

COMUNE DI TRESCORE CREMASCO

Provincia di Cremona

PROGETTO

**LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DEL CENTRO SPORTIVO
COMUNALE
PRIMO STRALCIO FUNZIONALE PER REALIZZAZIONE PRIMA
PORZIONE DELLA STRUTTURA AD USO BAR A SERVIZIO DEL
CENTRO SPORTIVO.**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
INERENTE I TERRENI DI FONDAZIONE**

Dott.Geol. Luca Giorgi

Iscr. Ordine Geologi della Lombardia n° 814



Agosto 2014



DOTT. GEOL. LUCA GIORGI
STUDIO GEOTECNICO



PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati delle indagini geognostiche e le interpretazioni di carattere geotecnico relative ai terreni interessati dai lavori di riqualificazione del centro sportivo comunale.

Lo svolgimento dello studio è stato articolato come segue:

- rilevamento morfologico dell'area in oggetto e del relativo intorno;
- esecuzione di indagini geognostiche puntuali consistenti in prove penetrometriche per la valutazione dei caratteri litostratigrafici e geotecnici dei terreni di fondazione dell' edificio in progetto;
- verifica delle possibili interazioni strutture-terreno di fondazione.

Normativa di riferimento:

- **DECRETO MINISTERIALE 14.01.2008**

TESTO UNITARIO - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI.

- **CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI**

ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" DI CUI AL D.M. 14 GENNAIO 2008. CIRCOLARE 2 FEBBRAIO 2009.

- **CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI**

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.

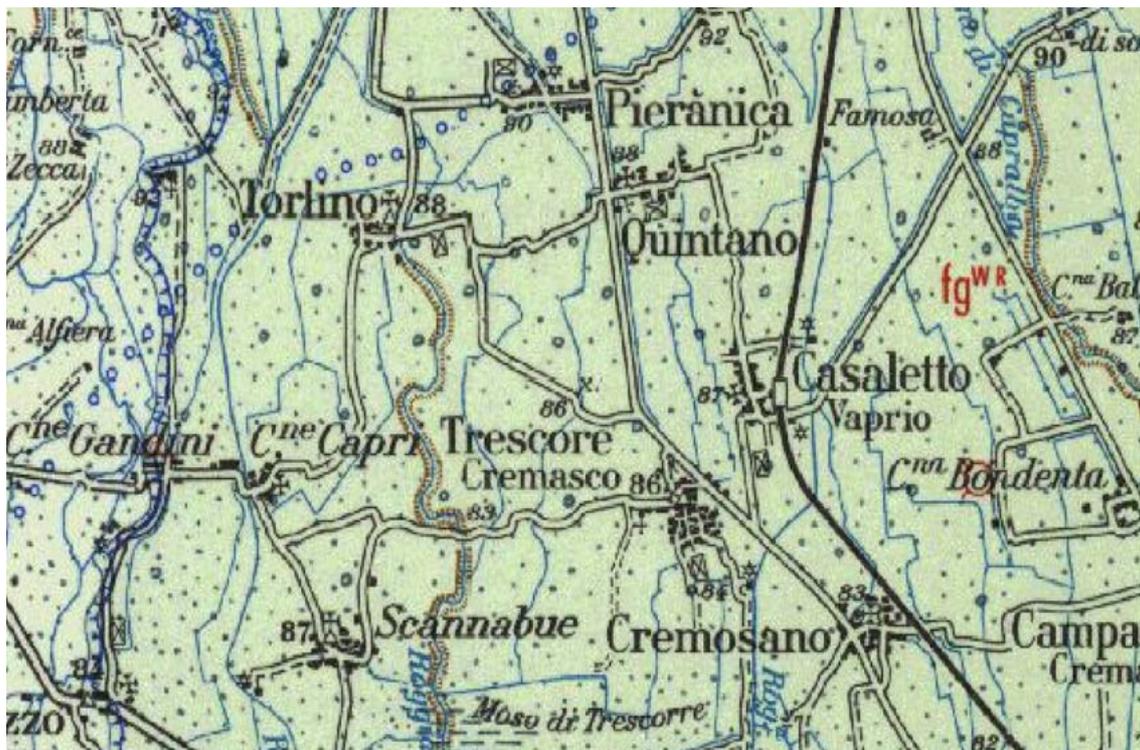
- **LEGGI REGIONALI** IN MATERIA DI PIANIFICAZIONE E DI VINCOLO IDROGEOLOGICO.

- **ORDINANZE** AUTORITÀ DI BACINO NAZIONALE, REGIONALE O INTERREGIONALE.

1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Trescore Cremasco si colloca entro il livello fondamentale della pianura padana, impostato sui terreni che costituiscono il terrazzo Wurmiano, ossia l'insieme dei sedimenti continentali che ha colmato le preesistenti depressioni originate dalla fase interglaciale erosiva Riss-Wurm con il sovralluvionamento delle antiche superfici, ad esclusione di taluni lembi residuali (dossi).

Per questo motivo, il livello fondamentale della pianura cremonese si presenta come una pianura terrazzata con superfici monoclinali o blandamente ondulate, vergenti verso S-SE, assimilabili in gran parte al livello del ciclo wurmiano principale, mentre i terrazzi inferiori determinano morfologie a tratti depresse, comunque marginali arealmente rispetto alla superficie fondamentale.



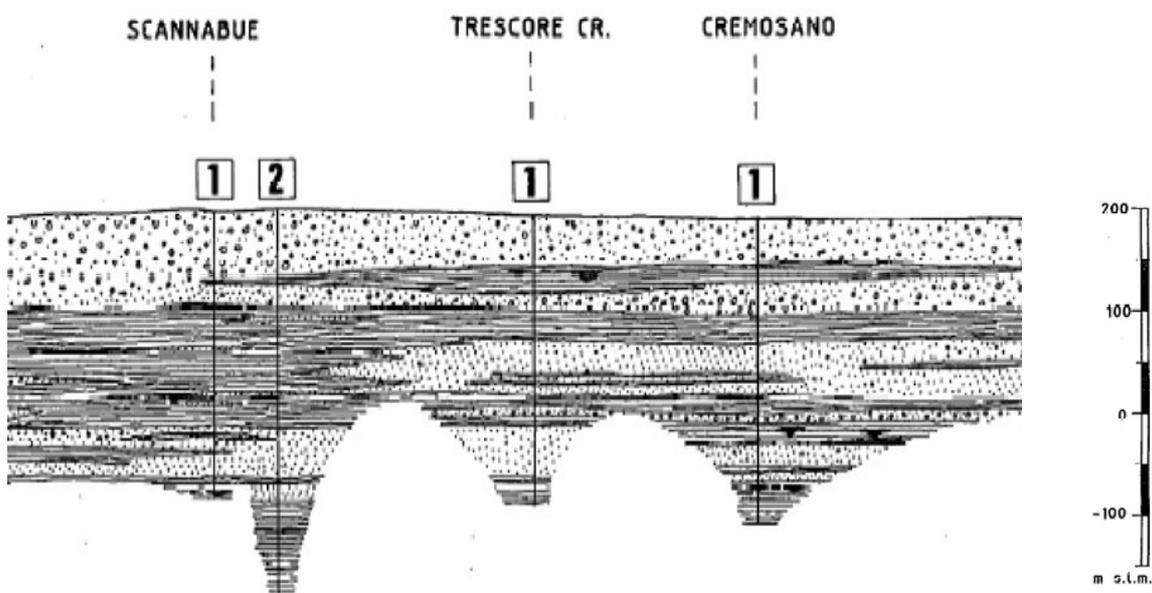
Estratto Carta geologica d'Italia

fg_w - Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali wurmiane (Pleistocene sup.)

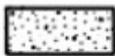
1.1 CONFIGURAZIONE GENERALE DEL SOTTOSUOLO

Il sottosuolo della pianura cremonese è di genesi fundamentalmente fluviale, motivo per cui dal piano campagna si rilevano sedimenti a differente granulometria in relazione agli originari meccanismi deposizionali e generalmente costituiti da alternanze di sabbie e ghiaie a limi e limi argillosi, con frequente presenza di termini di transizione.

Dall'analisi delle sezioni litostratigrafiche in possesso (studio geologico del PGT), si rileva come i sedimenti superficiali nella zona presentino una granulometria media o grossolana, essendo costituiti in prevalenza da sabbie e ghiaie.



LEGENDA

-  ghiaie e ciottoli
-  sabbie
-  limi e argille

Il contesto idrogeologico evidenzia come i gruppi acquiferi oggetto di sfruttamento si collochino entro i depositi continentali caratterizzati da una permeabilità media molto elevata; La falda superiore, a carattere freatico, grazie al grado di permeabilità dei

sedimenti superficiali, presenta un livello statico che nell'area di comunale si rileva a quote comprese fra 1,5 e 4 metri di profondità mentre le direzioni di flusso sono rivolte a Sud o Sud Sud-Est, in accordo con le linee di deflusso del reticolo idrico superficiale.

2. INDAGINI GEOTECNICHE

2.1 CONFIGURAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DELL'AREA DI INTERVENTO

Si è proceduto all'esecuzione entro il perimetro di progetto di 2 prove penetrometriche di cui 1 dinamica DP e 1 statica CPT; dal punto di vista strumentale è stato utilizzato un penetrometro standard avente le seguenti caratteristiche tecniche salienti per le prove dinamiche:

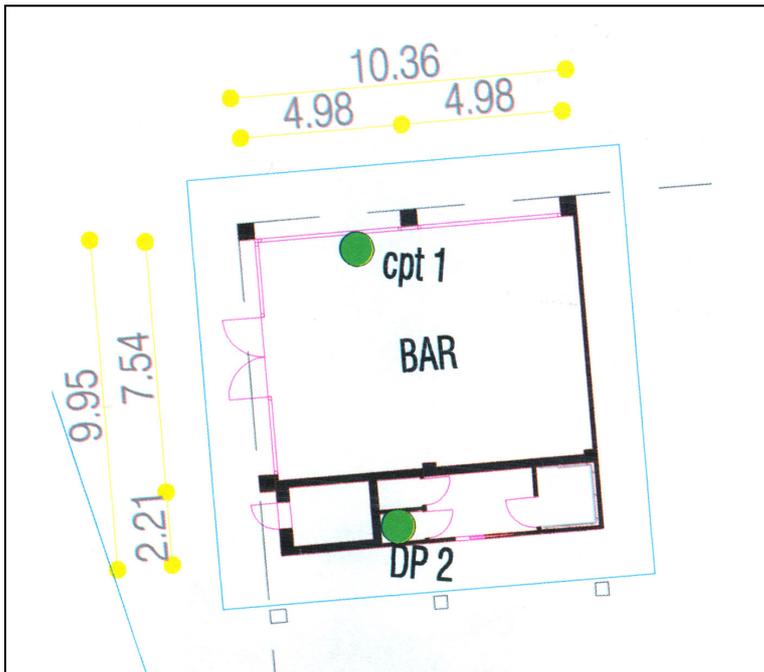
- peso del maglio: 73,5 Kg
- altezza di caduta: 75 cm
- lunghezza aste: 1,0 m
- angolo apertura punta: 60°

Per la prova CPT è stata utilizzata la punta meccanica tipo Begemann avente le seguenti caratteristiche:

- | | | |
|-------------------------------------|----------|-----------------------|
| - diametro punta conica meccanica | F | = 35,7 mm |
| - area di punta | A_p | = 10 cm ² |
| - angolo di apertura del cono | α | = 60° |
| - superficie laterale del manicotto | A_m | = 150 cm ² |

Con la prova CPT, le definizioni litologiche sono state attuate mediante le correlazioni fornite in letteratura geotecnica (**Schmertmann, 1969 – Searle – Douglas & Olsen**) fra il rapporto dei valori numerici di q_c ed f_s , rispettivamente resistenza penetrometrica alla punta e di attrito laterale locale, misurati in fase di indagine, e le diverse categorie di classificazione. Analogamente, il rapporto di comparazione fra la prova CPT e la prova SCPT pari a $q_c = 4N$ (con N numero dei colpi necessario per l'infissione di 30 cm di a-

sta) ha consentito di stabilire delle correlazioni fra le due metodologie operate; la diversificazione dell'indagine è stata valutata in fase operativa per meglio individuare le caratteristiche geotecniche dei terreni identificati. Le prove sono state spinte sino alla profondità di 7,7 metri dal piano campagna, quota coincidente al rifiuto meccanico all'avanzamento.

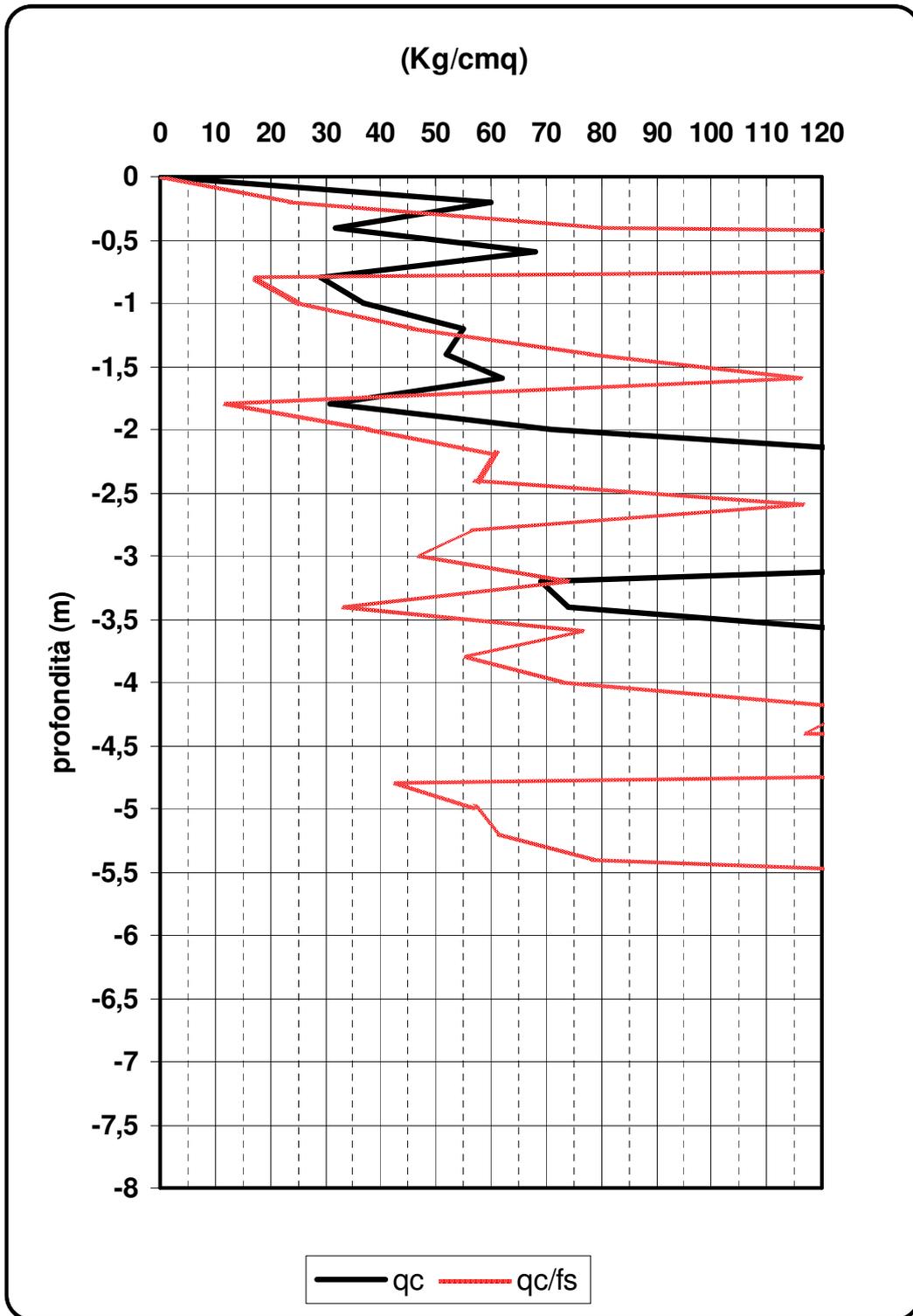


Elaborato progettuale con Ubicazione dei punti di indagine



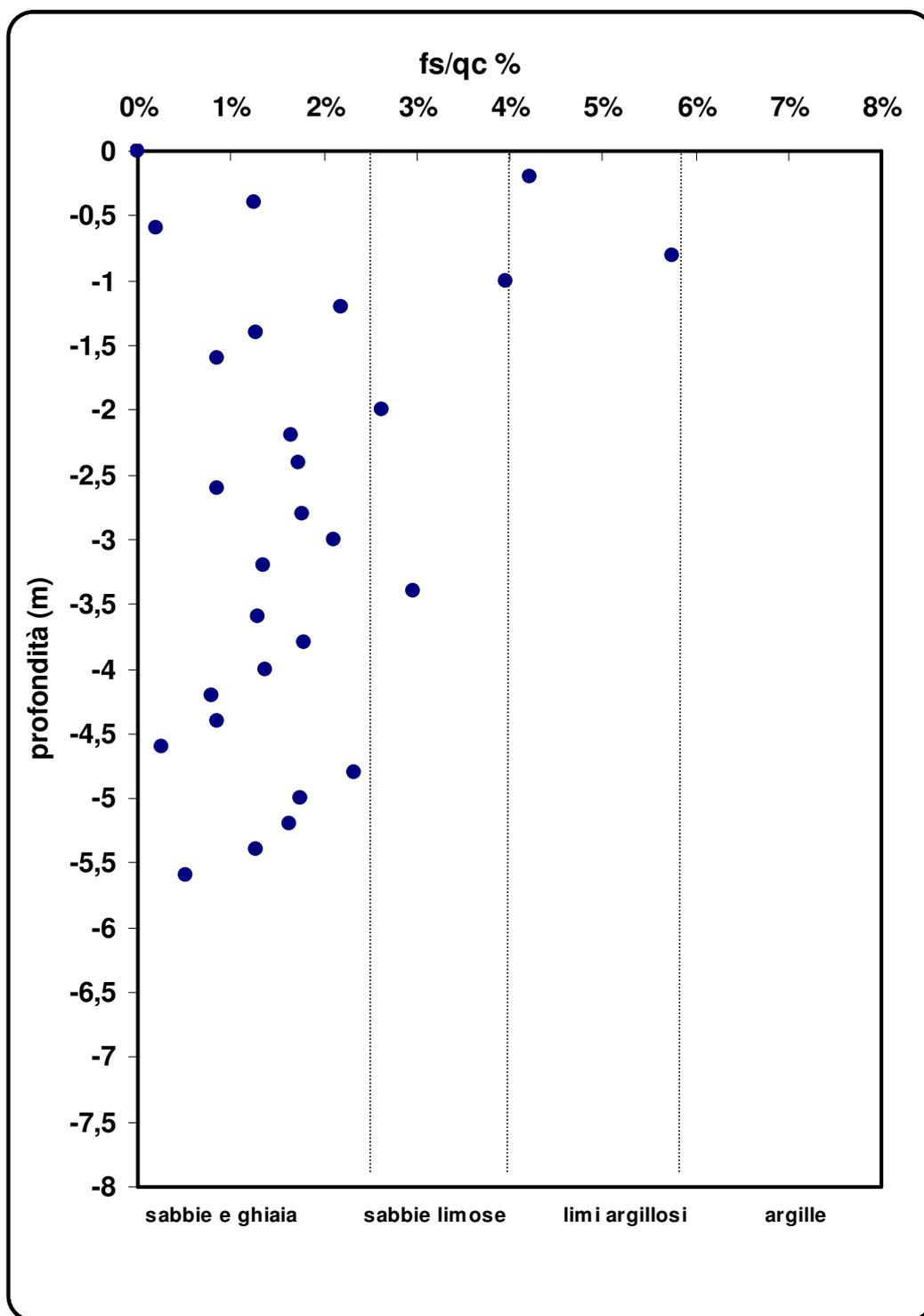
Attrezzatura di indagine impiegata

Cpt 1 – Resistenza alla punta (q_c) e rapporto di attrito laterale (q_c/f_s)



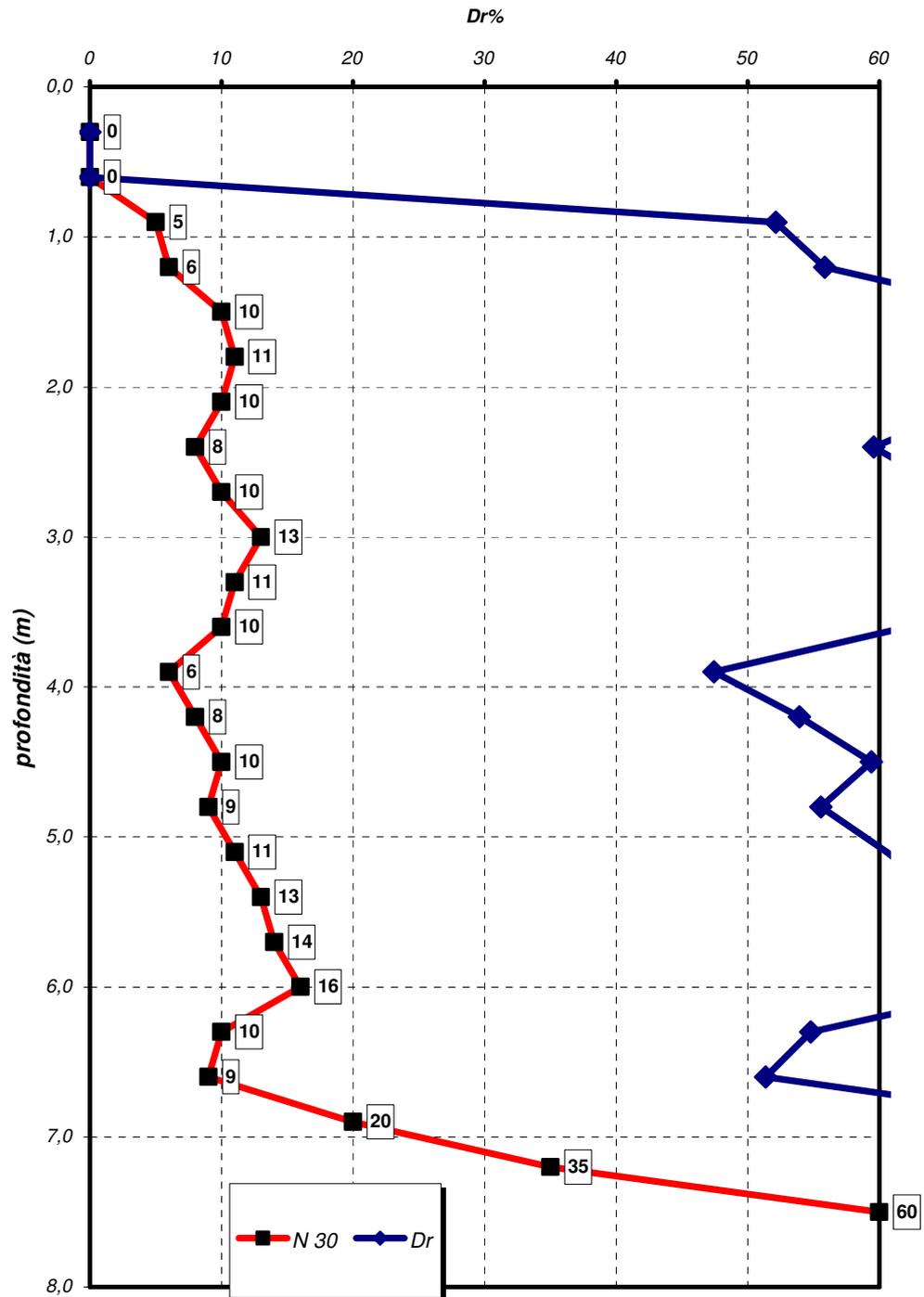


Cpt 1 – Definizione litologica (da Douglas & Olsen , Robertson, Searle)





PROVA PENETROMETRICA n° 2 (DP)
resistenza all'avanzamento e determinazione della densità relativa



2.2 SUCCESSIONE STRATIGRAFICA LOCALE

ORIZZONTE STRATIGRAFICO (quota dal p.c.)	Natura dello strato	Rp medio (Kg/cm ²)	N DP	DESCRIZIONE LITOLOGICA
A 0,0 - 0,4 m	Suolo rimaneggiato	30		Suolo limoso-argilloso o sabbioso di riporto
B 0,4 - 2,0 m	granulare	30-60	5-10	Sabbie mediamente addensate con locali intercalazioni limose
C 2,0 - 7,0 m	granulare	120-160	10-14	Sabbie fortemente addensate con ghiaia
D da - 7,0 m	granulare	270 300	25-50	Ghiaia in matrice sabbiosa. Insieme fortemente addensato

2.3 LIVELLO FREATICO

In fase di indagine (agosto 2014) il livello freatico è stato rilevato a -1,80 metri di profondità dalla quota di prova; in relazione al contesto idrogeologico generale tale è da ritenersi la quota di escursione positiva massima rispetto al piano campagna.

LIVELLO FREATICO (agosto 2014)	
Prova 1	-1,80 m
Prova 2	-1,80 m

2.4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Relazioni di riferimento:

$$\varphi = 5,9 + 4,76 \ln \left(\frac{qc}{\sigma_v} \right) \text{ (De Beer)}$$

$$R(\varphi) = \frac{Rp}{\gamma \times D} \text{ (Herminier)}$$

$$\varphi = 0,3N_{spt} + 27 \text{ *(Shioi Fukuni, 1982) * } N_{spt} = N_{DP} \times 1,6$$

$$Dr = -97,8 + 36,6 \ln qc - 26,9 \ln \sigma_v \text{ (Schmertmann)}$$

$$E = 3qc \text{ (Jamiolkoski - Schmertmann)}$$

$$E = (10,5 - 3,5Dr) \times (N_{60}) \text{ (Jamiolkowski, 1985)}$$

$$Go = Vs^2 \times \gamma / g \text{ (Ohta Goto, 1978)}$$

Per le caratteristiche fisiche naturali si è fatto riferimento alla bibliografia e a terreni simili oggetto di prove di laboratorio.

Sono stati utilizzati i valori caratteristici (f_k) come stabilito dalle nuove norme tecniche (NTC 2008).

Allo stato di riporto superficiale non è attribuire alcun parametro, data la relativa inaffidabilità geotecnica.

PARAMETRI GEOTECNICI	LIVELLO B	LIVELLO C	LIVELLO D
peso di volume γ_n kN/m ³	16	17	19
peso di volume γ kN/m ³	8	8	9
Angolo di attrito φ' (°)	30	32	34
mod. di elasticità E (kN/m ²)	9000	>30000	>30000
Densità relativa Dr %	40	60	>60
coeff. di Poisson μ	0,3	0,3	0,3

2.5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO

L'indagine sismica condotta presso l'area di intervento in occasione della stesura del PGT Comunale mediante analisi ReMi ha evidenziato per il sottosuolo in esame una velocità delle $V_s = 376$ m/s.

Secondo lo schema presente nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. LL.PP. 14 Gennaio 2008) i terreni indagati risultano essere appartenenti alla classe C ("Depo-

siti di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà con la profondità e da valori $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.....).

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

3. FONDAZIONI

Sulla base delle condizioni geotecniche, le interazioni struttura-terreno possono essere espresse dalle seguenti relazioni:

CARICO LIMITE

$$Q_{lim} = cN_c \times s_c \times d_c + \gamma D \times N_q \times s_q \times d_q + 0,5 \times B \times \gamma \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma \text{ (Hansen) con}$$

$$s_q = 1 + B/L \tan\phi \quad s_\gamma = 1 - 0,4 (B/L) \quad s_c = 1 + (N_q/N_c) (B/L) \text{ fattori di forma}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi) k \quad d_\gamma = 1 \quad d_c = 1 + 0,4 (D/B) \text{ fattori di profondità}$$

$$N_c, N_q \text{ e } N_\gamma = \text{fattori di capacità portante}$$



ANALISI DI STABILITÀ

FONDAZIONE A PLINTO - PARAMETRI DI PROGETTO

B = larghezza della fondazione = 1,8 m
L = lunghezza = 1,8 m
D (incastro) = 0,5 m
$\varphi'_d = 30^\circ$
$\gamma_n (1^\circ \text{ termine}) = 8 \text{ kN/m}^3$
$\gamma_n (2^\circ \text{ termine}) = 8 \text{ kN/m}^3$

$$Q_{lim} (\text{kN/m}^2) = 335$$

VERIFICA DI STABILITÀ' ai sensi del DM 14/01/2008 CONDIZIONI STATICHE

Combinazione ($A_2+M_2+R_2$) (GEO) $A_2 = 1$ $M_2 = 1,25$ $\gamma_r = 1,8$		
fondazione	$Q_{lim} (\text{kN/m}^2)$	Rd (kN/m²)
a plinto	169	93,8

Combinazione ($A_1+M_1+R_3$) (STR/GEO) $A_2 = 1$ $M_1 = 1$ $\gamma_r = 2,3$		
fondazione	$Q_{lim} (\text{kN/m}^2)$	Rd (kN/m²)
a plinto	335	145,6

FONDAZIONE CONTINUA DI COLLEGAMENTO - PARAMETRI DI PROGETTO

B = larghezza della fondazione = 0,5 m
L = lunghezza = 9,0 m
D (incastro) = 0,5 m
$\varphi'_d = 30^\circ$
$\gamma_n (1^\circ \text{ termine}) = 8 \text{ kN/m}^3$
$\gamma_n (2^\circ \text{ termine}) = 8 \text{ kN/m}^3$

$$Q_{lim} (\text{kN/m}^2) = 230$$



VERIFICA DI STABILITA' ai sensi del DM 14/01/2008 CONDIZIONI STATICHE

Combinazione (A₂+M₂+R₂) (GEO) A₂ = 1 M₂ = 1,25 γ_r = 1,8		
fondazione	Q _{lim} (kN/m ²)	R _d (kN/m ²)
trave	127	70,5

Combinazione (A₁+M₁+R₃) (STR/GEO) A₂ = 1 M₁ = 1 γ_r = 2,3		
fondazione	Q _{lim} (kN/m ²)	R _d (kN/m ²)
trave	230	100

3.1 CEDIMENTI AGLI STATI LIMITE

Dalla teoria dell'elasticità

FONDAZIONE A PLINTO			
Cedimenti assoluti in mm (condizioni drenate)			
centro	angolo	medio	fondaz.rigida
18,3	9,2	15,6	14,4

TRAVE ROVESCIA			
Cedimenti assoluti in mm (condizioni drenate)			
centro	angolo	medio	fondaz.rigida
23,1	11,6	20,0	19,3

I valori numerici teorici indicano la compatibilità del terreno di fondazione con i carichi strutturali e le tipologie fondazionali di progetto.

3.2 MODULO DI REAZIONE DEL TERRENO

Dalla relazione

$$K = Kps \left(\frac{B + 0,3}{2B} \right)^2 \text{ (Terzaghi)}$$



plinto	K = 0,7 kg/cm³
trave	K = 1,3 kg/cm³
K medio	K = 1,0 kg/cm³

3.3 SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Per una fondazione con piano di appoggio a -1,0 m.

PLINTO	
Q lim (kN/m ²)	335
Rd (SLE) (kN/m ²)	93,8
Rd (SLU) (kN/m ²)	145,6
K (N/cm ³)	0,7
ΔH_{tot}^*	≈ 1,5 cm

* cedimento totale atteso per $q = 90 \text{ kN/m}^2$

TRAVE	
Q lim (kN/m ²)	230
Rd (SLE) (kN/m ²)	70,5
Rd (SLU) (kN/m ²)	100
K (N/cm ³)	1,3
ΔH_{tot}^*	≈ 2 cm

* cedimento totale atteso per $q = 90 \text{ kN/m}^2$

4. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE CONCLUSIVE

L'indagine litostratigrafia e geotecnica dei terreni di fondazione dell'edificio in progetto ha evidenziato la presenza per la profondità investigata di sedimenti di origine alluvionale; in particolare i terreni di fondazione sono costituiti da depositi prevalentemente sabbiosi mediamente addensati.

Pur non ravvisando particolari condizioni limitative alla esecuzione dell'intervento si forniscono alcune raccomandazioni di carattere geotecnico ed applicativo.

1) Sebbene in fase di indagine geognostica il livello freatico sia stato rilevato a -1,80 metri di profondità, la progettazione dovrà considerare un'escursione positiva massima a -1,0 metri in considerazione della diminuzione del carico citostatico in fase di scavo; per tale motivo risulta vincolante l'isolamento del piano di fondazione dalle infiltrazioni idriche mediante la posa di un sistema impermeabilizzante.

2) in considerazione della presenza di falda al di sotto del piano di fondazione e della tipologia di fondazione di progetto, si consiglia di limitare il valore massimo del carico unitario applicato a 90 kN/m² al fine di contenere l'entità dei cedimenti sia in termine assoluto che differenziale.

Voghera, agosto 2014

Dott. Geol. Luca Giorgi

Iscr. Ordine Geologi della Lombardia n° 814

