COMUNE DI FIORANO MODENESE

PROVINCIA DI MODENA

RELAZIONE GEOLOGICA
inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

RELAZIONE GEOTECNICA
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:

studio geologico, geotecnico e sismico dell'Hotel Alexander, che sarà interessato da interventi di ristrutturazione e ampliamento, sito in via della Resistenza

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. PIER LUIGI DALLARI
Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZ. A

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 700/18

dicembre 2018

ASSOCIATO AGI

GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.
Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA
Tel. 059/3967169
Fax. 059/5960176
E-mail: info@geogroupmodena.it
P.IVA e C.F. 02981500362
www.geogroupmodena.it

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

Relazione Tecnica

comprendente:

RELAZIONE GEOLOGICA
inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

RELAZIONE GEOTECNICA
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:

studio geologico, geotecnico e sismico dell'Hotel Alexander, che sarà interessato da interventi di ristrutturazione e ampliamento, sito in via della Resistenza nel Comune di Fiorano Modenese (MO)

G E O G R O U P s.r.l.
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

Indice del contenuto

1. PREMESSE....3
2 Relazione geologica....4
2.1Geologia e geomorfologia dell'area....4
2.2Indagini geotecniche....5
2.2.1 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT....5
2.2.1 Prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH....8
3 Relazione geotecnica....12
3.1Modello geotecnico del sottosuolo....12
3.2Tipologia di fondazioni ipotizzate e calcolo della capacità portante....14
3.3Verifica dei cedimenti....14
3.4Modulo di sottofondo....15
4 Caratterizzazione sismica del sito....16
4.1Indagini geofisiche....16
4.1.1 Indagine sismica con metodo MASW....16
4.1.2 Indagine sismica Re.Mi.....17
4.1.3 Indagine sismica Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)....17
3.2Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC 2018)....19
4.2Sismicità dell'area....20
4.2.3 Verifica nei confronti degli SLU (6.4 NTC 2018)....23
4.4Stabilità nei confronti del fenomeno della liquefazione....25
5 Verifica di stabilità del fronte di scavo....25
5.1Analisi di stabilità globale del versante - approccio LEM *Slide (Rocscience)*....25
5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE....28

Tavole

Tav. n. 1: Carta corografica scala 1: 25.000;
Tav. n. 2: Carta topografica scala 1: 10.000;
Tav. n. 3: Ripresa satellitare dell'area di interesse scala grafica;
Tav. n. 4: Carta della litologia di superficie scala 1: 5.000;
Tav. n. 5: Indagini geognostiche scala grafica.

Allegati

ALL. n. 1 Prove penetrometriche;
ALL. n. 2 Verifiche geotecniche;
ALL. n. 3 Indagini sismiche;
ALL. n. 4 Verifica di stabilità del fronte di scavo.

1. PREMESSE

In accordo con il tecnico progettista e la committenza, nel mese di dicembre è stato eseguito il presente studio geologico, geotecnico e sismico sul terreno di fondazione di un edificio, l'Hotel Alexander sito in via della Resistenza nel Comune di Fiorano Modenese (MO), che sarà interessato da interventi di ristrutturazione e ampliamento.

Ripresa satellitare dell'area oggetto di studio; immagine tratta da Google Maps

Il fabbricato in oggetto si trova in via della Resistenza, in località Spezzano nel Comune di Fiorano Modenese, come mostrato in figura e nelle tavole allegate alla presente relazione (**tav. n. 1**, **tav. n. 2** e **tav. n. 3**).

2 Relazione geologica

2.1 Geologia e geomorfologia dell'area

Da quanto si evince dalla "Carta della litologia di superficie", scala 1: 5.000, **(Tav. n. 4)** tratta dalla "Carta geologica - Progetto CARG" a cura della Regione Emilia Romagna, nell'area oggetto di studi affiora la seguente litologia:

SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO

AES7b - Unità di Vignola

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.

Pleistocene superiore–Olocene basale

CMZ – SINTEMA DI COSTAMEZZANA

Sabbie gialle in strati da sottili a spessi con lamine piano-parallele od oblique, poco cementate, con intercalazioni a luoghi lentiformi di ghiaie e di orizzonti di peliti grigio chiare. Contatto inferiore graduale per alternanze su FAA. Spessore da 5 a 50 metri circa.

Pleistocene inferiore-medio?

Dal punto di vista geomorfologico non sono presenti fenomeni degni di nota, l'area è completamente pianeggiante, in una zona a uso prevalentemente industriale e commerciale, intensamente antropizzata.

2.2 Indagini geotecniche

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, per la caratterizzazione geotecnica dell'area in data 07/12/2018 sono state eseguite in sito le seguenti indagini geotecniche:

- **N. 2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER PESANTI DPSH**
- **N. 1 PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA MECCANICA CPT SINO AL RIFIUTO STRUMENTALE CON PROSECUZIONE IN PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH.**

I diagrammi e l'interpretazione geotecnica relativi alle prove penetrometriche sopracitate sono riportati nell'**allegato n. 1**.

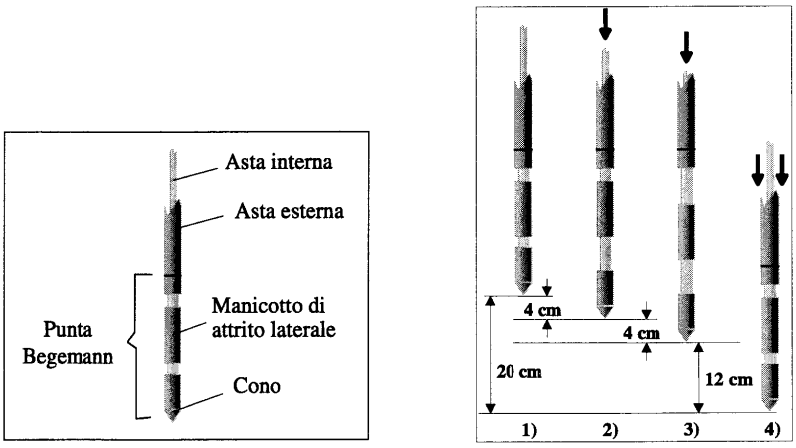
2.2.1 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

Lo strumento impiegato per eseguire le prove è un penetrometro cingolato Pagani TG63-100 le cui caratteristiche tecniche sono le seguenti:

Punta meccanica	**Begemann**
Spinta	**100 kN**
Intervalli di misura	**20 cm**
Parametri registrati	**Rp** (resistenza alla punta)
	Rl (resistenza attrito laterale)
Area punta	**10 cm^2**
Angolo alla punta	**60°**

Riprese fotografiche delle prove penetrometriche eseguite in sito in data 7/12/2018

La prova penetrometrica statica CPT ("Cone Penetration Test") viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta meccanica Begemann. La punta (**Fig. 2.2.1.1**) presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un area di base di 10 cm^2. Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm^2.



Punta Begemann (a) e schema di avanzamento (b).

I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e l'avanzamento dell'insieme punta più aste, verranno registrati ogni 20 cm di avanzamento in profondità.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento :

1) posizione di riposo con punta completamente chiusa;
2) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta (Rp);
3) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale (Rl);
4) spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste (Rt).

Nella fase d'avanzamento in cui viene letta la resistenza alla punta, il display restituisce automaticamente il carico unitario di resistenza (Rp) tenuto conto della superficie di infissione di circa 10 cm^2. Nella fase di avanzamento in cui viene letta la somma delle resistenze alla punta ed al manicotto di frizione il display visualizza il carico assoluto espresso in kg diviso per 10 (Rl).

Ad ogni profondità di misura (**x**), i valori reali della resistenza alla penetrazione della punta "$\mathbf{q_c}$" e dell'attrito laterale locale "$\mathbf{f_s}$" possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$\mathbf{q_c}(x) = Rp\ (x)\ \ [kg/cm^2]$$

dove:

AP (Area Punta) = 10 cm^2
AM (Area Manicotto Laterale) = 150 cm^2

$$\mathbf{f_s}(X) = (Rl(x+1) - Rp(x+1)) \cdot (AP/AM) \quad = \quad (Rl(x+1) - Rp(x+1)) / 15$$

La particolare punta utilizzata per la perforazione "FrictionJacketCone" è servita a determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni investigati: dal rapporto tra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale è infatti possibile risalire, attraverso l'esperienza di ***Begemann***, modificata da ***Schmertmann***(di seguito descritti), alla granulometria, e di conseguenza alla litologia, dei terreni attraversati dall'indagine.

Metodo di Begemann:

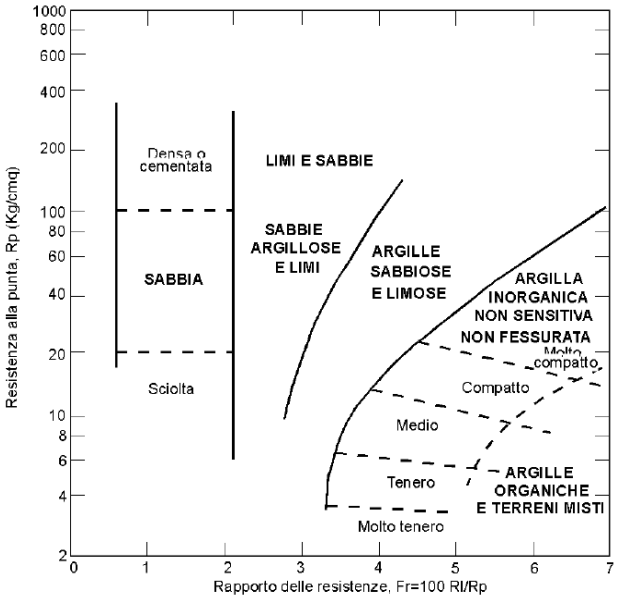
Il metodo di BEGEMANN considera il **rapporto tra Rp e Rl** come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto Rp/Rl	Litologia
Rp/Rl < 15	Argilla organica e torba
15 < Rp/Rl < 20	Limo e/o argilla inorganica
30 < Rp/Rl < 60	Limo sabbioso e sabbia limosa
Rp/Rl > 60	Sabbie o sabbia più ghiaia

Va ricordato che tali correlazioni sono valide solo per terreni immersi in falda.

Metodo di Schmertmann:

Il metodo di SCHMERTMANN considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto delle resistenze **Fr** (con **Fr%=100 Rl/Rp**), secondo il grafico seguente:



2.2.1 Prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH

Lo strumento impiegato per eseguire le prove è un penetrometro cingolato Pagani le cui caratteristiche tecniche sono le seguenti:

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 (cm^2):	**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})**

La prova dinamica consiste nell'infiggere una punta di acciaio posta all'estremità di una batteria di aste, mediante la caduta di un maglio da un'altezza costante e nel misurare il numero di colpi necessari a produrre avanzamenti delle aste e della punta stessa di una lunghezza prefissata nel terreno.

Tale prova penetrometrica dinamica misura in continuo la resistenza alla penetrazione della punta conica e, in particolare, fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

All'estremità inferiore della batteria di aste è collocata la punta conica, che può essere di due tipi: *fissa,* e quindi recuperabile al termine dell'indagine, oppure *"a perdere"* che quindi, alla estrazione

delle aste, rimane nel terreno. Nella successiva figura è rappresentato lo schema della punta conica fissa:

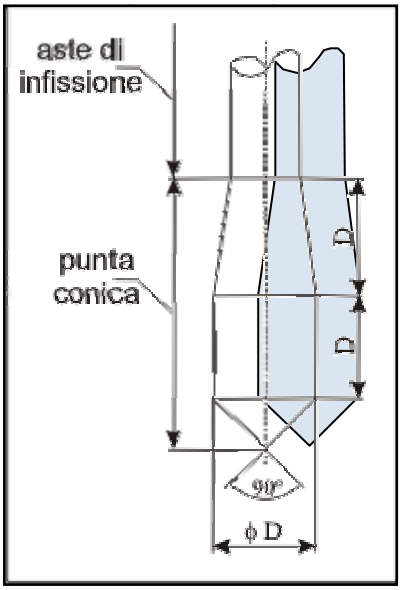


Fig. 2.2.2.1 – Schema della punta conica.

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

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 Rpd in Kg/cm² calcolata attraverso la "Formula olandese":

$$Rpd = M^2 * H / [A * e (M+P)] = M^2 * H * N / [A * \delta (M+P)]$$

Dove:

Rpd = Resistenza dinamica punta (kg/cm^2);
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.

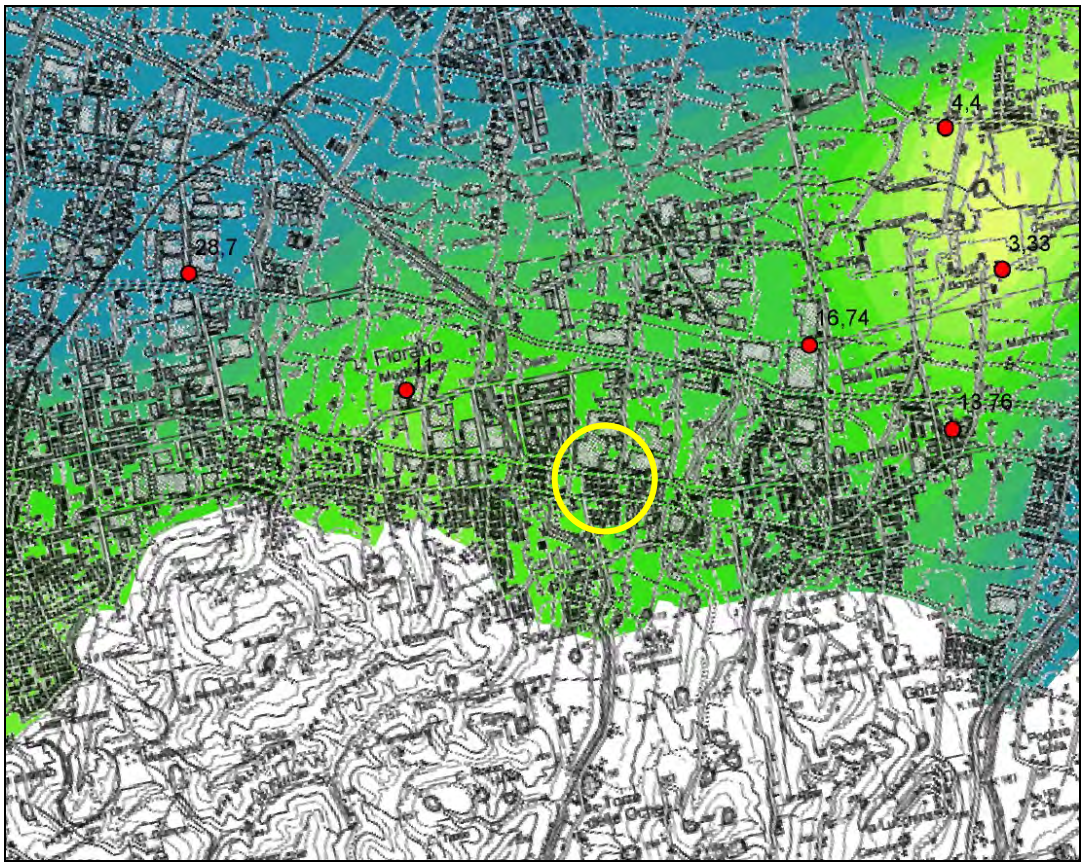
Sempre in allegato compaiono i grafici e le relative tabelle riportanti i dati rilevati in sito e la loro interpretazione geotecnica, desunta da correlazioni tra **N**dpsh e **N**spt (standard penetration test).

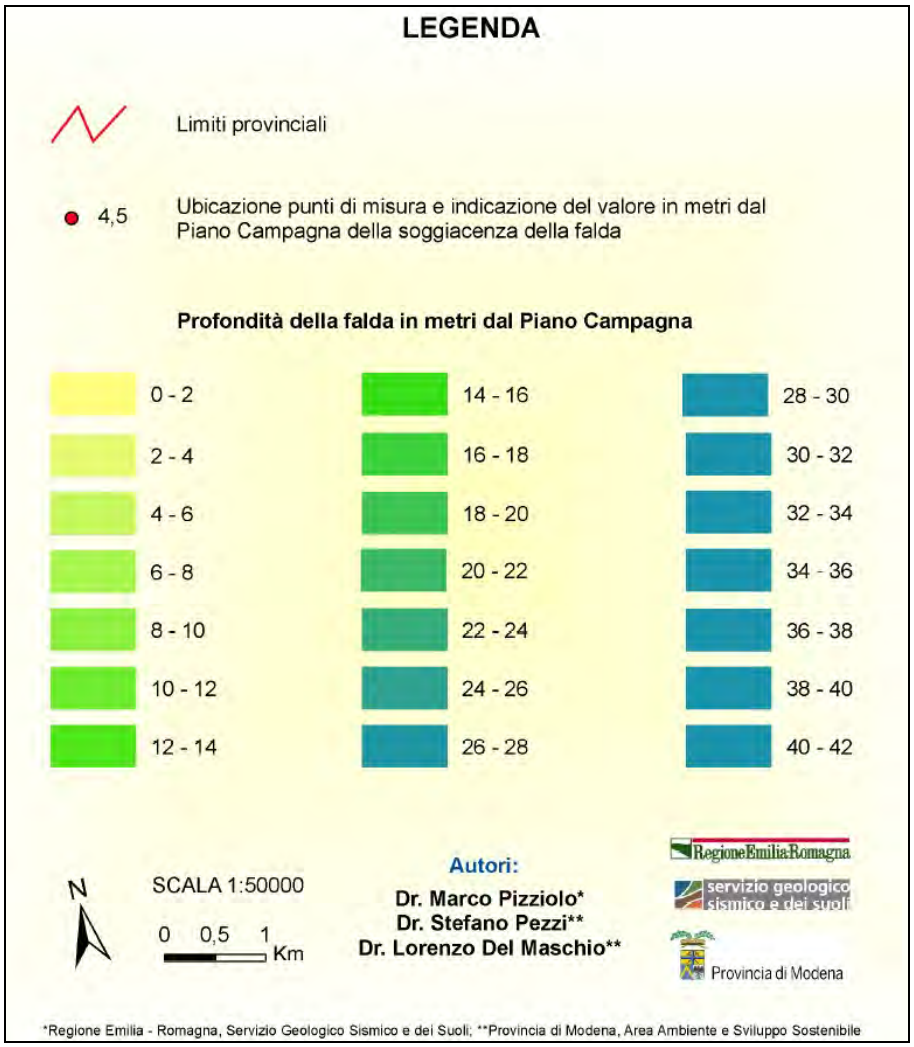
Al termine delle prove penetrometriche eseguite e sopra citate, è stata eseguita la misura della soggiacenza della falda all'interno dei fori di sondaggio.

Le misure effettuate hanno dato i seguenti risultati:

prova	**Soggiacenza falda (m da p.c.)**
CPT 1/DPSH 1	Non rilevata
DPSH 2	-16.50
DPSH 3	Foro chiuso

Si riporta di seguito un estratto della Carta della soggiacenza della falda del P.I.A.E. di Modena, da cui si evince che nell'area in oggetto la soggiacenza della falda risulta compresa circa tra -12÷16 m da p.c.





Estratto della Carta della soggiacenza della falda del P.I.A.E. di Modena

3 Relazione geotecnica

3.1 Modello geotecnico del sottosuolo

Il modello geotecnico è finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per il futuro progetto. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geotecniche eseguite, e precedentemente descritte, per il sottosuolo investigato si riassume il modello geotecnico schematico riportato di seguito:

MODELLO GEOTECNICO MEDIO

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
1	0.00 - 1.00 m da p.c.	-16.50 m da p.c.	Riporto con ghiaia, sabbia e argilla sovraconsolidata	γ	1800 kg/cm^3 ≈ 18.00 kN/m^3
				γ'	2100 kg/cm^3 ≈ 21.00 kN/m^3
				Dr	100%
				ϕ_k	33°
				ν	0.26
				Es	489.0 kg/cm^2 ≈ 48900 kN/m^2
2	1.00 - 2.20 2m da p.c.		Argilla limosa a consistenza scarsa	γ	1750 kg/cm^3 ≈ 17.50 kN/m^3
				γ'	2050 kg/cm^3 ≈ 20.50 kN/m^3
				C_{uk}	0.28 kg/cm^2 ≈ 28.0 kN/m^2
				C'_k	0.028 kg/cm^2 ≈ 2.8 kN/m^2
				M_0	55.0 kg/cm^2 ≈ 5500 kN/m^2
				ϕ_k	20°
				ν	0.50
				Es	40.0 kg/cm^2 ≈ 4000 kN/m^2
3	2.20 – 4.00 m da p.c.		Argilla limosa a consistenza media	γ	1850 kg/cm^3 ≈ 18.50 kN/m^3
				γ'	2150 kg/cm^3 ≈ 21.50 kN/m^3
				C_{uk}	0.80 kg/cm^2 ≈ 80.0 kN/m^2
				C'_k	0.08 kg/cm^2 ≈ 8.0 kN/m^2
				M_0	117.0 kg/cm^2 ≈ 11700 kN/m^2
				ϕ_k	24°
				ν	0.35
				Es	112 kg/cm^2 ≈ 11200 kN/m^2
4	4.00–8.20 m da p.c.		Argilla limosa a consistenza da media a scarsa	γ	1850 kg/cm^3 ≈ 18.50 kN/m^3
				γ'	2150 kg/cm^3 ≈ 21.50 kN/m^3
				C_{uk}	0.60 kg/cm^2 ≈ 60.0 kN/m^2
				C'_k	0.06 kg/cm^2 ≈ 6.0 kN/m^2
				M_0	110.0 kg/cm^2 ≈ 11000 kN/m^2
				ϕ_k	23°
				ν	0.40
				Es	84.0 kg/cm^2 ≈ 8400 kN/m^2

5	**8.20 – 10.60** m da p.c.		**Argilla limosa consistente**	γ	1900 kg/cm^3 ≈ 19.00 kN/m^3
				γ'	2200 kg/cm^3 ≈ 22.00 kN/m^3
				C_{uk}	1.40 kg/cm^2 ≈ 140.0 kN/m^2
				C'_k	0.14 kg/cm^2 ≈ 14.0 kN/m^2
				M_0	220.0 kg/cm^2 ≈ 22000 kN/m^2
				ϕ_k	25°
				ν	0.35
				Es	196 kg/cm^2 ≈ 19600 kN/m^2
6	**10.60 – 13.00** m da p.c.		**Ghiaia sabbiosa e sabbia ghiaiosa addensata**	γ	1900 kg/cm^3 ≈ 19.00 kN/m^3
				γ'	2200 kg/cm^3 ≈ 22.00 kN/m^3
				Dr	80%
				ϕ_k	35°
				ν	0.35
				Es	500 kg/cm^2 ≈ 50000 kN/m^2
7	**13.00 – 14.40** m da p.c.		**Argilla limosa consistente**	γ	1900 kg/cm^3 ≈ 19.00 kN/m^3
				γ'	2200 kg/cm^3 ≈ 22.00 kN/m^3
				C_{uk}	1.40 kg/cm^2 ≈ 140.0 kN/m^2
				C'_k	0.14 kg/cm^2 ≈ 14.0 kN/m^2
				M_0	220.0 kg/cm^2 ≈ 22000 kN/m^2
				ϕ_k	25°
				ν	0.40
				Es	196 kg/cm^2 ≈ 19600 kN/m^2
8	**14.40 – 17.00** m da p.c.		**Da sabbia limosa a ghiaia sabbiosa addensata**	γ	1900 kg/cm^3 ≈ 19.00 kN/m^3
				γ'	2200 kg/cm^3 ≈ 22.00 kN/m^3
				Dr	80%
				ϕ_k	35°
				ν	0.30
				Es	500 kg/cm^2 ≈ 50000 kN/m^2

Legenda	γ	=	peso specifico terreno naturale
	γ'	=	peso specifico terreno saturo
	C_{uk}	=	coesione non drenata caratteristica
	C'_k	=	coesione efficace caratteristica (valore cautelativo)
	Dr	=	densità relativa
	M_0	=	modulo di deformazione edometrico
	Es	=	modulo di deformazione elastico
	ϕ_k	=	angolo d'attrito caratteristico

Si riportano di seguito le referenze bibliografiche e le correlazioni utilizzate per la determinazione dei parametri geotecnici sopra illustrati:

γ' = peso dell'unità di volume (efficace) del terreno [Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982]
C_{uk} = coesione non drenata (terreni coesivi) [Formula di Lunne & Eide]
Dr = densità relativa (terreni granulari) [Schmertmann 1976]
M_0 = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973]
Es = modulo elastico (terreni coesivi) [Trofimemkov 1974]
ϕ_k = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari) [Meyerhof 1956/1976, sabbie limose]
ϕ_k = angolo di attrito interno efficace (terreni coesivi) [prove di laboratorio CID da Noi eseguite su analoghi litotipi presso Nostro laboratorio certificato dal "Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n.1845" per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce, categoria A]

3.2 Tipologia di fondazioni ipotizzate e calcolo della capacità portante

Al solo fine di calcolare la capacità portante del terreno, per l'ampliamento in progetto è stata formulata un'ipotesi di **fondazioni superficiali su platea generale in c.a.** Per il calcolo della capacità portante del terreno si sono utilizzati i parametri geotecnici emersi dall'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite. Si riportano di seguito i dati relativi al terreno e alle fondazioni ipotizzate.

PLATEA GENERALE IN C.A.

larghezza della base	**B**	=	16.00 m
lunghezza della fondazione	**B'**	=	62.00 m
profondità della quota di imposta	**D**	=	-3.50 m da p.c.

terreno di fondazione

peso specifico terreno naturale	**γ**	=	1850 kg/cm^3 ≈ 18.50 kN/m^3
peso specifico terreno saturo	**γ'**	=	2150 kg/cm^3 ≈ 21.50 kN/m^3
coesione non drenata caratteristica	**C_{uk}**	=	0.60 kg/cm^2 ≈ 60.0 kN/m^2
coesione efficace caratteristica	**C'_k**	=	0.06 kg/cm^2 ≈ 6.0 kN/m^2
angolo d'attrito caratteristico	**ϕ_K**	=	23°
modulo di Poisson	**ν**	=	0.40
modulo di deformazione edometrico	**Mo**	=	110.0 kg/cm^2 ≈ 11000 kN/m^2
modulo di deformazione elastico	**Es**	=	84.0 kg/cm^2 ≈ 8400 kN/m^2
profondità falda freatica	**Dw**	=	-16.50 m da p.c.

3.3 Verifica dei cedimenti

È stato eseguito il calcolo della distribuzione delle tensioni indotte al terreno di fondazione dall'intervento in progetto secondo il metodo di Newmark (**Allegato n. 2**).

Il metodo di Newmark si basa sul presupposto che il terreno di fondazione possa essere assimilato ad uno spazio semi-infinito a comportamento perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

Per la verifica dei cedimenti sono stati considerati i parametri geotecnici emersi dall'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite in sito e al fine del calcolo è stato ipotizzato un carico applicato al terreno di fondazione pari a **P = 1.00 kg/cm^2 ≈100 kN/m^2**; per una quota di imposta delle fondazioni pari a **D=-3.50 m da p.c.**, si ottiene un valore di cedimento totale del terreno pari a **S=1.94 cm.**

3.4 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 (kN/mc) = 40 *Qlim *Fc,

dove Fc = 2.54/cedimento della fondazione (cm), considerando i cedimenti di riferimento calcolati ed i carichi ipotizzati e sopra riportati, si sono ottenuti i seguenti risultati per il **modulo di sottofondo** (o **costante di Winkler**):

carico applicato (ipotesi)	**modulo di sottofondo (K di Winkler)**
P = 1.00 kg/cm^2 ≈ 100 kN/m^2	K = 1.94 kg/cm^3

4 Caratterizzazione sismica del sito

4.1 Indagini geofisiche

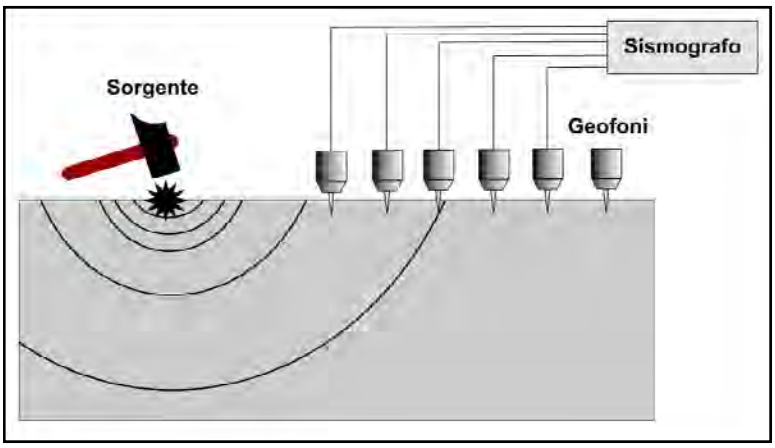
Per la classificazione sismica dell'area di studio in data 04/12/2018 sono state eseguite in sito le seguenti indagini geofisiche:

- **N. 1 INDAGINE SISMICA MASW;**
- **N.1 INDAGINE SISMICA Re.Mi.;**
- **N. 1 INDAGINE SISMICA HVSR.**

I risultati delle indagini sismiche sopracitate sono riportati nell'**allegato n. 3**.

4.1.1 Indagine sismica con metodo MASW

Acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie da una sorgente provocata artificialmente, la tecnica 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. Partendo dal sismogramma registrato mediante la sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che consente 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, si ottiene la "curva di dispersione", dalla cui inversione si calcola il modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs).



Schema di Array lineare e punto energizzante.

Ripresa fotografica dell'indagine sismica MASW/Re.Mi. eseguita in sito in data 04/12/2018

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, V(fase)/freq., può essere convertito nel profilo Vs/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.

L'indagine sismica **MASW** è stata eseguita in sito utilizzando 24 geofoni verticali, distanziati di 2 m, con frequenza naturale di 4.5 Hz. I dati sono stati registrati mediante un sismografo *Geode Geometrics 24* bit, con intervallo di campionamento di 0.25 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Le battute sono state effettuate mediante un grave da 10,0 kg di massa.

4.1.2 Indagine sismica Re.Mi.

La tecnica di acquisizione conosciuta come *Refraction Microtremors* (Re.Mi.), permette di campionare le frequenze più basse, caratterizzanti le porzioni più profonde del sottosuolo. In generale le tecniche sfruttano la capacità di poter mettere in relazione le velocità di fase e le frequenze, relative alle onde di taglio, con le forme di dispersione delle onde di superficie. I microtremori sismici naturali determinano, in corrispondenza della superficie, la formazione di onde superficiali di Rayleigh. Si utilizzano dunque i microtremori naturali come sorgente sismica, i quali vengono misurati attraverso geofoni verticali disposti secondo array lineari. L'analisi avviene

grazie a un passaggio delle registrazioni ottenute, attraverso la trasformata di Fourier, da un dominio spazio/tempo a un dominio frequenza/velocità. Il risultato dell'analisi è l'identificazione dello spettro energetico del segnale, in funzione della frequenza e della velocità. Dato che i livelli energetici possono variare significativamente alle diverse frequenze, lo spettro durante la fase di elaborazione viene normalizzato.

L'indagine sismica **Re.Mi.** è stata eseguita in sito utilizzando 24 geofoni verticali, distanziati di 2 m, con frequenza naturale di 4.5 Hz. I dati sono stati registrati mediante un sismografo *GEODE Geometrics 24 bit*, con velocità di campionamento (sample rate) di 4 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 120 secondi.

4.1.3 Indagine sismica Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di **indagine sismica passiva HVSR** (***H**orizontal to **V**ertical **S**pectral **R**atio – Metodo di Nakamura*) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo–strato individuato. Tramite l'elaborazione di moti superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai moti superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua versatilità poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

La tecnica **HVSR** è totalmente **non invasiva, molto rapida**, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un "velocimetro triassiale" conforme alle norme SESAME. I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSR sono:

- La **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto **dimensionamento degli edifici antisismici**. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "**doppia risonanza**", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.

L'indagine HVSR eseguita ha individuato un picco H/V alla frequenza f_0**=27.75 Hz**, rappresentativo di una discontinuità molto superficiale (1÷2 m di profondità). I dettagli sono illustrati nel report allegato.

3.2 Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC 2018)

Per determinare il parametro Vs30 e definire quindi la categoria di sottosuolo dell'area indagata (§ 3.2.2 NTC 2018) sono state eseguite in sito le indagini sismiche descritte nel precedente paragrafo. L'elaborazione delle indagini sismiche sopra citate, di cui si riportano i dettagli nel report allegato, restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione attraverso un'immagine a colori che mostra il profilo delle velocità delle onde di Rayleigh come velocità di fase e frequenza. Analizzando tale grafico si ottiene un modello teorico dell'andamento delle Vs con la profondità fino ad una quota di –30.00 m dal piano di posa delle fondazioni, attraverso la formula:

$$\mathbf{V_{s,30}} = \frac{\mathbf{30}}{\sum_{\mathbf{i}} \frac{\mathbf{hi}}{\mathbf{Vsi}}}$$

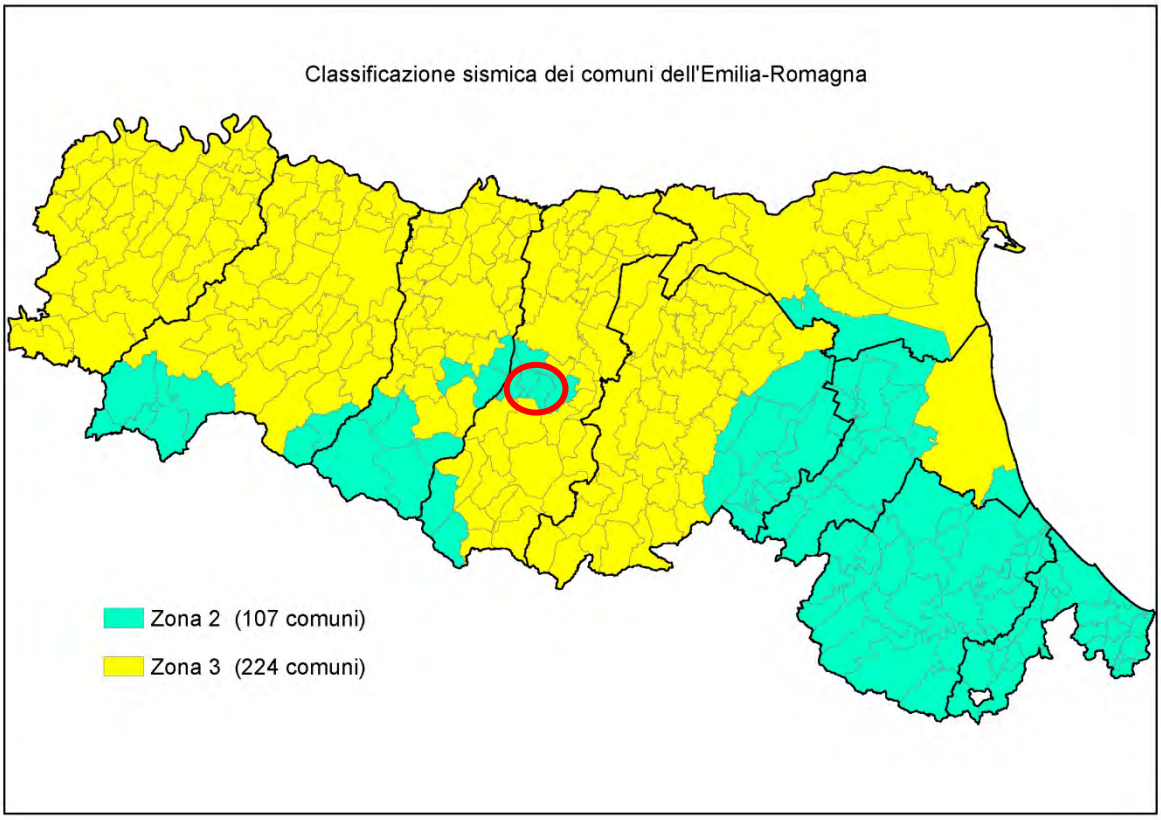
Dall'elaborazione delle indagini eseguite si è ottenuto il valore di V_{S30} pari a: $\mathbf{V_{s,30}}$**=384 m/s.**

Pertanto, secondo la classificazione del sottosuolo imposta dal NTC 2018, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla appartenente alla **categoria B**, corrispondente a

ROCCE TENERE E DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MOLTO ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MOLTO CONSISTENTI, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA 360 m/s E 800 m/s.

4.2 Sismicità dell'area

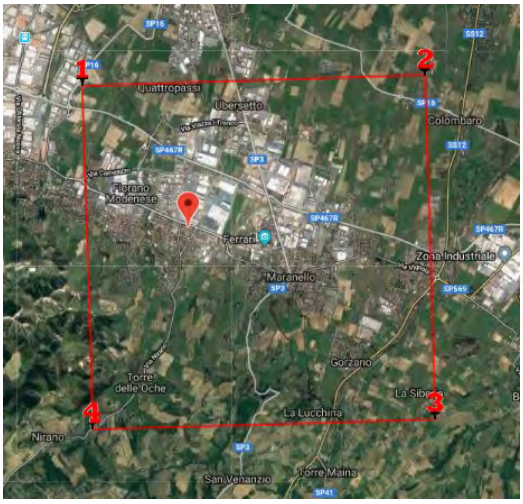
Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale proposta a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche, **il Comune di Fiorano Modenese (MO)** risulta appartenente alla **classe di sismicità 2**, indicativa di una zona a media sismicità.



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.

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 l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (**Sistema di riferimento ED50**): Latitudine: 44.534442°, Longitudine 10.846734°, in relazione a un periodo di riferimento $\mathbf{T_R}$ stimato di 475 anni, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa $\mathbf{a_g}$ pari a **$a_{g\ attesa}$= 0.163g**.



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]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.052	2.486	0.253
Danno (SLD)	50	0.065	2.494	0.266
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.163	2.387	0.290
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.205	2.396	0.304
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): 1

us (m): 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	1,40
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	0.023	0.034
Amax [m/s²]	0.616	0.765	1.919	2.415
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Parametri sismici caratteristici della maglia di punti riportata in figura, in cui ricade l'area oggetto del presente studio (da www.geostru.com/us/parametri-sismici/)

L'accelerazione orizzontale di picco attesa $\mathbf{a_g}$ è definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione $\mathbf{a_g}$ rappresenta uno dei parametri principali che definisce la **pericolosità sismica di base**, insieme ai parametri $\mathbf{F_0}$ e **Tc*** dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sopra.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, determinata la pericolosità sismica di base, occorre valutare gli **effetti di sito** mediante specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica, sulla base di quanto previsto dalle N.T.C., si può fare riferimento ad un approccio semplificato 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 **dall'indagine geofisica eseguita in sito**, si **classifica** il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla **categoria B** .

Poiché tale valore di accelerazione sismica orizzontale $\mathbf{a_g}$ si riferisce al *bedrock*, per definire il valore di $\mathbf{a_g}$ in superficie si calcola inizialmente il fattore stratigrafico S_s, essendo in categoria **B**, si avrà :

$$\mathbf{1.00 \leq S_s = 1.40 - (0.40 \bullet F_o \bullet a_g/g) \leq 1.20}$$

dove:

- $\mathbf{F_o}$ = 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, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a **2.387**;
- $\mathbf{a_g/g}$ = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a **475** anni/accelerazione di gravità;
- $\mathbf{S_S}$ = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione 4.1.1; per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.20;**

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si ricava il fattore topografico $\mathbf{S_T}$ dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media ≤ 15°	**1.0**
T2	Pendii con inclinazione media > 15°	**1.2**
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i ≤ 30°	**1.2**

T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione madia > 30°	**1.4**

Per l'area studiata, sita, come suddetto in una zona di pianura e appartenente, quindi alla categoria topografica **T1**, si ottiene un fattore topografico $\mathbf{S_T}$ pari a **1.0**.

In base a tali valori del fattore stratigrafico $\mathbf{S_S}$ e del fattore topografico $\mathbf{S_T}$ si procede al calcolo dell' accelerazione massima orizzontale $\mathbf{A_{max}}$:

$$A_{max} = S_S \bullet S_T \bullet a_g = 1.20 \bullet 1.0 \bullet 0.163\ g = 0.196_g$$

4.2.3 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 ($\mathbf{R_{d\ GEO}}$). Il valore di progetto della resistenza **Rd** può essere determinato:

a) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γM specificato nella Tab. 6.2.II (NNTC 2018) e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γR specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

b) in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γR riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

c) sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γR 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:

$$z_c = 1 - 0.32 \cdot K_h \qquad z_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan\phi}\right)^{0.35} \qquad z_\gamma = z_q$$

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** (relativa a SLV ; Tr = 475 anni);
- coefficiente intensità sismica del terreno K_h: **0.047**

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

La resistenza Rd calcolata in condizioni "**non drenate"** dove **Cu ≠ 0 e ϕ = 0,** applicando il coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata secondo la seguente relazione **Cud = Cuk / 1.0,** per cui si avrà **Cud = Cuk,** dove **Cud** = **coesione non drenata di progetto** e **Cuk** = **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**
-3.50 m da p.c.	B = 16.00 m	**1.77 kg/cm^2 ≈ 177 kN/m^2**

La resistenza Rd 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: **tg ϕ'd = tg ϕ'k /1,0**, dove **ϕ'd è l'angolo d'attrito di progetto**, ne deriva, essendo **ϕ'k = ϕ'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	**Dimensioni della fondazione**	**Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3**
-3.50 m da p.c.	B = 16.00 m	**7.76 kg/cm^2 ≈ 776 kN/m^2**

CONDIZIONE PSEUDO-STATICA – CONDIZIONI DRENATE – A1+M1+R3		
Profondità di imposta	**Dimensioni della fondazione**	**Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3**
-3.50 m da p.c.	B = 16.00 m	**7.45 kg/cm^2 ≈ 745 N/m^2**

4.4 Stabilità nei confronti del fenomeno della liquefazione

Sulla base degli esiti delle indagini geognostiche eseguite in sito, non si è eseguita la verifica della stabilità nei confronti della liquefazione poiché non sono stati individuati livelli di sabbie pulite con caratteristiche predisponenti il fenomeno (§ 7.11.3.4.2 NTC 2018, punto 4).

5 Verifica di stabilità del fronte di scavo

In ottemperanza al paragrafo 6.3 NTC 2018, in considerazione degli interventi in progetto che prevedono la realizzazione di un piano interrato con piano di posa della fondazione alla profondità di -3.50 m da p.c., sono state eseguite **le verifiche di stabilità dei fronti di scavo in *condizioni a breve termine (non drenate)***.

5.1 Analisi di stabilità globale del versante - approccio LEM *Slide (Rocscience)*

Per le verifiche di stabilità *Slide* utilizza l'approccio di equilibrio limite (LEM), considerando una geometria bidimensionale ed un comportamento rigido perfettamente plastico dei suoli con un criterio di resistenza al cedimento di tipo Mohr-Coulomb. Il fattore di sicurezza FS è definito come quel fattore per cui la resistenza al taglio del suolo deve essere ridotta allo scopo di portare la massa del suolo in uno stato di equilibrio limite lungo una superficie di scivolamento selezionata. La massa di scivolamento su una superficie di cedimento è divisa in diversi conci. Le forze che agiscono su ciascun concio sono ottenute considerando l'equilibrio meccanico per il numero di conci. Per l'analisi di stabilità secondo l'approccio LEM è stato adottato il metodo proposto da Bishop (1955), nella forma semplificata. Tale metodo viene sviluppato attraverso le seguenti fasi:

- viene ipotizzata una superficie di rottura circolare;
- il terreno è suddiviso in n conci;
- si impone l'equilibrio dei momenti delle forze agenti in ciascun concio rispetto al centro del cerchio;
- dalla condizione di equilibrio delle forze verticali in ciascun concio si ottengono le forze N (normali alla superficie di rottura) e si sostituiscono nell'equazione risultante dell'equilibrio dei momenti;
- si ipotizza che le forze di contatto tra i due conci non influiscano poiché si trovano in equilibrio;
- si ottiene così il coefficiente di sicurezza FS, della superficie considerata.

Il coefficiente di sicurezza risulta quindi calcolato secondo la seguente relazione:

$$FS = \frac{\sum[cAcos\,\alpha + (W - U\,cos\,\alpha)\,tan\,\varphi][1/Mi(\alpha)]}{\sum W sin\alpha}$$

dove:

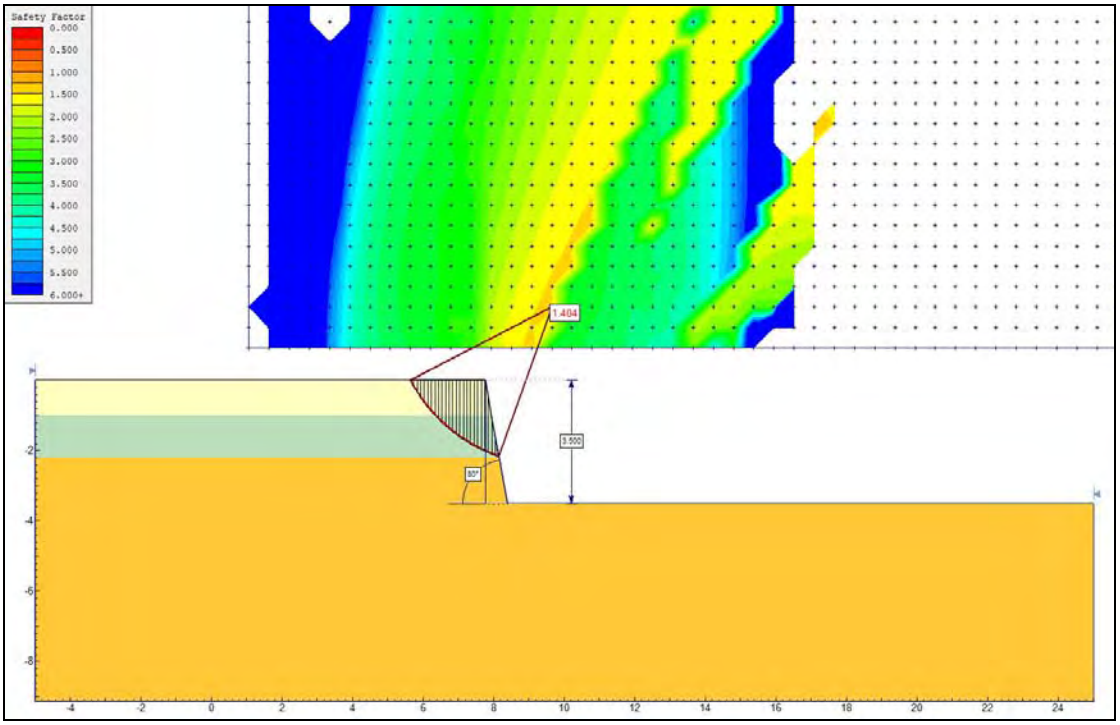
$$Mi(\alpha) = \cos\alpha\left(1 + \frac{\tan\varphi\,\tan\alpha}{FS}\right)$$

È stata eseguita una verifica di stabilità del fronte di scavo relativo alla realizzazione della fondazione del fabbricato in progetto, considerando uno scavo profondo 3.50 m con fronte inclinato di 80°. Si riporta inoltre il modello geotecnico **di progetto** utilizzato ai fini delle verifiche di stabilità e derivante dalla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo indagato:

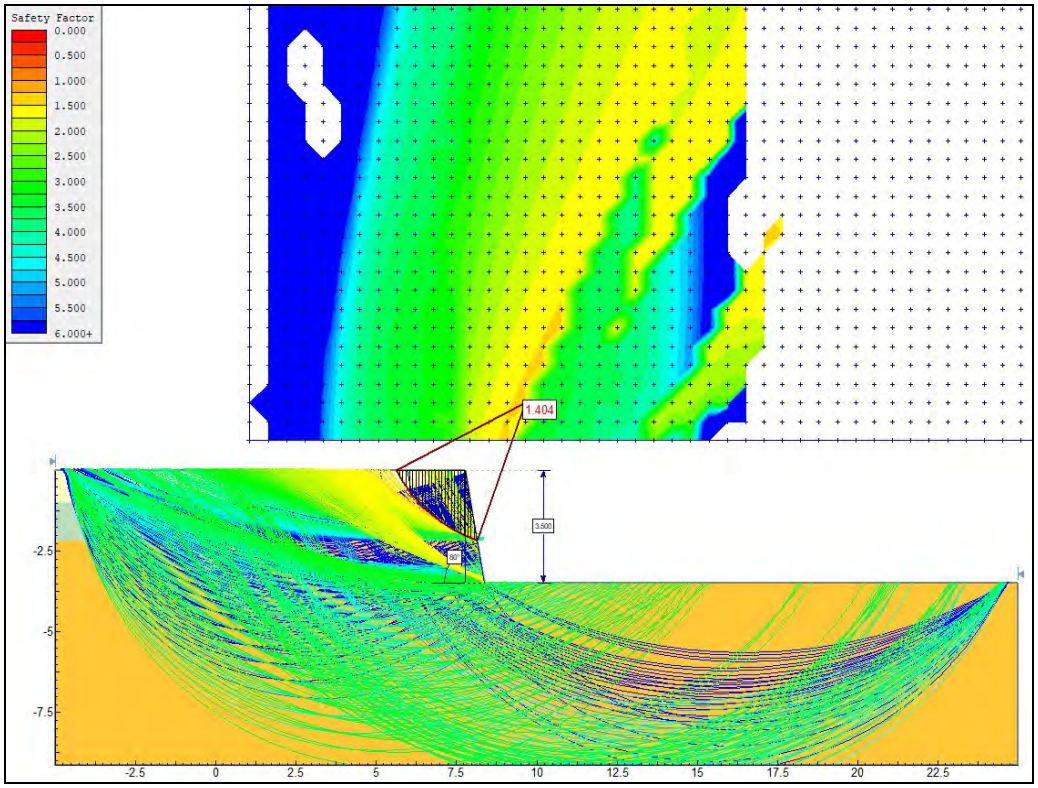
	Unità	$\gamma_{(d)}$ (kN/m^3)	$Cu_{(d)}$ (kPa)	$\Phi'_{(d)}$ (°)
A1	TERRENO DI RIPORTO	20.00	-	27.45°
A2	ARGILLE LIMOSE A CONSISTENZA SCARSA	20.00	20	0
A3	ARGILLE LIMOSE A CONSISTENZA MEDIA	20.00	42.86	0

Parametri geotecnici progettuali (d) delle unità geotecniche, utilizzati per il modello analizzato secondo approccio di verifica LEM

Le verifiche hanno definito che il valore di fattore di sicurezza minimo ottenuto risulta superiore al valore di **FS =1.1,** considerato come soglia di sicurezza.



Superficie di scivolamento minima risultante dall'analisi di stabilità del fronte di scavo eseguita, cui corrisponde un fattore di sicurezza FS= 1.404.



Superfici di scivolamento risultanti dall'analisi di stabilità del fronte di scavo eseguita.

Tutti i parametri utilizzati nella presente analisi di stabilità sono riportati integralmente nel dettaglio nell'**allegato n. 4**.

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio geologico, geotecnico e sismico è relativo al sottosuolo di un'area in cui è in progetto la ristrutturazione e l'ampliamento di un edificio, l'Hotel Alexander, sito in via della Resistenza a Fiorano Modenese (MO).

Sulla base dei dati emersi dalle indagini geotecniche eseguite (§ 2.2), si fornisce per il terreno di fondazione indagato, il **modello geotecnico** medio riportato nel § 3.1 della presente relazione.

In relazione a quanto esposto nelle NTC 2018, si è proceduto alla **verifica nei confronti degli stati limite ultimi** (**SLU**). Nel nostro caso specifico, per quanto riguarda le **opere di fondazione**, nelle verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi è stato calcolato l'SLU sia **a breve che a lungo termine** per l'intervento in progetto, utilizzando i seguenti approcci di calcolo:

a) **Approccio 2** combinazione **(A1 + M1 + R3)**.

I risultati sono visibili nel § 4.3.

Si riassumono nella seguente tabella i valori di portanza del terreno di fondazione calcolati agli stati limite ultimi **SLU** relativamente alle fondazioni ipotizzate e sopra descritte.

APPROCCIO 2 - COMB 1		
CONDIZIONI NON DRENATE	CONDIZIONI DRENATE	CONDIZIONI SISMICHE DRENATE *PAOLUCCI & PECKER*
177.11 kN/m^2	776.95 kN/m^2	745.69 kN/m^2

La **caratterizzazione sismica** del sito è stata condotta sulla base di n. 1 indagine sismica di tipo MASW e n. 1 indagine sismica Re.Mi. eseguite in sito, che hanno permesso di determinare che la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità ha il valore: **Vs_{30}=384 m/s.**
Sulla base delle N.T.C. 2018 si classifica pertanto il terreno di fondazione in oggetto come appartenente alla **categoria B,** corrispondente a:

ROCCE TENERE E DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MOLTO ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MOLTO CONSISTENTI, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA 360 m/s E 800 m/s.

Per la definizione dell'azione sismica si è proceduto con l'utilizzo dell'approccio semplificato (NTC 2018) basato sulle categorie di sottosuolo, da cui si ricavano i fattori di amplificazione stratigrafica e topografica del moto sismico in superficie, e infine l'accelerazione massima attesa mediante la formula:

$$\mathbf{A_{max} = S_S \bullet S_T \bullet a_g = 1.20 \bullet 1.0 \bullet 0.163\ g = 0.196_g}.$$

Non è stata eseguita la verifica della suscettibilità nei confronti della liquefazione poiché non sono stati individuati livelli di sabbie pulite con caratteristiche predisponenti il fenomeno (§ 7.11.3.4.2 NTC 2018, punto 4).

Per l'area in oggetto è stata eseguita la verifica di stabilità dei fronti di scavo relativi alla realizzazione della fondazione del fabbricato in ampliamento, considerando una profondità di scavo pari a 3.50 m e l'inclinazione del fronte di scavo pari a 80°. La verifica di stabilità eseguita ha fornito valori superiori al valore **Fs = 1.1**, indicativo di sufficiente stabilità. Pertanto si raccomanda l'esecuzione degli scavi mantenendo il fronte di scavo con inclinazione minore o uguale a 80°, e di eseguire tali operazioni durante la stagione asciutta.

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

Modena, 18 dicembre 2018

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

TAVOLE

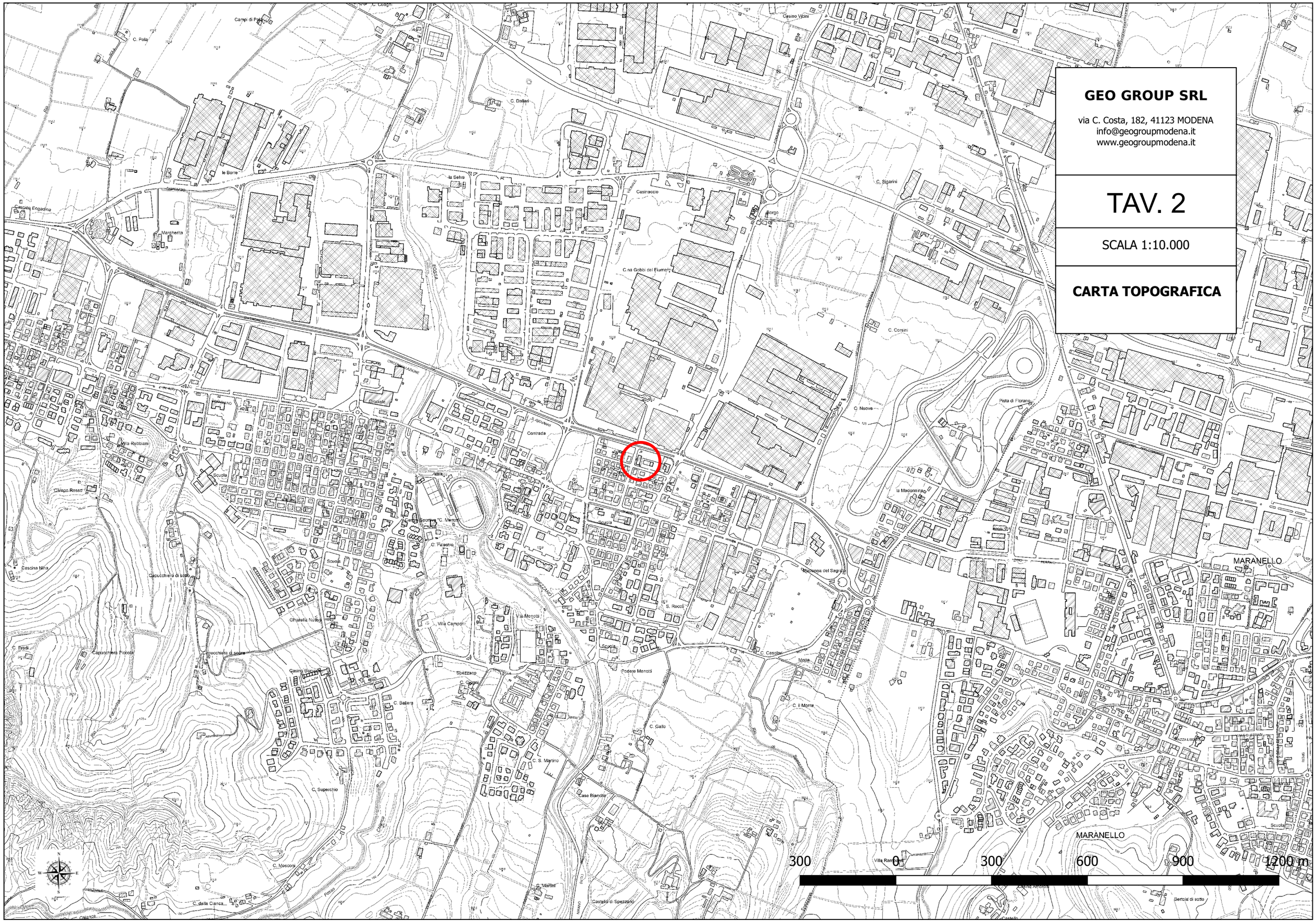
GEO GROUP SRL

via C. Costa, 182, 41123 MODENA
info@geogroupmodena.it
www.geogroupmodena.it

TAV. 1

SCALA 1:25.000

CARTA COROGRAFICA



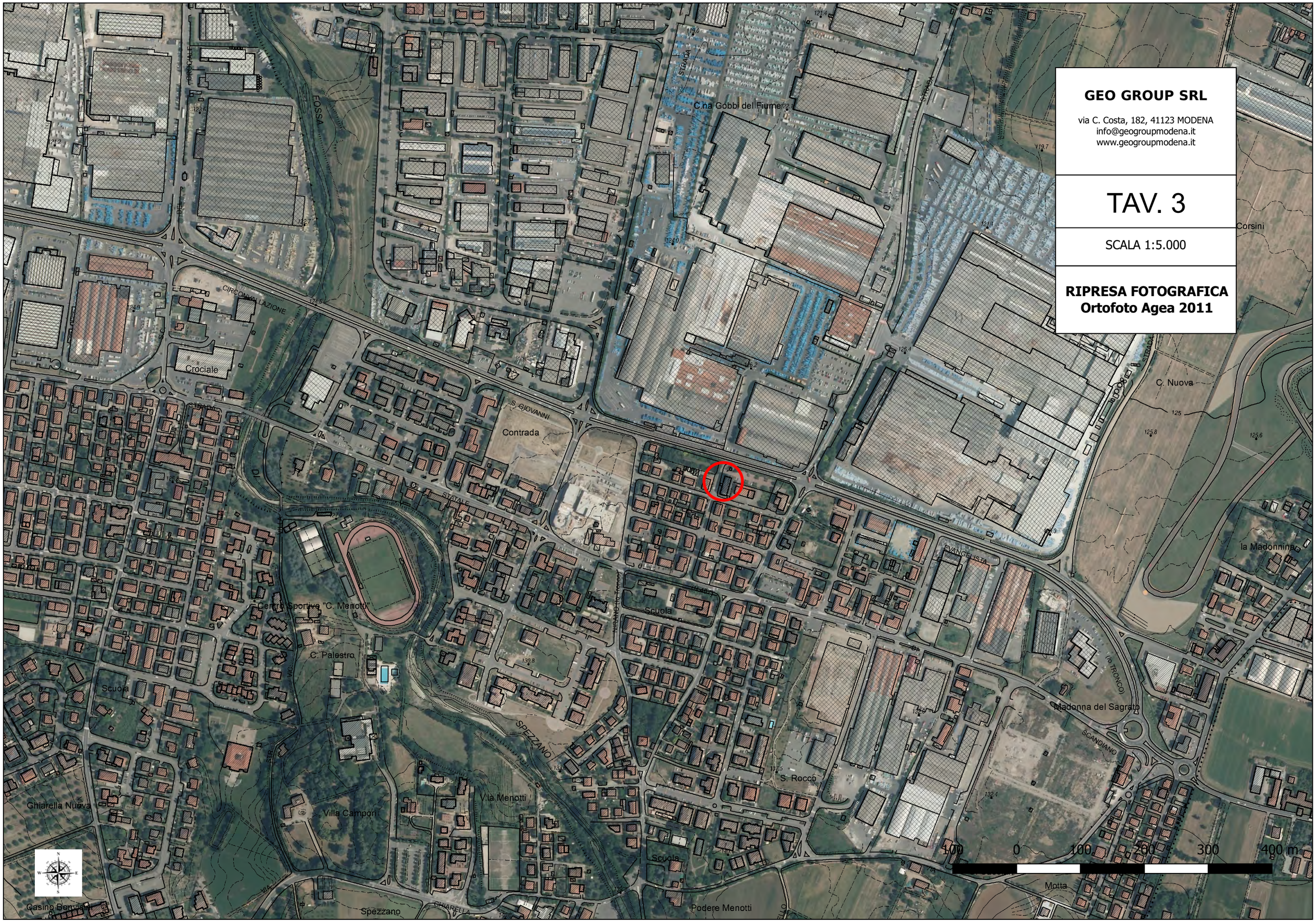
GEO GROUP SRL

via C. Costa, 182, 41123 MODENA
info@geogroupmodena.it
www.geogroupmodena.it

TAV. 2

SCALA 1:10.000

CARTA TOPOGRAFICA



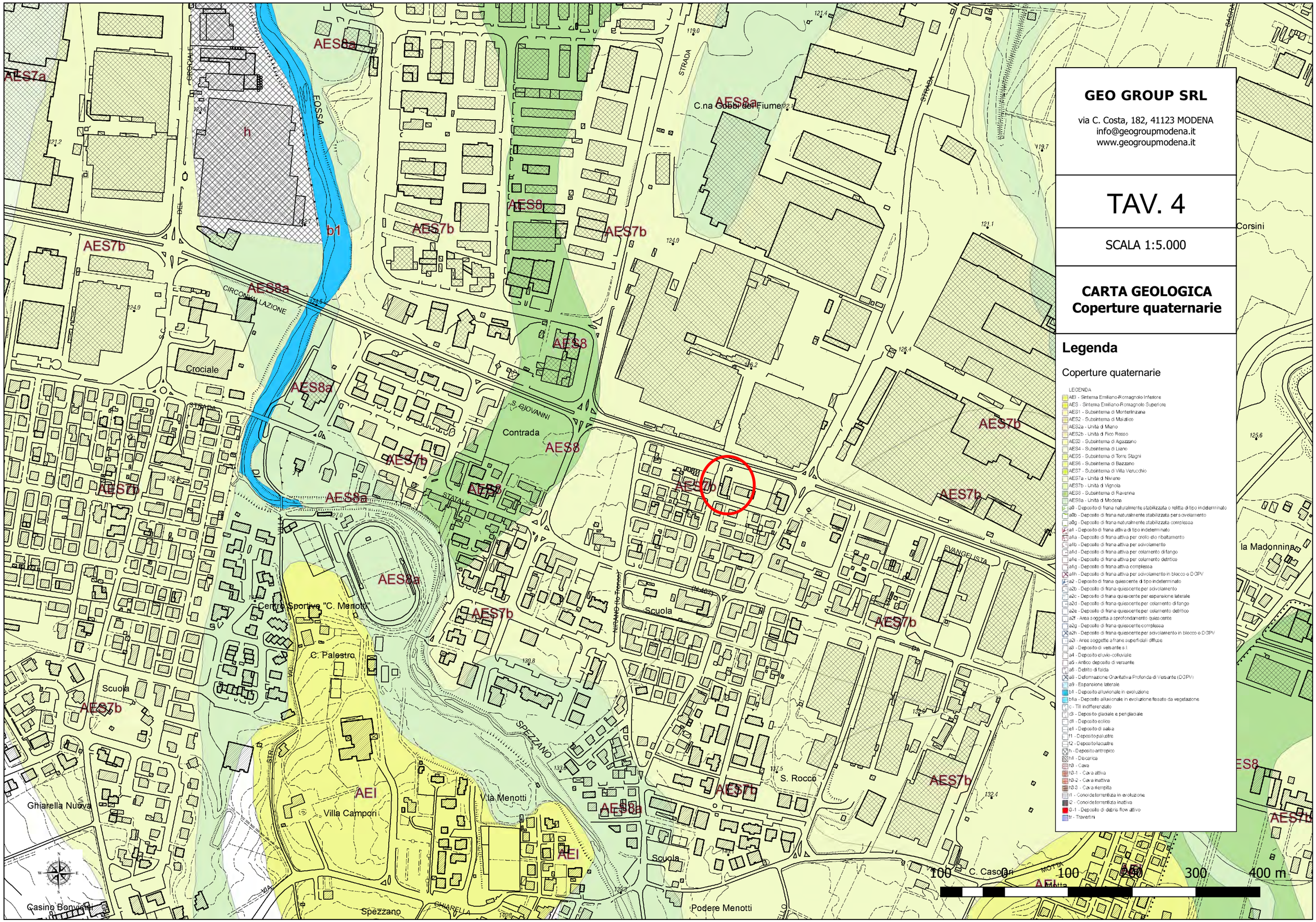
GEO GROUP SRL

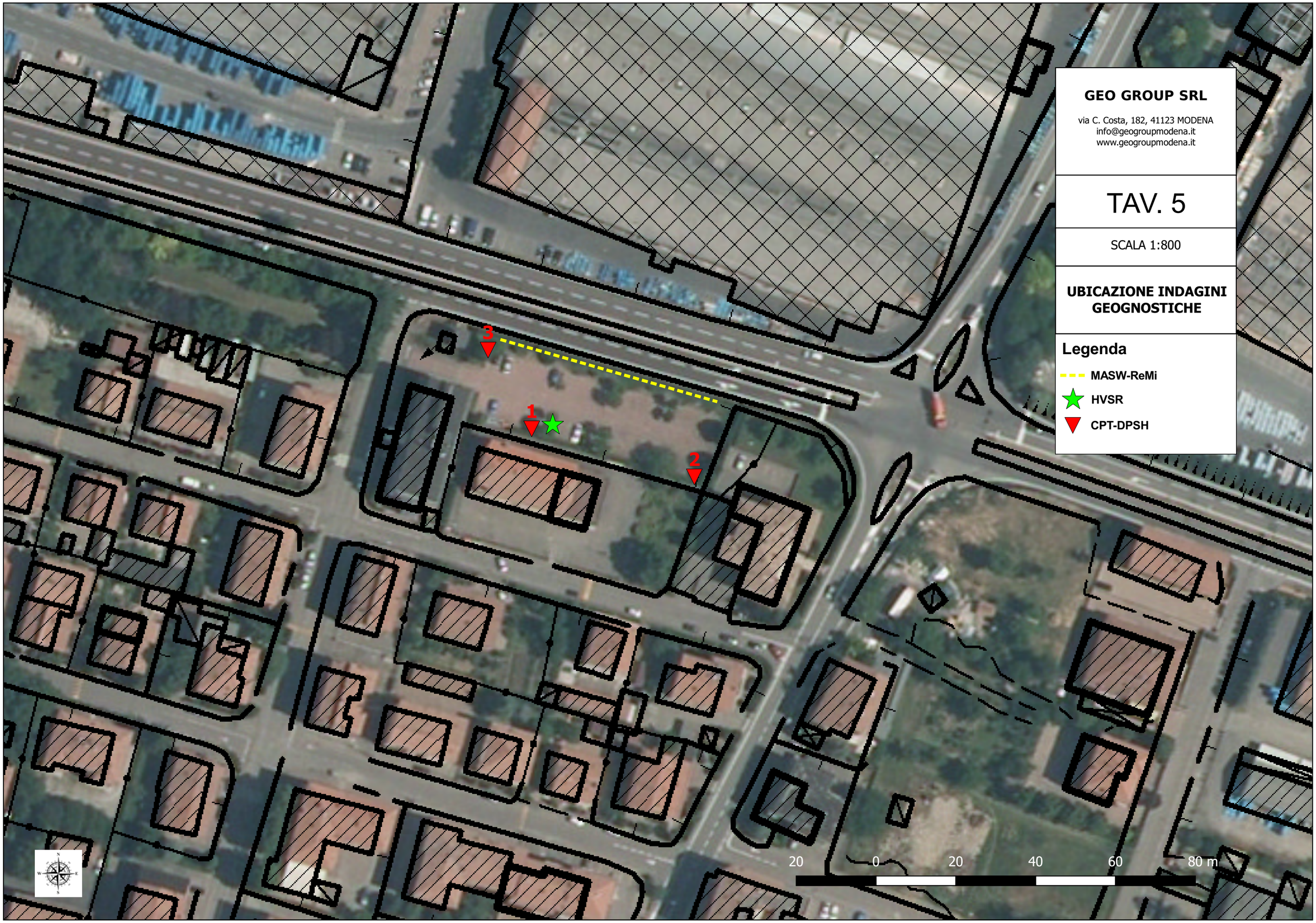
via C. Costa, 182, 41123 MODENA
info@geogroupmodena.it
www.geogroupmodena.it

TAV. 3

SCALA 1:5.000

RIPRESA FOTOGRAFICA
Ortofoto Agea 2011


GEO GROUP SRL
via C. Costa, 182, 41123 MODENA
info@geogroupmodena.it
www.geogroupmodena.it
TAV. 4
SCALA 1:5.000
CARTA GEOLOGICA
Coperture quaternarie
Legenda
Coperture quaternarie
LEGENDA
AEI - Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore
AES - Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore
AES1 - Subsintema di Monterlinzana
AES2 - Subsintema di Maiatico
AES2a - Unità di Miano
AES2b - Unità di Fico Rosso
AES3 - Subsintema di Agazzano
AES4 - Subsintema di Liano
AES5 - Subsintema di Torre Stagni
AES6 - Subsintema di Bazzano
AES7 - Subsintema di Villa Verucchio
AES7a - Unità di Niviano
AES7b - Unità di Vignola
AES8 - Subsintema di Ravenna
AES8a - Unità di Modena
a0 - Deposito di frana naturalmente stabilizzata o relitta di tipo indeterminato
a0b - Deposito di frana naturalmente stabilizzata per scivolamento
a0g - Deposito di frana naturalmente stabilizzata complessa
a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
a1a - Deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento
a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
a1e - Deposito di frana attiva per colamento detritico
a1g - Deposito di frana attiva complessa
a1h - Deposito di frana attiva per scivolamento in blocco o DGPV
a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato
a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
a2c - Deposito di frana quiescente per espansione laterale
a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
a2e - Deposito di frana quiescente per colamento detritico
a2f - Area soggetta a sprofondamento quiescente
a2g - Deposito di frana quiescente complessa
a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV
a2i - Aree soggette a frane superficiali diffuse
a3 - Deposito di versante s.l.
a4 - Deposito eluvio-colluviale
a5 - Antico deposito di versante
a6 - Detrito di falda
a8 - Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV)
a9 - Espansione laterale
b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
b1a - Deposito alluvionale in evoluzione fissato da vegetazione
c - Till indifferenziato
c3 - Deposito glaciale e periglaciale
d1 - Deposito eolico
e1 - Deposito di salsa
f1 - Deposito palustre
f2 - Deposito lacustre
h - Deposito antropico
h1 - Discarica
h3 - Cava
h3-1 - Cava attiva
h3-2 - Cava inattiva
h3-3 - Cava riempita
i1 - Conoide torrentizia in evoluzione
i2 - Conoide torrentizia inattiva
i3-1 - Deposito di debris flow attivo
tr - Travertini
AES7a
AES8a
AES7b
AES8
AEI
b1
h
Crociale
Contrada
Centro Sportivo "C. Menotti"
C. Palestro
Scuola
Villa Campori
Via Menotti
Ghiarella Nuova
Casino Bonvicini
Spezzano
Podere Menotti
S. Rocco
C. Casoni
C.na Gobbi del Fiume
Corsini
la Madonnina
CIRCONVALLAZIONE
S. GIOVANNI
STATALE
SPEZZANO
EVANGELISTA
FOSSA
STRADA
0
100
200
300
400 m



GEO GROUP SRL

via C. Costa, 182, 41123 MODENA
info@geogroupmodena.it
www.geogroupmodena.it

TAV. 5

SCALA 1:800

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Legenda

- MASW-ReMi
- HVSR
- CPT-DPSH

ALLEGATO 1

PROVE PENETROMETRICHE

Geo Group s.r.l.
Via C. Costa 182, 41123 Modena
tel: 059-39.67.169 - fax: 059-59.60.176 -

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA
FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
SP100 - GeoDeepDrill

Caratteristiche:

- punta conica meccanica Ø 35.7 mm, area punta Ap = 10 cm²

- punta conica meccanica angolo di apertura: α = 60°

- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø = 35.7 mm - h = 133 mm - Am = 150 cm²)

- velocità di avanzamento costante V = 2 cm/sec (± 0,5 cm / sec)

- spinta max nominale dello strumento Smax variabile a seconda del tipo

- costante di trasformazione CT = SPINTA (Kg) / LETTURA DI CAMPAGNA
  (dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: qc (MPa) = (L1) x CT /10

fase 2 - resistenza laterale locale: fs (kPa) = [(L2) - (L1)] x CT / 150

fase 3 - resistenza totale : Rt (kPa) = (Lt) x 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 (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 fs viene computata 20 cm sopra la punta .

CONVERSIONI
1 kN (kiloNewton) = 1000 N ≈ 100 kg = 0,1 t
1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N ≈ 100 t
1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa ≈ 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²
1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa ≈ 100 t/m² = 10 kg/cm²
1 kg/cm² = 10 t/m² ≈ 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa
1 t = 1000 kg ≈ 10 kN

Geo Group s.r.l.
Via C. Costa 182, 41123 Modena
tel: 059-39.67.169 - fax: 059-59.60.176 -

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: F = (qc / fs)
Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977
Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

	F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
	F ≤ 1470 kPa	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
1470 kPa <	F ≤ 2940 kPa	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
2940 kPa <	F ≤ 5880 kPa	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
	F > 5880 kPa	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di FR = (fs / qc) % :

- 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:

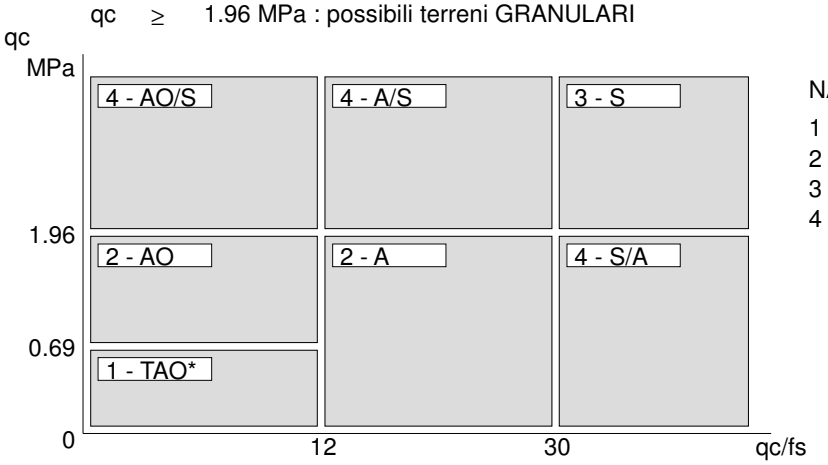
- 1/3 ± - 1/2 di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

Geo Group s.r.l.
Via C. Costa 182, 41123 Modena
tel: 059-39.67.169 - fax: 059-59.60.176 -

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI
SPECIFICHE TECNICHE

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

qc ≤ 1.96 MPa : possibili terreni COESIVI — anche se (qc / fs) > 30
qc ≥ 1.96 MPa : possibili terreni GRANULARI — anche se (qc / fs) < 30



NATURA LITOLOGICA
1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
2 - COESIVA IN GENERE
3 - GRANULARE
4 - COESIVA / GRANULARE

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

γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)

$\sigma'vo$ = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')

Cu = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : Cu - qc]

OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - Cu - σ 'vo]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)

Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - Cu - OCR - Ip Ip= ind.plast.]
Eu50 - Eu25 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' - qc]
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)

Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)

Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - Rp - σ 'vo (Schmertmann 1976)]

Ø' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : Ø' - Dr - qcσ 'vo)
ØCa - Caquot (1948) — ØKo - Koppejan (1948)
ØDB - De Beer (1965) — ØSc - Schmertmann (1978)
ØDM - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) — ØMe - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)

F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)

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

Geo Group s.r.l.
Via C. Costa 182, 41123 Modena
tel: 059-39.67.169 - fax: 059-59.60.176 -

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	1
Riferimento	333-2018

Committente	**studio tecnico**	U.M.:	**MPa**	Data esec.	07/12/2018
Cantiere	**studio del terreno di fondazione**	Pagina	1		
Località	**Fiorano Modenese (MO), via della Resistenza**	Elaborato		Falda	Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	313.00	0	
0.40	190.0	237.0		18.62	300.00	63	1.6
0.60	170.0	215.0		16.66	200.00	85	1.2
0.80	60.0	90.0		5.88	233.00	26	3.9
1.00	50.0	85.0		4.90	380.00	13	7.6
1.20	44.0	101.0		4.31	353.00	12	8.0
1.40	52.0	105.0		5.10	460.00	11	8.8
1.60	58.0	127.0		5.68	167.00	35	2.9
1.80	196.0	221.0		19.21	507.00	39	2.6
2.00	294.0	370.0		28.81			

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %

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

FON111

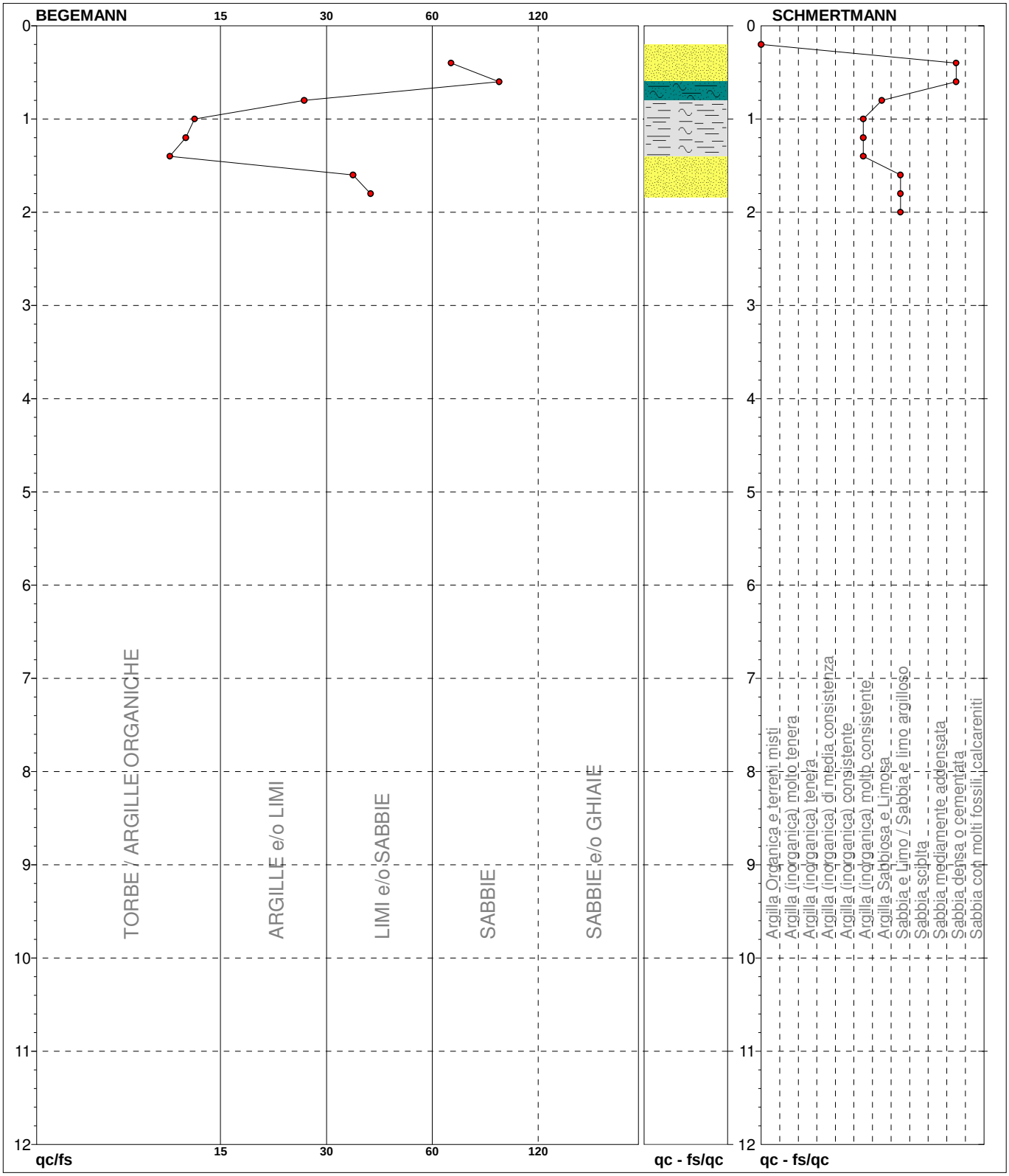
Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

Geo Group s.r.l.
Via C. Costa 182, 41123 Modena
tel: 059-39.67.169 - fax: 059-59.60.176 -

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
Riferimento	333-2018

Committente	**studio tecnico**	U.M.:	**MPa**	Data esec.	07/12/2018
Cantiere	**studio del terreno di fondazione**	Scala:	1:60		
Località	**Fiorano Modenese (MO), via della Resistenza**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	Assente



TORBE / ARGILLE OR	4 punti, 40.00%	Argilla (inorganica) molto consistente	3 punti, 30.00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	1 punti, 10.00%
ARGILLE e/o LIMI	1 punti, 10.00%			Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	2 punti, 20.00%
LIMI e/o SABBIE	2 punti, 20.00%			Sabbia densa o cementata	2 punti, 20.00%
SABBIE	2 punti, 20.00%				

FON111

Geo Group s.r.l.
Via C. Costa 182, 41123 Modena
tel: 059-39.67.169 - fax: 059-59.60.176 -

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	1
Riferimento	333-2018

Committente	**studio tecnico**	U.M.:	**MPa**	Data esec.	07/12/2018
Cantiere	**studio del terreno di fondazione**	Pagina	1		
Località	**Fiorano Modenese (MO), via della Resistenza**	Elaborato		Falda	Assente

							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	18.62	63.33	3	1.85	7.3	400	--	--	--	--	--	100	43	49	47	43	45	37	31.0	46.6	55.9	--	--
0.60	16.66	85.00	3	1.85	10.9	383	--	--	--	--	--	100	43	46	44	41	45	37	27.8	41.7	50.0	--	--
0.80	5.88	25.75	4	1.85	14.5	259	196.0	99.9	33.3	50.0	17.6	100	43	40	37	34	43	32	9.8	14.7	17.6	--	--
1.00	4.90	13.16	4	1.85	18.1	242	163.3	98.0	27.8	41.7	14.7	89	42	38	35	33	41	31	8.2	12.3	14.7	--	--
1.20	4.31	12.46	4	1.85	21.8	230	143.7	66.5	24.4	36.7	12.9	80	41	36	33	31	40	31	7.2	10.8	12.9	--	--
1.40	5.10	11.30	4	1.85	25.4	245	169.9	67.6	28.9	43.3	15.3	82	41	36	33	31	40	31	8.5	12.7	15.3	--	--
1.60	5.68	34.73	3	1.85	29.0	256	--	--	--	--	--	83	41	36	33	31	40	31	9.5	14.2	17.1	--	--
1.80	19.21	38.66	3	1.85	32.6	404	--	--	--	--	--	100	43	41	39	36	45	38	32.0	48.0	57.6	--	--
2.00	28.81	--	3	1.85	36.3	471	--	--	--	--	--	100	43	43	41	38	45	40	48.0	72.0	86.4	--	--

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820
www.geogroupmodena.it e-mail: info@geogroupmodena.it

GEO GROUP s.r.l.
Via Cesare Costa 182
41123 MODENA ITALY
www.geogroupmodena.it

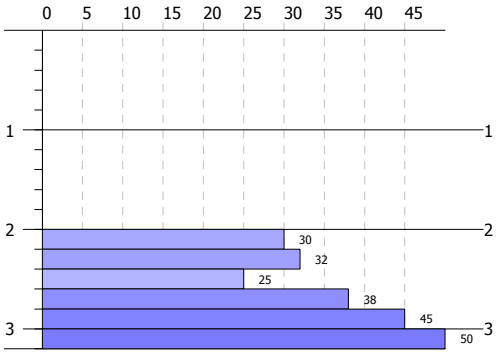
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Hotel Alexander
Cantiere: ampliamento e ristrutturazione
Località: Fiorano Modenese (MO) via della Resistenza

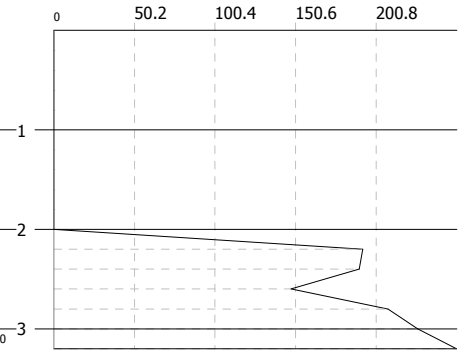
Data: 07/12/2018

Scala 1:76

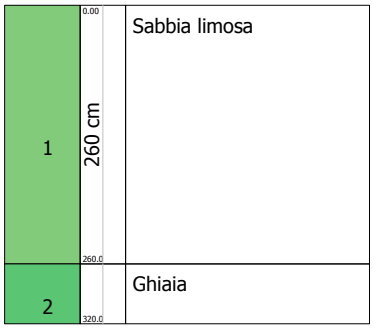
Numero di colpi penetrazione punta



Rpd (Kg/cm²)



Interpretazione Stratigrafica



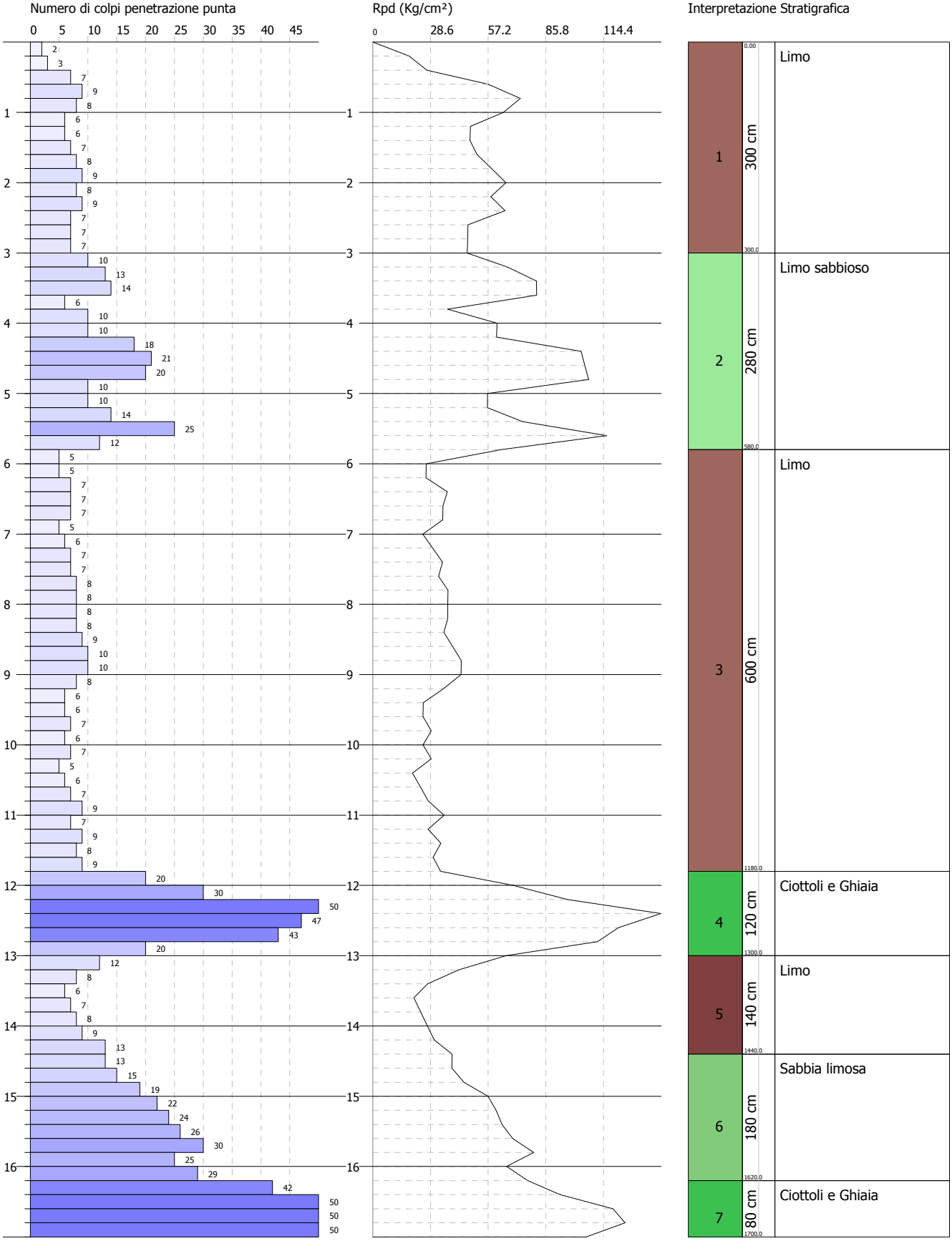
GEO GROUP s.r.l.
Via Cesare Costa 182
41123 MODENA ITALY
www.geogroupmodena.it

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

Committente: Hotel Alexander
Cantiere: ampliamento e ristrutturazione
Località: Fiorano Modenese (MO) via della Resistenza

Data: 07/12/2018

Scala 1:77



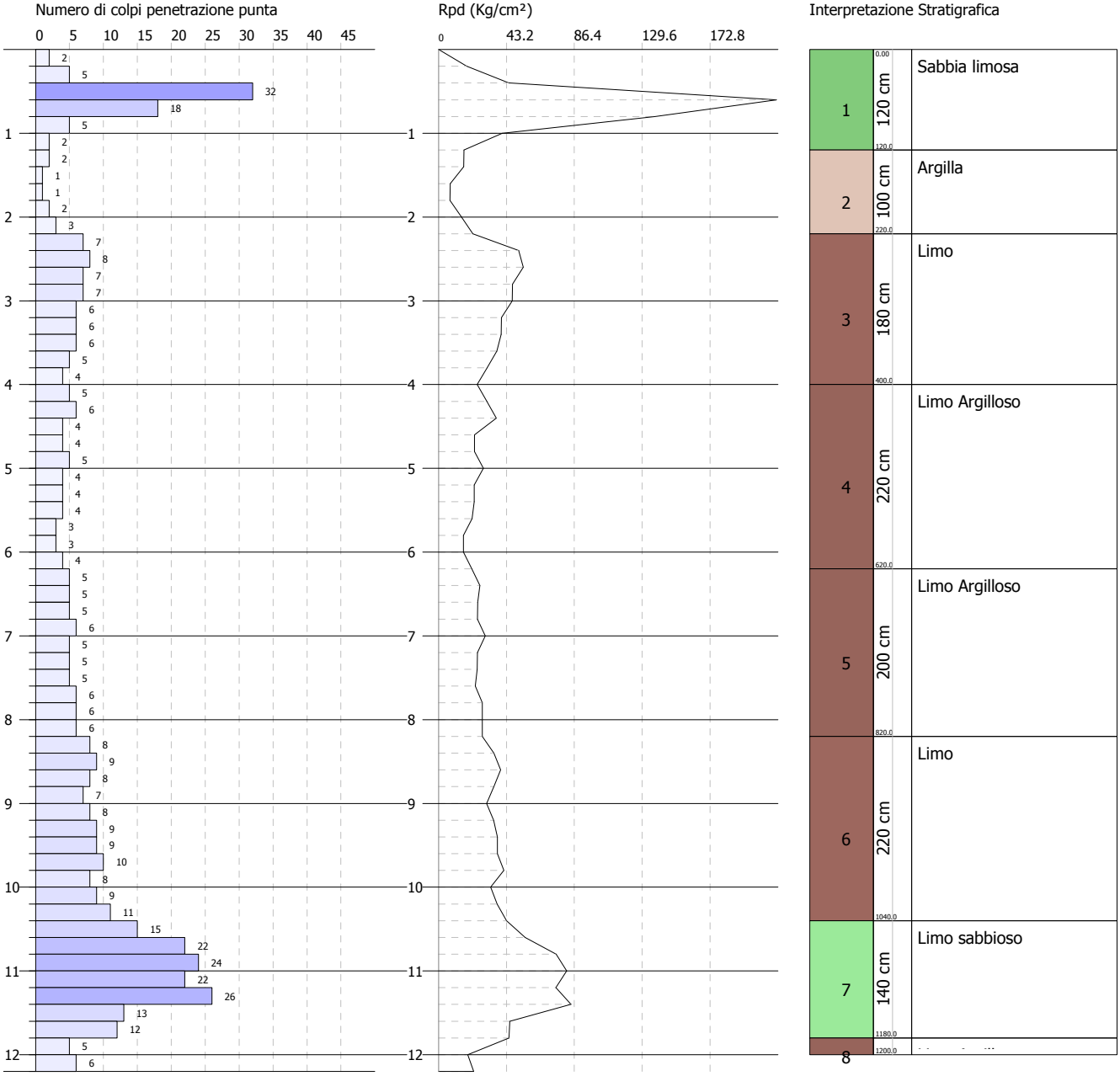
GEO GROUP s.r.l.
Via Cesare Costa 182
41123 MODENA ITALY
www.geogroupmodena.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Hotel Alexander
Cantiere: ampliamento e ristrutturazione
Località: Fiorano Modenese (MO) via della Resistenza

Data: 07/12/2018

Scala 1:76



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Hotel Alexander Cantiere: ampliamento e ristrutturazione Località: Fiorano Modenese (MO) via della Resistenza	Codice commessa: 700/18

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-100 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 cm²
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)

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 ≤10	8
Medio	DPM (Medium)	10<M <40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40≤M <60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M≥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 (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 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 δ = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 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 δ=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

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

Correlazione con Nspt

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 Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$Nspt = \beta_t N$$

Dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt 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 Rpd
Formula Olandesi

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

Rpd = 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.

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 Nspt,k viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot \left(\sigma_{Nspt}\right)$$

dove sNspt è la deviazione standard di Nspt

Distribuzione normale R.N.C.

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

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot \left(\sigma_{Nspt}\right) / \sqrt{n}$$

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 mt. ed immorsamento d = 1 mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt 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 Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

Nspt corretto = 15 + 0.5 × (Nspt - 15)

Nspt 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 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. 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 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) σ>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 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) σ>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 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) s>15 t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

- 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 Gamma

- 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/sec)*

- 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 *(Ko)*

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico *(Qc)*

- Robertson 1983 Qc

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 Nspt <8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu 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 , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc=20 e Qc/Nspt=2.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (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** (Qc)*

- Robertson 1983 Qc

***Modulo Edometrico-Confinato** (Mo)*

- 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 -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt <30) medie e molli (Nspt <4) e argille sabbiose (Nspt=6-12).

***Modulo Di Young** (EY)*

- 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 DPSH Nr. 1

Prova eseguita in data 07/12/2018
Profondità prova 3.20 m
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Massimo

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	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0	0.847	0.00	0.00	0.00	0.00
0.80	0	0.843	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0	0.840	0.00	0.00	0.00	0.00
1.20	0	0.836	0.00	0.00	0.00	0.00
1.40	0	0.833	0.00	0.00	0.00	0.00
1.60	0	0.830	0.00	0.00	0.00	0.00
1.80	0	0.826	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0	0.823	0.00	0.00	0.00	0.00
2.20	30	0.720	192.51	267.33	9.63	13.37
2.40	32	0.667	190.23	285.15	9.51	14.26
2.60	25	0.714	147.88	207.04	7.39	10.35
2.80	38	0.661	208.15	314.70	10.41	15.74
3.00	45	0.609	226.84	372.68	11.34	18.63
3.20	50	0.606	250.94	414.08	12.55	20.70

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DPSH Nr. 1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Meyerhof 1957	100
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Meyerhof (1956)	33.44
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Meyerhof (1956)	41

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Terzaghi	489.56
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Terzaghi	611.95

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Buisman-Sanglerat (sabbie)	282.24
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Buisman-Sanglerat (sabbie)	441.00

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Meyerhof ed altri	2.23
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Meyerhof ed altri	2.46

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	(A.G.I.)	0.26
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	(A.G.I.)	0.2

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1314.58
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1726.68

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Ohta & Goto (1978) Limi	140.1
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Ohta & Goto (1978) Limi	176.7

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Navfac 1971-1982	7.77
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Sabbia limosa	47.04	2.60	47.04	Robertson 1983	94.08
[2] - Ghiaia	73.5	3.20	73.5	Robertson 1983	147.00

PROVA DPSH Nr. 2

Prova eseguita in data 07/12/2018
Profondità prova 17.00 m
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Massimo

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	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	3	0.851	26.82	31.52	1.34	1.58
0.60	7	0.847	57.18	67.50	2.86	3.38
0.80	9	0.843	73.19	86.79	3.66	4.34
1.00	8	0.840	64.78	77.15	3.24	3.86
1.20	6	0.836	48.39	57.86	2.42	2.89
1.40	6	0.833	48.19	57.86	2.41	2.89
1.60	7	0.830	51.74	62.38	2.59	3.12
1.80	8	0.826	58.91	71.29	2.95	3.56
2.00	9	0.823	66.02	80.20	3.30	4.01
2.20	8	0.820	58.46	71.29	2.92	3.56
2.40	9	0.817	65.53	80.20	3.28	4.01
2.60	7	0.814	47.20	57.97	2.36	2.90
2.80	7	0.811	47.04	57.97	2.35	2.90
3.00	7	0.809	46.88	57.97	2.34	2.90
3.20	10	0.806	66.75	82.82	3.34	4.14
3.40	13	0.753	81.11	107.66	4.06	5.38
3.60	14	0.751	81.32	108.30	4.07	5.41
3.80	6	0.798	37.06	46.41	1.85	2.32
4.00	10	0.796	61.58	77.36	3.08	3.87
4.20	10	0.794	61.40	77.36	3.07	3.87
4.40	18	0.741	103.24	139.24	5.16	6.96
4.60	21	0.689	105.04	152.40	5.25	7.62
4.80	20	0.737	106.98	145.14	5.35	7.26
5.00	10	0.785	56.97	72.57	2.85	3.63
5.20	10	0.783	56.82	72.57	2.84	3.63
5.40	14	0.731	74.27	101.60	3.71	5.08
5.60	25	0.679	116.03	170.85	5.80	8.54
5.80	12	0.777	63.74	82.01	3.19	4.10
6.00	5	0.775	26.50	34.17	1.32	1.71
6.20	5	0.774	26.44	34.17	1.32	1.71
6.40	7	0.772	36.93	47.84	1.85	2.39
6.60	7	0.770	34.82	45.20	1.74	2.26
6.80	7	0.769	34.75	45.20	1.74	2.26
7.00	5	0.767	24.77	32.29	1.24	1.61
7.20	6	0.766	29.67	38.75	1.48	1.94
7.40	7	0.764	34.54	45.20	1.73	2.26
7.60	7	0.763	32.68	42.85	1.63	2.14
7.80	8	0.761	37.28	48.97	1.86	2.45
8.00	8	0.760	37.21	48.97	1.86	2.45
8.20	8	0.759	37.14	48.97	1.86	2.45
8.40	8	0.757	37.08	48.97	1.85	2.45
8.60	9	0.756	39.58	52.36	1.98	2.62
8.80	10	0.755	43.90	58.17	2.20	2.91
9.00	10	0.753	43.83	58.17	2.19	2.91
9.20	8	0.752	35.01	46.54	1.75	2.33
9.40	6	0.751	26.22	34.90	1.31	1.75
9.60	6	0.750	24.94	33.25	1.25	1.66
9.80	7	0.749	29.05	38.80	1.45	1.94
10.00	6	0.748	24.86	33.25	1.24	1.66
10.20	7	0.747	28.97	38.80	1.45	1.94
10.40	5	0.746	20.66	27.71	1.03	1.39
10.60	6	0.744	23.64	31.75	1.18	1.59
10.80	7	0.743	27.54	37.05	1.38	1.85
11.00	9	0.742	35.36	47.63	1.77	2.38
11.20	7	0.741	27.46	37.05	1.37	1.85
11.40	9	0.740	35.26	47.63	1.76	2.38
11.60	8	0.739	29.95	40.51	1.50	2.03
11.80	9	0.738	33.64	45.57	1.68	2.28
12.00	20	0.687	69.60	101.28	3.48	5.06
12.20	30	0.636	96.65	151.92	4.83	7.60
12.40	55	0.535	149.05	278.51	7.45	13.93
12.60	47	0.534	121.87	228.15	6.09	11.41

12.80	43	0.533	111.28	208.73	5.56	10.44
13.00	20	0.682	66.22	97.09	3.31	4.85
13.20	12	0.731	42.59	58.25	2.13	2.91
13.40	8	0.730	28.35	38.83	1.42	1.94
13.60	6	0.729	20.39	27.97	1.02	1.40
13.80	7	0.728	23.75	32.63	1.19	1.63
14.00	8	0.727	27.10	37.29	1.36	1.86
14.20	9	0.726	30.45	41.95	1.52	2.10
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	15	0.672	45.21	67.25	2.26	3.36
15.00	19	0.671	57.17	85.18	2.86	4.26
15.20	22	0.620	61.14	98.63	3.06	4.93
15.40	24	0.619	66.57	107.60	3.33	5.38
15.60	26	0.617	69.32	112.27	3.47	5.61
15.80	30	0.616	79.82	129.55	3.99	6.48
16.00	25	0.615	66.38	107.95	3.32	5.40
16.20	29	0.614	76.83	125.23	3.84	6.26
16.40	42	0.512	92.89	181.36	4.64	9.07
16.60	56	0.511	119.12	233.23	5.96	11.66
16.80	59	0.509	125.15	245.73	6.26	12.29
17.00	50	0.508	105.75	208.24	5.29	10.41

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DPSH Nr. 2

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - Limo	13.23	3.00	Terzaghi-Peck	0.89
[3] - Limo	14.7	11.80	Terzaghi-Peck	0.99
[5] - Limo	19.11	14.40	Terzaghi-Peck	1.29
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	Terzaghi-Peck	2.98

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
[1] - Limo	13.23	3.00	Buisman-Sanglerat	132.30
[3] - Limo	14.7	11.80	Buisman-Sanglerat	147.00
[5] - Limo	19.11	14.40	Buisman-Sanglerat	191.10
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	Buisman-Sanglerat	441.00

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
[1] - Limo	13.23	3.00	Apollonia	132.30
[3] - Limo	14.7	11.80	Apollonia	147.00
[5] - Limo	19.11	14.40	Apollonia	191.10
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	Apollonia	441.00

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Limo	13.23	3.00	Meyerhof ed altri	2.04
[3] - Limo	14.7	11.80	Meyerhof ed altri	2.06
[5] - Limo	19.11	14.40	Meyerhof ed altri	2.10
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	Meyerhof ed altri	2.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Limo	13.23	3.00	Meyerhof ed altri	2.24
[3] - Limo	14.7	11.80	Meyerhof ed altri	2.27
[5] - Limo	19.11	14.40	Meyerhof ed altri	2.31
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	Meyerhof ed altri	2.50

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Limo	13.23	3.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	115.65
[3] - Limo	14.7	11.80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	165.71
[5] - Limo	19.11	14.40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	188.87
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	222.97

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Meyerhof 1957	100
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Meyerhof 1957	100
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Meyerhof 1957	69.9
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Meyerhof 1957	94.26

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Meyerhof (1956)	30.5
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Meyerhof (1956)	43.1
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Meyerhof (1956)	32.6
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Meyerhof (1956)	44.78

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Terzaghi	432.71
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Terzaghi	641.82
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Terzaghi	474.01
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Terzaghi	664.75

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Buisman-Sanglerat (sabbie)	220.50
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Buisman-Sanglerat (sabbie)	485.10
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Buisman-Sanglerat (sabbie)	264.60
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Buisman-Sanglerat (sabbie)	520.38

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Meyerhof ed altri	2.19
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Meyerhof ed altri	2.50
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Meyerhof ed altri	2.22
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Meyerhof ed altri	2.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	(A.G.I.)	0.28
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	(A.G.I.)	0.19
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	(A.G.I.)	0.27
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	(A.G.I.)	0.18

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1130.53
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1830.22
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1263.75

[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1910.43

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Ohta & Goto (1978) Limi	169.86
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Ohta & Goto (1978) Limi	237.78
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Ohta & Goto (1978) Limi	222.97
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Ohta & Goto (1978) Limi	254.63

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Navfac 1971-1982	6.49
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Navfac 1971-1982	11.93
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Navfac 1971-1982	7.40
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - Limo sabbioso	36.75	5.80	36.75	Robertson 1983	73.50
[4] - Ciottoli e Ghiaia	80.85	13.00	80.85	Robertson 1983	161.70
[6] - Sabbia limosa	44.1	16.20	44.1	Robertson 1983	88.20
[7] - Ciottoli e Ghiaia	86.73	17.00	86.73	Robertson 1983	173.46

PROVA DPSH Nr. 3

Prova eseguita in data 07/12/2018
Profondità prova 12.20 m
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Massimo

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	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	5	0.851	44.70	52.54	2.23	2.63
0.60	32	0.697	215.09	308.59	10.75	15.43
0.80	18	0.793	137.71	173.58	6.89	8.68
1.00	5	0.840	40.49	48.22	2.02	2.41
1.20	2	0.836	16.13	19.29	0.81	0.96
1.40	2	0.833	16.06	19.29	0.80	0.96
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	2	0.823	14.67	17.82	0.73	0.89
2.20	3	0.820	21.92	26.73	1.10	1.34
2.40	7	0.817	50.97	62.38	2.55	3.12
2.60	8	0.814	53.95	66.25	2.70	3.31
2.80	7	0.811	47.04	57.97	2.35	2.90
3.00	7	0.809	46.88	57.97	2.34	2.90
3.20	6	0.806	40.05	49.69	2.00	2.48
3.40	6	0.803	39.92	49.69	2.00	2.48
3.60	6	0.801	37.17	46.41	1.86	2.32
3.80	5	0.798	30.88	38.68	1.54	1.93
4.00	4	0.796	24.63	30.94	1.23	1.55
4.20	5	0.794	30.70	38.68	1.53	1.93
4.40	6	0.791	36.73	46.41	1.84	2.32
4.60	4	0.789	22.91	29.03	1.15	1.45
4.80	4	0.787	22.85	29.03	1.14	1.45
5.00	5	0.785	28.48	36.28	1.42	1.81
5.20	4	0.783	22.73	29.03	1.14	1.45
5.40	4	0.781	22.67	29.03	1.13	1.45
5.60	4	0.779	21.30	27.34	1.06	1.37
5.80	3	0.777	15.94	20.50	0.80	1.03
6.00	3	0.775	15.90	20.50	0.79	1.03
6.20	4	0.774	21.15	27.34	1.06	1.37
6.40	5	0.772	26.38	34.17	1.32	1.71
6.60	5	0.770	24.87	32.29	1.24	1.61
6.80	5	0.769	24.82	32.29	1.24	1.61
7.00	6	0.767	29.73	38.75	1.49	1.94
7.20	5	0.766	24.72	32.29	1.24	1.61
7.40	5	0.764	24.67	32.29	1.23	1.61
7.60	5	0.763	23.34	30.60	1.17	1.53
7.80	6	0.761	27.96	36.73	1.40	1.84
8.00	6	0.760	27.91	36.73	1.40	1.84
8.20	6	0.759	27.86	36.73	1.39	1.84
8.40	8	0.757	37.08	48.97	1.85	2.45
8.60	9	0.756	39.58	52.36	1.98	2.62
8.80	8	0.755	35.12	46.54	1.76	2.33
9.00	7	0.753	30.68	40.72	1.53	2.04
9.20	8	0.752	35.01	46.54	1.75	2.33
9.40	9	0.751	39.32	52.36	1.97	2.62
9.60	9	0.750	37.41	49.88	1.87	2.49
9.80	10	0.749	41.50	55.42	2.08	2.77
10.00	8	0.748	33.15	44.34	1.66	2.22
10.20	9	0.747	37.24	49.88	1.86	2.49
10.40	11	0.746	45.45	60.97	2.27	3.05
10.60	15	0.694	55.13	79.39	2.76	3.97
10.80	22	0.643	74.91	116.43	3.75	5.82
11.00	24	0.642	81.59	127.02	4.08	6.35
11.20	22	0.641	74.67	116.43	3.73	5.82
11.40	26	0.640	88.10	137.60	4.41	6.88
11.60	13	0.689	45.37	65.83	2.27	3.29
11.80	12	0.738	44.86	60.77	2.24	3.04
12.00	5	0.737	18.67	25.32	0.93	1.27
12.20	6	0.736	22.37	30.38	1.12	1.52

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DPSH Nr. 3

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[2] - Argilla	4.41	2.20	Terzaghi-Peck	0.28
[3] - Limo	11.76	4.00	Terzaghi-Peck	0.79
[4] - Limo Argilloso	8.82	6.20	Terzaghi-Peck	0.60
[5] - Limo Argilloso	8.82	8.20	Terzaghi-Peck	0.60
[6] - Limo	16.17	10.40	Terzaghi-Peck	1.09
[8] - Limo Argilloso	7.35	12.00	Terzaghi-Peck	0.46

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
[2] - Argilla	4.41	2.20	Buisman-Sanglerat	55.13
[3] - Limo	11.76	4.00	Buisman-Sanglerat	117.60
[4] - Limo Argilloso	8.82	6.20	Buisman-Sanglerat	110.25
[5] - Limo Argilloso	8.82	8.20	Buisman-Sanglerat	110.25
[6] - Limo	16.17	10.40	Buisman-Sanglerat	161.70
[8] - Limo Argilloso	7.35	12.00	Buisman-Sanglerat	91.88

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
[2] - Argilla	4.41	2.20	Apollonia	44.10
[3] - Limo	11.76	4.00	Apollonia	117.60
[4] - Limo Argilloso	8.82	6.20	Apollonia	88.20
[5] - Limo Argilloso	8.82	8.20	Apollonia	88.20
[6] - Limo	16.17	10.40	Apollonia	161.70
[8] - Limo Argilloso	7.35	12.00	Apollonia	73.50

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] - Argilla	4.41	2.20	Meyerhof ed altri	1.72
[3] - Limo	11.76	4.00	Meyerhof ed altri	2.01
[4] - Limo Argilloso	8.82	6.20	Meyerhof ed altri	1.93
[5] - Limo Argilloso	8.82	8.20	Meyerhof ed altri	1.93
[6] - Limo	16.17	10.40	Meyerhof ed altri	2.08
[8] - Limo Argilloso	7.35	12.00	Meyerhof ed altri	1.87

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] - Argilla	4.41	2.20	Meyerhof ed altri	1.87
[3] - Limo	11.76	4.00	Meyerhof ed altri	2.21
[4] - Limo Argilloso	8.82	6.20	Meyerhof ed altri	2.12
[5] - Limo Argilloso	8.82	8.20	Meyerhof ed altri	2.12
[6] - Limo	16.17	10.40	Meyerhof ed altri	2.29
[8] - Limo Argilloso	7.35	12.00	Meyerhof ed altri	1.90

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Argilla	4.41	2.20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	97.97
[3] - Limo	11.76	4.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille	130.36

			di bassa plasticità	
[4] - Limo Argilloso	8.82	6.20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	136.54
[5] - Limo Argilloso	8.82	8.20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	145.93
[6] - Limo	16.17	10.40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	170.27
[8] - Limo Argilloso	7.35	12.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	155.8

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Meyerhof 1957	100
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Meyerhof 1957	52.98
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Meyerhof 1957	75.94

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Meyerhof (1956)	33.44
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Meyerhof (1956)	24.62
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Meyerhof (1956)	30.92

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Terzaghi	489.56
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Terzaghi	287.03
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Terzaghi	441.28

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Buisman-Sanglerat (sabbie)	282.24
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Buisman-Sanglerat (sabbie)	97.02
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Buisman-Sanglerat (sabbie)	229.32

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Meyerhof ed altri	2.23
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Meyerhof ed altri	1.91
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Meyerhof ed altri	2.19

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	(A.G.I.)	0.26
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	(A.G.I.)	0.32
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	(A.G.I.)	0.28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1314.58
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	684.59
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1157.95

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Ohta & Goto (1978) Limi	120.68
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Ohta & Goto (1978) Limi	170.27
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Ohta & Goto (1978) Limi	204.46

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Navfac 1971-1982	7.77
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Navfac 1971-1982	3.35
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Navfac 1971-1982	6.67

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Sabbia limosa	47.04	1.20	47.04	Robertson 1983	94.08
[6] - Limo	16.17	10.40	16.17	Robertson 1983	32.34
[7] - Limo sabbioso	38.22	11.80	38.22	Robertson 1983	76.44

ALLEGATO 2

VERIFICHE GEOTECNICHE

N.1

Committente:

Località:

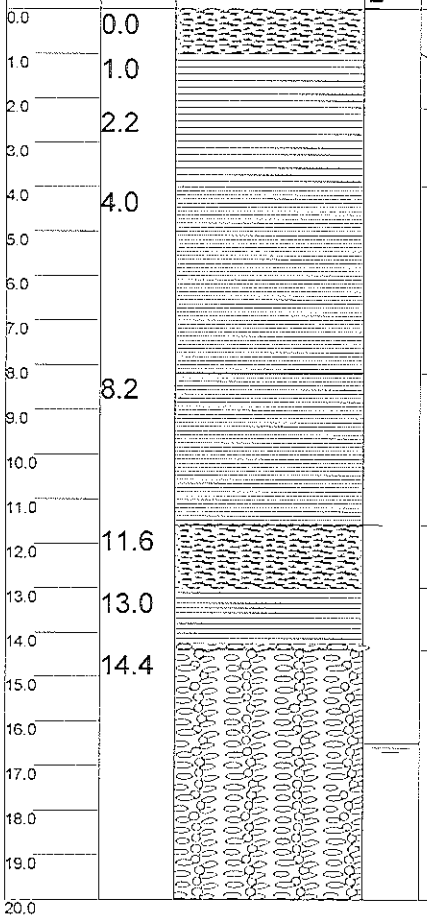
Data:

Falda (m):16.5

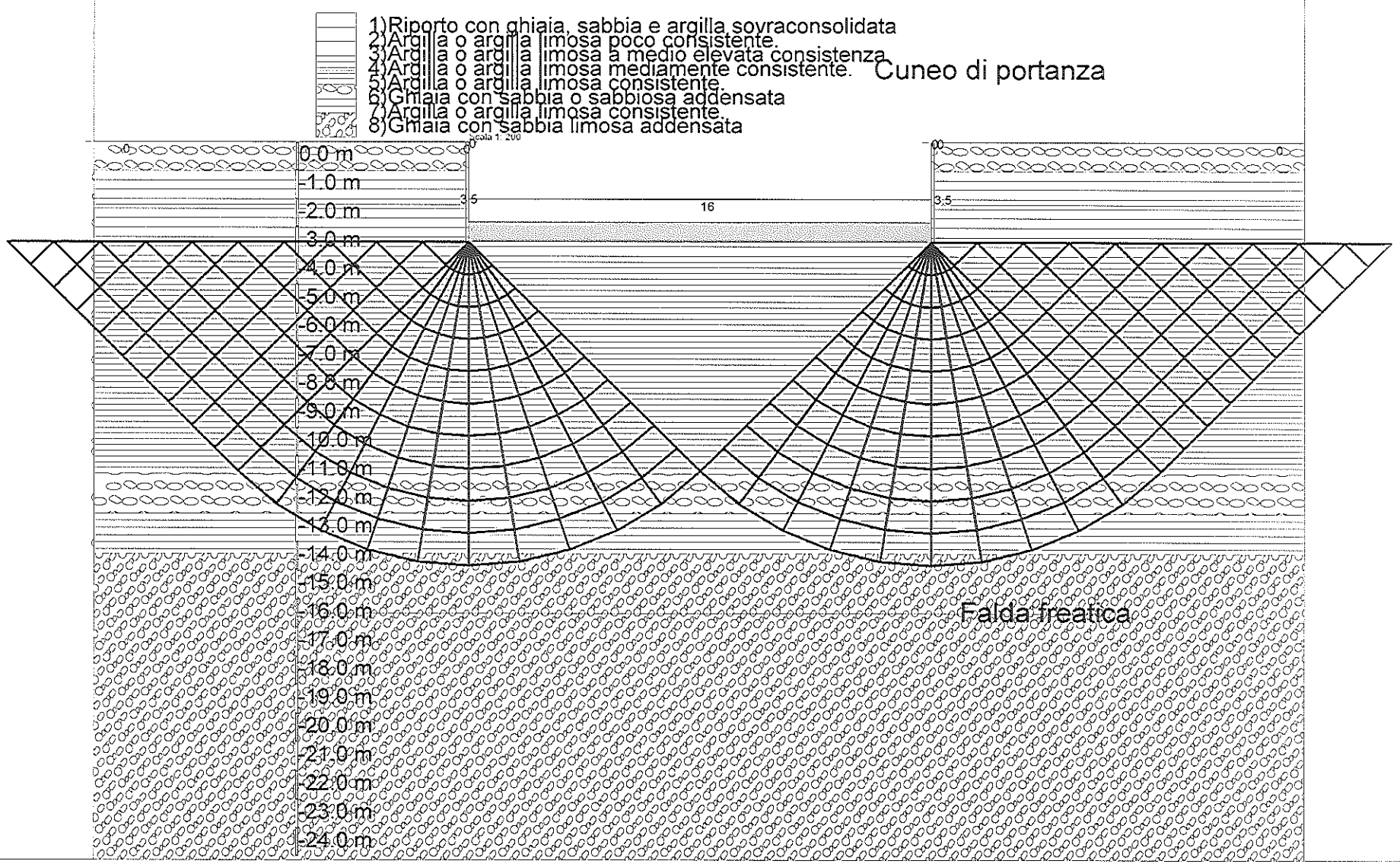
Note:

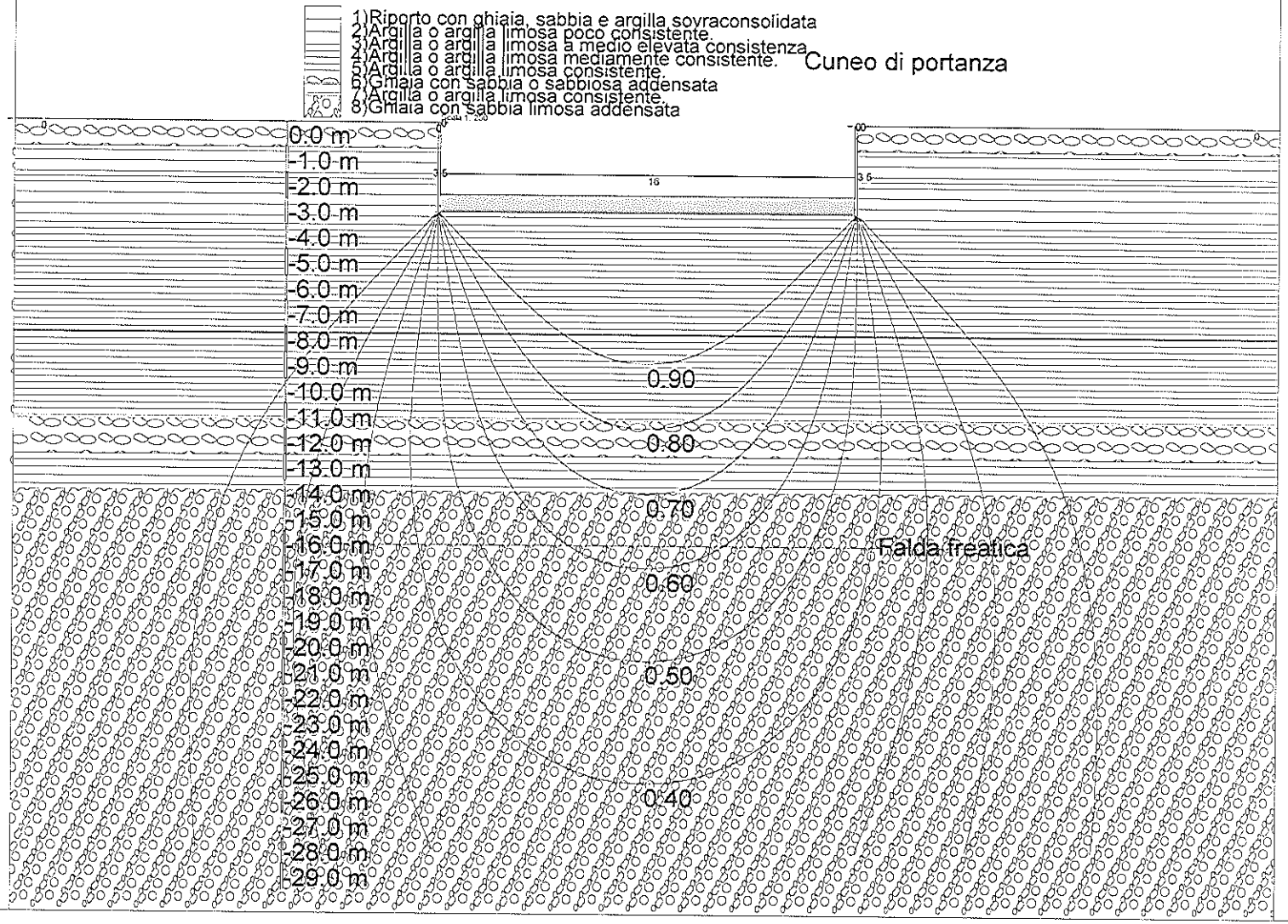
Tipologia fondazione:platea

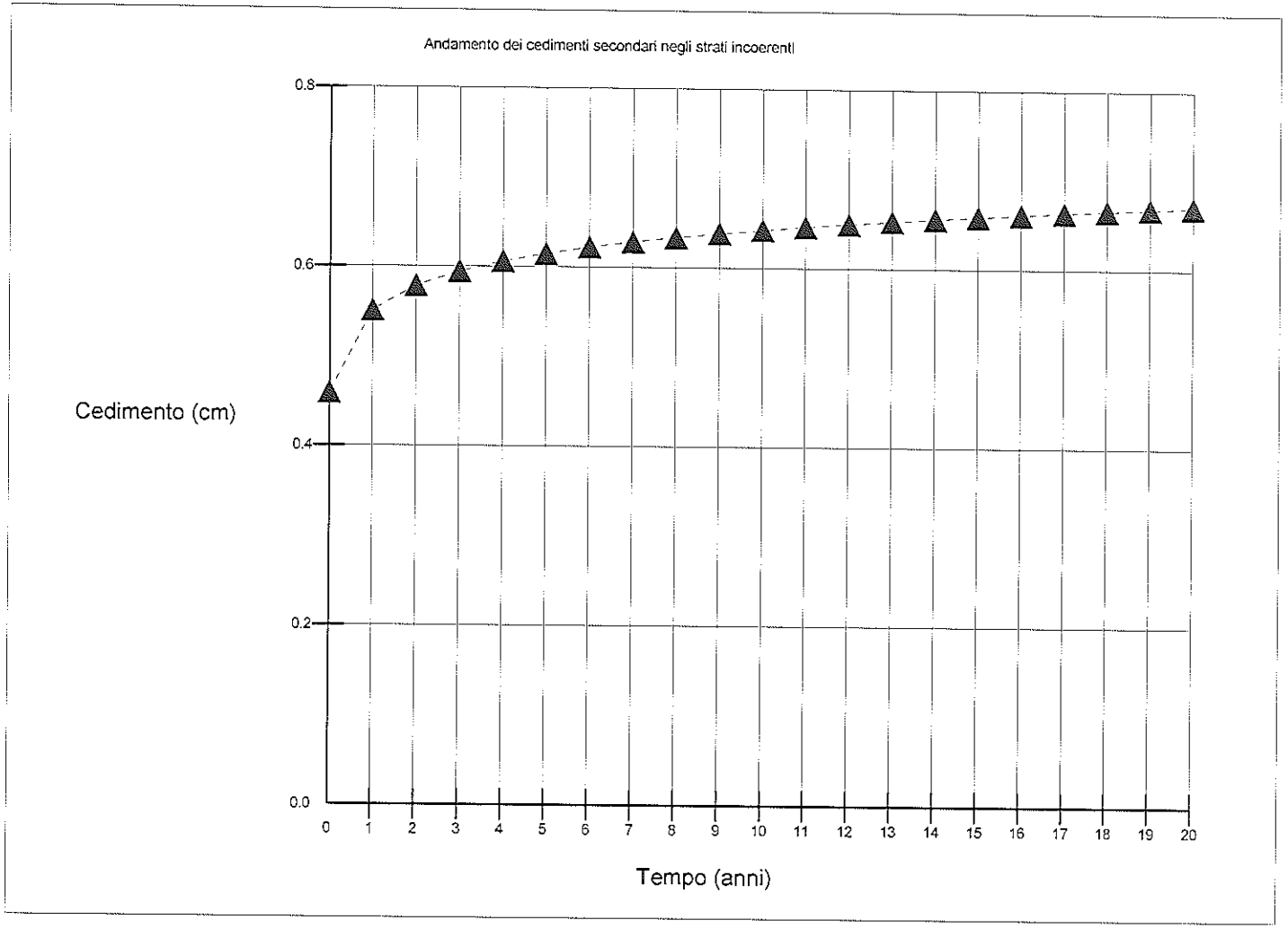
Legenda: Phi(°)=angolo d'attrito - C(kg/cmq)=coesione - E(kg/cmq)=modulo di deformazione
Pv(kg/mc)=peso di volume naturale

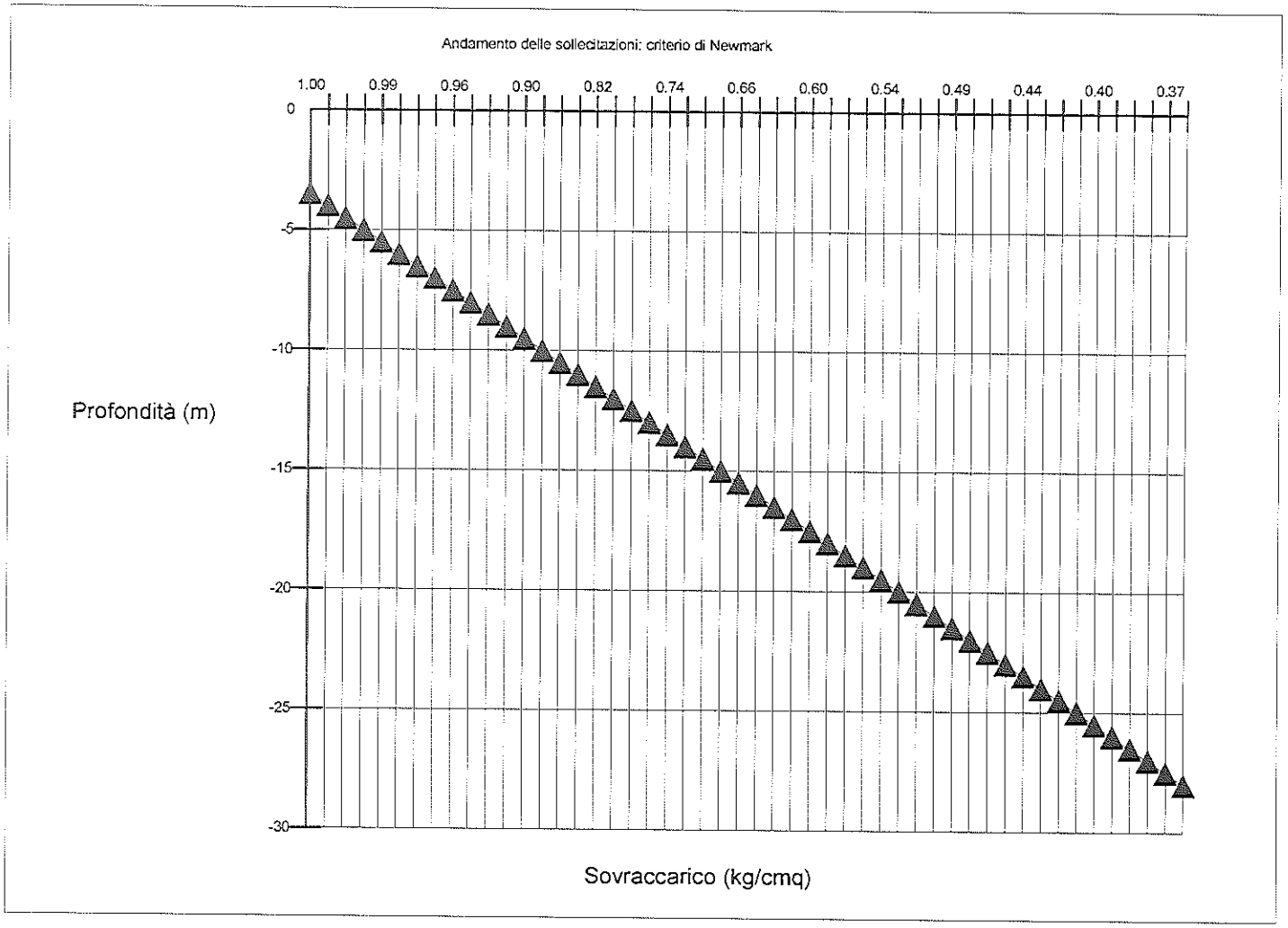


Descrizione	Phi (°)	C (kg/cmq)	E (kg/cmq)	Pv (kg/mc)
Riporto con ghiaia, sabbia e argilla sovraconsolidata	33	0.0	500.0	1900.0
Argilla o argilla limosa poco consistente.	0	0.3	55.0	1750.0
Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza.	0	0.8	117.0	1850.0
Argilla o argilla limosa mediamente consistente.	0	0.6	110.0	1850.0
Argilla o argilla limosa consistente.	0	1.4	220.0	1900.0
Ghiaia con sabbia o sabbiosa addensata	35	0.0	500.0	1900.0
Argilla o argilla limosa consistente.	0	1.4	220.0	1900.0
Ghiaia con sabbia limosa addensata	35	0.0	500.0	1462.5


1)Riporto con ghiaia, sabbia e argilla sovraconsolidata
2)Argilla o argilla limosa poco consistente.
3)Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza.
4)Argilla o argilla limosa mediamente consistente.
5)Argilla o argilla limosa consistente.
6)Ghiaia con sabbia o sabbiosa addensata
7)Argilla o argilla limosa consistente.
8)Ghiaia con sabbia limosa addensata
Cuneo di portanza
Scala 1: 200
0.0 m
-1.0 m
-2.0 m
-3.0 m
-4.0 m
-5.0 m
-6.0 m
-7.0 m
-8.0 m
-9.0 m
-10.0 m
-11.0 m
-12.0 m
-13.0 m
-14.0 m
-15.0 m
-16.0 m
-17.0 m
-18.0 m
-19.0 m
-20.0 m
-21.0 m
-22.0 m
-23.0 m
-24.0 m
3.5
16
3.5
Falda freatica


1)Riporto con ghiaia, sabbia e argilla sovraconsolidata
2)Argilla o argilla limosa poco consistente.
3)Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza.
4)Argilla o argilla limosa mediamente consistente.
5)Argilla o argilla limosa consistente.
6)Ghiaia con sabbia o sabbiosa addensata
7)Argilla o argilla limosa consistente.
8)Ghiaia con sabbia limosa addensata
Cuneo di portanza
0.0 m
-1.0 m
-2.0 m
-3.0 m
-4.0 m
-5.0 m
-6.0 m
-7.0 m
-8.0 m
-9.0 m
-10.0 m
-11.0 m
-12.0 m
-13.0 m
-14.0 m
-15.0 m
-16.0 m
-17.0 m
-18.0 m
-19.0 m
-20.0 m
-21.0 m
-22.0 m
-23.0 m
-24.0 m
-25.0 m
-26.0 m
-27.0 m
-28.0 m
-29.0 m
16
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
Falda freatica


Andamento dei cedimenti secondari negli strati incoerenti
Cedimento (cm)
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
Tempo (anni)


Andamento delle sollecitazioni: criterio di Newmark
1.00
0.99
0.96
0.90
0.82
0.74
0.66
0.60
0.54
0.49
0.44
0.40
0.37
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
Profondità (m)
Sovraccarico (kg/cmq)

DATI GEOMETRICI DELLA FONDAZIONE

Tipologia della fondazione:platea
Geometria della fondazione:
Larghezza della base (m):16.00
Lunghezza della fondazione (m):62.00
Eccentricità della base - lato corto (m):0.00
Eccentricità della base - lato lungo (m):0.00
Profondità di posa - lato destro (m):3.50
Profondità di posa - lato sinistro (m):3.50
Profondità dello scavo - lato destro (m):0.00
Profondità dello scavo - lato sinistro (m):0.00
Larghezza dello scavo - lato destro (m):0.00
Larghezza dello scavo - lato sinistro (m):0.00
Inclinazione del pendio - lato a valle (°):0
Inclinazione del pendio - lato a monte (°):0
Inclinazione della base - lato corto (°):0
Inclinazione della base - lato lungo (°):0
Inclinazione del carico - lato corto (°):0
Inclinazione del carico - lato lungo (°):0
Fondazione di tipo:elastica
Densità del calcestruzzo (kg/mc):2500.00

FALDA

Profilo della falda

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-16.50
2	22.00	-16.50

STRATIGRAFIA

Profilo strato n. 1

N	X (m)	Y(m)
1	-16.50	0.00
2	0.00	0.00
3	0.00	0.00
4	0.00	0.00
5	0.00	-3.50
6	16.00	-3.50
7	16.00	0.00
8	16.00	0.00
9	16.00	0.00
10	32.50	0.00

Strato n. 1 - Descrizione: Riporto con ghiaia, sabbia e argilla sovraconsolidata
Densità relativa Dr(%): 80
Angolo d'attrito Phi(°):33.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1900.00

Gamma saturo (kg/mc):2200.00
Coesione (kg/cmq):0.00
Mod.deformazione (kg/cmq):500.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:1.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm^2/s):0.00
Coef.di Poisson:0.26
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cmq):0.00

Profilo strato n. 2

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-1.00
2	22.00	-1.00

Strato n. 2 - Descrizione: Argilla o argilla limosa poco consistente.
Densità relativa Dr(%): 0
Angolo d'attrito Phi(°):0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1750.00
Gamma saturo (kg/mc):2050.00
Coesione (kg/cmq):0.28
Mod.deformazione (kg/cmq):55.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:1.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm^2/s):0.00
Coef.di Poisson:0.50
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cmq):0.00

Profilo strato n. 3

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-2.21
2	22.00	-2.21

Strato n. 3 - Descrizione: Argilla o argilla limosa a medio elevata consistenza.
Densità relativa Dr(%): 0
Angolo d'attrito Phi(°):0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1850.00
Gamma saturo (kg/mc):2150.00
Coesione (kg/cmq):0.80
Mod.deformazione (kg/cmq):117.00

Indice vuoti:0.00
O.C.R.:2.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm^2/s):0.00
Coef.di Poisson:0.35
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cmq):0.00

Profilo strato n. 4

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-4.00
2	22.00	-4.00

Strato n. 4 - Descrizione: Argilla o argilla limosa mediamente consistente.
Densità relativa Dr(%): 0
Angolo d'attrito Phi(°):0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1850.00
Gamma saturo (kg/mc):2150.00
Coesione (kg/cmq):0.60
Mod.deformazione (kg/cmq):110.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:2.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm^2/s):0.00
Coef.di Poisson:0.40
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cmq):0.00

Profilo strato n. 5

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-8.20
2	22.00	-8.20

Strato n. 5 - Descrizione: Argilla o argilla limosa consistente.
Densità relativa Dr(%): 0
Angolo d'attrito Phi(°):0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1900.00
Gamma saturo (kg/mc):2200.00
Coesione (kg/cmq):1.40
Mod.deformazione (kg/cmq):220.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:3.00
Indice compr.princ.:0.00

Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm^2/s):0.00
Coef.di Poisson:0,35
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cmq):0.00

Profilo strato n. 6

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-11.60
2	22.00	-11.60

Strato n. 6 - Descrizione: Ghiaia con sabbia o sabbiosa addensata
Densità relativa Dr(%): 80
Angolo d'attrito Phi(°):35.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1900.00
Gamma saturo (kg/mc):2200.00
Coesione (kg/cmq):0.00
Mod.deformazione (kg/cmq):500.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:1.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm^2/s):0.00
Coef.di Poisson:0.30
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cmq):0.00

Profilo strato n. 7

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-13.00
2	22.00	-13.00

Strato n. 7 - Descrizione: Argilla o argilla limosa consistente.
Densità relativa Dr(%): 0
Angolo d'attrito Phi(°):0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1900.00
Gamma saturo (kg/mc):2200.00
Coesione (kg/cmq):1.40
Mod.deformazione (kg/cmq):220.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:3.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm^2/s):0.00

Coef.di Poisson:0.30
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cmq):0.00

Profilo strato n. 8

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-14.40
2	22.00	-14.40

Strato n. 8 - Descrizione: Ghiaia con sabbia limosa addensata
Densità relativa Dr(%): 80
Angolo d'attrito Phi(°):35.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1900.00
Gamma saturo (kg/mc):2200.00
Coesione (kg/cmq):0.00
Mod.deformazione (kg/cmq):500.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:1.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm^2/s):0.00
Coef.di Poisson:0.30
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cmq):0.00

PORTANZA DELLA FONDAZIONE

Profondità di calcolo:8.00
Criterio di calcolo:Terzaghi
Portanza limite della fondazione (kg/cmq):3.76
Coefficiente di sicurezza:2.29
Portanza ammissibile della fondazione (kg/cmq):1.63
Fattore di portanza Nq:1.00
Fattore di portanza Ng:0.00
Fattore di portanza Nc:3.90
Fattore di forma Sq:1.00
Fattore di forma Sg:1.00
Fattore di forma Sc:1.00
Fattore di approfondimento Dq:1.00
Fattore di approfondimento Dg:1.00
Fattore di approfondimento Dc:1.00
Fattore di inclinazione dei carichi Iq:1.00
Fattore di inclinazione dei carichi Ig:1.00
Fattore di inclinazione dei carichi Ic:1.00
Fattore di inclinazione della base Bq:1.00
Fattore di inclinazione della base Bg:1.00

Fattore di inclinazione della base Bc:1.00
Fattore di pendio Gq:1.00
Fattore di pendio Gg:1.00
Fattore di pendio Gc:1.00
Peso di volume medio sopra il piano di posa (kg/mc):1829.71

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE

Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq) :1.00
Metodo di calcolo strati incoerenti:Schmertmann
Cedimento immediato (cm):0.46
Cedimento secondario (cm):0.21
Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00
Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00
Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.67
Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner
Cedimento di consolidazione (cm):0.00
Cedimento secondario (cm):0.00
Cedimento totale degli strati coesivi (cm):1.27
Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):1.94

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE

Calcolo del coefficiente di sottofondazione - K di Winkler.

Criterio di calcolo :Bowles
Carico applicato sulla fondazione(kg/cmq):1.00
Cedimento di riferimento(cm):1.94
Coefficiente di sottofondazione (kg/cmc):1.57

ALLEGATO 3

INDAGINI SISMICHE

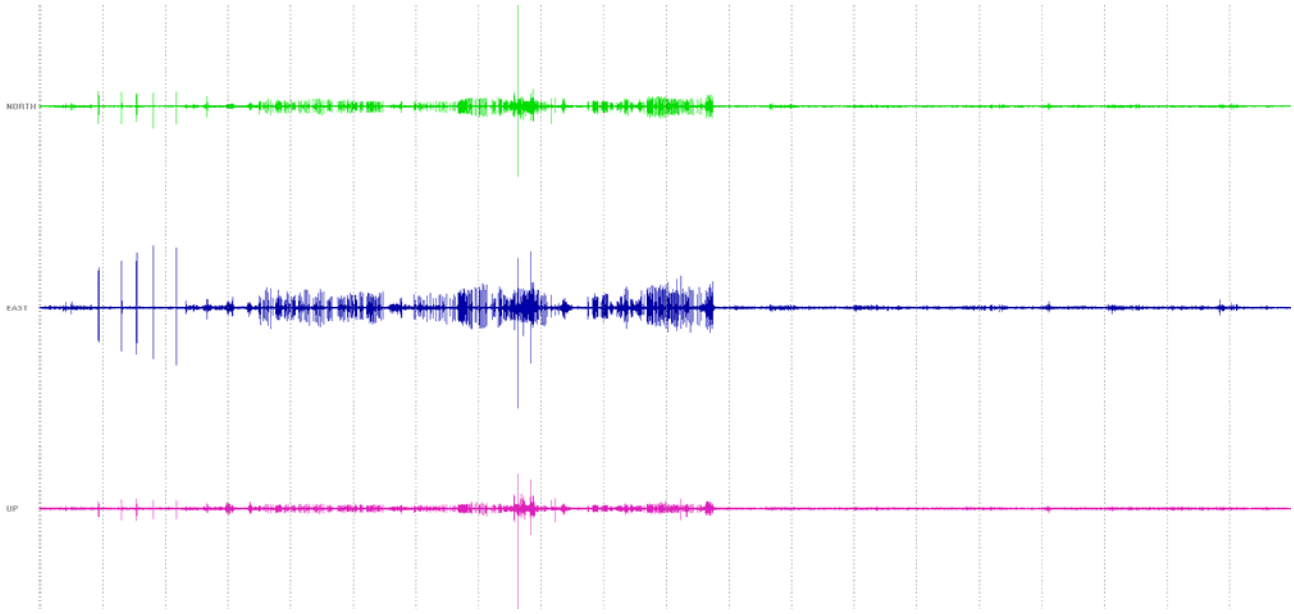
G E O G R O U P s.r.l.
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 - p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

Comune di Fiorano Modenese (MO), via della Resistenza
Hotel Alexander

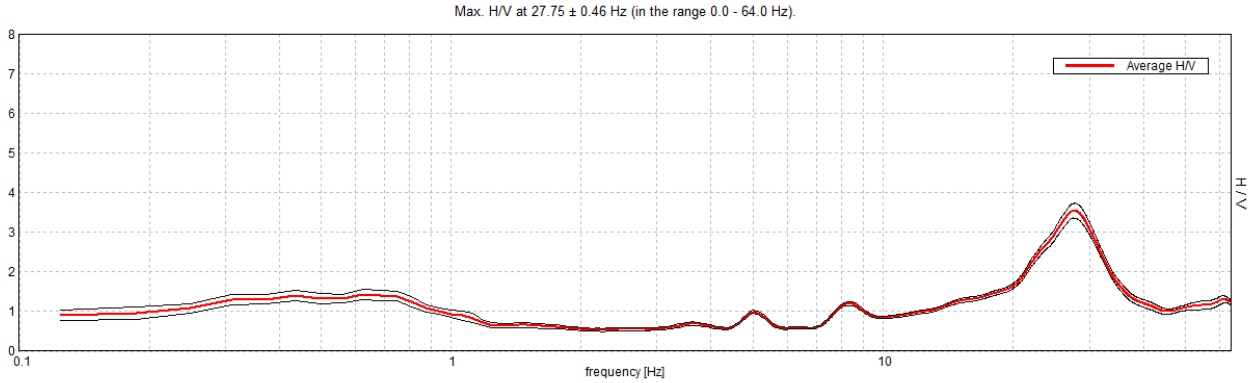
acquisizione HVSR

Instrument: TE3-0303/01-17
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: 51
Start recording: 04/12/18 10:58:25 End recording: 04/12/18 11:18:25
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

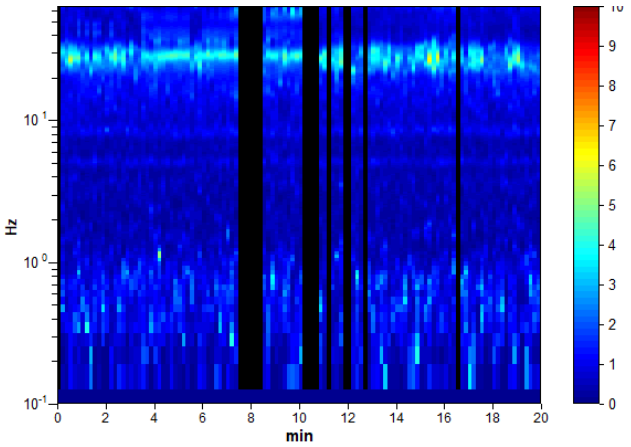
Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 10 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%



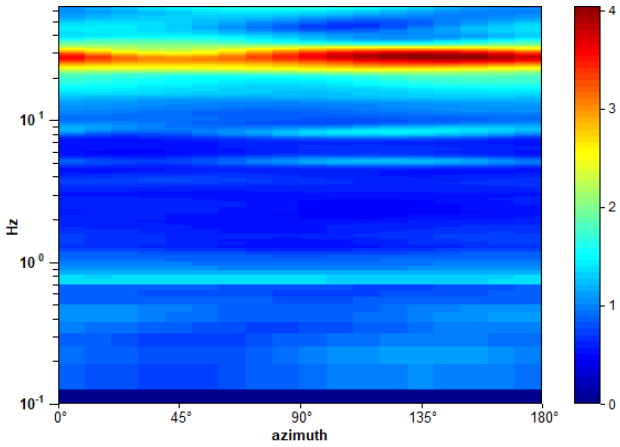
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



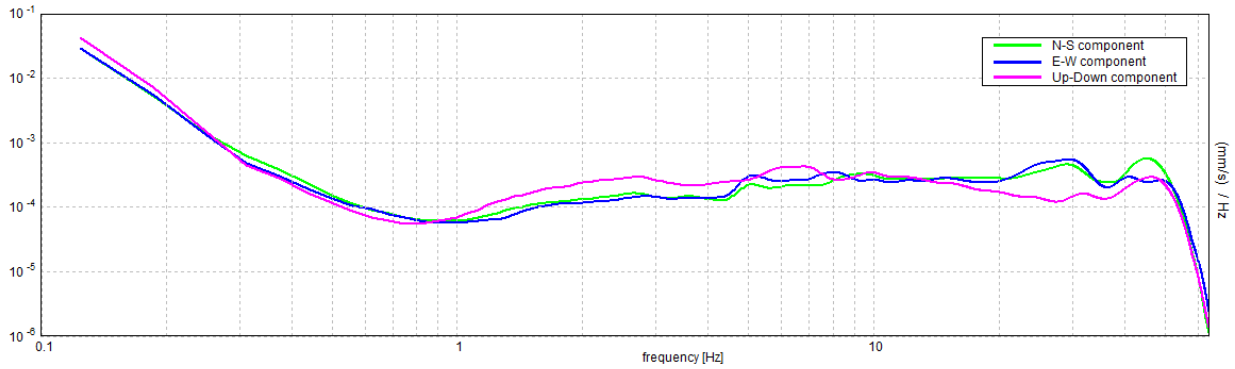
H/V TIME HISTORY



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 27.75 ± 0.46 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	27.75 > 1.00	OK	
$n_c(f_0) > 200$	28860.0 > 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 667 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	20.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	34.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.54 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.01641| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.45538 < 1.3875	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1854 < 1.58	OK	

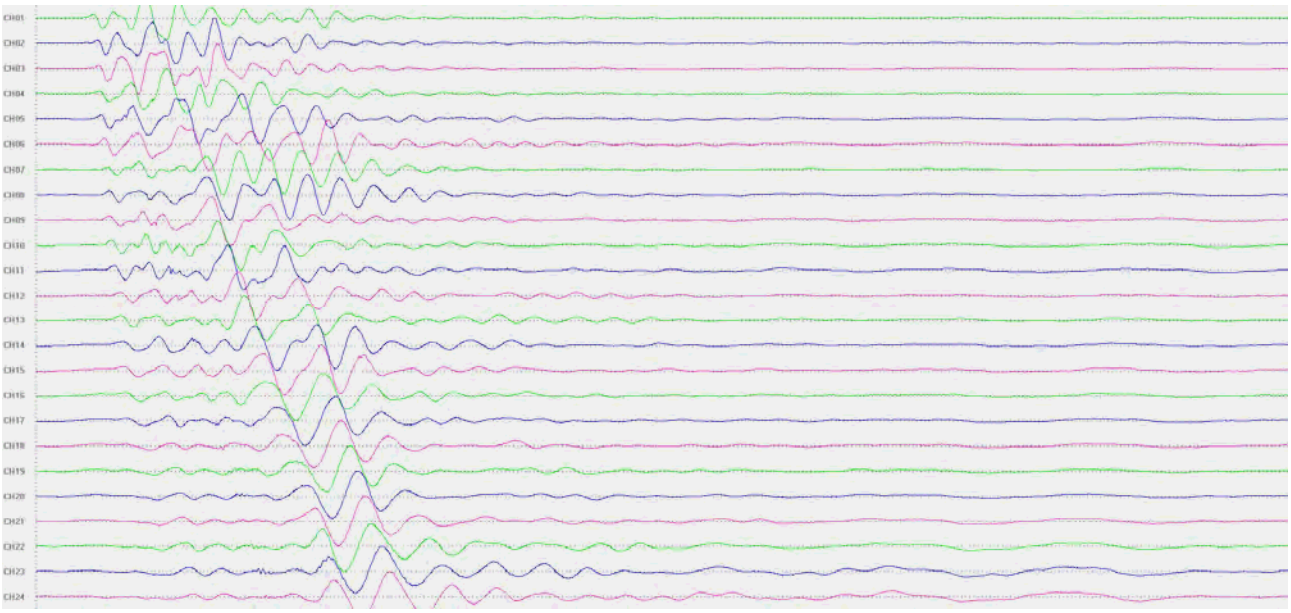
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak 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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

acquisizione MASW

Start recording: 04/12/18 09:59:42 End recording: 04/12/18 09:59:44
Trace length: 0h00'02".
Sampling rate: 4000 Hz

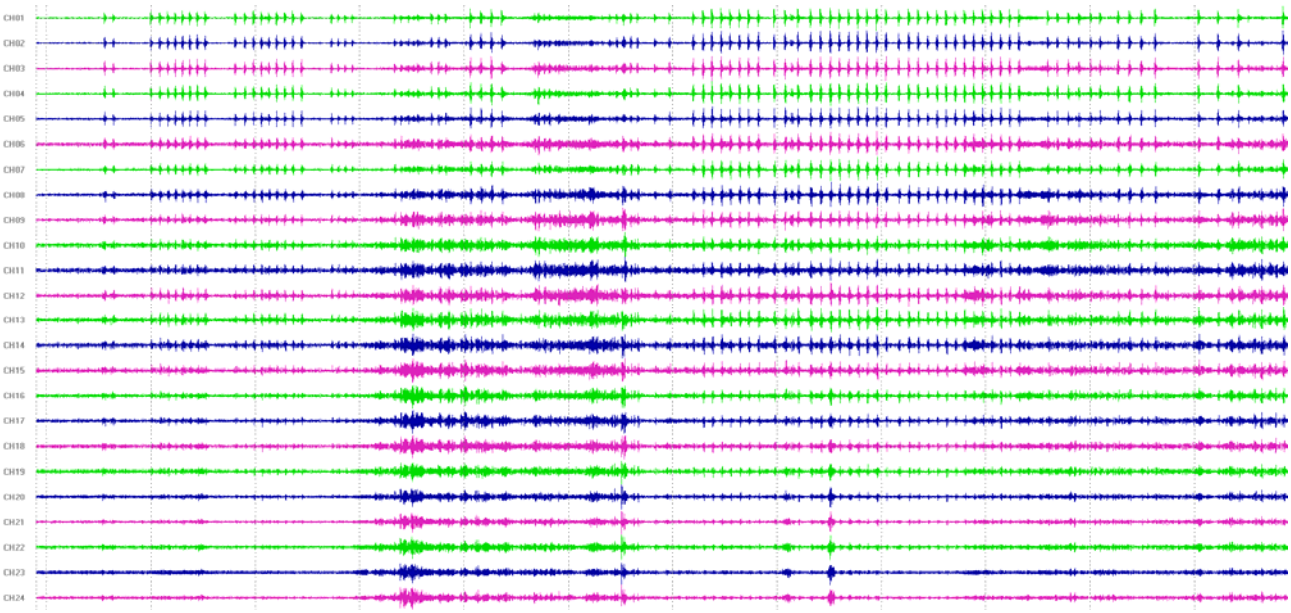
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.



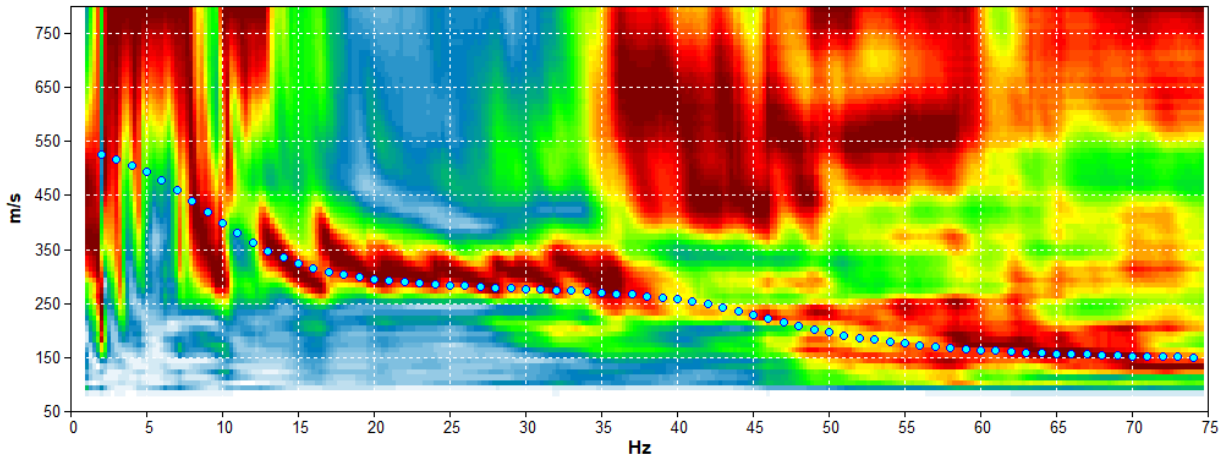
acquisizione Re.Mi.

Start recording: 04/12/18 10:06:32 End recording: 04/12/18 10:08:32
Trace length: 0h02'00".
Sampling rate: 250 Hz

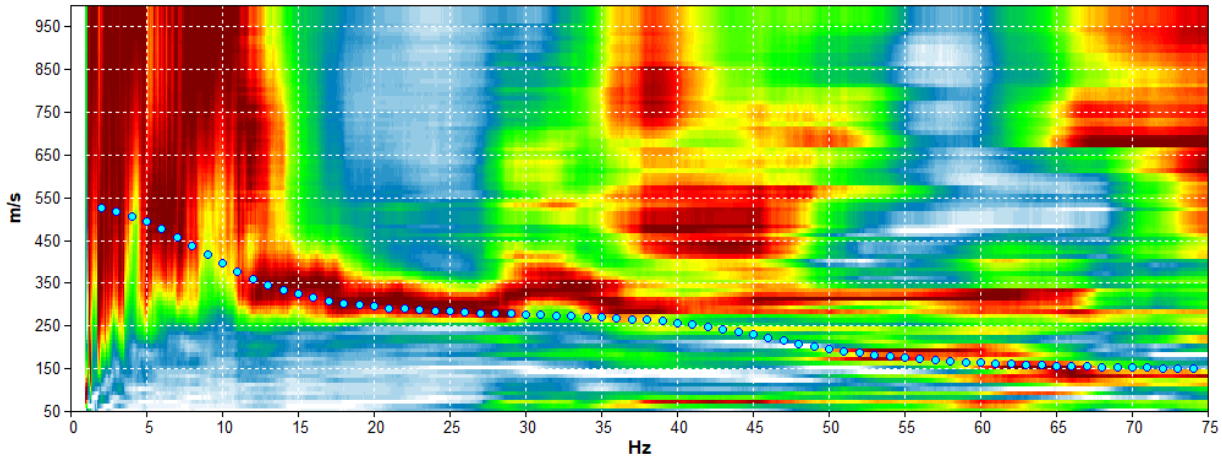
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.



MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE - **MASW**

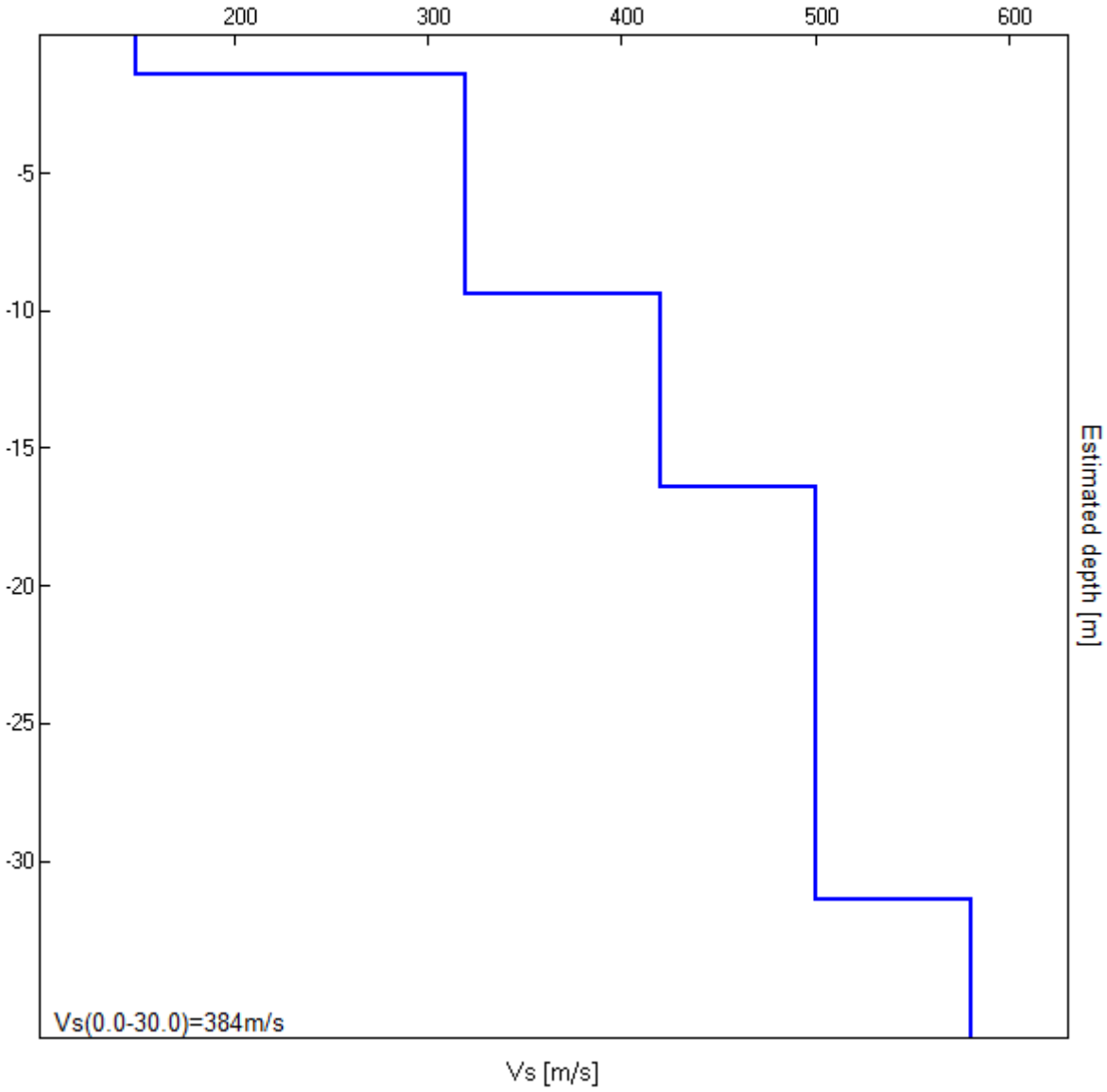


MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE – **Re.Mi.**



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.40	1.40	150	0.45
9.40	8.00	320	0.42
16.40	7.00	420	0.40
31.40	15.00	500	0.40
inf.	inf.	580	0.40

Vs(0.0-30.0)=384 m/s



ALLEGATO 4

VERIFICA DI STABILITÁ DEL FRONTE DI SCAVO

G E O G R O U P s.r.l.
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 - p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: slide

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 5
Composite Surfaces: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 1

Material Properties

Material: Terreno di riporto
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 27.45 degrees
Water Surface: None

Material: Argilla limosa poco consistente
Strength Type: Undrained

Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion Type: Constant
Cohesion: 20 kPa
Water Surface: None

Material: Argilla limosa a consistenza mediio-scarsa
Strength Type: Undrained
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion Type: Constant
Cohesion: 42.86 kPa
Water Surface: None

List of All Coordinates

Material Boundary

-5.000	-1.000
7.936	-1.000

Material Boundary

-5.000	-2.200
8.148	-2.200

Material Boundary

-5.000	-4.000
25.000	-4.000

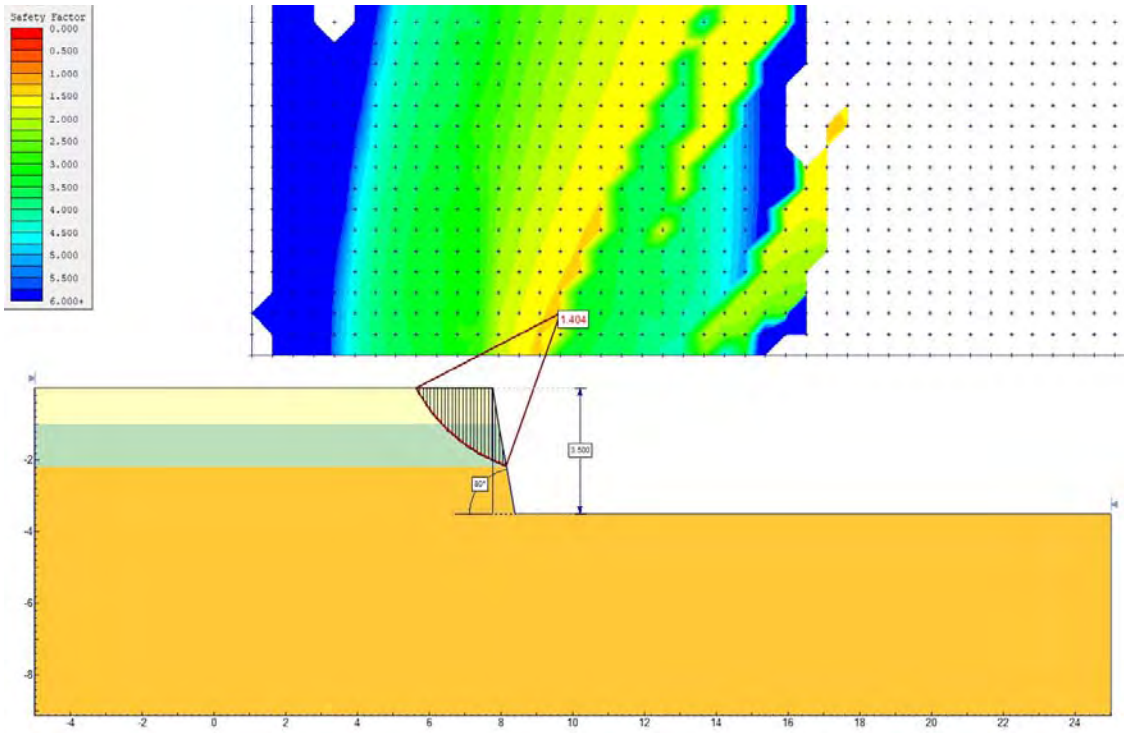
External Boundary

-5.000	-9.146
25.000	-9.146
25.000	-4.000
25.000	-3.500
8.377	-3.500
8.148	-2.200
7.936	-1.000
7.760	0.000
-5.000	0.000
-5.000	-1.000
-5.000	-2.200
-5.000	-4.000

Search Grid

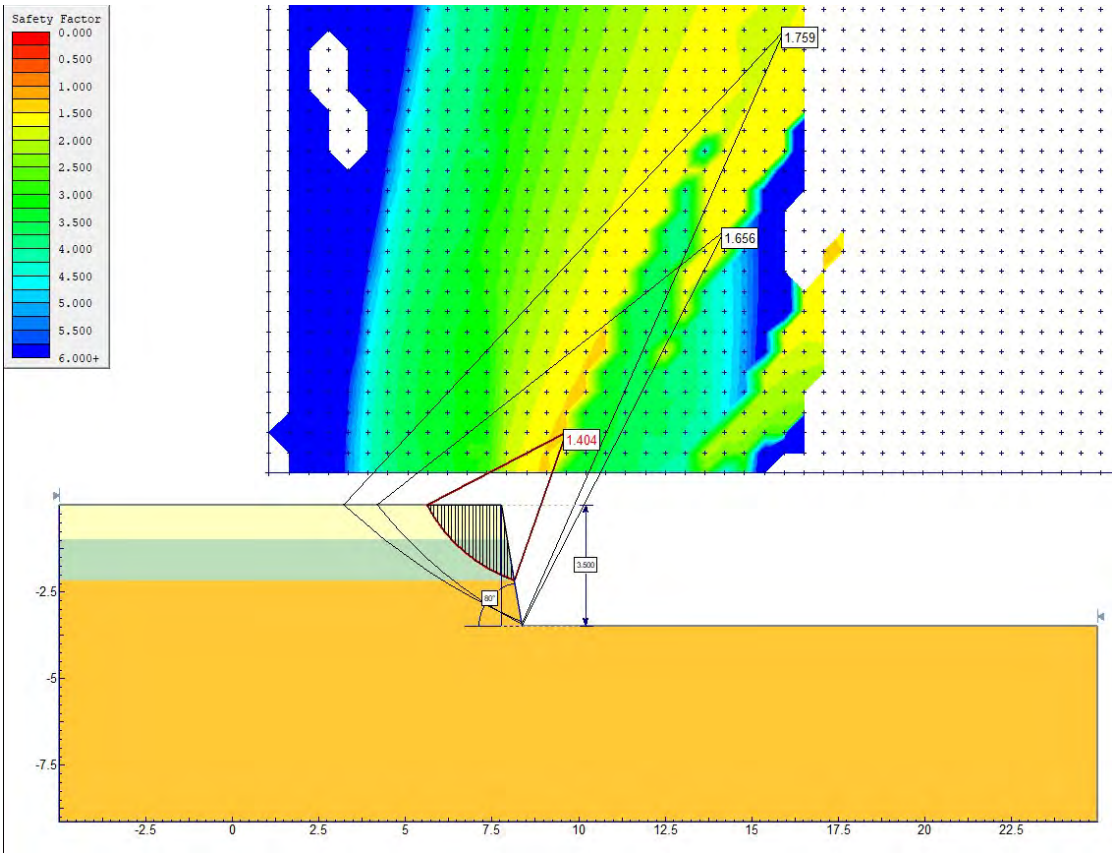
1.058	29.974
29.669	29.974
29.669	0.927
1.058	0.927

G E O G R O U P s.r.l.
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 - p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



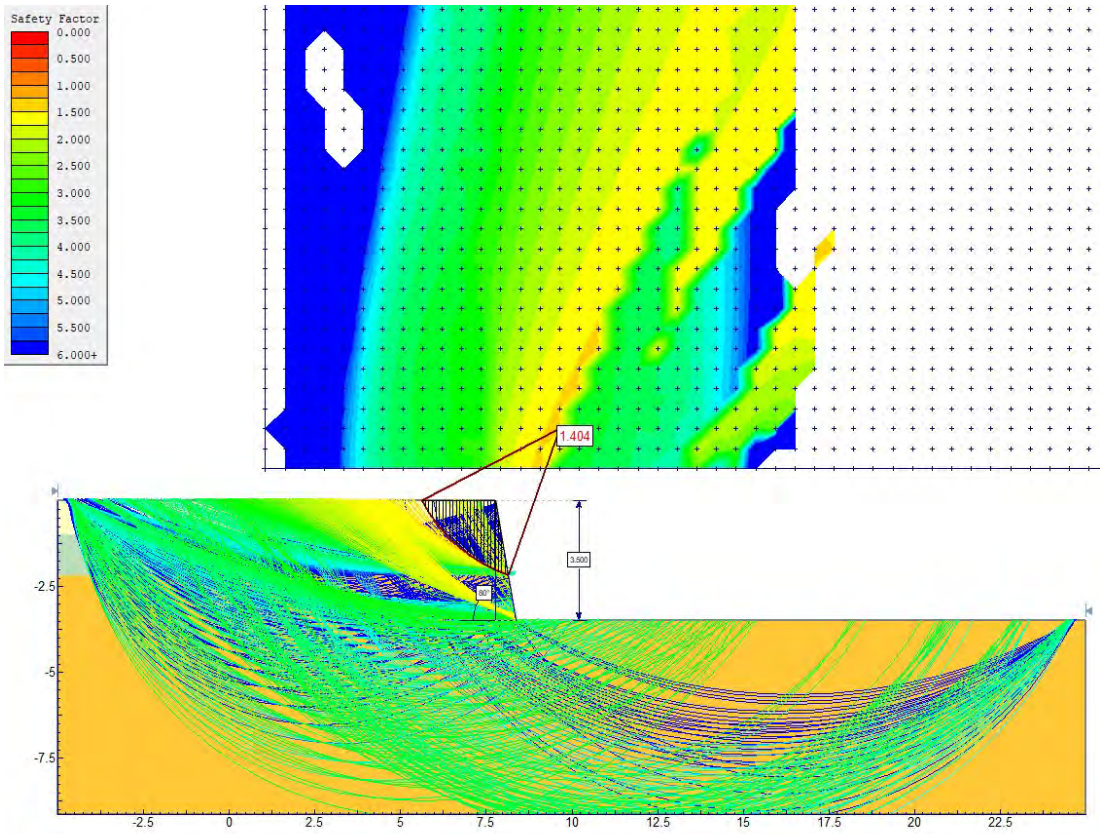
VERIFICA DI STABILITÁ DEL FRONTE DI SCAVO

G E O G R O U P s.r.l.
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 - p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



VERIFICA DI STABILITÁ DEL FRONTE DI SCAVO

G E O G R O U P s.r.l.
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 - p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



VERIFICA DI STABILITÁ DEL FRONTE DI SCAVO