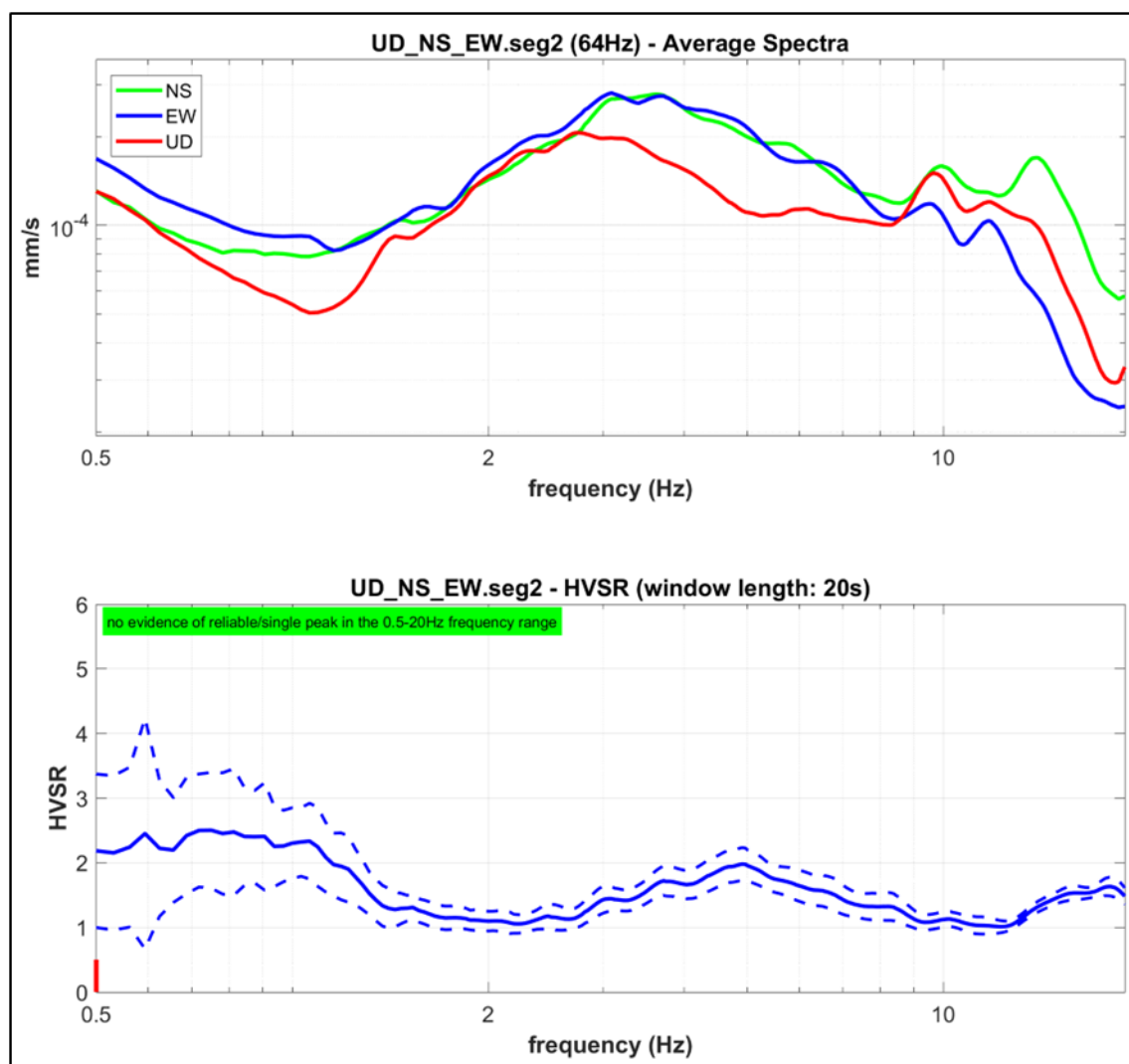


Figura 2.2: curva HVSR e spettri medi d'ampiezza delle singole componenti.

Sebbene dal punto di vista formale non siano soddisfatti i 5 criteri su 6 (suggeriti dai criteri SESAME), è comunque utile indicare come i valori massimi del rapporto HVSR risultino prossimi a 0,8 Hz circa. Occorre precisare come valori del rapporto H/V compresi tra 1 ÷ 3 rappresentano contrasti significativi sul piano sismologico, ma meno importanti dal punto di vista degli effetti sito specifici attesi (contrasto basso).

In conclusione, si rammenta come “l’ampiezza del massimo H/V non è correlabile all’amplificazione sismica in modo “semplice” (Mulargia, et al., 2007) e non costituisce, pertanto, una indicazione diretta della pericolosità connessa a ciascuna frequenza.

In relazione all’andamento della curva HVSR misurata, la figura 2.3 mostra in dettaglio il computo della funzione di coerenza sulle tre componenti acquisite, tale funzione è esprimibile (“semplificando”) come indice della bontà dell’andamento della curva HVSR nell’intervallo di frequenze considerato, soprattutto in riferimento a possibili segnali (rumore) di origine antropica.

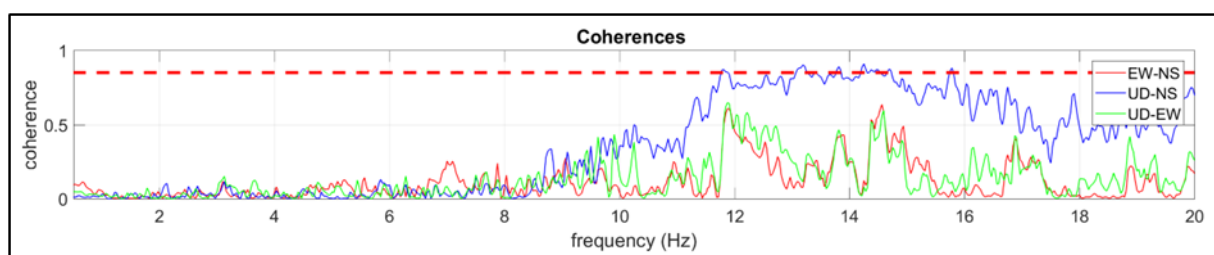


Figura 2.3: computo della funzione coerenza dei segnali acquisiti.

3. ANALISI CONGIUNTA HOLISURFACE®

MASW

La Figura 3.1 riporta le tracce sismiche acquisite in modalità attiva e utilizzate per l'analisi della dispersione della componente verticale (ZVF) e Radiale (RVF) dell'onda di Rayleigh, in basso gli spettri di potenza delle rispettive velocità di gruppo, mentre in alto a destra è riportata la curva HVSR misurata.

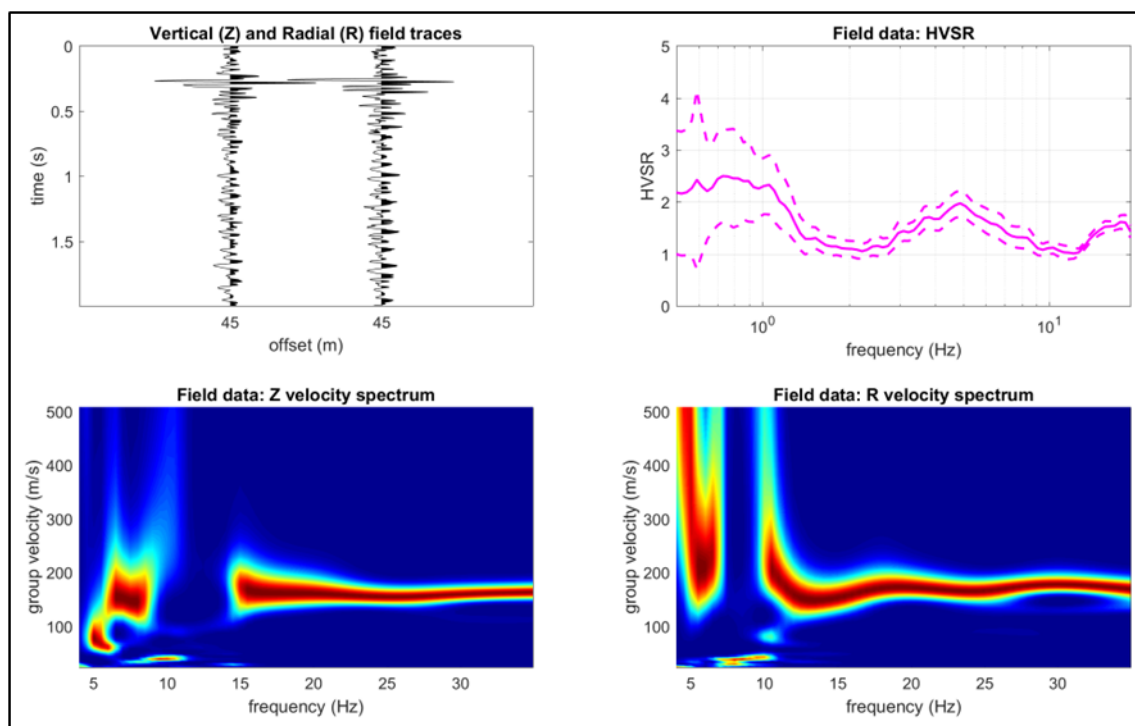


Figura 3.1: tracce sismiche componenti verticale e radiale onda di Rayleigh con relativi spettri di velocità di gruppo e curva HVSR osservata.

Di seguito si riporta il risultato dell'analisi e modellazione dei tre “oggetti” considerati: dispersione delle onde di Rayleigh – componenti verticale e radiale analizzate secondo la velocità di gruppo e curva HVSR.

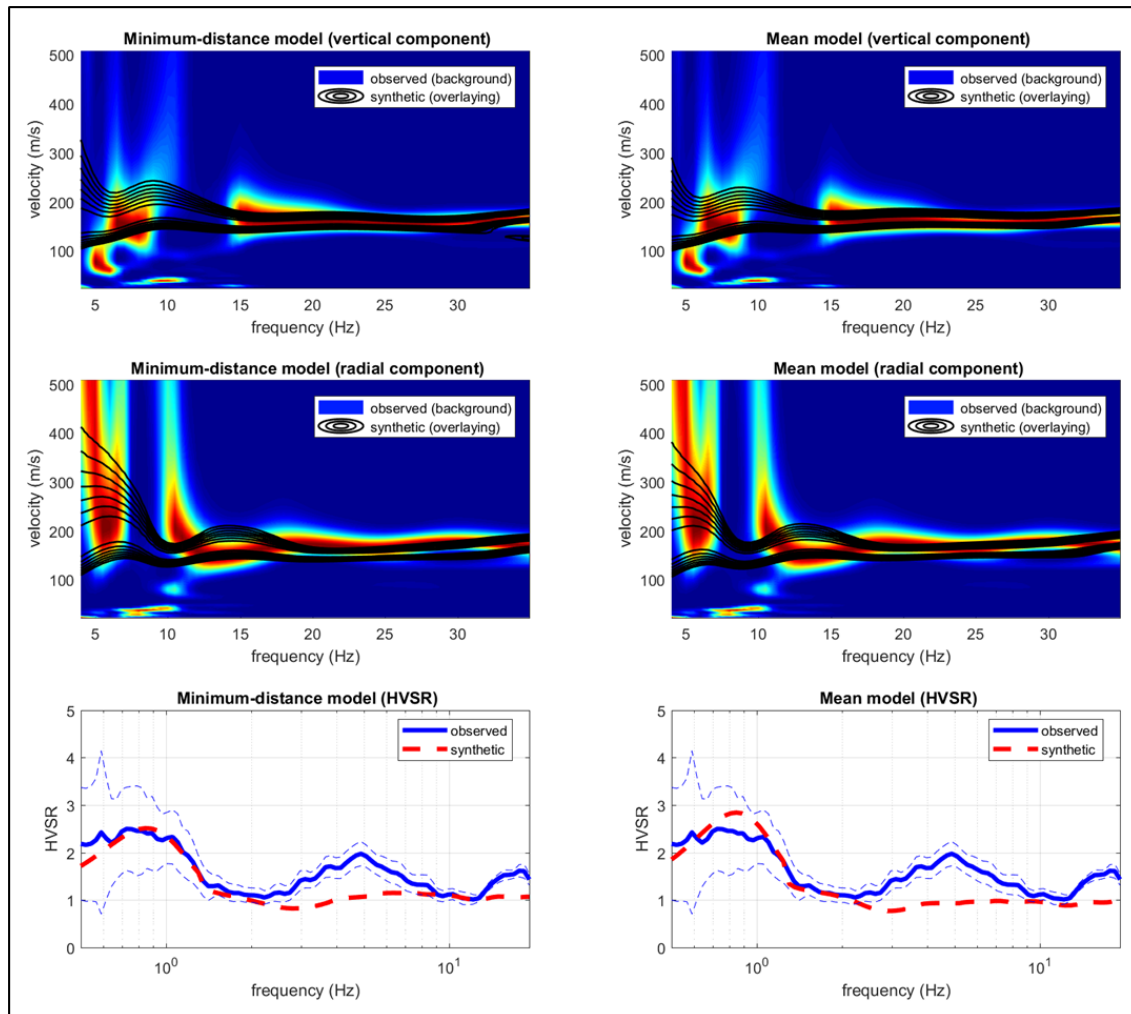


Figura 3.2: risultato analisi congiunta delle componenti ZVF, RVF e HVSr.

I colori in sottofondo rappresentano lo spettro di velocità di gruppo del dato di campagna (componenti ZVF e RVF), mentre le contour lines nere in sovrapposizione rappresentano lo spettro di velocità di gruppo del modello identificato (sintetico). La curva HVSr di colore blu rappresenta il dato osservato, mentre la curva con tratteggio rosso quella modellata.

Si è quindi proceduto all'inversione congiunta degli spettri di velocità e dell'HVSr attraverso due tipologie di modelli, quello a distanza minima dal punto utopico (minimum-distance model) e quello medio, determinato come media di tutti i modelli del fronte dell'algoritmo genetico Pareto (mean model). I risultati vengono riportati di seguito.

Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE (m/s): 221.

Velocità onde s (m/s): 160, 142, 169, 220, 206, 260, 221, 222, 304, 389, 396.

Spessori (m): 0.3, 0.4, 1.1, 2.0, 3.0, 5.7, 6.8, 10.6, 15.5, 20.6, 44.3.

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 45, 41, 53, 92, 76, 125, 110, 116, 178, 303, 317, 661.

Mean model

Vs30 and VsE (m/s): 216.

Velocità onde s (m/s): 160, 152, 169, 219, 199, 230, 215, 227, 295, 388, 396.

Spessori (m): 0.3, 0.4, 1.0, 1.9, 3.1, 5.6, 7.2, 10.3, 15.3, 22.2, 44.1.

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 45, 42, 51, 91, 71, 98, 93, 108, 170, 302, 291, 681.

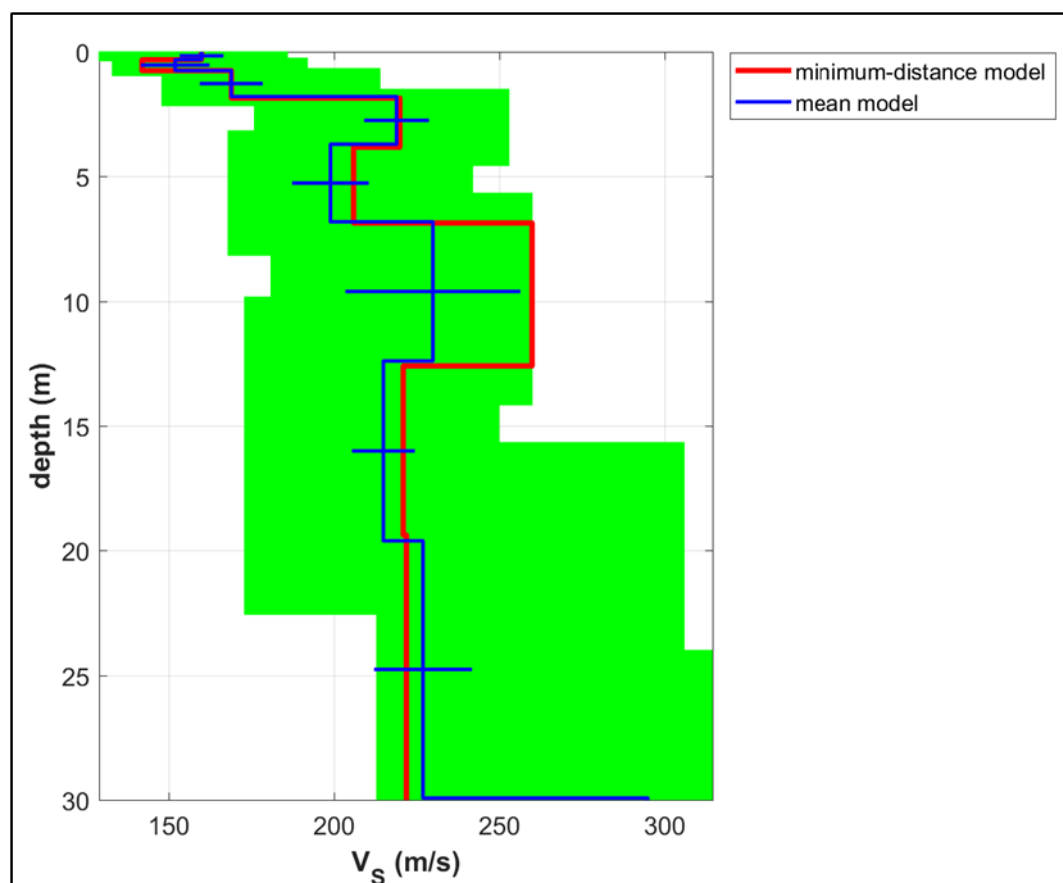


Figura 3.3: modellazione profilo Vs, ottenuto da analisi congiunta delle componenti ZVF, RVF e HVSR.

Dall'analisi del profilo di velocità, è stato possibile stimare il modello sismico del sito esaminato partendo dalla quota di piano campagna (1D).

Il modello sismico del sottosuolo è stato definito sulla base della variazione con la profondità della velocità delle onde di taglio Vs ricavate, attraverso le quali è stata quindi determinata la velocità equivalente delle onde di taglio (primi 30 m), definita dalla seguente espressione:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità

V_i è la velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato

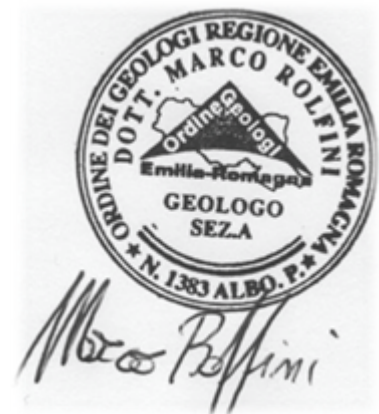
N è il numero di strati di terreni compresi nei primi 30 m di profondità.

Dai calcoli si ottiene una velocità equivalente $V_{s_{eq}} = V_{s_{30}}$: $216 \div 221$ m/s.

In riferimento alla tabella 3.2.II (NTC 2018) – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato, il sito esaminato presenta un sottosuolo di **tipo C** ovvero: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

Lagosanto, 25 febbraio 2023

dott. geol. Marco Rolfini



Riferimenti bibliografici relativi ai metodi di calcolo utilizzati.

Effective Active and Passive Seismics for the Characterization of Urban and Remote Areas: Four Channels for Seven Objective Functions (Dal Moro G., 2018). Pure and Applied Geophysics, in press

Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and Radial-Component Velocity Spectra (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017), Pure and Applied Geophysics, on-line: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00024-017-1694-8.pdf>

Single- and multi-component inversion of surface waves acquired by a single 3-component geophone: an illustrative case study (Dal Moro G. and Puzzilli L.M.), Acta Geodyn. Geomater., 14, 4 (188), 431-444, online: https://www.irms.cas.cz/materialy/acta_content/2017_doi/DalMoro_AGG_2017_0024.pdf

Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017) Bulletin of the Seismological Society of America (BSSA), 107, 51-62

Shear-wave velocity profiling according to three alternative approaches: a comparative case study (Dal Moro G., Keller L., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2016), Journal of Applied Geophysics, 134, 112y124

Four Geophones for seven possible objective functions: active and passive seismics for tricky areas (Dal Moro G.) Invited presentation and Extended Abstract for the Urban Geophysics workshop of the 22nd EAGE Near Surface Geoscience conference (4-8 September 2016 - Barcelona, Spain)

Less is more: from van der Rohe to the 4-channel system for the efficient and holistic acquisition and analysis of surface waves. An urban case study. (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015). Proceedings of the GNGTS (Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida - ogs.trieste.it) congress (17-19 November 2015 - Trieste, Italy)

Geophysikalische In-situ-Bestimmung der Eingangsparameter in die seismischen Standortanalysen am Beispiel des Ambassador House Opfikon (Keller L., Weber T., Dal Moro G., 2015). Proceedings of the 14th D-A-CH conference of the Swiss Society for Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Zurich, August 21-21, SIA D0255, ISBN 978-3-03732-060-0

A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data (Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015), First Break, 33, 45-53

Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N.), Proceedings of the Near-Surface EAGE 2015 congress (Turin - Italy) [having received a very high score from the reviewers, the work was invited to be published in Near Surface Geophysics]

Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites (Dal Moro G., 2015), ICARUS, 254, 338-349.

Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area (Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015), Appl. Geophysics, 114, 158-167.

Surface Wave Analysis for Near Surface Applications (Dal Moro G., 2014), Elsevier, ISBN 978-0-12-800770-9, 252pp (theory, field practice and advanced joint analysis) [see in particular paragraphs 2.2, 7.2 and case studies #2, 6, 8, 12 and 14]

GHM method [building vibration modes].

Gaussian-filtered Horizontal Motion (GHM) plots of non-synchronous ambient microtremors for the identification of flexural and torsional modes of a building (Dal Moro G., Weber T., Keller L., 2018). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 112, 243y255

Influenza della modellazione degli edifici sulla determinazione della loro vulnerabilità sismica (Sancin L., Dal Moro G., Amadio C., Romanelli F., Vaccari F., 2018). Atti convegno GNGTS 2018 (gngts.ogs.trieste.it).

Surface Wave Analysis for Near Surface Applications (Dal Moro G., 2014), Elsevier, ISBN 978-0-12-800770-9, 252pp (theory, field practice and advanced joint analysis) [see in particular paragraphs 2.2, 7.2 and case studies #2, 6, 8, 12 and 14].

Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area (Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015), Appl. Geophysics, 114, 158-167.

Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N.), Proceedings of the Near-Surface EAGE 2015 congress (Turin - Italy) [having received a very high score from the reviewers, the work was invited to be published in Near Surface Geophysics].

A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data (Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015), First Break, 33, 45-53.

Four Geophones for seven possible objective functions: active and passive seismics for tricky areas (Dal Moro G.) Invited presentation and Extended Abstract for the Urban Geophysics workshop of the 22nd EAGE Near Surface Geoscience conference (4-8 September 2016 - Barcelona, Spain).

Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017) Bulletin of the Seismological Society of America (BSSA), 107, 51-62.

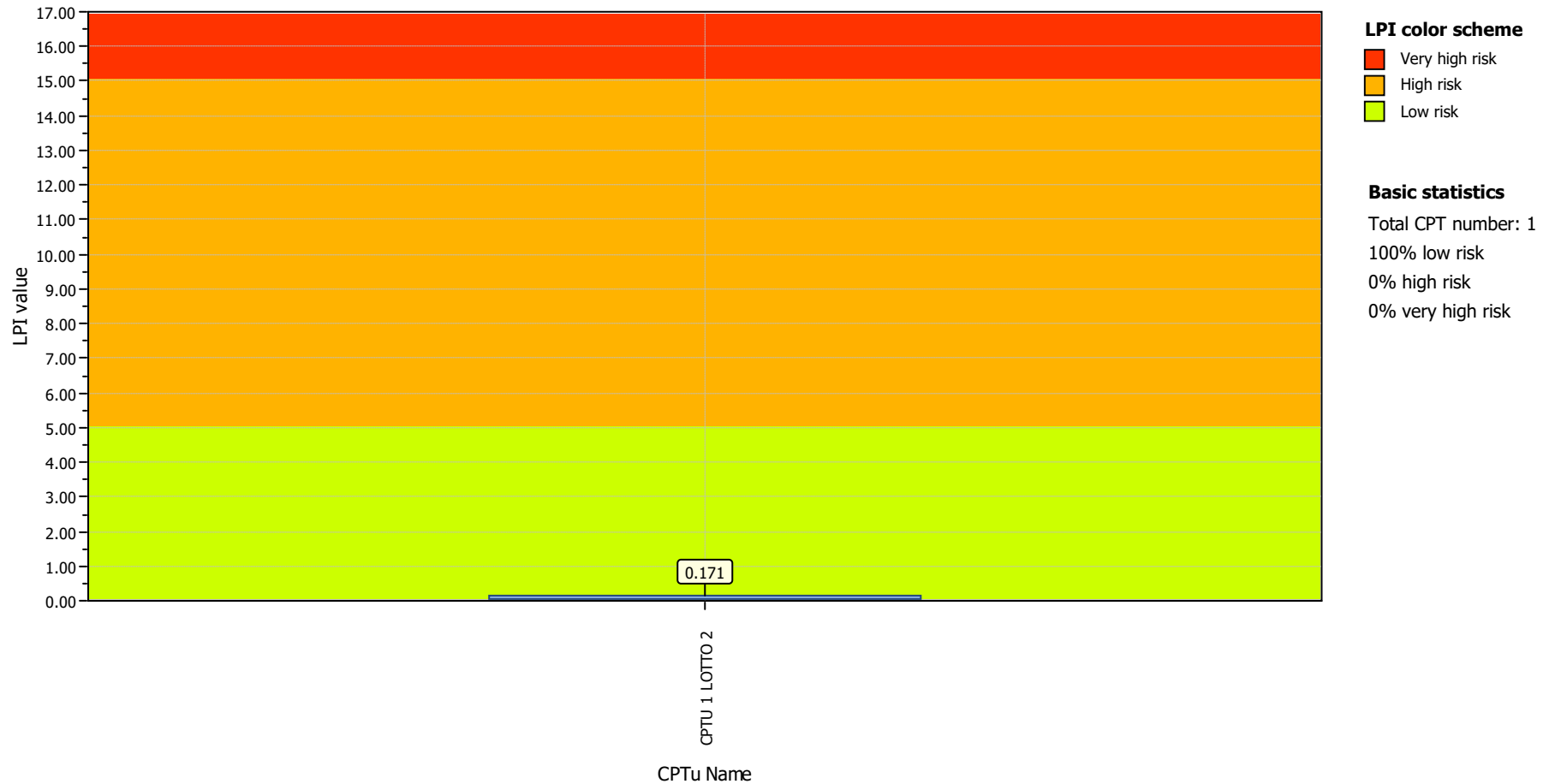
Single- and multi-component inversion of surface waves acquired by a single 3-component geophone: an illustrative case study (Dal Moro G. and Puzzilli L.M.), Acta Geodyn. Geomater., 14, 4 (188), 431-444, online: https://www.irms.cas.cz/materialy/acta_content/2017_doi/DalMoro_AGG_2017_0024.pdf.

Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and Radial-Component Velocity Spectra (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017), Pure and Applied Geophysics, on-line: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00024-017-1694-8.pdf>.

Project title : Impianto Fotovoltaico

Location : Massa lombarda

Overall Liquefaction Potential Index report



Project: Impianto fotovoltaico

Location: Massa Lombarda LOTTO 1

