

CASADIO & CO.
Di Casadio Mario

Via V.Veneto 1/bis – 47100 FORLÌ
Tel: 0543 23923 – Email: studio@casadioeco.it
P.I. 04263320402



RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA



Committente: Comune di Castel Maggiore

DATA: 13/12/2016

**REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CASERMA
DELL'ARMA DEI CARABINIERI - SEDE PM – SEDE
COC- UBICATI SITI IN VIA NERUDA
A CASTEL MAGGIORE**

Il geologo
MARIO CASADIO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA CASERMA DEI CARABINIERI – SEDE PM -
SEDE COC - UBICATI IN VIA NERUDA
A CASTEL MAGGIORE

SOMMARIO

Premessa	3
Normativa di riferimento	3
Descrizione dell'intervento	4
Morfologia e geologia del territorio	4
Indagine sismica – HVSR	6
Elementi di progettazione antisismica	10
Condizioni topografiche	10
Verifica sulla liquefazione delle sabbie	11
Prove penetrometriche statiche CPT (cone penetration test)	14
Calcolo dei valori caratteristici dei terreni	29
Calcolo portanza e cedimenti di fondazioni superficiali	30
Carico limite di fondazioni su terreni	31
Cedimenti edometrici	34
Verifica del carico limite	36
Conclusioni	39

PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica è stata commissionata allo scrivente allo scopo di verificare le condizioni idrogeologiche e geotecniche di un'area sulla quale dovrà essere realizzata una nuova caserma dell'arma dei carabinieri - sede pm – sede coc- ubicati siti in Via Neruda a Castel Maggiore.

Geograficamente l'area è inserita nel foglio n. 221.010 della carta tecnica regionale.

Lo studio è finalizzato alla ricerca dei parametri che consentono la classificazione sismica del terreno, a tale scopo sono state programmate le seguenti indagini:

- Esecuzione di n. 4 prove penetrometriche statiche
- Rilievo sismico
- Stendimento sismico
- Ricerca bibliografica

Alla presente relazione sono allegati:

- planimetria area d'intervento con ubicazione prove a scala 1:500
- grafici penetrometrici statici
- n. 2 sezioni geologiche a scala 1:200
- carta geologica alla scala 1:10.000

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Relativamente alla parte geologica, si fa riferimento alle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 14.01.2008 Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento oggetto di questa relazione consiste nella realizzazione di una nuova sede dell'arma dei carabinieri. Il fabbricato verrà realizzato in Via Neruda a Castel Maggiore come indicato nella fotografia aerea sottostante.



Il nuovo edificio avrà forma planimetrica irregolare, sarà costituito da due piani fuori terra e avrà lati massimi di 40,0 m di lunghezza per 25,0 m di larghezza.

La fondazione dell'edificio sarà a platea conforme alla normativa sismica vigente.

MORFOLOGIA E GEOLOGIA DEL TERRITORIO

La zona qui studiata è posta a circa 27 m s.l.m., morfologicamente si presenta pianeggiante e delimitata a sud dalla Via Neruda, a est dalla Via Ungaretti e sugli altri lati da confini di proprietà.

Geologicamente l'area è formata da depositi denominati AES8 che sono costituiti da depositi di rottura arginale prevalentemente coerenti appartenenti al Pleistocene superiore – Olocene.

La stratigrafia superficiale del terreno ricavata dalle prove penetrometriche eseguite è così schematizzabile:

Prova 1

Prof. Strato (m)	Descrizione
1.80	Terreno vegetale e di riporto
3.20	Argilla compatta
20.00	Argille sabbiose e limose

Prova 2

Prof. Strato (m)	Descrizione
10.80	Terreno vegetale e di riporto
5.00	Argille compatte
20.00	Argille sabbiose e limose

Prova 3

Prof. Strato (m)	Descrizione
1.80	Terreno vegetale e di riporto
4.20	Argille compatte
19.60	Argille sabbiose e limose
30.00	Sabbie

Prova 4

Prof. Strato (m)	Descrizione
1.80	Terreno vegetale e di riporto
3.20	Argille compatte
18.00	Argille sabbiose e limose
20.00	Sabbie

La falda è stata trovata nei fori di prova alle seguenti profondità dal piano campagna attuale:

Prova	Profondità
1	2.15
2	2.20
3	2.10
4	1.85

INDAGINE SISMICA – HVSR

Prova HVSR

All'interno dell'area di studio è stato condotto il rilievo dei microtremori con il tromografo digitale "Tromino", per verificare le caratteristiche sismiche e stratigrafiche del terreno.

Lo strumento utilizzato registra il rumore sismico ambientale presente nella superficie terrestre e generato da fenomeni atmosferici, dall'attività antropica e dall'attività dinamica terrestre.

I microtremori sono rappresentati da oscillazioni molto piccole (accelerazioni dell'ordine di 10^{-15} m/s^2), che, attraversando strati con caratteristiche differenti (in termini di densità e velocità di propagazione delle onde), subiscono fenomeni di rifrazione, riflessione, attenuazione e altri.

Questi fenomeni sono tali per cui un'onda che viaggia all'interno di un mezzo e viene riflessa da una superficie di discontinuità interferisce con le onde incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime quando la lunghezza d'onda incidente λ è pari a 4 volte lo spessore h dello strato (condizione di risonanza):

Relativamente alle onde S:

$$f_r = \frac{V_{S1}}{4h}$$

f_r rappresenta la frequenza fondamentale dello strato, ossia la frequenza cui corrispondono le maggiori accelerazioni sismiche.

Utilizzando la formula sopra esposta si evince che conoscendo la profondità di una discontinuità (trovata nelle prove penetrometriche) e la frequenza fondamentale del terreno in superficie (fornita dal tromografo) è possibile risalire alla velocità delle onde S del terreno.

Una volta ricavato il valore di V_s , è possibile ricostruire la stratigrafia dell'area e l'andamento delle discontinuità, se presenti.

La tecnica HVSR consiste nella valutazione dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali del moto ed è in grado di fornire in buona approssimazione il contenuto in frequenza del segnale dei microtremori.

Prova ReMi

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare, da 12 a 48 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termine di frequenza, oltre ad

utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale. L'uso di un sismografo digitale con elevata dinamica consente di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni impiegati.

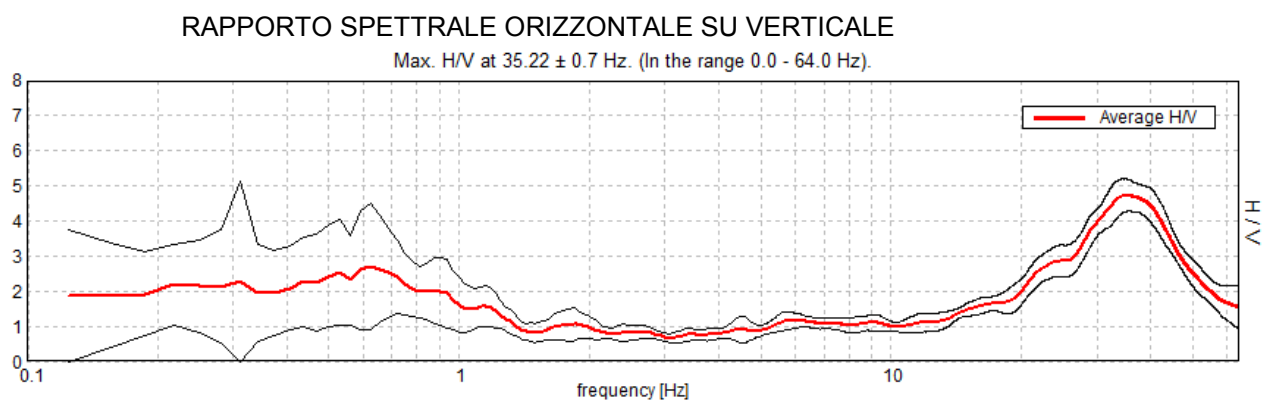
Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f.

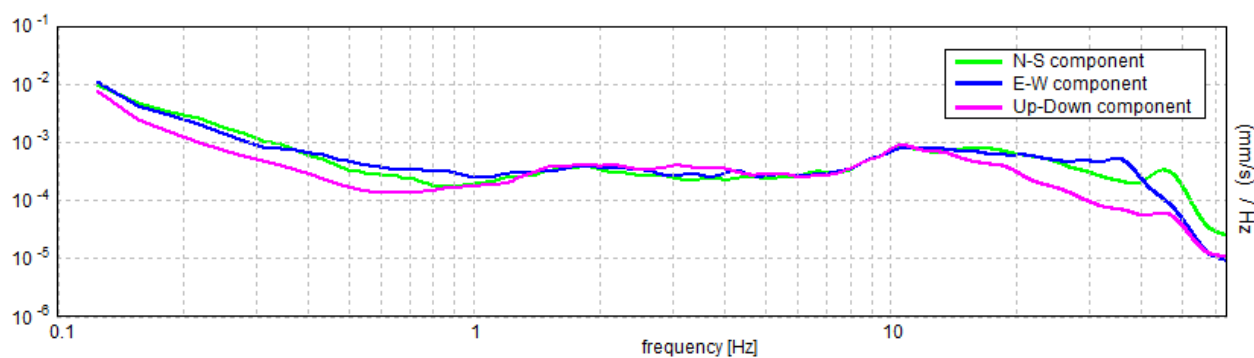
A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o 1/velocità di fase) per alcune frequenze. Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto.



Spettro H/V

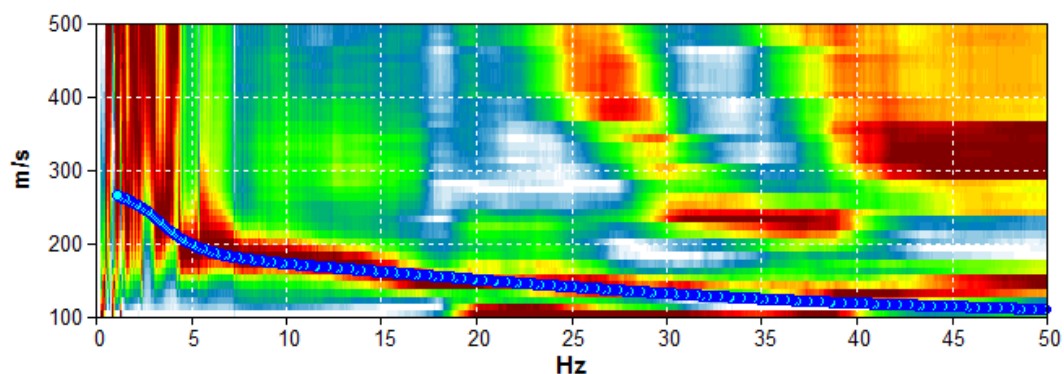


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



La linea rossa corrisponde al rapporto spettrale H/V misurato, mentre quella blu è stata calcolata tramite una procedura matematica di inversione di un profilo stratigrafico mostrato in seguito.

Prova ReMi

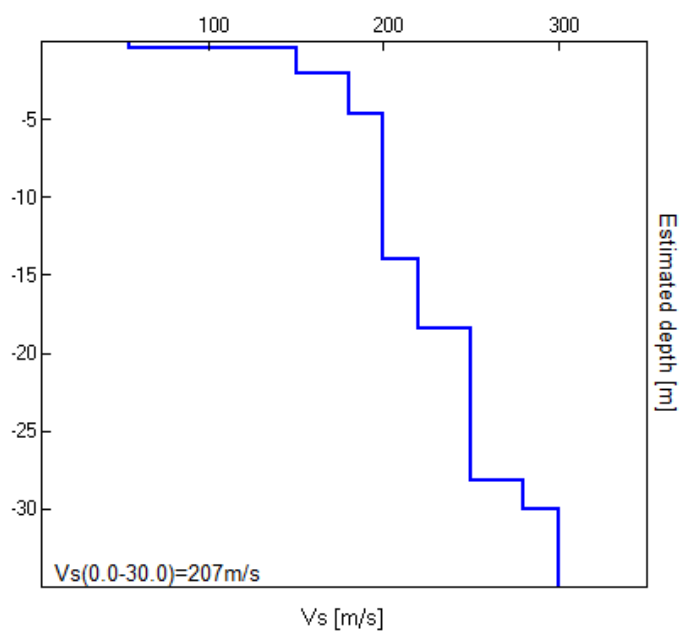


Dalla prova ReMi si vedono orizzonti ad alte velocità che corrispondono ai moti superiori, ed un orizzonte a velocità più basse, che rappresenta la velocità reale delle onde S nel terreno.

La stratigrafia sismica dell'area, che produce lo spettro sintetico nell'elaborazione monodimensionale (spettro H/V) e i punti azzurri nel grafico spettrale della prova in array è qui di seguito mostrata.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	55	0.35
2.00	1.60	150	0.35
4.60	2.60	180	0.35
14.00	9.40	200	0.35
18.40	4.40	220	0.35
28.20	9.80	250	0.35
30.00	1.80	280	0.35
inf.	inf.	300	0.35

$V_s(0.0-30.0)=207\text{m/s}$



ELEMENTI DI PROGETTAZIONE ANTISISMICA

L'attuale normativa in materia sismica impone un approccio più attento relativamente alle azioni indotte da eventi sismici di particolare entità, agenti sulla struttura degli edifici.

Le varie tipologie di sottosuolo sono discriminate sulla base delle velocità di propagazione delle onde S e sono state raggruppate in 5 + 2 categorie.

Il valore indicativo di tali velocità è definito dalla media pesata su uno spessore di 30 m delle velocità misurate $v_{s,30}$. In alternativa si utilizzano dei parametri corrispondenti, meno significativi, rappresentati dal valore della coesione non drenata c_u o del numero di colpi $NSPT$. Qui di seguito è mostrata la tabella di identificazione dei tipi di sottosuolo:

	Descrizione del profilo stratigrafico	V_{s30} (m/s)	NSPT	C_u (kPa)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> Caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	> 800	-	-
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> Con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s (oppure resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina)	360 – 800	> 50	> 250
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (oppure resistenza penetrometrica $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (oppure resistenza penetrometrica $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fina)	< 180	< 15	< 70
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore ai 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento con $V_{s30} > 800$ m/s			
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100	-	10 – 20
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti			

Dai risultati delle prove penetrometriche e del tromografo il terreno ricade in **classe C**.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La normativa prevede le seguenti categorie topografiche

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

VERIFICA SULLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

La liquefazione delle sabbie è un processo che può avvenire durante un evento sismico: essa nasce dall'incremento della pressione dell'acqua interstiziale (u) durante sollecitazioni di tipo ciclico.

Se tale aumento è tale da eguagliare la pressione litostatica totale (σ), si ha l'annullamento della resistenza al taglio (τ), secondo la seguente relazione:

$$\tau = (\sigma - u) \tan \phi$$

Da studi statistici si è verificato che il fuso granulometrico a rischio possiede un D_{50} compreso tra 0,25 e 0,45 mm.

Poiché la liquefazione si verifica in condizioni in cui le sabbie presentano una composizione granulometrica piuttosto uniforme, si escludono dalla verifica i casi in cui si presentano livelli sabbiosi di spessore uguale o inferiore ai 60 cm, che rappresentano intercalazioni all'interno di strati coesivi.

Per valutare il pericolo di liquefazione è stato adottato il metodo di Robertson e Wride (1998), che parte dai risultati delle prove CPT, per giungere a un fattore di sicurezza, ed un indice di liquefazione associato al rischio.

Metodi di calcolo

Il metodo utilizzato si basa sulle seguenti equazioni principali:

$$F_s = \frac{\text{CRR}}{\text{CSR}} \cdot \text{MSF}$$

dove CRR = resistenza ciclica del terreno
 CSR = sforzo di taglio ciclico indotto dal sisma
 MSF = fattore di scala della magnitudo

$$\text{CRR} = 0,883 \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} + 0,05 \quad \text{per } (q_{c1N})_{cs} < 50$$

$$\text{CRR} = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad \text{per } 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$$

dove $(q_{c1N})_{cs}$ è la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente

$$CSR = 0,65 \frac{a_{max}}{g} \frac{s_{v0}}{s_{v0}'} r_d$$

dove a_{max} è l'accelerazione massima orizzontale di progetto

g è la forza di gravità ($980,7 \text{ cm/s}^2$)

σ_{v0} e σ_{v0}' sono le pressioni verticali totali ed efficaci alla prof. Z

r_d è un coefficiente funzione della profondità

Una volta ottenuto il valore del fattore di sicurezza FSL, si calcola l'indice del potenziale di liquefazione P_L (Iwasaki et al, 1978):

$$P_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) w(z) dz$$

dove

$F(z)$ è una funzione dipendente dal FSL

$w(z)$ è una funzione decrescente con la profondità

Risultati

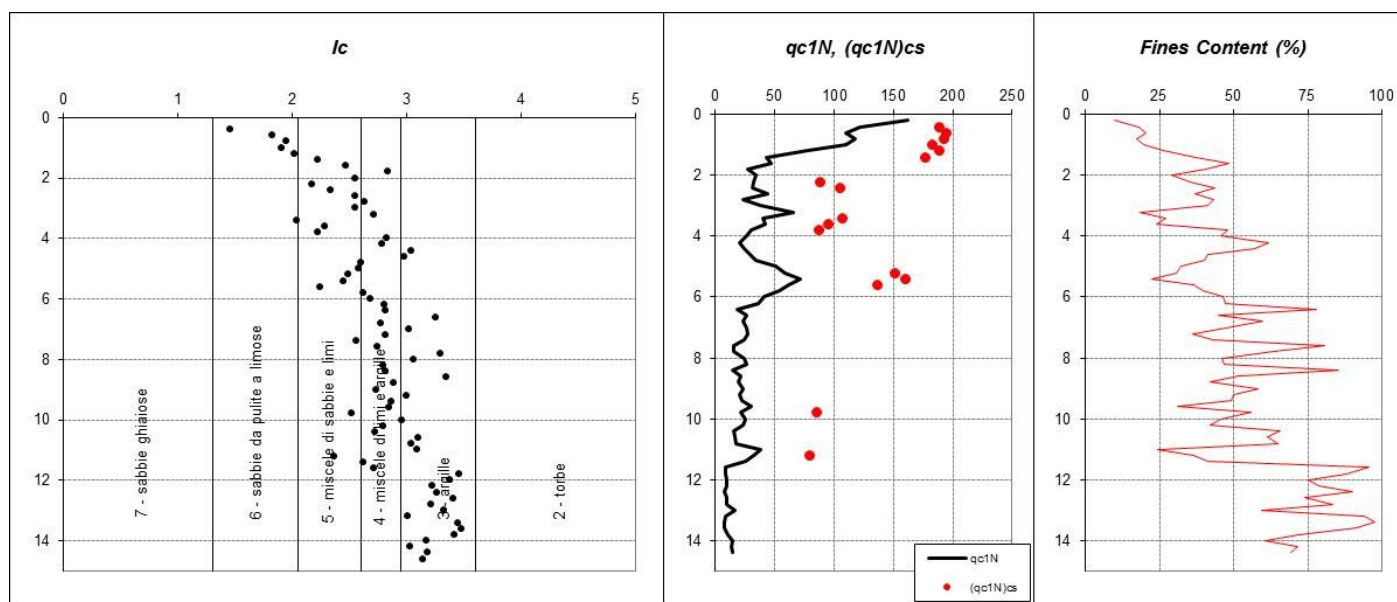
Poiché l'area di studio ricade nella classe C, per il calcolo dell'azione sismica si considera un'accelerazione pari a:

$$S \times ag = 1,45 \times 0,166 = 0,240 \text{ g}$$

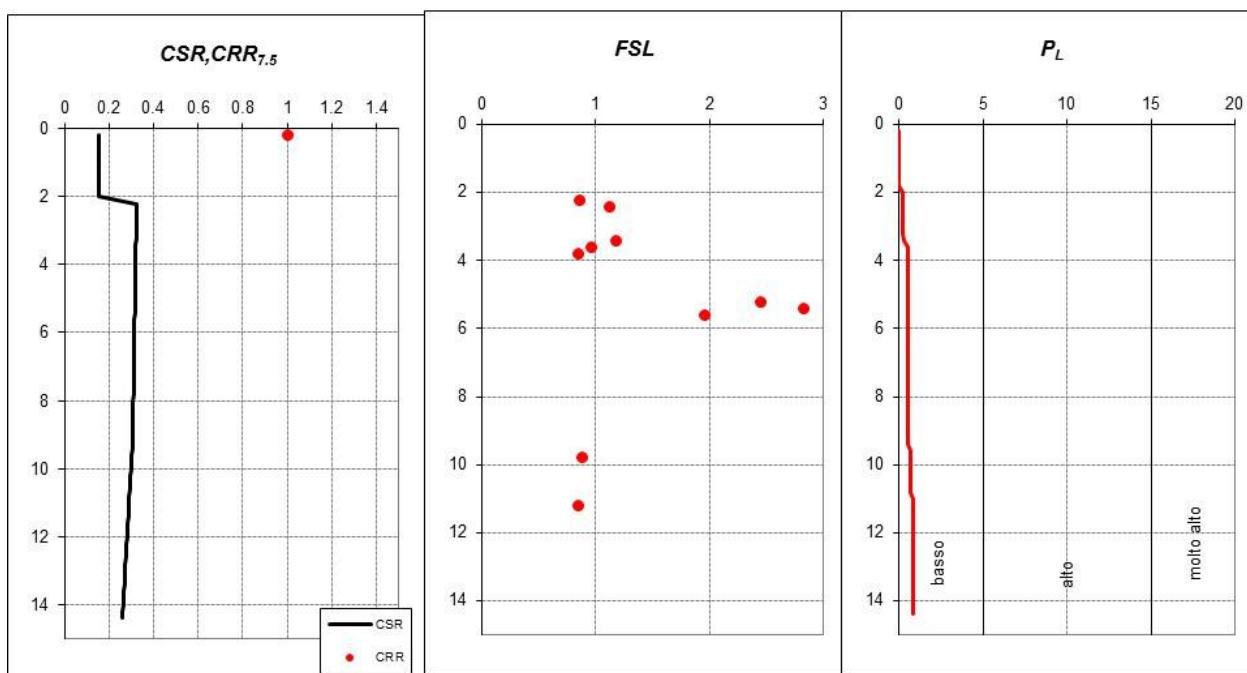
Inserendo i valori estratti dalla prova CPT, Robertson e Wride propongono una distinzione granulometrica sulla base di un Indice del tipo di terreno I_c .

In seguito si calcola il valore di resistenza alla punta normalizzata q_{c1N} e corretta per il contenuto di fini $(q_{c1N})_{cs}$ ed infine il contenuto di frazione fine (%).

Qui di seguito si illustrano tre grafici in cui sono plottati i tre parametri sopra indicati:



Qui di seguito sono poi illustrati il confronto tra i valori di CRR e CSR , il fattore di sicurezza FSL , corretto per una magnitudo realistica per l'area di studio (6,1) ed il valore di P_L , indice del potenziale di liquefazione.



Come è evidente ci sono pochi strati che presentano un fattore di sicurezza inferiori a 1, il che si traduce in un valore di P_L basso, ad indicare come il rischio di liquefazione sia praticamente nullo.

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT (CONE PENETRATION TEST)

PROVE CPT: METODOLOGIA DELL' INDAGINE

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / sec} \pm 0,5 \text{ cm / sec}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo **"Begemann"**.

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro Punta Conica meccanica $\varnothing = 35,7 \text{ mm}$
- area di punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

REGISTRAZIONE DATI.

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta

- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo "**STATIC PROBING**" della GeoStru

La resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP**) e **Ql** (Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

- A_p = l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann") = 10 cm^2
- A_m = area del manicotto di frizione = 150 cm^2
- C_t = costante di trasformazione = 10

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 dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %-).

I valori sono calcolati con queste formule:

- **Qc (RP)** = $(LP \times C_t) / 10 \text{ cm}^2$ **Resistenza alla punta**
- **Ql (RL) (fs)** = $[(LT - LP) \times C_t] / 150 \text{ cm}^2$ **Resistenza laterale**
- $Q_c (RP) = \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } C_t / \text{Superficie Punta } A_p$

- $QI (RL) (fs) = \text{Lettura laterale } LT - \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } Ct / A_m$ area del manicotto di frizione

N.B.

- $A_p = 10 \text{ cm}^2$ e $A_m = 150 \text{ cm}^2$
- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

CORRELAZIONI

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE (Autori di riferimento)

Schmertmann1978 (consigliato per CPT)

L'utilizzo della stratigrafia dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

CORRELAZIONI GEOTECNICHE

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati.

Ad ogni strato mediato il programma calcola la Q_c media, la f_s media, il peso di volume naturale medio, il comportamento geotecnico (coesivo, incoerente o coesivo-incoerente), ed applica una texture.

TERRENI INCOERENTI

Angolo di Attrito

Angolo di Attrito (Caquot) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Densità relativa (%)

Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

Modulo di Young

Modulo di Young (ISOPT-1 1988) $E_y (50)$ - per sabbie OC sovraconsolidate e SC

Modulo Edometrico

Modulo Edometrico (Mitchell & Gardner 1975) – valido per sabbie

Peso di Volume Gamma

Peso di Volume Gamma (Meyerhof) -

Peso di Volume Gamma saturo (Meyerhof) -

Modulo di deformazione di taglio

Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per **sabbie** e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Fattori di compressibilità

Ramo di carico C (autori vari)

Ramo di carico medio Crm (autori vari)

OCR - Grado di Sovraconsolidazione

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

MODULO DI REAZIONE K_o (Kulhawy Maine, 1990).

CORRELAZIONE NSPT Meardi – Meigh 1972

TERRENI COESIVI

Coesione Non Drenata

Coesione non drenata (Baligh ed altri 1976-1980) in tale elaborazione occorre inserire il valore di N_k (generalmente 20)

Modulo Edometrico-Confinato

Metodo generale del modulo edometrico.

Peso di Volume Gamma

Peso di Volume terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

Modulo di deformazione di taglio

Imai & Tonouchi (1982)

OCR

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Permeabilità

Coefficiente di Permeabilità K (Piacentini-Righi, 1988) .

PROVA Nr.1

Committente: Comune di Castel Maggiore
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 18/08/2016
 Profondità prova: 20.00 mt
 Località: Castel Maggiore

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.138	0.6	0.23	434.8
0.40	93.00	102.0	93.138	1.467	63.489	1.6
0.60	103.00	125.0	103.138	2.2	46.881	2.1
0.80	64.00	97.0	64.138	1.333	48.116	2.1
1.00	64.00	84.0	64.138	2.133	30.069	3.3
1.20	58.00	90.0	58.276	2.6	22.414	4.5
1.40	39.00	78.0	39.276	3.067	12.806	7.8
1.60	25.00	71.0	25.276	1.933	13.076	7.6
1.80	14.00	43.0	14.276	1.4	10.197	9.8
2.00	14.00	35.0	14.276	1.0	14.276	7.0
2.20	11.00	26.0	11.414	0.533	21.415	4.7
2.40	12.00	20.0	12.414	0.533	23.291	4.3
2.60	9.00	17.0	9.414	0.333	28.27	3.5
2.80	9.00	14.0	9.414	0.4	23.535	4.2
3.00	6.00	12.0	6.414	0.333	19.261	5.2
3.20	3.00	8.0	3.552	0.2	17.76	5.6
3.40	3.00	6.0	3.552	0.333	10.667	9.4
3.60	21.00	26.0	21.552	0.2	107.76	0.9
3.80	19.00	22.0	19.552	0.2	97.76	1.0
4.00	22.00	25.0	22.552	0.267	84.464	1.2
4.20	11.00	15.0	11.69	0.4	29.225	3.4
4.40	8.00	14.0	8.69	0.333	26.096	3.8
4.60	5.00	10.0	5.69	0.333	17.087	5.9
4.80	6.00	11.0	6.69	0.4	16.725	6.0
5.00	9.00	15.0	9.69	0.6	16.15	6.2
5.20	11.00	20.0	11.828	0.667	17.733	5.6
5.40	17.00	27.0	17.828	1.067	16.709	6.0
5.60	21.00	37.0	21.828	1.267	17.228	5.8
5.80	25.00	44.0	25.828	1.533	16.848	5.9
6.00	27.00	50.0	27.828	1.667	16.693	6.0
6.20	28.00	53.0	28.966	1.6	18.104	5.5
6.40	28.00	52.0	28.966	1.8	16.092	6.2
6.60	26.00	53.0	26.966	1.467	18.382	5.4
6.80	18.00	40.0	18.966	1.0	18.966	5.3
7.00	12.00	27.0	12.966	0.8	16.208	6.2
7.20	15.00	27.0	16.104	0.4	40.26	2.5
7.40	18.00	24.0	19.104	0.8	23.88	4.2
7.60	15.00	27.0	16.104	0.867	18.574	5.4
7.80	25.00	38.0	26.104	0.933	27.979	3.6
8.00	33.00	47.0	34.104	0.467	73.028	1.4
8.20	24.00	31.0	25.242	1.0	25.242	4.0
8.40	13.00	28.0	14.242	0.6	23.737	4.2
8.60	11.00	20.0	12.242	0.6	20.403	4.9
8.80	14.00	23.0	15.242	0.8	19.053	5.2
9.00	18.00	30.0	19.242	0.867	22.194	4.5
9.20	19.00	32.0	20.38	0.8	25.475	3.9
9.40	16.00	28.0	17.38	0.733	23.711	4.2

9.60	10.00	21.0	11.38	0.6	18.967	5.3
9.80	8.00	17.0	9.38	0.467	20.086	5.0
10.00	14.00	21.0	15.38	0.933	16.484	6.1
10.20	18.00	32.0	19.518	0.4	48.795	2.0
10.40	18.00	24.0	19.518	0.667	29.262	3.4
10.60	14.00	24.0	15.518	0.533	29.114	3.4
10.80	14.00	22.0	15.518	0.8	19.398	5.2
11.00	15.00	27.0	16.518	0.8	20.648	4.8
11.20	16.00	28.0	17.656	0.8	22.07	4.5
11.40	13.00	25.0	14.656	0.6	24.427	4.1
11.60	12.00	21.0	13.656	0.867	15.751	6.3
11.80	10.00	23.0	11.656	0.867	13.444	7.4
12.00	26.00	39.0	27.656	1.067	25.919	3.9
12.20	28.00	44.0	29.794	0.333	89.471	1.1
12.40	11.00	16.0	12.794	0.467	27.396	3.7
12.60	10.00	17.0	11.794	0.467	25.255	4.0
12.80	9.00	16.0	10.794	0.4	26.985	3.7
13.00	13.00	19.0	14.794	0.667	22.18	4.5
13.20	10.00	20.0	11.932	0.333	35.832	2.8
13.40	9.00	14.0	10.932	0.6	18.22	5.5
13.60	11.00	20.0	12.932	0.4	32.33	3.1
13.80	10.00	16.0	11.932	0.533	22.386	4.5
14.00	6.00	14.0	7.932	0.4	19.83	5.0
14.20	7.00	13.0	9.07	0.533	17.017	5.9
14.40	11.00	19.0	13.07	0.867	15.075	6.6
14.60	17.00	30.0	19.07	1.2	15.892	6.3
14.80	22.00	40.0	24.07	0.333	72.282	1.4
15.00	39.00	44.0	41.07	1.133	36.249	2.8
15.20	33.00	50.0	35.208	1.133	31.075	3.2
15.40	18.00	35.0	20.208	0.8	25.26	4.0
15.60	18.00	30.0	20.208	0.733	27.569	3.6
15.80	13.00	24.0	15.208	0.4	38.02	2.6
16.00	10.00	16.0	12.208	0.4	30.52	3.3
16.20	8.00	14.0	10.346	0.4	25.865	3.9
16.40	7.00	13.0	9.346	0.4	23.365	4.3
16.60	7.00	13.0	9.346	0.667	14.012	7.1
16.80	16.00	26.0	18.346	0.533	34.42	2.9
17.00	17.00	25.0	19.346	1.2	16.122	6.2
17.20	10.00	28.0	12.484	0.733	17.031	5.9
17.40	17.00	28.0	19.484	0.8	24.355	4.1
17.60	18.00	30.0	20.484	0.933	21.955	4.6
17.80	22.00	36.0	24.484	0.867	28.24	3.5
18.00	13.00	26.0	15.484	0.733	21.124	4.7
18.20	22.00	33.0	24.622	0.6	41.037	2.4
18.40	12.00	21.0	14.622	1.6	9.139	10.9
18.60	13.00	37.0	15.622	1.467	10.649	9.4
18.80	13.00	35.0	15.622	0.667	23.421	4.3
19.00	11.00	21.0	13.622	0.933	14.6	6.8
19.20	18.00	32.0	20.76	0.733	28.322	3.5
19.40	11.00	22.0	13.76	1.067	12.896	7.8
19.60	12.00	28.0	14.76	1.333	11.073	9.0
19.80	16.00	36.0	18.76	1.867	10.048	10.0
20.00	11.00	39.0	13.76	0.0		0.0

Prof.	qc	fs	Gamma	Descrizione
-------	----	----	-------	-------------

Strato (m)	Media (Kg/cm ²)	Media (Kg/cm ²)	Medio (t/m ³)	
1.80	46.082	1.908	2.0	Terreno vegetale e di riporto
3.20	9.557	0.476	1.8	Argilla compatta
20.00	17.205	0.76	1.9	Argile sabbiose e limose

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.80	C	2.3	1721.3	92.2	290.8	>9	2.1	2.2	--	--	--	218.20
2	3.20	C	0.5	341.5	42.6	111.2	7.6	1.8	1.9	--	--	--	190.03
3	20.00	C	0.9	597.8	47.0	159.3	4.2	1.9	2.0	--	--	--	249.09

PROVA Nr.2

Committente: Comune di Castel Maggiore
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 18/08/2016
 Profondità prova: 20.00 mt
 Località: Castel Maggiore

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.138	1.867	0.074	1352.9
0.40	138.00	166.0	138.138	1.0	138.138	0.7
0.60	66.00	81.0	66.138	1.133	58.374	1.7
0.80	77.00	94.0	77.138	1.4	55.099	1.8
1.00	60.00	81.0	60.138	2.2	27.335	3.7
1.20	61.00	94.0	61.276	3.067	19.979	5.0
1.40	67.00	113.0	67.276	3.533	19.042	5.3
1.60	71.00	124.0	71.276	2.2	32.398	3.1

1.80	44.00	77.0	44.276	2.733	16.201	6.2
2.00	17.00	58.0	17.276	1.667	10.364	9.6
2.20	17.00	42.0	17.414	0.933	18.665	5.4
2.40	13.00	27.0	13.414	0.667	20.111	5.0
2.60	13.00	23.0	13.414	0.4	33.535	3.0
2.80	7.00	13.0	7.414	0.4	18.535	5.4
3.00	10.00	16.0	10.414	0.533	19.538	5.1
3.20	6.00	14.0	6.552	0.2	32.76	3.1
3.40	7.00	10.0	7.552	0.4	18.88	5.3
3.60	12.00	18.0	12.552	0.267	47.011	2.1
3.80	23.00	27.0	23.552	0.667	35.31	2.8
4.00	11.00	21.0	11.552	0.4	28.88	3.5
4.20	7.00	13.0	7.69	0.4	19.225	5.2
4.40	6.00	12.0	6.69	0.333	20.09	5.0
4.60	5.00	10.0	5.69	0.4	14.225	7.0
4.80	6.00	12.0	6.69	0.467	14.325	7.0
5.00	9.00	16.0	9.69	0.6	16.15	6.2
5.20	12.00	21.0	12.828	0.733	17.501	5.7
5.40	14.00	25.0	14.828	0.933	15.893	6.3
5.60	17.00	31.0	17.828	1.133	15.735	6.4
5.80	22.00	39.0	22.828	1.667	13.694	7.3
6.00	27.00	52.0	27.828	1.8	15.46	6.5
6.20	28.00	55.0	28.966	1.733	16.714	6.0
6.40	26.00	52.0	26.966	1.667	16.176	6.2
6.60	25.00	50.0	25.966	1.667	15.576	6.4
6.80	21.00	46.0	21.966	1.2	18.305	5.5
7.00	18.00	36.0	18.966	2.133	8.892	11.2
7.20	23.00	55.0	24.104	0.733	32.884	3.0
7.40	21.00	32.0	22.104	0.933	23.691	4.2
7.60	14.00	28.0	15.104	0.4	37.76	2.6
7.80	20.00	26.0	21.104	0.667	31.64	3.2
8.00	28.00	38.0	29.104	0.8	36.38	2.7
8.20	27.00	39.0	28.242	0.2	141.21	0.7
8.40	40.00	43.0	41.242	1.067	38.652	2.6
8.60	14.00	30.0	15.242	0.6	25.403	3.9
8.80	15.00	24.0	16.242	0.667	24.351	4.1
9.00	19.00	29.0	20.242	0.867	23.347	4.3
9.20	17.00	30.0	18.38	1.2	15.317	6.5
9.40	11.00	29.0	12.38	0.8	15.475	6.5
9.60	14.00	26.0	15.38	0.8	19.225	5.2
9.80	13.00	25.0	14.38	0.867	16.586	6.0
10.00	13.00	26.0	14.38	0.867	16.586	6.0
10.20	17.00	30.0	18.518	0.667	27.763	3.6
10.40	18.00	28.0	19.518	1.333	14.642	6.8
10.60	26.00	46.0	27.518	0.667	41.256	2.4
10.80	21.00	31.0	22.518	1.067	21.104	4.7
11.00	15.00	31.0	16.518	0.8	20.648	4.8
11.20	14.00	26.0	15.656	0.533	29.373	3.4
11.40	12.00	20.0	13.656	0.6	22.76	4.4
11.60	9.00	18.0	10.656	0.667	15.976	6.3
11.80	11.00	21.0	12.656	0.8	15.82	6.3
12.00	12.00	24.0	13.656	0.6	22.76	4.4
12.20	8.00	17.0	9.794	0.467	20.972	4.8
12.40	8.00	15.0	9.794	0.333	29.411	3.4
12.60	9.00	14.0	10.794	0.533	20.251	4.9

12.80	9.00	17.0	10.794	0.4	26.985	3.7
13.00	11.00	17.0	12.794	0.333	38.42	2.6
13.20	13.00	18.0	14.932	0.667	22.387	4.5
13.40	13.00	23.0	14.932	0.667	22.387	4.5
13.60	31.00	41.0	32.932	0.667	49.373	2.0
13.80	29.00	39.0	30.932	0.667	46.375	2.2
14.00	9.00	19.0	10.932	0.467	23.409	4.3
14.20	7.00	14.0	9.07	0.467	19.422	5.1
14.40	9.00	16.0	11.07	0.533	20.769	4.8
14.60	14.00	22.0	16.07	0.933	17.224	5.8
14.80	17.00	31.0	19.07	1.2	15.892	6.3
15.00	23.00	41.0	25.07	1.467	17.089	5.9
15.20	25.00	47.0	27.208	1.467	18.547	5.4
15.40	26.00	48.0	28.208	1.6	17.63	5.7
15.60	26.00	50.0	28.208	1.333	21.161	4.7
15.80	19.00	39.0	21.208	1.133	18.718	5.3
16.00	11.00	28.0	13.208	0.467	28.283	3.5
16.20	12.00	19.0	14.346	0.333	43.081	2.3
16.40	13.00	18.0	15.346	0.4	38.365	2.6
16.60	10.00	16.0	12.346	0.467	26.437	3.8
16.80	10.00	17.0	12.346	1.333	9.262	10.8
17.00	16.00	36.0	18.346	1.333	13.763	7.3
17.20	18.00	38.0	20.484	1.0	20.484	4.9
17.40	15.00	30.0	17.484	1.467	11.918	8.4
17.60	16.00	38.0	18.484	0.933	19.811	5.0
17.80	18.00	32.0	20.484	0.867	23.626	4.2
18.00	17.00	30.0	19.484	0.8	24.355	4.1
18.20	14.00	26.0	16.622	0.733	22.677	4.4
18.40	15.00	26.0	17.622	0.733	24.041	4.2
18.60	14.00	25.0	16.622	0.733	22.677	4.4
18.80	11.00	22.0	13.622	0.6	22.703	4.4
19.00	10.00	19.0	12.622	0.533	23.681	4.2
19.20	10.00	18.0	12.76	0.4	31.9	3.1
19.40	10.00	16.0	12.76	0.6	21.267	4.7
19.60	12.00	21.0	14.76	1.2	12.3	8.1
19.80	16.00	34.0	18.76	0.933	20.107	5.0
20.00	16.00	30.0	18.76	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Descrizione
10.80	25.519	1.069	1.9	Terreno vegetale e di riporto
5.00	2.0	0.422	1.8	Argille compatte
20.00	18.381	0.868	1.9	Argille sabbiose e limose

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Nr: Numero progressivo strato
 Prof: Profondità strato (m)
 Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
 Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²)
 Eu: Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm²)

Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²)
 G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
 OCR: Grado di sovraconsolidazione
 Puv: Peso unità di volume (t/m³)
 PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m³)
 Dr: Densità relativa (%)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)
 Ey: Modulo di Young (Kg/cm²)
 Vs: Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1 10.80	C	1.3	930.5	51.0	202.7	>9	2.0	2.1	--	--	--	243.82
2 5.00	C	0.1	40.1	12.3	42.8	3.2	1.5	1.6	--	--	--	160.72
3 20.00	C	0.9	636.7	45.3	165.8	4.3	1.9	2.0	--	--	--	256.35

PROVA Nr.3

Committente: Comune di Castel Maggiore
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 18/08/2016
 Profondità prova: 30.00 mt
 Località: Castel Maggiore

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.138	1.2	0.115	869.6
0.40	81.00	99.0	81.138	1.733	46.819	2.1
0.60	61.00	87.0	61.138	1.733	35.279	2.8
0.80	55.00	81.0	55.138	1.533	35.967	2.8
1.00	59.00	82.0	59.138	1.667	35.476	2.8
1.20	55.00	80.0	55.276	1.467	37.68	2.7
1.40	39.00	61.0	39.276	1.133	34.665	2.9
1.60	24.00	41.0	24.276	1.467	16.548	6.0
1.80	16.00	38.0	16.276	0.6	27.127	3.7
2.00	17.00	26.0	17.276	0.333	51.88	1.9
2.20	17.00	22.0	17.414	0.467	37.289	2.7
2.40	16.00	23.0	16.414	0.733	22.393	4.5
2.60	15.00	26.0	15.414	0.467	33.006	3.0
2.80	11.00	18.0	11.414	0.4	28.535	3.5
3.00	12.00	18.0	12.414	0.533	23.291	4.3
3.20	11.00	19.0	11.552	0.533	21.674	4.6
3.40	33.00	41.0	33.552	0.4	83.88	1.2
3.60	20.00	26.0	20.552	0.333	61.718	1.6
3.80	21.00	26.0	21.552	0.6	35.92	2.8
4.00	11.00	20.0	11.552	0.4	28.88	3.5
4.20	10.00	16.0	10.69	0.533	20.056	5.0
4.40	8.00	16.0	8.69	0.667	13.028	7.7
4.60	10.00	20.0	10.69	0.733	14.584	6.9
4.80	19.00	30.0	19.69	1.0	19.69	5.1

5.00	23.00	38.0	23.69	1.133	20.909	4.8
5.20	29.00	46.0	29.828	1.333	22.377	4.5
5.40	34.00	54.0	34.828	1.067	32.641	3.1
5.60	43.00	59.0	43.828	1.867	23.475	4.3
5.80	32.00	60.0	32.828	1.8	18.238	5.5
6.00	29.00	56.0	29.828	1.6	18.643	5.4
6.20	23.00	47.0	23.966	1.333	17.979	5.6
6.40	21.00	41.0	21.966	1.333	16.479	6.1
6.60	11.00	31.0	11.966	0.6	19.943	5.0
6.80	16.00	25.0	16.966	1.133	14.974	6.7
7.00	15.00	32.0	15.966	0.733	21.782	4.6
7.20	17.00	28.0	18.104	0.533	33.966	2.9
7.40	22.00	30.0	23.104	0.533	43.347	2.3
7.60	17.00	25.0	18.104	1.2	15.087	6.6
7.80	11.00	29.0	12.104	0.533	22.709	4.4
8.00	11.00	19.0	12.104	0.667	18.147	5.5
8.20	18.00	28.0	19.242	0.867	22.194	4.5
8.40	20.00	33.0	21.242	1.267	16.766	6.0
8.60	11.00	30.0	12.242	0.733	16.701	6.0
8.80	17.00	28.0	18.242	0.333	54.781	1.8
9.00	16.00	21.0	17.242	1.267	13.609	7.3
9.20	19.00	38.0	20.38	0.6	33.967	2.9
9.40	17.00	26.0	18.38	0.733	25.075	4.0
9.60	19.00	30.0	20.38	0.533	38.236	2.6
9.80	28.00	36.0	29.38	1.0	29.38	3.4
10.00	19.00	34.0	20.38	0.867	23.506	4.3
10.20	23.00	36.0	24.518	0.6	40.863	2.4
10.40	22.00	31.0	23.518	0.867	27.126	3.7
10.60	15.00	28.0	16.518	0.8	20.648	4.8
10.80	16.00	28.0	17.518	1.067	16.418	6.1
11.00	17.00	33.0	18.518	0.533	34.743	2.9
11.20	38.00	46.0	39.656	0.933	42.504	2.4
11.40	33.00	47.0	34.656	0.733	47.28	2.1
11.60	26.00	37.0	27.656	0.667	41.463	2.4
11.80	9.00	19.0	10.656	0.467	22.818	4.4
12.00	9.00	16.0	10.656	0.467	22.818	4.4
12.20	11.00	18.0	12.794	0.533	24.004	4.2
12.40	11.00	19.0	12.794	0.467	27.396	3.7
12.60	9.00	16.0	10.794	0.4	26.985	3.7
12.80	11.00	17.0	12.794	0.6	21.323	4.7
13.00	11.00	20.0	12.794	0.933	13.713	7.3
13.20	20.00	34.0	21.932	0.667	32.882	3.0
13.40	10.00	20.0	11.932	0.533	22.386	4.5
13.60	9.00	17.0	10.932	0.4	27.33	3.7
13.80	9.00	15.0	10.932	0.6	18.22	5.5
14.00	14.00	23.0	15.932	0.667	23.886	4.2
14.20	18.00	28.0	20.07	1.133	17.714	5.6
14.40	18.00	35.0	20.07	1.133	17.714	5.6
14.60	19.00	36.0	21.07	1.2	17.558	5.7
14.80	22.00	40.0	24.07	1.267	18.998	5.3
15.00	21.00	40.0	23.07	1.333	17.307	5.8
15.20	24.00	44.0	26.208	1.333	19.661	5.1
15.40	20.00	40.0	22.208	1.067	20.813	4.8
15.60	13.00	29.0	15.208	0.8	19.01	5.3
15.80	9.00	21.0	11.208	0.533	21.028	4.8

16.00	10.00	18.0	12.208	0.4	30.52	3.3
16.20	9.00	15.0	11.346	0.467	24.296	4.1
16.40	13.00	20.0	15.346	0.667	23.007	4.3
16.60	24.00	34.0	26.346	0.6	43.91	2.3
16.80	39.00	48.0	41.346	1.467	28.184	3.5
17.00	20.00	42.0	22.346	1.333	16.764	6.0
17.20	20.00	40.0	22.484	1.133	19.845	5.0
17.40	17.00	34.0	19.484	1.0	19.484	5.1
17.60	16.00	31.0	18.484	0.933	19.811	5.0
17.80	16.00	30.0	18.484	0.8	23.105	4.3
18.00	12.00	24.0	14.484	0.6	24.14	4.1
18.20	9.00	18.0	11.622	0.533	21.805	4.6
18.40	8.00	16.0	10.622	0.333	31.898	3.1
18.60	26.00	31.0	28.622	0.267	107.199	0.9
18.80	23.00	27.0	25.622	0.533	48.071	2.1
19.00	17.00	25.0	19.622	0.333	58.925	1.7
19.20	28.00	33.0	30.76	0.667	46.117	2.2
19.40	11.00	21.0	13.76	0.667	20.63	4.8
19.60	10.00	20.0	12.76	0.6	21.267	4.7
19.80	43.00	52.0	45.76	0.533	85.854	1.2
20.00	41.00	49.0	43.76	0.333	131.411	0.8
20.20	77.00	82.0	79.898	1.0	79.898	1.3
20.40	33.00	48.0	35.898	1.6	22.436	4.5
20.60	16.00	40.0	18.898	0.667	28.333	3.5
20.80	14.00	24.0	16.898	0.733	23.053	4.3
21.00	14.00	25.0	16.898	0.667	25.334	3.9
21.20	14.00	24.0	17.036	0.733	23.241	4.3
21.40	15.00	26.0	18.036	0.733	24.606	4.1
21.60	15.00	26.0	18.036	0.8	22.545	4.4
21.80	15.00	27.0	18.036	0.733	24.606	4.1
22.00	13.00	24.0	16.036	0.8	20.045	5.0
22.20	12.00	24.0	15.174	1.0	15.174	6.6
22.40	20.00	35.0	23.174	0.8	28.968	3.5
22.60	26.00	38.0	29.174	1.267	23.026	4.3
22.80	26.00	45.0	29.174	1.867	15.626	6.4
23.00	52.00	80.0	55.174	0.867	63.638	1.6
23.20	31.00	44.0	34.312	1.4	24.509	4.1
23.40	20.00	41.0	23.312	0.733	31.804	3.1
23.60	22.00	33.0	25.312	0.533	47.49	2.1
23.80	19.00	27.0	22.312	0.733	30.439	3.3
24.00	30.00	41.0	33.312	1.0	33.312	3.0
24.20	66.00	81.0	69.45	1.133	61.297	1.6
24.40	77.00	94.0	80.45	1.733	46.422	2.2
24.60	20.00	46.0	23.45	0.8	29.313	3.4
24.80	18.00	30.0	21.45	1.0	21.45	4.7
25.00	22.00	37.0	25.45	1.0	25.45	3.9
25.20	21.00	36.0	24.588	1.133	21.702	4.6
25.40	23.00	40.0	26.588	1.133	23.467	4.3
25.60	17.00	34.0	20.588	1.133	18.171	5.5
25.80	13.00	30.0	16.588	1.067	15.546	6.4
26.00	22.00	38.0	25.588	1.133	22.584	4.4
26.20	25.00	42.0	28.726	0.6	47.877	2.1
26.40	48.00	57.0	51.726	0.867	59.661	1.7
26.60	67.00	80.0	70.726	1.467	48.211	2.1
26.80	32.00	54.0	35.726	1.867	19.136	5.2

27.00	18.00	46.0	21.726	1.733	12.537	8.0
27.20	22.00	48.0	25.864	0.6	43.107	2.3
27.40	13.00	22.0	16.864	0.733	23.007	4.3
27.60	15.00	26.0	18.864	0.667	28.282	3.5
27.80	15.00	25.0	18.864	0.933	20.219	4.9
28.00	20.00	34.0	23.864	1.0	23.864	4.2
28.20	23.00	38.0	27.002	1.133	23.832	4.2
28.40	23.00	40.0	27.002	5.133	5.26	19.0
28.60	123.00	200.0	127.002	1.8	70.557	1.4
28.80	222.00	249.0	226.002	10.2	22.157	4.5
29.00	336.00	489.0	340.002	3.733	91.08	1.1
29.20	298.00	354.0	302.14	4.533	66.653	1.5
29.40	238.00	306.0	242.14	4.6	52.639	1.9
29.60	217.00	286.0	221.14	2.733	80.915	1.2
29.80	97.00	138.0	101.14	1.067	94.789	1.1
30.00	133.00	149.0	137.14	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Descrizione
1.80	43.533	1.393	2.0	Terreno vegetale e di riporto
4.20	16.65	0.478	1.9	Argille compatte
19.60	19.764	0.832	1.9	Argille sabbiose e limose
30.00	58.336	1.465	2.0	Sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.80	C	2.2	1625.7	87.1	280.9	>9	2.1	2.2	--	--	--	215.96
2	4.20	C	0.8	605.7	47.5	156.1	6.9	1.9	2.0	--	--	--	213.46
3	19.60	C	1.0	692.4	42.5	173.4	4.5	2.0	2.0	--	--	--	256.57
4	30.00	I	--	--	87.5	335.9	<0.5	1.8	2.1	31.3	31.7	0.0	380.88

PROVA Nr.4

Committente: Comune di Castel Maggiore
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 18/08/2016
 Profondità prova: 20.00 mt
 Località: Castel Maggiore

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.138	1.133	0.122	821.0
0.40	94.00	111.0	94.138	0.8	117.673	0.8
0.60	82.00	94.0	82.138	1.8	45.632	2.2
0.80	21.00	48.0	21.138	1.8	11.743	8.5
1.00	19.00	46.0	19.138	1.0	19.138	5.2
1.20	12.00	27.0	12.276	0.467	26.287	3.8
1.40	13.00	20.0	13.276	0.4	33.19	3.0
1.60	6.00	12.0	6.276	0.267	23.506	4.3
1.80	8.00	12.0	8.276	0.467	17.722	5.6
2.00	5.00	12.0	5.276	0.267	19.76	5.1
2.20	4.00	8.0	4.414	0.267	16.532	6.0
2.40	9.00	13.0	9.414	0.267	35.258	2.8
2.60	5.00	9.0	5.414	0.133	40.707	2.5
2.80	6.00	8.0	6.414	0.533	12.034	8.3
3.00	7.00	15.0	7.414	0.4	18.535	5.4
3.20	7.00	13.0	7.552	0.533	14.169	7.1
3.40	8.00	16.0	8.552	0.533	16.045	6.2
3.60	10.00	18.0	10.552	0.667	15.82	6.3
3.80	13.00	23.0	13.552	0.867	15.631	6.4
4.00	18.00	31.0	18.552	1.133	16.374	6.1
4.20	21.00	38.0	21.69	1.4	15.493	6.5
4.40	27.00	48.0	27.69	1.667	16.611	6.0
4.60	31.00	56.0	31.69	1.933	16.394	6.1
4.80	30.00	59.0	30.69	1.8	17.05	5.9
5.00	25.00	52.0	25.69	1.533	16.758	6.0
5.20	14.00	37.0	14.828	0.8	18.535	5.4
5.40	17.00	29.0	17.828	0.733	24.322	4.1
5.60	17.00	28.0	17.828	0.8	22.285	4.5
5.80	17.00	29.0	17.828	0.667	26.729	3.7
6.00	18.00	28.0	18.828	1.067	17.646	5.7
6.20	22.00	38.0	22.966	0.6	38.277	2.6
6.40	28.00	37.0	28.966	0.8	36.208	2.8
6.60	22.00	34.0	22.966	0.6	38.277	2.6
6.80	17.00	26.0	17.966	0.867	20.722	4.8
7.00	12.00	25.0	12.966	0.8	16.208	6.2
7.20	13.00	25.0	14.104	0.867	16.268	6.1
7.40	17.00	30.0	18.104	0.867	20.881	4.8
7.60	13.00	26.0	14.104	0.933	15.117	6.6

7.80	13.00	27.0	14.104	0.733	19.241	5.2
8.00	16.00	27.0	17.104	0.8	21.38	4.7
8.20	12.00	24.0	13.242	0.867	15.273	6.5
8.40	10.00	23.0	11.242	0.867	12.967	7.7
8.60	14.00	27.0	15.242	0.733	20.794	4.8
8.80	17.00	28.0	18.242	0.8	22.803	4.4
9.00	17.00	29.0	18.242	0.933	19.552	5.1
9.20	18.00	32.0	19.38	0.667	29.055	3.4
9.40	18.00	28.0	19.38	1.067	18.163	5.5
9.60	14.00	30.0	15.38	0.667	23.058	4.3
9.80	14.00	24.0	15.38	0.733	20.982	4.8
10.00	13.00	24.0	14.38	0.533	26.979	3.7
10.20	11.00	19.0	12.518	0.533	23.486	4.3
10.40	10.00	18.0	11.518	0.533	21.61	4.6
10.60	8.00	16.0	9.518	0.6	15.863	6.3
10.80	10.00	19.0	11.518	0.533	21.61	4.6
11.00	12.00	20.0	13.518	0.8	16.898	5.9
11.20	9.00	21.0	10.656	0.6	17.76	5.6
11.40	10.00	19.0	11.656	0.6	19.427	5.1
11.60	13.00	22.0	14.656	0.667	21.973	4.6
11.80	12.00	22.0	13.656	0.6	22.76	4.4
12.00	16.00	25.0	17.656	0.6	29.427	3.4
12.20	8.00	17.0	9.794	0.667	14.684	6.8
12.40	11.00	21.0	12.794	0.6	21.323	4.7
12.60	6.00	15.0	7.794	0.467	16.69	6.0
12.80	8.00	15.0	9.794	0.6	16.323	6.1
13.00	13.00	22.0	14.794	0.933	15.856	6.3
13.20	17.00	31.0	18.932	1.267	14.942	6.7
13.40	20.00	39.0	21.932	1.333	16.453	6.1
13.60	21.00	41.0	22.932	1.333	17.203	5.8
13.80	25.00	45.0	26.932	1.6	16.833	5.9
14.00	23.00	47.0	24.932	1.333	18.704	5.3
14.20	24.00	44.0	26.07	1.267	20.576	4.9
14.40	18.00	37.0	20.07	1.2	16.725	6.0
14.60	9.00	27.0	11.07	0.6	18.45	5.4
14.80	7.00	16.0	9.07	0.533	17.017	5.9
15.00	11.00	19.0	13.07	0.533	24.522	4.1
15.20	9.00	17.0	11.208	0.6	18.68	5.4
15.40	11.00	20.0	13.208	0.6	22.013	4.5
15.60	22.00	31.0	24.208	1.067	22.688	4.4
15.80	15.00	31.0	17.208	1.2	14.34	7.0
16.00	15.00	33.0	17.208	1.133	15.188	6.6
16.20	19.00	36.0	21.346	1.067	20.006	5.0
16.40	18.00	34.0	20.346	1.133	17.958	5.6
16.60	16.00	33.0	18.346	0.933	19.663	5.1
16.80	13.00	27.0	15.346	0.733	20.936	4.8
17.00	14.00	25.0	16.346	0.733	22.3	4.5
17.20	9.00	20.0	11.484	0.467	24.591	4.1
17.40	9.00	16.0	11.484	0.467	24.591	4.1
17.60	10.00	17.0	12.484	0.533	23.422	4.3
17.80	12.00	20.0	14.484	0.733	19.76	5.1
18.00	12.00	23.0	14.484	0.467	31.015	3.2
18.20	14.00	21.0	16.622	0.867	19.172	5.2
18.40	44.00	57.0	46.622	0.667	69.898	1.4
18.60	30.00	40.0	32.622	0.933	34.965	2.9

18.80	16.00	30.0	18.622	1.2	15.518	6.4
19.00	49.00	67.0	51.622	0.6	86.037	1.2
19.20	53.00	62.0	55.76	1.133	49.214	2.0
19.40	12.00	29.0	14.76	0.933	15.82	6.3
19.60	14.00	28.0	16.76	0.6	27.933	3.6
19.80	15.00	24.0	17.76	0.667	26.627	3.8
20.00	14.00	24.0	16.76	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Descrizione
1.80	28.533	0.904	1.9	Terreno vegetale e di riporto
3.20	6.557	0.343	1.8	Argille compatte
18.00	16.693	0.859	1.9	Argille sabbiose e limose
20.00	28.791	0.76	1.9	Sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. Cl: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.80	C	1.4	1063.6	57.1	217.0	>9	2.0	2.1	--	--	--	198.43
2	3.20	C	0.3	230.8	33.6	88.3	6.1	1.8	1.9	--	--	--	174.34
3	18.00	C	0.8	583.8	47.5	156.4	5.4	1.9	2.0	--	--	--	243.20
4	20.00	I	--	--	144.0	218.2	<0.5	1.8	2.1	14.0	29.2	0.0	307.73

CALCOLO DEI VALORI CARATTERISTICI DEI TERRENI

Il calcolo dei valori caratteristici è stato eseguito utilizzando il software CVSOIL che consente di elaborare i dati forniti dalle prove e ricavare il 5° percentile da una curva statistica con distribuzione standard. Le seguenti tabelle riassumono i dati ottenuti che saranno poi utilizzati nel calcolo della portanza e dei cedimenti.

Prova 1

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Terreno vegetale e di riporto	40.94	205.69	841.34	17.57	19.55
Argilla compatta	28.75	17.61	1687.32	17.84	18.93
Argille sabbiose e limose	27.48	27.27	1596.66	18.31	19.90

Prova 2

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Terreno vegetale e di riporto	24.78	105.67	736.84	18.19	19.89
Argille compatte	--	81.40	4672.12	18.90	19.69
Argille sabbiose e limose	27.90	35.99	2347.99	18.35	19.87

Prova 3

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Terreno vegetale e di riporto	34.05	213.46	7806.30	17.13	19.59
Argille compatte	28.68	40.21	3120.02	18.10	20.33
Argille sabbiose e limose	27.22	32.95	1376.92	18.42	20.02
Sabbie	25.38	148.71	12408.53	18.25	20.60

Prova 4

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
Terreno vegetale e di riporto	30.14	99.66	5850.00	17.48	18.98
Argille compatte	28.23	18.21	1200.69	17.38	18.78
Argille sabbiose e limose	27.77	37.77	2008.00	18.62	19.70
Sabbie	27.48	43.12	4038.89	18.27	20.49

CALCOLO PORTANZA E CEDIMENTI DI FONDAZIONI SUPERFICIALI**NORMATIVE DI RIFERIMENTO****Norme tecniche per le Costruzioni 2008**

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU TERRENI

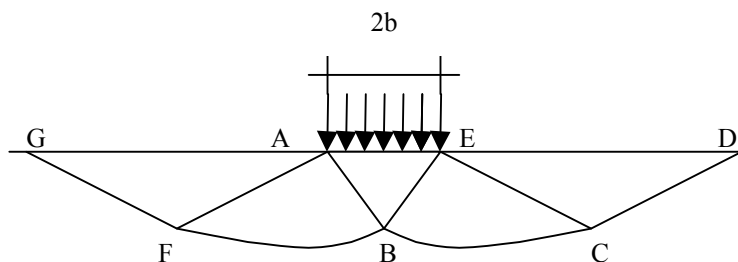
Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di Prandtl e successivi).

All'atto della rottura si verifica la plasticizzazione del materiale racchiuso fra la superficie limite del semispazio e la superficie *GFBCD*.

Nel triangolo *AEB* la rottura avviene secondo due famiglie di segmenti rettilinei ed inclinati di $45^\circ + \varphi/2$ rispetto all'orizzontale.

Nelle zone *ABF* e *EBC* la rottura si produce lungo due famiglie di linee, l'una costituita da segmenti rettilinei passanti rispettivamente per i punti *A* ed *E* e l'altra da archi di due famiglie di spirali logaritmiche.

I poli di queste sono i punti *A* ed *E*. Nei triangoli *AFG* e *ECD* la rottura avviene su segmenti inclinati di $\pm(45^\circ + \varphi/2)$ rispetto alla verticale.



Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre R_d è il carico limite di progetto della

fondazione nei confronti di carichi normali , tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Dove:

$A' = B' L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u Coesione non drenata.

q pressione litostatica totale sul piano di posa.

s_c Fattore di forma

$s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$ per fondazioni rettangolari

$s_c = 1,2$ per fondazioni quadrate o circolari.

i_c Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H .

$$i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - H / A' c_u} \right)$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45 + \phi' / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

$s_q = 1 + (B'/L') \sin \phi'$ per forma rettangolare

$s_q = 1 + \sin \phi'$ per forma quadrata o circolare

$s_\gamma = 1 - 0,3 (B'/L')$ per forma rettangolare

$s_\gamma = 0,7$ per forma quadrata o circolare

$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$ per forma rettangolare, quadrata o circolare.

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a L'

$$i_q = i_\gamma = 1 - H / (V + A' c' \cot \phi')$$

$$i_c = (i_q N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = [1 - 0,7H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^3$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

FATTORI CORRETTIVI SISMICI: PAOLUCCI E PECKER

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del q_{lim} vengono introdotti i fattori correttivi z :

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{tg \phi}\right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove K_h è il coefficiente sismico orizzontale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_h e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_h = \beta \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

β = coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica) per fondazioni in prossimità di pendii.

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1 (S_T = 1.0) \quad T2 (S_T = 1.20) \quad T3 (S_T = 1.20) \quad T4 (S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi.

Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_h = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

γ_I : fattore di importanza,

S : soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale K_v è definito in funzione di K_h , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

CEDIMENTI EDOMETRICI

Il calcolo dei cedimenti con l'approccio edometrico consente di valutare un cedimento di consolidazione di tipo monodimensionale, prodotto dalle tensioni indotte da un carico applicato in condizioni di espansione laterale impedita. Pertanto la stima effettuata con questo metodo va considerata come empirica, piuttosto che teorica.

Tuttavia la semplicità d'uso e la facilità di controllare l'influenza dei vari parametri che intervengono nel calcolo, ne fanno un metodo molto diffuso.

L'approccio edometrico nel calcolo dei cedimenti passa essenzialmente attraverso due fasi: il calcolo delle tensioni verticali indotte alle varie profondità con l'applicazione della teoria dell'elasticità;

la valutazione dei parametri di compressibilità attraverso la prova edometrica.

In riferimento ai risultati della prova edometrica, il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

se si tratta di un terreno sovraconsolidato ($OCR > 1$), ossia se l'incremento di tensione dovuto all'applicazione del carico non fa superare la pressione di preconsolidazione σ'_p ($\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v < \sigma'_p$).

Se invece il terreno è normalconsolidato ($\sigma'_{v0} = \sigma'_p$) le deformazioni avvengono nel tratto di compressione e il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

dove:

RR Rapporto di ricomprensione;

CR Rapporto di compressione;

H_0 spessore iniziale dello strato;

σ'_{v0} tensione verticale efficace prima dell'applicazione del carico.

$\Delta \sigma_v$ incremento di tensione verticale dovuto all'applicazione del carico.

In alternativa ai parametri RR e CR si fa riferimento al modulo edometrico M ; in tal caso però occorre scegliere opportunamente il valore del modulo da utilizzare, tenendo conto dell'intervallo tensionale ($\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v$) significativo per il problema in esame.

L'applicazione corretta di questo tipo di approccio richiede:

la suddivisione degli strati compressibili in una serie di piccoli strati di modesto spessore (< 2.00 m);

la stima del modulo edometrico nell'ambito di ciascuno strato;

il calcolo del cedimento come somma dei contributi valutati per ogni piccolo strato in cui è stato suddiviso il banco compressibile.

Molti usano le espressioni sopra riportate per il calcolo del cedimento di consolidazione tanto per le argille quanto per le sabbie di granulometria da fina a media, perché il modulo di elasticità impiegato è ricavato direttamente da prove di consolidazione. Tuttavia, per terreni a grana più grossa le dimensioni dei provini edometrici sono poco significative del comportamento globale dello strato e, per le sabbie, risulta preferibile impiegare prove penetrometriche statiche e dinamiche.

Cedimento secondario

Il cedimento secondario è calcolato facendo riferimento alla relazione:

$$\Delta H_s = H_c \cdot C_\alpha \cdot \log \frac{T}{T_{100}}$$

in cui:

H_c è l'altezza dello strato in fase di consolidazione;

C_α è il coefficiente di consolidazione secondaria come pendenza nel tratto secondario della curva *cedimento-logaritmo tempo*;

T tempo in cui si vuole il cedimento secondario;

T_{100} tempo necessario all'esaurimento del processo di consolidazione primaria.

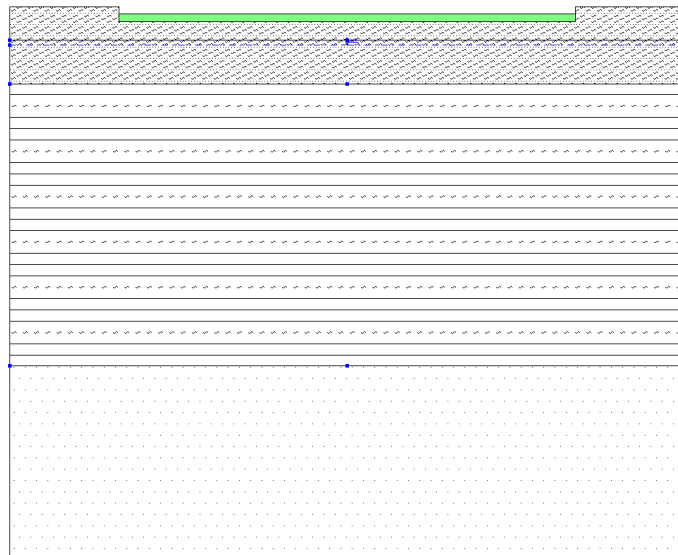
VERIFICA DEL CARICO LIMITE

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	25.0 m
Lunghezza fondazione	40.0 m
Profondità piano di posa	0.8 m
Altezza di incastro	0.5 m
Profondità falda	2.1

SISMA

Accelerazione massima (a_g/g)	0.241
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [K_{hk}]	0.058
Coefficiente intensità sismico struttura [K_{hi}]	0.231



S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	a_g [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
----------------------	-------------------------------	------------------------------	-----------	--------------

S.L.O.	30.0	0.49	2.48	0.26
S.L.D.	50.0	0.61	2.51	0.27
S.L.V.	475.0	1.63	2.48	0.28
S.L.C.	975.0	2.14	2.47	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.735	0.18	0.0135	0.0067
S.L.D.	0.915	0.18	0.0168	0.0084
S.L.V.	2.3678	0.24	0.058	0.029
S.L.C.	2.9459	0.31	0.0931	0.0466

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	416.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	416.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	416.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	416.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	1248.02 kN/m ²
Resistenza di progetto[Rd]	542.62 kN/m ²
Tensione [Ed]	416.01 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3.0
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)**Costante di Winkler** 49920.97 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore [Ng]	0.0
Fattore forma [Sc]	1.13
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	1248.02 kN/m ²
Resistenza di progetto	542.62 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
=====	

Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore [Ng]	0.0
Fattore forma [Sc]	1.13
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	1248.02 kN/m ²
Resistenza di progetto	542.62 kN/m ²

Condizione di verifica $[Ed \leq Rd]$ Verificata

=====

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

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

Pressione normale di progetto 40.0 kN/m²

Cedimento dopo T anni 15.0

Cedimento totale 8.04 cm

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

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m ²)	Dp (kN/m ²)	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	1.3	26.81	23.094	0.27	--	0.27
2	3	51.797	21.715	1.12	--	1.12
3	11.9	142.264	15.128	5.59	--	5.59
4	24.8	276.853	8.724	1.06	--	1.06

I cedimenti calcolati sono elevati ma occorre considerare che il terreno li assorbirà man mano che si applicherà il carico; in questo modo la fondazione a platea renderà irrilevanti i cedimenti differenziali.

CONCLUSIONI

L'intervento oggetto di questa relazione consiste nella realizzazione di una nuova sede dell'arma dei carabinieri.

Geologicamente l'area è formata da depositi denominati AES8 che sono prevalentemente coerenti.

La falda è stata trovata nei fori di prova a profondità variabile tra 1,85 e 2,20 m dal piano campagna attuale.

Dal punto di vista sismico il terreno appartiene alla classe C. Nella presente relazione si considera l'approccio 2 descritto nelle NTA 2008.

I valori ricavati di portanza del terreno sono:

- Carico limite 1248.02 kN/m²
- Resistenza di progetto 542.61 kN/m²

Mentre i cedimenti con pressione normale di progetto 40.0 kN/m²

- Cedimento dopo T anni 15.0
- Cedimento totale 8.04 cm

Questi risultati geotecnici riferiti al comportamento del terreno sotto carico, hanno lo scopo di valutarne l'idoneità alla esecuzione dell'opera, ma rimangono indicativi e dovranno essere verificati dal progettista.

Da quanto sopra accertato, gli interventi sono realizzabili, occorre però attenersi ai seguenti consigli operativi:

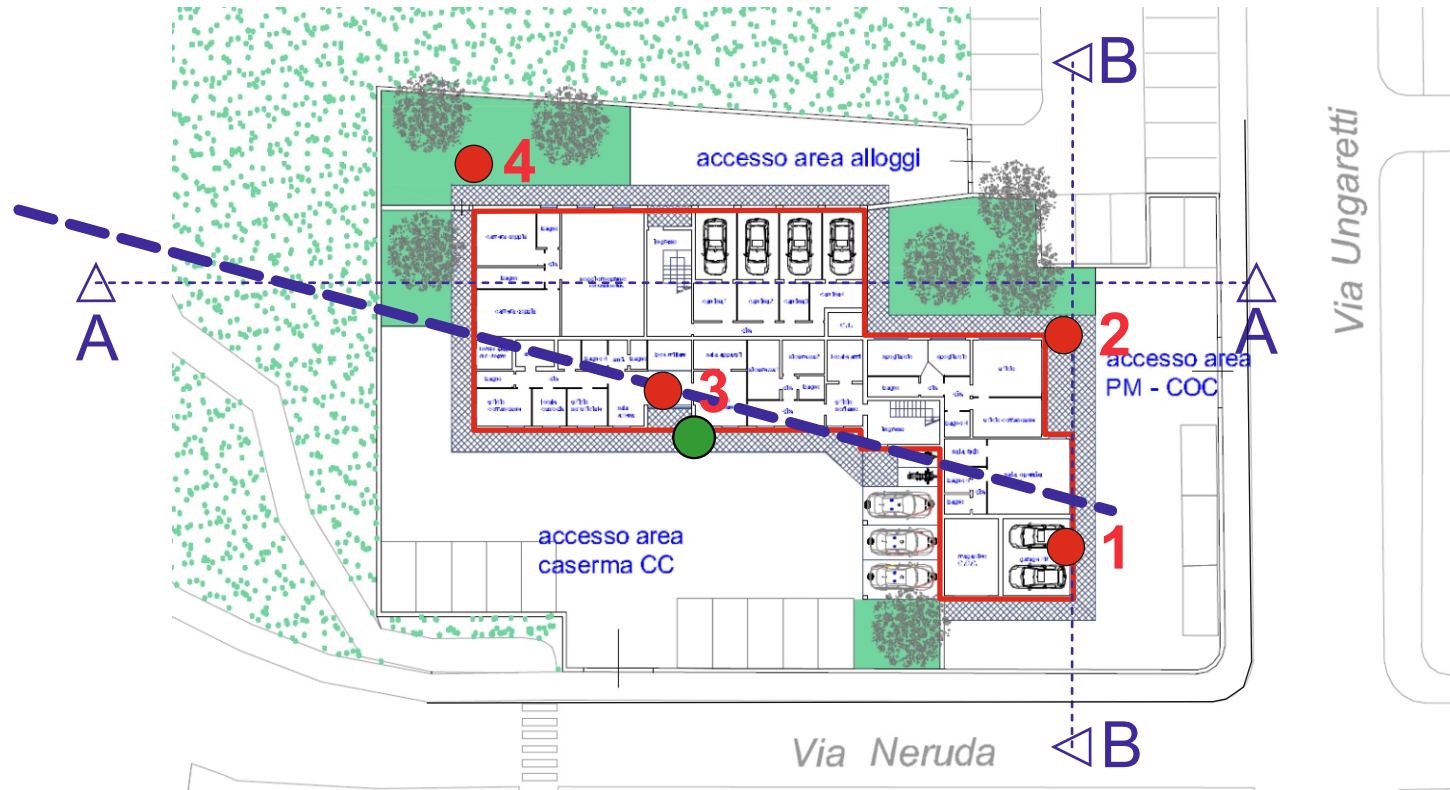
1. la falda è stata rintracciata a profondità più bassa rispetto all'ipotetico piano fondale ma è bene in ogni caso prevedere l'impermeabilizzazione di tutto il piano e il perimetro fondale con getto di materiale idrofugo nella fondazione per evitare umidità nella fondazione stessa;
2. la resistenza di progetto è molto elevata per la presenza di uno strato sovraconsolidato immediatamente al di sotto della fondazione, comunque data la tipologia dell'edificio difficilmente il carico sul terreno supererà 100,0 kN/m²;
3. occorre eseguire correttamente le fogne e i sistemi drenanti le acque meteoriche;
4. effettuare i getti fondali in periodi stagionali favorevoli;
5. allontanare velocemente il terreno di risulta.

Qualora durante gli scavi fondali emergessero situazioni anomale non previste dal presente studio quali, terreno molle o falda a profondità diversa da quella rilevata, si prega di avvisare il sottoscritto il quale dopo sopralluogo deciderà sugli eventuali interventi da eseguire.

Casadio Mario

PLANIMETRIA AREA D'INTERVENTO

Scala 1:500

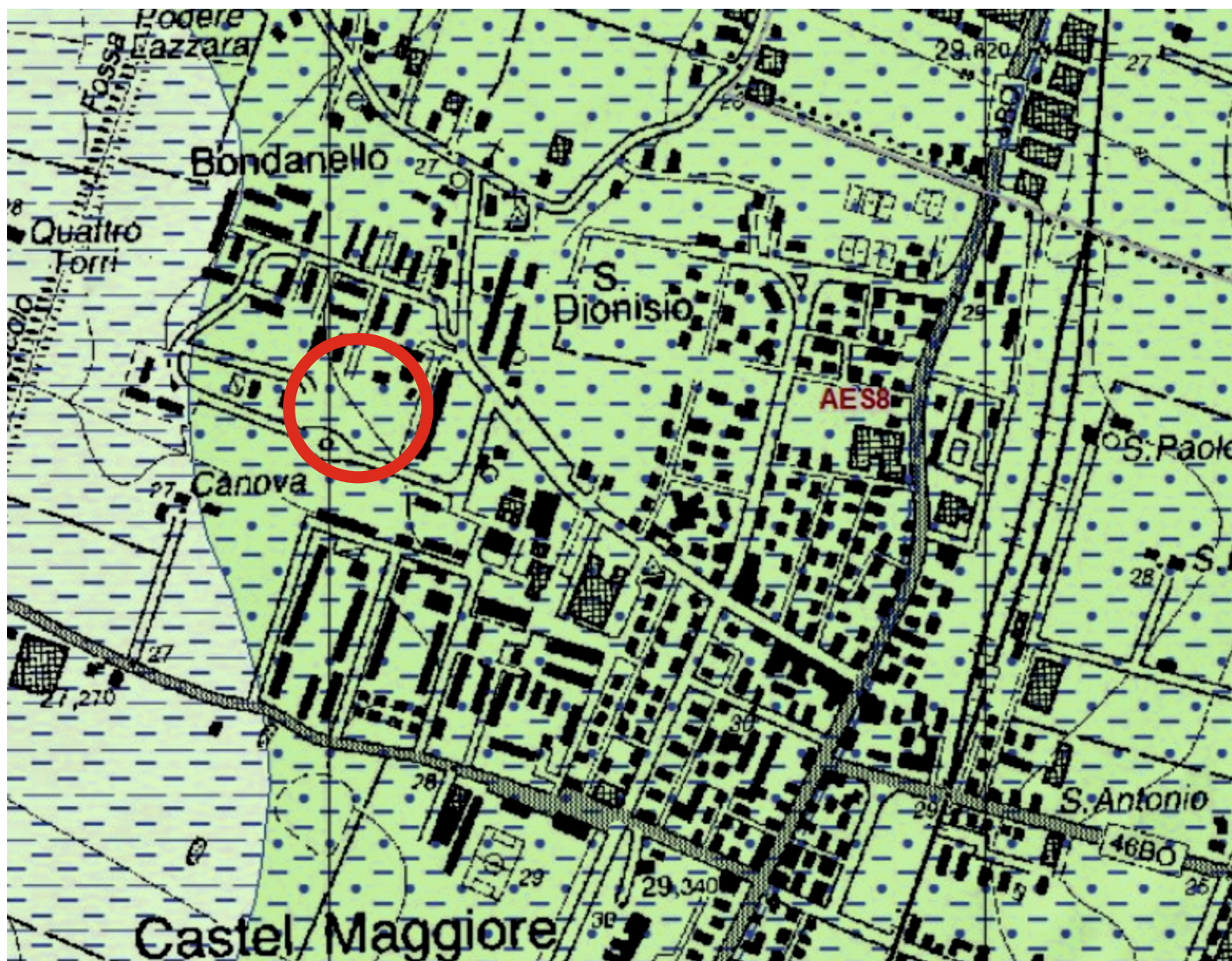


LEGENDA:

- TRACCIA DI SEZIONE
- PROVA PENETROMETRICA STATICA
- PROVA HVSR
- STENDIMENTO SISMICO
- NUOVA CASERMA

CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000



LEGENDA:



terreni alluvionali di pianura prevalentemente argilloso limoso

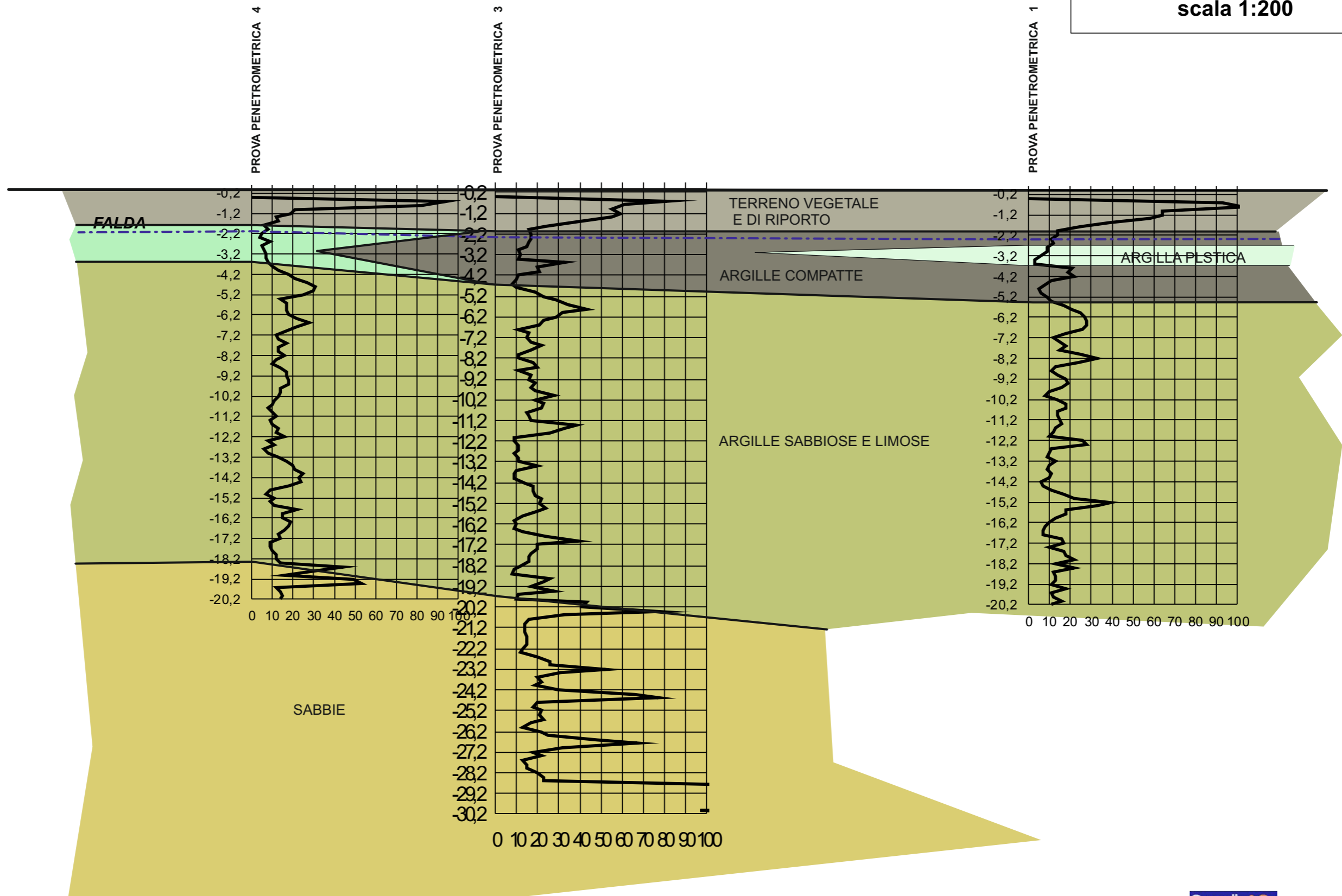


terreni alluvionali di pianura prevalentemente sabbiosi

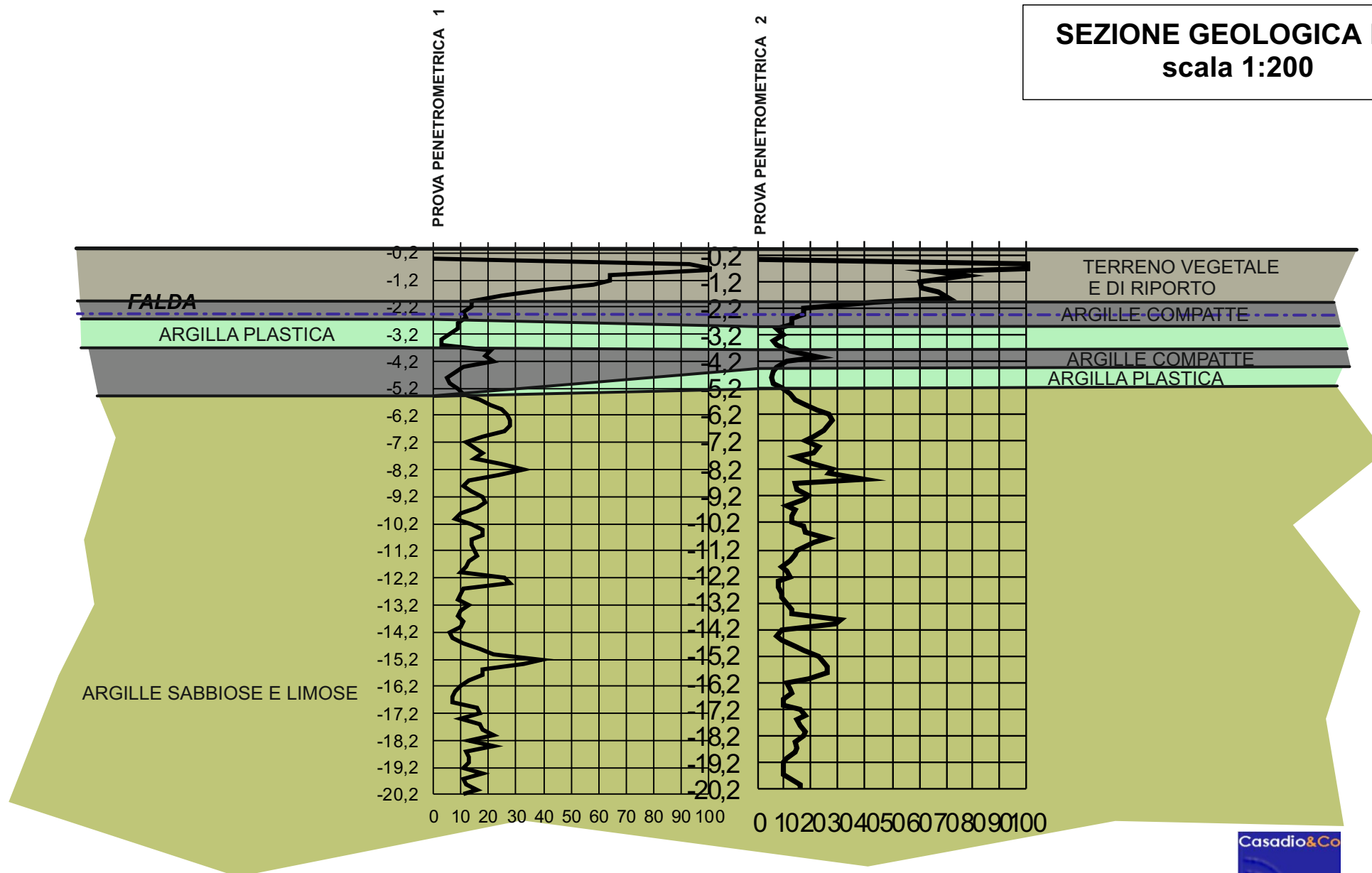


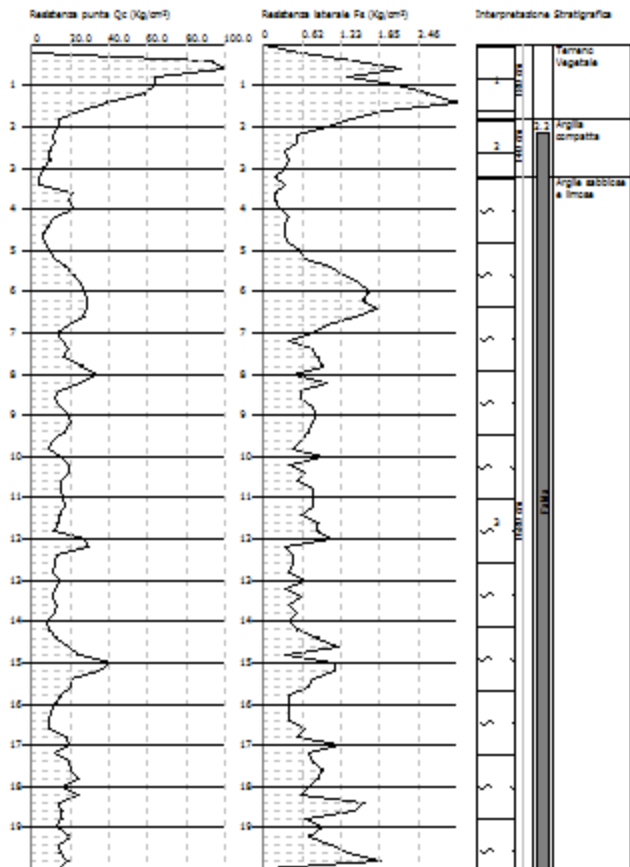
Area di studio

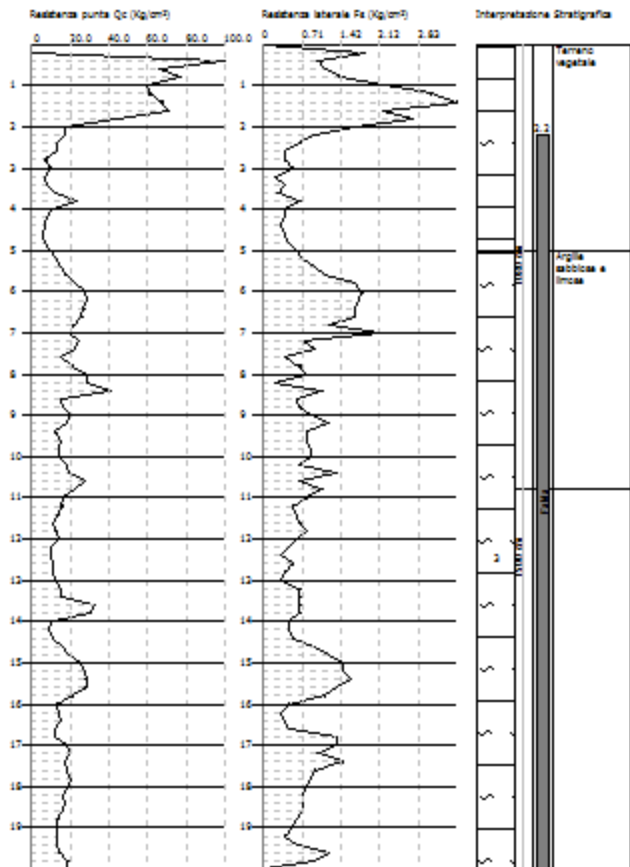
SEZIONE GEOLOGICA A-A
scala 1:200



SEZIONE GEOLOGICA B-B scala 1:200







Committente: Comune di Castel Maggiore
Cantiere: Caserma Carabinieri
Località: Castel Maggiore

Data: 18/06/2016

