INQUADRAMENTO AMMINISTRATIVO

REGIONE LOMBARDIA PROVINCIA DI VARESE

COMUNE DI TERNATE

OMNIGROUP srl

RELAZIONE GEOLOGICO- TECNICA

PROVE PENETROMETRICHE – SCPT

Il Professionista incaricato:

.....

Copia digitale n. 1 di n. 02

DISTRIBUZIONE:

01 – Committente
02 – Copia archivio ET@ s.r.l.

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN FABBRICATO DI NATURA COMMERCIALE/ARTIGIANALE

VIA I° MAGGIO

COMUNE DI TERNATE

MAPP.

3319-3326-3374-3375-3376-3377-3381-3391-3478-

Luglio 2021

Sede legale: VARESE - ☒ via Rossini, 1
Sede operativa: VARESE - ☒ viale Borri, 226 - ☎ Telefono - fax 0332 – 811834 -- etamail@tiscali.it

LIMITAZIONI ALL'USO

Questo rapporto tecnico si fonda sull'applicazione di conoscenze e leggi scientifiche consolidate ma anche di calcoli e di valutazioni professionali circa eventi o fenomeni suscettibili di interpretazione soggettiva.

Le stime e le considerazioni qui riportate sono basate sulle informazioni acquisite o disponibili al momento dell'indagine e sono condizionate dai limiti imposti dalla tipologia e dalla consistenza dei dati utilizzabili, dalle risorse fruibili per il caso in questione, nonché dal programma di lavoro concordato con il Cliente.

Le leggi italiane e altre normative menzionate in questa relazione sono fornite a solo scopo informativo e le valutazioni contenute in questo rapporto sono state elaborate da tecnici e pertanto rivestono un carattere esclusivamente tecnico, non costituendo in alcun modo parere o raccomandazione legale.

Gli Autori rispondono unicamente al Cliente circa la rispondenza del rapporto emesso agli obiettivi delle ricerche definite nell'ambito dell'incarico.

Qualsiasi parte terza può avere interessi, scopi e motivi diversi da quelli della Committente relativamente alle valutazioni riportate nello studio. L'utilizzo dello studio in questione da parte di qualunque parte terza, o qualunque affidamento o decisione intrapresa sulla base di esso, sono responsabilità di tale parte terza.

Le conclusioni ed i suggerimenti operativi contenuti nel presente rapporto vanno intesi come proposte d'intervento e non come azioni vincolanti, salvo ciò non sia specificatamente indicato.

Et@ s.r.l. non intende, inoltre, fornire alcuna garanzia, espressa o implicita, utilizzabile per qualsiasi finalità, relativa alle caratteristiche geotecniche di settori di territorio non indagati e, più in generale, al valore commerciale del sito in oggetto.

Et@ s.r.l. non si assume alcuna responsabilità per eventuali danni sofferti da una parte terza risultanti da decisioni intraprese o azioni eseguite sulla base di questo studio.

SOMMARIO

Sommario 3

Premessa 4
Committente 4
Scopo dell'indagine 4
Normativa di riferimento 4
Tipo d'indagine 4
Ubicazione dell'area 5
Vincoli 5

1 – Inquadramento geologico 7
1.1 – Morfologia e geologia 7
1.2 – Carta della Fattibilità geologica 8
1.3 – Inquadramento idrogeologico 9

2 – Prove penetrometriche SCPT 10
2.1 – Quantità eseguite 10
2.2 – Penetrometro 12

3 – Caratterizzazione geotecnica 14
3.1 – Interpretazione SCPT 14
3.1.1 - Correlazione N_{SCPT} e N_{SPT} 14
3.1.2 – Stima delle proprietà geotecniche 15

4 – Capacità portante dei terreni 17
4.1 – Carico limite e carico ammissibile 17

5 – Elaborazioni geotecniche 18
5.1 – Capacità portante dei terreni indagati 18
5.2 – Stima dei cedimenti dei terreni di fondazione 20

6 – Sismica 21
6.1 – Analisi del rischio sismico 21
6.1.1 – Primo livello di approfondimento 22
6.1.2 – Secondo livello di approfondimento 23
6.2 – Pericolosità sismica locale 23
6.3 – Categoria di suolo 25

Considerazioni conclusive 26

Documentazione fotografica 28

Allegati 30

PREMESSA

COMMITTENTE

OMNIGROUP srl

Via Brunico, 50 Varese

P. Iva 03161690122

SCOPO DELL'INDAGINE

La seguente relazione contiene i risultati delle indagini geotecniche condotte e delle considerazioni sismiche, con operazioni in campo in data 3 giugno 2021, sui terreni in questione, in Via I Maggio – Comune di Ternate, interessati dal progetto per la costruzione di un fabbricato di natura commerciale/artigianale[1].

Scopo del presente lavoro è indicare, sulla base dei risultati ottenuti, le principali caratteristiche geotecniche dei terreni in oggetto e fornire indicazioni per la verifica di un adeguato dimensionamento delle strutture di fondazione (calcolo della capacità portante e stima dei cedimenti).

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Dal punto di vista geotecnico, ai sensi delle *NTC D.M. 14 gennaio 2008 (paragrafo 2.7)* e della *Circolare C.S.LL.PP. 2 febbraio 2009 n. 617 (paragrafo C2.7),* per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4, è ammesso il Metodo di verifica alle tensioni ammissibili. Pertanto la seguente relazione viene redatta secondo i criteri stabiliti dal *D.M. LL.PP. 11.03.88.*

Dal punto di vista sismico, il presente studio si basa su dati di letteratura ed è stato redatto in conformità al D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e alla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, del C.S.LL.PP. istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Per l'analisi sismica si è fatto riferimento all'O.P.C.M. n. 3274/2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", aggiornata con O.P.C.M. n. 3519/2006, e dalla D.G.R 11/07/2014 n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia".

TIPO D'INDAGINE

- Esecuzione di n. 02 PROVE S.C.P.T. (Standard Cone Penetration Test).
- Digitalizzazione dei dati acquisiti e loro elaborazione, mediante appositi programmi, per la realizzazione di tavole illustrative, per il calcolo della capacità portante dei terreni investigati e per la stima dei relativi cedimenti.

[1] Progettista: OSSOLA Studio di architettura e ingegneria, Besozzo VA

UBICAZIONE DELL'AREA

Il terreno in oggetto è situato nel territorio comunale di Ternate, all'altitudine di circa 265 metri s.l.m.

LATITUDINE 45°47'20.03" - LONGITUDINE 8°41'36.91" E

Figura 0.1 – inquadramento geografico (Fonte: GE Pro)

VINCOLI

In ottemperanza alle disposizioni della normativa vigente, sulla carta dei vincoli in allegato alla documentazione di PGT, redatta su tutto il territorio alla scala 1:5.000 su data-base topografico, sono state perimetrate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore.

L'area in questione non risulta interessata da vincoli.

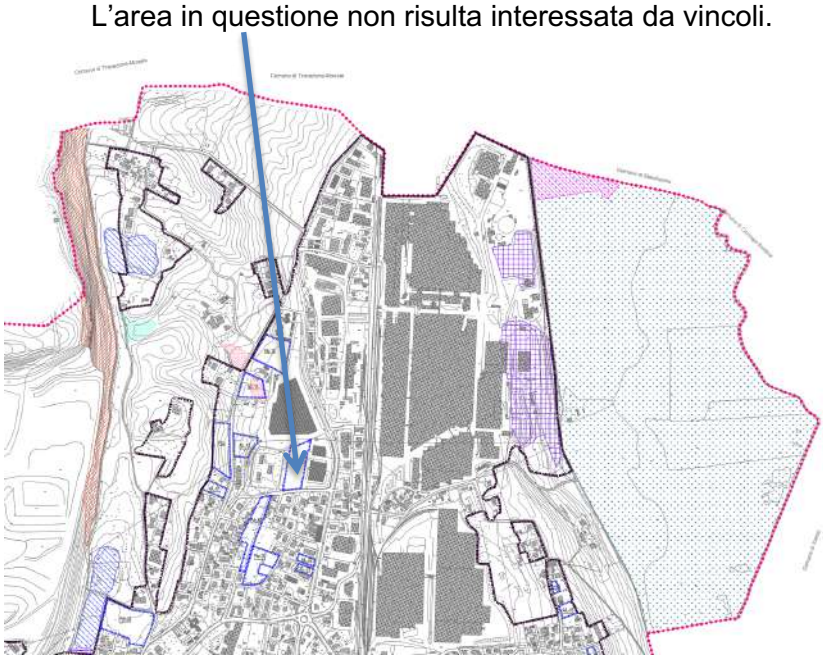


Fig. 0.2

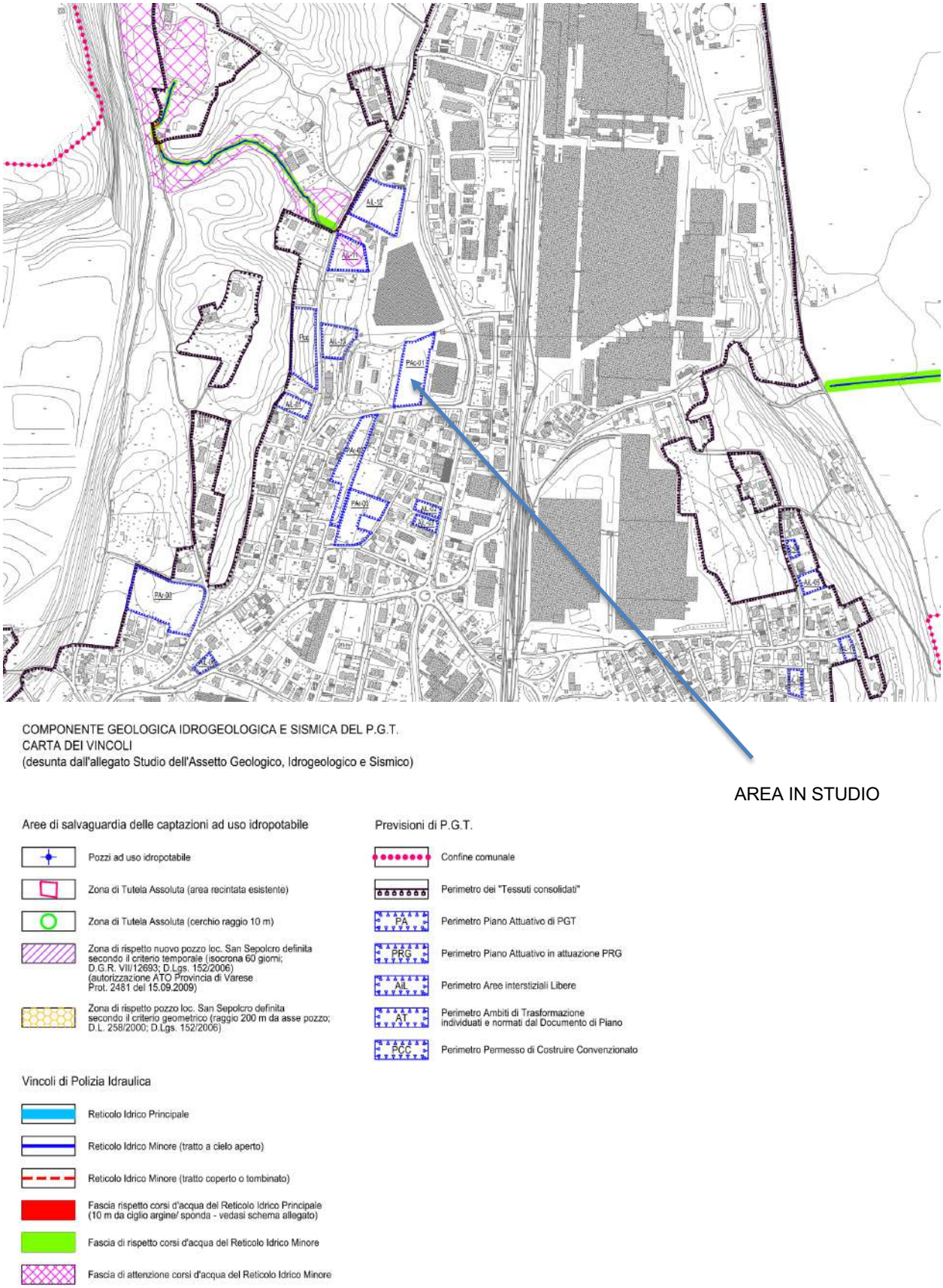


Figura 0.3 – carta dei vincoli (estratto da Tav. PR.1.6 V2 PGT Comune di Ternate)

1 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

1.1 – MORFOLOGIA E GEOLOGIA

Dal punto di vista geologico l'area in oggetto si colloca nel contesto Sudalpino occidentale. La zona considerata, più specificatamente, appartiene alle unità sedimentarie mesozoiche (giurassiche-cretacee) caratterizzate da sedimenti pelagici carbonatici e silicei. Il substrato roccioso, non affiorante nell'area, costituito da calcari micritici di colore generalmente bianco-nocciola con stratificazione da media a massiccia, è ricoperto da depositi quaternari glaciali frammisti a depositi alluvionali di origine fluviale, che possono raggiungere notevoli spessori.

La copertura quaternaria nell'area in studio è caratterizzata dall' unità allostratigrafica denominata Alloformazione di Cantù (Pleistocene superiore).

L'Alloformazione di Cantù (Bini, 1987) raggruppa sedimenti deposti durante l'ultima grande avanzata glaciale pleistocenica (Last Glacial Maximum: LGM), coincidente con il Würm auct.

I depositi fluvioglaciali rappresentano depositi glaciali (allineamenti morenici sepolti sotto forma di diamicton massivi a supporto di matrice limoso-sabbiosa con pochi ciottoli) e fluvio-glaciali wurmiani costituiti da sabbie localmente ghiaiose, ghiaie con livelletti sabbiosi grossolani a composizione eterogenea (clasti di provenienza alpina: granitoidi gneiss e porfiroidi); frequente coalescenza con depositi eluvio-colluviali, a spessore variabile e forma differenziata sulla base delle diverse condizioni morfologiche; suoli di spessore variabile (30-60 cm), fino a circa 1 metro nelle zone pianeggianti; copertura loessica assente.

AREA IN STUDIO

Figura 1.1 – carta di inquadramento geologico (estratto da Tav. All.1, PGT 2012 Comune di Ternate)

1.2 – CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

La carta della fattibilità geologica per le azioni di piano è stata redatta alla scala di dettaglio 1:5.000 (Studio Tecnico Associato di Geologia Gazzada Schianno, 2012) per l'intero territorio comunale e riprodotta su adeguata base cartografica.

La suddivisione in aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità effettuata nella fase di sintesi è stata ricondotta a diverse classi di fattibilità in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, ai sensi della D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374 e s.m.i.

Per l'intero territorio comunale, l'azzonamento prioritario per la definizione della carta della fattibilità geologica è risultato quello relativo alla prima caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni, a cui è stato sovrapposto l'azzonamento derivante dall'individuazione di aree vulnerabili dal punto di vista idraulico, di aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti e dalla vulnerabilità idrogeologica, elementi tutti condizionanti le trasformazioni d'uso del territorio.

Gli edifici in oggetto di indagine sono situati su terreni appartenenti alla

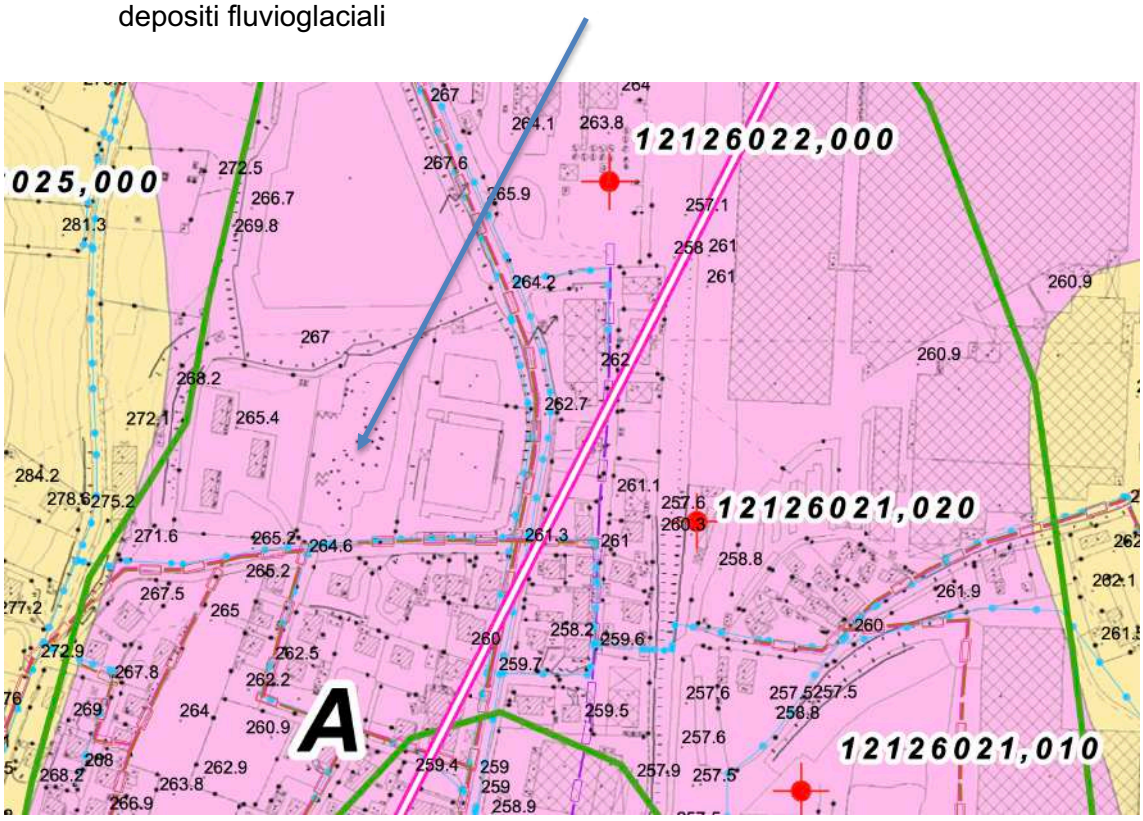
CLASSE DI FATTIBILITA' 2

(Piane alluvionali e dossi collinari ad acclività da bassa a moderata senza particolari processi in atto)

Figura 1.2 – carta di fattibilità geologica (estratto da Tav. PR 1.4 V2 PGT 2016 Comune di Ternate)

1.3 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico l'area in oggetto si colloca nel contesto dei depositi fluvioglaciali



245 240

Figura 1.3 – carta di inquadramento idrogeologico (estratto da Tav. All.3, PGT 2012 Comune di Ternate)

Legenda

1 - Complessi idrogeologici

Unità 1: Complesso dei depositi fluvio-flaciali

Litologia prevalente: sabbie, ghiaie e ciottoli in matrice limoso-sabbiosa; conducibilità idraulica da media a buona funzione della percentuale di frazione fine limosa; presen_ za di acquifero freatico a vulnerabilità elevata

Unita' 2 - Unità B: Complesso dei depositi glaciali

Litologia prevalente: ghiaie, ciottoli e blocchi in matrice limoso-sabbiosa variabile; conducibilità idraulica medio-bassa in funzione della granulometria dei depositi (intorno ai 10-5 cm/sec); vulnerabilità medio-alta

Unita' 3 - Complesso Post-glaciale dei depositi lacustri e palustri

Litologia prevalente: limi, torbe ed argille a conducibilità idraulica moltobassa, saturi per risalita capillare o per presenza di falda affiorante o subaffiorante; vulnerabilità molto elevata

Unita' 4 - Substrato roccioso calcareo e calcareo-marnoso stratificato

Complessi rocciosi compatti che per proprie caratteristiche fisiche privilegiano lo scorrimento superficiale delle acque meteoriche alla loro infiltrazione. Conducibilità idraulica primaria è praticamente nulla, mentre la permeabilità secondaria per fratturazione risulta comunque medio-bassa data la presenza di litologie marnose

2 - Geometria e idrodinamica dei corpi idrici sotterranei

—245— Linea isopiezometrica e relativa quota in m s.l.m.

Limite bacino idrogeologico (probabile)

Direzione media di deflusso delle acque sotterranee

La falda nell'area in oggetto si trova a circa 20-25 m da p.c.

2 – PROVE PENETROMETRICHE SCPT

2.1 – QUANTITÀ ESEGUITE

Le prove penetrometriche dinamiche continue SCPT sono state eseguite in punti ritenuti significativi in relazione agli edifici in progetto, come da indicazioni progettuali ricevute dalla Committenza

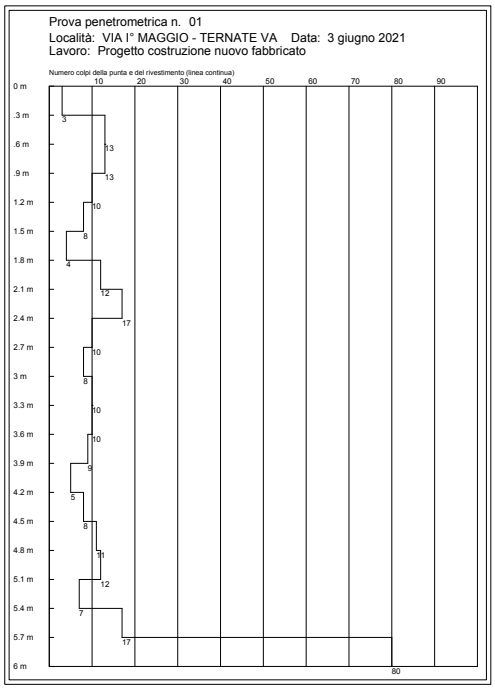
Sono state eseguite n. 02 prove SCPT spinte alla profondità max di 10,50 m da relativo p.c..

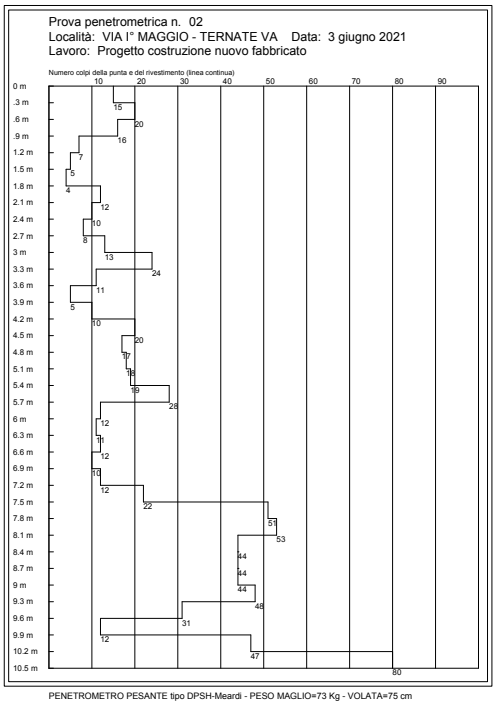
Di ciascuna prova si riporta in allegato il grafico dei valori di N colpi della punta in funzione della profondità dal piano campagna.

Nella tabella seguente si riporta un riassunto dei dati salienti delle prove eseguite con indicazione della profondità dal rispettivo piano campagna.

N. prova	Data esecuzione	Quota p.c. (m. slm)	Profondità raggiunta dalla prova (in metri, da p.c.)
01	03.06.2021	265	6,0
02		265	10,5

Tabella 2.1: dati relativi alle prove eseguite





Di seguito si riporta copia in scala grafica della planimetria di progetto in sovrapposizione a ripresa con drone, con l'ubicazione delle prove eseguite.

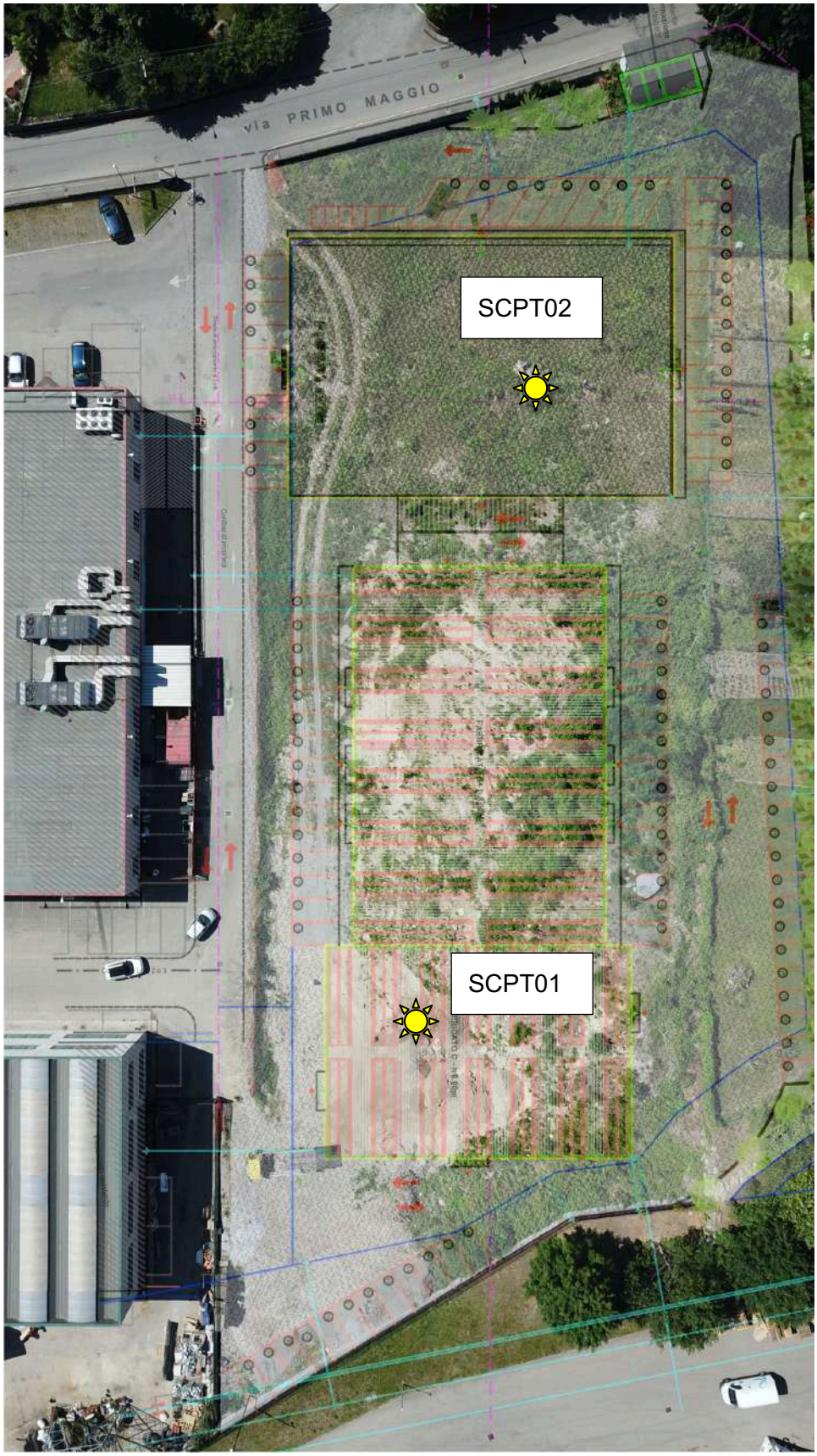


Fig. 2.1

2.2 – PENETROMETRO

Lo strumento utilizzato prende il nome di **penetrometro dinamico pesante** (superpesante DPSH secondo la classificazione ISSMFE 1988) ed è realizzato secondo le Raccomandazioni A.G.I. 1977; è montato su carro semovente a sei ruote motrici ed è dotato di un dispositivo a percussione con maglio oleodinamico del peso di 73 kg standard ed altezza di caduta di 75 cm standard (figura 2.2).

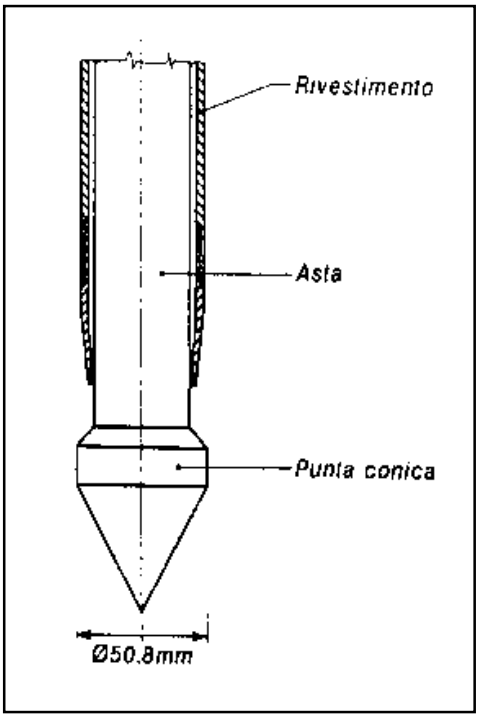
Fig. 2.2: penetrometro PAGANI TG7310 (foto d'archivio)

Il sistema comprende una testa di battuta sulla quale viene fatto periodicamente cadere da 75 cm di altezza un maglio di acciaio del peso di 73 Kg (fig. 2.3).

Il colpo di battuta viene trasmesso, mediante una serie di aste d'acciaio a diametro 32 mm e lunghezza 0,90 m, all'estremità inferiore nel terreno, costituita da una punta conica del diametro di 51 mm, sezione massima di 20 cm^2 ed angolo di apertura di 60° (figure 2.4-2.5).

La punta, che può essere a recupero o a perdere, viene fatta successivamente penetrare nel terreno, registrando il numero di colpi necessario per ottenere la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza pari a 30 cm, denominata colpi/piede (N_{SCPT}). ottenere la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza pari a 30 cm, denominata colpi/piede (N_{SCPT}).

Fig. 2.3: maglio in battuta (foto d'archivio)



Figg. 2.4-2.5 – Punta conica

Fig. 2.6 – Penetrometro TG73-100

3 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

3.1 – INTERPRETAZIONE SCPT

L'interpretazione dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche è stata eseguita utilizzando il programma *"SCPT - programma di interpretazione di prove penetrometriche dinamiche"* prodotto dalla *"Geosoft S.a.s."* di Milano. Ricavati dal sito il numero dei colpi necessari all'avanzamento della punta conica per 30 cm l'elaborazione della prova si articola in diverse fasi che vengono di seguito descritte. L'effetto del carico litostatico con la profondità viene corretto applicando ai valori misurati la formula di Bazaraa:

$$N' = (4*N)/(3,25+0,01*\sigma)$$

Segue l'applicazione su tutta la serie di misure di una funzione di smussamento delle punte (filtering). Come noto, infatti, la maggior parte dei diagrammi penetrometrici è caratterizzato dalla presenza di "punte" dovute a contingenze locali quali la presenza di ciottoli o materiale grossolano che falsa in eccesso il valore di N misurato. Come funzione di smussamento si è adottata quella proposta da Crespellani-Loi. Una volta compiuta l'operazione di smussamento, si esegue un'analisi stratigrafica individuando i punti per cui i valori di N sono nettamente diversificati fra loro e assegnando ai "singoli" strati le proprietà geotecniche caratteristiche.

3.1.1 - CORRELAZIONE N_{SCPT} E N_{SPT}

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT (Standard Penetration Test classiche), occorrerebbe in teoria applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT, per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Ciò può essere fatto secondo due criteri differenti:

1) correzione sulla base delle differenti modalità esecutive: penetrometri con caratteristiche differenti rispetto all'SPT (peso del maglio, volata, area della punta, ecc.) comportano energie d'infissione ovviamente differenti; per rapportare il numero di colpi dell'SPT con quelli dell'SCPT diversi Autori propongono l'applicazione del seguente fattore correttivo:

$$Cf = [M1 \times H1 \times Pl1 \times Ap1] \ / \ [M2 \times H2 \times Pl2 \times Ap2]$$

Il numero di colpi da utilizzare nel calcolo dei parametri geotecnici sarà dato da:

$$Nspt = Nscpt \times Cf$$

2) **correzione sulla base delle litologie incontrate**: si è dimostrato, nelle correlazioni SPT-SCPT, che generalmente il rapporto fra il numero dei colpi misurato con i due strumenti (Nspt/Nscpt) tende a 1 per granulometrie

grossolane, mentre tende a crescere per granulometrie più fini; si suggeriscono le seguenti correlazioni proposte in letteratura:

Correlazione					Litologia
NSPT	=	1	x	NSCPT	Ghiaie e ghiaie sabbiose
NSPT	=	1.25	x	NSCPT	Sabbie e ghiaie con fine plastico
NSPT	=	1.5	x	NSCPT	Sabbie con molto fine
NSPT	=	2	x	NSCPT	Limi
NSPT	=	2.5	x	NSCPT	Argille limose/sabbiose
NSPT	=	3	x	NSCPT	Argille

3.1.2 – STIMA DELLE PROPRIETÀ GEOTECNICHE

Tali proprietà sono principalmente l'angolo d'attrito interno "ϕ", la densità relativa "Dr" ed il modulo di deformabilità "E". Il valore di ϕ è ricavato dalle formule dovute a Shioi e Fukuni:

$$\phi = \sqrt{15 * N} + 15 \qquad \phi = 0{,}3\ N + 27$$

che hanno dimostrato un'ottima correlazione con i grafici di De Mello (fig. 3.1) in cui ϕ è funzione di N e di □. In figura 3.2 si riporta la nota correlazione di Schertmann per la valutazione dell'angolo di attrito in terreni incoerenti. La densità relativa è calcolata da un modello di regressione logaritmico lineare:

$$Dr = 0{,}478*\ln(N)-0{,}262*\ln(\sigma)+2{,}84$$

derivato dalle esperienze di Fardis e Veneziano. Una correlazione qualitativa tra la densità relativa D_R e i valori di resistenza misurati nel corso di una prova penetrometrica dinamica (numero di colpi per un avanzamento di 30 cm, N_{SPT}) può essere quella riportata in fig. 3.3 mentre in fig. 3.4 è riportato il metodo proposto da Gibbs e Holtz per la valutazione della densità relativa. Per il modulo di deformabilità (fig. 3.6) si è adottata l'espressione di Denver modificata:

$$E = 2*\sqrt{N} \ \text{(MPa)}$$

che ha dimostrato buona correlazione con i risultati di prove pressiometriche. Il programma inoltre valuta la velocità di risposta delle onde sismiche longitudinali "Vs" e il modulo di taglio "G" dalle formule di Ohta e Goto e di Yoshida:

$$Vs = 55*N^{0,25}*\sigma^{0,14} \qquad G = Vs*Vs*\gamma/g$$

per γ = peso di volume e g = accelerazione di gravità.

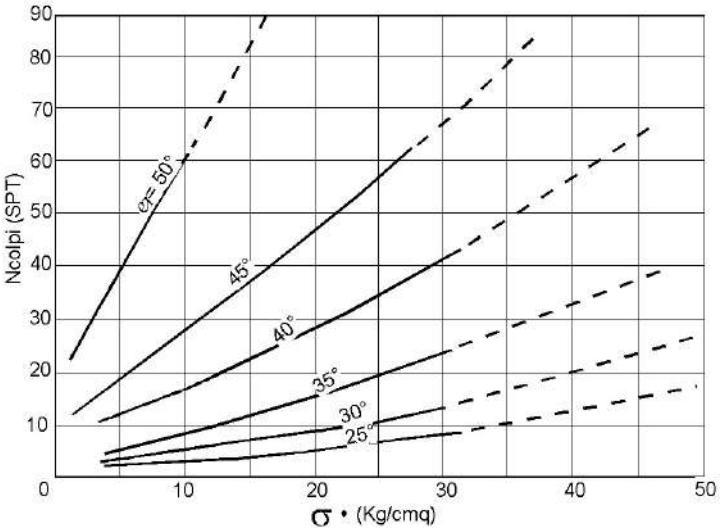


Figura 3.1: correlazione di De Mello per la valutazione dell'angolo di attrito

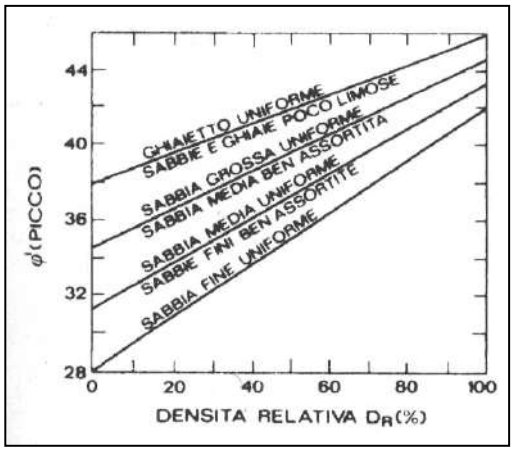


Fig. 3.2 – Correlazione di Schmertmann per la valutazione dell'angolo di attrito

N_{SPT} Colpi/30 cm	Densità relativa *Terzaghi-Peck (1948)*	*Gibbs-Holtz (1957)*
0-4	molto sciolta	0-15%
4-10	sciolta	15-35%
10-30	media	35-65%
30-50	densa	65-85%
oltre 50	molto densa	85-100%

Fig. 3.3 – Correlazione tra D_R e N_{SPT} secondo vari Autori.

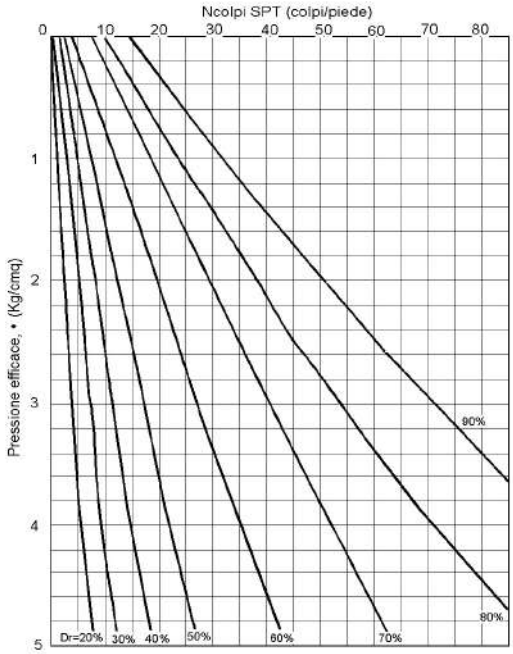


Fig. 3.4 – Metodo di Gibbs e Holtz per la valutazione della densità relativa

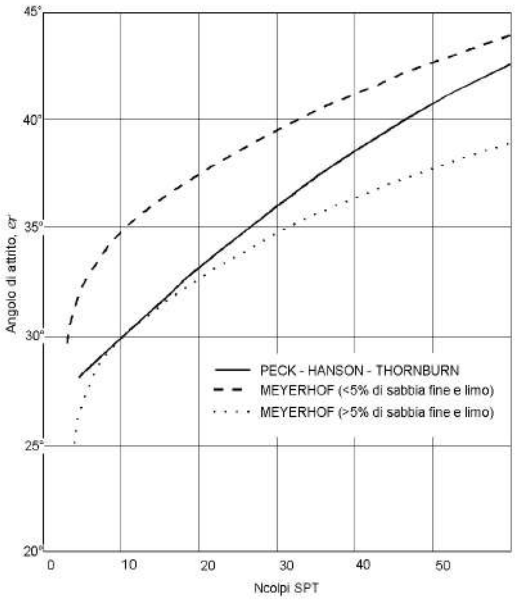


Fig. 3.5 – Correlazione tra N_{SPT} ed angolo d'attrito secondo vari Autori

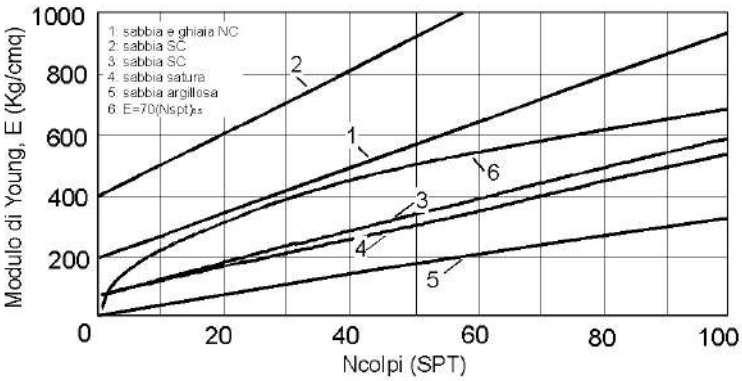


Fig. 3.6 – Metodo di Denver per la valutazione del Modulo di Young

4 – CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI

4.1 – CARICO LIMITE E CARICO AMMISSIBILE

Il comportamento del terreno al carico può essere schematizzato in tre fasi:

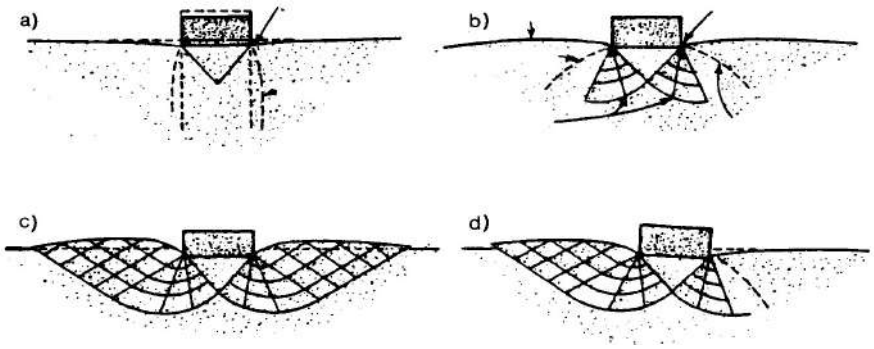


Figura 4.1: fasi di rottura del terreno sotto la fondazione: a) fase di deformazione elastica e rigonfiamento interno; b) fase di rottura locale; c) fase di rottura generale simmetrica; d) fase di rottura generale asimmetrica.

1) fase *pseudoelastica* nella quale il terreno posto sotto la fondazione dà origine ad un cedimento minimo reversibile (fig. 4.1a);
2) fase *plastica* nella quale ha inizio un processo di rottura localizzata del terreno che produce rigonfiamenti ai lati della fondazione (fig. 4.1b);
3) fase di *rottura* nella quale il terreno posto sotto la fondazione cede con un minimo incremento di carico; la struttura può cedere verticalmente (rottura simmetrica fig. 4.1c) oppure, a causa delle diverse condizioni litologiche, subire una rotazione che produce il rovesciamento (fig. 4.1d).

Per *carico di rottura* o *carico limite* q_{lim} si deve intendere il carico per il quale il terreno inizia a rompersi.

Si definisce *carico ammissibile* q_{amm} il carico di rottura diviso per un opportuno coefficiente di sicurezza (in genere assunto uguale a 3).

5 – ELABORAZIONI GEOTECNICHE

5.1 – CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI INDAGATI

Sulla base della situazione fondazionale di progetto, l'elaborazione è stata condotta nell'ipotesi di fondazioni continue, impostate a 1,0m e nell'ipotesi di assenza di acqua sotterranea sulla base dell'osservazione delle condizioni di umidità delle aste in risalita.

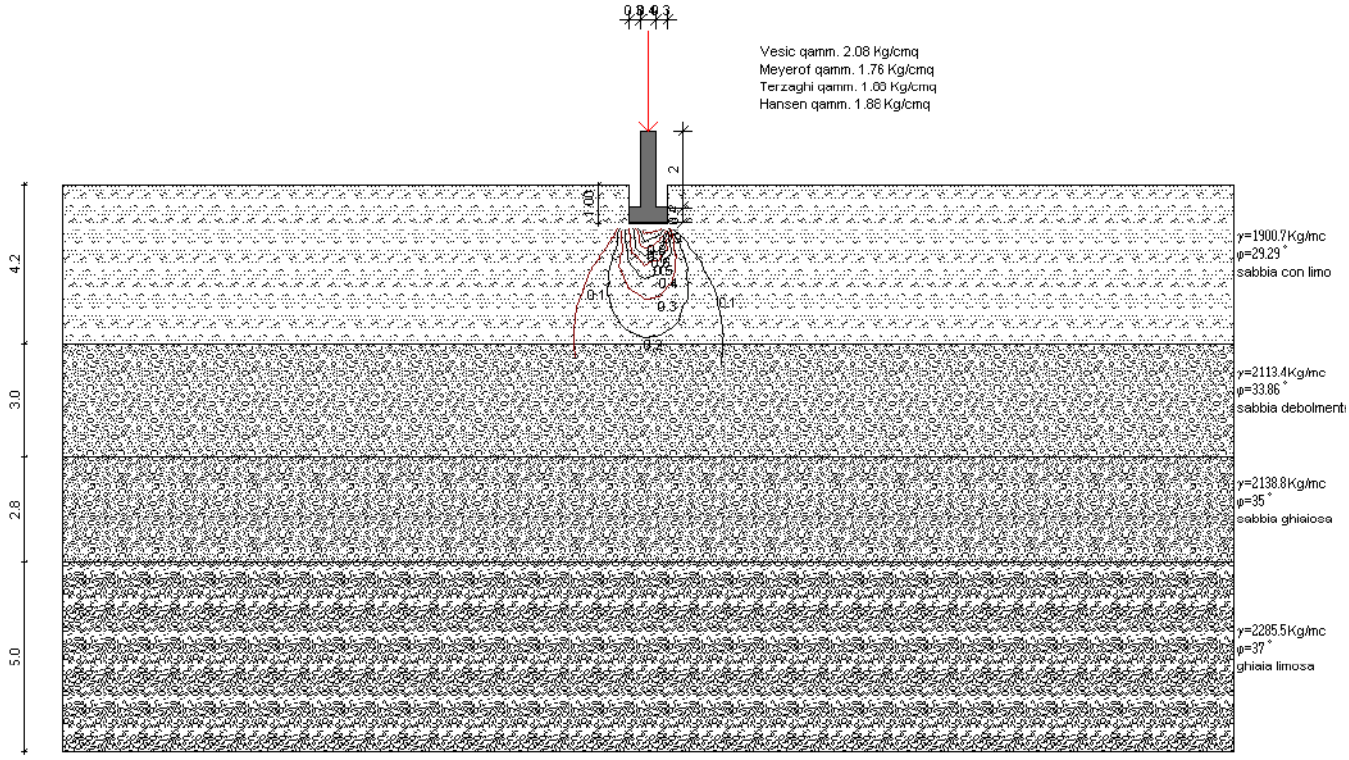
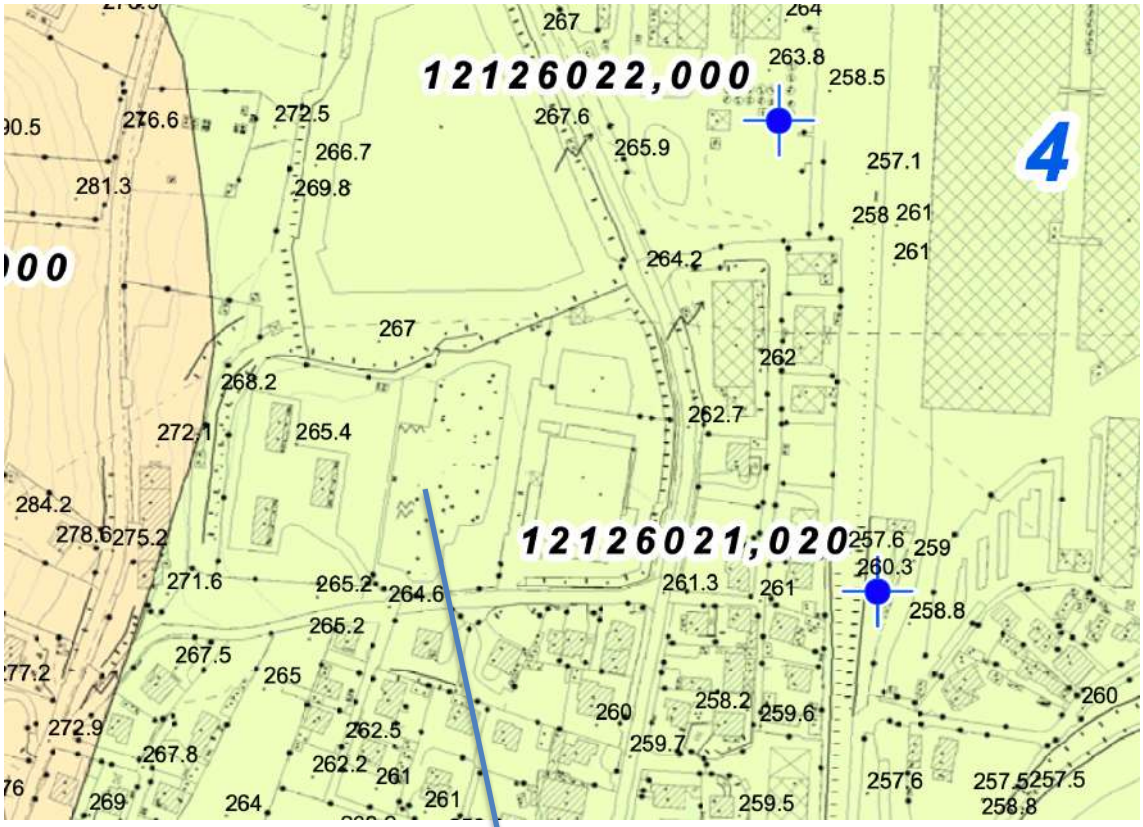


Fig. 4.1. – sezione interpretativa geologico-tecnica

Mediante specifico software, sulla base dei dati delle prove penetrometriche eseguite e di quelli noti in letteratura per quest'area, è stato condotto il calcolo della capacità portante dei terreni, risultato

$$Q_{amm} = 1,7 \text{ kg/cm}^2$$

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA (DA LETTERATURA)



Legenda

1 - Unità geologico-tecniche

Unita' 1 - Ghiaie, sabbie e ciottoli

Descrizione: ghiaie e sabbie da medie a grossolane con ciottoli (depositi fluvio-glaciali wurmiani della piana tra Ternate e Cassina Rizzone)
Formazione geologica: Alloformazione di Cantù (Pleistocene superiore)
Classificazione U.S.C.S.: CL-ML, GM, GM-GC, SM-SC, SM, SL
Caratteristiche tecniche generali: terreni con caratteristiche tecniche variabili, generalmente discrete: comportamento incoerente, grado d'addensamento discreto, caratteristiche di portanza variabili. Falda freatica a soggiacenza media
Permeabilità subsuperficiale: da media a buona, in funzione delle prevalenze granulometriche locali.

Unita' 2 - Limi sabbiosi con ciottoli e massi

Descrizione: ciottoli e/o trovanti in abbondante matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa; alternanze irregolari di sabbie limose-limi sabbiosi con ghiaia subordinata
Formazione geologica: Unità Postglaciale - depositi alluvionali lacustri attuali e recenti soprastanti depositi fluvio-glaciali (Pleistocene superiore–Olocene)
Classificazione U.S.C.S.: ML , OL, SW, SP, SM, GP-GM, SC, GC
Caratteristiche tecniche generali: terreni coesivi o incoerenti con stato di addensa_ mento da basso a molto basso; capacità portante non elevata, possibili cedimenti istantanei. Falda a profondità limitata, generalmente prossima al piano campagna.
Permeabilità subsuperficiale: da media a bassa

Unita' 3 - Limi sabbiosi con torbe e argille

Descrizione: limi e sabbie fini limose o argillose debolmente ghiaiosi e/o ciottolosi con possibili intercalazioni di torbe; argille e torbe (depositi fluvio-glaciali wurmiani sottoposti a depositi eluvio-colluviali dei terrazzi altimetricamente più elevati)
Formazione geologica: Alloformazione di Cantù (Pleistocene superiore)
Classificazione U.S.C.S.: CL-ML, GM, GM-GC, SM-SC, SM, SL
Caratteristiche tecniche generali: terreni con caratteristiche tecniche variabili, generalmente discrete: comportamento da semi-coesivo a incoerente, stato di consistenza e/o grado d'addensamento discreto, caratteristiche di portanza variabili. Falda freatica a soggiacenza da bassa a media; possibili locali falde sospese anche semiconfinate o confinate. Permeabilità subsuperficiale: da media a buona, in funzione delle prevalenze granulometriche locali.

Unita' 4 - Ghiaia, sabbia e ciottoli

Unità geotecnica C – Sabbia e limo con ciottoli
Descrizione: depositi fluvio-glaciali wurmiani sottoposti a depositi eluvio-colluviali dei terrazzi altimetricamente più elevati costituiti da accumuli eterogenei scarsamente classati con ciottoli e ghiaia a supporto di matrice sabbioso-argillosa, in proporzioni variabili, sciolti o addensati. Sabbie, ghiaie e sabbie limose con ciottoli.
Formazione geologica: Alloformazione di Cantù (Pleistoc. Sup.).
Classificazione U.S.C.S.: CL-ML, GM, GM-GC, SM-SC, SM, SL.
Caratteristiche tecniche generali: terreni con caratteristiche tecniche variabili, generalmente discrete: comportamento da semi-coesivo a incoerente, stato di consistenza e/o grado d'addensamento discreto, caratteristiche di portanza variabili. Falda freatica a soggiacenza da bassa a media; possibili locali falde sospese anche semi-confinate o confinate. Permeabilità subsuperficiale: da media a buona, in funzione delle prevalenze granulometriche locali.

Figura 4.2 – carta di caratterizzazione geotecnica (estratto da Tav. All.4, PGT 2012 Comune di Ternate)

5.2 – STIMA DEI CEDIMENTI DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Utilizzando la formula di Burland-Burbidge, considerata la geometria della fondazione, lo spessore dello strato di terreno e le tensioni agenti sul piano di posa, l'entità dei cedimenti allo stato attuale dei terreni, facendo riferimento alle prove condotte, può essere stimata come segue.

Col metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità *Ic* al risultato N della prova penetrometrica dinamica.

Strato	DH (m)	Tipo terreno	Nspt	W (cm)
1	4.2	Incoerente	8	3.48
2	3.0	Incoerente	24	

6 – SISMICA

6.1 – ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. **3274 del 20 marzo 2003** "*Primi elementi in materia dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*".

Da tale data è in vigore, quindi, la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni. La Regione Lombardia, con **D.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003**, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione della citata Ordinanza 3274/03.

Con propria **Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 n. X/2129** la Regione Lombardia approva la nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione Lombardia, come elencati nel relativo allegato , comprensivo di cartografia, parte integrante e sostanziale della deliberazione, funzionale anche al riordino delle disposizioni regionali relative alla vigilanza delle costruzioni in zona simica.

Il **Comune di TERNATE risulta classificato in Zona Sismica 4**.

La Regione Lombardia impone per la zona in cui ricade questo comune l'obbligo della progettazione antisismica per gli edifici strategici e rilevanti definiti dal **D.d.u.o. n. 19904 del 21/11/2003**.

A tale proposito, si rimanda alla **D.g.r. n. 8/1566 del 22/12/2005** - *Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.r. n. 12 del 11/03/2005*.

Tale delibera definisce i criteri di valutazione per una corretta progettazione antisismica.

La metodologia proposta prevede **tre livelli** di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza, come meglio specificato nel testo della direttiva) in fase di pianificazione, mentre il terzo livello è obbligatorio sia in fase di progettazione, sia quando con il secondo livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche molto diverse.

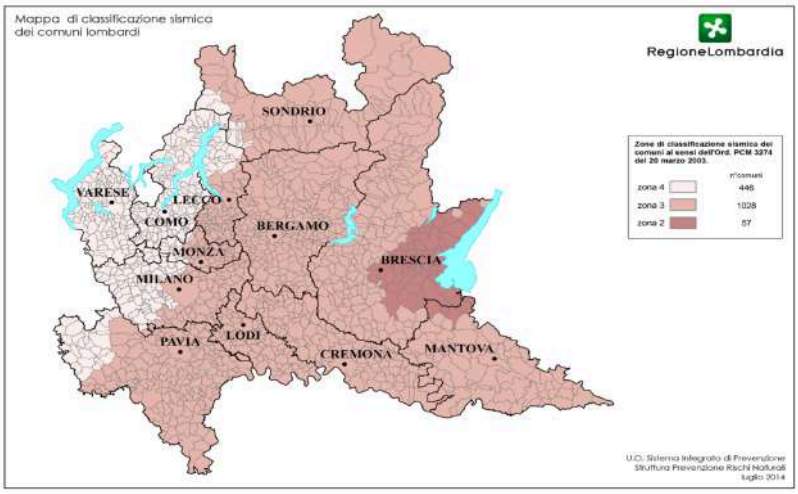


Fig. 6.1 – 6.2: estratti da DGRL 2129/2014

6.1.1 – PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Consiste in un approccio qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con un buon grado di attendibilità, prevedibili sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta di tutti i dati disponibili (cartografia, risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche).

Tale metodologia permette di giungere alla redazione della Carta di pericolosità sismica locale (Tavola della Componente geologica al PGT), in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni in grado di determinare gli effetti sismici locali, legati anche alle condizioni geologiche e geomorfologiche presenti nei siti in esame (vedi Tabella 1).

Tale livello di approfondimento risulta obbligatorio per tutti i Comuni.

Sigla	Scenario di pericolosità sismica locale	Effetti
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H>10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo appuntite o arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1 – scenari di pericolosità sismica locale

6.1.2 – SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche locali (morfologiche Z3 e litologiche Z4). Per i Comuni ricadenti in Zona Sismica 4 tale livello deve essere obbligatoriamente applicato nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti definite dal D.d.u.o. n. 19904 del 21/11/2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

La metodologia fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa). L'applicazione del secondo livello consente, infatti, l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di terzo livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la categoria di suolo superiore.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5) non è prevista l'applicazione degli studi di secondo livello, ma il passaggio diretto a quelli di terzo livello.

6.2 – PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Le opere in progetto non rientrano nel caso di "*edifici il cui uso prevede affollamenti significativi, di edifici industriali con attività pericolose per l'ambiente, costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e con funzioni sociali essenziali* (di cui al DDUO 21.11.2003 n. 19904) e pertanto tale livello di approfondimento non deve essere applicato.

Nella cartografia di Piano (Tav. PR 1.5 V2, 2016), di seguito in allegato in legenda ed estratto, l'area in questione ricade in Classe di Pericolosità Sismica Locale (PSL) Z4a

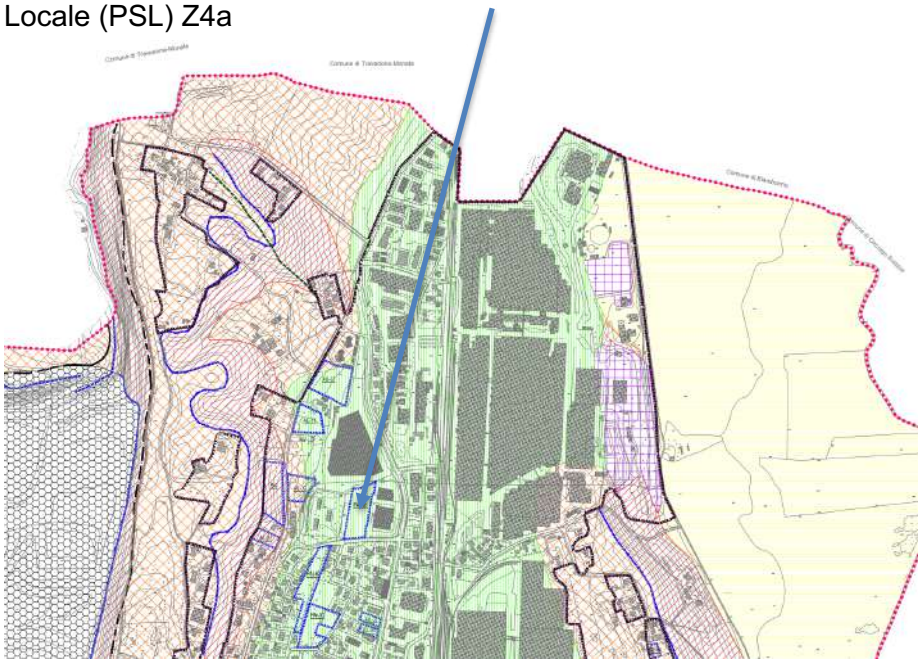


Figura 6.2 – carta della pericolosità sismica (estratto da Tav. PR 1.5 V2 PGT 2016 Comune di Ternate)

COMPONENTE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL P.G.T.
CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
(desunta dall'allegato Studio dell'Assetto Geologico, Idrogeologico e Sismico)

Classi di pericolosità sismica locale PSL

Depositi di copertura potenzialmente soggetti ad amplificazioni sismiche

- PSL Z2
- PSL Z2*
- PSL Z4a
- PSL Z4c
- PSL Z5

Elementi morfologici potenzialmente soggetti ad amplificazioni sismiche

- PSL Z1c
- PSL Z3a
- PSL Z3b

Previsioni di P.G.T.

- Confine comunale
- Perimetro dei "Tessuti consolidati"
- PA — Perimetro Piano Attuativo di PGT
- PRG — Perimetro Piano Attuativo in attuazione PRG
- AiL — Perimetro Aree interstiziali Libere
- AT — Perimetro Ambiti di Trasformazione individuati e normati dal Documento di Piano
- PCC — Perimetro Permesso di Costruire Convenzionato

Figura 6.3 – carta della pericolosità sismica (estratto da Tav. PR 1.5 V2 PGT 2016 Comune di Ternate)

6.3 – CATEGORIA DI SUOLO

In base a dati di letteratura con stima della $Vs_{s,eq}$ in 180-360 m/s, si può assegnare la **categoria di suolo C** per questo sito, e cioè:

"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità (facendo riferimento alla tabella 3.2.II - NTC 08).

TABELLE DI CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI E VALORI DEI PARAMETRI PER IL CALCOLO DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA (DM 14.01.2008)

Tab 3.2.II e 3.2.III

Classe terreno	Descrizione	Spessore (m)	Vs (m/s)	Nspt	Cu (kPa)
A	**Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi.** Comprendono eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800		
B	**Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti** caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	> 30 m	≥360 ≤800	>50	>250
C	**Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	> 30 m	≥180 ≤360	>15 <50	>70 <250
D	**Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti** caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	> 30 m	< 180	<15	<70
E	**Terreni di sottosuoli di tipo C e D** giacenti su un substrato rigido (Vs>800 m/s)	<20	≈ C e D	≈ C e D	≈ C e D
S1	**Terreni che includono almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza o almeno 3m di torba o argille altamente organiche**		>100 m/s		>10 < 20
S2	**Depositi suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o altre categorie non classificabili nei precedenti**				

Per i terreni S1 ed S2 è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche

Tab. 3.2.IV – 3.2.VI

Categoria Topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T_1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione i<15°	-	1,0
T_2	Pendii con inclinazione media i>15°	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T_3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T_4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i ≥ 30°	In corrispondenza delle cresta del rilievo	1,4

Tab 3.2.V

Categoria di sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \le 1,40-0,40*F_O * a_g/g \le 1,20$	$1,10*(T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,70-0,60*F_O * a_g/g \le 1,50$	$1,05*(T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40-1,50*F_O * a_g/g \le 1,80$	$1,25*(T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00-1,10*F_O * a_g/g \le 1,60$	$1,15*(T_c^*)^{-0,40}$

I valori F_0, a_g, T_c^* sono reperibili nella Tabella 1 allegata al DM 14/01/2008 relativamente al nodo ID considerato

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le prove geotecniche e sismiche condotte sui terreni in oggetto consentono di trarre le seguenti conclusioni:

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DEI TERRENI

I dati di letteratura disponibili evidenziano che dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata a larga scala dalla presenza in superficie di **depositi fluvio-glaciali** costituiti da terreni sabbioso-ghiaiosi (a matrice limosa o sabbioso-limosa) con la presenza di clasti.

Questi sedimenti si rinvengono asciutti o poco umidi (terreni insaturi), riscontrando assenza di significativa acqua sotterranea fino alla profondità investigata di 10,5m da p.c.

CAPACITÀ PORTANTE E CEDIMENTI

CAPACITA' PORTANTE

Nell'ipotesi di fondazioni continue con piano d'incasso delle fondazioni a –1 m da p.c. attuale, i terreni indagati, dal punto di vista della capacità portante, possiedono caratteristiche geotecniche tali da poter sopportare carichi non superiori a 1,7 kg/cm^2 , valore cautelativo ottenuto introducendo nei calcoli un fattore di sicurezza pari a 3 e applicazione di carichi statici, onde evitare il fenomeno della rottura del terreno.

Alla luce della tipologia di opere previste (capannoni ad uso commerciale-industriale) , si ritiene che non vi siano motivazioni ostative alla fattibilità geologica degli interventi previsti.

Il progettista strutturale dovrà verificare la compatibilità di tali indicazioni di capacità portante ammissibile con le pressioni esercitate dalle opere in progetto, e nel caso non siano verificate si dovrà optare per una soluzione fondazionale alternativa, quali platee o fondazioni profonde (micropali).

SISMICA

Considerando la tipologia dei terreni in questione e la documentazione disponibile in letteratura è possibile assegnare

CATEGORIA DI SUOLO: C
CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1

RACCOMANDAZIONI GENERALI

Inoltre il Progettista dovrà tenere conto delle seguenti raccomandazioni:

1) il piano di posa delle fondazioni dirette dovrà comunque essere situato al di sotto della coltre di terreno vegetale, nonché al di sotto dello strato interessato dal gelo e da significative variazioni di umidità stagionale;
2) le fondazioni devono comunque essere direttamente difese o poste a profondità tale da risultare protette dai fenomeni di erosione del terreno superficiale;
3) il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione dell'opera, con piano di posa degli elementi strutturali di fondazione regolarizzato, ben costipato e protetto con un opportuno spessore di conglomerato magro o altro materiale idoneo. La presenza di materiale fine dilavato da acque di pioggia deve essere eliminata fino al raggiungimento dell'originario terreno in posto;
4) si raccomanda la realizzazione di opere di sostegno provvisorie e/o definitive correttamente dimensionate, in particolare per l'esecuzione degli scavi, se previsti a profondità > 1,5 m, con corretta previsione e dimensionamento delle stesse ad opera del Responsabile della Sicurezza;
5) eventuali acque ruscellanti o stagnanti (probabili) devono essere allontanate dagli scavi, così come dovranno essere protette dall'erosione e dall'imbibizione le pareti degli stessi scavi durante tutta la loro apertura. Particolare attenzione dovrà essere tenuta in conto nella regimazione delle acque ruscellanti dal pendio a monte.

❖

Si rimane a disposizione del Committente per qualsiasi chiarimento e si raccomanda la presenza di un geologo durante i lavori di scavo e messa in opera delle fondazioni.

IL PROFESSIONISTA INCARICATO

DOTT. GEOL. GIAN PAOLO SOMMARUGA

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Vista generale dell'area

Esecuzione della prova scpt02

Foto 1 – prova scpt01

Foto 2 – prova scpt02

ALLEGATI

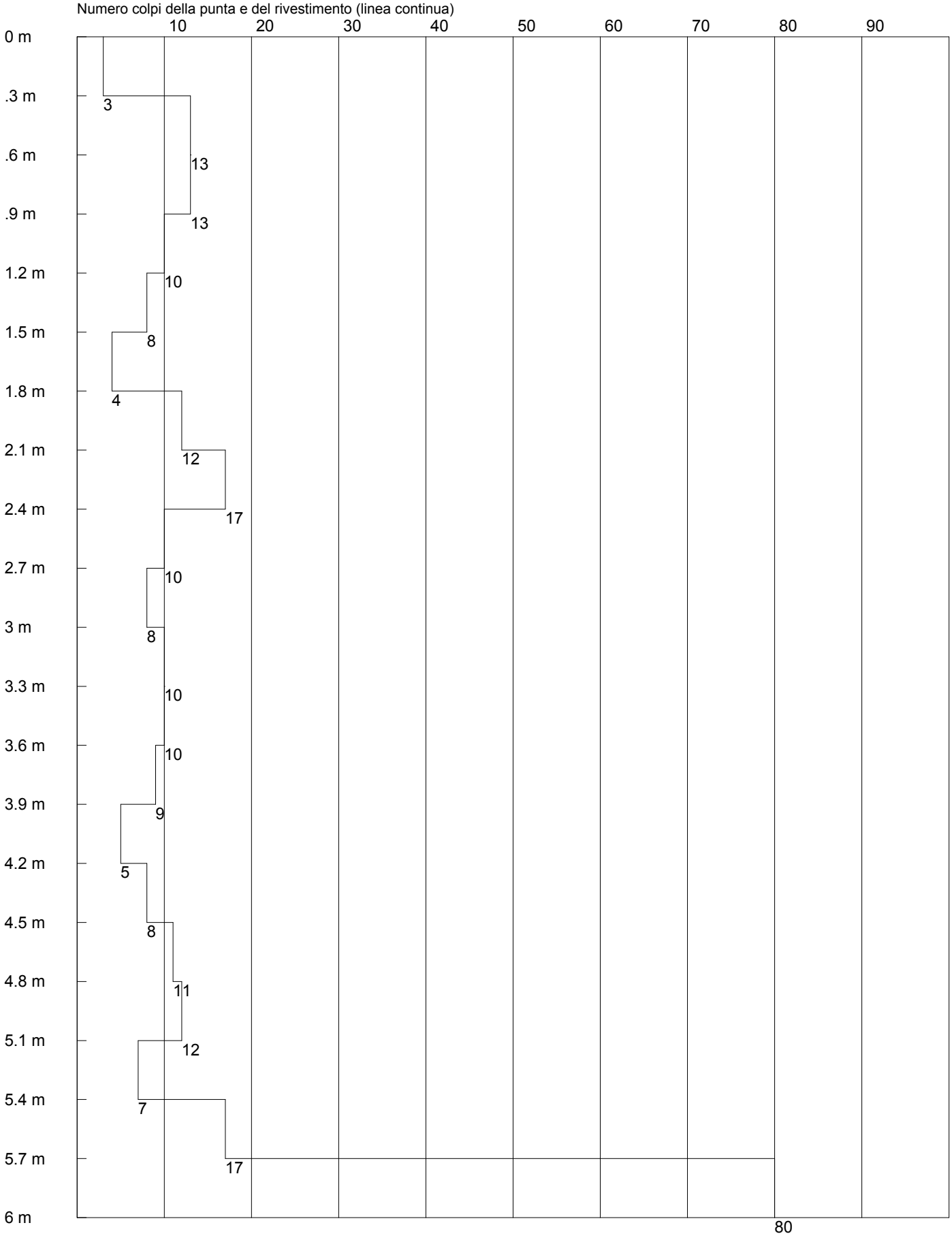
PROVE SCPT

ELABORATI DI CALCOLO

Prova penetrometrica n. 01

Località: VIA I° MAGGIO - TERNATE VA Data: 3 giugno 2021

Lavoro: Progetto costruzione nuovo fabbricato



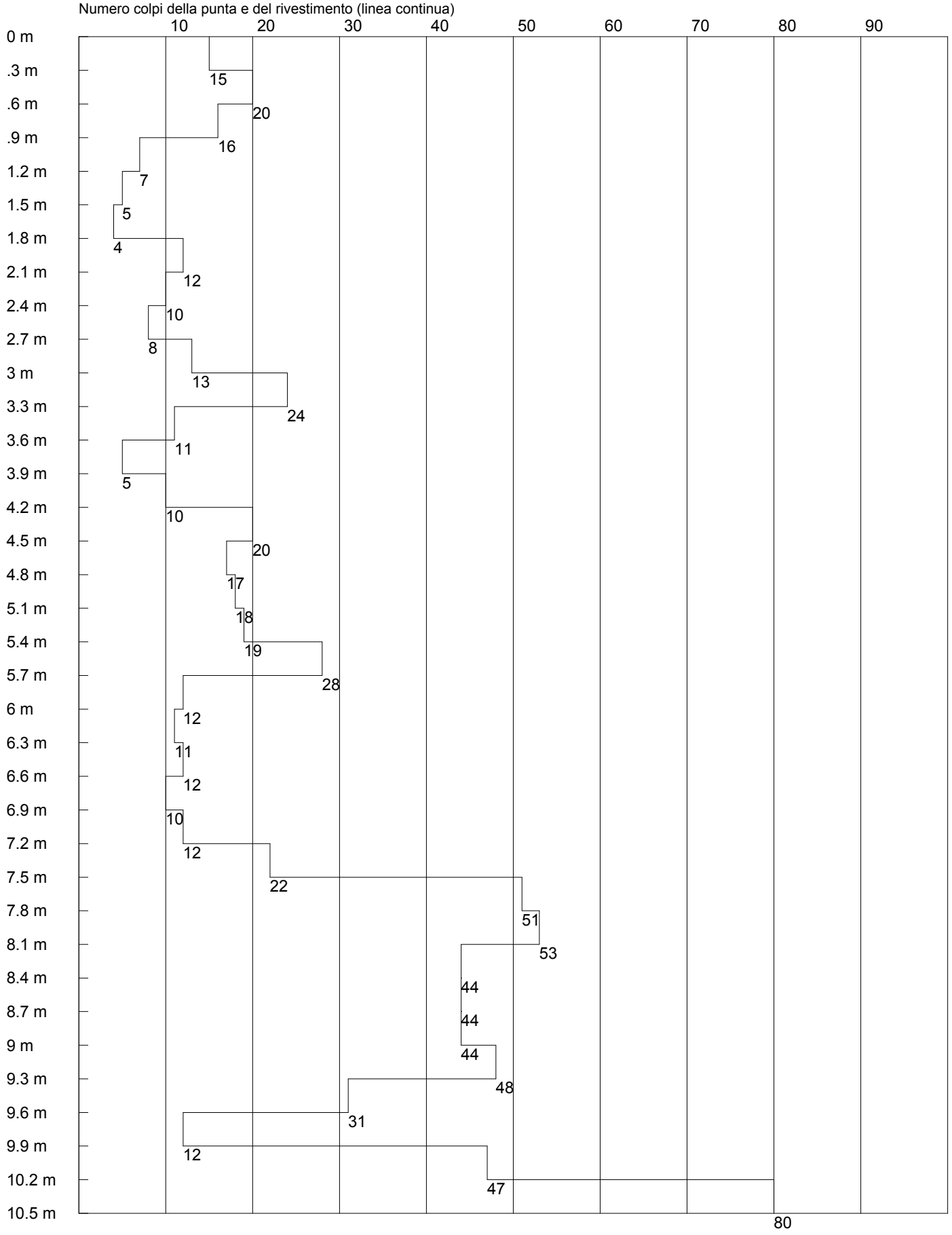
PENETROMETRO PESANTE

eta srl via rossini, 1 - varese etamail@tiscali.it

Prova penetrometrica n. 02

Località: VIA I° MAGGIO - TERNATE VA Data: 3 giugno 2021

Lavoro: Progetto costruzione nuovo fabbricato



PENETROMETRO PESANTE tipo DPSH-Meardi - PESO MAGLIO=73 Kg - VOLATA=75 cm

eta srl via rossini, 1 - varese etamail@tiscali.it

eta srl
via rossini, 1 - varese
etamail@tiscali.it

ANALISI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Committente: OMNIGROUP SRL
Località: VIA I° MAGGIO - TERNATE VA
Lavoro: Progetto costruzione nuovo fabbricato

Data: 07-28-2021

Prova penetrometrica n. 01

Dati del Penetrometro:

Penetrometro tipo DPSH-Meardi-AGI

Peso del Maglio = 73 Kg
Altezza di caduta = 75 cm

VALORI MISURATI E CALCOLATI DI N

z (m)	N	Nc	Ns
0.3	3	7	7
0.6	13	26	26
0.9	13	25	25
1.2	10	18	18
1.5	8	14	14
1.8	4	7	7
2.1	12	19	19
2.4	17	18	18
2.7	10	14	14
3.0	8	11	11
3.3	10	12	12
3.6	10	12	12
3.9	9	11	11
4.2	5	7	7
4.5	8	14	14
4.8	11	19	19
5.1	12	19	19
5.4	7	12	12
5.7	17	28	28
6.0	80	126	60

N = numero colpi originale
Nc = N corretto per Bazaraa.
Ns = N 'smussato' statisticamente.

E' stata applicata la correzione proposta da Tissoni.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE (indicative)

z	phi	Dr	E	G	k
0.3	25	20.5	18.5	53.0	1.6
0.6	35	46.0	35.7	129.2	9.0
0.9	34	50.2	35.0	125.8	8.4
1.2	32	46.3	29.7	100.6	5.1
1.5	31	43.5	26.2	84.8	3.6
1.8	25	32.8	18.5	53.0	1.6
2.1	33	55.0	30.5	104.4	5.5
2.4	32	55.5	29.7	100.6	5.1
2.7	31	50.7	26.2	84.8	3.6
3.0	30	46.5	23.2	72.0	2.7
3.3	31	49.7	24.2	76.4	3.0
3.6	31	50.8	24.2	76.4	3.0
3.9	30	49.8	23.2	72.0	2.7
4.2	25	40.9	18.5	53.0	1.6
4.5	31	58.0	26.2	84.8	3.6
4.8	33	68.3	30.5	104.4	5.5
5.1	33	69.4	30.5	104.4	5.5
5.4	31	55.8	24.2	76.4	3.0
5.7	35	82.4	37.0	135.9	10.3
6.0	45	100.0	78.6	378.0	2000.0

z = Profondità (m)
phi = Angolo d'Attrito (°)
Dr = Densità Relativa (%)
E = Modulo di Deformabilità (MPa)
G = Modulo di Taglio (MPa)
k = Coefficiente di Winkler (Kg/cmc)

eta srl
via rossini, 1 - varese
etamail@tiscali.it

ANALISI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Committente: OMNIGROUP SRL
Località: VIA I° MAGGIO - TERNATE VA
Lavoro: Progetto costruzione nuovo fabbricato

Data: 07-28-2021

Prova penetrometrica n. 02

Dati del Penetrometro:

Penetrometro tipo DPSH-Meardi-AGI

Peso del Maglio = 73 Kg
Altezza di caduta = 75 cm

VALORI MISURATI E CALCOLATI DI N

z (m)	N	Nc	Ns
0.3	15	33	33
0.6	20	32	32
0.9	16	30	30
1.2	7	12	12
1.5	5	9	9
1.8	4	7	7
2.1	12	11	11
2.4	10	14	14
2.7	8	12	12
3.0	13	18	18
3.3	24	18	18
3.6	11	14	14
3.9	5	7	7
4.2	10	18	18
4.5	20	25	25
4.8	17	28	28
5.1	18	30	30
5.4	19	32	32
5.7	28	28	28
6.0	12	19	19
6.3	11	18	18
6.6	12	18	18
6.9	10	16	16
7.2	12	18	18
7.5	22	33	33
7.8	51	74	60
8.1	53	77	60
8.4	44	63	60
8.7	44	61	60
9.0	44	61	60
9.3	48	67	60
9.6	31	42	42
9.9	12	16	16
10.2	47	63	60
10.5	80	105	60

N = numero colpi originale
Nc = N corretto per Bazaraa.
Ns = N 'smussato' statisticamente.

E' stata applicata la correzione proposta da Tissoni.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE (indicative)

z	phi	Dr	E	G	k
0.3	37	43.0	40.2	152.0	14.4
0.6	37	50.8	39.6	148.8	13.4
0.9	36	54.8	38.3	142.4	11.8
1.2	31	38.1	24.2	76.4	3.0
1.5	27	35.2	21.0	62.8	2.1
1.8	25	32.8	18.5	53.0	1.6
2.1	30	42.3	23.2	72.0	2.7
2.4	31	49.2	26.2	84.8	3.6
2.7	31	47.1	24.2	76.4	3.0
3.0	32	58.8	29.7	100.6	5.1
3.3	32	60.3	29.7	100.6	5.1
3.6	31	54.7	26.2	84.8	3.6
3.9	25	40.1	18.5	53.0	1.6
4.2	32	64.2	29.7	100.6	5.1
4.5	34	76.5	35.0	125.8	8.4
4.8	35	82.2	37.0	135.9	10.3
5.1	36	86.3	38.3	142.4	11.8
5.4	37	89.1	39.6	148.8	13.4
5.7	35	82.4	37.0	135.9	10.3
6.0	33	67.6	30.5	104.4	5.5
6.3	32	65.0	29.7	100.6	5.1
6.6	32	64.2	29.7	100.6	5.1
6.9	32	60.0	28.0	92.9	4.3
7.2	32	62.8	29.7	100.6	5.1
7.5	37	83.0	40.2	152.0	14.4
7.8	45	100.0	60.2	263.2	2000.0
8.1	45	100.0	61.4	270.4	2000.0
8.4	45	100.0	55.6	235.9	2000.0
8.7	45	100.0	54.7	230.8	2000.0
9.0	45	100.0	54.7	230.8	2000.0
9.3	45	100.0	57.3	246.0	2000.0
9.6	40	87.3	45.4	179.1	27.2
9.9	32	54.6	28.0	92.9	4.3
10.2	45	100.0	55.6	235.9	2000.0
10.5	45	100.0	71.7	333.9	2000.0

z = Profondità (m)
phi = Angolo d'Attrito (°)
Dr = Densità Relativa (%)
E = Modulo di Deformabilità (MPa)
G = Modulo di Taglio (MPa)
k = Coefficiente di Winkler (Kg/cmc)

DATI GENERALI

Larghezza fondazione	1.0	m
Lunghezza fondazione	10.0	m
Profondità piano di posa	1.0	m
Altezza di incastro	0.5	m
Inclinazione piano di posa	0.0	°
Inclinazione pendio	0.0	°
Fs di sicurezza sul carico limite	3.0	
Acc. massima orizzontale (g)	0.0	
Cedimento dopo T anni	20.0	

STRATIGRAFIA TERRENO

DH (m)	Gam (Kg/mc)	Gams (Kg/mc)	Fi (°)	c (Kg/cmq)	E' (Kg/cmq)	Ed (Kg/cmq)	Ni	Cs	Lit.
4.2	1900.65	1784.5	29.29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3.0	2113.42	1631.55	33.86	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2.8	2138.83	1750.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5.0	2285.49	1800.0	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

CARICHI AGENTI SULLA FONDAZIONE
(Calcolati in funzione del carico ammissibile - Metodo di Terzaghi)

Coppia flessionale	0.0	Kgm/m
Sforzo normale	18795.57	Kg/m
Tagliante	0.0	Kg/m

CARICO LIMITE SECONDO HANSEN (1970)

Fattore Nq	16.99
Fattore Nc	28.5
Fattore Ng	13.45
Fattore Sc	1.0
Fattore Dc	1.4
Fattore Ic	1.0
Fattore Gc	1.0
Fattore Bc	1.0
Fattore Sq	1.06
Fattore Dq	1.29
Fattore Iq	1.0
Fattore Gq	1.0
Fattore Bq	1.0
Fattore Sg	0.96
Fattore Dg	1.0
Fattore Ig	1.0
Fattore Gg	1.0
Fattore Bg	1.0

Pressione limite	5.63	Kg/cmq
Pressione ammissibile	**1.88**	**Kg/cmq**

CARICO LIMITE SECONDO TERZAGHI (1955)

Fattore Nq	20.67		
Fattore Nc	35.06		
Fattore Ng	18.0		
Fattore Sc	1.0		
Fattore Sg	1.0		
Pressione limite	5.64	Kg/cmq	
Pressione ammissibile		**1.88**	**Kg/cmq**

CARICO LIMITE SECONDO MEYERHOF (1963)

Fattore Nq	16.44		
Fattore Nc	27.86		
Fattore Ng	13.24		
Fattore Sc	1.06		
Fattore Dc	1.34		
Fattore Sq	1.03		
Fattore Dq	1.17		
Fattore Sg	1.03		
Fattore Dg	1.17		
Pressione limite		5.28	Kg/cmq
Pressione ammissibile		**1.76**	**Kg/cmq**

CARICO LIMITE SECONDO VESIC (1975)

Fattore Nq	16.99		
Fattore Nc	28.5		
Fattore Ng	20.18		
Fattore Sc	1.0		
Fattore Dc	1.4		
Fattore Sq	1.0		
Fattore Dq	1.0		
Fattore Sg	1.0		
Fattore Dg	1.06		
Pressione limite	6.25	Kg/cmq	
Pressione ammissibile		**2.08**	**Kg/cmq**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)
Senza correzione geometrica

k	2.26 Kg/cmc