

Provincia di Modena
Comune di Fiorano Modenese

PROCEDIMENTO UNICO

Permesso di Costruire

ai sensi dell'art. 53 - L.R. 24/2017
per annessione di lotto contiguo alla proprietà dell'attività economica già insediata

PROGETTO DEFINITIVO



AMPLIAMENTO ATTIVITA' PRODUTTIVA FLORIM CERAMICHE SpA

PLANT 3

sito in via Madonna del Sagrato - Fiorano Modenese

Progetto a cura di:



ingegneri riuniti

Ingegneria Architettura Ambiente

Via G. Pepe, 15 - 41126 Modena

Tel. 059.33.52.08 - Fax 059.33.32.21

e-mail: info@ingegneririuniti.it

<http://www.ingegneririuniti.it>

Direttore Tecnico: Ing. Federico Salardi

Coordinatore Generale di Progetto

Ing. Marco Mazzini

Progetto Architettonico

Arch. Lorenzo Lipparini

Collaboratori al Progetto Architettonico

Ing. Giulia Ansaloni

Arch. Serena Vezzali

Progetto Urbanizzazioni

Ing. Marco Mazzini

Progetto Strutture

Ing. Luca Reggiani

Collaboratore al Progetto Strutture

Ing. Sara Rebecchi

Progetto Opere Prefabbricate

Structurama

Proprietà

FLORIM CERAMICHE S.p.a.

Fiorano Modenese

Progetto Impianti Meccanici

Zecchini

Progetto Impianti Elettrici e Speciali

Proteo Engineering Srl

Progetto Opere Antincendio

Luppi Florim Spa

Indagini Geologiche e Geotecniche

Geo Group Srl

Indagini Acustiche

Studio Paolini

Indagini Ambientali

Tobaldi Florim Spa

Indagini Idrauliche

Ing. Marco Mazzini

Valutazioni Economiche

Geom. Enrico Luppi

Direttore dei Lavori

Ing. Marco Mazzini

Coordinatore per la Sicurezza

Ing. Marco Mazzini

Relazione geologica e geotecnica

Codice Progetto 1771 MM PR Scala - Codice Elaborato E-00-G-R-07

a	Settembre 2020	emissione	geo	mm
Rev.	Data	Descrizione revisione	Dis.	Contr.

COMUNE DI FIORANO MODENESE

PROVINCIA DI MODENA

RELAZIONE GEOLOGICA

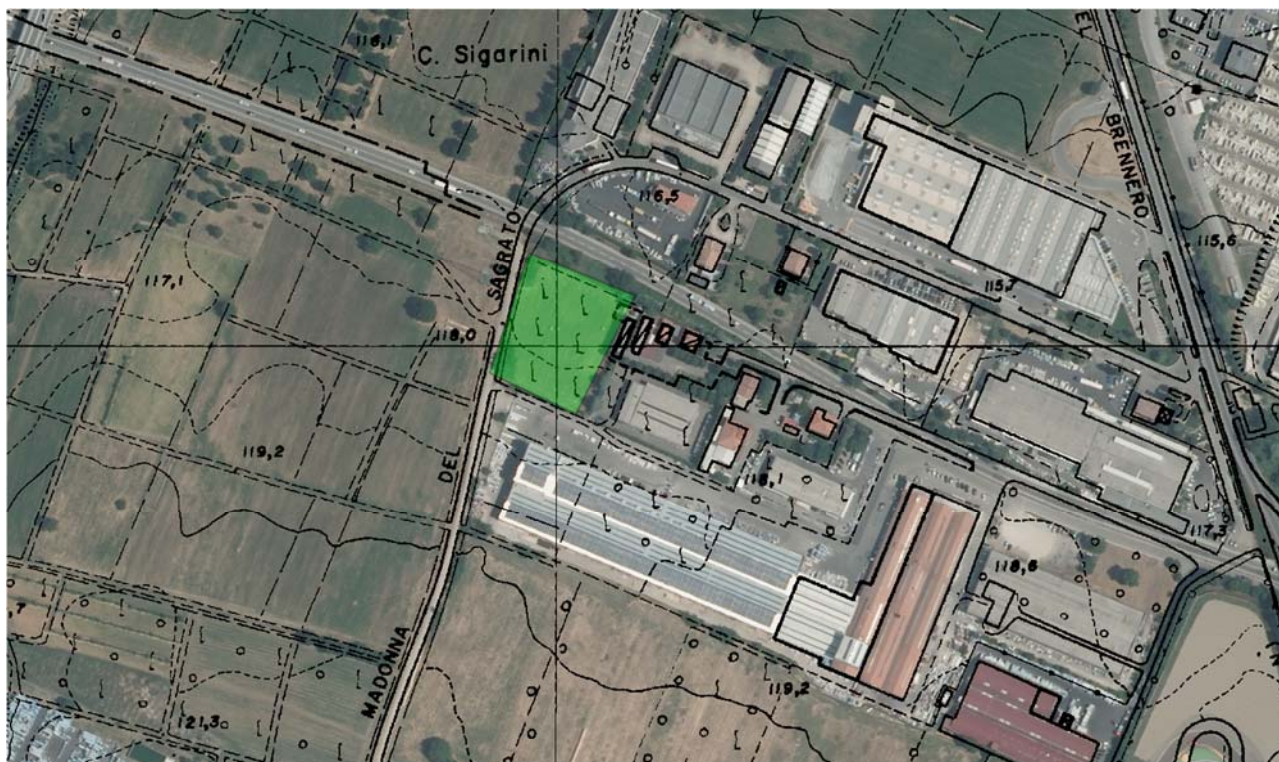
inerente alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1 NTC 2018);

RELAZIONE GETECNICA

Relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4.NTC 2018);

ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018).



OGGETTO

Caratterizzazione geologica geotecnica e sismica a supporto del progetto di ampliamento dell'attività produttiva Florim Ceramiche Spa, PLANT 3, sito in via Madonna del Sgrato – Fiorano Modenese (Mo).

Rif. n. 243/2020

Maggio 2020



Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



GEO GROUP s.r.l.
UFFICI: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnovo R. (MO)
SEDE LEGALE: via C. Costa, 182 – 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - p. Iva e C.F. 02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it



COMUNE DI FIORANO MODENESE

PROVINCIA DI MODENA

RELAZIONE GEOLOGICA

inerente alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1 NTC 2018)

RELAZIONE GETECNICA

Relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4.NTC 2018)

ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)

OGGETTO

Caratterizzazione geologica geotecnica e sismica a supporto del progetto di ampliamento dell'attività produttiva Florim Ceramiche Spa, PLANT 3, sito in via Madonna del Sgrato – Fiorano Modenese (Mo).

Rif. n. 243/2020

PROPRIETÀ

FLORIM CERAMICHE SpA
Fiorano Modenese



AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV
= ISO 9001 =

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)

SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - p. Iva e C.F.02981500362

Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it

INDICE DEL CONTENUTO

1	PREMESSE	4
2	INQUADRAMENTO GENERALE	5
2.1	Aspetti geologici e geomorfologici	5
2.2	Aspetti idrogeologici	7
2.2.1	Livello piezometrico della falda presso l'area in oggetto	11
2.3	Microzonazione sismica	13
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE	14
3.1	Indagini Geotecniche	14
3.1.1	Sondaggi a carotaggio continuo	14
3.1.2	Prove penetrometriche dinamiche standard SPT in foro	15
3.1.3	Analisi di laboratorio di geotecnica	16
3.1.4	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT	22
3.1.5	Prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH	23
3.2	Indagini Geofisiche	25
3.2.1	Indagine sismica passiva a stazione singola (analisi HVSR)	25
3.2.2	Indagine sismica attiva con metodo MASW	25
3.2.3	Indagine geo-elettrica tomografica ERT	26
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	31
4.1	Pericolosità sismica di base	31
4.2	Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC2018)	33
4.3	Azione sismica e risposta sismica del sito – Approccio semplificato	34
5	MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO	35
5.1	Caratteristiche litostratigrafiche del terreno	35
5.2	Modello geotecnico del sottosuolo	38
5.3	Tipologia di fondazioni e calcolo della capacità portante	40
5.3.1	Verifica nei confronti degli SLU (6.4 NTC 2018)	40
5.3.2	Verifica dei cedimenti	41
5.3.3	Modulo di sottofondo	42
5.4	Stabilità nei confronti della liquefazione (§7.11.3.4.2 NTC 2018)	42
6	CONCLUSIONI	43

TAVOLE

Tav. n. 1:	“Carta Topografica”	scala 1: 1.000;
Tav. n. 2:	“Ripresa Satellitare”	scala 1: 1.000;
Tav. n. 3:	“Carta della litologia di superficie”	scala grafica;
Tav. n. 4:	“Carta ubicazione indagini”	scala grafica.

ALLEGATI

- ALL. n. 1** Sondaggio a carotaggio continuo SCC;
- ALL. n. 2** Prove penetrometriche statiche CPT;
- ALL. n. 3** Prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- ALL. n. 4** Prove penetrometriche SPT;
- ALL. n. 5** Prove di laboratorio;
- ALL. n. 6** Indagini sismiche;
- ALL. n. 7** Verifiche geotecniche;
- ALL. n. 8** Indagine geo-elettrica tomografica ERT.

1 PREMESSE

Nel mese di maggio 2020 sono stati espletati rilievi in sito finalizzati alla caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica del terreno di fondazione, inerente al progetto di ampliamento dell'attività produttiva Florim Ceramiche SpA, PLANT 3, sito in via Madonna del Sagrato nel Comune di Fiorano Modenese (Mo) (Fig. 1.1).



Fig.1.1 - Ubicazione del sito in studio – Comune di Fiorano Modenese.

La presente relazione fa riferimento alle disposizioni normative contenute in:

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 – D.M. 17/01/2018.

L'area in esame si trova a nord est del Comune di Fiorano Modenese, nell'area industriale. Per un completo inquadramento geografico dell'area si rimanda dalla cartografia allegata alla presente relazione, in particolare alla "Carta topografica", alla scala 1: 5.000 (tav. n. 1) e alla "Ripresa satellitare" alla scala 1: 1.000 (tav. n. 2).

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 Aspetti geologici e geomorfologici

Dalla consultazione della Carta della litologia di superficie della Regione Emilia Romagna, si evidenzia come l'area in studio sia caratterizzata da limo di piana alluvionale. In particolare l'area in studio è caratterizzata da (Fig. 2.1):

- **Unità di Vignola AES7b** - Ghiaie con matrice limo-sabbiosa, passanti a limi e limi sabbiosi. Deposito fluviale intravallivo. Copertura colluviale limosa e argillosa alla base dei versanti. Al tetto suoli decarbonatati con tracce di illuviazione di argilla e fronte di alterazione tra 1,5 e 2 m, orizzonti superficiali di colore da rosso bruno a bruno scuro. Contatto inferiore in discontinuità su unità più antiche. Potenza di alcuni metri;
- **Sistema di Costamezzana CMZ** - Sabbie e Areniti stratificate con eventuale rara presenza di livelli pelitici, poco cementate.

Di seguito si riporta uno stralcio della carta sopra elencata.

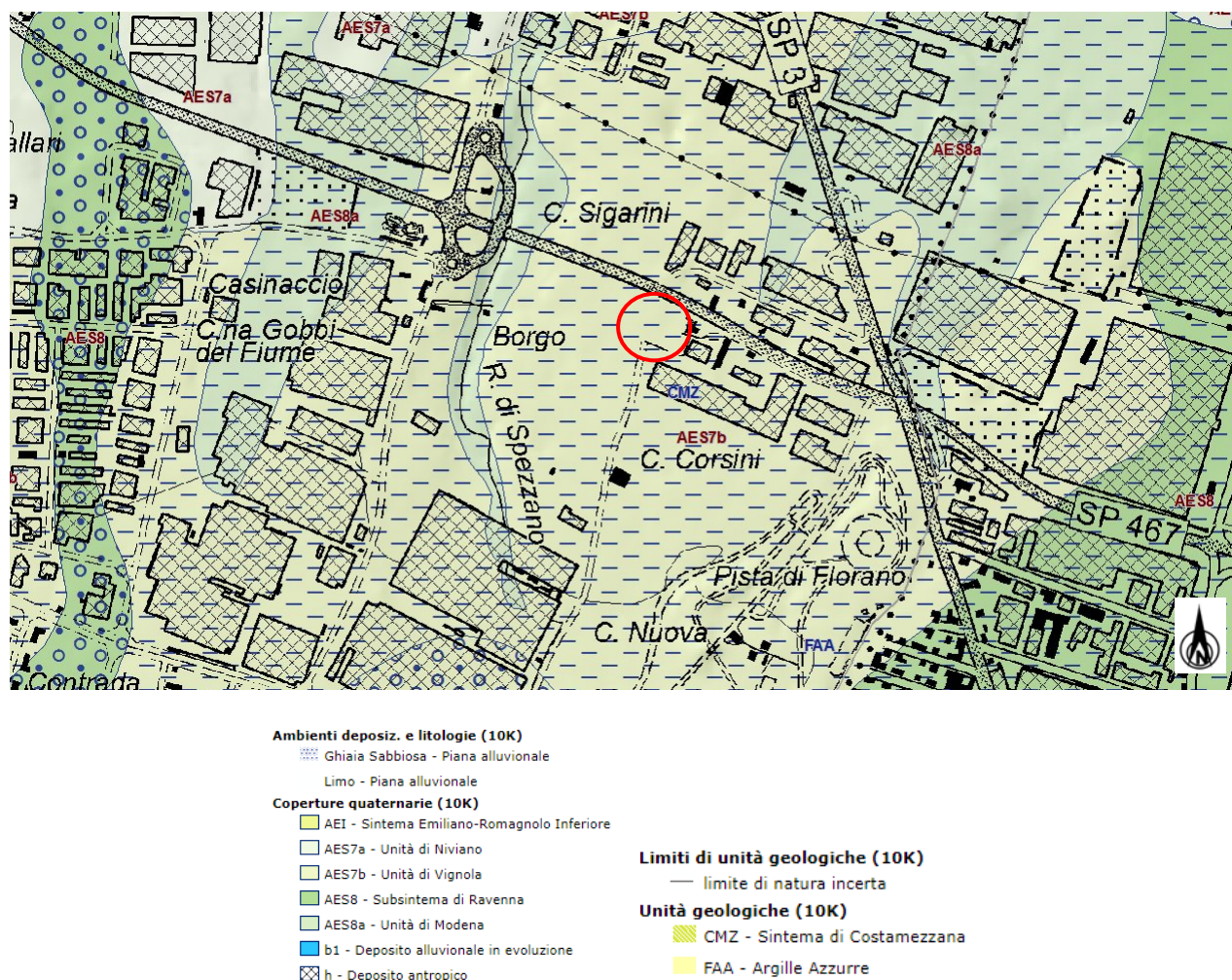
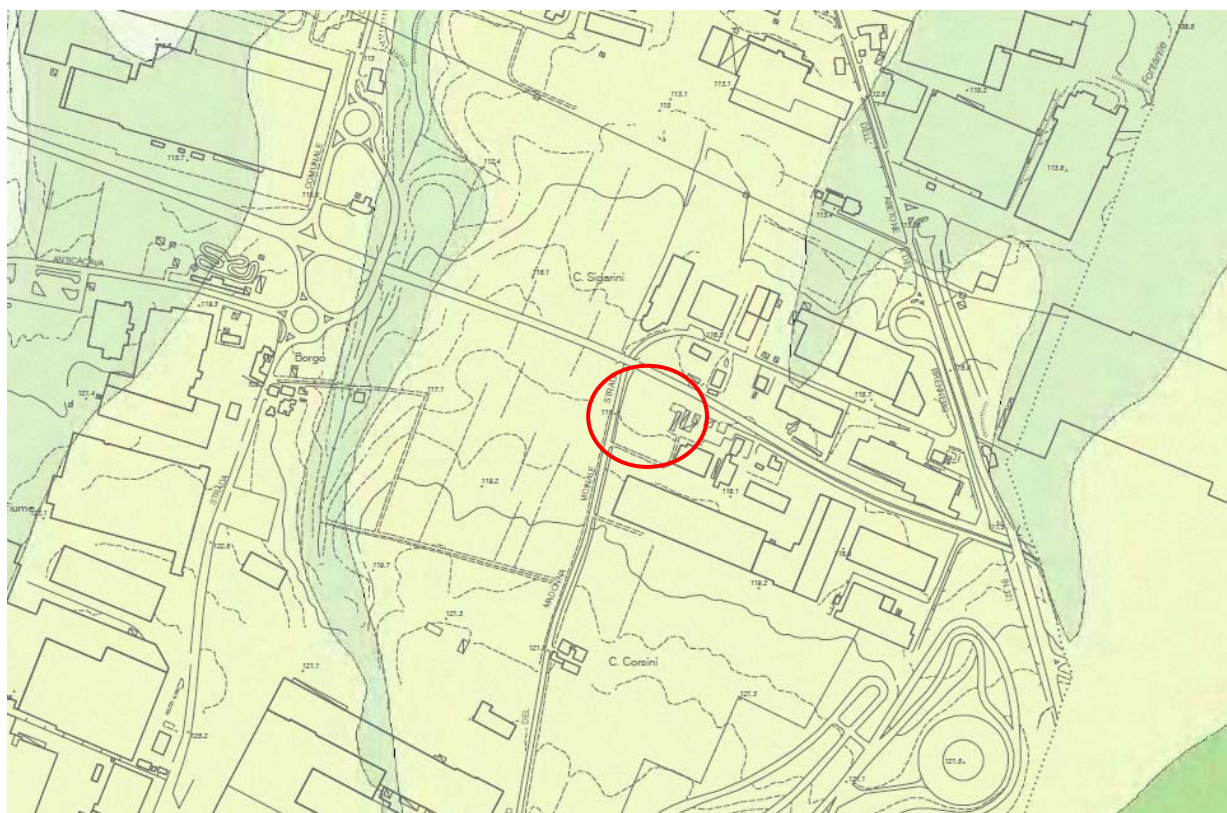


Fig.2.1 - Carta della litologia di superficie – Carta della Regione Emilia Romagna.

L'assetto stratigrafico definito è confermato anche dall'analisi della cartografia geologica dello studio di Microzonazione sismica del Comune di Fiorano Modenese (Fig. 2.2). Secondo tale cartografia in corrispondenza dell'area di è presente l'Unità di Vignola.



Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

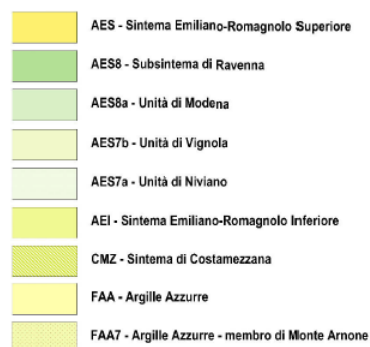


Fig.2.2 - Carta geologica – Studio di MS del Comune di Fiorano Modenese – Tav. n. 2.

2.2 Aspetti idrogeologici

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame ricade nella **fascia dei bacini idrici sotterranei** (si tratta in particolare di quelli compresi all'interno delle conoidi alluvionali) suddivisibili schematicamente n. 3 unità (fig.2.3):

- Conoide del fiume Secchia (1);
- Conoide del fiume Panaro (3);
- Conoidi di fiumi minori (2).

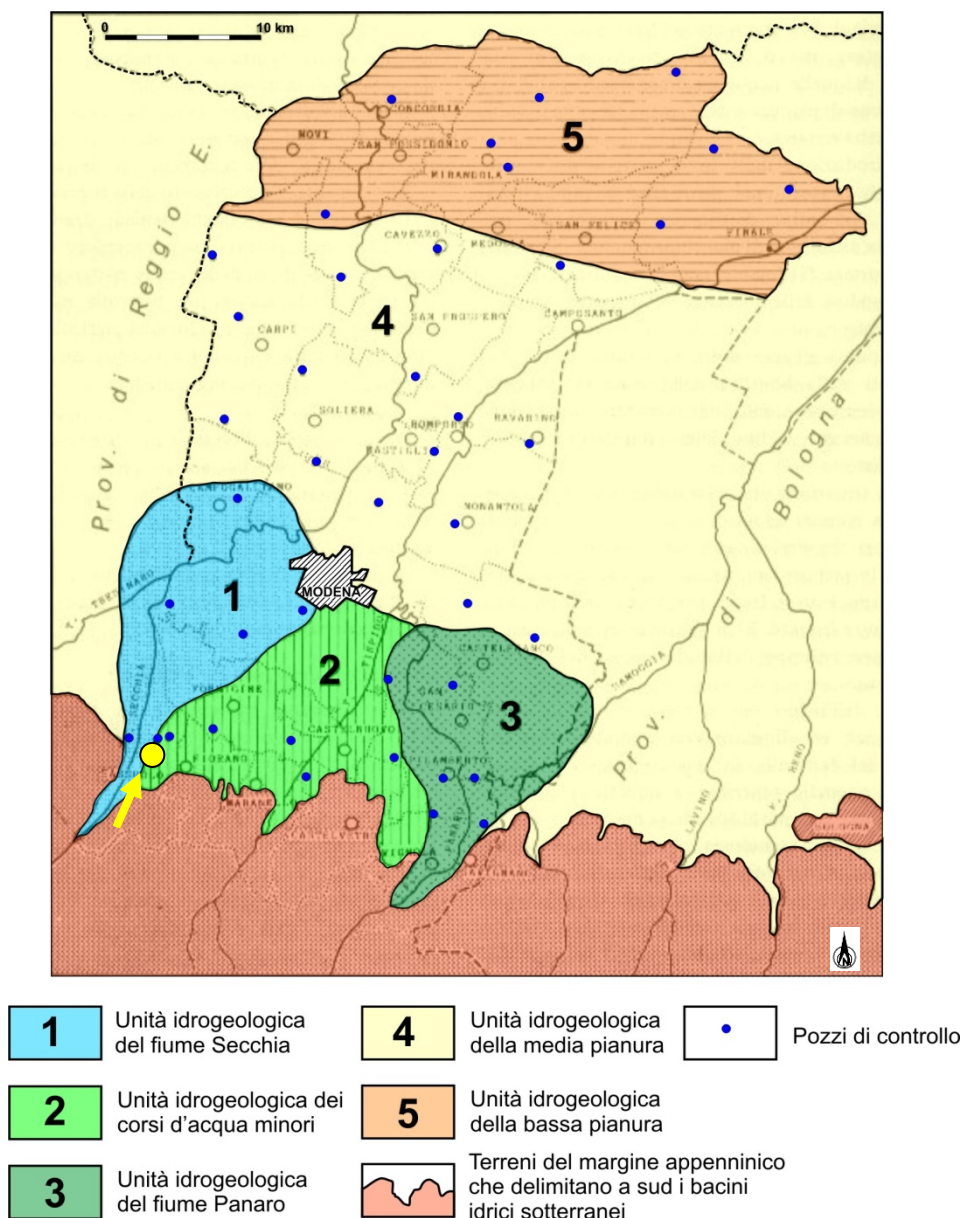


Fig.2.3 - Unità idrogeologiche del territorio della pianura modenese (il pallino giallo indica l'ubicazione dell'area di interesse)

L'acquifero principale, in termini di qualità e quantità di risorsa idrica fruibile, è costituito dalle acque contenute nei livelli ghiaiosi dei corpi alluvionali (**conoidi dei Fiumi Secchia -1- e Panaro -3-**); di minore importanza gli acquiferi costituiti dalle acque presenti nei livelli sabbiosi delle **conoidi dei fiumi minori (2)** (dove ritroviamo il sito d'interesse) e della **piana alluvionale (4 e 5)** della medio-bassa pianura modenese. Queste ultime tre unità (2, 4 e 5) spesso costituiscono falde sospese e solo localmente raggiungono entità utili allo sfruttamento; ad ogni modo non per scopi idropotabili, a causa della forte compromissione nell'uso del suolo delle zone di pianura.

Nelle zone apicali delle conoidi alluvionali a ridosso del margine appenninico, dunque in corrispondenza della zona di interesse, l'acquifero cosiddetto "principale" presenta falde di tipo **freatico**. Queste divengono poi di tipo **confinato o artesiano** man mano che si procede verso nord: nella fascia della media pianura modenese e ancora di più in quella della bassa pianura modenese, le falde sono molto profonde e sempre in pressione, con valori di soggiacenza prossimi al piano di campagna; in superficie è frequente riscontrare livelli acquiferi sospesi, di natura freatica, completamente separati dall'acquifero principale e dotati di acque scadenti.

La zona di pianura del settore orientale del territorio è costituita dalla *conoide del fiume Panaro*, che può essere definita come un sistema acquifero multistrato, il cui primo strato può considerarsi pressoché continuo nella parte di alta pianura. Infatti nella porzione apicale (a nord di Marano) i livelli acquiferi sono costituiti in prevalenza da ghiaie fluviali terrazzate, che poggiano su formazioni argillose plio-pleistoceniche con spessori variabili inizialmente da pochi metri, fino a raggiungere potenze di oltre 250 m all'altezza della via Emilia.

Ad ovest della conoide del Panaro si individuano le **conoidi della rete idrografica minore**, tra cui quelle del Torrente Nizzola, del Torrente Guerro e del Torrente Tiepido, con contenuti ridotti di ghiaie, intercalate da abbondanti matrici limose che condizionano sensibilmente la trasmissività dell'acquifero.

L'alimentazione degli acquiferi avviene principalmente per infiltrazione di acque meteoriche dalla superficie, in corrispondenza dell'affiorare di terreni permeabili o di acque fluviali dai subalvei; in subordine avviene uno scambio di acque tra diversi livelli acquiferi, tra di loro separati da strati di terreni semipermeabili, per fenomeni di drenanza con le unità idrogeologiche confinanti.

Le parti apicali delle conoidi principali, conseguentemente alla tipologia della loro caratteristiche litologiche, sono caratterizzate da elevata vulnerabilità all'inquinamento, ma nel contempo l'alimentazione dell'acquifero da parte delle acque superficiali è tale da attenuare la permeazione dei carichi inquinanti, conferendo caratteristiche di buona qualità alle acque di falda.

Nel corpo centrale delle conoidi la prima falda è generalmente separata dalla superficie e da quella più profonda da un'alternanza di depositi a granulometria fine quali argille, limi e sabbie fini. Tuttavia gli acquitardi, anche se talvolta raggiungono spessori di 20÷25 metri, non riescono ad assicurare una totale protezione dall'inquinamento antropico, ma solo una parziale

attenuazione, anche a causa alla grande densità dei pozzi che favorisce la interconnessione delle falde. In questa area di interesse strategico, in virtù dell'elevato spessore degli acquiferi e della naturale protezione, sono localizzati i maggiori e più significativi prelievi di acque sotterranee dell'intera provincia.

Viceversa le conoidi dei torrenti minori si caratterizzano per la presenza di acquiferi di modesta entità e, a seguito della limitata circolazione idrica e dell'elevata pressione antropica generatrice di numerose fonti inquinanti sia diffuse che puntuali, presentano una scadente qualità delle acque.

Per la caratterizzazione idrostratigrafica dell'areale di pianura e della prima fascia collinare, si è fatto riferimento allo studio *"Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna"* (G. Di Dio – Regione Emilia-Romagna, ENI AGIP – 1998).

Tale studio propone uno schema stratigrafico dei depositi quaternari del margine appenninico e della pianura emiliano-romagnola che definisce tre Unità Idrostratigrafiche Sequenziali (UIS) principali, dette Gruppi Acquiferi, corrispondenti dal punto di vista stratigrafico al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, al Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore e al Supersintema Quaternario Marino (fig.2.4).

PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE					ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE									
AFFIORANTI			SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO								
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	FORMAZIONE DI CLAMATTELLO	UNITÀ DI VILLA DEL BOSCO	UNITÀ DI CA DI SOLA	SUPERINTENSA EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITÀ DI BORGO PANIGALE	ORIZZONTE DI POSSOLO	UNITÀ ALLUVIONALE INFERIORE	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	-0.12	0.125	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A1
																A2
																A3
																A4
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p. MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p. CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p. CALABRIANO p.p. - FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERINTENSA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SINTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SINTEMA QUATERNARIO MARINO 1	-0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	B	B1						
										B2						
										B3						
										B4						
									C	C1						
										C2						
										C3						
										C4						
										C5						
P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERINTENSA DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	-0.65	-0.8	-1.0	-2.2	-3.3-3.6	-3.9	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE		3.55	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	ACQUITARDO BASALE		

Fig.2.4 - Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano-romagnola (G. Di Dio – Regione Emilia-Romagna, ENI AGIP – 1998)

I tre Gruppi Acquiferi, denominati A, B e C, sono separati alla base da barriere di permeabilità di estensione regionale (livelli argillosi plurimetrici), che determinano l'isolamento idraulico di ciascun gruppo da quelli adiacenti. Al suo interno ciascun Gruppo Acquifero è composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati fra loro e suddivisi in Complessi Acquiferi. Anche in questo caso le principali barriere di permeabilità in senso orizzontale, che ne determinano l'isolamento, sono costituite da corpi geologici a granulometria fine, interpretabili come sistemi deposizionali interdeltizi o di interconoide e bacino interfluviale. Tuttavia nella zona di margine appenninico spesso le barriere di permeabilità tra gruppi acquiferi A e B non risultano sufficientemente sviluppate, a causa di un ambiente deposizionale di conoide prossimale e del controllo esercitato sulla sedimentazione s.l. dagli eventi tettonici di sollevamento.

Il limite basale della circolazione idrica sotterranea è costituito dall'acquitardo basale impermeabile, rappresentato nell'area in studio dalla formazione pliocenica delle Argille Azzurre, affiorante nella zona alta della prima fascia collinare.

Immediatamente a valle di questa fascia affiorano le formazioni del Supersintema Quaternario marino e del Sintema Emiliano-Romagnolo inf. che costituiscono rispettivamente il Gruppo Acquifero C e B e che

tendono ad approfondirsi verso settentrione, venendo ricoperti dai depositi del Pleistocene sup. e dell'Olocene.

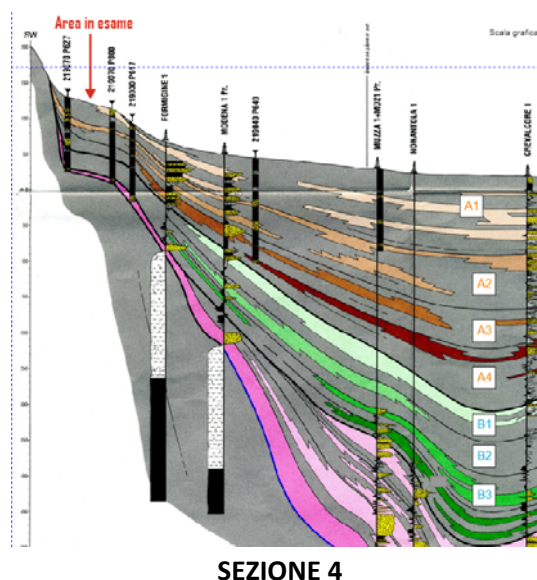
Pertanto tale fascia assume un ruolo importante per l'alimentazione delle falde profonde della zona di pianura, in quanto costituisce l'area di ricarica diretta degli acquiferi suddetti.

Talvolta nella zona collinare, l'attività tettonica e l'erosione del reticolo idrografico hanno determinato l'isolamento di porzioni di depositi quaternari, dando origine a lembi isolati sospesi sul substrato argilloso e, di conseguenza, privi di continuità idraulica con i loro omologhi depositi della zona pedecollinare e di pianura.

Lo spessore dei depositi quaternari, in cui sono insediati gli acquiferi in questione, tende ad aumentare spostandosi verso nord (si vedano le sezioni idrostratigrafiche sotto riportate).

Viceversa il sottosuolo del settore meridionale del territorio non risulta generalmente sede di circolazione idrica significativa, a causa della estesa presenza di formazioni a litologia prevalentemente argillosa.

Di seguito si riporta un estratto della *Sezione geologica – idrostratigrafica n° 4* tratta da “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna”, a cura di Eni/Agip (Fig.2.5).



SEZIONE 4

UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE				ETÀ	SCALA CRONO-STRATIGRAFICA
GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	SISTEMA ACQUIFERO	SISTEMA ACQUITARDO	(milioni di anni)	(milioni di anni)
A	A1			~ 0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE 0.125
	A2				
	A3				
	A4				
B	B1			~ 0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
	B2				
	B3				
	B4				
C	C1			~ 0.65	PLEISTOCENE INFERIORE 0.89 1.72 2.2 3.55 MIOCENE
	C2			~ 0.8	
	C3			~ 1.0	
	C4			~ 2.2	
	C5			~ 3.9	
ACQUITARDO BASEALE					



Fig. 2.5 - Sezione geologica - idrostratigrafica n. 4 dell'area di studio (tratta da “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna”, a cura di Eni/Agip)

2.2.1 Livello piezometrico della falda presso l'area in oggetto

Per individuare l'andamento del livello piezometrico della falda acquifera libera interessata dal prelievo in progetto sono state raccolte le misurazioni pubblicate nella banca dati della rete regionale di monitoraggio delle acque sotterranee dell'ARPA.

Per individuare la quota del livello piezometrico dell'area e l'andamento presunto della falda acquifera interessata dal prelievo, è stata redatta una carta con le isolinee di livello piezometrico (quota s.l.m.) (fig. 2.6).

Per ogni pozzo sono stati individuati la quota topografica, la profondità del pozzo, la soggiacenza media misurata e il livello piezometrico medio (m s.l.m.), tali valori sono riassunti nella seguente tabella (Tab. 2.1).

n.	Pozzo	Quota (m s.l.m.)	Prof. pozzo (m da p.c.)	Livello acquifero	Soggiacenza (m da p.c.)	Livello piezometrico (m s.l.m.)
1	MO 72-01	65.0	104.7	A3	25.8	39.2
2	MO 36-00	52.7	51.0	A1, A2	17.7	35.0
3	MO 20-02	36.0	71.0	A2	6.5	29.5
4	MO 58-00	72.4	138.0	A	40.0	32.4
5	MO 27-00	91.2	83.3	A3,A4	48.0	43.2
6	MO 28-01	84.0	70.0	A2, A3	32.4	51.6
7	MO 60-00	117.2	95.0	A	20.2	97.0
8	MO 59-00	105.5	93.0	A2, A3, A4	28.6	76.9
9	MO 26-01	103.1	70.0	A	38.4	64.7
10	MO 73-01	90.8	97.0	A3, A4	48.0	42.8
11	MO 61-00	78.0	70.0	A3	37.0	41.0
12	MO 71-01	116.4	116.5	A-B	26.83	89.57
13	MO 42-00	115.24	90.0	A1, A2,B,C	23.2	92.04
14	MO 65-00	113.6	100.0	C	35.35	78.25
15	MO 51-00	75.0	120.0	B-C	13.02	68.98
16	MO 25-00	109.85	61.0	B	12.1	97.75

Tab.2.1 - Livello piezometrico individuato per ogni pozzo (Archivio ARPA).

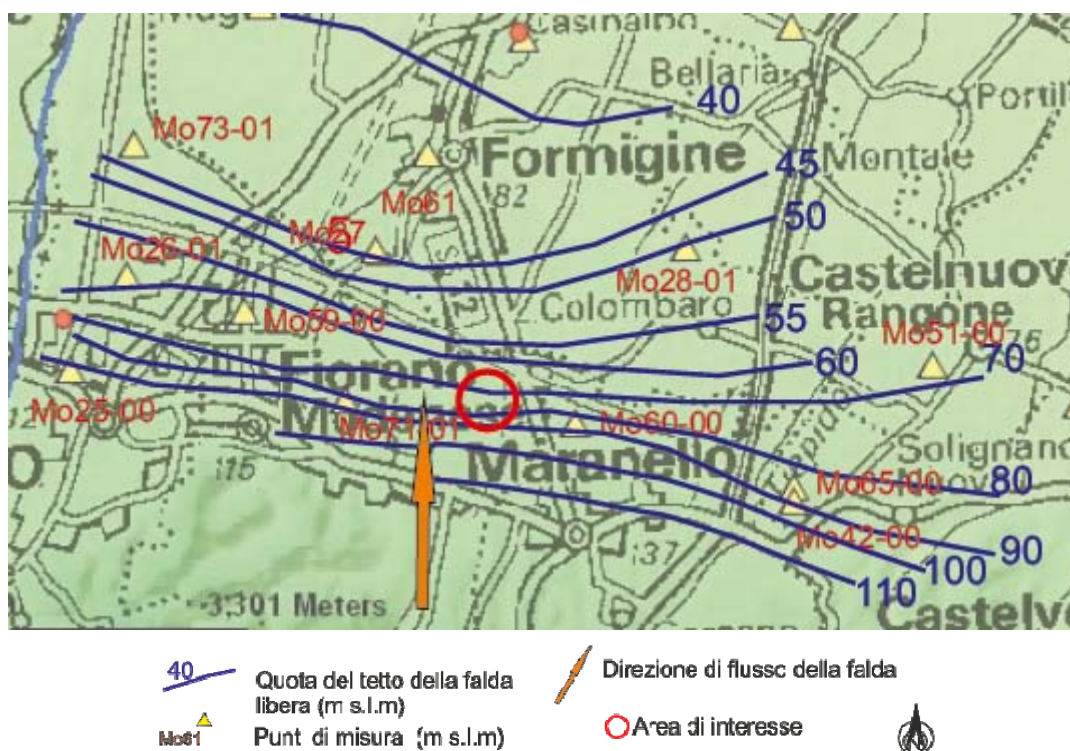


Fig. n. 2.6 – Carta dell’andamento del livello piezometrico interpretato dai dati ottenuti dalla banca dati ARCHIVIO ARPA. La freccia indica l’andamento della direzione della falda acquifera presso l’area d’interesse.

Sulla base dei dati raccolti si evince che, presso l’area d’interesse, il livello piezometrico dovrebbe trovarsi a circa **65.0 m s.l.m.** dunque, dal momento che il piano campagna in corrispondenza dell’area d’interesse si trova alla **quota di 116 m s.l.m.**, ne consegue un livello piezometrico pari a circa **-51.0 m da p.c.** Inoltre l’andamento presunto della falda acquifera presso l’area d’interesse risulta diretto da sud verso nord.

2.3 Microzonazione sismica

Al fine di inquadrare l'area in studio dal punto di vista della pericolosità sismica è stato consultato lo studio di Microzonazione sismica del Comune di Fiorano Modenese.

In riferimento alla cartografia MOPS di II livello, si evidenzia come l'area in studio ricada in una zona stabile (zona 4) caratterizzata da depositi prevalentemente limosi con strati ghiaioso-sabbiosi (Fig. 2.6).

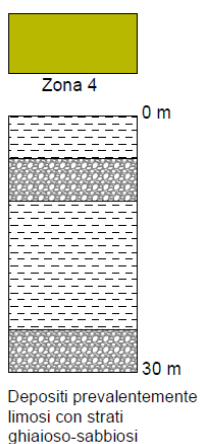


Fig.2.6 - Carta della MOPS – Studio di MS del Comune di Fiorano Modenese – Tav. n. 2.

3 INDAGINI GEONOSTICHE

3.1 Indagini Geotecniche

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, sono state eseguite nel mese di maggio 2020, le seguenti indagini geognostiche:

- **n. 1 sondaggio a carotaggio continuo SSC con prelievo di campioni e prove SPT;**
- **n. 3 prove penetrometriche statiche CPT con inversione dinamica DPSH.**

Nella tavola n. 4 è illustrata la planimetria di progetto relativa al posizionamento planimetrico dei punti di indagine per l'area dove verrà realizzato il nuovo fabbricato industriale PLANT 3.

3.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Per ricostruire l'assetto stratigrafico delle unità litologiche che compongono il sottosuolo è stato realizzato n. 1 sondaggio a carotaggio continuo mediante sonda perforatrice idraulica. Nell'allegato n.1 del presente documento è visibile la stratigrafia redatta e la relativa documentazione tecnica. Il diametro di perforazione impiegato è pari a $\varnothing = 101 \text{ mm}$ (Fig. 3.1).



Fig.3.1 – Ripresa fotografica del punto di sondaggio.

Durante l'esecuzione del carotaggio si è provveduto ad eseguire indagini dirette in foro (SPT) e campionamenti. Si illustrano successivamente (Tab. 3.1) la posizione delle suddette prove in foro.

SPT	Profondità (m da p.c.)
SPT1	6.30
SPT2	10.40
SPT3	15.80
SPT4	20.70
SPT5	26.0
SPT6	27.20
CAMPIONI	Profondità (m da p.c.)
C1	2.30
C2	9.25
C3	13.0

Tab.3.1 – Prove in foro.

3.1.2 Prove penetrometriche dinamiche standard SPT in foro

Durante l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo SCC sono state eseguite n. 6 prove penetrometriche dinamiche in foro (SPT) punta chiusa (Fig. 3.2), al fine di determinare i parametri geotecnici del terreno riscontrato.

La prova penetrometrica dinamica in foro SPT consiste nel far cadere, con una frequenza di 20/25 colpi al minuto, un maglio da 63,50 kg da un'altezza di 76,00 cm (standard europeo) su una batteria di aste che possiedono, nella parte terminale, un campionatore cilindrico a "punta aperta", o, in alternativa, una punta conica "chiusa" (come nel nostro caso), con angolo di punta pari a 60° e avente un diametro esterno di 50.46 mm. Nel corso della prova SPT viene registrato il numero di colpi necessario per infiggere la punta conica per 45 cm nel terreno. Il valore di (Nspt30) viene ottenuto eliminando i colpi dei primi 15 cm di infissione e sommando il valore dei colpi necessario per infiggere la punta conica nei rimanenti 30 cm di sottosuolo. Si illustrano successivamente i valori derivati durante l'esecuzione delle suddette indagini (Tab. 3.2).



Fig.3.2 – Punta chiusa della prova in foro SPT.

SPT 1	PUNTA	PROFONDITÀ	NUMERO DI COLPI			NSPT 30
	CHIUSA	-6.30 m da p.c.	18	24	29	53
SPT 2	PUNTA	PROFONDITÀ	NUMERO DI COLPI			NSPT 30
	CHIUSA	-10.40 m da p.c.	12	12	22	34
SPT 3	PUNTA	PROFONDITÀ	NUMERO DI COLPI			NSPT 30
	CHIUSA	-15.80 m da p.c.	38	50	50	100
SPT 4	PUNTA	PROFONDITÀ	NUMERO DI COLPI			NSPT 30
	CHIUSA	-20.70 m da p.c.	29	50	50	100
SPT 5	PUNTA	PROFONDITÀ	NUMERO DI COLPI			NSPT 30
	CHIUSA	-26.00 m da p.c.	30	41	50	91
SPT 6	PUNTA	PROFONDITÀ	NUMERO DI COLPI			NSPT 30
	CHIUSA	-27.20 m da p.c.	31	50	50	100

Tab.3.2 –Valori ottenuti dalle prove SPT eseguite.

Il numero dei colpi N, in base alle Normative AGI (1977) ci dà una classifica orientativa dello stato di compattezza (addensamento) dei terreni incoerenti, come visibile nella tabella di seguito esposta:

N	valutazione dello stato di addensamento
0 – 4	sciolto
4 – 10	poco addensato
10 – 30	moderatamente addensato
30 – 50	addensato
> 50	molto addensato

Fig. 3.3 - Classifica orientativa dello stato di addensamento dei terreni incoerenti (da classificazione A.G.I-1977).

3.1.3 Analisi di laboratorio di geotecnica

Sui campioni prelevati, allo scopo di valutare le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione dell'area oggetto di studi, sono state eseguite le seguenti analisi di laboratorio di geotecnica:

- **N. 3 ESPANSIONI LATERALI LIBERE** (ASTM D2166-00);
- **N. 3 LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG** (ASTM D 4318, ASTM D 4943);
- **N. 3 PROVE DI TAGLIO DIRETTO** (ASTM D 3080);
- **N. 3 PROVE EDOMETRICHE** (ASTM D 2435-03, D3877-02, D4186-98, D4546-03).

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA ELL (ASTM D2166-00)

Con la prova di compressione ad espansione laterale libera ELL è possibile ricavare il valore della **resistenza al taglio non drenata c_u** di un campione. Essa consiste nel comprimere ad una velocità costante (2.0 mm/min) un provino a forma di cilindretto nella direzione del suo asse maggiore, sino alla rottura del campione stesso, lasciandolo libero di espandersi lateralmente. La misura delle deformazioni assiali e delle tensioni applicate fornisce coppie di valori, che riportati su un grafico tensione/deformazione, presenti in **allegato n. 5** disegnano una curva avente nel punto più alto il valore della resistenza alla compressione di un provino ad espansione laterale libera q_u .

Dal semplice calcolo di: $q_u / 2 = c_u$ (kPa) si ricava appunto la resistenza al taglio non drenata c_u di un campione. I dati raccolti sono stati riassunti nella seguente **tabella**:

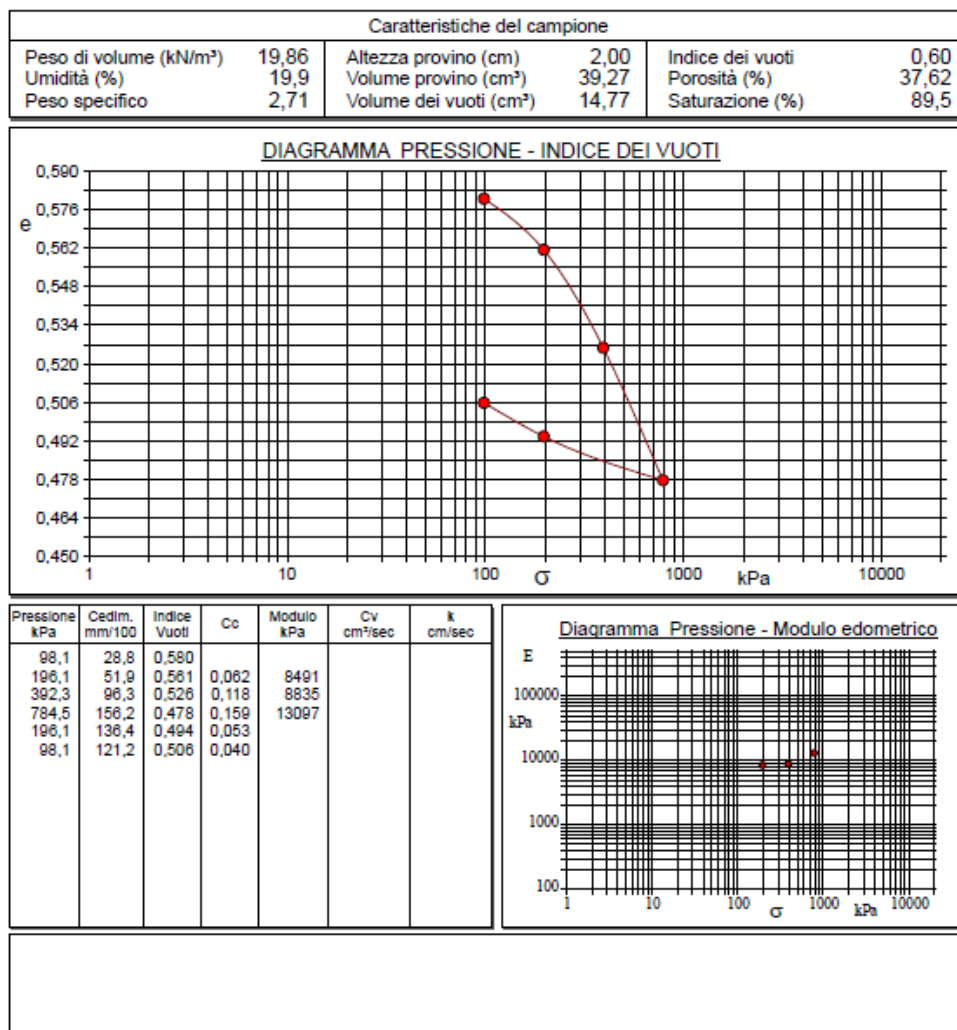
CAMPIONE C1	
QUOTA in m (DA QUOTA INIZIO INDAGINE S1)	-2.35 ÷ -2.80
Deformazione a rottura (%)	11.49
Peso di volume (kN/m ³)	19.2
Pressione a rottura q_u (kPa)	194.3
Coesione non drenata c_u (kPa)	97.15

CAMPIONE C2	
QUOTA in m (DA QUOTA INIZIO INDAGINE S1)	-9.25 ÷ -9.70
Deformazione a rottura (%)	6.37
Peso di volume (kN/m ³)	19.2
Pressione a rottura q_u (kPa)	131.0
Coesione non drenata c_u (kPa)	65.5

CAMPIONE C3	
QUOTA in m (DA QUOTA INIZIO INDAGINE S1)	-13.10 ÷ -13.60
Deformazione a rottura (%)	9.96
Peso di volume (kN/m ³)	18.5
Pressione a rottura q_u (kPa)	214.0
Coesione non drenata c_u (kPa)	107.0

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-03, D3877-02, D4186-98, D4546-03)

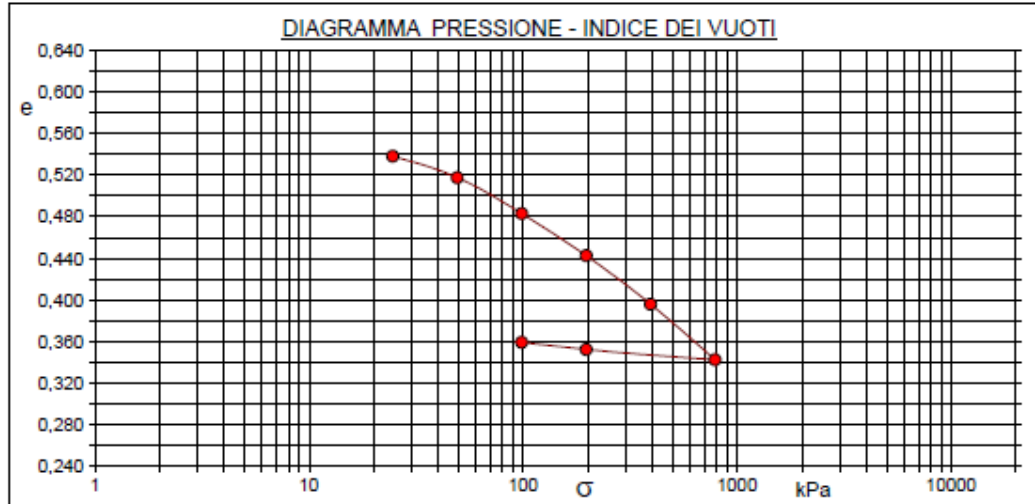
Le caratteristiche di compressibilità del campione sono state analizzate in cella edometrica mediante edometro a fulcro fisso con incrementi lineari di carico IL. La prova edometrica viene eseguita incrementando con progressione geometrica il carico assiale applicato sul provino, che ad ogni gradino viene mantenuto costante per un tempo sufficiente a completare il fenomeno di "consolidazione". Quando un nuovo carico è applicato al terreno si possono avere variazioni di volume per compressione delle particelle e, in misura maggiore, per l'espulsione del fluido che riempie i pori e la conseguente nuova posizione delle particelle, corrispondente ad un indice dei vuoti più piccolo. Nella prova edometrica standard si simula la consolidazione naturale del terreno sotto il peso degli strati sovrastanti, cioè una compressione assiale senza deformazioni laterali, e si misura la velocità e l'entità degli assestamenti derivanti dalle variazioni di volume del campione. Si eseguono un ciclo di carico ed uno di scarico. I risultati della prova edometrica con incrementi di carico lineari "IL" vengono riportati in un diagramma in scala semilogaritmica che correla la pressione di consolidazione σ' con l'indice dei vuoti e . Nelle figure che seguono vengono schematizzati i risultati ottenuti.

C1 – (2.35-2.80 m da p.c.)

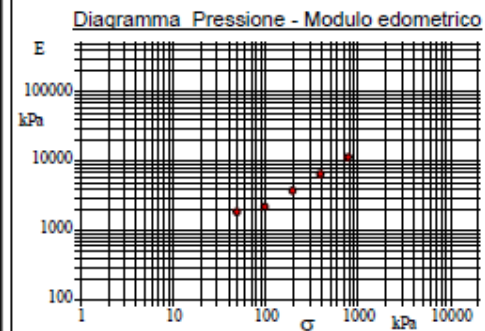
SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

C2 – (9.25-9.70 m da p.c.)

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m ³)	19,58	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,57
Umidità (%)	28,7	Volume provino (cm ³)	39,27	Porosità (%)	36,33
Peso specifico	2,44	Volume dei vuoti (cm ³)	14,27	Saturazione (%)	100,0



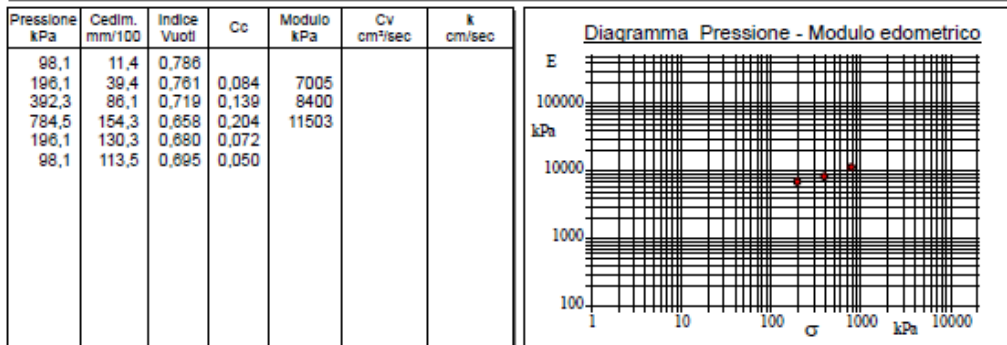
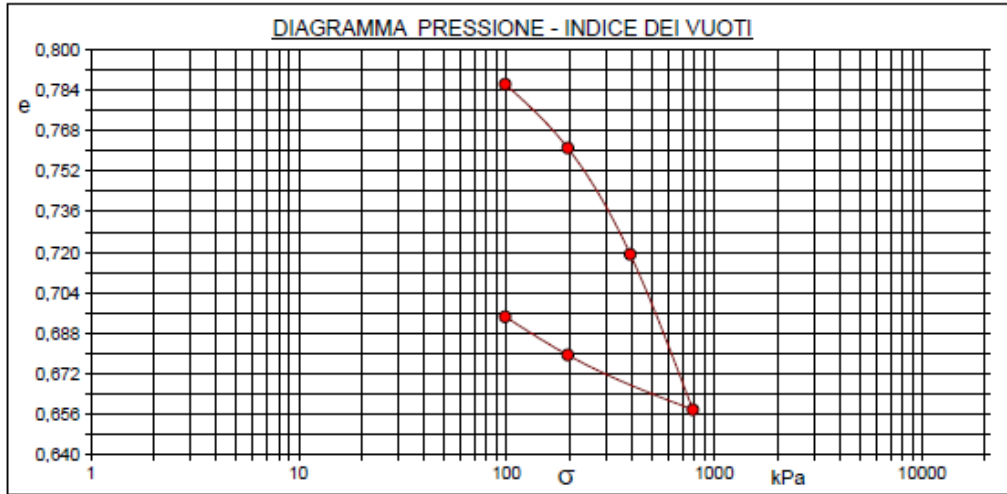
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
24,5	41,4	0,538				
49,0	67,5	0,518	0,068	1879		
98,1	111,4	0,483	0,115	2234		
196,1	162,9	0,443	0,134	3808		
392,3	222,3	0,396	0,155	6604		
784,5	290,2	0,343	0,177	11554		
1569,0	277,6	0,353	0,033			
3138,0	269,0	0,358	0,022			



SGEO - Laboratorio 62 - 2018

C3 – (13.10-13.60 m da p.c.)

Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m ³)	18,79	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,80
Umidità (%)	27,2	Volume provino (cm ³)	40,01	Porosità (%)	44,34
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm ³)	17,74	Saturazione (%)	92,4



SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG (ASTM D 4318, ASTM D 4943)

I limiti di Atterberg definiscono i contenuti di acqua dei campioni determinati in laboratorio, con procedure standardizzate che rappresentano adeguatamente i passaggi critici di comportamento del terreno al variare del contenuto d'acqua. Il campione passa dallo stato solido a semisolido a quello plastico e infine a quello liquido. A queste variazioni continue di stato possiamo abbinare una variazione della risposta deformazionale del terreno. Il contenuto d'acqua che separa il passaggio dal semisolido al plastico è detto limite plastico WP, quello dallo stato plastico al liquido è detto limite liquido WL e quello dalla fase solida a semisolido è detto limite di ritiro WR.

La differenza tra il limite liquido WL e il limite plastico WP è detto indice di plasticità IP e indica il campo di contenuto d'acqua nel quale il terreno è allo stato plastico.

Campione	Quota	WL (%)	Wp (%)	Ip (%)	Ic	Classificazione USCS
C1	2.35 – 2.80 m da p.c.	69.9	22.8	47.1	1.05	Argille inorganiche ad alta compressibilità
C2	9.25 – 9.70 m da p.c.	33.3	Non plastico	-	-	-
C3	13.10 – 13.60 m da p.c.	60.4	30.9	29.5	1.12	Argille inorganiche ad alta compressibilità

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080)

Al fine di calcolare angolo di attrito interno e coesione efficace del sottosuolo indagato, i campioni di terreno sono stati sottoposti ad una prova di resistenza al taglio in scatola di Casagrande.

In particolare per ogni campione è stata effettuata una prova consolidata-drenata (prova lenta CD): si tratta di una prova in cui una consolidazione sostanzialmente completa alla pressione di confinamento è seguita da uno sforzo assiale (di taglio) addizionale, applicato in modo tale che anche un suolo saturo a bassa permeabilità possa adattarsi completamente (interamente consolidato) alle sollecitazioni dovute agli sforzi addizionali, assiali e di taglio.

Dopo che ogni provino ha raggiunto il consolidamento costante sotto lo sforzo assiale prestabilito, viene trasferito sull'apparecchiatura per le prove di taglio. Il provino è posto all'interno di due telai orizzontali, che possono scorrere uno rispetto all'altro, e le sollecitazioni applicate sono costituite dal carico assiale N e dalla forza di taglio T.

Nel corso della prova vengono misurati gli spostamenti tra i due telai orizzontali; questi permettono di calcolare solo la deformazione media del provino che, essendo all'interno di un telaio rigido, presenta uno stato di deformazione non uniforme. Di solito i risultati delle prove vengono utilizzati per determinare i valori di coesione e angolo di resistenza al taglio in termini di tensioni efficaci, noti la resistenza al taglio disponibile e la tensione efficace normale al piano di scorrimento.

I risultati delle prove sono stati rappresentati in un diagramma avente in ordinate lo sforzo di taglio alla rottura ed in ascisse la tensione normale alla superficie di scorrimento. Una volta tracciata la retta che congiunge i tre punti all'interno del diagramma, si possono ricavare l'angolo d'attrito, che corrisponde alla

pendenza della stessa retta rispetto all'orizzontale, e la coesione, che corrisponde al valore dell'intersezione della suddetta retta con l'asse delle ordinate.

Campione	Quota	coesione efficace (kPa)	angolo di attrito efficace (°)
C1	2.35 – 2.80 m da p.c.	11.0	27.8
C2	9.25 – 9.70 m da p.c.	6.1	30.8
C3	13.10 – 13.60 m da p.c.	8.2	25.6

3.1.4 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

Nell'**Allegato n. 2** sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti la prova eseguita, corredata dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica.

La prova è stata eseguita con un penetrometro Pagani dotato di punta Begemann. Le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato sono le seguenti:

Spinta	S	100 kN
Punta conica meccanica		
Diametro	Φ	35.7 mm
Area punta	A	10 cm ²
Angolo di apertura	α	60°
Manicotto laterale di attrito		
Diametro	Φ	35.7 mm
Altezza	h	133 mm
Area	A	150 cm ²
Velocità di avanzamento costante	V	2 cm/sec
Intervallo di misura		20 cm

La prova è stata elaborata mediante un software che restituisce l'interpretazione litologica dei terreni indagati effettuata sulla base del rapporto q_c/f_s (Begemann, 1965; A.G.I. 1977) e la stima dei parametri geotecnici in condizioni non drenate tramite correlazioni.

Correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici

Coesione non drenata (terreni coesivi) C_u

RACCOMANDAZIONI AGI 1977 – RICCI ET AL. 1974 – MARSLAND ET AL. 1974/1979

Modulo di deformazione non drenato E_u

DUNCAN-BUCHIGANI 1976

Modulo edometrico M_o

SANGLERAT 1972 – MITCHELL/GARDNER 1975 – RICCI ET AL. 1974 – HOLDEN 1973)

Peso unità di volume γ_{sat} (saturo sotto falda) – γ (umido sopra falda)

IN BASE ALLA NATURA LITOLOGICA TERZAGHI-PECK 1967 – BOWELS 1982

Velocità delle onde di taglio V_s

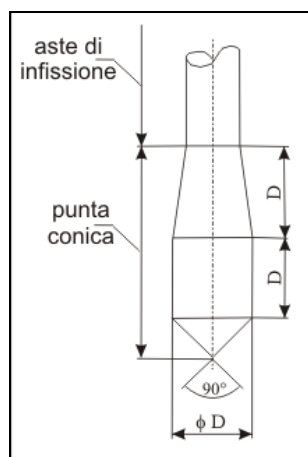
YOSHIDAMOTONORI 1988

3.1.5 Prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH

Lo strumento impiegato nel caso in studio è un penetrometro PAGANI TG63-100 che risponde alle norme ISSMFE-DPSH (1988).

Le principali caratteristiche tecniche di tale strumento sono riassunte nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE:	PENETROMETRO DINAMICO SUPER-PESANTE DPSH
Massa del maglio (kg):	63.5 ± 0.5
Altezza di caduta (cm):	75 ± 0.2
Diametro della punta (cm):	50.5 ± 0.05
Area della punta nominale (cm²):	20
Apertura del cono:	90°
Diametro delle aste (cm) D:	3.2 ± 0.03
Peso del sistema di infissione, escluso il maglio (kg):	30
Penetrazione standard (cm):	20 (N ₁₀)



Schema della punta conica

Ulteriori specifiche tecniche dell'attrezzatura di prova sono illustrate in allegato 3.

Per le prove dinamiche eseguite è stato realizzato un modello grafico in cui sono riportati: il numero dei colpi, la profondità in metri (misure ricavate ogni cm. 20 di avanzamento del sondaggio) e la resistenza dinamica alla punta R_{pd} in Kg/cm² calcolata attraverso la "Formula olandese":

$$R_{pd} = M^2 * H / [A * e (M+P)] = M^2 * H * N / [A * \delta (M+P)]$$

Dove:

R_{pd} = Resistenza dinamica punta (Kg/cm²);

A = area della punta (cm);

M = massa battente (kg);

H = altezza di caduta;

P = massa totale aste e sistema di battuta;

e = infissione per colpo = δ / N .

Nell'**Allegato n. 3** compaiono i grafici e le relative tabelle riportanti i dati rilevati in sito e la loro interpretazione geotecnica, desunta da correlazioni tra **Ndpsh** e **Nspt** (standard penetration test).

3.2 Indagini Geofisiche

Per la caratterizzazione sismica dell'area di studio, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- *n. 2 indagini sismiche passive HVSr;*
- *n. 1 indagine sismica attiva MASW;*
- *n. 1 indagine geoelettrica tomografica ERT.*

I risultati delle indagini sismiche sopra citate sono riportati integralmente nell'allegato n. 6 e n.8.

3.2.1 Indagine sismica passiva a stazione singola (analisi HVSr)

Le misure sismiche passive a stazione singola sono state eseguite mediante un tromografo digitale dotato di tre canali velocimetrici, modello Tromino® prodotto da Moho srl (Marghera (VE), Italia). Per l'acquisizione è stata adottata una frequenza di campionamento di 128 Hz per una durata totale di 20 minuti (Fig.3.1).

Lo scopo dell'indagine è la misura della frequenza di risonanza del terreno, la quale è legata alla velocità delle onde di taglio Vs nel terreno dalla formula:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

dove h è lo spessore dello strato.

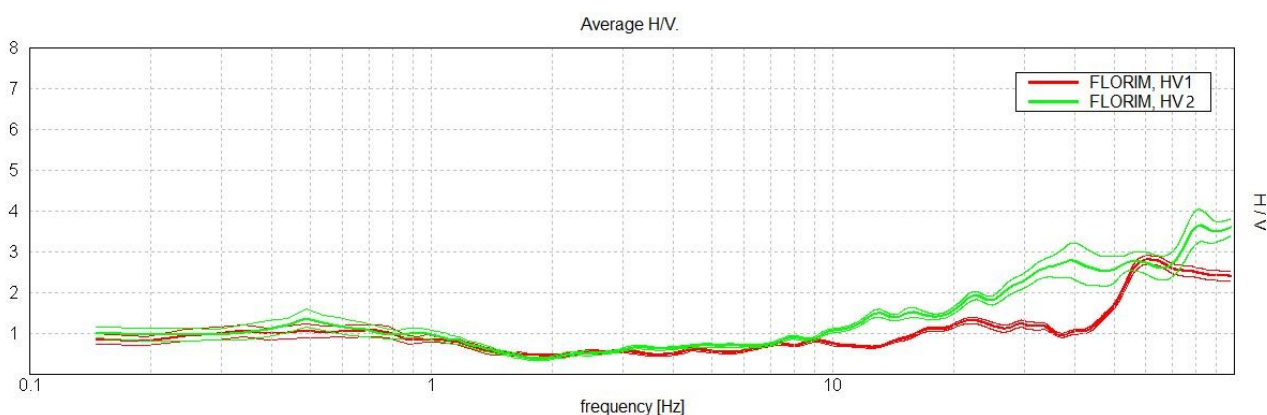


Fig.3.4 - Curva HVSr che identifica un picco a 21.97 e 29.93 Hz.

3.2.2 Indagine sismica attiva con metodo MASW

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Questa tecnica, nota con la sigla **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità

sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di “picking” del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la “**curva di dispersione**”, dalla cui inversione è stato calcolato il **modello sismo-stratigrafico** espresso in termini di velocità delle onde di taglio (V_s). I dati sono stati registrati mediante un sismografo *Geode Geometrics* 24 bit con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.25 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Si effettuano battute poste ad offset diversi (10 m e 15 m di distanza dal primo geofono) mediante grave da 8,0 kg di massa. Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale (Fig.3.2).

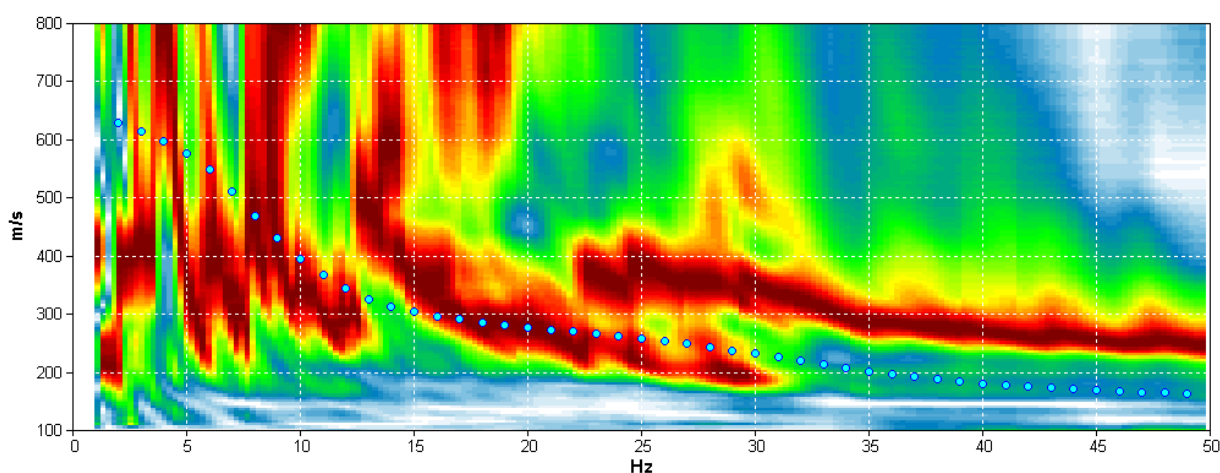


Fig.3.5 - Curva di dispersione MASW.

3.2.3 Indagine geo-elettrica tomografica ERT

Ad integrazione dei risultati ottenuti a seguito dell'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo, sono state realizzate n. 2 tomografie elettriche ERT (Electrical Resistivity Tomography) (Fig. 3.6).

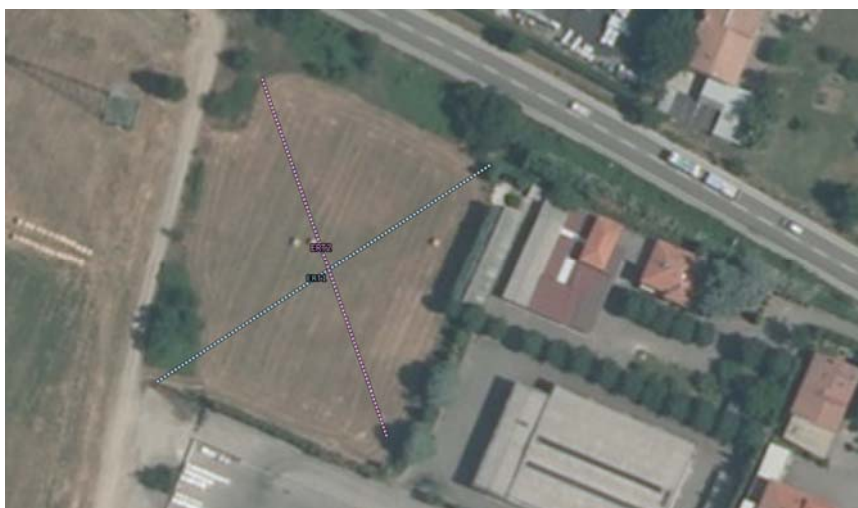


Fig.3.6 – Ubicazione ERT.

La prospezione geoelettrica è un'indagine indiretta finalizzata alla definizione della resistività elettrica nel sottosuolo. È una tecnica attiva che consiste nell'immissione di corrente continua nel terreno per mezzo di due elettrodi in acciaio, detti "elettrodi di corrente" (C1-C2), e nella conseguente misurazione della differenza di potenziale (d.d.p.), mediante altri due elettrodi detti "elettrodi di tensione" (P1-P2). In superficie si determina la resistività apparente ρ_a che è calcolata dalle misure di intensità di corrente immessa nel terreno e dalla differenza di potenziale ΔV misurata attraverso gli elettrodi di potenziale. La relazione generale, Legge di Ohm, è: $\rho_a = k \Delta V / I$ dove k è il cosiddetto fattore geometrico dipendente dalla configurazione elettrodica utilizzata, cioè dalle distanze e posizioni reciproche dei 4 elettrodi (quadripolo). Al variare del dispositivo elettrodico utilizzato, si ottiene una diversa risoluzione delle discontinuità presenti nel sottosuolo, come pure varia la profondità di investigazione a parità di lunghezza del profilo. La geoelettrica effettuata con misure multiple lungo uno stesso profilo è denominata tomografia geoelettrica (ERT) o geoelectrical profiling.

La campagna geognostica è stata espletata mediante uno strumento prodotto dalla IRIS Instruments (Francia) modello SYSCAL Pro Switch a 96 elettrodi.

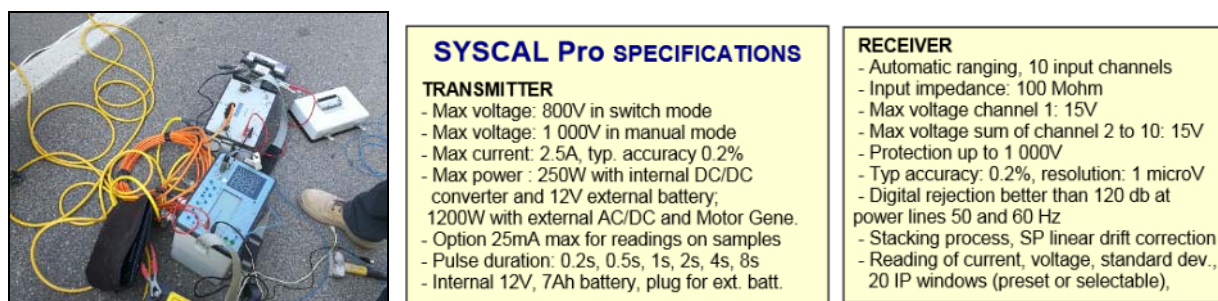


Fig.3.7 – Specifiche tecniche della strumentazione impiegata.

La campagna geognostica è stata espletata mediante l'esecuzione di un profilo elettrico superficiale con dispositivo multi-array. Si tratta di una metodologia che rappresenta l'evoluzione delle misure geoelettriche classiche, intesa ed applicata in modo tale da ottenere risoluzioni spaziali elevate.

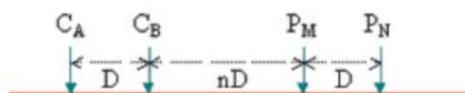
L'ubicazione delle indagini ERT è illustrata nel dettaglio in tavola n.4 allegata al presente documento all. n. 8.

SINTESI SCHEMATICA DELLE CONFIGURAZIONI ELETTRODICHE		
NOME	n. Elettrodi	Off-set (m)
ERT1	46	2.00
ERT2	44	2.00

Tab.3.2 – Specifiche tecniche.

La corrente viene applicata ad una coppia di elettrodi e il potenziale misurato su tutte le altre coppie disponibili utilizzando una geometria del quadripolo che dipende dalla configurazione prescelta. Per il profilo elettrico è stata effettuata un'acquisizione con la configurazione elettrodica di tipo dipolo-dipolo

CONFIGURAZIONE DIPOLO-DIPOLO



CA, CB (elettrodi di corrente); PM, PN (elettrodi di potenziali), D equispaziatura, n fattore incrementale della spaziatura in relazione al livello di profondità

Nel caso di un suolo omogeneo ed isotropo i valori di resistività ricavati corrispondono alla resistività vera del terreno. Nella realtà, però, questo non avviene a causa dell'eterogeneità della natura del terreno e il valore di resistività misurato è detto "apparente". Esso dipende da diversi fattori quali, ad esempio, la forma e la posizione dei mezzi rispetto al quadrupolo degli elettrodi di misura. E' necessario, quindi, ricondurre la resistività apparente a valori "reali" del terreno attraverso la risoluzione del cosiddetto "problema inverso". Il problema inverso consiste nel ricostruire la distribuzione sconosciuta della resistività elettrica reale nel sottosuolo che ha dato origine ai dati di resistività apparente osservati in fase di acquisizione dei dati. Successivamente, quindi, ad una prima fase di verifica della coerenza dei dati acquisiti in cui è possibile evidenziare ed eliminare anomalie locali determinate da valori troppo alti o troppo bassi rispetto ai valori limitrofi, mediante un apposito algoritmo di inversione si ricostruisce la distribuzione della resistività reale del sottosuolo. Il software utilizzato per l'inversione dei dati di resistività apparente è Res2d sviluppato da Geotomo Software.

La resistività elettrica ($\Omega \cdot m$), definita anche come resistenza elettrica specifica, rappresenta l'attitudine di un materiale a opporre resistenza al passaggio di una corrente elettrica. La resistività dei terreni è funzione della porosità, permeabilità, contenuto ionico dei fluidi di ritenzione e mineralizzazione argillosa. Sulla base dei valori ottenuti, sono state sviluppate sezioni e volumi rappresentativi dei valori di resistività elettrica ottenuti presso l'area oggetto di indagine. Successivamente si illustrano abachi di riferimento relativi a valori di Resistività ($\Omega \cdot m$) di alcune categorie di terreni.

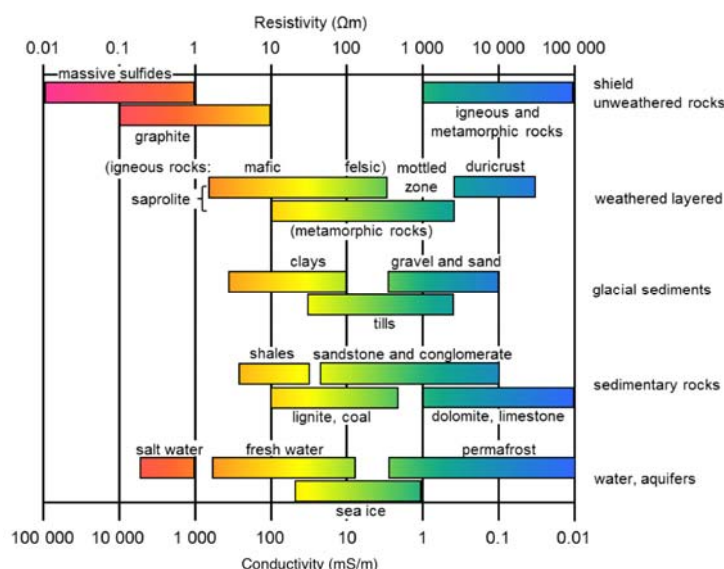
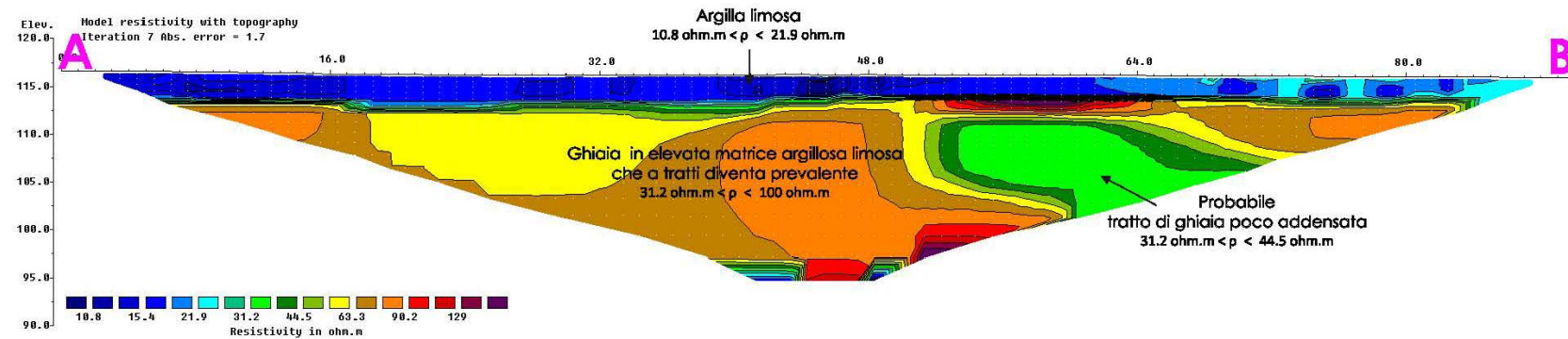


Fig.3.8 – Abaco dei valori di resistività naturale tipici dei suoli e delle rocce

ERT1



CONFIGURAZIONE ARRAY
n. 1 array 46 elettrodi continui - Offset 2.00 m
Acquisizione: Dipolo - Dipolo
Data rilievi: 14/05/2020



Fig.3.9 – Interpretazione della tomografia elettrica ERT1.



Fig.3.10 – Interpretazione della tomografia elettrica ERT2.

4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

4.1 Pericolosità sismica di base

Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale proposta a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche, il **Comune di Fiorano Modenese (MO)** risulta appartenente alla **classe di sismicità 2**.

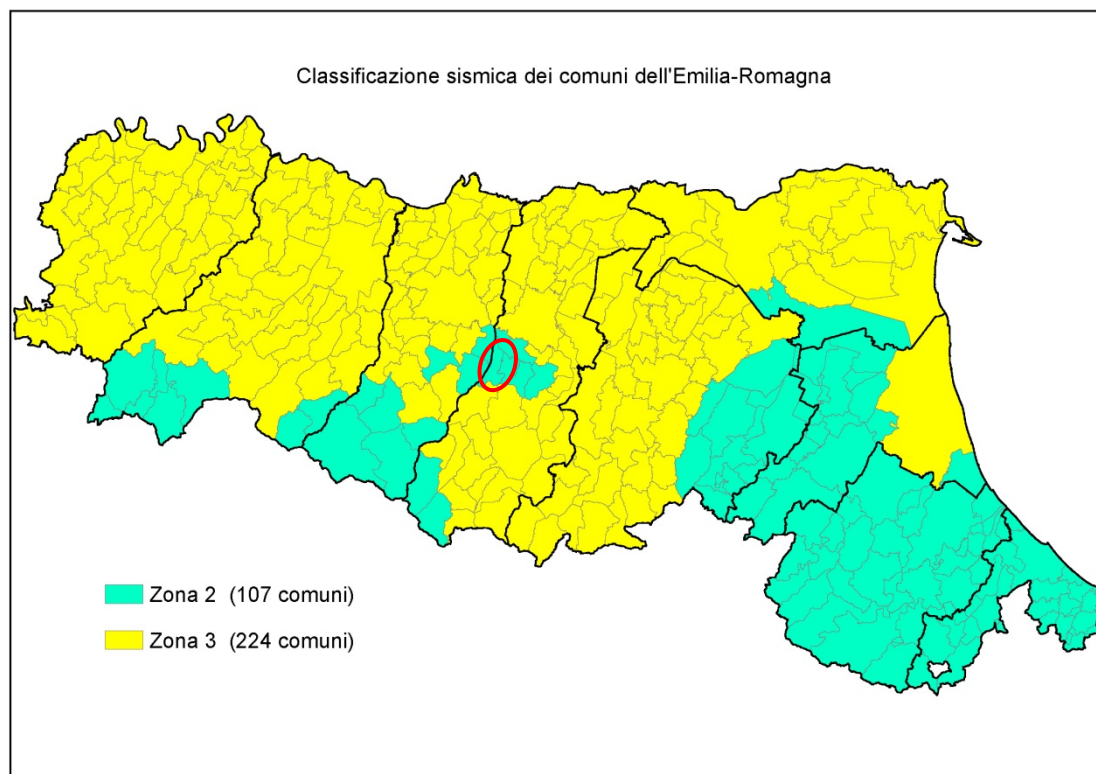


Fig.4.1 - Classificazione sismica e dei comuni della regione Emilia-Romagna a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche (aggiornamento luglio 2018) e ubicazione del territorio comunale di Fiorano Modenese (MO).

La suddivisione del territorio nazionale in zone a diversa classe di sismicità, caratterizzate da un valore di accelerazione di picco ed un corrispondente spettro di risposta elastico da utilizzare nella progettazione, risulta in realtà superata dall'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008. Sulla base dei contenuti delle NNTC 2008 e delle successive NTC 2018, per ogni costruzione deve essere definita un'accelerazione di riferimento propria, in funzione delle coordinate geografiche dell'area e della vita nominale dell'opera.

Per ciascuna area in oggetto, in relazione a un periodo di riferimento T_R stimato di 475 anni, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione a_g rappresenta uno dei parametri principali che definisce la **pericolosità sismica di base**, insieme ai parametri F_0 e T_c^* dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sotto.

Stati limite



Classe Edificio

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



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.052	2.485	0.253
Danno (SLD)	50	0.065	2.494	0.266
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.163	2.383	0.291
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.205	2.393	0.305
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

us (m)

1

0.1



Cat. Sottosuolo

B



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,45	1,43	1,41	1,39
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.047	0.069
kv	0.006	0.008	0.024	0.035
Amax [m/s²]	0.615	0.764	1.921	2.418
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Tab.4.1 - Tabella riassuntiva dei parametri sismici del sito in esame secondo NTC18.

4.2 Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC2018)

Per determinare il parametro V_{30} e definire quindi la categoria di sottosuolo dell'area indagata (§ 3.2.2 NTC 2018) sono state eseguite in sito le indagini sismiche sopra descritte nei paragrafi precedenti. Il valore di V_{30} si calcola attraverso la formula 3.2.1 delle NTC 2018:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_i \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Dall'elaborazione delle indagini sismiche MASW e HVSr si sono ottenuti i valori di $V_{s,30}$ e di frequenza naturale del terreno f_0 riportati nelle seguenti tabelle:

V_{s30}	376 m/s
-----------	----------------

HVSr 1	21.97 ± 0.5 HZ	NON RISPETTA I CRITERI SESAME
HVSr2	29.93 ± 0.05 HZ	RISPETTA I CRITERI SESAME

Pertanto, secondo la classificazione del sottosuolo imposta dal NTC 2018, si definisce il sottosuolo indagato come appartenente alla **categoria B**, corrispondente a:

ROCCE TENERE E DEPOSITI A GRANA GROSSA MOLTO ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINE MOLTO CONSISTENTI CON SPESSORI SUPERIORI A 30M, CARATTERIZZATI DA UN GRADUALE MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ DA VALORI DI V_s 30 COMPRESI TRA 360 m/s E 800 m/s

4.3 Azione sismica e risposta sismica del sito – Approccio semplificato

Dato che l'area su cui ricade il sito in studio risulta stabile, per la definizione dell'azione sismica, si può fare riferimento ad un approccio semplificato previsto dalle NTC, che **si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito**, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica. Sulla base delle NTC 2018, e tenendo conto dei dati ottenuti **dalle indagini geofisiche eseguite in sito**, si **classifica** il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla **categoria B**.

Si ricava quindi il **fattore stratigrafico S_s** , mediante la seguente relazione, valida suoli in classe B:

$$1.00 \leq S_s = 1.40 - (0.40 \cdot F_o \cdot a_g/g) \leq 1.20 \quad (4.1.1)$$

dove:

- F_o = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore è pari a **2.383**;
- a_g/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a **475 anni**/accelerazione di gravità;
- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione sopra riportata è pari a **1.20**.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si considera un valore di un fattore topografico S_T sulla base della seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.4

Per le aree studiate si considera una categoria topografica **T1**, a cui corrisponde un fattore topografico S_T pari a **1.0**.

Infine si calcola per ciascuna area l'accelerazione massima orizzontale A_{max} con la seguente formula:

$$A_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1.20 \cdot 1.0 \cdot 0.163g = 0.196g$$

5 MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO

5.1 Caratteristiche litostratigrafiche del terreno

L'interpretazione congiunta dei risultati ottenuti dalla campagna di indagini geofisiche e geotecniche eseguite in sito ha permesso di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo nell'area in cui verrà realizzato il nuovo PLANT 3. Le indagini geotecniche (prove penetrometriche e sondaggio a carotaggio), da cui si sono ricavati i parametri meccanici del terreno nei primi 30 m di profondità, hanno individuato la presenza di depositi coesivi limosi e argillosi da mediamente consistenti a consistenti, alternati a depositi incoerenti di ghiaia in matrice limosa, fino a una profondità compresa circa nell'intervallo -3.60÷-4.80 m da p.c. La stessa alternanza di litotipi si ripete fino a -13.70 m da p.c., ma con diversi valori di coesione e di densità relativa maggiori rispetto all'unità sovrastante. Oltre questa profondità si individuano depositi di ghiaia addensata in elevata matrice limosa, che a tratti diventa prevalente.

Unità 1: *Depositi prevalentemente coesivi argillosi e limosi a elevata consistenza, aventi valori di coesione non drenata C_u 60÷120 kN/m² e valori di V_s 160÷200 m/s. Spessore indicativo 3÷4 m;*

Unità 2: *Depositi incoerenti di ghiaia molto addensata in matrice limosa, aventi valori di densità relativa D_r 50÷60% e V_s 200÷290 m/s. Spessore indicativo 4÷6 m;*

Unità 3: *Depositi coesivi limoso a media consistenza, aventi valori di coesione non drenata C_u 60 kN/m² e valori di V_s pari a 290 m/s. Spessore indicativo 1÷1.5 m;*

Unità 4: *Depositi incoerenti di ghiaia addensata in matrice limosa, aventi valori di densità relativa D_r pari a 48 % e V_s 290÷330 m/s. Spessore indicativo 3 m.*

Unità 5: *Depositi coesivi argillosi a media consistenza, aventi valori di coesione non drenata C_u 60 kN/m² e valori di V_s pari a 330 m/s. Spessore indicativo 1÷1.5 m;*

Unità 6: *Depositi incoerenti di ghiaia molto addensata in matrice limosa, aventi valori di densità relativa D_r pari a 60 % e V_s 330÷540 m/s. Spessore indicativo 15 m.*

Durante l'esecuzione delle indagini geotecniche è stata eseguita la misura della soggiacenza della falda freatica all'interno dei fori di sondaggio. Nel foro di sondaggio delle prove penetrometriche DPSH1 e 2 è stata rinvenuta la presenza di acqua alla quota -8.00 m da p.c.; nella DPSH4 a -9.00 m da p.c., diversamente nella prova DPSH3 non è stata individuata in quanto andata a rifiuto strumentale a -6.00 m da p.c. Durante l'esecuzione del sondaggio SCC in data 07.05.2020 la falda è stata misurata a - 7.70 m da p.c..

Dalla modellazione e dall'interpretazione delle curve HVSr ottenute, si è individuata una frequenza di risonanza del terreno tra 1.4÷2.0 Hz (§ 4.2.2 della presente relazione), plausibilmente rappresentativa del passaggio dell'unità 1 (argilla limosa) all'unità 2 (ghiaia in matrice limosa).

L'elaborazione delle tomografie elettriche eseguite, confermano l'eterogeneità del terreno, identificando un primo livello superficiale, riconducibile all'unità 1 argilla limosa, caratterizzato da valori di resistività reale compresi tra $10.0 < \rho < 16.0 \Omega\text{m}$. Al di sotto di questo, si evidenziano valori di resistività maggiori e molto variabili compresi tra $31.2 < \rho < 100 \Omega\text{m}$ riconducibili ai livelli ghiaiosi. L'elevato intervallo di resistività di quest'ultimo, è dovuto all'eterogeneità del terreno ghiaioso in matrice limosa, che in alcuni tratti diventa prevalente.

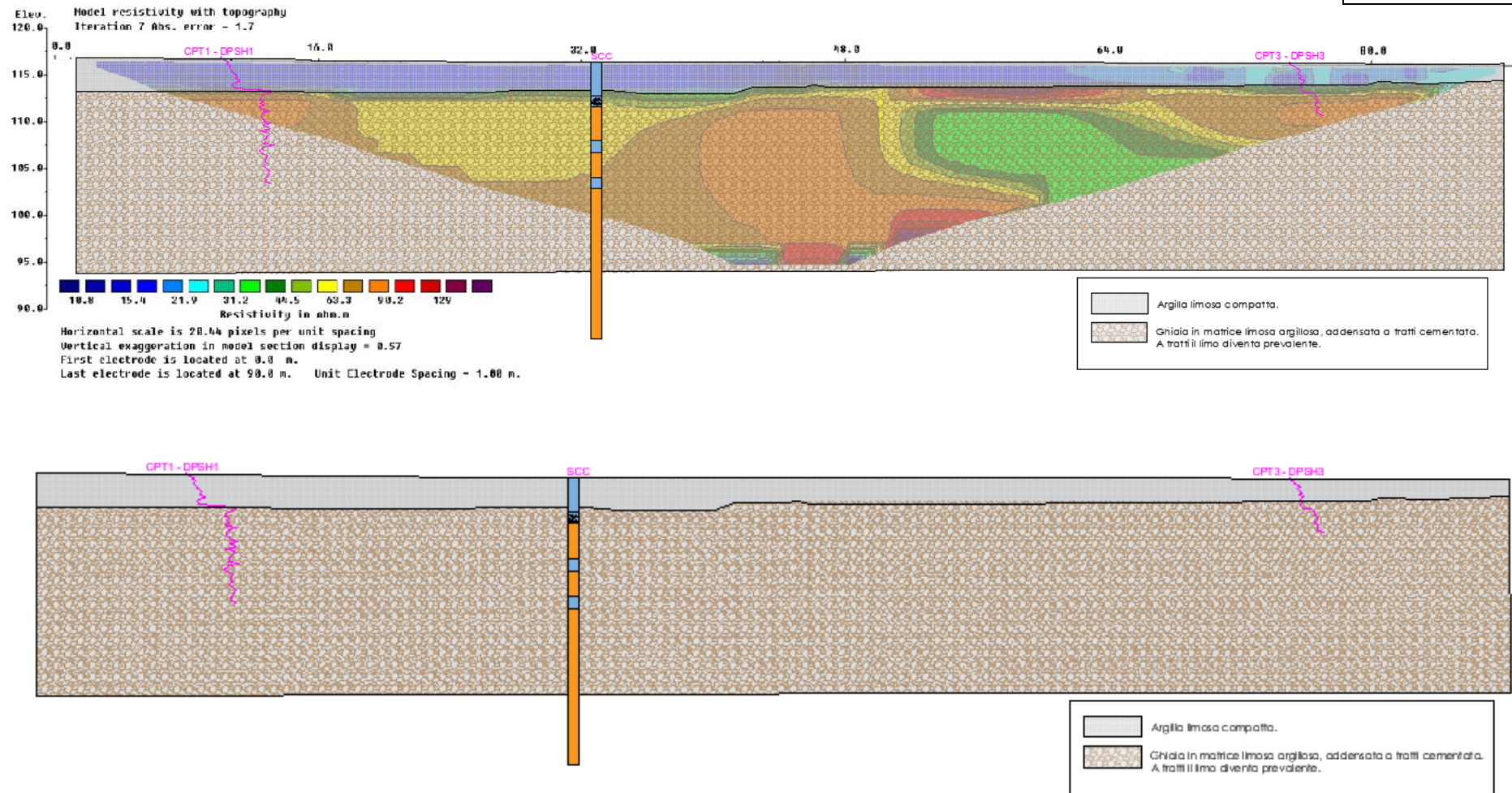


Fig.5.1 – Sezioni stratigrafiche profilo ERT1

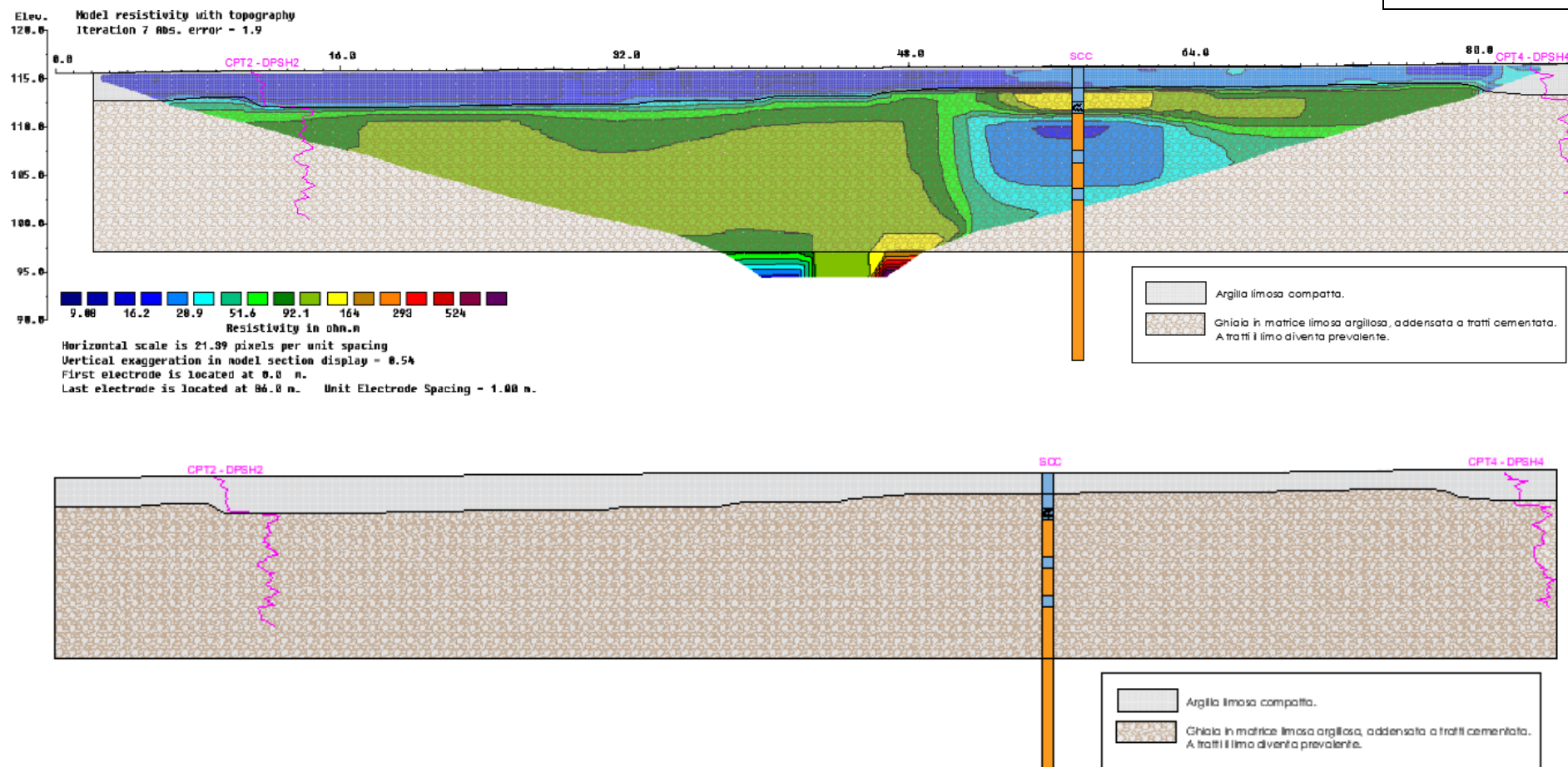


Fig.5.2 – Sezioni stratigrafiche profilo ERT2

5.2 Modello geotecnico del sottosuolo

Il modello geotecnico è basato sulle prove eseguite nell'area in oggetto di studio. Il modello è finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari l'intervento in oggetto. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geotecniche eseguite in sito e in relazione all'intervento in progetto, si può riassumere il seguente modello geotecnico schematico del terreno investigato:

Parametri di resistenza e deformabilità:

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
1	0.0 – 3.60 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a elevata consistenza - Unità 1	γ	1850 kg/m ³ $\approx$ 18.50 kN/m ³
				γ'	2150 kg/m ³ $\approx$ 21.50 kN/m ³
				C_{uk}	1.00 kg/cm ² $\approx$ 100.0 kN/m ²
				C'_k	0.10 kg/cm ² $\approx$ 10.00 kN/m ²
				M_0	80.0 kg/cm ² $\approx$ 8000 kN/m ²
				E_s	140.0 kg/cm ² $\approx$ 14000 kN/m ²
				ϕ_k	25°
				v	0.35
2	3.60 – 8.50 m da p.c.	-7.70 m da p.c.	Ghiaia in matrice limosa molto addensata - Unità 2	γ	1870 kg/m ³ $\approx$ 18.70 kN/m ³
				γ'	2116 kg/m ³ $\approx$ 21.16 kN/m ³
				Dr	66 %
				E_s	577.0 kg/cm ² $\approx$ 57700 kN/m ²
				ϕ_k	35°
				v	0.25
				G_0	1413.98 kg/cm ² $\approx$ 141398 kN/m ²
3	8.50 – 9.80 m da p.c.		Limo argilloso a media consistenza - Unità 3	γ	1800 kg/m ³ $\approx$ 18.00 kN/m ³
				γ'	2100 kg/m ³ $\approx$ 21.00 kN/m ³
				C_{uk}	0.60 kg/cm ² $\approx$ 60.0 kN/m ²
				C'_k	0.06 kg/cm ² $\approx$ 6.00 kN/m ²
				M_0	50.0 kg/cm ² $\approx$ 5000 kN/m ²
				E_s	84.0 kg/cm ² $\approx$ 8400 kN/m ²
				ϕ_k	23°
				v	0.40
4	9.80 – 12.50 m da p.c.		Ghiaia in matrice limosa addensata - Unità 4	γ	1730 kg/m ³ $\approx$ 17.30 kN/m ³
				γ'	2080 kg/m ³ $\approx$ 20.80 kN/m ³
				Dr	48%
				E_s	435.0 kg/cm ² $\approx$ 43500 kN/m ²
				ϕ_k	30°
				v	0.29
				G_0	1078.06 kg/cm ² $\approx$ 107806 kN/m ²
5	12.50 – 13.70 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a media consistenza - Unità 5	γ	1800 kg/m ³ $\approx$ 18.00 kN/m ³
				γ'	2100 kg/m ³ $\approx$ 21.00 kN/m ³
				C_{uk}	0.60 kg/cm ² $\approx$ 60.0 kN/m ²
				C'_k	0.06 kg/cm ² $\approx$ 6.00 kN/m ²
				M_0	50.0 kg/cm ² $\approx$ 5000 kN/m ²
				E_s	84.0 kg/cm ² $\approx$ 8400 kN/m ²

				ϕ_k	23°
				v	0.40
6	13.70 – 30.00 m da p.c		Ghiaia in matrice limosa molto addensata - Unità 6	γ	1951 kg/m³ ≈ 19.51 kN/m³
				γ'	2210 kg/m³ ≈ 22.10 kN/m³
				Dr	60%
				Es	900.0 kg/cm² ≈ 90000 kN/m²
				ϕ_k	40°
				v	0.15
				G0	2084.06 kg/cm² ≈ 208406 kN/m²
<u>Legenda</u>			γ	=	peso specifico terreno naturale
			γ'	=	peso specifico terreno saturo
			Cuk	=	coesione non drenata caratteristica
			C'k	=	coesione efficace caratteristica
			Dr	=	densità relativa
			M0	=	modulo di deformazione edometrico
			Es	=	modulo elastico
			ϕ_k	=	angolo d'attrito caratteristico
			G0	=	Modulo di deformazione a taglio dinamico

5.3 Tipologia di fondazioni e calcolo della capacità portante

Per il calcolo della capacità portante del terreno si sono utilizzati i parametri geotecnici emersi dall'elaborazione delle prove geotecniche eseguite nel sito in studio. Al fine di calcolare la capacità portante del terreno, si sono considerate delle **fondazioni su plinti in c.a.**, approfondite alla quota $D=-2.00$ m da p.c..

larghezza della fondazione	B	=	5.00 m
lunghezza della fondazione	B'	=	6.00 m
profondità della quota di imposta	D	=	-2.00 m da p.c.

Parametri di resistenza e deformabilità:

1	0.0 – 3.60 m da p.c.	Argilla o argilla limosa a elevata consistenza	γ	$1850 \text{ kg/m}^3 \approx 18.50 \text{ kN/m}^3$
			γ'	$2150 \text{ kg/m}^3 \approx 21.50 \text{ kN/m}^3$
			C_{uk}	$1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100.0 \text{ kN/m}^2$
			C'_k	$0.10 \text{ kg/cm}^2 \approx 10.00 \text{ kN/m}^2$
			M_0	$80.0 \text{ kg/cm}^2 \approx 8000 \text{ kN/m}^2$
			E_s	$140.0 \text{ kg/cm}^2 \approx 14000 \text{ kN/m}^2$
			ϕ_k	25°
			ν	0.35

5.3.1 Verifica nei confronti degli SLU (6.4 NTC 2018)

In relazione a quanto esposto nella normativa tecnica nazionale NTC 2018, si procede alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (**SLU**) di resistenza del terreno (**GEO**) relativamente alle opere di fondazione in oggetto, di **tipo superficiale**, fornendo il valore di resistenza offerta dal sistema geotecnico ($R_{d \text{ GEO}}$). Il valore di progetto della resistenza **Rd** può essere determinato:

- in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella Tab. 6.2.II (NTC 2018) e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

Le verifiche sono effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Fattori correttivi sismici: Paolucci e Pecker (1997)

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma nei riguardi della determinazione del q_{lim} vengono introdotti, all'interno della formula di Terzaghi, i fattori correttivi z :

$$z_0 = 1 - 0.32 \cdot K_h \quad z_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \phi}\right)^{0.95} \quad z_y = z_q$$

Dove il K_h è il coefficiente sismico orizzontale. Le verifiche sono state effettuate considerando quindi i seguenti parametri sismici:

- a_{MAX} (ag/g): **0.196g** (calcolata con approccio semplificato NTC18, relativa a SLV ; $T_r = 475$ anni);
- coefficiente intensità sismica del terreno K_h : 0.047

La determinazione della resistenza R_d GEO è stata svolta nella condizione sia a breve che a lungo termine per l'intervento in progetto.

La resistenza R_d calcolata in condizioni **“non drenate”** dove **$C_u \neq 0$ e $\phi = 0$** , applicando il coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata secondo la seguente relazione **$C_{ud} = C_{uk} / 1.0$** , per cui si avrà **$C_{ud} = C_{uk}$** , dove **C_{ud} = coesione non drenata di progetto** e **C_{uk} = coesione non drenata caratteristica**, sarà pari a:

CONDIZIONE STATICA – CONDIZIONI NON DRENATE – A1+M1+R3		
Profondità di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3
D=-2.00 m da p.c.	B= 5.00 m X L= 6.00 m	2.64 kg/cm ² $\approx$ 264 kN/m ²

La resistenza R_d calcolata in condizioni **“drenate”** seguendo l'**Approccio 2**, combinazione **(A1 + M1 + R3)**, applicando il coefficiente di riduzione parziale per la tangente dell'angolo di attrito secondo la relazione: **$\phi'd = \tan \phi'k / 1.0$** , dove **$\phi'd$ è l'angolo d'attrito di progetto**, ne deriva, essendo **$\phi'k = \phi'd$** . Quindi secondo la formula di Terzaghi si ottiene, per l'intervento in progetto uno stato limite ultimo pari a:

CONDIZIONE STATICA – CONDIZIONI DRENATE – A1+M1+R3		
Profondità di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3
D=-2.00 m da p.c.	B= 5.00 m X L= 6.00 m	5.19 kg/cm ² $\approx$ 519 kN/m ²

CONDIZIONE PSEUDO-STATICA – CONDIZIONI DRENATE – A1+M1+R3		
Profondità di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3
D=-2.00 m da p.c.	B= 5.00 m X L= 6.00 m	5.04 kg/cm ² $\approx$ 504 kN/m ²

5.3.2 Verifica dei cedimenti

È stato eseguito il calcolo del cedimento edometrico del terreno di fondazione mediante il metodo di consolidazione monodimensionale di Terzaghi.

È stato **considerato** un carico applicato al terreno di fondazione pari a **$P = 266 \text{ kN/m}^2 \approx 2.66 \text{ kg/cm}^2$** ; per una quota di imposta delle fondazioni pari a **D = -2.00 m da p.c.**, e si è ottenuto un valore di cedimento del terreno pari a:

Profondità di imposta	B x L	Carico considerato	Cedimento per consolidazione
D=-2.00 m da p.c.	B= 5.00 m X L= 6.00 m	266 kN/m ²	3.59 cm

5.3.3 Modulo di sottofondo

Il modello di Winkler considera il terreno come formato da una distribuzione di vincoli semplici bilaterali elastici. La relazione che ne regola il comportamento è di tipo lineare tra il cedimento (w) e la pressione di contatto (p): $p = kw$.

Il parametro k è detto costante di sottofondo. Come è noto, k non dipende solo dal terreno ma anche dai carichi applicati, dalle proprietà del terreno, dalla forma e le dimensioni della fondazione.

Utilizzando la Formula di Bowles (1974):

$$k \text{ (kN/mc)} = 40 \cdot Q_{lim} \cdot F_c,$$

dove $F_c = 2.54/\text{cedimento della fondazione (cm)}$; è stato considerato un cedimento di riferimento pari a $S = 3.59 \text{ cm}$ ed un carico applicato al terreno di fondazione pari a $P = 2.66 \text{ kg/cm}^2 \approx 266 \text{ kN/m}^2$, il modulo di sottofondo o costante di Winkler è risultato pari a $K = 2.26 \text{ kg/cm}^3 \approx 22584 \text{ kN/m}^3$.

5.4 Stabilità nei confronti della liquefazione (§7.11.3.4.2 NTC 2018)

Poiché dalle indagini eseguite in sito e dalla ricostruzione del modello geologico del sottosuolo, non sono stati individuati livelli incoerenti sabbiosi potenzialmente liquefacibili, non si è ritenuto necessario procedere alla verifica alla liquefazione (§7.11.3.4.2 NTC 2018).

6 CONCLUSIONI

Il presente elaborato riassume e illustra le caratteristiche geologico-stratigrafiche, geotecniche e sismiche relative al volume significativo di sottosuolo indagato a supporto dell'ampliamento dell'attività produttiva Florim Ceramiche spa, con la realizzazione del Plant 3 – Comune di Fiorano Modenese (Mo).

L'interpretazione congiunta dei risultati ottenuti dalla campagna di indagini geofisiche e geotecniche eseguite in sito, oltre che la consultazione di dati cartografici e bibliografici, ha permesso di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo dell'area in studio. Le indagini eseguite hanno rilevato la presenza di depositi coesivi limosi e argillosi da mediamente consistenti a consistenti, alternati a depositi incoerenti di ghiaia in matrice limosa, fino a una profondità compresa circa nell'intervallo -3.60÷-4.80 m da p.c. Per poi passare a depositi di ghiaia in elevata matrice argillosa limosa che in alcuni tratti diventa prevalente. Tale stratigrafia è stata inoltre confermata dalle tomografie elettriche eseguite.

In ottemperanza della normativa tecnica nazionale (NTC 2018) e in accordo con i risultati ottenuti a seguito delle indagini geofisiche espletate per il sito in oggetto è possibile classificare il terreno di fondazione come appartenente alla **categoria B**.

Per la definizione dell'azione sismica, sulla base di quanto previsto dalle NTC18, si può fare riferimento all'approccio semplificato. Dall'analisi così eseguita si sono ottenuti i seguenti risultati:

	Approccio semplificato NTC	
ag	F.A.	A _{max}
0.163g	1.20	0.196g

Al paragrafo 5 è riportata la parametrizzazione geotecnica del sottosuolo finalizzata a verificare da un punto di vista geotecnico il sistema terreno-fondazione. La verifica è stata svolta ipotizzando delle fondazioni superficiali su plinti 5.00 x 6.00 m impostati alla quota **D=-2.00 m** da p.c., da cui si sono ottenuti i seguenti valori di portanza calcolata agli SLU (§ 6.4 NTC 2018, combinazione A1+M1+R3):

APPROCCIO 2 - COMB 1		
CONDIZIONI NON DRENATE	CONDIZIONI DRENATE	CONDIZIONI SISMICHE DRENATE PAOLUCCI & PECKER
264.35 kN/m ²	519.15 kN/m ²	504.08 kN/m ²

Al fine di migliorare le attuali caratteristiche meccaniche del terreno e poter così aumentare la portanza del terreno, al fine di ridurre le dimensioni dei plinti, si consiglia procedere a un consolidamento del sottosuolo con tecnologia di jet grouting.

Il getting dovrà essere approfondito sino al tetto delle ghiaie alla quota di circa 5.00 m dal p.c. attuale

Con tale consolidamento la portanza del terreno fattorizzata passerà da $Q_{amm} = 2.64 \text{ daN/cm}^2$ a $Q_{amm} = 5.00/6.00 \text{ daN/cm}^2$.

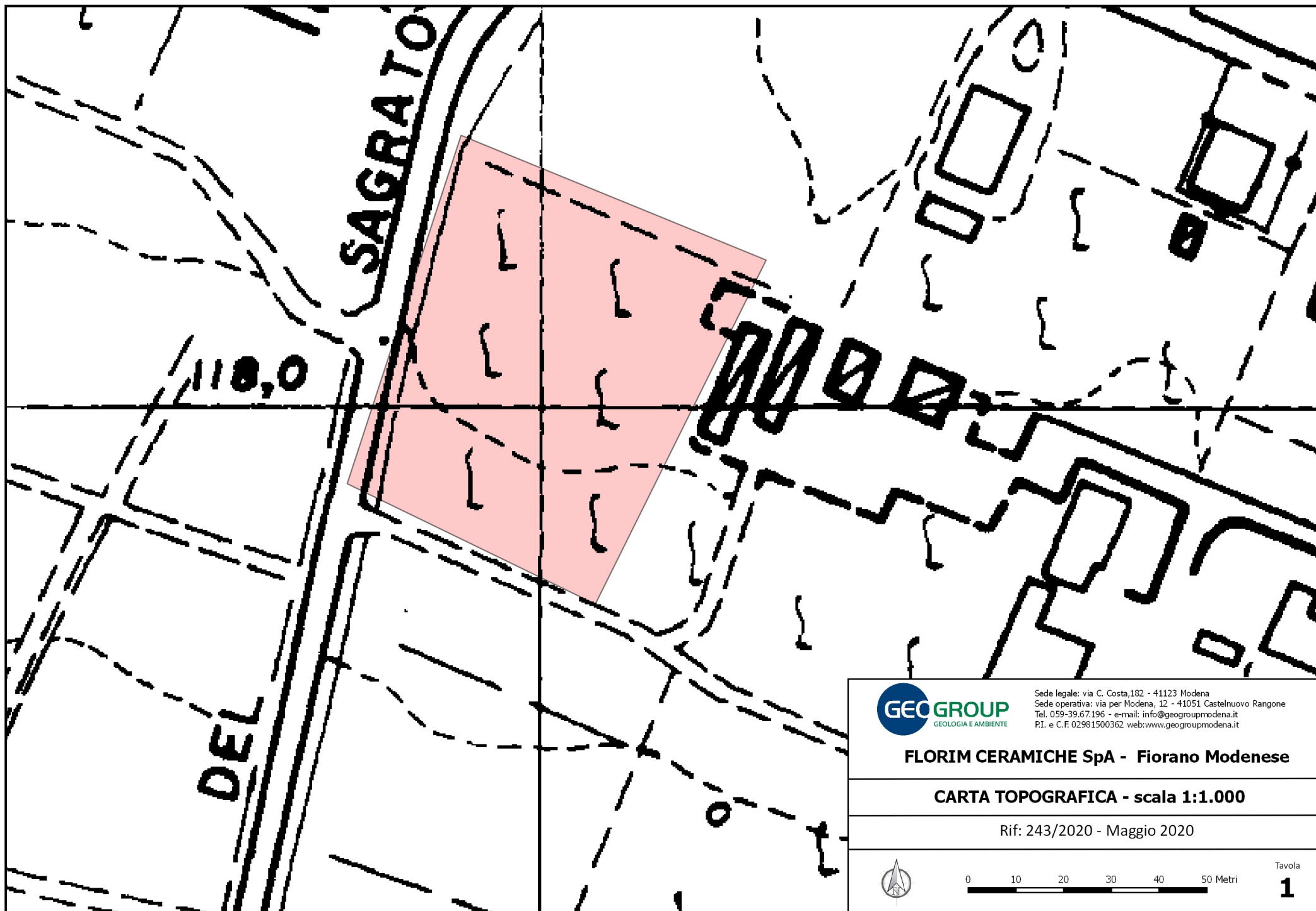
A disposizione per ulteriori chiarimenti, cogliamo l'occasione per porgere cordiali saluti.

Modena, 29 maggio 2020

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



TAVOLE



Sede legale: via C. Costa,182 - 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone
Tel. 059-39.67.196 - e-mail: info@geogroupmodena.it
P.I. e C.F. 02981500362 web: www.geogroupmodena.it

FLORIM CERAMICHE SpA - Fiorano Modenese

CARTA TOPOGRAFICA - scala 1:1.000

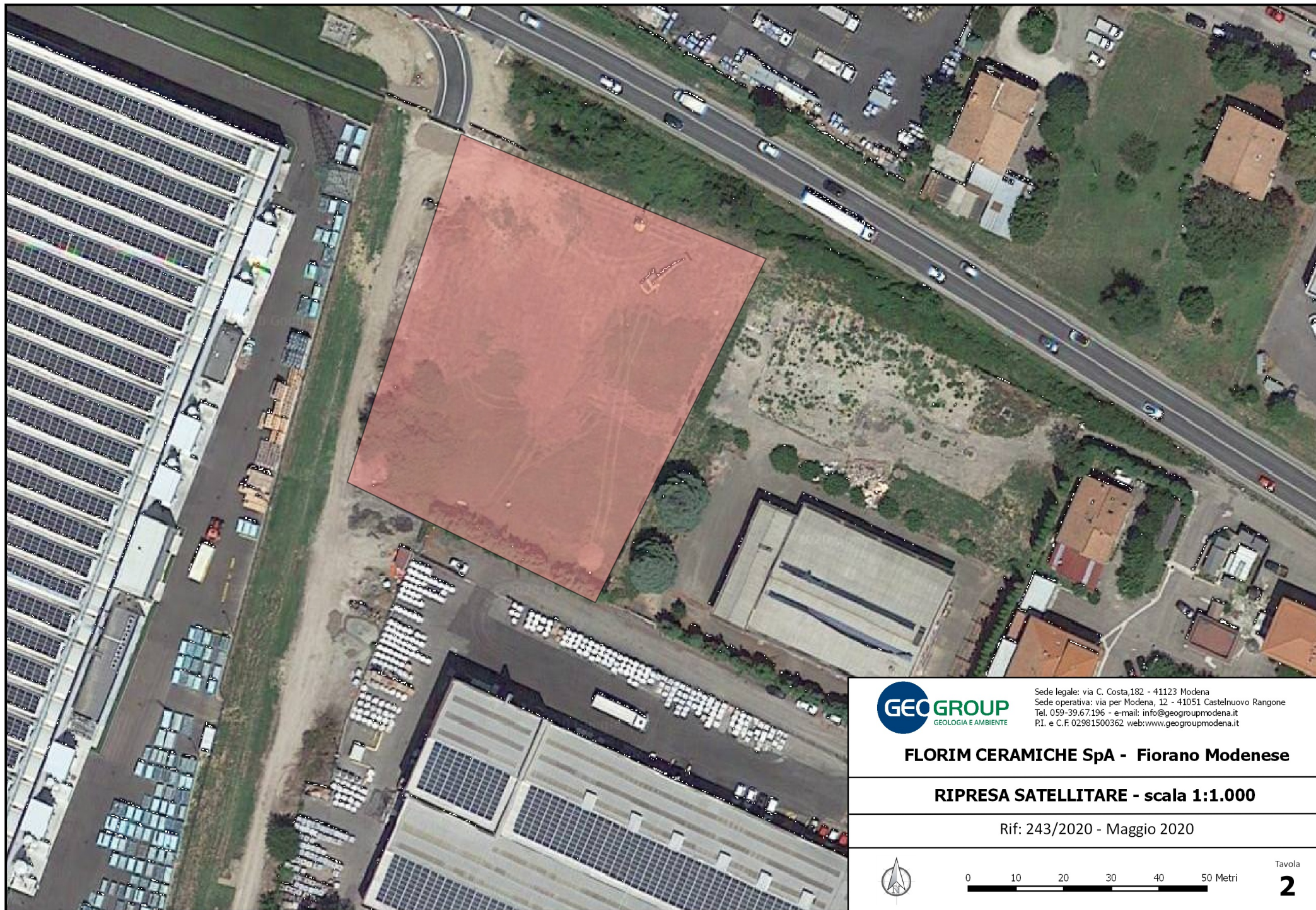
Rif: 243/2020 - Maggio 2020



0 10 20 30 40 50 Metri

Tavola

1



Sede legale: via C. Costa,182 - 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone
Tel. 059-39.67.196 - e-mail: info@geogroupmodena.it
P.I. e C.F. 02981500362 web: www.geogroupmodena.it

FLORIM CERAMICHE SpA - Fiorano Modenese

RIPRESA SATELLITARE - scala 1:1.000

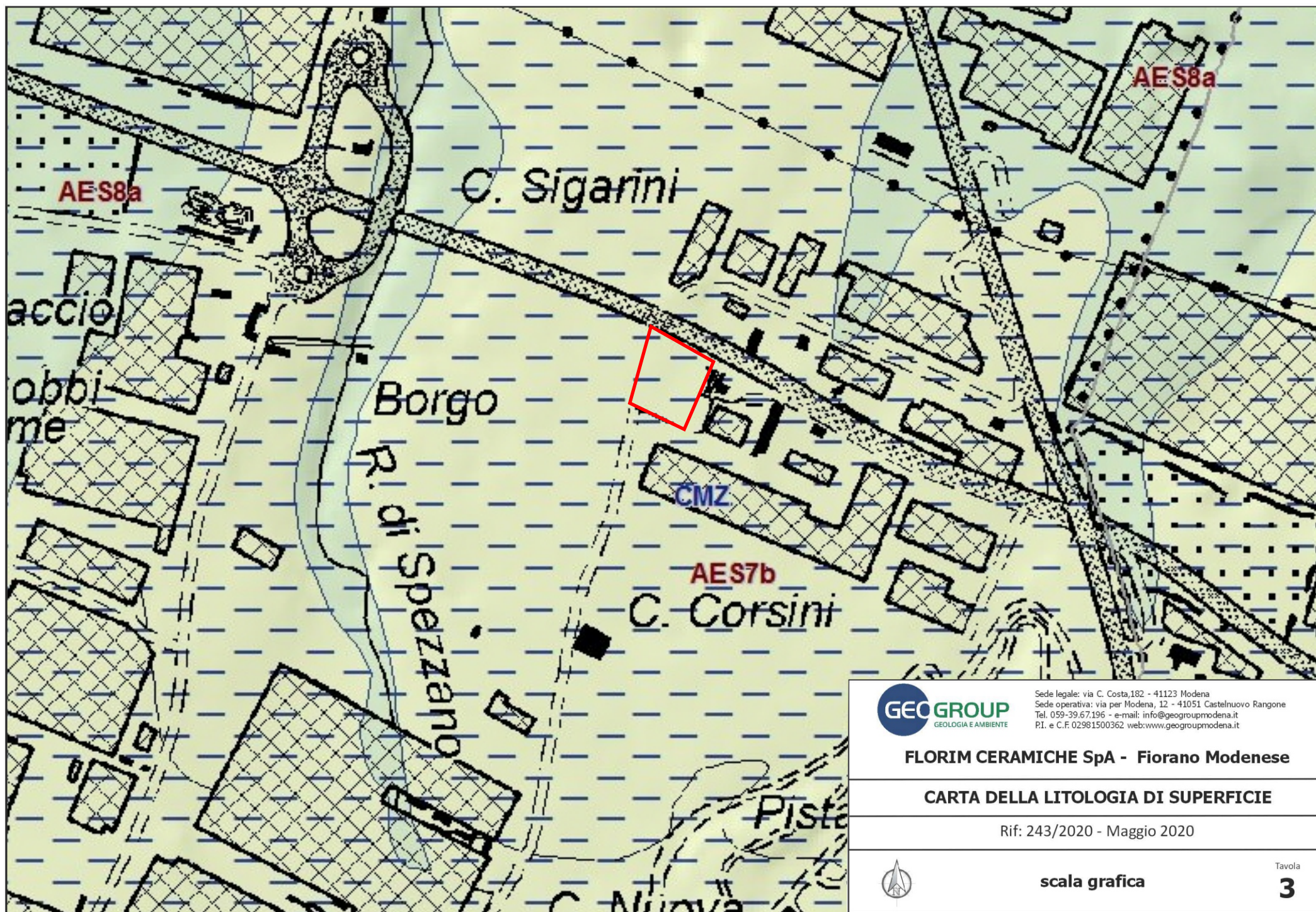
Rif: 243/2020 - Maggio 2020



0 10 20 30 40 50 Metri

Tavola

2



Sede legale: via C. Costa, 182 - 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone
Tel. 059-39.67.196 - e-mail: info@geogroupmodena.it
P.I. e C.F. 02981500362 web: www.geogroupmodena.it

FLORIM CERAMICHE SpA - Fiorano Modenese

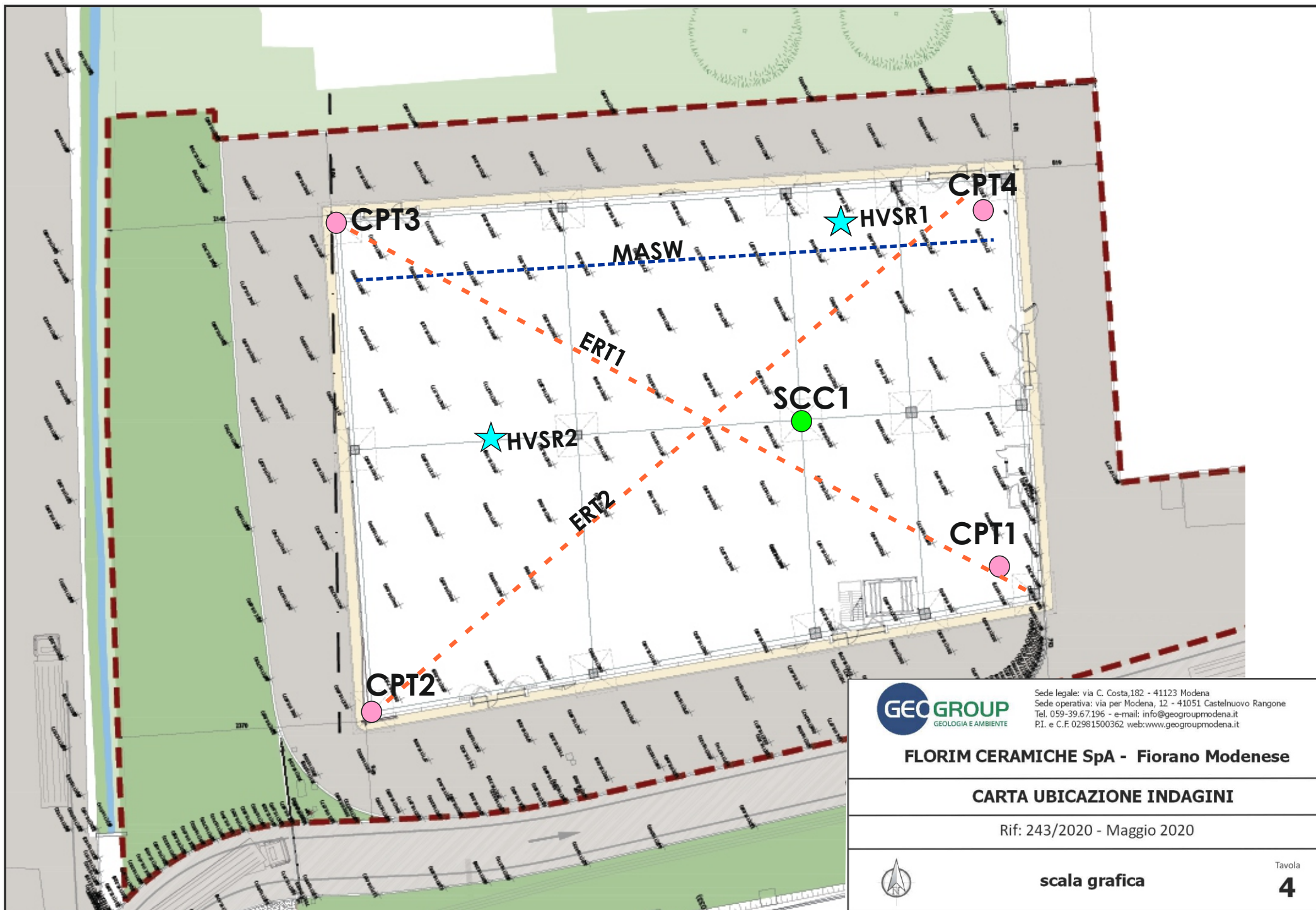
CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE

Rif: 243/2020 - Maggio 2020



scala grafica

Tavola
3



Sede legale: via C. Costa,182 - 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone
Tel. 059-39.67.196 - e-mail: info@geogroupmodena.it
P.I. e C.F. 02981500362 web:www.geogroupmodena.it

FLORIM CERAMICHE SpA - Fiorano Modenese

CARTA UBICAZIONE INDAGINI

Rif: 243/2020 - Maggio 2020



scala grafica

Tavola

4

ALLEGATO 1

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO SCC

STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO SCC1

COMUNE DI FIORANO MODENESE - FLORIM CERAMICHE SpA

Committente: FLORIM CERAMICHE SpA
Caratteristiche carotaggio continuo: L = 30 m - ϕ = 101 mm - Sonda Atlas A66-CBT
Data inizio: 07.05.2020 - **Data fine:** 08.05.2020
Rif.: 243/2020

m da p.c.	litologia	descrizione	prof. (m da p.c.)	RP (kg/cm²)	VT (kg/cm²)	Standar Penetration Test	falda	campione	scala
-0.20		Terreno di riporto. Colore nocciola-ocra.	0.30	1.50	0.30				0 m
		Argilla limosa compatta, asciutta. Presenza di materia organica, calcinoli diffusi di colore bianco e striature rossastre di ossidazione. Colore nocciola.	0.50	3.00	0.55				
			0.90	2.50	0.25				-1 m
			1.40	FS	0.65				
			1.60	4.00	0.30				
			1.75	4.50	0.50				
			1.90	3.60	0.60				-2 m
			2.20	4.10	0.50			2.35	
			2.80	2.20	0.60			C1	
			3.20	2.50	0.65				-3 m
			3.40	2.50	0.60				
			3.60	3.60	0.65				
-3.60		Argilla limosa compatta, asciutta, sono presenti ciottoli di ghiaia. Presenza di materia organica, calcinoli diffusi di colore bianco e striature rossastre di ossidazione. Colore nocciola.	3.80	3.50	0.60				
			4.00	3.80	0.70				-4 m
			4.10	3.20	0.65				
			4.30	4.60	0.60				
			4.50	4.10	0.55				
			4.70	2.00	0.75				-5 m
-4.80		Ghiaia in matrice limosa argillosa, addensata, a tratti cementata, con granuli di forma subangolare e diametro medio variabile da 0.5 a 4 cm. Presenza di materia organica.	6.30			18 - 24 - 29			-6 m
									-7 m
									-8 m
-8.50		Limo argilloso. Presenza di materia organica (frustoli neri). Colore nocciola.	8.70	2.20	0.80				
			8.90	FS	FS				
			9.10	1.00	0.40				-9 m
			9.20	0.90	0.40				
			9.75	0.50	0.35			9.25	
-9.80		Ghiaia in elevata matrice argilloso limosa che a tratti diventa prevalente. Addensata, a tratti cementata, con granuli di forma sub-arrotondata.	10.40			12 - 12 - 22		C2	-10 m
									-11 m
									-12 m
-12.50		Argilla limosa. Presenza di materia organica (frustoli neri). Colore nocciola.	12.60	2.30	0.65				
			12.70	2.40	0.65				
			12.80	2.50	0.70				
			12.90	2.70	0.70			13.00	-13 m
-13.70		Ghiaia in elevata matrice argilloso limosa che a tratti diventa prevalente. Addensata, a tratti cementata, con granuli di forma sub-arrotondata.	13.50	1.70	0.50			C3	
			13.70	1.60	0.45				-14 m
									-15 m
			15.80			38 - 50 - 50			-16 m
									-17 m
									-18 m
									-19 m
									-20 m
-20.40		Ghiaia cementata di colore grigio.	20.70			29 - 50 - 50			-21 m
-20.80		Ghiaia in elevata matrice argilloso limosa che a tratti diventa prevalente. Addensata, a tratti cementata, con granuli di forma sub-arrotondata.							-22 m
									-23 m
									-24 m
									-25m
-25.60		Ghiaia cementata di colore grigio.	26.00			30 - 41 - 50			-26 m
-26.20		Ghiaia in elevata matrice argilloso limosa che a tratti diventa prevalente.							
-26.80		Ghiaia cementata di colore grigio.	27.20			31 - 50 - 50			-27m
-27.30		Ghiaia in elevata matrice argilloso limosa che a tratti diventa prevalente.							-28 m
-27.90		Ghiaia cementata di colore grigio.							
-28.30		Ghiaia in elevata matrice argilloso limosa che a tratti diventa prevalente.							-29 m
-29.30		Argilla limosa in cui sono presenti ciottoli di ghiaia.	29.40	2.20	0.50				
-29.70		Colore grigio scuro.	29.75	1.90	0.70				
-30.00		Argilla limosa di colore grigio scuro.	30.00	1.90	0.65				-30 m

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Allegato fotografico

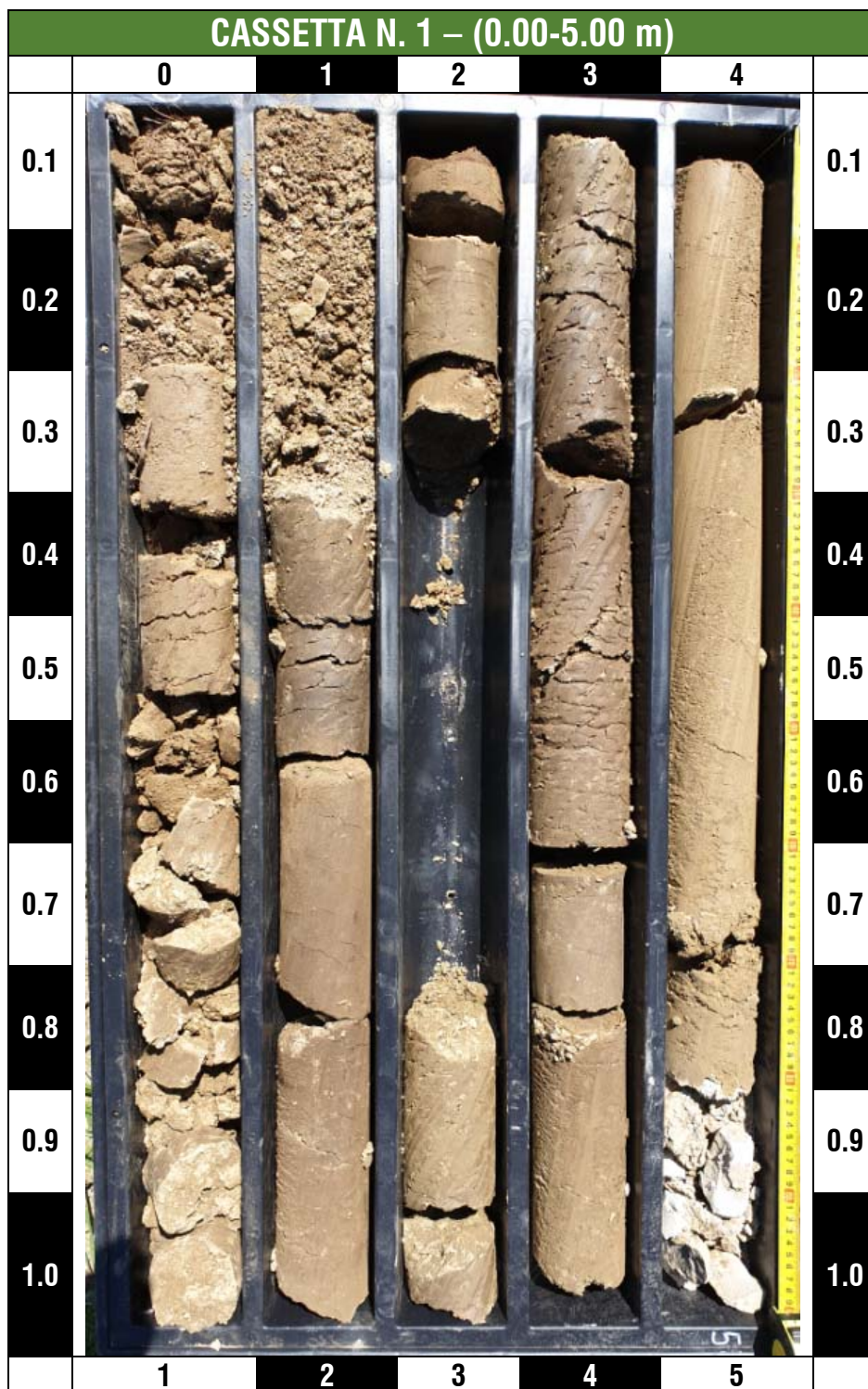
Codice: **SCC1**

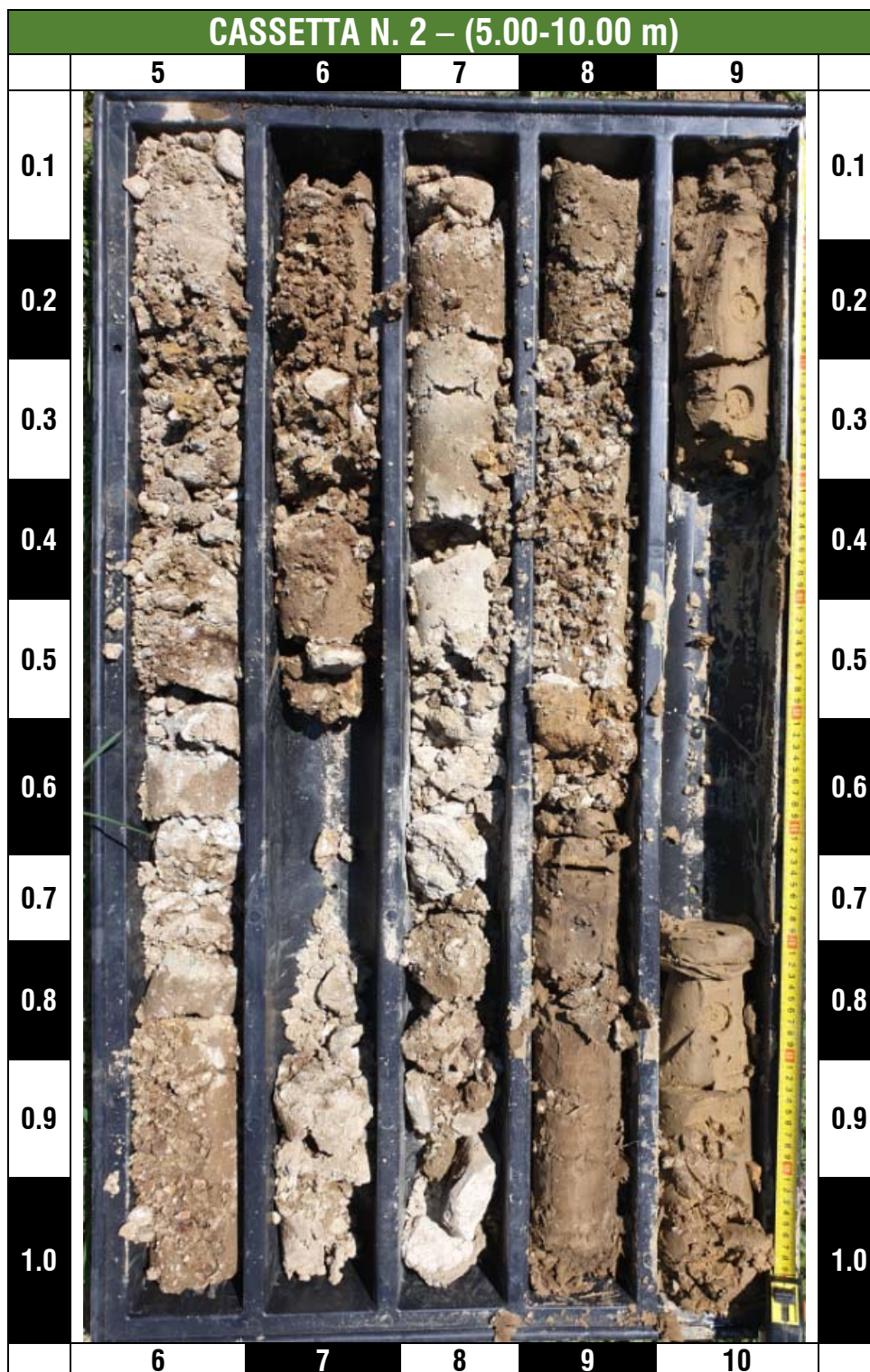
INFORMAZIONI GENERALI

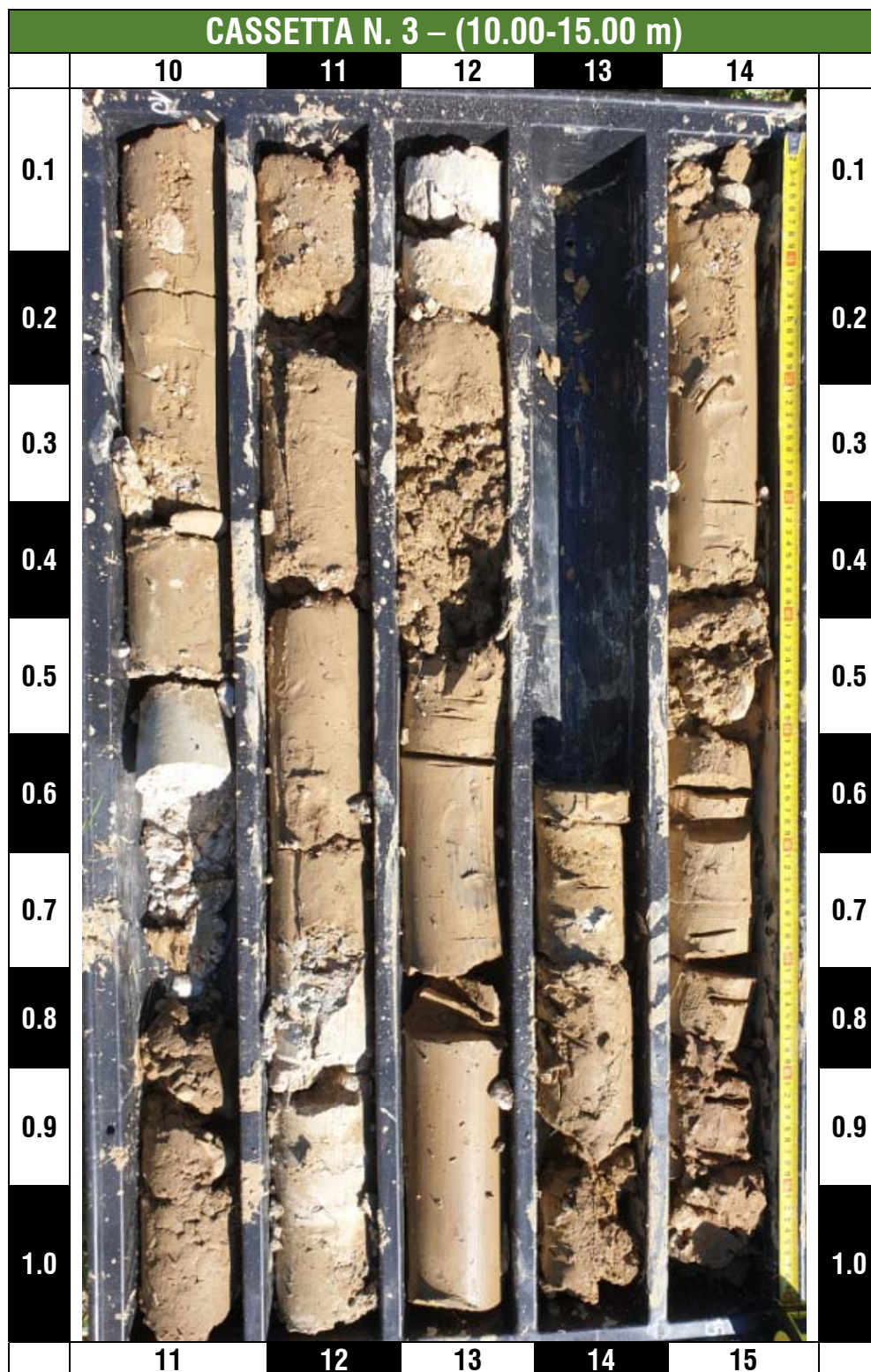
Cantiere: **FLORIM CERAMICHE SpA – Comune di Fiorano Modenese (Mo)**
Data inizio perforazione: **07/05/2020**
Data fine perforazione: **08/05/2020**
Strumentazione utilizzata: **PERFORATRICE IDRAULICA ATLAS A66-CBT**
Carotiere: **T1 ($\Phi = 101$ mm)**
Rivestimento: **$\Phi = 127$ mm**
Profondità raggiunta: **30.00 m da p.c.**

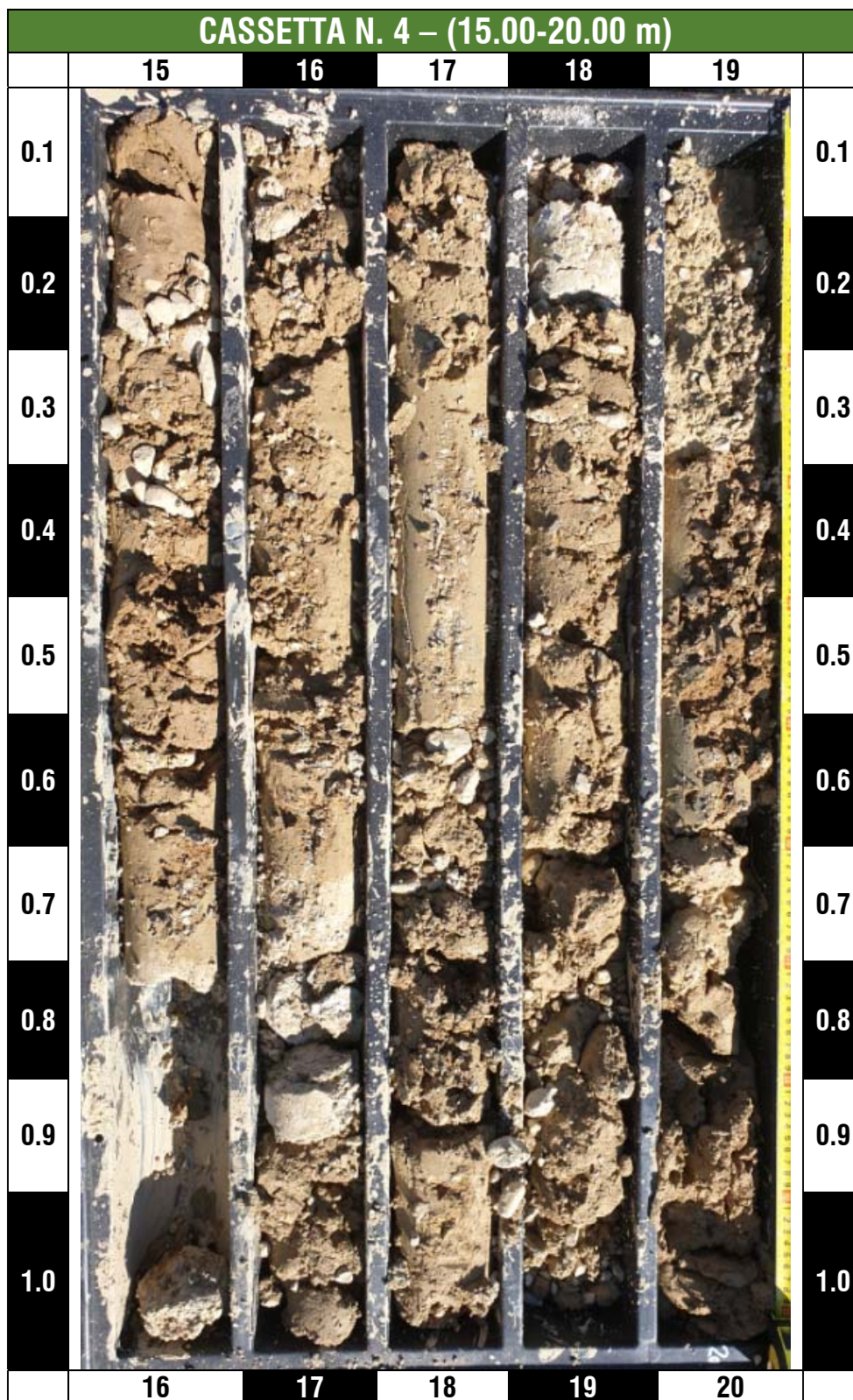


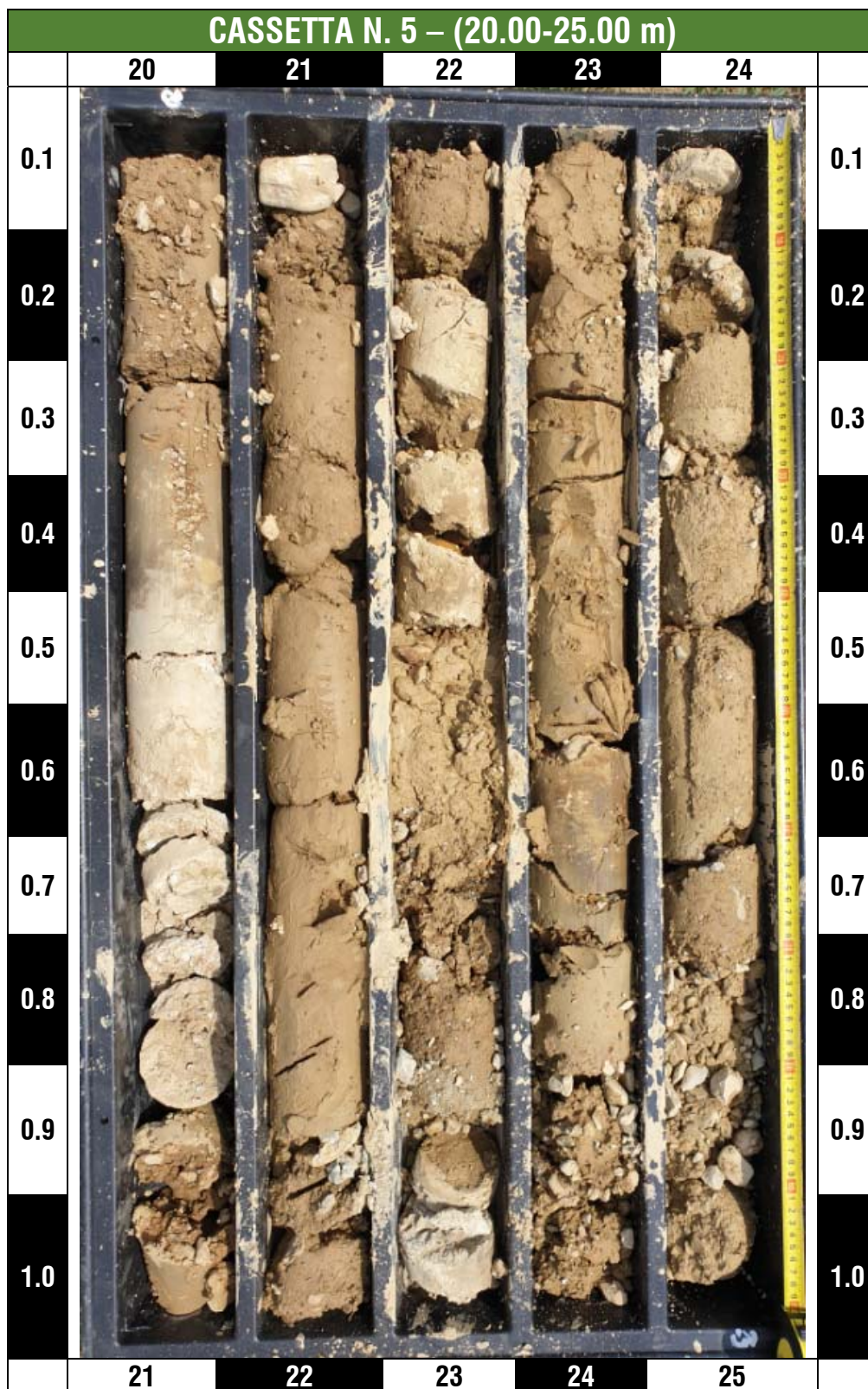
Punto di sondaggio

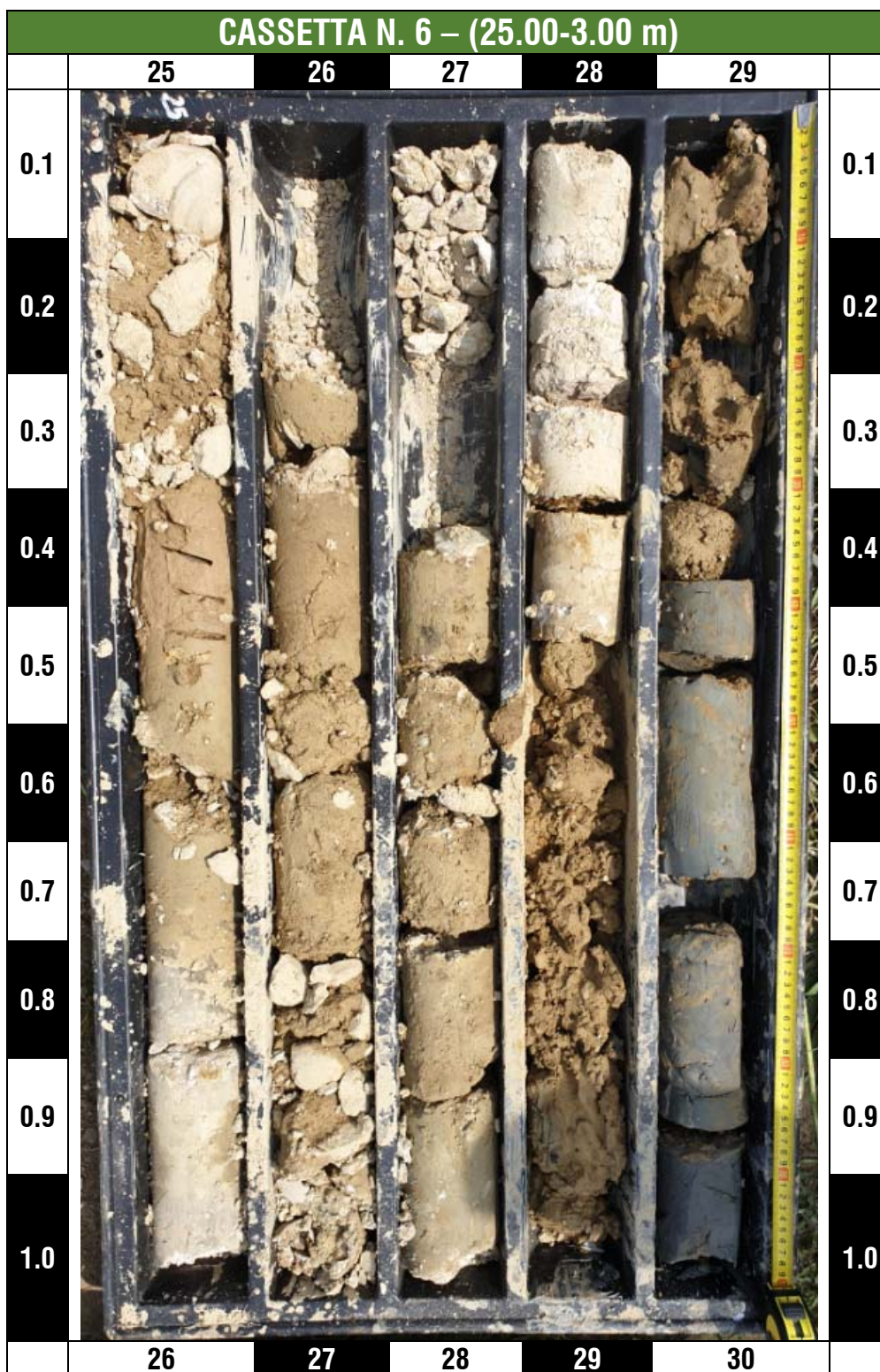












ALLEGATO 2

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
SP100 - GeoDeepDrill

Caratteristiche:

- punta conica meccanica $\varnothing$ 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm}$ - $h = 133 \text{ mm}$ - $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale: $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N $\approx$ 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N $\approx$ 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa $\approx$ 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa $\approx$ 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² $\approx$ 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg $\approx$ 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),
ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \% :$**

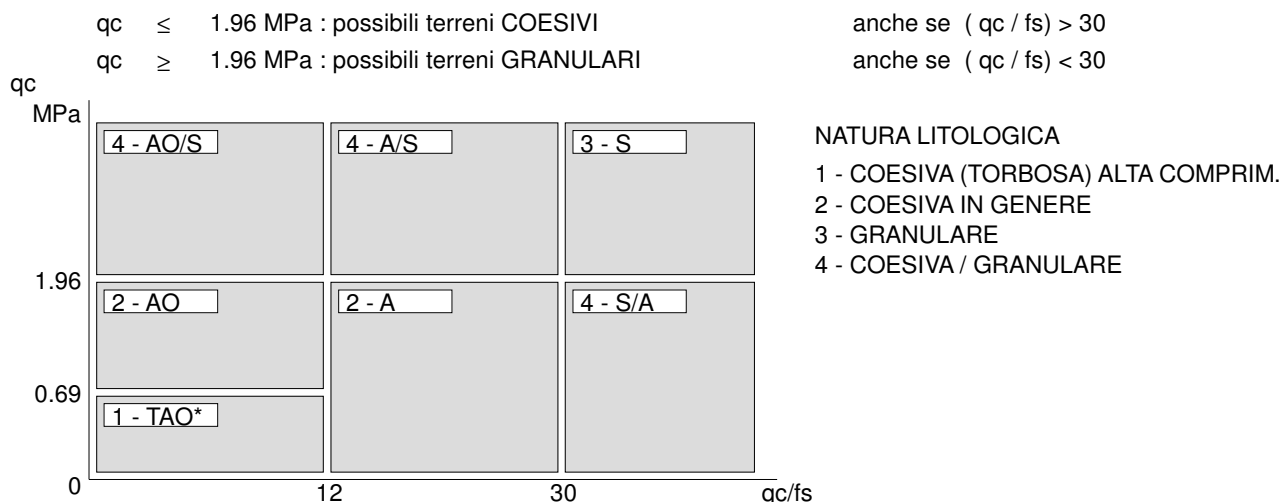
- AO	=	argilla organica e terreni misti
- Att	=	argilla (inorganica) molto tenera
- At	=	argilla (inorganica) tenera
- Am	=	argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	=	argilla (inorganica) consistente
- Acc	=	argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	=	argilla sabbiosa e limosa
- SAL	=	sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	=	sabbia sciolta
- Sm	=	sabbia mediamente addensata
- Sd	=	sabbia densa o cementata
- SC	=	sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- $\emptyset'$ = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : $\emptyset'$ - D_r - q_c - σ'_{vo})
 $\emptyset'_{Ca}$ - Caquot (1948) $\emptyset'_{Ko}$ - Koppejan (1948)
 $\emptyset'_{DB}$ - De Beer (1965) $\emptyset'_{Sc}$ - Schmertmann (1978)
 $\emptyset'_{DM}$ - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) $\emptyset'_{Me}$ - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- V_s = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	Riferimento	075-2020

Committente	Studio tecnico	U.M.:	MPa	Data esec.	08/05/2020
Cantiere	Studio terreno di fondazione	Pagina	1		
Località	Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.	Elaborato		Falda	Non rilevata

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.0	0.0		0.00	280.00	0									
0.40	12.0	54.0		1.18	147.00	8	12.3								
0.60	21.0	43.0		2.06	173.00	12	8.2								
0.80	18.0	44.0		1.76	153.00	12	8.5								
1.00	27.0	50.0		2.65	213.00	13	7.9								
1.20	24.0	56.0		2.35	167.00	14	7.0								
1.40	25.0	50.0		2.45	160.00	16	6.4								
1.60	30.0	54.0		2.94	187.00	16	6.2								
1.80	32.0	60.0		3.14	227.00	14	7.1								
2.00	40.0	74.0		3.92	233.00	17	5.8								
2.20	44.0	79.0		4.31	267.00	16	6.1								
2.40	40.0	80.0		3.92	293.00	14	7.3								
2.60	50.0	94.0		4.90	260.00	19	5.2								
2.80	50.0	89.0		4.90	220.00	23	4.4								
3.00	35.0	68.0		3.43	187.00	19	5.3								
3.20	30.0	58.0		2.94	160.00	19	5.3								
3.40	34.0	58.0		3.33	193.00	18	5.7								
3.60	37.0	66.0		3.63	200.00	19	5.4								
3.80	200.0	230.0		19.60											

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

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

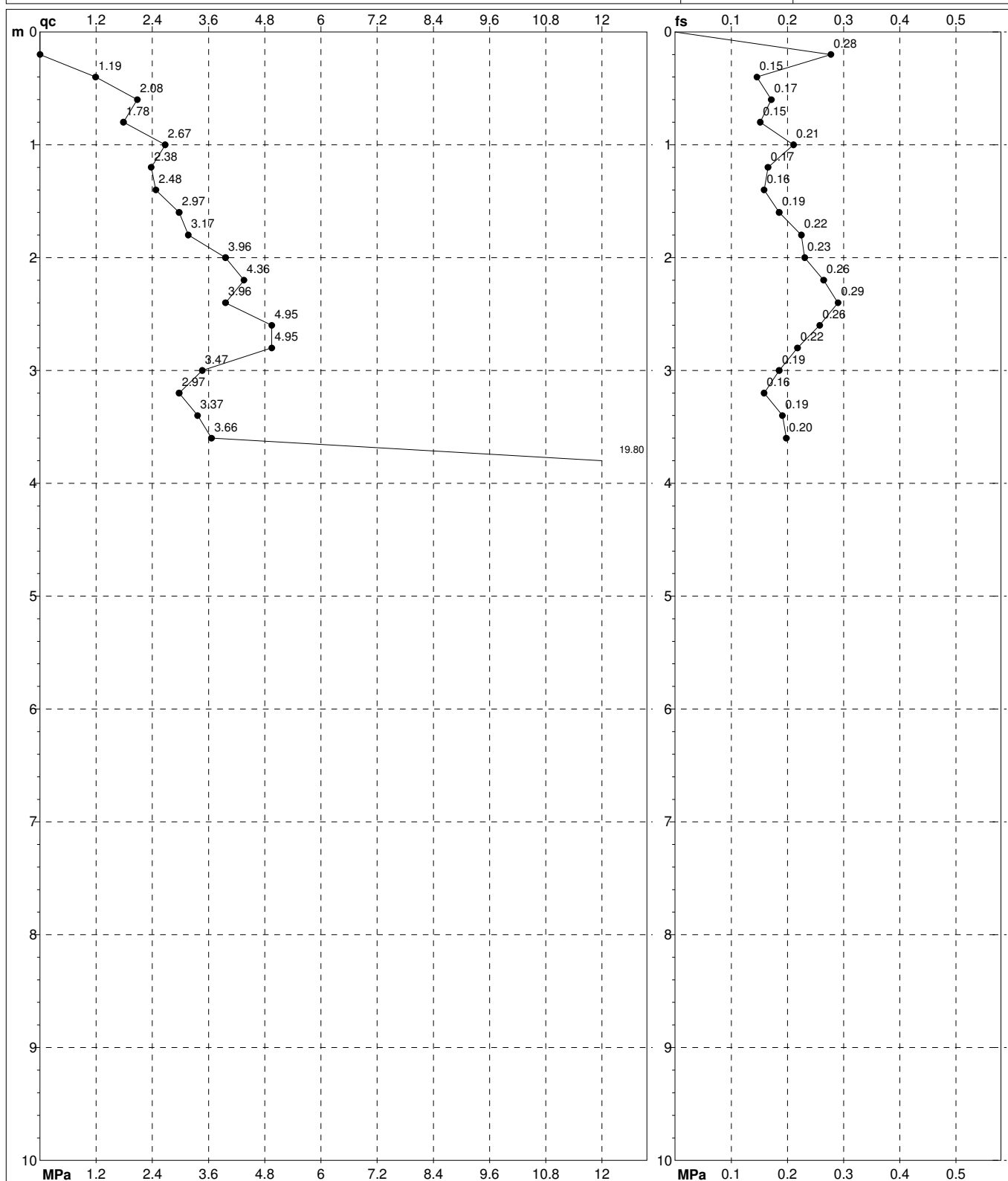
Riferimento

1**075-2020**

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio terreno di fondazione**
 Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:50**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **08/05/2020**
 Quota inizio:
 Falda **Non rilevata**



Penetrometro: SP100

Responsabile:

Assistente:

preforo m

Corr.astine: kN/ml

Cod. tip:

FON111

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

Riferimento

1

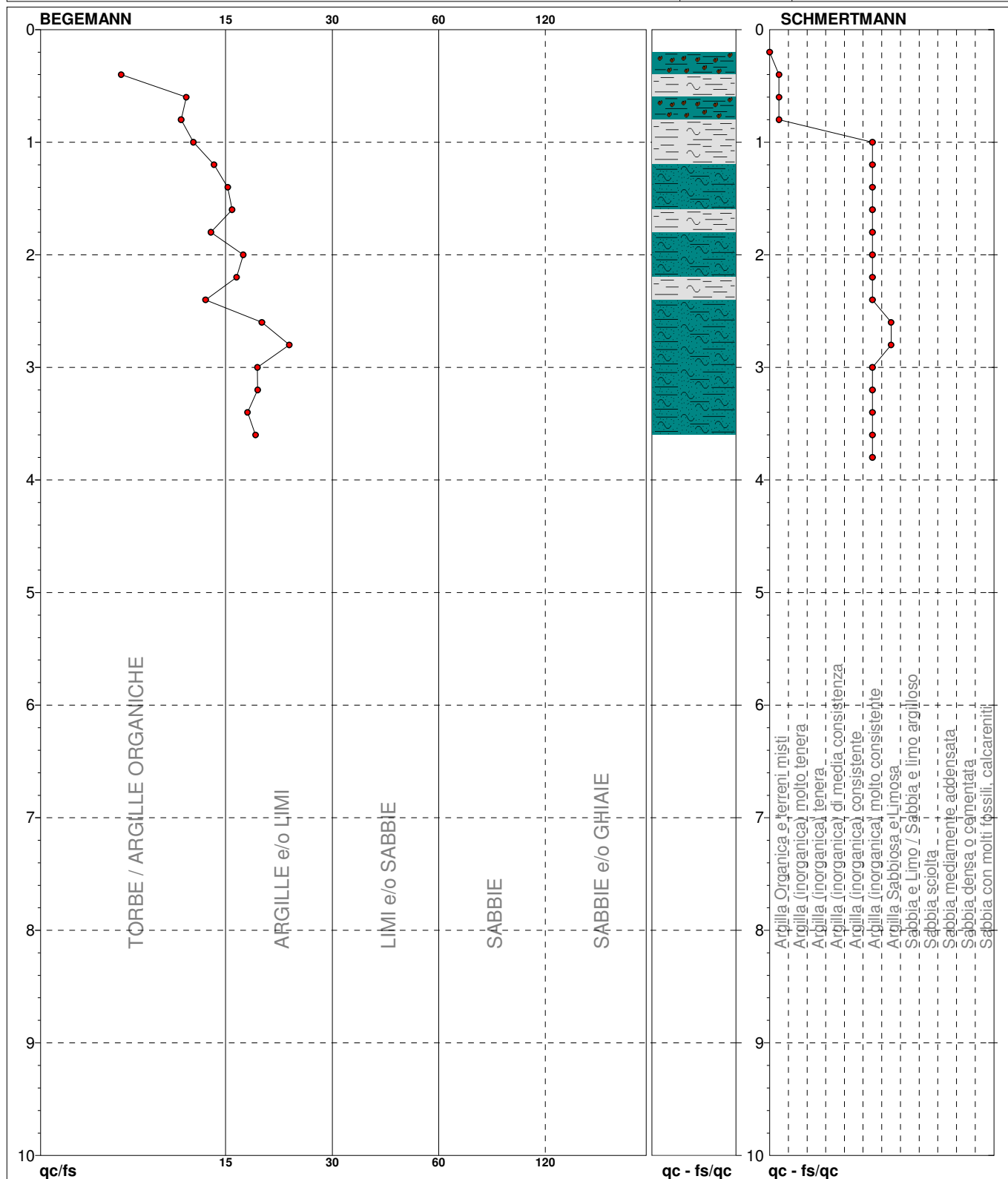
075-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio terreno di fondazione**
Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:50**
Pagina **1**
Elaborato

Data esec. **08/05/2020**

Falda **Non rilevata**



TORBE / ARGILLE OR 8 punti, 42.11%
ARGILLE e/o LIMI 10 punti, 52.63%

Argilla Organica e terreni misti 3 punti, 15.79%
Argilla (inorganica) molto consistente 12 punti, 63.16%

Argilla Sabbiosa e Limosa

2 punti, 10.53%

FON111

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1
	Riferimento	075-2020

Committente	Studio tecnico	U.M.:	MPa	Data esec.	08/05/2020
Cantiere	Studio terreno di fondazione	Pagina	1		
Località	Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.	Elaborato		Falda	Non rilevata

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/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	2	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	1.18	8.16	2	1.85	7.3	141	56.0	80.8	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	2.06	12.14	4	1.85	10.9	174	80.7	76.9	13.7	20.6	6.2	72	40	36	33	31	40	27	3.4	5.1	6.2	--	--
0.80	1.76	11.76	2	1.85	14.5	164	73.5	47.7	12.5	18.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	2.65	12.68	4	1.85	18.1	192	92.8	48.4	15.8	23.7	7.9	68	39	35	32	30	39	28	4.4	6.6	7.9	--	--
1.20	2.35	14.37	4	1.85	21.8	183	87.1	35.6	14.8	22.2	7.1	60	38	33	30	28	37	28	3.9	5.9	7.1	--	--
1.40	2.45	15.63	4	1.85	25.4	186	89.1	30.2	15.1	22.7	7.4	57	38	32	30	28	37	28	4.1	6.1	7.4	--	--
1.60	2.94	16.04	4	1.85	29.0	199	98.0	28.8	16.7	25.0	8.8	60	38	33	30	28	37	29	4.9	7.4	8.8	--	--
1.80	3.14	14.10	4	1.85	32.6	204	104.5	26.9	17.8	26.7	9.4	60	38	32	30	28	37	29	5.2	7.8	9.4	--	--
2.00	3.92	17.17	4	1.85	36.3	222	130.7	31.2	22.2	33.3	11.8	65	39	33	30	28	37	30	6.5	9.8	11.8	--	--
2.20	4.31	16.48	4	1.85	39.9	230	143.7	31.2	24.4	36.7	12.9	66	39	33	30	28	37	31	7.2	10.8	12.9	--	--
2.40	3.92	13.65	4	1.85	43.5	222	130.7	24.8	22.2	33.3	11.8	60	38	32	29	27	36	30	6.5	9.8	11.8	--	--
2.60	4.90	19.23	4	1.85	47.1	242	163.3	29.7	27.8	41.7	14.7	66	39	33	30	28	37	31	8.2	12.3	14.7	--	--
2.80	4.90	22.73	4	1.85	50.8	242	163.3	27.1	27.8	41.7	14.7	64	39	32	30	28	37	31	8.2	12.3	14.7	--	--
3.00	3.43	18.72	4	1.85	54.4	211	114.3	15.9	19.4	29.2	10.3	50	37	30	27	26	34	29	5.7	8.6	10.3	--	--
3.20	2.94	18.75	4	1.85	58.0	199	98.0	12.1	16.7	25.0	8.8	43	36	29	26	25	33	29	4.9	7.4	8.8	--	--
3.40	3.33	17.62	4	1.85	61.6	209	111.1	13.1	18.9	28.3	10.0	46	37	30	27	25	34	29	5.6	8.3	10.0	--	--
3.60	3.63	18.50	4	1.85	65.3	216	120.9	13.6	20.5	30.8	10.9	48	37	30	27	25	34	30	6.0	9.1	10.9	--	--
3.80	19.60	--	3	1.85	68.9	408	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	42	38	32.7	49.0	58.8	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**2**

Riferimento

075-2020

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio terreno di fondazione**
 Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**

Data esec. 08/05/2020

 Pagina 1
 Elaborato

Falda Non rilevata

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	227.00	0									
0.40	22.0	56.0		2.16	220.00	10	10.0								
0.60	20.0	53.0		1.96	213.00	9	10.7								
0.80	16.0	48.0		1.57	187.00	9	11.7								
1.00	18.0	46.0		1.76	207.00	9	11.5								
1.20	31.0	62.0		3.04	213.00	15	6.9								
1.40	30.0	62.0		2.94	220.00	14	7.3								
1.60	25.0	58.0		2.45	147.00	17	5.9								
1.80	26.0	48.0		2.55	133.00	20	5.1								
2.00	24.0	44.0		2.35	120.00	20	5.0								
2.20	30.0	48.0		2.94	140.00	21	4.7								
2.40	27.0	48.0		2.65	100.00	27	3.7								
2.60	27.0	42.0		2.65	133.00	20	4.9								
2.80	31.0	51.0		3.04	127.00	24	4.1								
3.00	32.0	51.0		3.14	133.00	24	4.2								
3.20	30.0	50.0		2.94	67.00	45	2.2								
3.40	40.0	50.0		3.92	200.00	20	5.0								
3.60	150.0	180.0		14.70											

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

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT**2**

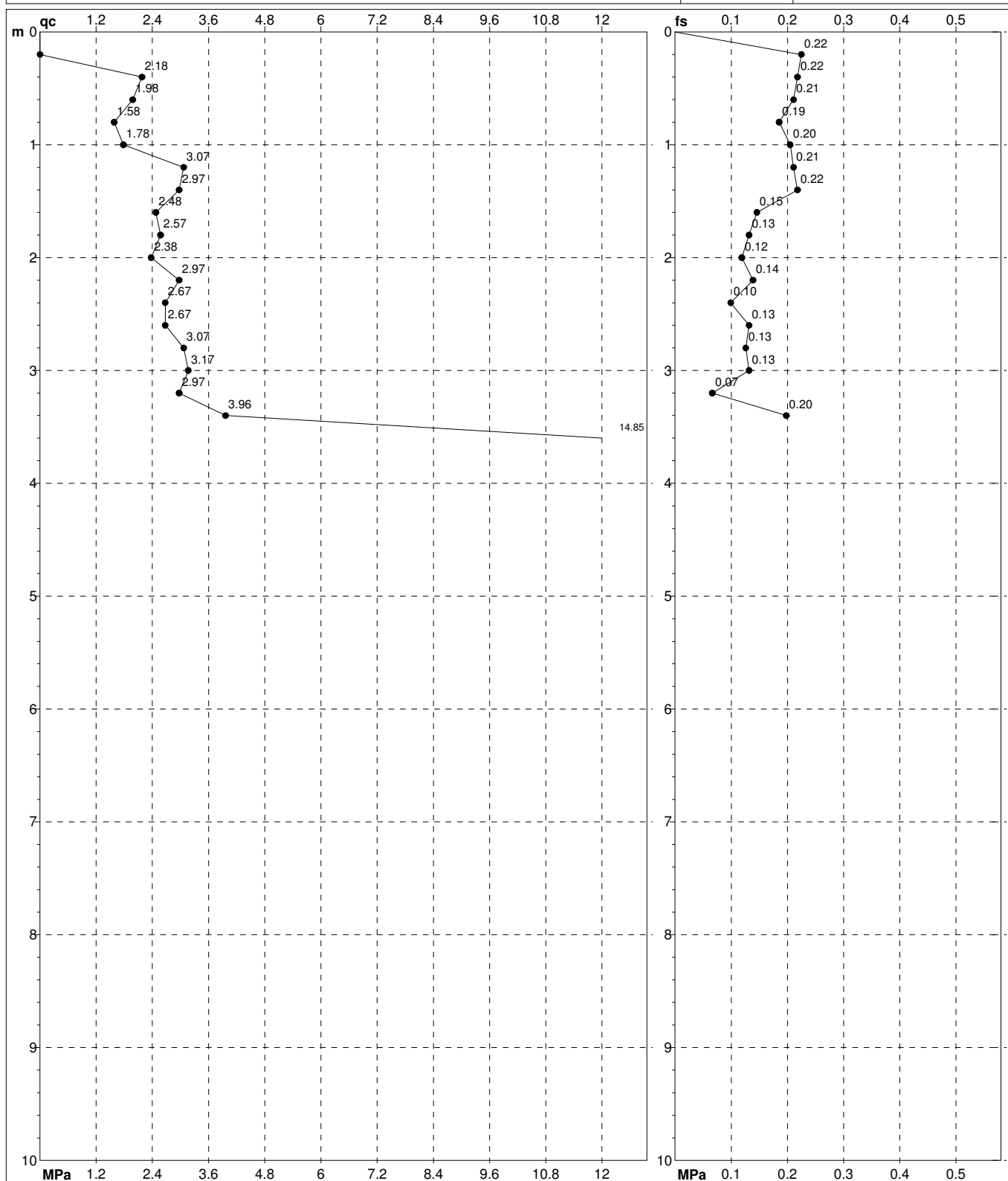
Riferimento

075-2020

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio terreno di fondazione**
 Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:50**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **08/05/2020**
 Quota inizio:
 Falda **Non rilevata**



Penetrometro: SP100
 Responsabile:
 Assistente:

preforo m
 Corr.astine: kN/ml
 Cod. tip:

FON111

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

Riferimento

2

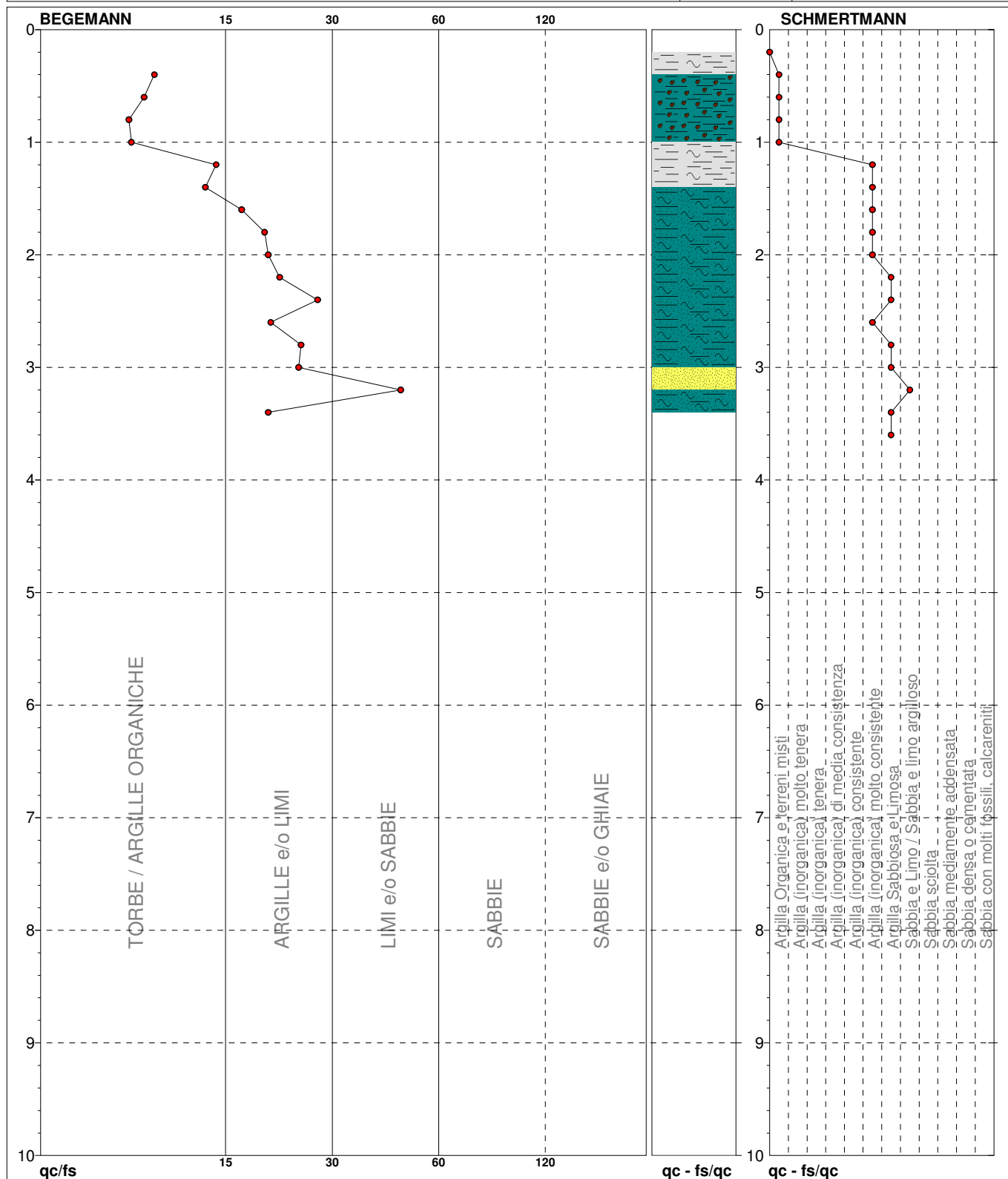
075-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio terreno di fondazione**
Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:50**
Pagina **1**
Elaborato

Data esec. **08/05/2020**

Falda **Non rilevata**



TORBE / ARGILLE OR	7 punti, 38.89%	Argilla Organica e terreni misti	4 punti, 22.22%	Argilla Sabbiosa e Limosa	5 punti, 27.78%
ARGILLE e/o LIMI	9 punti, 50.00%	Argilla (inorganica) molto consistente	6 punti, 33.33%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	1 punti, 5.56%
LIMI e/o SABBIE	1 punti, 5.56%				

FON111

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	Riferimento	075-2020

Committente	Studio tecnico	U.M.:	MPa	Data esec.	08/05/2020
Cantiere	Studio terreno di fondazione	Pagina	1		
Località	Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.	Elaborato		Falda	Non rilevata

							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/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	?	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	2.16	10.00	4	1.85	7.3	177	82.9	99.9	14.1	21.1	6.5	83	41	38	35	33	42	28	3.6	5.4	6.5	--	--
0.60	1.96	9.39	4	1.85	10.9	171	78.4	74.1	13.3	20.0	5.9	70	40	36	33	31	40	27	3.3	4.9	5.9	--	--
0.80	1.57	8.56	2	1.85	14.5	157	68.2	43.5	11.6	17.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	1.76	8.70	2	1.85	18.1	164	73.5	36.1	12.5	18.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	3.04	14.55	4	1.85	21.8	202	101.3	42.9	17.2	25.8	9.1	68	39	34	31	29	39	29	5.1	7.6	9.1	--	--
1.40	2.94	13.64	4	1.85	25.4	199	98.0	34.0	16.7	25.0	8.8	64	39	33	31	29	38	29	4.9	7.4	8.8	--	--
1.60	2.45	17.01	4	1.85	29.0	186	89.1	25.5	15.1	22.7	7.4	54	38	32	29	27	36	28	4.1	6.1	7.4	--	--
1.80	2.55	19.55	4	1.85	32.6	189	91.0	22.6	15.5	23.2	7.6	53	38	31	28	27	36	28	4.2	6.4	7.6	--	--
2.00	2.35	20.00	4	1.85	36.3	183	87.1	18.8	14.8	22.2	7.1	47	37	30	27	26	35	28	3.9	5.9	7.1	--	--
2.20	2.94	21.43	4	1.85	39.9	199	98.0	19.3	16.7	25.0	8.8	53	38	31	28	26	35	29	4.9	7.4	8.8	--	--
2.40	2.65	27.00	4	1.85	43.5	192	92.8	16.2	15.8	23.7	7.9	47	37	30	27	25	34	28	4.4	6.6	7.9	--	--
2.60	2.65	20.30	4	1.85	47.1	192	92.8	14.6	15.8	23.7	7.9	45	37	30	27	25	34	28	4.4	6.6	7.9	--	--
2.80	3.04	24.41	4	1.85	50.8	202	101.3	14.9	17.2	25.8	9.1	48	37	30	27	25	34	29	5.1	7.6	9.1	--	--
3.00	3.14	24.06	4	1.85	54.4	204	104.5	14.2	17.8	26.7	9.4	47	37	30	27	25	34	29	5.2	7.8	9.4	--	--
3.20	2.94	44.78	3	1.85	58.0	199	--	--	--	--	--	43	36	29	26	25	33	29	4.9	7.4	8.8	--	--
3.40	3.92	20.00	4	1.85	61.6	222	130.7	16.1	22.2	33.3	11.8	52	37	30	27	26	34	30	6.5	9.8	11.8	--	--
3.60	14.70	--	3	1.85	65.3	366	--	--	--	--	--	96	43	37	34	32	41	36	24.5	36.8	44.1	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

Riferimento

3**075-2020**

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio terreno di fondazione**
 Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**

Data esec. 08/05/2020

 Pagina 1
 Elaborato

Falda Non rilevata

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	113.00	0									
0.40	13.0	30.0		1.27	187.00	7	14.4								
0.60	16.0	44.0		1.57	160.00	10	10.0								
0.80	26.0	50.0		2.55	193.00	13	7.4								
1.00	30.0	59.0		2.94	240.00	13	8.0								
1.20	24.0	60.0		2.35	207.00	12	8.6								
1.40	26.0	57.0		2.55	173.00	15	6.7								
1.60	34.0	60.0		3.33	220.00	15	6.5								
1.80	27.0	60.0		2.65	187.00	14	6.9								
2.00	40.0	68.0		3.92	180.00	22	4.5								
2.20	36.0	63.0		3.53	187.00	19	5.2								
2.40	32.0	60.0		3.14	180.00	18	5.6								
2.60	33.0	60.0		3.23	180.00	18	5.5								
2.80	36.0	63.0		3.53	220.00	16	6.1								
3.00	31.0	64.0		3.04	340.00	9	11.0								
3.20	34.0	85.0		3.33	213.00	16	6.3								
3.40	41.0	73.0		4.02	233.00	18	5.7								
3.60	120.0	155.0		11.76											

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

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT

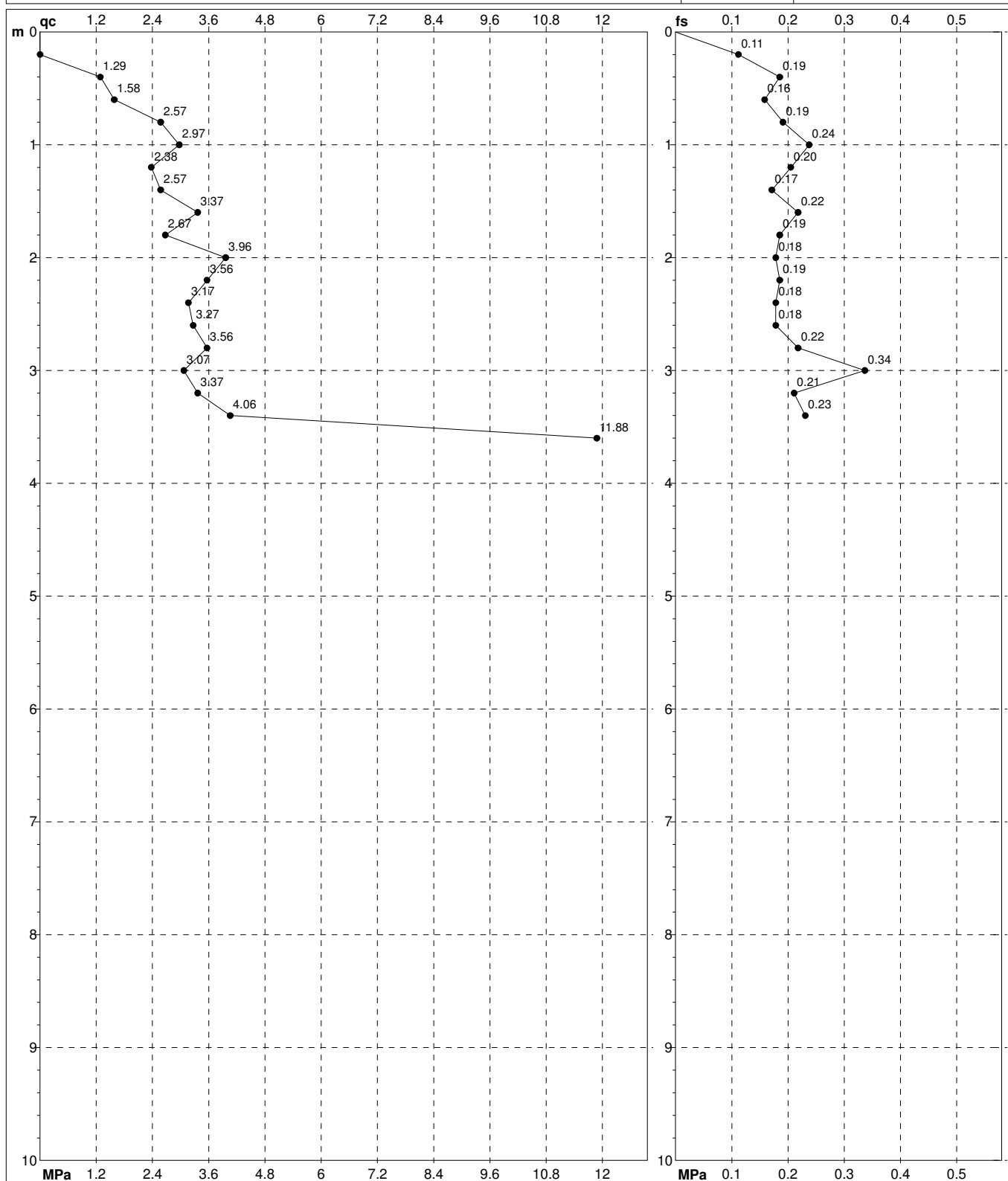
Riferimento

3**075-2020**

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio terreno di fondazione**
 Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:50**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **08/05/2020**
 Quota inizio:
 Falda **Non rilevata**



Penetrometro: SP100
 Responsabile:
 Assistente:

preforo m
 Corr.astine: kN/ml
 Cod. tip:

FON111

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

Riferimento

3

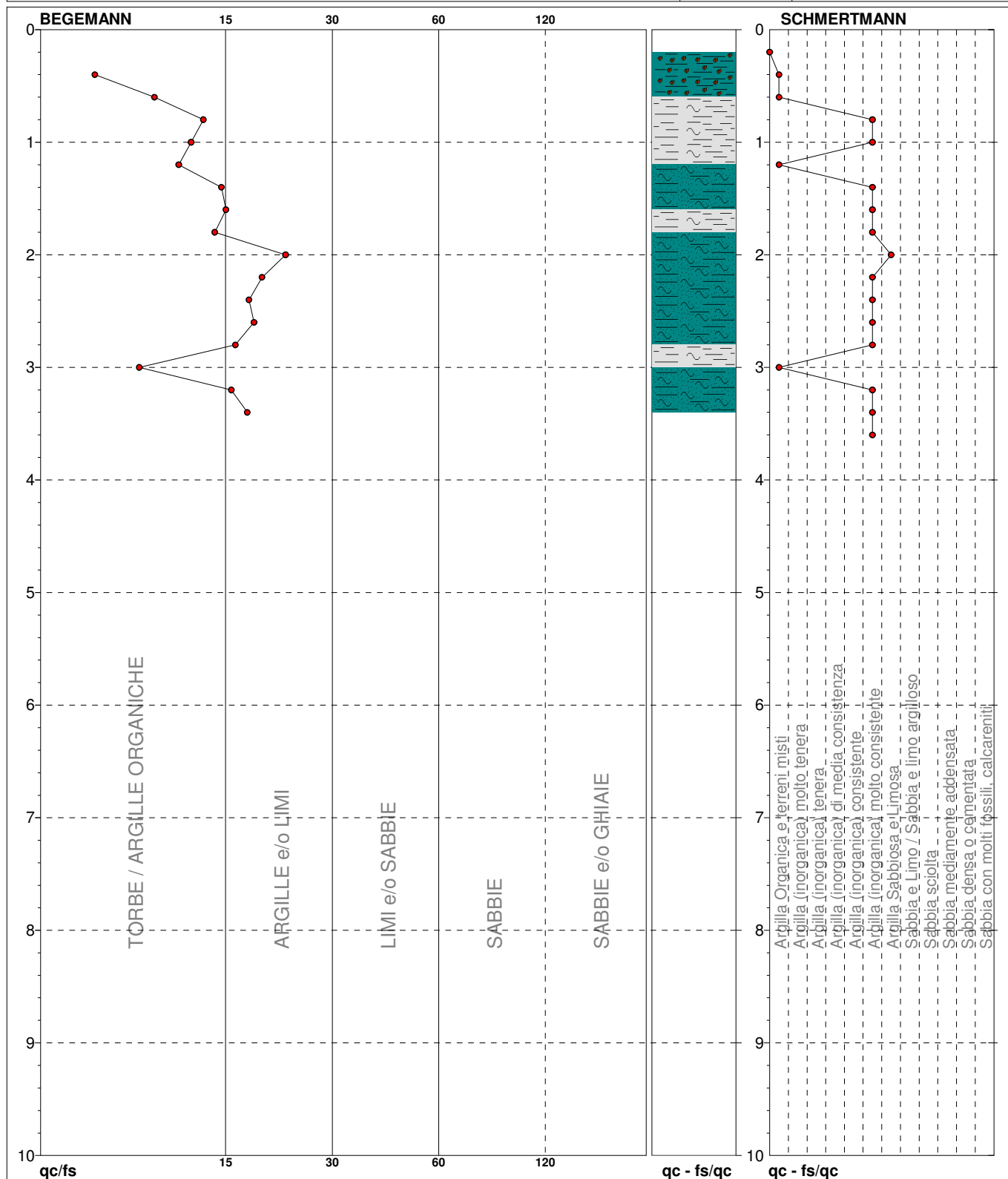
075-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio terreno di fondazione**
Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:50**
Pagina **1**
Elaborato

Data esec. **08/05/2020**

Falda **Non rilevata**



TORBE / ARGILLE OR	8 punti, 44.44%	Argilla Organica e terreni misti	4 punti, 22.22%	Argilla Sabbiosa e Limosa	1 punti, 5.56%
ARGILLE e/o LIMI	9 punti, 50.00%	Argilla (inorganica) molto consistente	11 punti, 61.11%		

FON111

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	3
	Riferimento	075-2020

Committente	Studio tecnico	U.M.:	MPa	Data esec.	08/05/2020
Cantiere	Studio terreno di fondazione	Pagina	1	Falda Non rilevata	
Località	Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.	Elaborato			

							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/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	?	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	1.27	6.95	2	1.85	7.3	145	59.3	86.7	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	1.57	10.00	2	1.85	10.9	157	68.2	62.3	11.6	17.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	2.55	13.47	4	1.85	14.5	189	91.0	62.3	15.5	23.2	7.6	72	40	35	33	31	40	28	4.2	6.4	7.6	--	--
1.00	2.94	12.50	4	1.85	18.1	199	98.0	51.7	16.7	25.0	8.8	72	40	35	32	30	39	29	4.9	7.4	8.8	--	--
1.20	2.35	11.59	4	1.85	21.8	183	87.1	35.6	14.8	22.2	7.1	60	38	33	30	28	37	28	3.9	5.9	7.1	--	--
1.40	2.55	15.03	4	1.85	25.4	189	91.0	31.0	15.5	23.2	7.6	59	38	33	30	28	37	28	4.2	6.4	7.6	--	--
1.60	3.33	15.45	4	1.85	29.0	209	111.1	33.6	18.9	28.3	10.0	65	39	33	30	28	38	29	5.6	8.3	10.0	--	--
1.80	2.65	14.44	4	1.85	32.6	192	92.8	23.2	15.8	23.7	7.9	54	38	32	29	27	36	28	4.4	6.6	7.9	--	--
2.00	3.92	22.22	4	1.85	36.3	222	130.7	31.2	22.2	33.3	11.8	65	39	33	30	28	37	30	6.5	9.8	11.8	--	--
2.20	3.53	19.25	4	1.85	39.9	214	117.6	24.3	20.0	30.0	10.6	59	38	32	29	27	36	30	5.9	8.8	10.6	--	--
2.40	3.14	17.78	4	1.85	43.5	204	104.5	18.8	17.8	26.7	9.4	53	38	31	28	26	35	29	5.2	7.8	9.4	--	--
2.60	3.23	18.33	4	1.85	47.1	207	107.8	17.7	18.3	27.5	9.7	52	37	31	28	26	35	29	5.4	8.1	9.7	--	--
2.80	3.53	16.36	4	1.85	50.8	214	117.6	17.9	20.0	30.0	10.6	53	38	31	28	26	35	30	5.9	8.8	10.6	--	--
3.00	3.04	9.12	4	1.85	54.4	202	101.3	13.7	17.2	25.8	9.1	46	37	30	27	25	34	29	5.1	7.6	9.1	--	--
3.20	3.33	15.96	4	1.85	58.0	209	111.1	14.1	18.9	28.3	10.0	48	37	30	27	25	34	29	5.6	8.3	10.0	--	--
3.40	4.02	17.60	4	1.85	61.6	224	133.9	16.6	22.8	34.2	12.1	53	38	31	28	26	35	30	6.7	10.0	12.1	--	--
3.60	11.76	--	3	1.85	65.3	336	--	--	--	--	--	88	42	36	33	31	40	35	19.6	29.4	35.3	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**4**

Riferimento

075-2020

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio terreno di fondazione**
 Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**

Data esec. 06/05/2020

Pagina 1
Elaborato

Falda Non rilevata

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	233.00	0									
0.40	15.0	50.0		1.47	100.00	15	6.7								
0.60	9.0	24.0		0.88	93.00	10	10.3								
0.80	56.0	70.0		5.49	147.00	38	2.6								
1.00	46.0	68.0		4.51	247.00	19	5.4								
1.20	23.0	60.0		2.25	127.00	18	5.5								
1.40	27.0	46.0		2.65	180.00	15	6.7								
1.60	33.0	60.0		3.23	187.00	18	5.7								
1.80	40.0	68.0		3.92	240.00	17	6.0								
2.00	36.0	72.0		3.53	200.00	18	5.6								
2.20	38.0	68.0		3.72	213.00	18	5.6								
2.40	38.0	70.0		3.72	180.00	21	4.7								
2.60	38.0	65.0		3.72	187.00	20	4.9								
2.80	31.0	59.0		3.04	160.00	19	5.2								
3.00	26.0	50.0		2.55	100.00	26	3.8								
3.20	30.0	45.0		2.94	467.00	6	15.6								
3.40	230.0	300.0		22.54	200.00	115	0.9								
3.60	300.0	330.0		29.40											

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

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT**4**

Riferimento

075-2020

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio terreno di fondazione**
 Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

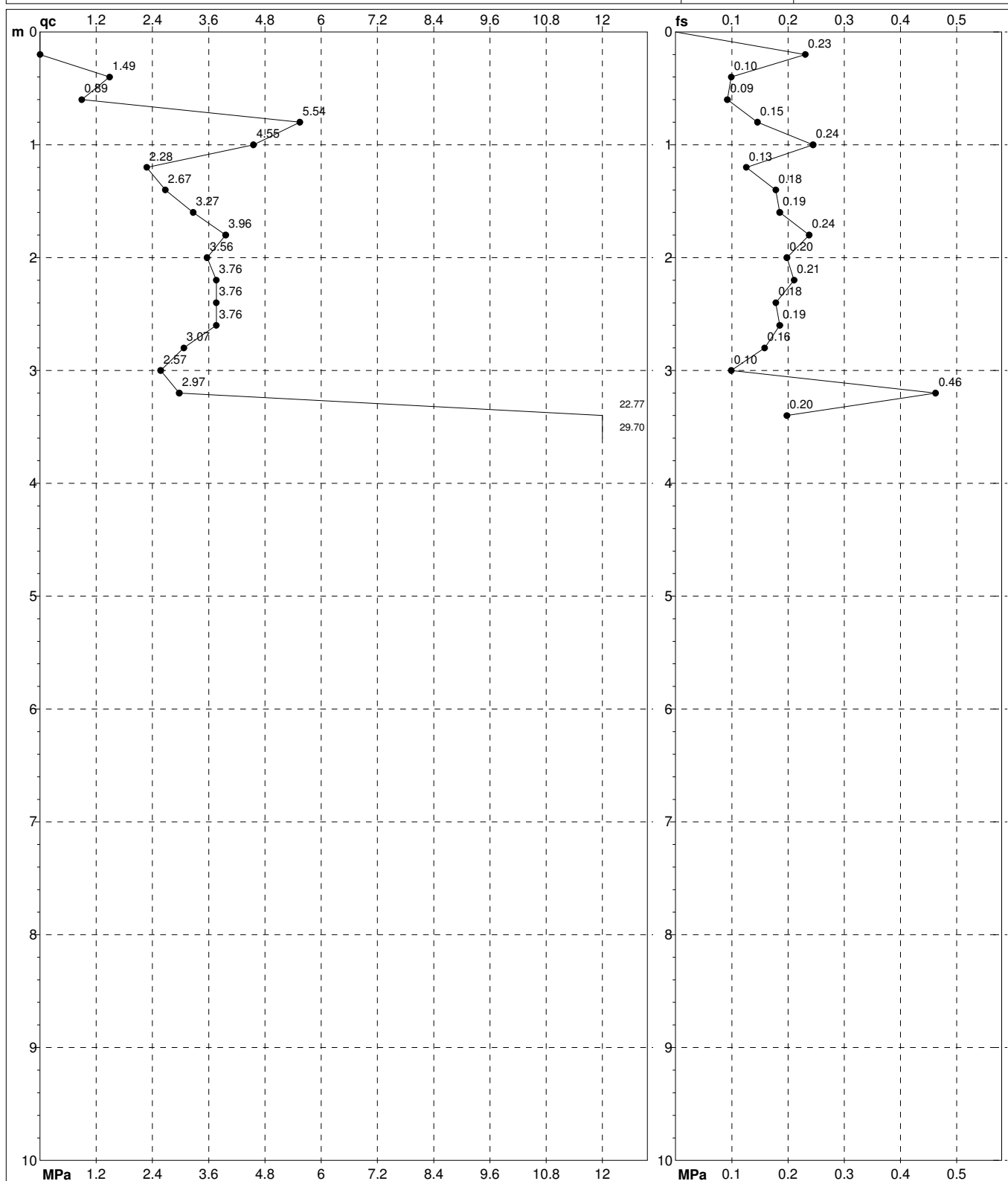
U.M.: **MPa**
 Scala: **1:50**
 Pagina **1**
 Elaborato

Data esec. **06/05/2020**

Quota inizio:

Falda

Non rilevata



Penetrometro: SP100

Responsabile:

Assistente:

preforo m

Corr.astine: kN/ml

Cod. tip:

FON111

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

4

Riferimento

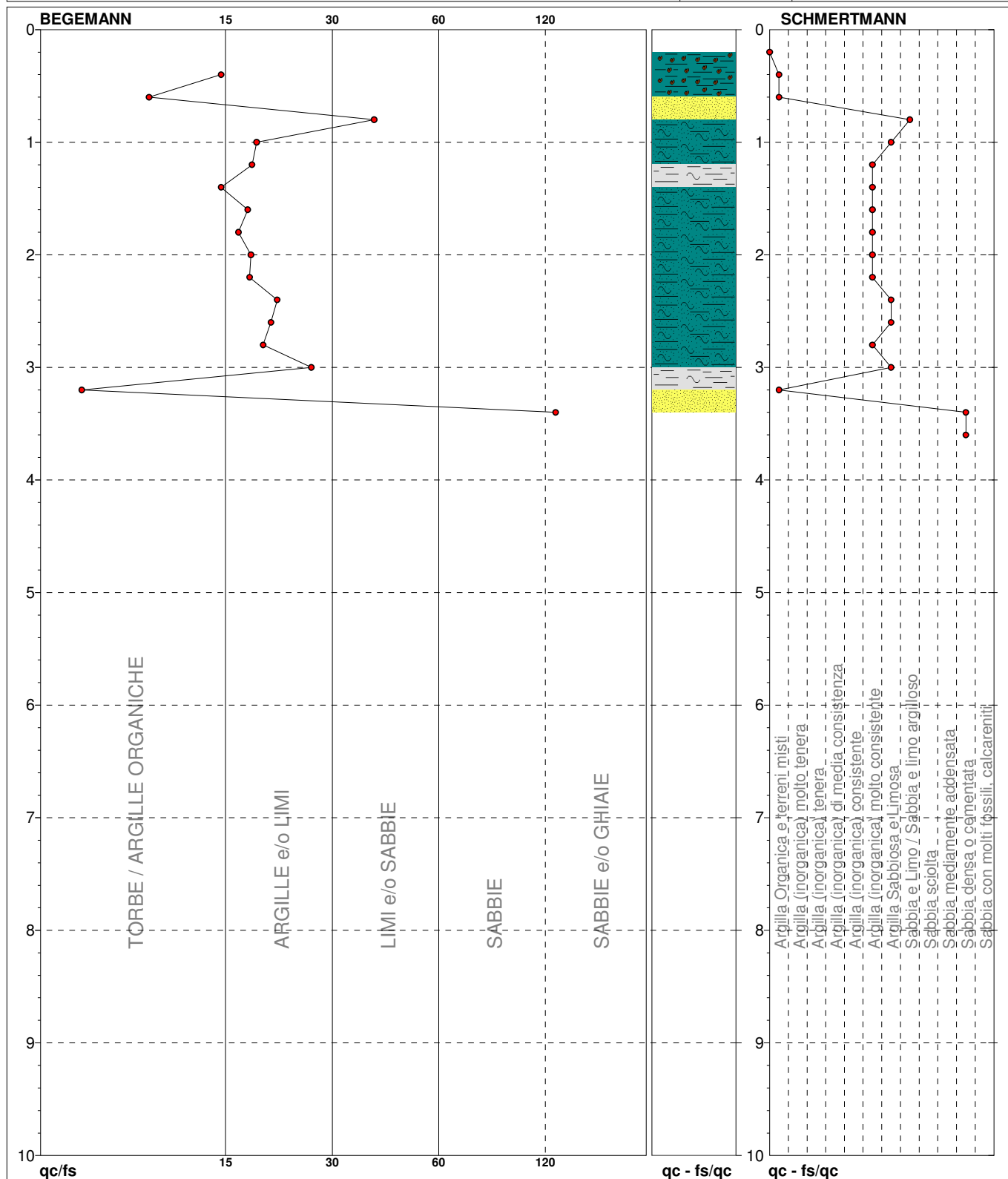
075-2020

Committente **Studio tecnico**
Cantiere **Studio terreno di fondazione**
Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:50**
Pagina **1**
Elaborato

Data esec. **06/05/2020**

Falda **Non rilevata**



TORBE / ARGILLE OR	5 punti, 27.78%	Argilla Organica e terreni misti	3 punti, 16.67%	Argilla Sabbiosa e Limosa	4 punti, 22.22%
ARGILLE e/o LIMI	10 punti, 55.56%	Argilla (inorganica) molto consistente	7 punti, 38.89%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	1 punti, 5.56%
LIMI e/o SABBIE	1 punti, 5.56%			Sabbia densa o cementata	1 punti, 5.56%
SABBIE	1 punti, 5.56%				

FON111

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**4**

Riferimento

075-2020

Committente **Studio tecnico**
 Cantiere **Studio terreno di fondazione**
 Località **Fiorano -Florim Ceramiche s.p.a.**

U.M.: **MPa**Data esec. **06/05/2020**
 Pagina **1**
 Elaborato
Falda **Non rilevata**

							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/m³	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	???	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	1.47	15.00	2	1.85	7.3	154	65.3	98.0	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	0.88	9.68	2	1.85	10.9	127	44.1	36.1	7.5	11.2	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	5.49	38.10	3	1.85	14.5	252	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	4.51	18.62	4	1.85	18.1	234	150.3	88.3	25.5	38.3	13.5	99	43	39	37	34	43	31	9.1	13.7	16.5	--	--
1.20	2.25	18.11	4	1.85	21.8	180	85.1	34.5	14.5	21.7	6.8	86	42	37	34	32	41	31	7.5	11.3	13.5	--	--
1.40	2.65	15.00	4	1.85	25.4	192	92.8	31.8	15.8	23.7	7.9	58	38	33	30	28	37	28	3.8	5.6	6.8	--	--
1.60	3.23	17.65	4	1.85	29.0	207	107.8	32.4	18.3	27.5	9.7	60	38	33	30	28	37	28	4.4	6.6	7.9	--	--
1.80	3.92	16.67	4	1.85	32.6	222	130.7	35.6	22.2	33.3	11.8	64	39	33	30	28	38	29	5.4	8.1	9.7	--	--
2.00	3.53	18.00	4	1.85	36.3	214	117.6	27.3	20.0	30.0	10.6	67	39	34	31	29	38	30	6.5	9.8	11.8	--	--
2.20	3.72	17.84	4	1.85	39.9	218	124.1	26.0	21.1	31.7	11.2	61	39	32	29	27	37	30	5.9	8.8	10.6	--	--
2.40	3.72	21.11	4	1.85	43.5	218	124.1	23.3	21.1	31.7	11.2	61	39	32	29	27	36	30	6.2	9.3	11.2	--	--
2.60	3.72	20.32	4	1.85	47.1	218	124.1	21.1	21.1	31.7	11.2	57	38	31	29	27	36	30	6.2	9.3	11.2	--	--
2.80	3.04	19.38	4	1.85	50.8	202	101.3	14.9	17.2	25.8	9.1	48	37	30	27	25	34	29	5.1	7.6	9.1	--	--
3.00	2.55	26.00	4	1.85	54.4	189	91.0	11.9	15.5	23.2	7.6	40	36	29	26	24	33	28	4.2	6.4	7.6	--	--
3.20	2.94	6.42	4	1.85	58.0	199	98.0	12.1	16.7	25.0	8.8	43	36	29	26	25	33	29	4.9	7.4	8.8	--	--
3.40	22.54	115.00	3	1.85	61.6	430	--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	43	39	37.6	56.4	67.6	--	--
3.60	29.40	--	3	1.85	65.3	475	--	--	--	--	--	100	43	40	38	35	43	40	49.0	73.5	88.2	--	--

ALLEGATO 3

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=30 \text{ cm}$, punta conica
 ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8 \text{ mm}$, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo
 precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5 \text{ kg}$, altezza caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=20\text{-}30 \text{ cm}$, punta conica
 conica ($\alpha = 60^\circ\text{-}90^\circ$) diametro $D = 50.5 \text{ mm}$, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango
 bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd}	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao \text{ e } Whitman 1986)$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

$ER/60$	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_s	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981). Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cm²) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago). Coesione non drenata C_u (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 08/05/2020
 Profondità prova 14.20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.41	0.48
0.80	1	0.843	8.13	9.64	0.41	0.48
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.40	0.48
1.20	1	0.836	8.06	9.64	0.40	0.48
1.40	1	0.833	8.03	9.64	0.40	0.48
1.60	1	0.830	7.39	8.91	0.37	0.45
1.80	1	0.826	7.36	8.91	0.37	0.45
2.00	1	0.823	7.34	8.91	0.37	0.45
2.20	1	0.820	7.31	8.91	0.37	0.45
2.40	1	0.817	7.28	8.91	0.36	0.45
2.60	1	0.814	6.74	8.28	0.34	0.41
2.80	1	0.811	6.72	8.28	0.34	0.41
3.00	1	0.809	6.70	8.28	0.33	0.41
3.20	1	0.806	6.68	8.28	0.33	0.41
3.40	1	0.803	6.65	8.28	0.33	0.41
3.60	1	0.801	6.20	7.74	0.31	0.39
3.80	1	0.798	6.18	7.74	0.31	0.39
4.00	26	0.696	139.99	201.12	7.00	10.06
4.20	26	0.694	139.52	201.12	6.98	10.06
4.40	18	0.741	103.24	139.24	5.16	6.96
4.60	14	0.739	75.10	101.60	3.76	5.08
4.80	13	0.737	69.54	94.34	3.48	4.72
5.00	11	0.785	62.67	79.83	3.13	3.99
5.20	16	0.733	85.11	116.11	4.26	5.81
5.40	12	0.781	68.02	87.08	3.40	4.35
5.60	19	0.729	94.68	129.85	4.73	6.49
5.80	11	0.777	58.43	75.18	2.92	3.76
6.00	15	0.725	74.37	102.51	3.72	5.13
6.20	32	0.624	136.40	218.69	6.82	10.93
6.40	18	0.722	88.82	123.01	4.44	6.15
6.60	17	0.720	79.08	109.78	3.95	5.49
6.80	16	0.719	74.26	103.33	3.71	5.17
7.00	17	0.717	78.73	109.78	3.94	5.49
7.20	22	0.666	94.57	142.07	4.73	7.10
7.40	23	0.664	98.65	148.53	4.93	7.43
7.60	43	0.563	148.10	263.20	7.41	13.16
7.80	22	0.661	89.05	134.66	4.45	6.73
8.00	29	0.660	117.14	177.50	5.86	8.88
8.20	37	0.609	137.82	226.47	6.89	11.32

8.40	16	0.707	69.26	97.93	3.46	4.90
8.60	29	0.656	110.66	168.70	5.53	8.44
8.80	43	0.555	138.76	250.14	6.94	12.51
9.00	32	0.603	112.34	186.15	5.62	9.31
9.20	29	0.652	110.04	168.70	5.50	8.44
9.40	26	0.651	98.48	151.25	4.92	7.56
9.60	28	0.650	100.86	155.19	5.04	7.76
9.80	24	0.649	86.30	133.02	4.32	6.65
10.00	55	0.548	166.96	304.83	8.35	15.24
10.20	24	0.647	86.01	133.02	4.30	6.65
10.40	24	0.646	85.87	133.02	4.29	6.65
10.60	15	0.694	55.13	79.39	2.76	3.97
10.80	21	0.643	71.51	111.14	3.58	5.56
11.00	29	0.642	98.59	153.48	4.93	7.67
11.20	37	0.591	115.79	195.82	5.79	9.79
11.40	39	0.540	111.51	206.40	5.58	10.32
11.60	34	0.589	101.45	172.17	5.07	8.61
11.80	34	0.588	101.28	172.17	5.06	8.61
12.00	38	0.587	112.99	192.43	5.65	9.62
12.20	28	0.636	90.20	141.79	4.51	7.09
12.40	30	0.635	96.49	151.92	4.82	7.60
12.60	43	0.534	111.50	208.73	5.57	10.44
12.80	54	0.533	139.75	262.13	6.99	13.11
13.00	48	0.532	123.98	233.01	6.20	11.65
13.20	51	0.531	131.47	247.57	6.57	12.38
13.40	45	0.530	115.78	218.44	5.79	10.92
13.60	43	0.529	106.02	200.44	5.30	10.02
13.80	44	0.528	108.27	205.10	5.41	10.26
14.00	42	0.527	103.14	195.78	5.16	9.79
14.20	60	0.526	147.03	279.68	7.35	13.98

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.8	1	8.98	Coesivo	0	1.66	1.86	0.32	1.47	1.47	ARGILLA
7.4	18.11	126.84	Incoerente	0	2.17	2.07	1.02	1.47	26.62	GHIAIA
14.2	35.18	185.63	Incoerente	0	2.29	2.17	2.19	1.47	51.71	GHIAIA

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - ARGILLA	1.47	3.80	0.09	0.18	0.00	0.06	0.14	0.27	0.14	0.55	0.07	0.00	0.18

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
--	------	------------------	--------------	--------------------------

[1] - ARGILLA	1.47	3.80	Robertson (1983)	2.94
---------------	------	------	------------------	------

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - ARGILLA	1.47	3.80	6.74	22.05	16.79	18.38

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - ARGILLA	1.47	3.80	-3.50	14.70

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - ARGILLA	1.47	3.80	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - ARGILLA	1.47	3.80	Meyerhof	1.52

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - ARGILLA	1.47	3.80	Meyerhof	1.85

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	45.16	82.58	81.7	59.87
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	48.41	88.82	91.89	81.83

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	34.61	27.61	35.45	30.27	38.88	39.56	32-35	34.98	34.99	43.77	38.07
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	41.77	34.77	42.48	29.69	42.56	40.43	>38	42.85	42.51	45.12	47.16

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Apollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	368.28	212.96	314.82	379.65	208.10
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	513.28	413.68	610.88	567.83	333.55

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	159.72	82.14	189.00	156.73
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	310.26	133.68	367.14	268.63

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
--------------	-------	-------	-------	-----------------------	--------------------

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	Terzaghi-Peck 1948	1.67
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	Terzaghi-Peck 1948	1.86

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturato (t/m³)
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	Terzaghi-Peck 1948	2.04
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	Terzaghi-Peck 1948	2.16

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	(A.G.I.)	0.3
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	(A.G.I.)	0.25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	1421.05	928.35
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	2652.61	1392.85

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	Navfac 1971-1982	5.12
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	Navfac 1971-1982	8.43

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - GHIAIA	26.62	7.40	26.62	Robertson 1983	53.24
[3] - GHIAIA	51.71	14.20	51.71	Robertson 1983	103.42

PROVA ... Nr.2

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

08/05/2020

Profondità prova

15.20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.41	0.48
0.80	1	0.843	8.13	9.64	0.41	0.48
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.40	0.48
1.20	1	0.836	8.06	9.64	0.40	0.48
1.40	1	0.833	8.03	9.64	0.40	0.48
1.60	1	0.830	7.39	8.91	0.37	0.45
1.80	1	0.826	7.36	8.91	0.37	0.45
2.00	1	0.823	7.34	8.91	0.37	0.45
2.20	1	0.820	7.31	8.91	0.37	0.45
2.40	1	0.817	7.28	8.91	0.36	0.45
2.60	1	0.814	6.74	8.28	0.34	0.41
2.80	1	0.811	6.72	8.28	0.34	0.41
3.00	1	0.809	6.70	8.28	0.33	0.41
3.20	1	0.806	6.68	8.28	0.33	0.41
3.40	1	0.803	6.65	8.28	0.33	0.41
3.60	1	0.801	6.20	7.74	0.31	0.39
3.80	17	0.748	98.42	131.50	4.92	6.58
4.00	27	0.696	145.37	208.86	7.27	10.44
4.20	26	0.694	139.52	201.12	6.98	10.06
4.40	26	0.691	139.06	201.12	6.95	10.06
4.60	15	0.739	80.47	108.85	4.02	5.44
4.80	14	0.737	74.89	101.60	3.74	5.08
5.00	16	0.735	85.34	116.11	4.27	5.81
5.20	13	0.733	69.15	94.34	3.46	4.72
5.40	17	0.731	90.19	123.37	4.51	6.17
5.60	21	0.679	97.47	143.52	4.87	7.18
5.80	15	0.727	74.55	102.51	3.73	5.13
6.00	19	0.725	94.20	129.85	4.71	6.49
6.20	12	0.774	63.45	82.01	3.17	4.10
6.40	13	0.722	64.15	88.84	3.21	4.44
6.60	10	0.770	49.75	64.58	2.49	3.23
6.80	19	0.719	88.19	122.70	4.41	6.13
7.00	19	0.717	88.00	122.70	4.40	6.13
7.20	15	0.716	69.32	96.87	3.47	4.84
7.40	23	0.664	98.65	148.53	4.93	7.43
7.60	33	0.613	123.76	201.99	6.19	10.10
7.80	40	0.561	137.42	244.83	6.87	12.24
8.00	41	0.560	140.51	250.96	7.03	12.55
8.20	18	0.709	78.07	110.18	3.90	5.51
8.40	17	0.707	73.59	104.05	3.68	5.20
8.60	8	0.756	35.18	46.54	1.76	2.33
8.80	4	0.755	17.56	23.27	0.88	1.16
9.00	4	0.753	17.53	23.27	0.88	1.16
9.20	6	0.752	26.26	34.90	1.31	1.75
9.40	12	0.751	52.43	69.81	2.62	3.49
9.60	21	0.650	75.65	116.39	3.78	5.82
9.80	35	0.599	116.16	193.98	5.81	9.70
10.00	25	0.648	89.75	138.56	4.49	6.93
10.20	32	0.597	105.81	177.36	5.29	8.87
10.40	29	0.646	103.75	160.73	5.19	8.04
10.60	29	0.644	98.91	153.48	4.95	7.67
10.80	26	0.643	88.53	137.60	4.43	6.88
11.00	21	0.642	71.39	111.14	3.57	5.56
11.20	31	0.591	97.01	164.06	4.85	8.20
11.40	33	0.590	103.09	174.65	5.15	8.73
11.60	51	0.539	139.26	258.26	6.96	12.91
11.80	57	0.538	155.35	288.64	7.77	14.43
12.00	40	0.537	108.81	202.55	5.44	10.13
12.20	34	0.586	100.93	172.17	5.05	8.61

12.40	18	0.685	62.45	91.15	3.12	4.56
12.60	32	0.584	90.74	155.34	4.54	7.77
12.80	27	0.633	82.98	131.07	4.15	6.55
13.00	46	0.532	118.82	223.30	5.94	11.16
13.20	11	0.731	39.04	53.40	1.95	2.67
13.40	7	0.730	24.81	33.98	1.24	1.70
13.60	9	0.729	30.58	41.95	1.53	2.10
13.80	9	0.728	30.54	41.95	1.53	2.10
14.00	12	0.727	40.66	55.94	2.03	2.80
14.20	13	0.676	40.95	60.60	2.05	3.03
14.40	13	0.675	40.88	60.60	2.04	3.03
14.60	13	0.673	39.25	58.28	1.96	2.91
14.80	30	0.622	83.70	134.50	4.18	6.72
15.00	38	0.571	97.30	170.36	4.86	8.52
15.20	50	0.520	116.55	224.16	5.83	11.21

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.6	1	9.05	Coesivo	0	1.52	1.85	0.27	1.47	1.47	ARGILLA
8	20.5	140.31	Incoerente	0	2.09	2.01	1.01	1.47	30.14	GHIAIA
9.6	11.25	66.05	Coesivo	0	2.08	2.29	1.63	1.47	16.54	ARGILLA
13	33.29	172.59	Incoerente	0	2.23	2.16	2.18	1.47	48.94	GHIAIA
14.6	10.88	50.84	Coesivo	0	2.08	2.29	2.72	1.47	15.99	ARGILLA
15.2	39.33	176.34	Incoerente	0	2.27	2.17	2.96	1.47	57.82	GHIAIA

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	0.09	0.18	0.00	0.06	0.14	0.27	0.14	0.55	0.07	0.00	0.18
[3] - ARGILLA	16.54	9.60	1.12	2.07	1.00	0.65	1.63	1.98	1.42	1.76	0.83	1.53	2.07
[5] - ARGILLA	15.99	14.60	1.08	2.00	1.00	0.63	1.58	1.53	1.38	1.71	0.80	0.69	2.00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	Robertson (1983)	2.94
[3] - ARGILLA	16.54	9.60	Robertson (1983)	33.08
[5] - ARGILLA	15.99	14.60	Robertson (1983)	31.98

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	6.74	22.05	16.79	18.38
[3] - ARGILLA	16.54	9.60	75.89	--	170.49	165.40
[5] - ARGILLA	15.99	14.60	73.36	--	164.88	159.90

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	-3.50	14.70
[3] - ARGILLA	16.54	9.60	169.81	165.40
[5] - ARGILLA	15.99	14.60	163.49	159.90

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[3] - ARGILLA	16.54	9.60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[5] - ARGILLA	15.99	14.60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	Meyerhof	1.52
[3] - ARGILLA	16.54	9.60	Meyerhof	2.08
[5] - ARGILLA	15.99	14.60	Meyerhof	2.08

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	Meyerhof	1.85
[3] - ARGILLA	16.54	9.60	Meyerhof	2.29
[5] - ARGILLA	15.99	14.60	Meyerhof	2.29

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	48.29	88.24	87.02	63.65
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	47.19	86.59	89.63	79.48
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	45.07	83.48	89.59	87.66

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	35.61	28.61	36.44	30.5	39.7	40.35	32-35	36.26	36.04	44.91	39.55
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	40.98	33.98	41.7	29.61	42.4	40.12	35-38	42.09	41.68	44.69	46.29
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	43.52	36.52	44.19	29.22	42.69	39.69	>38	44.45	44.35	43.18	49.01

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	391.87	241.12	356.35	406.05	225.70
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	499.35	391.52	578.19	547.05	319.70
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	542.76	462.56	682.98	613.65	364.10

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	180.84	89.37	213.99	172.42
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	293.64	127.99	347.47	256.27
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	346.92	146.23	410.52	295.88

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	Terzaghi-Peck 1948	1.70

[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	Terzaghi-Peck 1948	1.85
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	Terzaghi-Peck 1948	1.90

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	Terzaghi-Peck 1948	2.06
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	Terzaghi-Peck 1948	2.15
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	Terzaghi-Peck 1948	2.18

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	(A.G.I.)	0.29
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	(A.G.I.)	0.26
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	(A.G.I.)	0.24

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	1597.01	1001.54
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	2518.82	1346.77
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	2946.23	1491.21

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	Navfac 1971-1982	5.63
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	Navfac 1971-1982	8.03
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	Navfac 1971-1982	9.47

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - GHIAIA	30.14	8.00	30.14	Robertson 1983	60.28
[4] - GHIAIA	48.94	13.00	48.94	Robertson 1983	97.88
[6] - GHIAIA	57.82	15.20	57.82	Robertson 1983	115.64

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI
 08/05/2020
 6.00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.41	0.48
0.80	1	0.843	8.13	9.64	0.41	0.48
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.40	0.48
1.20	1	0.836	8.06	9.64	0.40	0.48
1.40	1	0.833	8.03	9.64	0.40	0.48
1.60	1	0.830	7.39	8.91	0.37	0.45
1.80	1	0.826	7.36	8.91	0.37	0.45
2.00	1	0.823	7.34	8.91	0.37	0.45
2.20	1	0.820	7.31	8.91	0.37	0.45
2.40	1	0.817	7.28	8.91	0.36	0.45
2.60	1	0.814	6.74	8.28	0.34	0.41
2.80	1	0.811	6.72	8.28	0.34	0.41
3.00	1	0.809	6.70	8.28	0.33	0.41
3.20	1	0.806	6.68	8.28	0.33	0.41
3.40	1	0.803	6.65	8.28	0.33	0.41
3.60	1	0.801	6.20	7.74	0.31	0.39
3.80	10	0.798	61.76	77.36	3.09	3.87
4.00	11	0.796	67.73	85.09	3.39	4.25
4.20	9	0.794	55.26	69.62	2.76	3.48
4.40	19	0.741	108.97	146.97	5.45	7.35
4.60	18	0.739	96.56	130.62	4.83	6.53
4.80	11	0.787	62.83	79.83	3.14	3.99
5.00	11	0.785	62.67	79.83	3.13	3.99
5.20	23	0.683	114.00	166.91	5.70	8.35
5.40	18	0.731	95.49	130.62	4.77	6.53
5.60	19	0.729	94.68	129.85	4.73	6.49
5.80	24	0.677	111.09	164.02	5.55	8.20
6.00	80	0.575	314.63	546.73	15.73	27.34

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.6	1	9.05	Coesivo	0	1.52	1.85	0.27	1.47	1.47	ARGILLA
6	21.08	150.62	Incoerente	0	2.14	2.05	0.8	1.47	30.99	GHIACCIA

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	0.09	0.18	0.00	0.06	0.14	0.27	0.14	0.55	0.07	0.00	0.18

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	Robertson (1983)	2.94

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e	Buisman-Sanglerat
--	------	------------------	------------------------	--------------	--------------------------------	-------------------

					Gardner	
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	6.74	22.05	16.79	18.38

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	-3.50	14.70

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	Meyerhof	1.52

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	Meyerhof	1.85

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	51.98	95.32	93.55	64.49

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	35.85	28.85	36.68	31.04	39.88	41.34	32-35	36.56	36.3	45.92	39.9

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	397.36	247.92	366.38	412.42	229.95

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	185.94	91.12	220.03	176.22

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	Terzaghi-Peck 1948	1.71

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)

[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	Terzaghi-Peck 1948	2.06
--------------	-------	------	-------	--------------------	------

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	1639.31	1018.70

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	Navfac 1971-1982	5.75

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - GHIAIA	30.99	6.00	30.99	Robertson 1983	61.98

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI
 08/05/2020
 14.00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.41	0.48
0.80	1	0.843	8.13	9.64	0.41	0.48
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.40	0.48
1.20	1	0.836	8.06	9.64	0.40	0.48
1.40	1	0.833	8.03	9.64	0.40	0.48
1.60	1	0.830	7.39	8.91	0.37	0.45
1.80	1	0.826	7.36	8.91	0.37	0.45
2.00	1	0.823	7.34	8.91	0.37	0.45
2.20	1	0.820	7.31	8.91	0.37	0.45
2.40	1	0.817	7.28	8.91	0.36	0.45
2.60	1	0.814	6.74	8.28	0.34	0.41
2.80	1	0.811	6.72	8.28	0.34	0.41
3.00	1	0.809	6.70	8.28	0.33	0.41
3.20	1	0.806	6.68	8.28	0.33	0.41
3.40	1	0.803	6.65	8.28	0.33	0.41
3.60	1	0.801	6.20	7.74	0.31	0.39
3.80	27	0.698	145.87	208.86	7.29	10.44
4.00	14	0.746	80.79	108.30	4.04	5.41
4.20	16	0.744	92.05	123.77	4.60	6.19
4.40	20	0.741	114.71	154.71	5.74	7.74
4.60	32	0.639	148.44	232.22	7.42	11.61
4.80	26	0.687	129.64	188.68	6.48	9.43
5.00	19	0.735	101.35	137.88	5.07	6.89
5.20	17	0.733	90.43	123.37	4.52	6.17
5.40	10	0.781	56.68	72.57	2.83	3.63
5.60	3	0.779	15.97	20.50	0.80	1.03
5.80	9	0.777	47.81	61.51	2.39	3.08
6.00	14	0.725	69.41	95.68	3.47	4.78
6.20	17	0.724	84.08	116.18	4.20	5.81
6.40	24	0.672	110.22	164.02	5.51	8.20
6.60	19	0.720	88.39	122.70	4.42	6.13
6.80	17	0.719	78.91	109.78	3.95	5.49
7.00	17	0.717	78.73	109.78	3.94	5.49
7.20	21	0.666	90.27	135.61	4.51	6.78
7.40	22	0.664	94.36	142.07	4.72	7.10
7.60	22	0.663	89.24	134.66	4.46	6.73
7.80	7	0.761	32.62	42.85	1.63	2.14
8.00	5	0.760	23.26	30.60	1.16	1.53
8.20	6	0.759	27.86	36.73	1.39	1.84
8.40	7	0.757	32.45	42.85	1.62	2.14
8.60	7	0.756	30.78	40.72	1.54	2.04
8.80	7	0.755	30.73	40.72	1.54	2.04
9.00	9	0.753	39.45	52.36	1.97	2.62
9.20	9	0.752	39.39	52.36	1.97	2.62
9.40	10	0.751	43.69	58.17	2.18	2.91
9.60	13	0.700	50.43	72.05	2.52	3.60
9.80	22	0.649	79.11	121.93	3.96	6.10
10.00	19	0.698	73.47	105.31	3.67	5.27
10.20	35	0.597	115.73	193.98	5.79	9.70
10.40	31	0.596	102.32	171.81	5.12	8.59
10.60	26	0.644	88.68	137.60	4.43	6.88
10.80	38	0.593	119.34	201.11	5.97	10.06
11.00	30	0.642	101.98	158.77	5.10	7.94
11.20	64	0.541	183.34	338.71	9.17	16.94
11.40	56	0.540	160.12	296.37	8.01	14.82
11.60	38	0.589	113.39	192.43	5.67	9.62
11.80	46	0.538	125.37	232.94	6.27	11.65
12.00	50	0.537	136.02	253.19	6.80	12.66
12.20	43	0.536	116.75	217.75	5.84	10.89
12.40	47	0.535	127.37	238.00	6.37	11.90
12.60	46	0.534	119.28	223.30	5.96	11.16

12.80	48	0.533	124.22	233.01	6.21	11.65
13.00	56	0.532	144.65	271.84	7.23	13.59
13.20	16	0.681	52.90	77.67	2.64	3.88
13.40	49	0.530	126.07	237.86	6.30	11.89
13.60	49	0.529	120.82	228.41	6.04	11.42
13.80	48	0.528	118.11	223.75	5.91	11.19
14.00	50	0.527	122.78	233.07	6.14	11.65

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.6	1	9.05	Coesivo	0	1.52	1.85	0.27	1.47	1.47	ARGILLA
7.6	18.3	128.14	Incoerente	0	2.1	2.02	0.97	1.47	26.9	GHIAIA
9.6	8	46.94	Coesivo	0	2.01	2.21	1.59	1.47	11.76	ARGILLA
13.8	40.81	207.42	Incoerente	0	2.29	2.17	2.27	1.47	59.99	GHIAIA

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	0.09	0.18	0.00	0.06	0.14	0.27	0.14	0.55	0.07	0.00	0.18
[3] - ARGILLA	11.76	9.60	0.79	1.47	0.50	0.47	1.16	1.41	1.03	1.35	0.59	0.72	1.47

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	Robertson (1983)	2.94
[3] - ARGILLA	11.76	9.60	Robertson (1983)	23.52

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	6.74	22.05	16.79	18.38
[3] - ARGILLA	11.76	9.60	53.96	--	121.74	117.60

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	-3.50	14.70
[3] - ARGILLA	11.76	9.60	114.84	117.60

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[3] - ARGILLA	11.76	9.60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	Meyerhof	1.52
[3] - ARGILLA	11.76	9.60	Meyerhof	2.01

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - ARGILLA	1.47	3.60	Meyerhof	1.85
[3] - ARGILLA	11.76	9.60	Meyerhof	2.21

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	46.14	84.35	83.29	60.19
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	51.33	94.38	97.73	90.04

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	34.69	27.69	35.53	30.41	38.95	39.81	32-35	35.09	35.07	44.06	38.19
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	44.14	37.14	44.8	29.85	42.67	41.21	>38	45	45	46.12	49.64

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	370.21	215.20	318.12	381.75	209.50
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	552.85	479.92	708.58	629.92	374.95

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	161.40	82.72	190.99	157.97
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	359.94	150.69	425.93	305.56

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	Terzaghi-Peck 1948	1.67
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	Terzaghi-Peck 1948	1.91

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	Terzaghi-Peck 1948	2.04
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	Terzaghi-Peck 1948	2.18

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	(A.G.I.)	0.3
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	(A.G.I.)	0.23

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e
--	------	------------------	----------------------------------	------------------------	---------------------------------

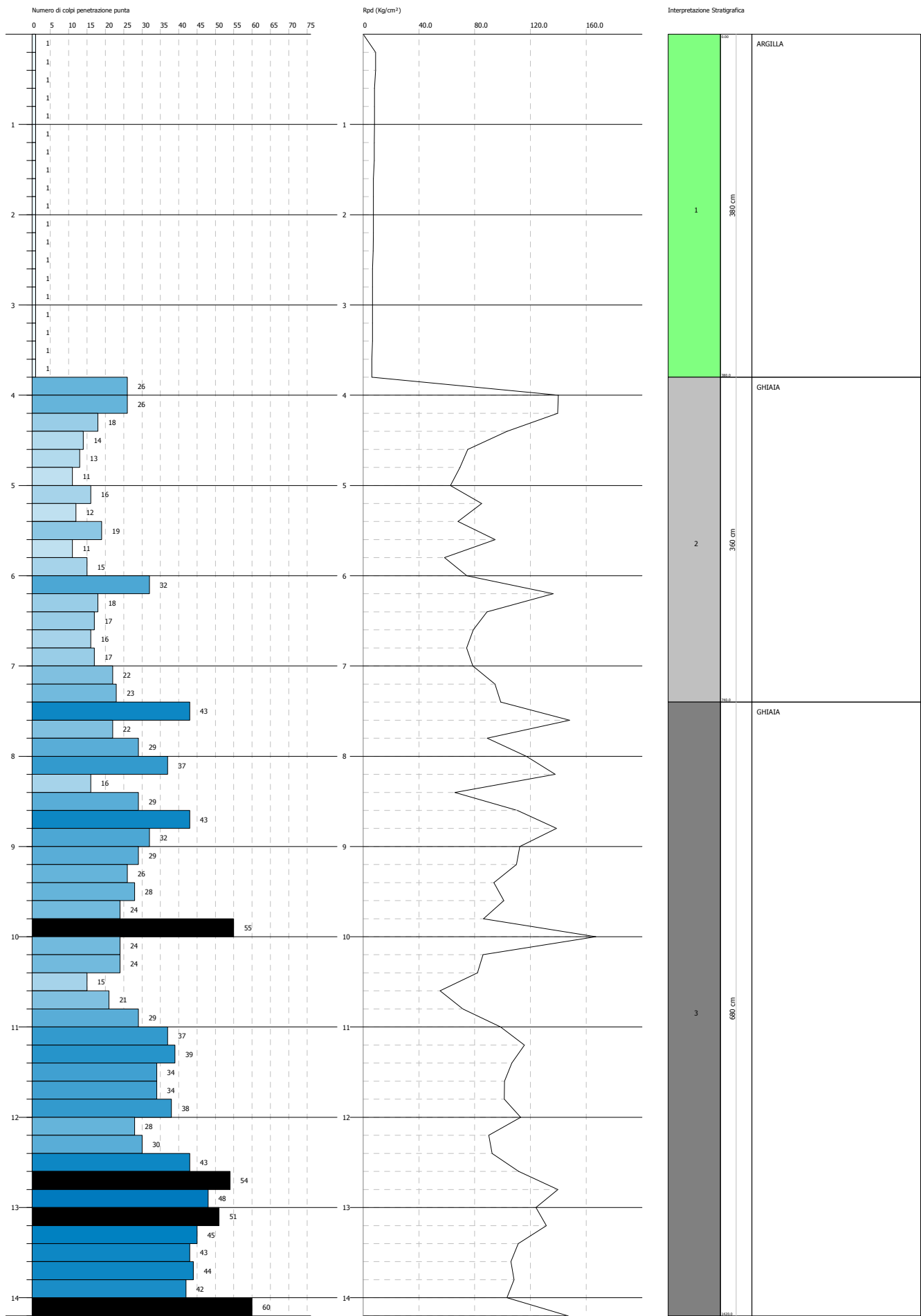
					Imai & Tonouchi (1982)
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	1435.09	934.30
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	3050.05	1525.16

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	Navfac 1971-1982	5.16
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	Navfac 1971-1982	9.91

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - GHIAIA	26.9	7.60	26.9	Robertson 1983	53.80
[4] - GHIAIA	59.99	13.80	59.99	Robertson 1983	119.98

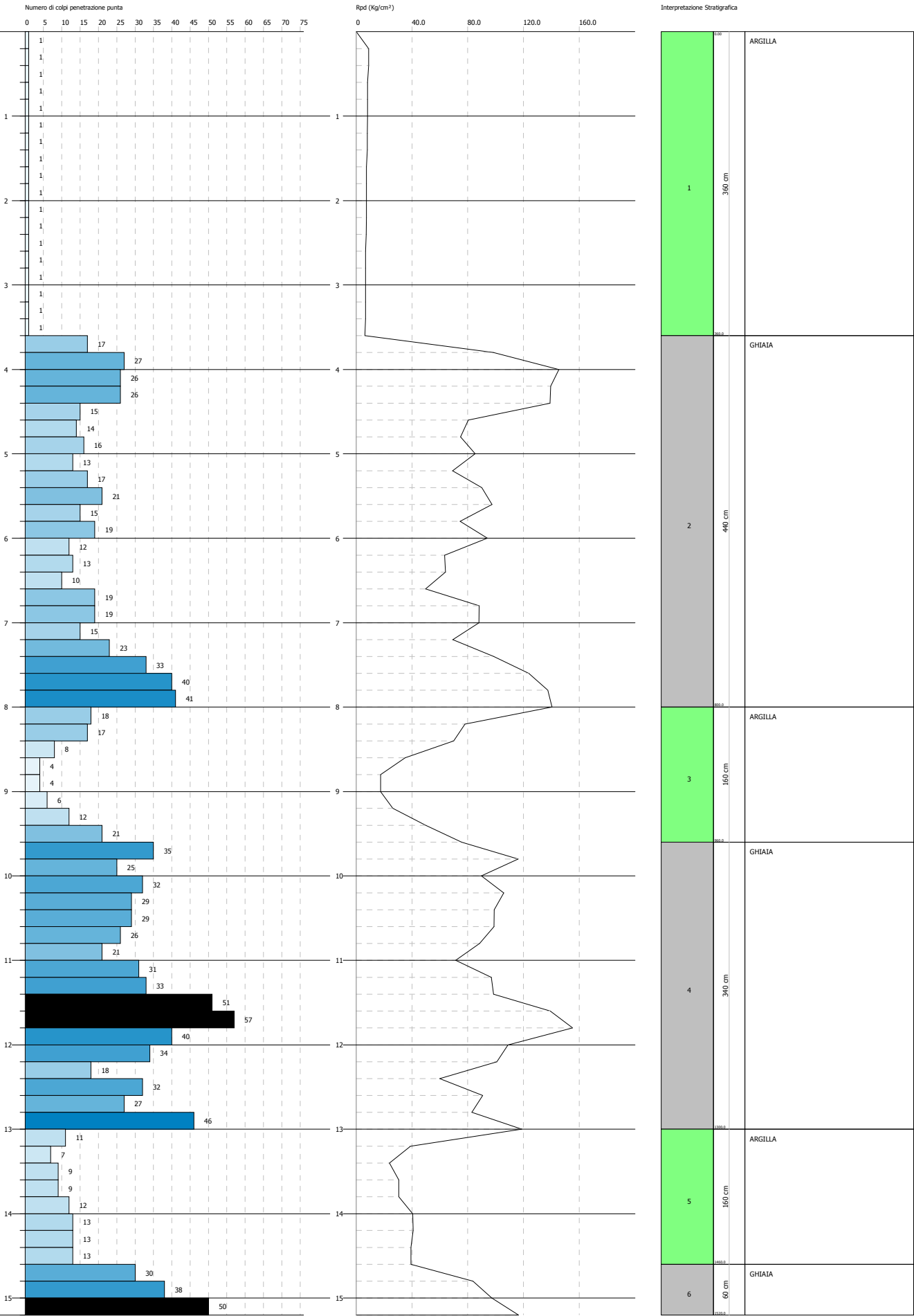


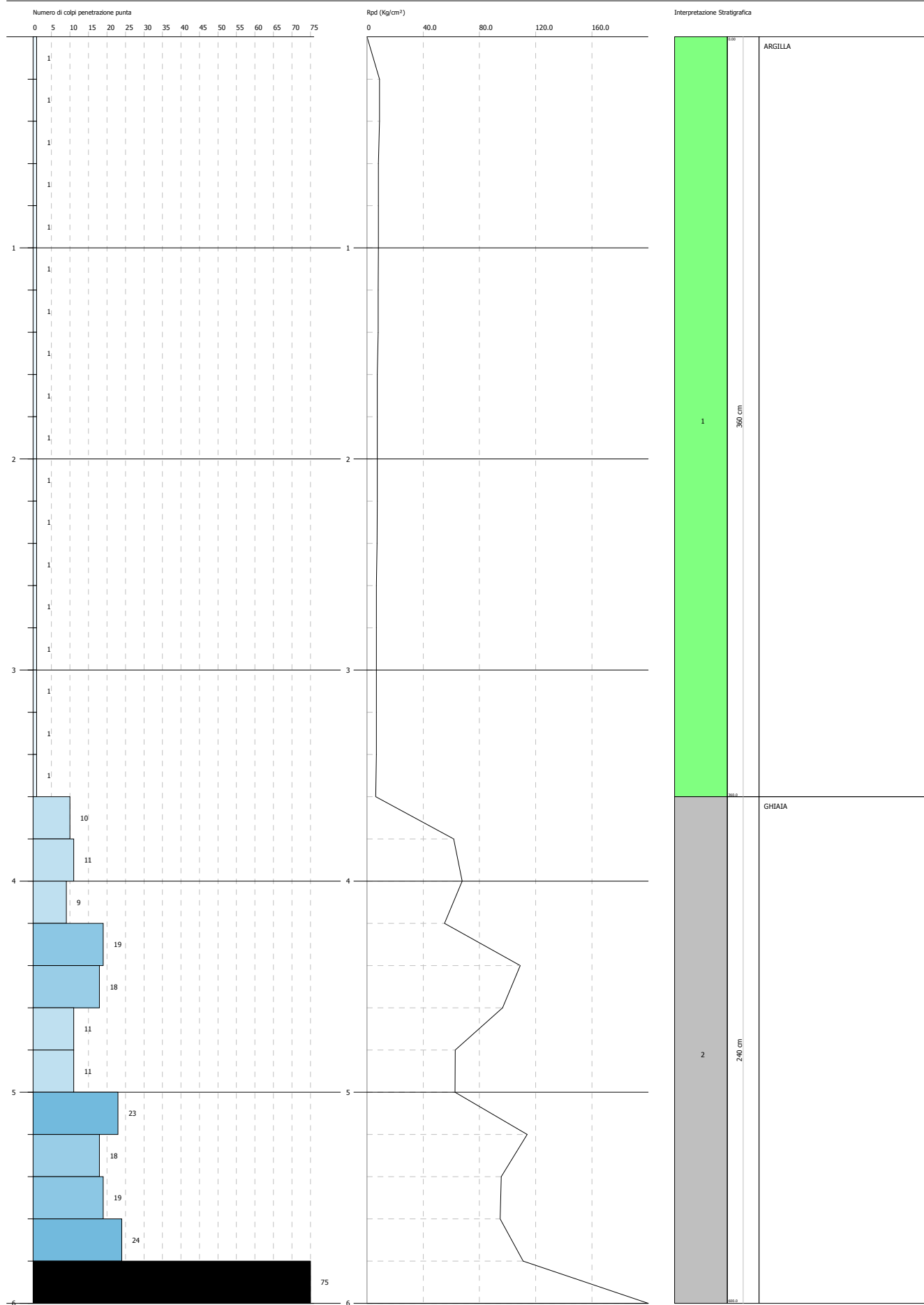
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 08/05/2020

Scala 1:62



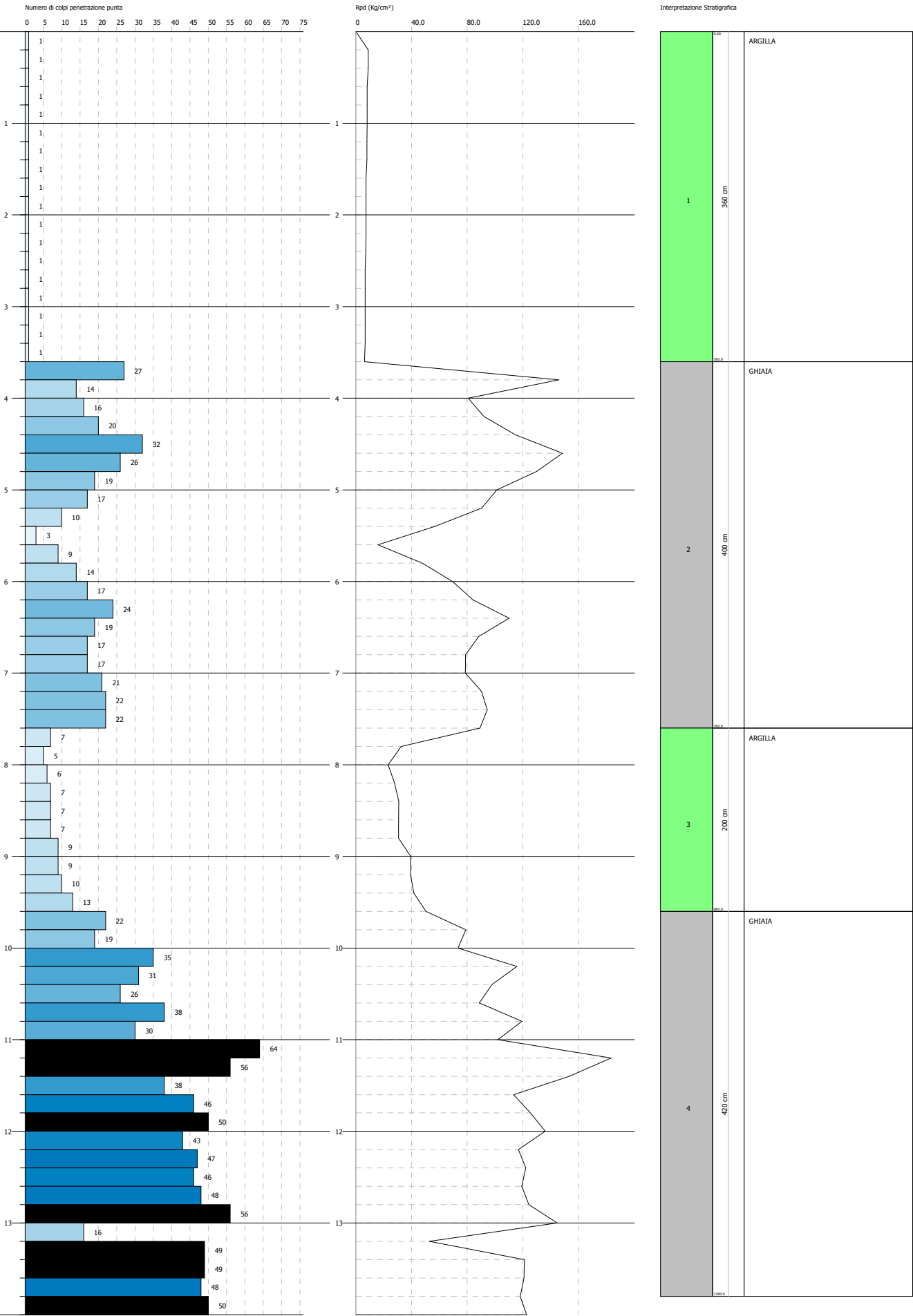


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 08/05/2020

Scala 1:57



ALLEGATO 4

PROVE PENETROMETRICHE SPT

PROVE SPT IN FORO

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.76 m
Peso sistema di battuta	4.2 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... sctpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M	prof. max indagine battente
------	----------------------	--------------------	-----------------------------

		(kg)	(m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

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

massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

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

massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd}	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ / N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa'/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao \text{ e } Whitman 1986)$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori

rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (– s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto

usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.

- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K₀)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con N_{spt} < 8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche
< 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u-N_{spt}-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con N_c = 20 e Q_c/N_{spt} = 2.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm^2)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
 08/05/2020

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
6.45	18
6.60	24
6.75	29

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	53	6.75	66.95	100	100	82.97

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	53	6.75	53	42.14	35.14	42.84	32.03	42.61	42	>38	43.2	42.9	50.78	47.56

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	53	6.75	53	519.65	424.00	626.10	577.50	340.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	53	6.75	53	318.00	136.33	376.30	274.38

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	53	6.75	53	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Strato	53	6.75	53	Terzaghi-Peck 1948	1.87

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
--	------	------------------	----------------------------------	--------------	---------------------------------

[1] - Strato	53	6.75	53	Terzaghi-Peck 1948	2.16
--------------	----	------	----	--------------------	------

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	53	6.75	53	(A.G.I.)	0.25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	53	6.75	53	2714.77	1413.98

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
08/05/2020

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
10.55	12
10.70	12
10.85	22

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	34	10.85	48.94	89.37	88.49	67.32

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	34	10.85	34	36.71	29.71	37.52	30.36	40.49	40.51	32-35	37.58	37.2	45.31	41.08

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	34	10.85	34	416.21	272.00	401.90	435.00	245.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	34	10.85	34	204.00	97.30	241.40	189.64

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	34	10.85	34	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	34	10.85	34	Terzaghi-Peck 1948	1.73

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	34	10.85	34	Terzaghi-Peck 1948	2.08

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	34	10.85	34	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	34	10.85	34	1788.56	1078.06

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
08/05/2020

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
15.95	38
16.10	50
16.25	50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	100	16.25	67.17	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	100	16.25	100	55.57	48.57	56	30.92	35.47	42	>38	53.73	57	51.48	59.72

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	100	16.25	100	713.79	800.00	1180.70	930.00	575.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	100	16.25	100	600.00	232.87	710.00	484.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	100	16.25	100	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	100	16.25	100	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	100	16.25	100	Terzaghi-Peck 1948	2.21

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	100	16.25	100	(A.G.I.)	0.15

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	100	16.25	100	4930.75	2084.06

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
08/05/2020

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
20.85	29
21.00	50
21.15	50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	100	21.15	61.26	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	100	21.15	100	55.57	48.57	56	30.35	35.47	42	>38	53.73	57	49.16	59.72

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	100	21.15	100	713.79	800.00	1180.70	930.00	575.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	100	21.15	100	600.00	232.87	710.00	484.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	100	21.15	100	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	100	21.15	100	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	100	21.15	100	Terzaghi-Peck 1948	2.21

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	100	21.15	100	(A.G.I.)	0.15

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	100	21.15	100	4930.75	2084.06

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
08/05/2020

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
26.15	30
26.30	41
26.45	50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	91	26.45	53.67	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	91	26.45	91	53	46	53.48	29.71	38.21	42	>38	51.95	54.3	45.82	57.66

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	91	26.45	91	680.91	728.00	1074.50	862.50	530.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	91	26.45	91	546.00	214.38	646.10	443.86

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	91	26.45	91	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	91	26.45	91	Terzaghi-Peck 1948	1.97

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	91	26.45	91	Terzaghi-Peck 1948	2.22

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	91	26.45	91	(A.G.I.)	0.17

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	91	26.45	91	4512.45	1967.36

PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO
08/05/2020

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
27.35	31
27.50	50
27.65	50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	100	27.65	55.03	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	100	27.65	100	55.57	48.57	56	29.77	35.47	42	>38	53.73	57	46.07	59.72

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	100	27.65	100	713.79	800.00	1180.70	930.00	575.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	100	27.65	100	600.00	232.87	710.00	484.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	100	27.65	100	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	100	27.65	100	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	100	27.65	100	Terzaghi-Peck 1948	2.21

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	100	27.65	100	(A.G.I.)	0.15

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	100	27.65	100	4930.75	2084.06

ALLEGATO 5

PROVE DI LABORATORIO

RAPPORTO DI PROVA N°: P00380 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 11/05/20

Inizio analisi: 08/05/20

Apertura campione: 08/05/2020

Fine analisi: 11/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

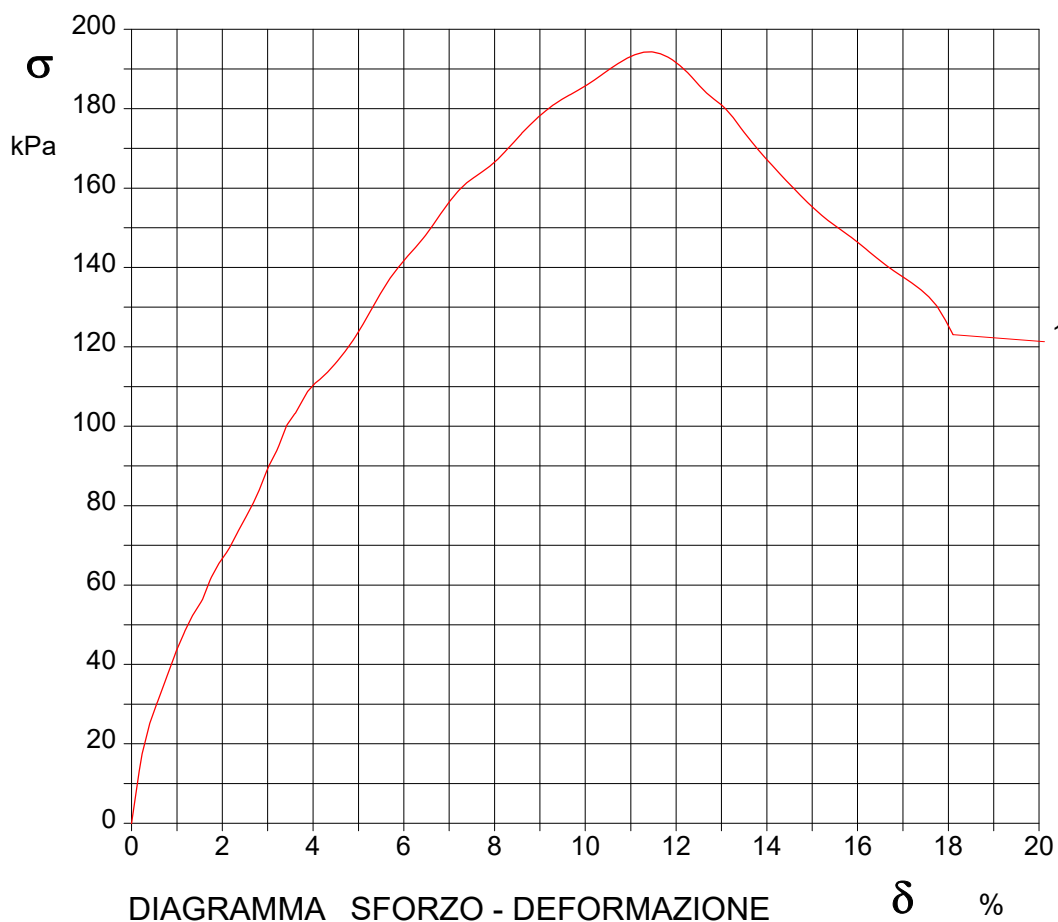
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.35 - 2.80

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D2166-00

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,60	-----	-----
Sezione (cm²):	11,40	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,2	-----	-----
Umidità naturale (%):	20,8	-----	-----
Deformazione a rottura (%):	11,49	-----	-----
Sforzo a rottura (kPa):	194,3	-----	-----



RAPPORTO DI PROVA N°: P00380	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 11/05/20	Inizio analisi: 08/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 08/05/2020	Fine analisi: 11/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.35 - 2.80

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D2166-00

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,23	17,5	12,35	187,9								
0,57	30,5	12,67	184,0								
0,78	37,0	13,09	180,0								
0,99	43,4	13,50	174,1								
1,18	48,5	13,81	169,7								
1,37	52,8	14,12	165,7								
1,56	56,4	14,43	161,9								
1,76	62,0	14,74	158,2								
2,16	69,5	15,04	154,9								
2,35	73,6	15,35	151,9								
2,81	84,0	15,85	147,7								
3,03	90,1	16,25	144,1								
3,25	95,2	16,64	140,4								
3,43	100,4	17,02	137,4								
3,61	103,3	17,41	134,3								
3,88	108,8	17,77	129,9								
4,15	111,8	18,18	121,3								
4,54	116,5										
4,93	122,6										
5,32	130,1										
5,70	137,3										
6,09	142,9										
6,48	148,1										
6,85	154,1										
7,22	159,6										
7,56	162,8										
7,91	165,6										
8,26	169,5										
8,61	173,8										
8,96	177,8										
9,32	181,1										
9,67	183,6										
10,03	185,9										
10,39	188,8										
10,76	191,6										
11,12	193,7										
11,49	194,3										
11,92	192,3										

RAPPORTO DI PROVA N°: P00381 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 11/05/20

Inizio analisi: 08/05/20

Apertura campione: 08/05/2020

Fine analisi: 11/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

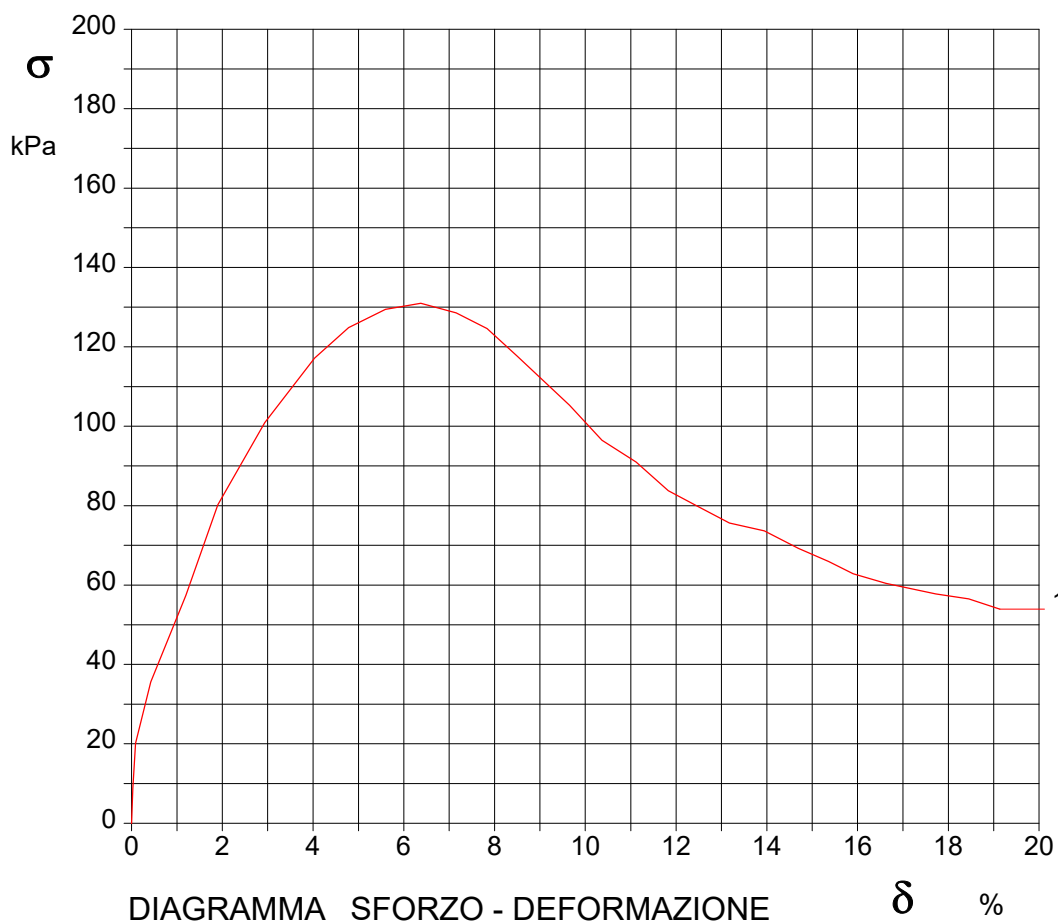
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.25 - 9.70

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D2166-00

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,60	-----	-----
Sezione (cm²):	11,40	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,2	-----	-----
Umidità naturale (%):	27,6	-----	-----
Deformazione a rottura (%):	6,37	-----	-----
Sforzo a rottura (kPa):	131,0	-----	-----



	PROVE PENETROMETRICHE SRL Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: info@provepenetrometriche.com www.provepenetrometriche.com	35.00
<u>ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)</u>		Pagina 1/4
RAPPORTO DI PROVA N. P00382 Committente: Geo Group srl Località: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim Cantiere: studio terreno Data prova: 08/05/2020 Data emissione rapporto di prova: 11/05/2020 Sondaggio n. 1 Campione n. 3 Profondità di prelievo: 13.10 – 13.60 m		
Attrezzatura utilizzata - N. 1 Cella Tecnotest TR206 costituita da materiale trasparente Perspex con cerchiature inox; - Macchine a compressione/trazione Tecnotest mod. TR115 (Pressa A s/n 10/115/02) – velocità di deformazione di 1 mm/min.; - Estrattore: in grado di estrarre il nucleo di terreno dall'eventuale tubo di campionamento nella stessa direzione in cui il campione è entrato nel tubo, a velocità uniforme, e con un disturbo trascurabile del campione; - Comparatore millesimale Mitutoyo Mod. ID-C125WB n. serie 11240459 da 25 mm, sensibilità 0.001 mm; - Fustellino porta-campione: dimensioni Ø 38.1 mm, altezza 76 mm; - Cella di Carico AEP mod. TCE n. serie 904832 da 5 KN; - Carta da filtro Whatman.		
Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni Altezza provino (mm): 76.0 Diametro provino (mm): 38.1		
Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento: - ASTM D 2166-00 "Standard test Method for Unconfined Compressive Strength of Coesive Soil".		
Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure Incertezza associata alle misure: 8,45%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (k=2) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.		

ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)

Pagina 2/4

RAPPORTO DI PROVA N. **P00382**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim**

Cantiere: **studio terreno**

Data prova: **08/05/2020**

Data emissione rapporto di prova: **11/05/2020**

Sondaggio n. **1** Campione n. **3**

Profondità di prelievo: **13.10 – 13.60 m**

Fotografia del campione in fase di rottura



RAPPORTO DI PROVA N°: P00382 Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 11/05/20

Inizio analisi: 08/05/20

Apertura campione: 08/05/2020

Fine analisi: 11/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

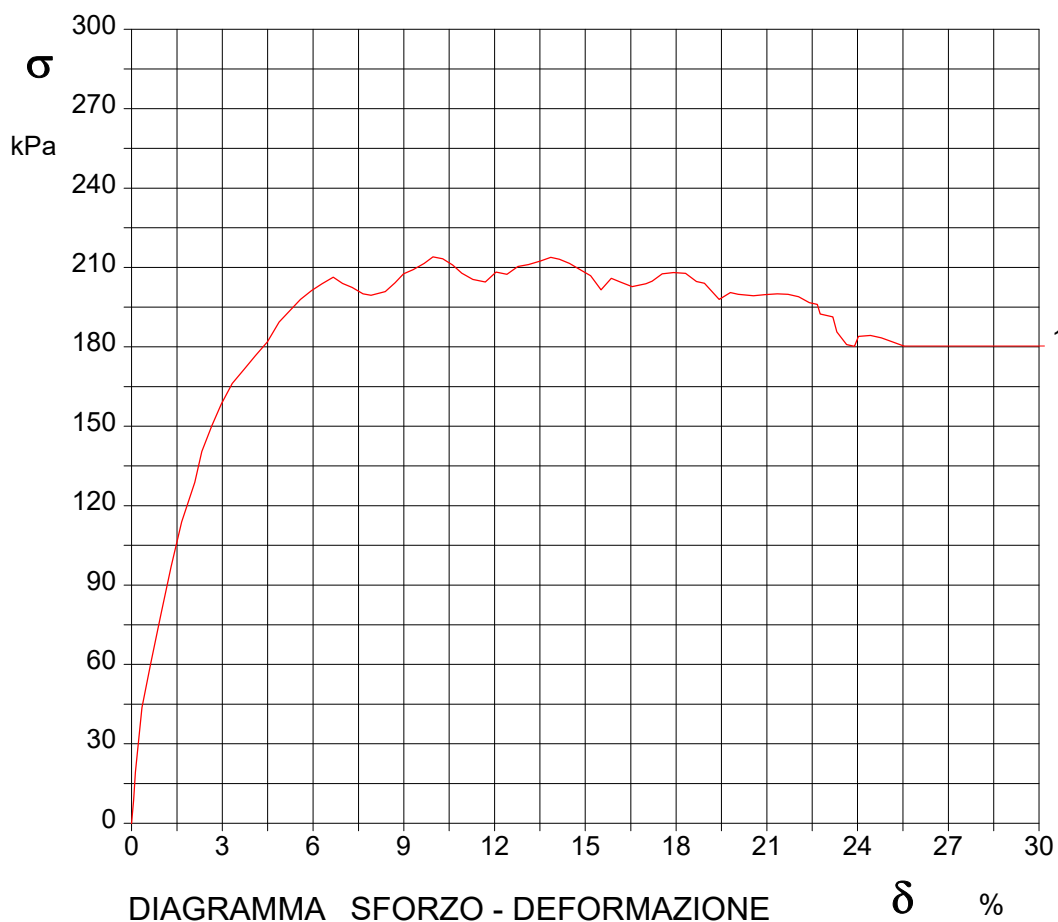
CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 13.10 - 13.60

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D2166-00

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,60	-----	-----
Sezione (cm²):	11,40	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	18,5	-----	-----
Umidità naturale (%):	27,3	-----	-----
Deformazione a rottura (%):	9,96	-----	-----
Sforzo a rottura (kPa):	214,0	-----	-----



RAPPORTO DI PROVA N°: P00382	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 11/05/20	Inizio analisi: 08/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 08/05/2020	Fine analisi: 11/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 13.10 - 13.60

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D2166-00

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,07	8,8	12,77	210,4								
0,12	19,3	13,12	211,1								
0,35	43,7	13,52	212,4								
0,63	60,1	13,85	213,8								
0,98	79,0	14,14	213,1								
1,31	97,0	14,48	211,5								
1,66	113,9	14,84	209,1								
2,09	128,8	15,17	206,8								
2,32	140,5	15,52	201,6								
2,66	150,3	15,86	205,9								
2,96	158,3	16,18	204,4								
3,33	166,2	16,54	202,8								
3,71	171,4	17,00	203,8								
4,09	176,7	17,21	204,8								
4,48	181,8	17,54	207,6								
4,88	189,4	17,92	208,1								
5,23	193,7	18,32	207,8								
5,58	197,9	18,68	204,7								
5,95	201,3	18,94	204,1								
6,30	203,8	19,43	197,9								
6,67	206,3	19,79	200,5								
6,97	204,0	20,06	199,8								
7,29	202,5	20,56	199,3								
7,65	200,1	20,94	199,7								
7,92	199,5	21,34	200,1								
8,39	200,9	21,70	199,8								
8,71	204,2	22,05	199,0								
8,99	207,5	22,40	196,7								
9,31	209,2	22,66	196,0								
9,67	211,5	22,76	192,4								
9,96	214,0	23,18	191,4								
10,28	213,3	23,31	185,6								
10,61	210,9	23,64	180,8								
10,92	207,8	23,90	180,2								
11,28	205,4	24,03	183,9								
11,70	204,5	24,43	184,3								
12,05	208,3	24,79	183,4								
12,41	207,4	25,53	180,3								

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 2.35 - 2.80

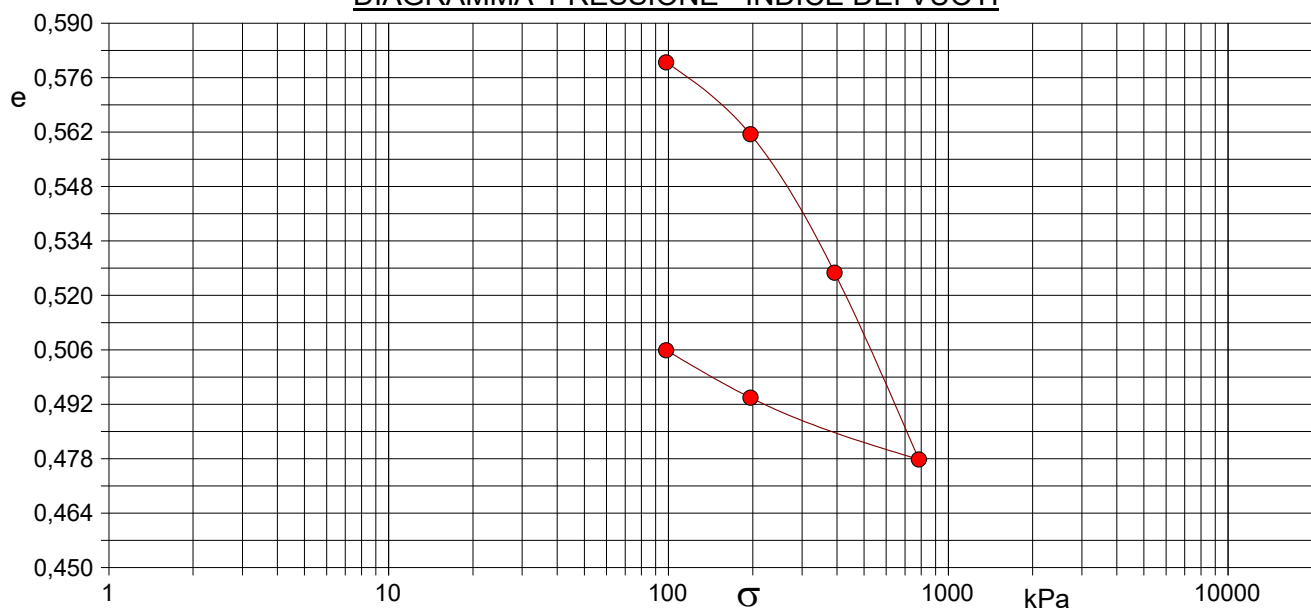
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

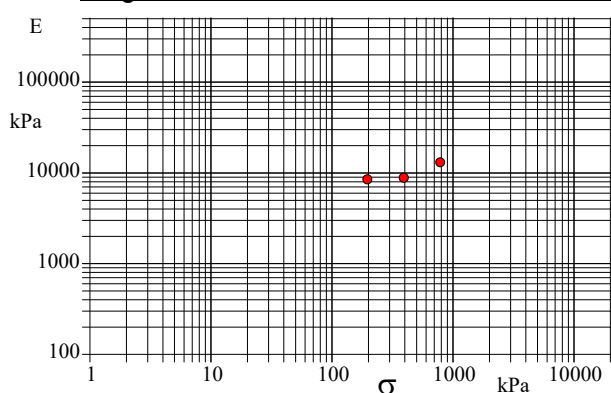
Peso di volume (kN/m ³)	19,86	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,60
Umidità (%)	19,9	Volume provino (cm ³)	39,27	Porosità (%)	37,62
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm ³)	14,77	Saturazione (%)	89,5

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
98,1	28,8	0,580	0,062	8491		
196,1	51,9	0,561		8835		
392,3	96,3	0,526		13097		
784,5	156,2	0,478				
196,1	136,4	0,494	0,053			
98,1	121,2	0,506	0,040			

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



RAPPORTO DI PROVA N°: P00392 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/20

Inizio analisi: 13/05/20

Apertura campione: 08/05/2020

Fine analisi: 14/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.35 - 2.80

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-00, ASTM D4943-02

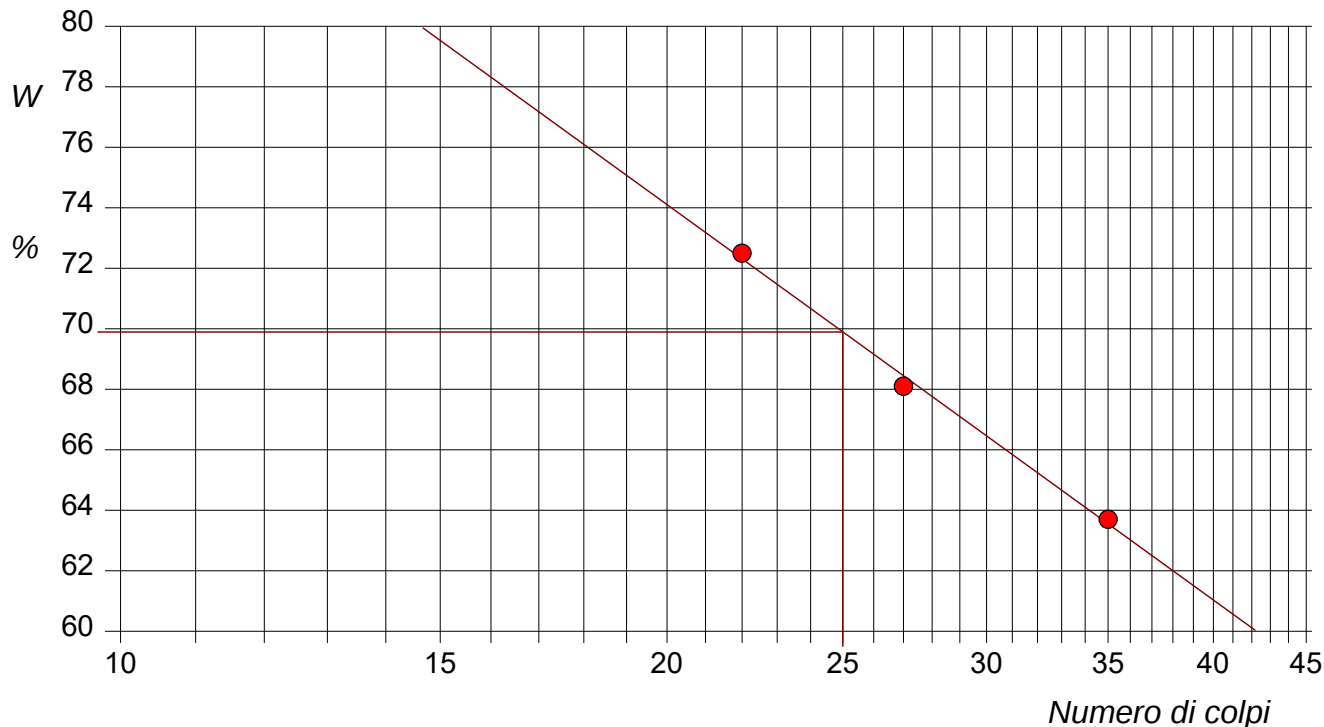
Limite di liquidità 69,9 %

Limite di plasticità 22,8 %

Indice di plasticità 47,1 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	22	27	35			Umidità (%)	21,9	23,6
Umidità (%)	72,5	68,1	63,7			Umidità media	22,8	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: P00392 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/20

Inizio analisi: 13/05/20

Apertura campione: 08/05/2020

Fine analisi: 14/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.35 - 2.80

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-00, ASTM D4943-02

Limite di liquidità	69,9	%
Limite di plasticità	22,8	%
Indice di plasticità	47,1	%
Indice di consistenza	1,05	
Passante al set. n° 40	NO	

C - Argille inorganiche

M - Limi inorganici

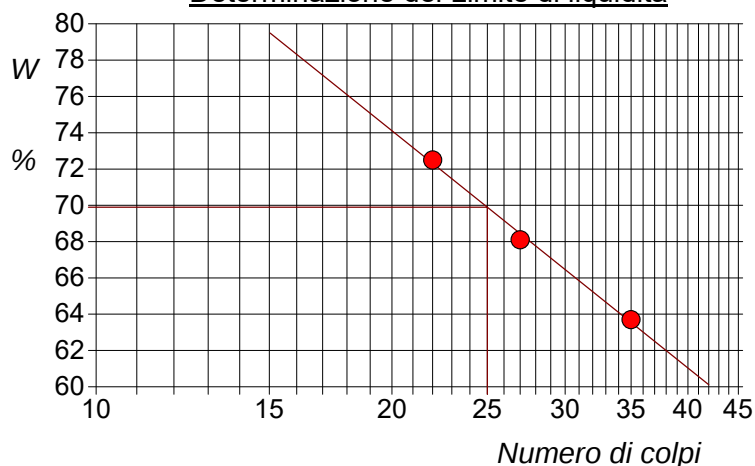
O - Argille e limi organici

L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

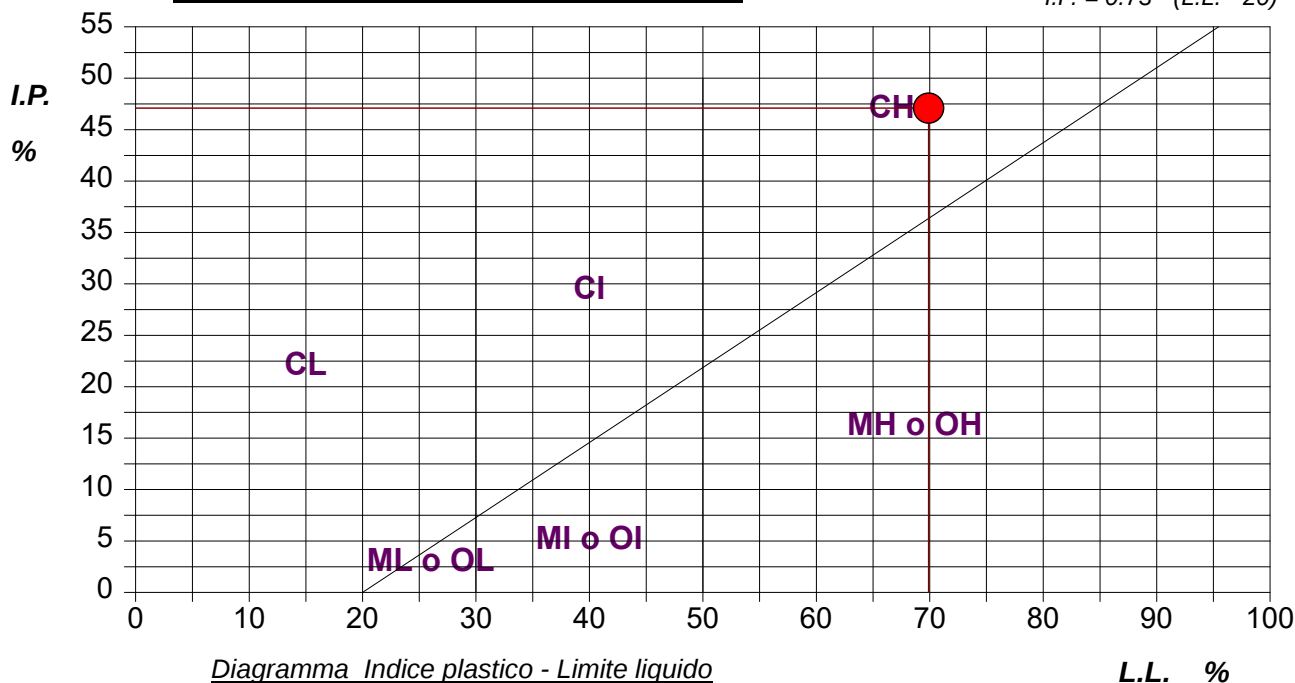
H - Alta compressibilità

Determinazione del Limite di liquidità



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



RAPPORTO DI PROVA N°: P00390	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/05/20	Inizio analisi: 08/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 08/05/2020	Fine analisi: 13/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.35 - 2.80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

[illegible]

COMMITTENTE:	Geo Group srl		
RIFERIMENTO:	Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	2.35 - 2.80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	63		116		165	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	3,79	0,34	3,57	0,75	2,82	0,62
Umidità iniziale e umidità finale (%):	19,9	22,5	20,1	22,1	20,7	21,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,3	20,8	20,3	20,7	20,3	20,5
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	94,8	100,0	95,7	100,0	97,2	100,0

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 11,0 kPa
Angolo di attrito interno: 27,8 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

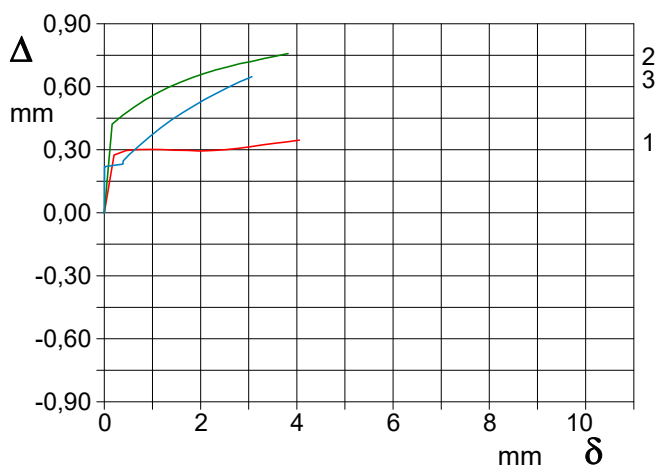
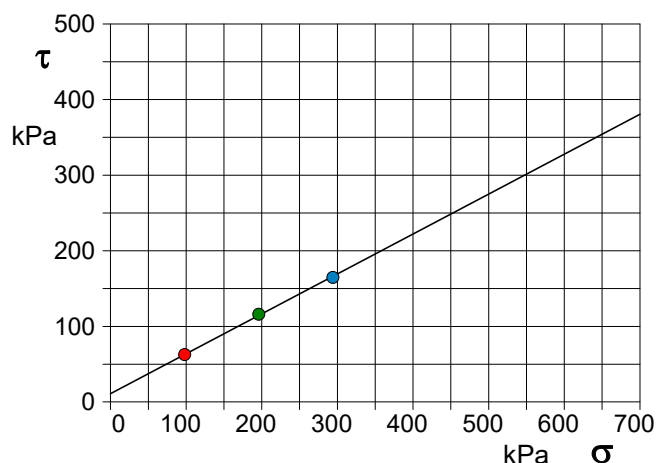


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

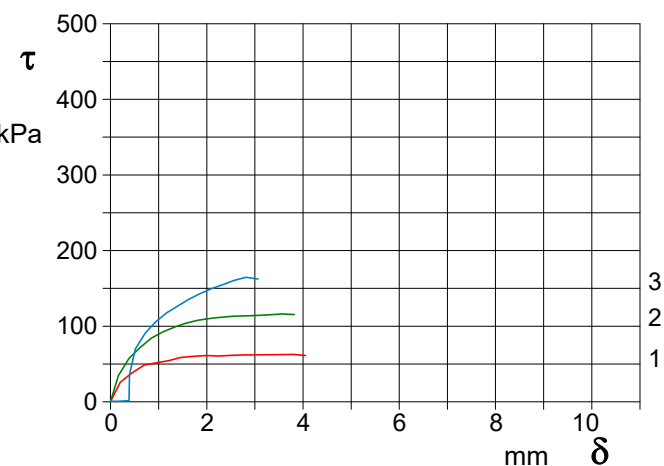


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

RAPPORTO DI PROVA N°: P00402 Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 20/05/20 Inizio analisi: 08/05/20
Apertura campione: 08/05/2020 Fine analisi: 20/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.25 - 9.70

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	44,9			0,10	74,8			0,10	119,2			0,10	162,8		
0,25	44,9			0,25	74,8			0,25	119,2			0,25	175,3		
0,40	46,4			0,40	74,8			0,40	123,2			0,40	175,3		
0,50	46,4			0,50	78,0			0,50	123,2			0,50	178,4		
1,00	48,4			1,00	79,9			1,00	128,5			1,00	183,4		
2,00	51,1			2,00	85,5			2,00	134,3			2,00	189,1		
4,00	53,8			4,00	91,6			4,00	141,2			4,00	196,3		
8,00	57,1			8,00	97,5			8,00	147,5			8,00	203,0		
15,00	59,8			15,00	101,3			15,00	151,4			15,00	207,7		
30,00	61,7			30,00	104,0			30,00	154,4			30,00	211,5		
60,00	63,3			60,00	105,9			60,00	156,4			60,00	214,0		
120,00	64,6			120,00	107,4			120,00	158,1			120,00	216,2		
240,00	65,5			240,00	108,8			240,00	159,4			240,00	217,9		
480,00	66,4			480,00	109,9			480,00	160,7			480,00	219,6		
960,00	67,0			960,00	110,9			960,00	162,2			960,00	221,3		
1440,00	67,5			1440,00	111,4			1440,00	162,9			1440,00	222,3		

Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	235,5	2880,00	289,8												
0,25	235,5	3600,00	290,2												
0,40	239,5														
0,50	239,5														
1,00	244,9														
2,00	250,6														
4,00	259,5														
8,00	266,9														
15,00	272,1														
30,00	276,2														
60,00	278,7														
120,00	281,2														
240,00	283,3														
480,00	285,0														
960,00	286,8														
1440,00	288,0														
1800,00	288,5														

RAPPORTO DI PROVA N°: P00402 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 20/05/20

Inizio analisi: 08/05/20

Apertura campione: 08/05/2020

Fine analisi: 20/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.25 - 9.70

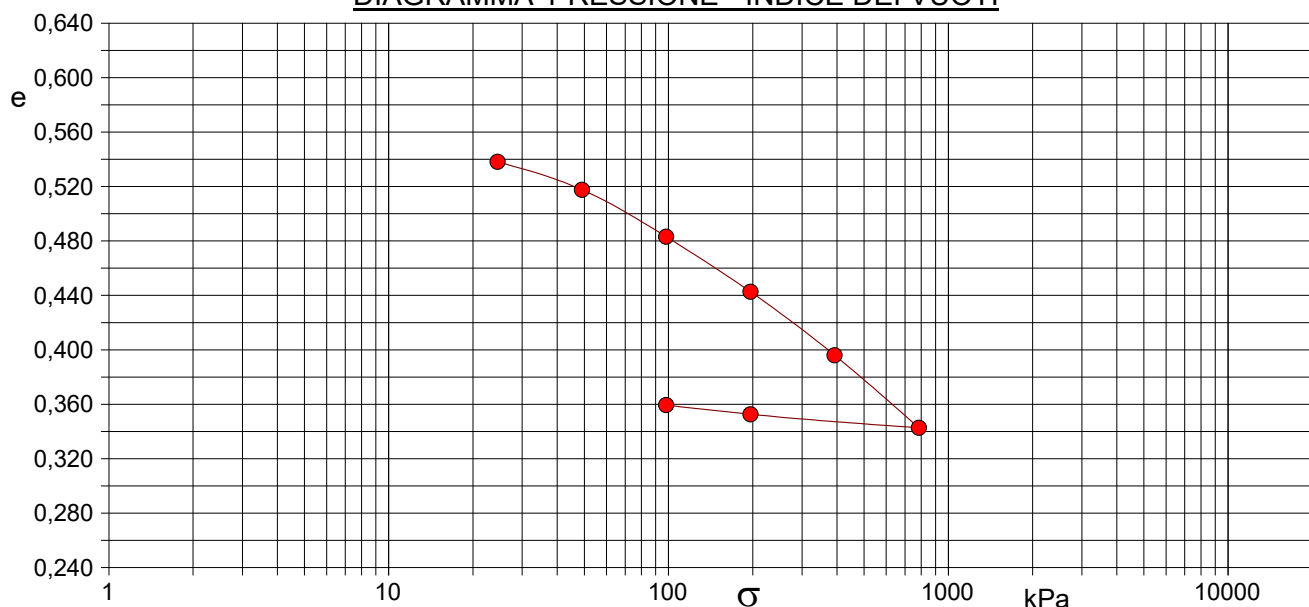
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

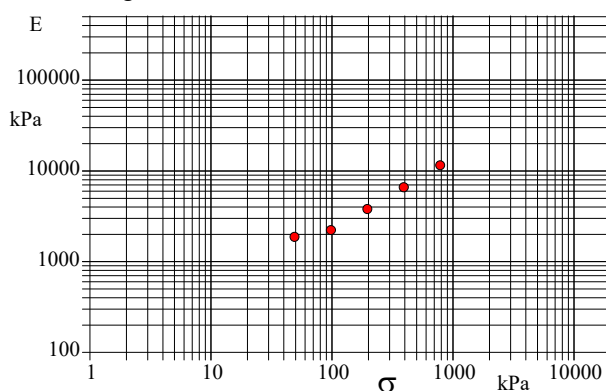
Peso di volume (kN/m ³)	19,58	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,57
Umidità (%)	28,7	Volume provino (cm ³)	39,27	Porosità (%)	36,33
Peso specifico	2,44	Volume dei vuoti (cm ³)	14,27	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
24,5	41,4	0,538				
49,0	67,5	0,518	0,068	1879		
98,1	111,4	0,483	0,115	2234		
196,1	162,9	0,443	0,134	3808		
392,3	222,3	0,396	0,155	6604		
784,5	290,2	0,343	0,177	11554		
196,1	277,6	0,353	0,033			
98,1	269,0	0,359	0,022			

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



RAPPORTO DI PROVA N°: P00393 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/20

Inizio analisi: 13/05/20

Apertura campione: 08/05/2020

Fine analisi: 14/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 9.25 - 9.70

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-00, ASTM D4943-02

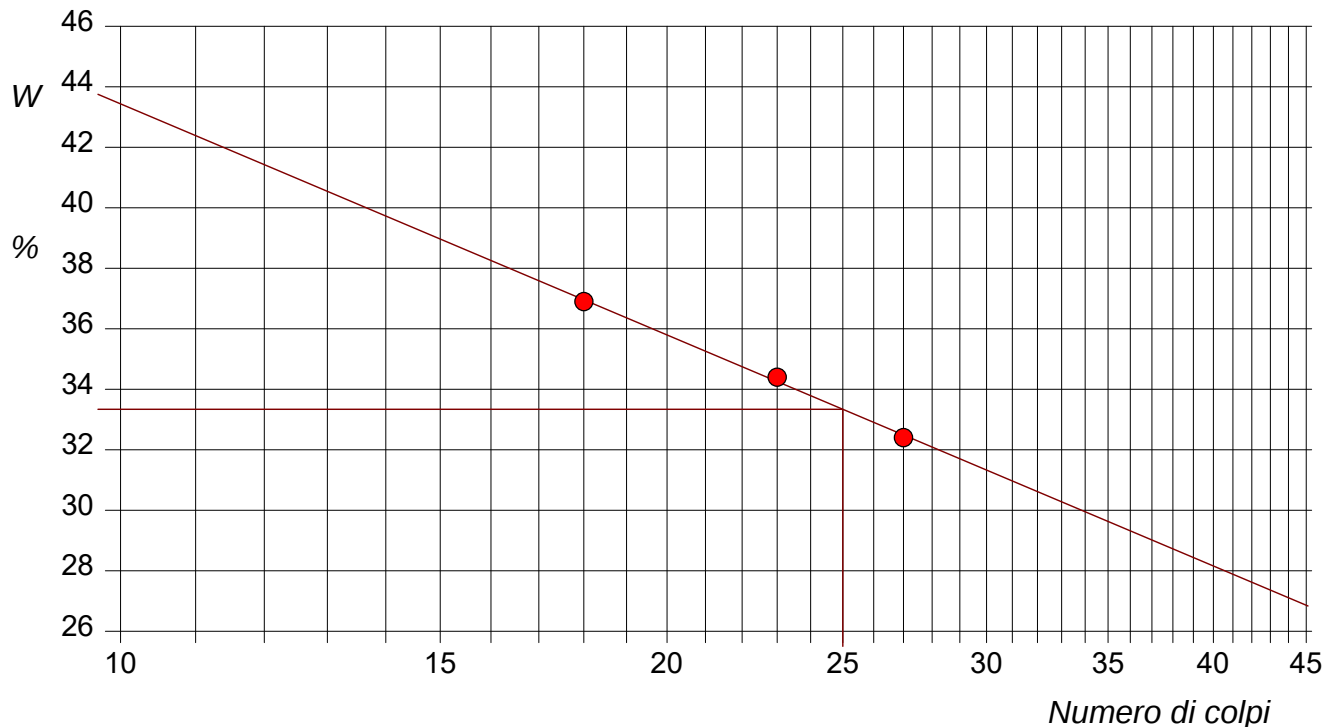
Limite di liquidità 33,3 %

Limite di plasticità Non plastico

Indice di plasticità - - -

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	18	23	27			Umidità (%)		
Umidità (%)	36,9	34,4	32,4			Umidità media		

Determinazione del Limite di liquidità



COMMITTENTE:	Geo Group srl		
RIFERIMENTO:	Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2
		PROFONDITA': m	9.25 - 9.70

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	64		123		183	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	5,06	0,36	5,01	0,88	4,55	0,81
Umidità iniziale e umidità finale (%):	27,2	24,8	28,2	23,6	28,6	22,4
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5	19,1	19,5	18,8	19,8	18,8
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0	92,0	100,0	86,3	100,0	83,7

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 6,1 kPa
Angolo di attrito interno: 30,8 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

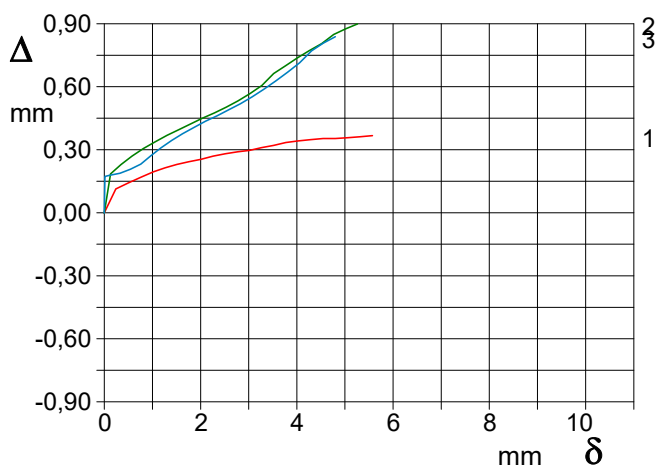
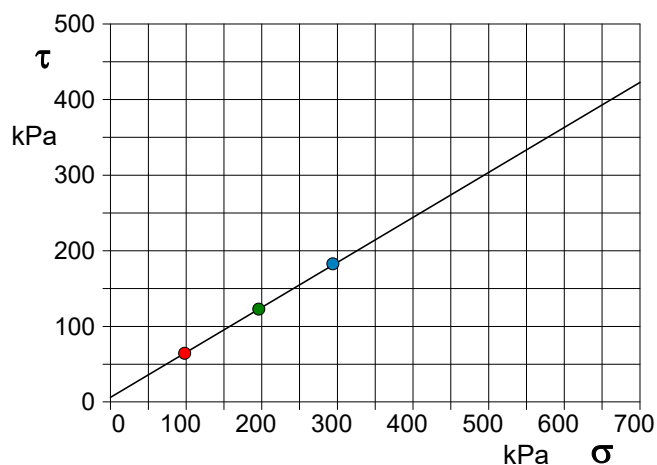


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

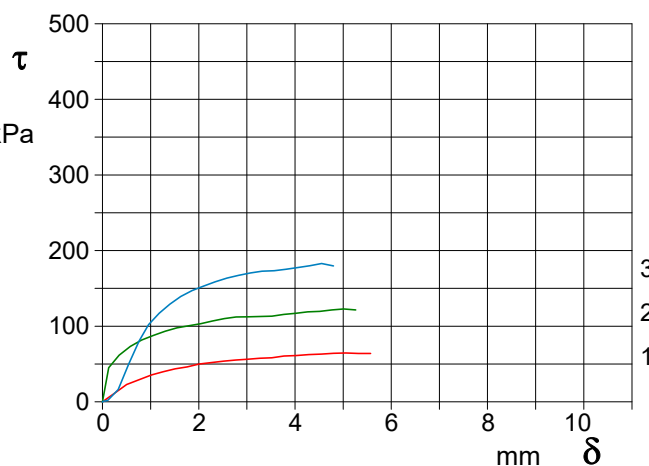


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

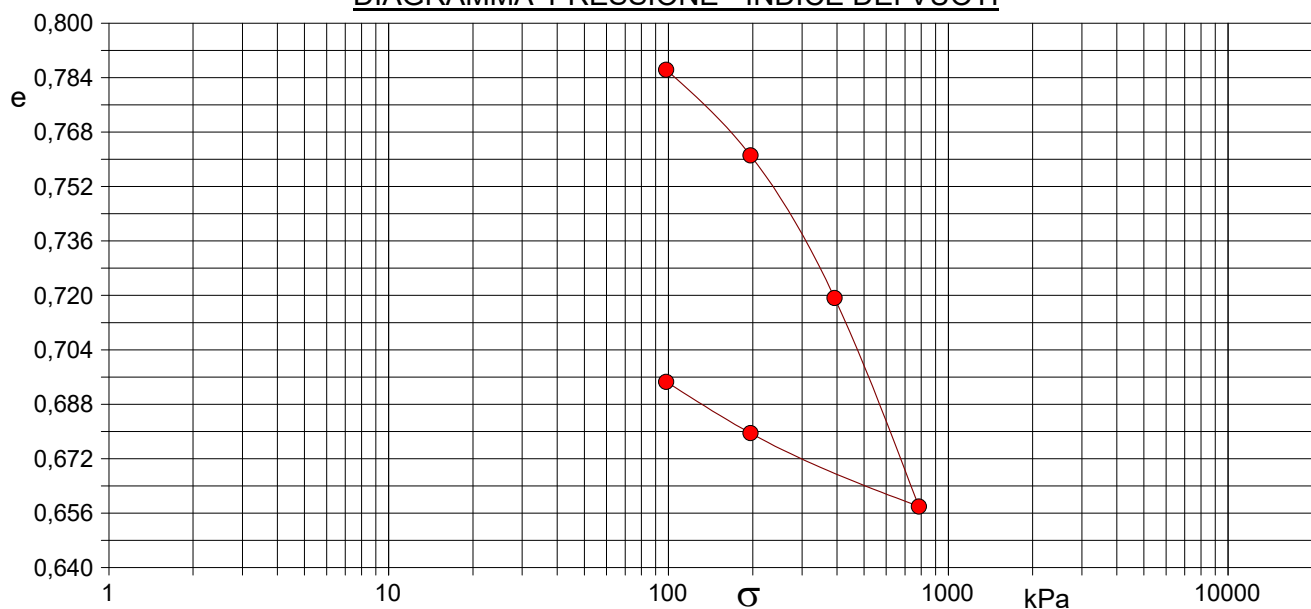
COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 13.10 - 13.60

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-11, ASTM D3877-08, ASTM D4186-12, ASTM D4546-14

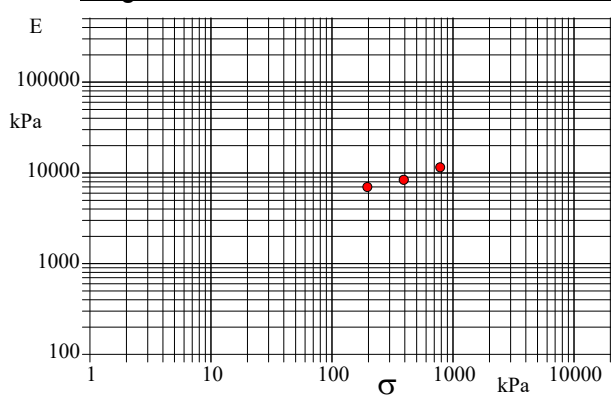
Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	18,79	Altezza provino (cm)	2,00	Indice dei vuoti	0,80
Umidità (%)	27,2	Volume provino (cm³)	40,01	Porosità (%)	44,34
Peso specifico	2,71	Volume dei vuoti (cm³)	17,74	Saturazione (%)	92,4

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
98,1	11,4	0,786				
196,1	39,4	0,761	0,084	7005		
392,3	86,1	0,719	0,139	8400		
784,5	154,3	0,658	0,204	11503		
196,1	130,3	0,680	0,072			
98,1	113,5	0,695	0,050			

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



RAPPORTO DI PROVA N°: P00394 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/20

Inizio analisi: 13/05/20

Apertura campione: 08/05/2020

Fine analisi: 14/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 13.10 - 13.60

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-00, ASTM D4943-02

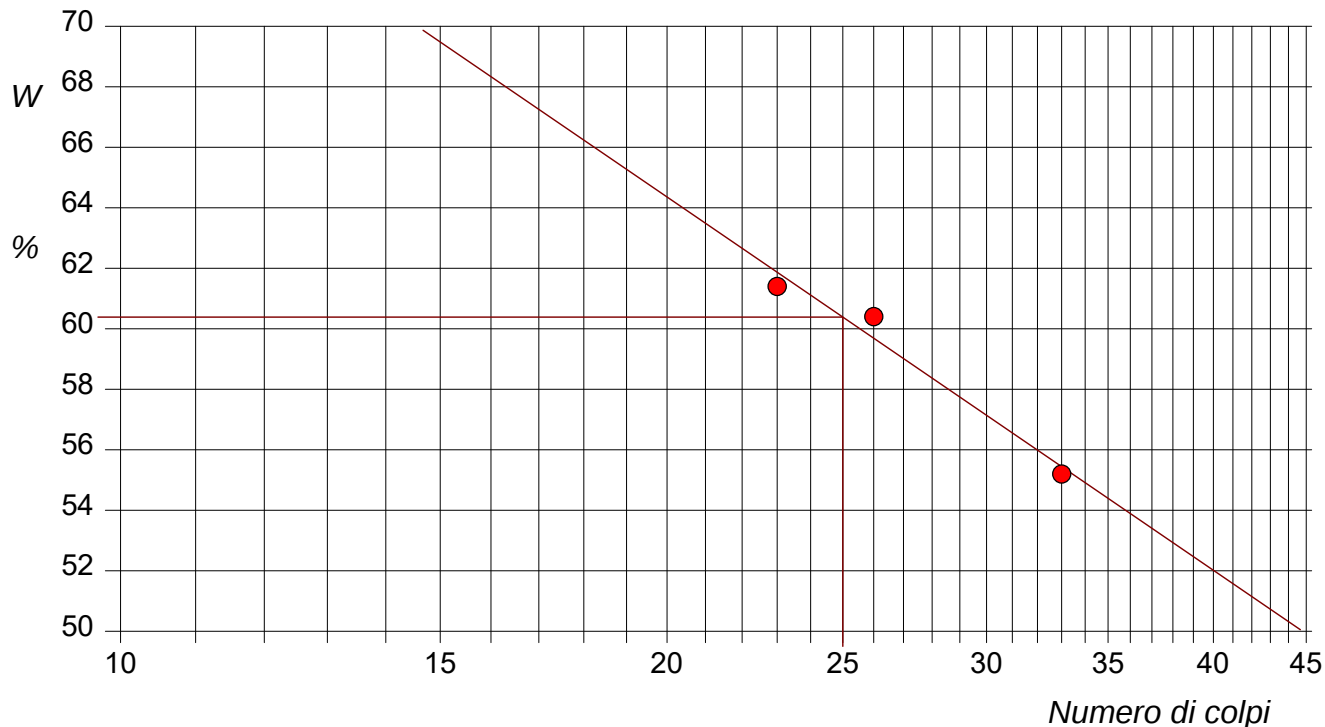
Limite di liquidità 60,4 %

Limite di plasticità 30,9 %

Indice di plasticità 29,5 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	23	26	33			Umidità (%)	30,3	31,5
Umidità (%)	61,4	60,4	55,2			Umidità media	30,9	

Determinazione del Limite di liquidità



RAPPORTO DI PROVA N°: **P00394** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 14/05/20

Inizio analisi: 13/05/20

Apertura campione: 08/05/2020

Fine analisi: 14/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 13.10 - 13.60

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-00, ASTM D4943-02

Limite di liquidità	60,4	%
Limite di plasticità	30,9	%
Indice di plasticità	29,5	%
Indice di consistenza	1,12	
Passante al set. n° 40	NO	

C - Argille inorganiche

M - Limi inorganici

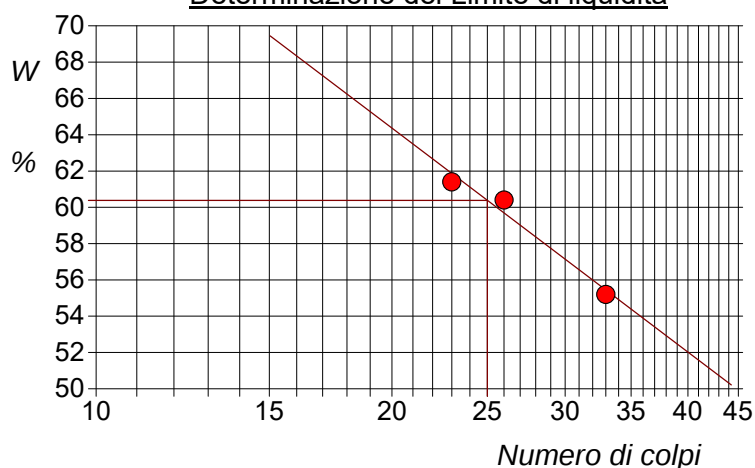
O - Argille e limi organici

L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

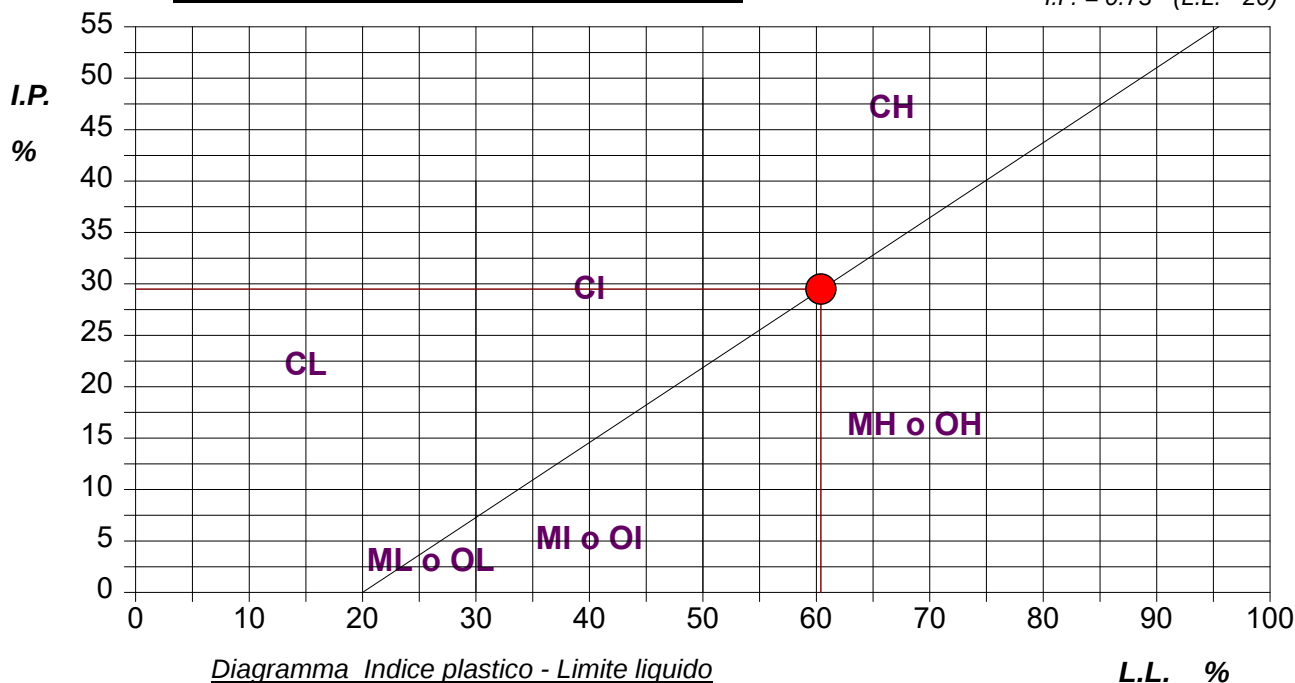
H - Alta compressibilità

Determinazione del Limite di liquidità



ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Fiorano Modenese (MO), Ceramica Florim			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 13.10 - 13.60	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	196		294		392	
Tensione a rottura (kPa):	104		146		196	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	3,31	0,61	3,56	0,81	3,22	0,96
Umidità iniziale e umidità finale (%):	26,5	27,5	26,4	27,6	27,8	26,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,0	20,2	19,8	20,0	19,6	19,4
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,9

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 8,2 kPa
Angolo di attrito interno: 25,6 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

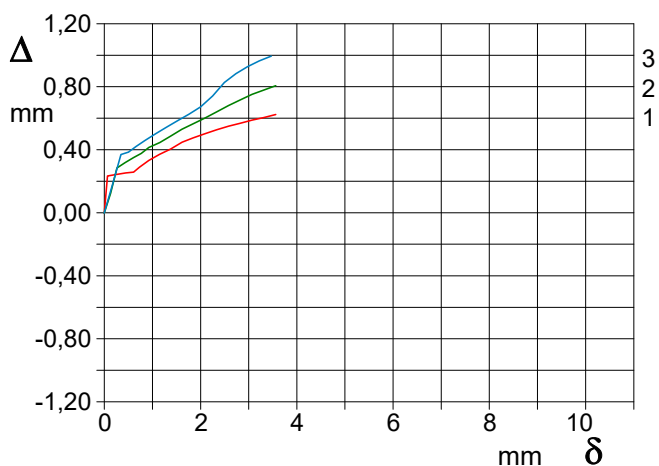
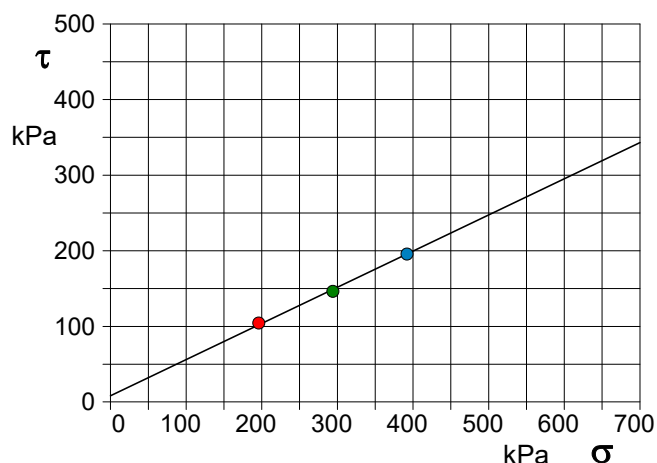


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

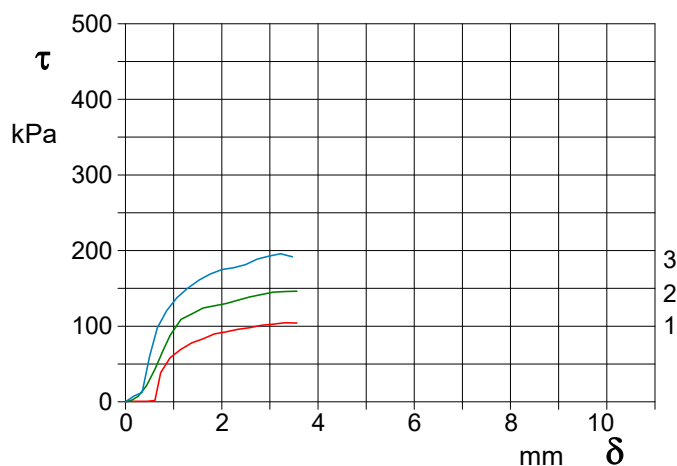


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

ALLEGATO 6

INDAGINI SISMICHE

Indagine sismica MASW

INFORMAZIONI GENERALI

Cantiere: **FLORIM CERAMICHE SpA – Comune di Fiorano Modenese (Mo)**

Data esecuzione: **07/05/2020**

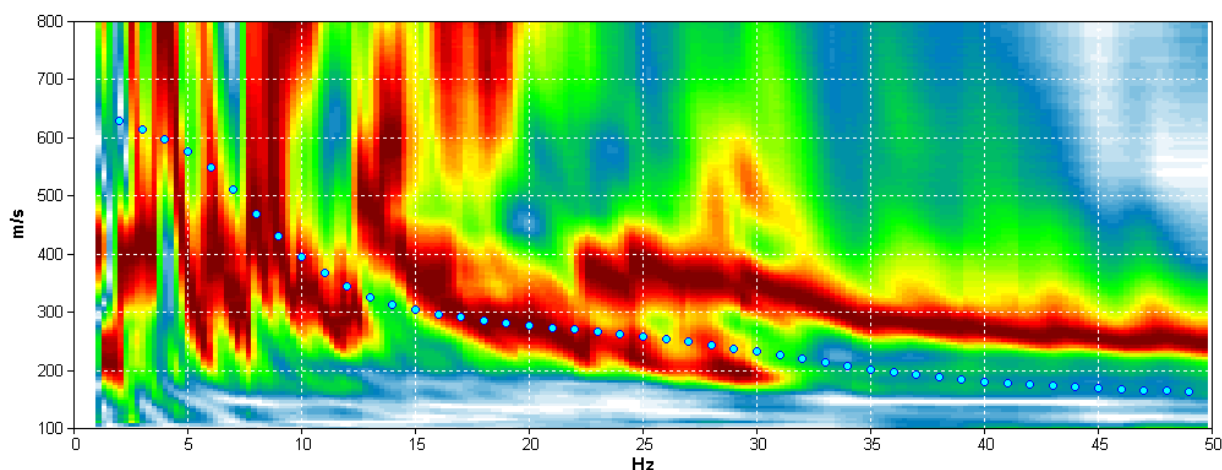
Strumentazione utilizzata: **GEODE GEOMETRICS 24bit/24ch** - Energizzazione: **Massa battente da 10 kg** -

Sensoristica: **Geofoni verticali 4.5 Hz**

Responsabile: **Dott. Geol. Pier Luigi Dallari**

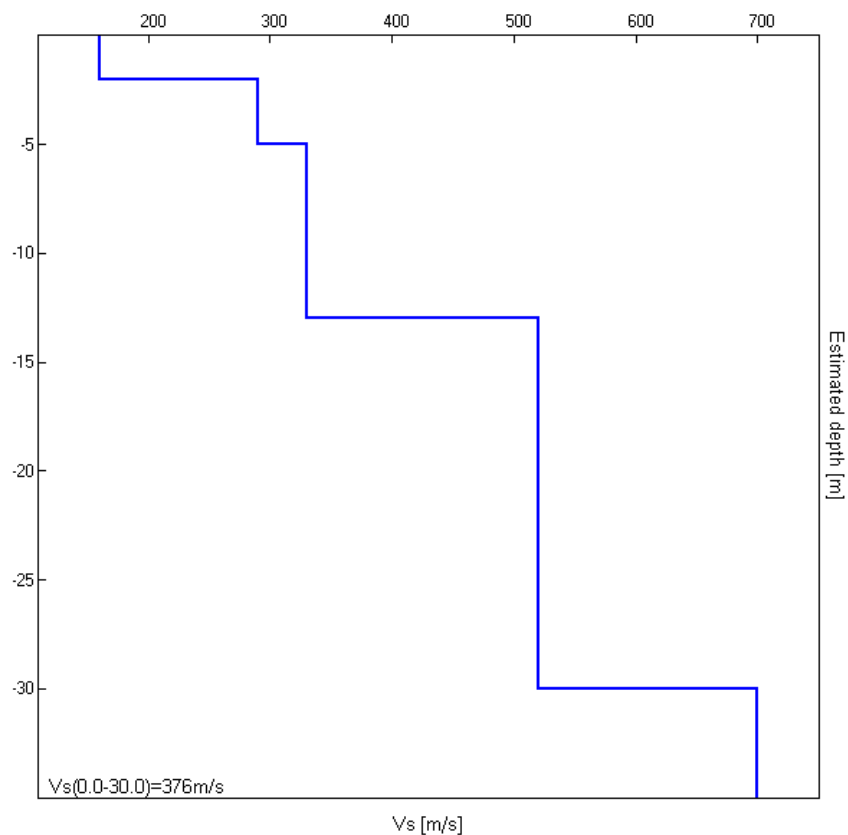
Elaborazione: **Dott.ssa Lisa Gasparini**

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	160	0.42
5.00	3.00	290	0.42
13.00	8.00	330	0.42
30.00	17.00	520	0.42
inf.	inf.	700	0.42

Vs (0.0-30.0) = 376m/s



Indagine sismica HVSR n. 1

Cantiere: FLORIM CERAMICHE SpA – Comune di Fiorano Modenese (Mo)

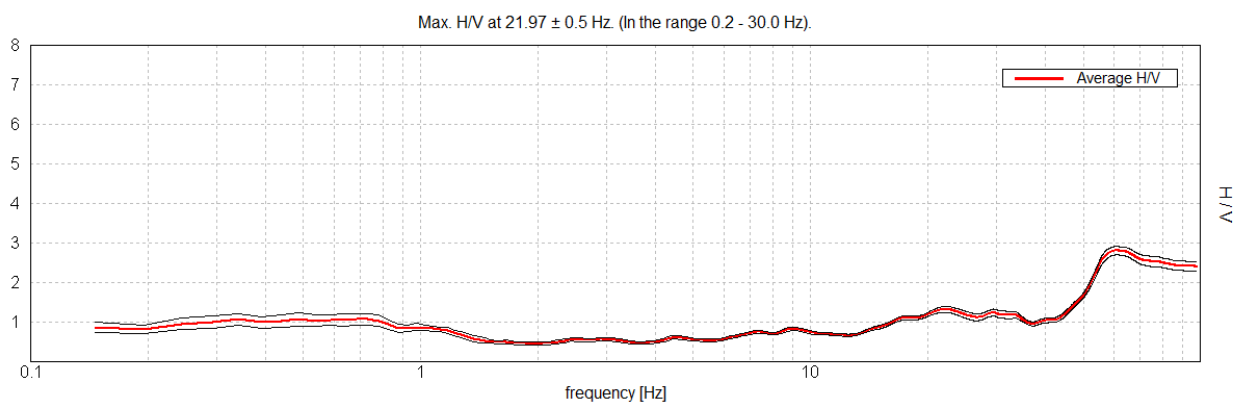
Data esecuzione: 14/05/2020

Strumentazione utilizzata: TROMINO - MOHO - Sensoristica: **3 canali velocimetrici per l'acquisizione del micro-tremore sismico ambientale (fino a ± 1.5 mm/s ~)**

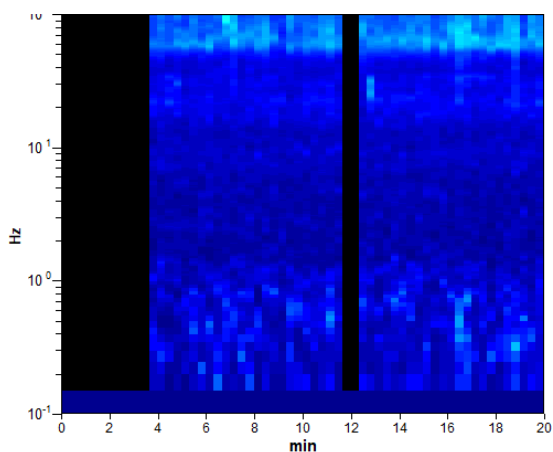
Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Elaborazione: Dott.ssa Lisa Gasparini

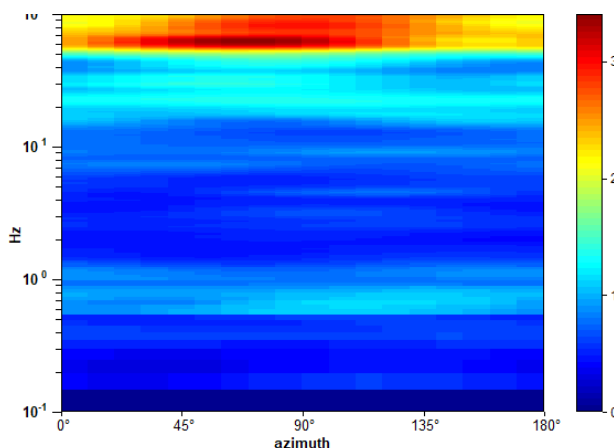
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



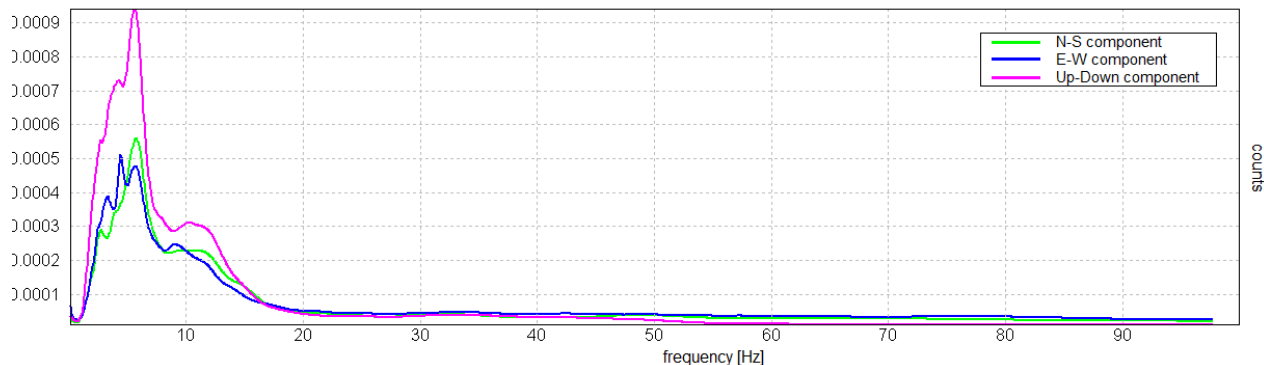
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 21.97 ± 0.5 Hz (in the range 0.2 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$21.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$20654.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	Exceeded 0 out of 676 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.494 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.32 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0227 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.49887 < 1.09863$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0728 < 1.58$	OK	

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

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

Indagine sismica HVSR n. 2

Cantiere: FLORIM CERAMICHE SpA – Comune di Fiorano Modenese (Mo)

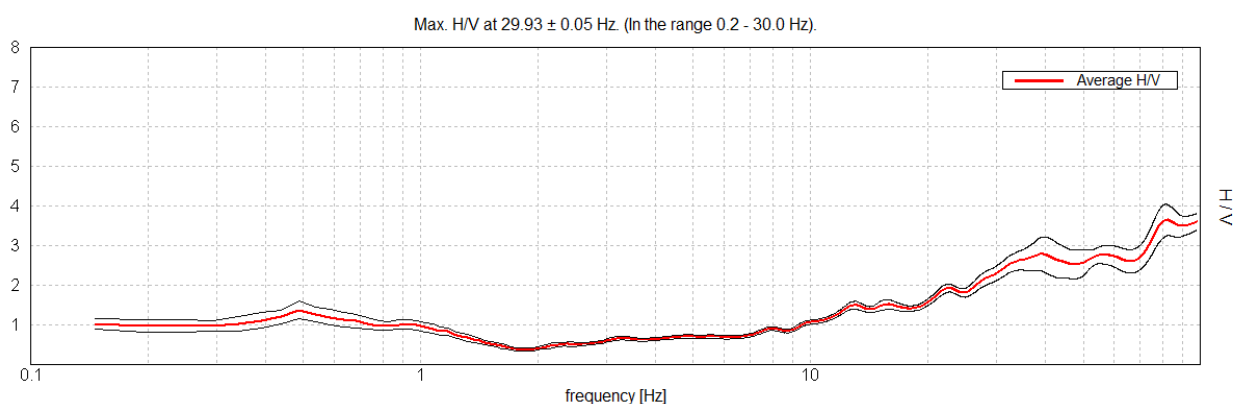
Data esecuzione: 14/05/2020

Strumentazione utilizzata: TROMINO - MOHO - Sensoristica: **3 canali velocimetrici per l'acquisizione del micro-tremore sismico ambientale (fino a ± 1.5 mm/s ~)**

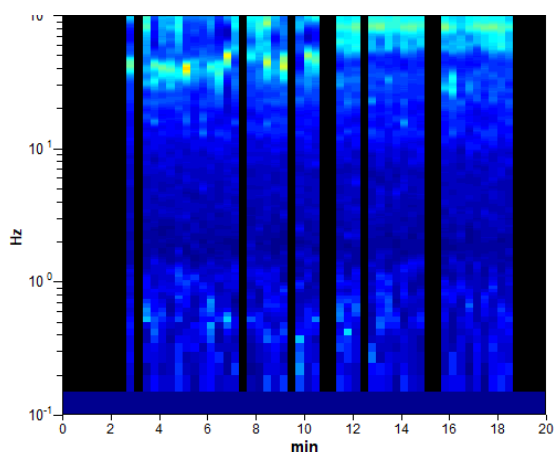
Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Elaborazione: Dott.ssa Lisa Gasparini

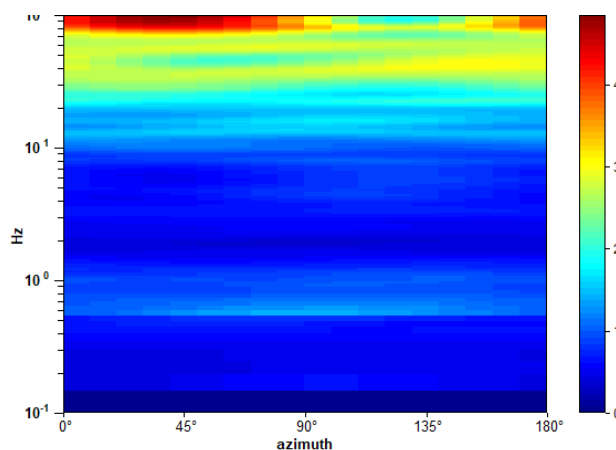
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



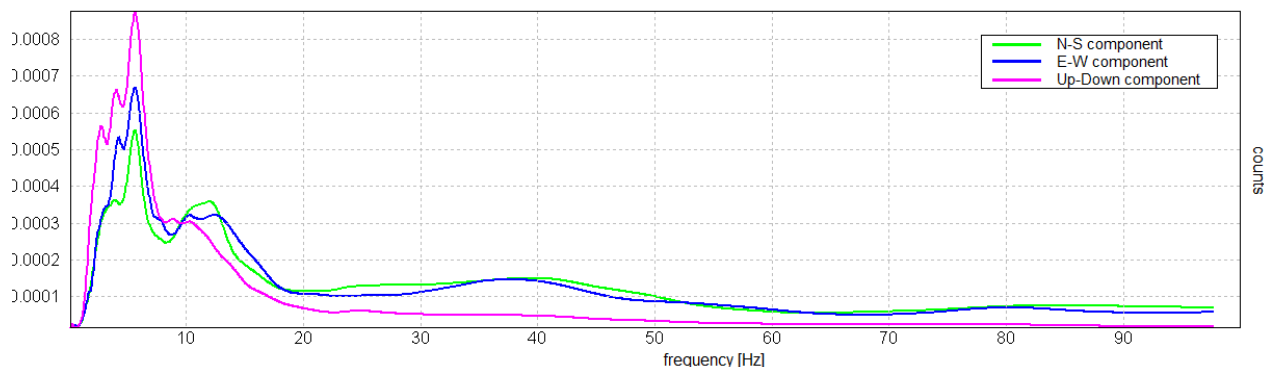
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 29.93 ± 0.05 Hz (in the range 0.2 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$29.93 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$23945.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	Exceeded 0 out of 920 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.938 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.31 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00163 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04883 < 1.49658$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1834 < 1.58$	OK	

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

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

ALLEGATO 7

VERIFICHE GEOTECNICHE

DATI GENERALI

Larghezza fondazione	5.0 m
Lunghezza fondazione	6.0 m
Profondità piano di posa	2.0 m
Profondità falda	7.7

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Descrizione
3.6	18.5	21.5	25.0	10.0	100.0	14000.0	8000.0	ARGILLA CONSISTENTE
4.9	18.7	21.16	35.0	0.0	0.0	57700.0	0.0	GHIAIA ADDENSATA
1.3	18.0	21.0	23.0	6.0	60.0	8400.0	5000.0	ARGILLA MEDIA
2.7	17.3	20.8	30.0	0.0	0.0	43500.0	0.0	GHIAIA ADDENSATA
1.2	18.0	21.0	23.0	6.0	60.0	8400.0	5000.0	ARGILLA MEDIA
16.3	19.5	22.1	40.0	0.0	0.0	90000.0	0.0	GHIAIA ADDENSATA

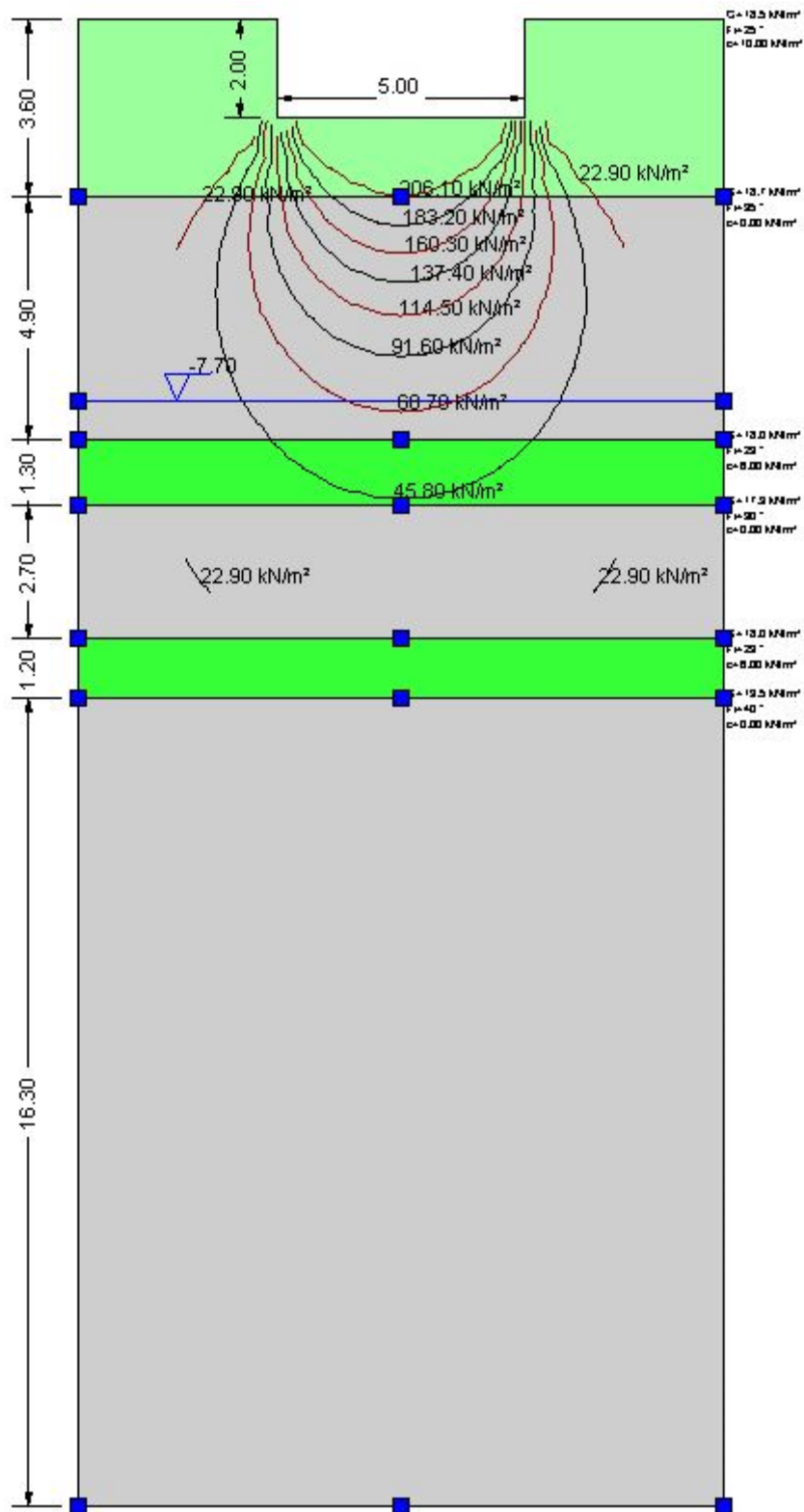
CEDIMENTI PER OGNI STRATO

***Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

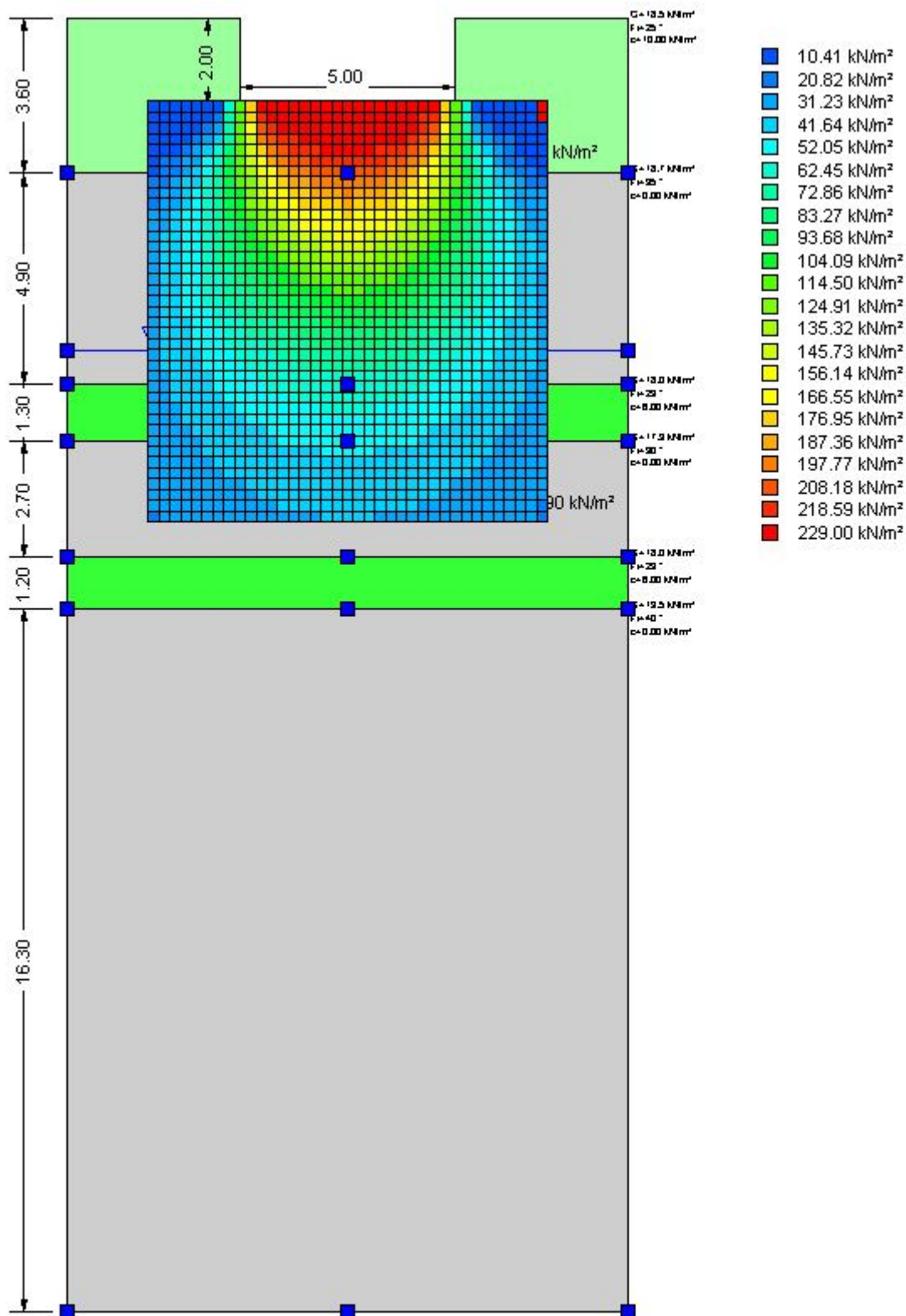
Pressione normale di progetto	266.0 kN/m²
Cedimento totale	3.59 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m²)	Dp (kN/m²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	2.8	51.8	62.882	Edometrico	1.2576	--	1.2576
2	6.05	0	0	Schmertmann	0.94	--	0.94
3	9.15	159.628	32.254	Edometrico	0.8386	--	0.8386
4	11.15	0	0	Schmertmann	0.1	--	0.1
5	13.1	203.3	18.917	Edometrico	0.454	--	0.454
6	21.85	0	0	Schmertmann	0	--	0



Bulbo dei cedimenti



Mapa delle tensioni

ALLEGATO 8

INDAGINE GEO-ELETTRICA TOMOGRAFICA
ERT

ERT1

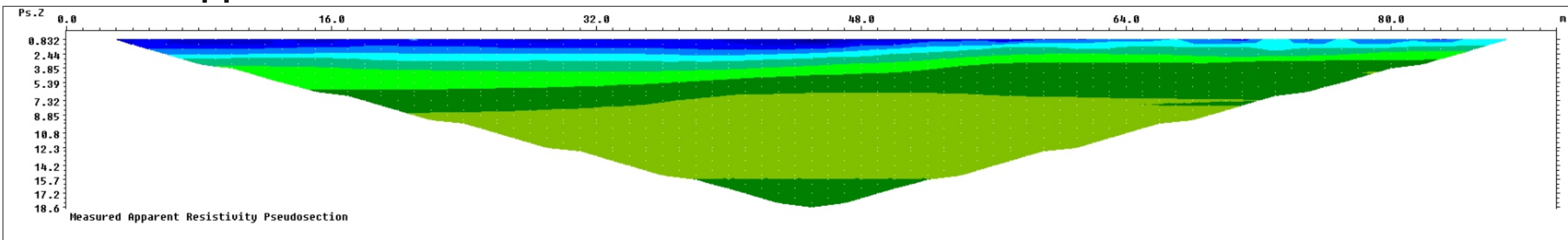
CONFIGURAZIONE ARRAY

n. 1 array 46 elettrodi continui - Offset 2.00 m

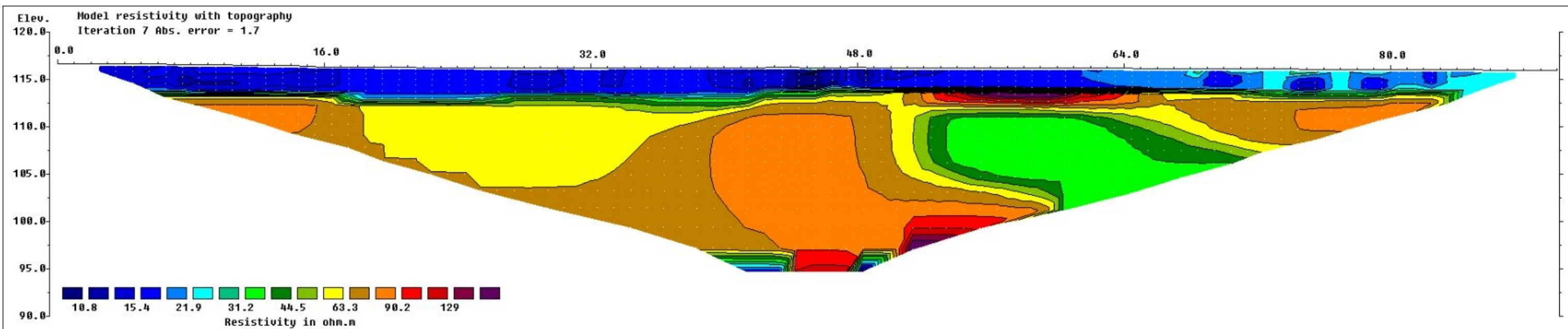
Acquisizione: Dipolo - Dipolo

Data rilievi: 14/05/2020

Resistività apparente



Resistività naturale



Horizontal scale is 20.44 pixels per unit spacing

Vertical exaggeration in model section display = 0.57

First electrode is located at 0.0 m.

Last electrode is located at 90.0 m. Unit Electrode Spacing = 1.00 m.

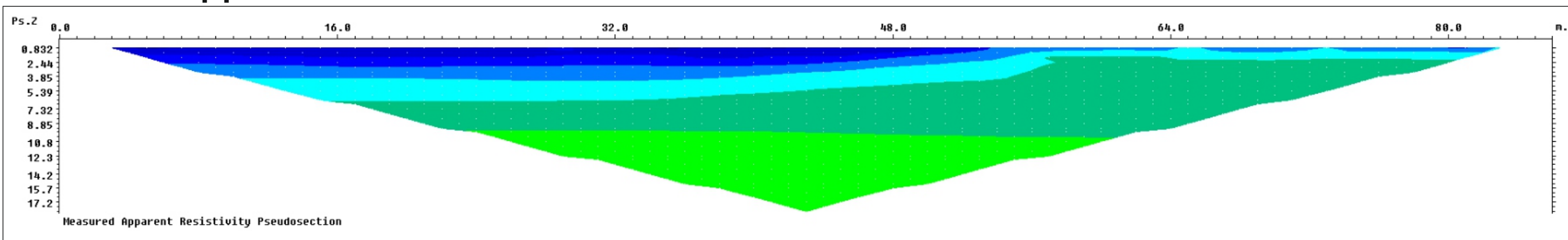
ERT2

CONFIGURAZIONE ARRAY

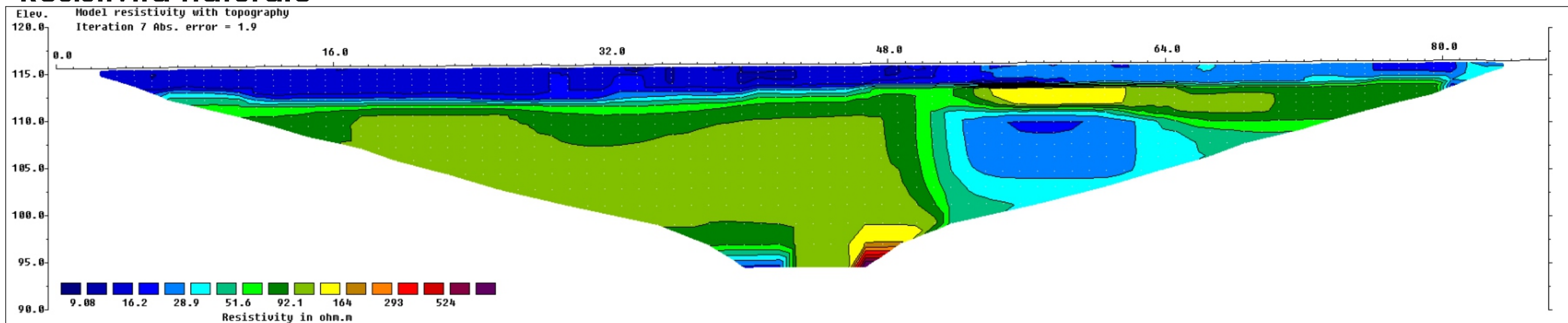
n. 1 array 44 elettrodi continui - Offset 2.00 m
Acquisizione: Dipolo - Dipolo

Data rilievi: 14/05/2020

Resistività apparente



Resistività naturale



Horizontal scale is 21.39 pixels per unit spacing

Vertical exaggeration in model section display = 0.54

First electrode is located at 0.0 m.

Last electrode is located at 86.0 m. Unit Electrode Spacing = 1.00 m.