
**CENTRO SPORTIVO "C.M. USLENGHI" - VIA CARAVAGGIO
PROGETTO NUOVO CORPO SPOGLIATOI CAMPO N. 2**

PROGETTO ESECUTIVO

elaborato n.

PT /01

oggetto dell'elaborato

Indagini geologiche
Relazione geologica e geotecnica

data:
26 luglio 2019

I Progettisti:

II Responsabile del Procedimento:

Il Sindaco:

Progetto opere strutturali, D.L. :

dott. ing. Paolo Dovera

C.F. DVRPLA80C24B300V

P. IVA 03137260125

Fagnano Olona (VA), via Cadore 29

telefono: 342 0808352

e-mail: paolo.dovera@gmail.com

Indagini geologiche :

dott. geologo Michele Salvatore

C.F. DVRPLA80C24B300V

P. IVA 03137260125

Castelseprio (VA), via Cadore 29

telefono: 342 0808352

e-mail: paolo.dovera@gmail.com

Progetto impianti elettrici ed affini, impianto di riscaldamento, D.L.

dott. ing. Luca Clemente Rossi - Studio Rossi Ingegneri Associati

P. IVA 02485420125

Bolladello di Cairate (VA), via Sant'Ambrogio 8

telefono: 0331 310025

telex: 0331 310025

e-mail: studio@rossierossi.eu

Progettazione della sicurezza

dott. ing. Claudio Besio

C.F. : BSE CLD 84A02 L682A

P. IVA 03206460127

Malnate (VA), via Verdi 8

telefono: 340 1530271

e-mail: claudio.besio@gmail.com

Progetto architettonico:

dott. arch. Roberto Pisoni

ARCHITETTURA E PIANIFICAZIONE TERRITORIALE
via A. Volta, 12 - 22070 Carbonate (CO)

C.F. PSN RRT 78S05B3000

P. IVA 02901010138

Tel. 328.0616641

e-mail: robertopisoni@gmail.com

INDICE

1. Premessa
2. Inquadramento geografico
3. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico
4. Classe di fattibilità, quadro vincolistico, norme geologiche di piano e pericolosità sismica locale
 - 4.1 Fattibilità Geologica
 - 4.2 Vincoli
 - 4.3 Inquadramento sismico
- 5 Relazione geologica e geotecnica ai sensi del dm 17/01/2018 (R1 e R2)
 - 5.1 Classificazione sismica del sottosuolo
 - 5.1.1 Classificazione della classe d'uso
 - 5.1.2 Inquadramento sismico del sito
 - 5.2 Caratterizzazione geologico tecnica
 - 5.2.1 Caratteri litologici
 - 5.2.2 Caratteristiche geotecniche desunte dalle indagini geognostiche
 - 5.3 Verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi
 - 5.4 Verifica agli stati limite di esercizio
 - 5.5 Risultati
- 6 Analisi sismica di secondo livello
- 7 Conclusioni

1 PREMESSA

Il seguente documento costituisce l'esito dell'indagine geognostica eseguita sul terreno corrispondente al progetto di realizzazione di nuovi spogliatoi all'interno del Campo Sportivo di Tradate sito in Via Caravaggio.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di indagine si trova nel settore centrale del territorio di Tradate, al margine occidentale tra l'abitato e la zona di campagna. Provenendo da Saronno lungo la Provinciale Varesina SP233, che in questo tratto diventa Via Europa, all'altezza della rotonda che conduce verso il centro della Città, si svolta a sinistra in direzione Lonate Ceppino e, dopo circa 50 m, si svolta a sinistra per Via Caravaggio; si percorre Via Caravaggio per circa 300 m e si svolta a destra fino a raggiungere l'ingresso principale del Campo Sportivo. L'area di indagine si trova all'interno del perimetro del Campo sportivo oltre la tribuna in direzione dell'impianto della piscina comunale. La quota altimetrica si mantiene, su tutta la superficie, a circa 287 s.l.m (figura 1 e 2).



Figura 1: Area di indagine, delimitata in rosso, oggetto della relazione

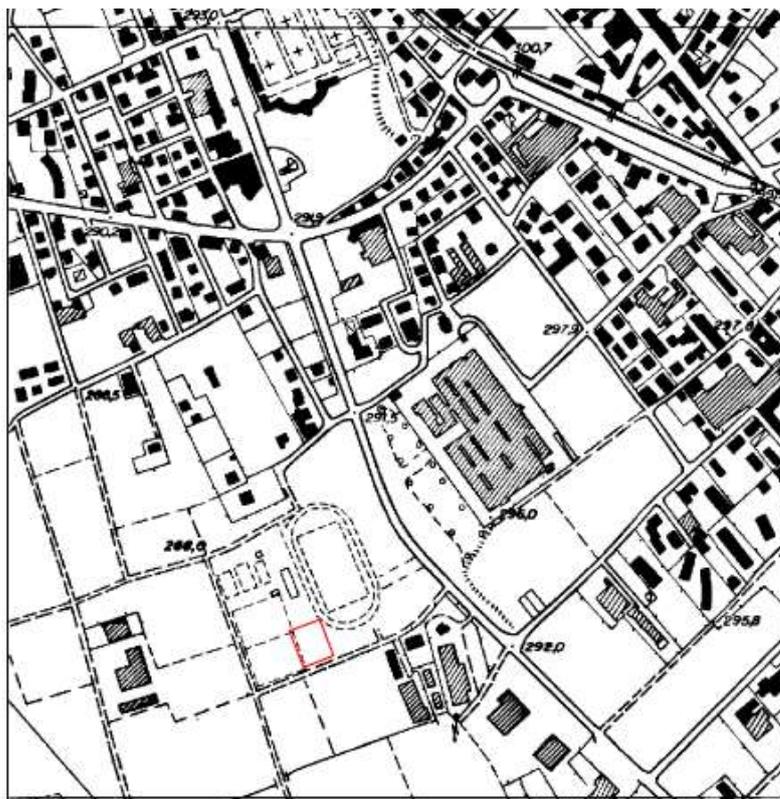
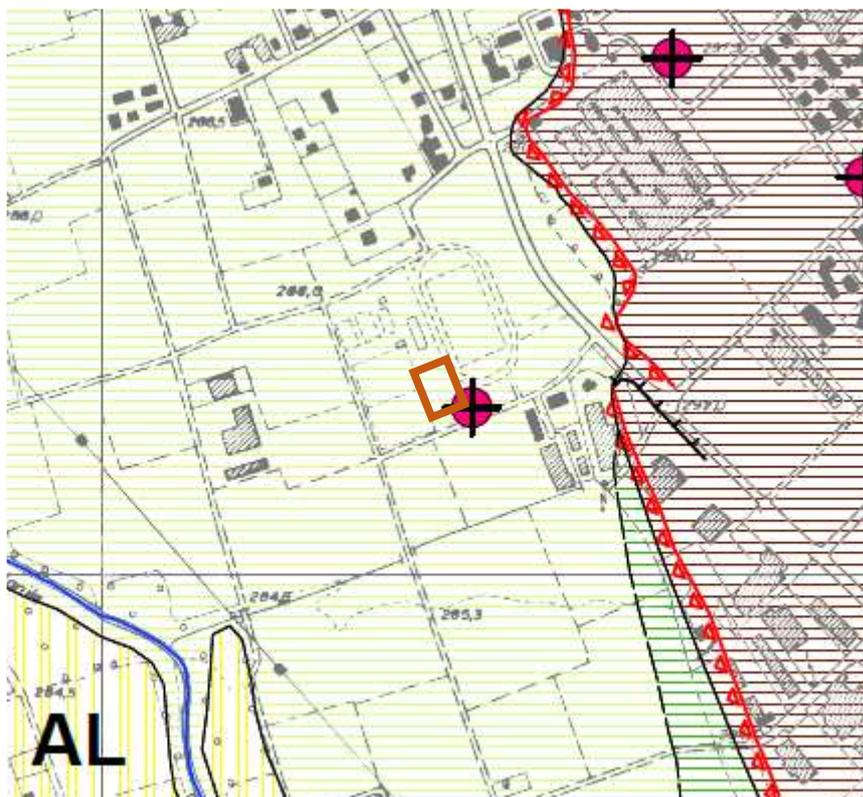


Figura 2: Area di indagine, delimitata in rosso, su CTR 10000

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il terreno che costituisce il sito di Via Caravaggio è di origine fluvioglaciale. In particolare l'area appartiene all'Unità del Torrente Fontanile, costituita in prevalenza da sabbie limose con rari ciottoli e alternanza di livelli ghiaiosi (figura 3).



- FO **Unità del T. Fontanile - assimilata all'Alloformazione di Bodio (Fluvioglaciale Würm A.A.)**
 Depositi di piana alluvionale depositi dal Torrente Fontanile (sedimenti prevalentemente sabbioso-limosi con rari ciottoli e alternanza di livelli ghiaiosi).
- LO **Unità di Lonate Ceppino - assimilata all'Allogruppo di Besnate indifferenziato (Fluvioglaciale Würm A.A.)**
 Depositi fluvioglaciali (ghiaie a supporto clastico, localmente a supporto di matrice sabbiosa). Locale presenza di livelli sabbiosi ben selezionati; grado di alterazione debole ai danni di clasti carbonatici.
- AL **Alluvioni recenti e attuali con evidenza morfologica (Olocene)**
- UT **Unità di Tradate - assimilata all'Alloformazione di Albizzate (Fluvioglaciale Riss A.A.)**
 Depositi fluvioglaciali prevalentemente grossolani (ghiaie a supporto clastico con matrice limoso argillosa di colore marrone ocreo); presenza di un livello superiore di limi argillosi massivi (loess); grado di alterazione medio (clasti carbonatici argillificati e metamorfici fortemente alterati).

- Orlo di terrazzo
- Reticolo idrico
- Punto di riferimento stratigrafico (scavi di cantiere e affioramenti naturali)

Figura 3: estratto della Tavola 1 (Carta di Inquadramento Geologico) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in marrone (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:10000).

Nei pressi dell'area di indagine, in occasione della redazione dello Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate è stato realizzato uno scavo, come riportato in figura 3, da cui è stata riconosciuta la seguente litologia:

SEZIONE N. 3

Località: Campo Sportivo Viale Europa

0-20 cm Terreno di riporto.

20-100 cm Ghiaie fini passanti a sabbie grossolane, a supporto clastico con abbondante matrice limoso-argillosa di colore bruno giallastro scuro (10YR4/4). Il deposito ha struttura massiva. Limite inferiore graduale sottolineato da un livello a granulometria più grossolana con matrice meno abbondante

100-200 cm Materiali fini massivi con argilla abbondante di colore grigio brunastro (10YR5/2). Presenza di clasti sparsi con diametro massimo di 1 cm.

Durante le prove di permeabilità del terreno per la definizione del progetto di Invarianza Idraulica e Idrologica, sono stati eseguiti due scavi all'interno dell'area di indagine fino alla profondità di 170 cm.

La stratigrafia riscontrata è la seguente:

0-20 cm Terreno vegetale.

20-150 cm Sabbia limosa in matrice argillosa di colore bruno.

150-170 cm Sabbia limosa con Ghiaia fine in matrice argillosa.

Sull'area di indagine e nel suo intorno non sono presenti corsi d'acqua.

La falda libera si trova a circa 35 m di profondità dal piano campagna. L'area viene definita ad alto grado di vulnerabilità con permeabilità da media ad alta (figura 4).

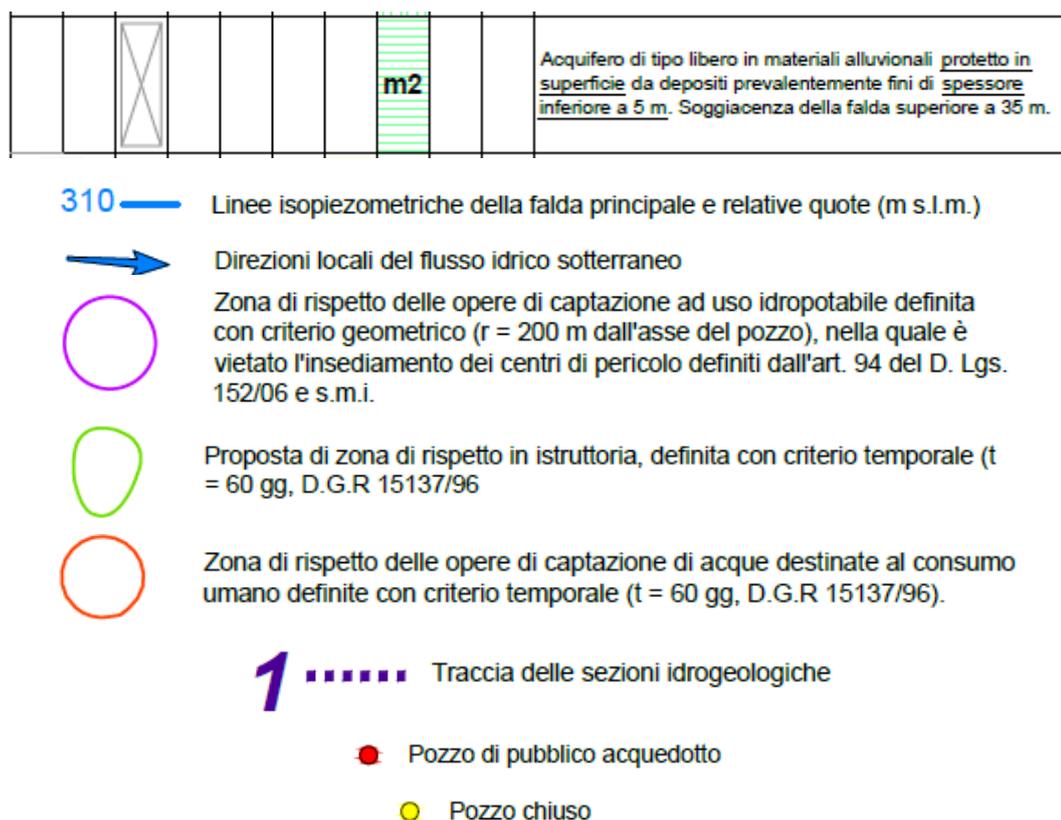


Figura 4: estratto della Tavola 2 (Idrogeologia, Piezometria e vulnerabilità degli acquiferi) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in verde (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:10000).

4 CLASSE DI FATTIBILITÀ, QUADRO VINCOLISTICO, NORME GEOLOGICHE DI PIANO E PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

4.1 FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Nella Carta di Fattibilità facente parte dello Studio Geologico a supporto del PGT Locale (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014), l'intera area oggetto della presente relazione ricade in Classe 2b ovvero: fattibilità con modeste limitazioni di carattere geotecnico (figura 5).



<p>2b</p> <p>Aree pianeggianti con terreni eterogenei</p>	<p>Aree pianeggianti costituite da terreni eterogenei alterati con stato di addensamento da "sciolti" a "mediamente addensati" e soprastanti orizzonti fini con stato di consistenza da "lenero" a "medio". Possibile presenza di acque di primo sottosuolo e cavità geologiche di dimensioni metriche "occhi pollini" che si rinvergono nei primi 10 m di profondità.</p>	<p>Favorevole con modeste limitazioni di carattere geotecnico.</p>	<p>IGT</p> <p>IGT</p> <p>IGT</p> <p>IGT</p>	<p>Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR).</p>
<p>3b</p> <p>Area di versante con pendenze blande</p>	<p>La classe comprende: • Aree di versante con pendenze blande (inclinazione media compresa tra 10° e 20°) di raccordo tra i terrazzi morfologici • Aree potenzialmente franose caratterizzate da pericolosità bassa (H2) o molto bassa (H1 - H2), individuate tramite specifico studio Generalmente stabili ma con possibile interessamento ed innescio di locali fenomeni di dissesto gravitativo soprattutto a seguito di azioni di scavo e sbiancamento non adeguatamente condotte. Possibile presenza di acque di primo sottosuolo e cavità geologiche di dimensioni metriche "occhi pollini" che si rinvergono nei primi 10 m di profondità.</p>	<p>Favorevole con consistenti limitazioni di carattere geotecnico e geomorfologico che richiedono verifiche locali per la corretta progettazione degli interventi, al fine di prevenire lo sviluppo di dissesti connessi ad azioni antropiche non adeguatamente progettate.</p>	<p>IGT - SV</p> <p>IGT - SV</p> <p>IGT - SV</p> <p>IGT - SV</p>	<p>Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE), l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR) e opere per la difesa del suolo (DS).</p>
<p>4a</p> <p>Aree adiacenti ai corsi d'acqua</p>	<p>Aree adiacenti ai corsi d'acqua, estese per 10 m dagli argini ed eccezionalmente ridotte a 2 m per i tratti intubati del Fosso Re e del T. Croesa, da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa. Aree direttamente coinvolgibili dai fenomeni di dissesto con pericolosità elevata. Comprendono le aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata (Ee del P.A.I.).</p>	<p>Non favorevole per le gravi limitazioni di carattere idraulico. Sono esclusivamente consentiti gli interventi così come definiti dall'art. 9, comma 5 delle N.T.A. del P.A.I.</p>	<p>IGT - VCI</p> <p>IGT - VCI</p>	<p>Sono raccomandabili unicamente gli interventi di regimazione idraulica e opere per la difesa dell'esistente (RE).</p>

4a

Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi con presenza di bedrock sismico a profondità inferiori a 30m

Zona con depositi glaciali e fluvio-glaciali antichi con caratteri litologici e geomorfologici che la rendono equiparabile a "zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)" con presenza di bedrock sismico a profondità inferiori a 30m

Figura 5: estratto della Tavola 14/a sud (Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in verde (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:5000

Di seguito viene riportato un estratto delle Norme geologiche di Piano allegate alla Relazione Tecnica dello Studio Geologico del PGT di Tradate (Dott. Geol. Marco Parmigiani – aggiornamento giugno 2014):

Classe 2b – Aree pianeggianti con terreni eterogenei

Principali caratteristiche

Aree pianeggianti costituite da terreni eterogenei alterati con stato di addensamento da "sciolti" a "mediamente addensati" e soprastanti orizzonti fini con stato di consistenza da "tenero" a "medio". Possibile presenza di acque di primo sottosuolo e cavità geologiche di dimensioni metriche "occhi pollini" che si rinvergono nei primi 10 m di profondità.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con modeste limitazioni di carattere geotecnico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

È ammissibile qualunque tipo di azione edificatoria.

Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR).

4.2 VINCOLI

Dal confronto con la tavola 13 – sud (Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate), Carta dei Vincoli, l'area di indagine risulta essere parzialmente all'interno della fascia di rispetto (realizzata con criterio geometrico) di un pozzo pubblico posizionato lungo Via dei Pradacci (figura 6).

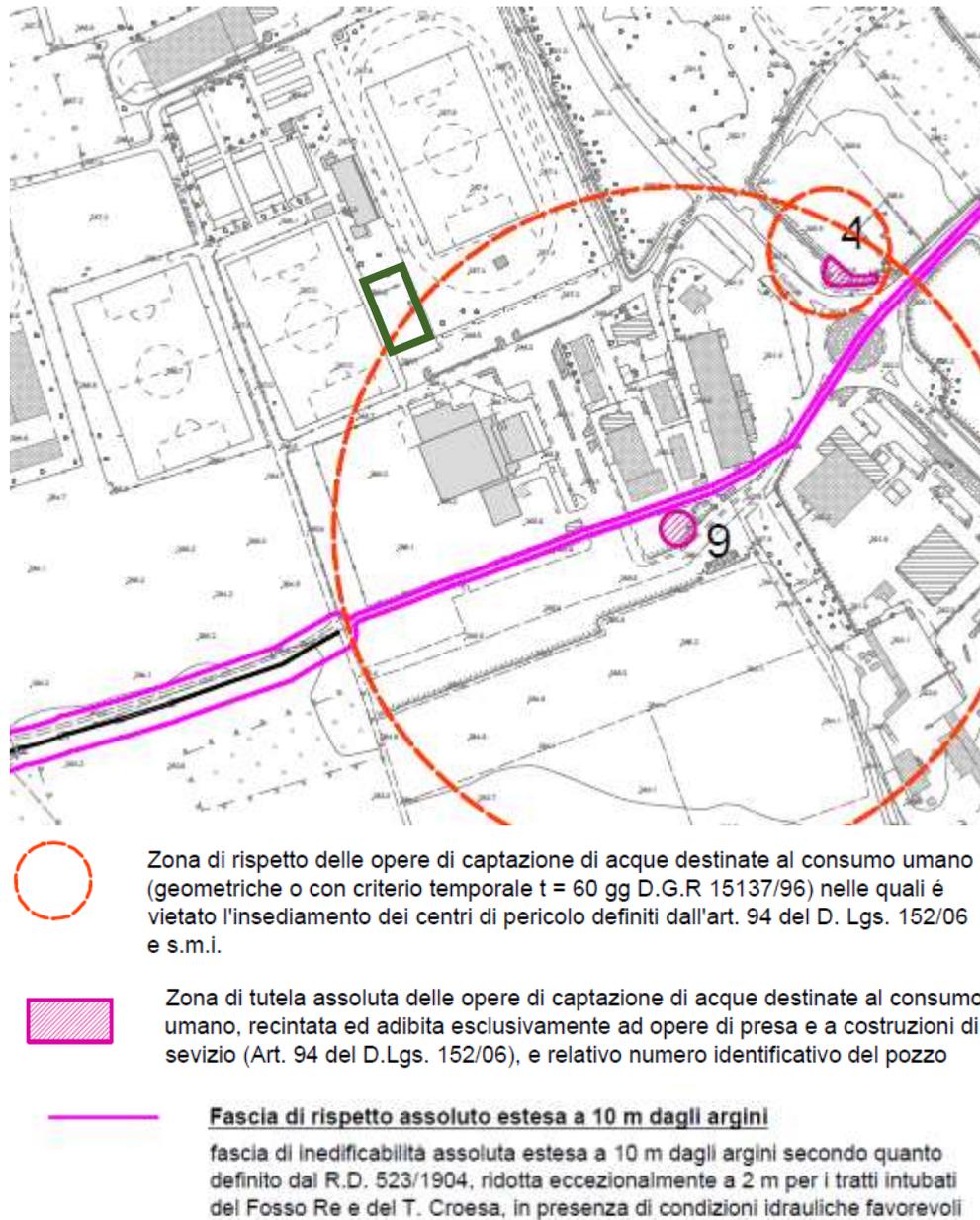


Figura 6: estratto della Tavola 13 sud (Carta dei Vincoli) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in verde (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:5000

Sui terreni ricadenti nella Zona di Rispetto, in base all'art. 94 del D.Lgs. 152/06, sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- A. dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- B. accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- C. spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione

che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;

D. dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;

E. aree cimiteriali;

F. apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;

G. apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;

H. gestione di rifiuti;

I. stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;

J. centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;

K. pozzi perdenti;

L. pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Per gli insediamenti o le attività suddette, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

*Nella direttiva **D.G.R. 10/04/2003 n. 7/12693** sono descritti i criteri e gli indirizzi in merito alla realizzazione di strutture e all'esecuzione di attività ex novo nelle zone di rispetto delle opere di captazione esistenti; in particolare, all'interno dell'All. 1 – punto 3 della detta delibera, sono elencate le direttive per la disciplina delle seguenti attività all'interno delle zone di rispetto:*

realizzazione di fognature;

realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;

realizzazione di infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;

pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione.

Per quanto riguarda la realizzazione di fognature (punto 3.1) la delibera cita le seguenti disposizioni:

i nuovi tratti di fognatura da situare nelle zone di rispetto devono:

o costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima;

o essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali i sifoni e opere di sollevamento.

nella Zona di Rispetto di una captazione da acquifero non protetto:

o non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione;

o è in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia.

per tutte le fognature nuove (principali, secondarie, allacciamenti) insediate nella Zona di Rispetto sono richieste le verifiche di collaudo.

Per quanto riguarda la realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione (punto 3.2), nelle zone di rispetto la delibera dispone:

per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda;

le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata [...].

In tali zone, inoltre, non è consentito:

la realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo;

l'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;

l'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini [...].

Nelle zone di rispetto è consentito l'insediamento di nuove infrastrutture viarie e ferroviarie, fermo restando che:

le infrastrutture viarie a elevata densità di traffico (autostrade, strade statali, provinciali, urbane a forte transito) devono essere progettate e realizzate in modo da garantire condizioni di sicurezza dallo sversamento ed infiltrazione di sostanze pericolose in falda [...];

lungo tali infrastrutture non possono essere previsti piazzali per la sosta, per il lavaggio di mezzi di trasporto o per il deposito, sia sul suolo sia nel sottosuolo, di sostanze pericolose non gassose;

lungo gli assi ferroviari non possono essere realizzati binari morti adibiti alla sosta di convogli che trasportano sostanze pericolose.

Nei tratti viari o ferroviari che attraversano la Zona di Rispetto è vietato il deposito e lo spandimento di sostanze pericolose, quali fondenti stradali, prodotti antiparassitari ed erbicidi, a meno di non utilizzare sostanze che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Per le opere viarie o ferroviarie da realizzare in sottosuolo deve essere garantita la perfetta impermeabilizzazione delle strutture di rivestimento e le stesse non dovranno interferire con l'acquifero captato.

Nelle zone di rispetto è inoltre vietato lo spandimento di liquami e la stabulazione, l'utilizzo di fertilizzanti di sintesi e di fanghi di origine urbana o industriale (punto 3.4).

4.3 INQUADRAMENTO SISMICO

Nello Studio geologico a supporto del PGT di Tradate (Dott. Geol. Marco Parmigiani – aggiornamento del 2014) è contenuta l'Analisi del Rischio Sismico del territorio.

Dal momento che il territorio del Comune di Tradate rientra, in base alla O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274, recepita dalla Regione Lombardia con d.g.r. 7 novembre 2003 n. 14964 in zona sismica 4, è stata condotta l'analisi sismica di 1° livello definendo la carta di Pericolosità Sismica Locale. Analizzando la Tavola 10 sud allegata allo Studio Geologico a supporto del PGT Locale, risulta che l'area di interesse appartiene allo Scenario di Pericolosità Sismica Z4a ovvero: zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio glaciali granulari e/o coesivi, con presenza di bedrock sismico a profondità inferiori a 30 m di profondità.

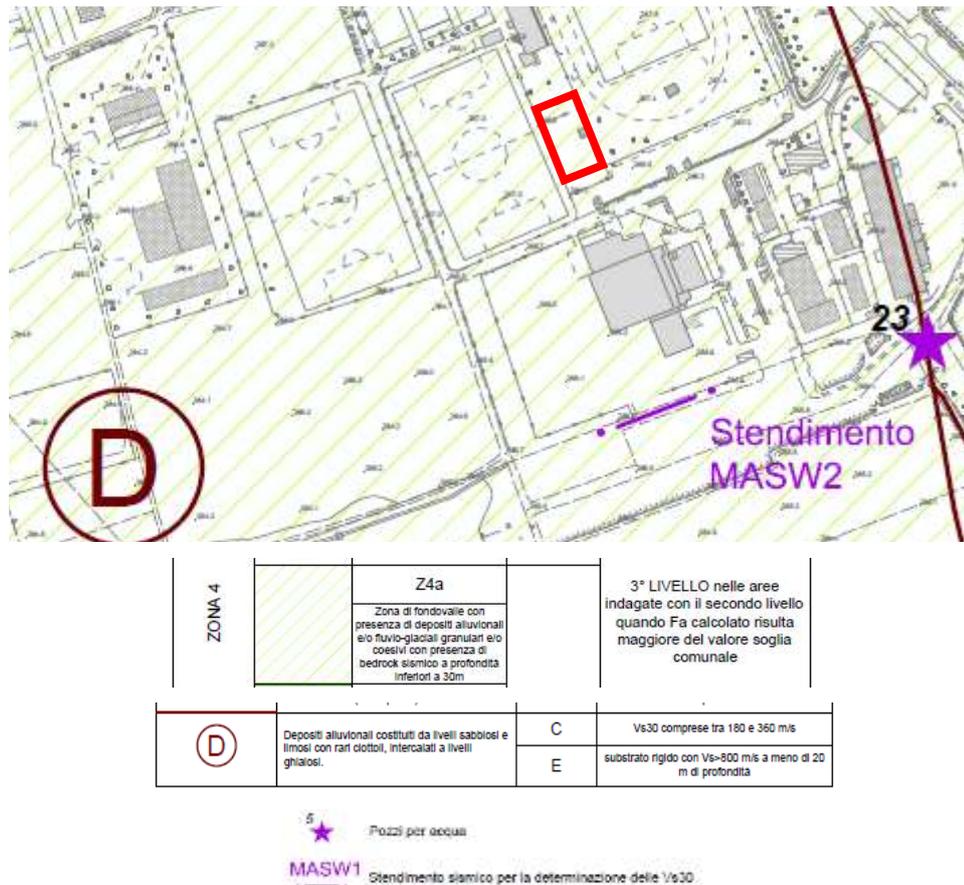


Figura 7: estratto della Tavola 10 sud (Carta della Pericolosità Sismica Locale) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in rosso (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:5000

Come è possibile osservare dalla figura 7, in prossimità dell'area di indagine è stata eseguita una prospezione sismica MASW che ha permesso di registrare velocità delle onde V_s molto elevate già a partire da 10 m di profondità dal piano campagna. Il valore calcolato di $V_s 30$ è stato di 517 m/s.

5 RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA AI SENSI DEL DM 17/01/2018 (R1 e R2)

Allo scopo di ottenere un modello geologico adeguato all'intervento in progetto, sono state analizzate le informazioni contenute nello Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate, comprensive di una prospezione sismica attiva MASW eseguita a circa 150 m dal sito di interesse ed è stata eseguita una indagine geognostica sul terreno. L'indagine in campo si è svolta eseguendo 3 prove penetrometriche dinamiche.

5.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

A seguito dell'analisi dei dati ottenuti con l'indagine geognostica (prove penetrometriche), la prospezione MASW realizzata nel corso della redazione dello Studio geologico a supporto del PGT di Tradate e le caratteristiche geologiche dell'area (desunte dallo Studio Geologico a supporto del PGT Locale), è stato possibile assegnare una categoria al sottosuolo del sito indagato, secondo la Tabella 3.2.11 delle NTC 2018 (tabella 2)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 2: tabella delle categorie di sottosuolo tratta dal testo delle nuove NTC 2018

Analizzando gli spettri di frequenza (in allegato) ricavati dalla prova sismica MASW che verrà descritta in seguito, è stata ricavata la V_s equivalente necessaria a definire la categoria di sottosuolo a cui fare riferimento per elaborare le azioni sismiche.

La $V_s Eq$ ricavata è 520 m/s. Pertanto Il sottosuolo dell'area di indagine rientra in categoria B ossia:

- “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità ed a valori della velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”
- **5.1.1 CLASSIFICAZIONE DELLA CLASSE D’USO**

Per stabilire con quali modalità procedere nell’esecuzione dei calcoli geotecnici di seguito illustrati, è necessario classificare la classe d’uso della costruzione. Questa informazione è contenuta nel paragrafo 2.4.2 delle NTC-18. Per l’opera in progetto si fa riferimento quindi alla seguente definizione:

Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso
- **5.1.2 INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO**

Con riferimento all’allegato 1 dell’O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 in cui il territorio nazionale è diviso in 4 categorie a diverso grado di rischio sismico, il territorio di Tradate era stato incluso in zona sismica 4. Con la D.G.R. di Regione Lombardia (Aggiornamento delle Zone Sismiche in Regione Lombardia) n. X/2129 dell’11 luglio 2014, il territorio di Tradate è stato confermato in zona sismica 4.

Secondo la Carta di Pericolosità Sismica Locale inclusa nello Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate, l’area di indagine è stata inserita in una zona a pericolosità sismica locale PSL Z4a: in caso di evento sismico il terreno potrebbe essere soggetto a fenomeni di amplificazioni litologiche e geometriche.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17/01/2018) consentono l’esclusione della verifica a liquefazione se l’accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) è minore di 0,1 g (comma 1 paragrafo 7.11.3.4.2). in base alla Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, presente sul sito dell’INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia), Il territorio di Tradate rientra nel settore dove l’accelerazione massima al suolo è compresa tra 0,05 e 0,075 g. Risulta pertanto verificata la condizione secondo cui l’accelerazione massima attesa è inferiore a 0,1 g e, di conseguenza, per il territorio di Tradate, è esclusa la verifica a liquefazione dei terreni.

5.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'AREA

5.2.1 CARATTERI LITOLOGICI

Lo Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate definisce la litologia del settore in cui è inserita l'area del Piano Attuativo come un terreno composto da sedimenti prevalentemente sabbioso-limosi con alternanza di livelli ghiaiosi (ghiaie fini) e rari ciottoli

Le caratteristiche geologico-tecniche generali definiscono un terreno fine prevalenti con stato di consistenza da tenero a medio, alternato a terreni granulari sciolti; caratteristiche geotecniche generalmente scadenti.

5.2.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DESUNTE DALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geognostica svolta nel sito di Via Caravaggio è stata sviluppata eseguendo n. 3 prove penetrometriche dinamiche disposte secondo le caratteristiche strutturali del progetto dell'immobile previsto. Nelle seguenti figura sono rappresentati i punti di prova penetrometrica dinamica (DP) (figura 9) e la prova sismica MASW realizzata nel corso della redazione dello Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate (figura 10).

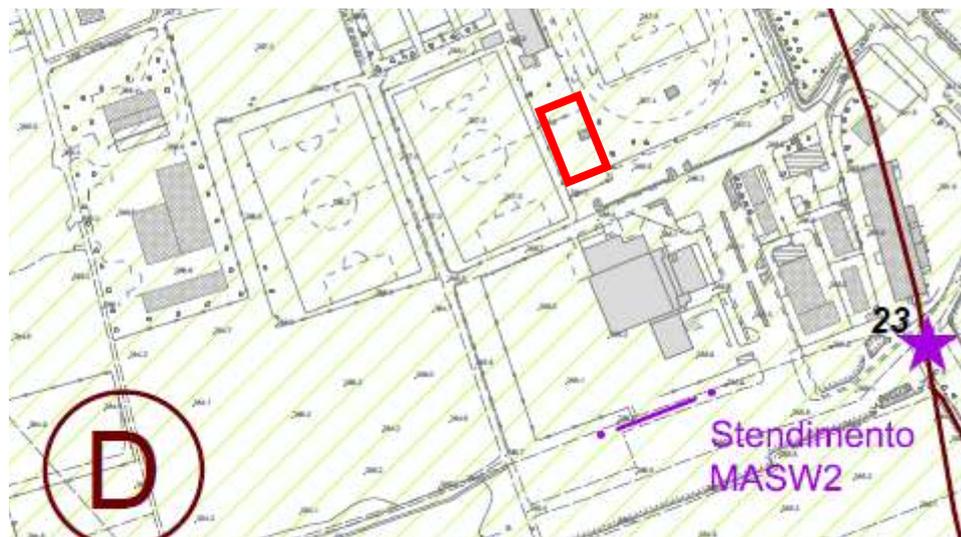


Figura 10: Posizione stendimento MASW rispetto al sito di interesse (in contorno rosso) su stralcio della Tavola 10 sud (Carta della Pericolosità Sismica Locale) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:5000)

Le prove sono state eseguite con un penetrometro di tipo standard (DPM) “Emilia” (foto 1, 2 e 3).



Foto 1: esecuzione prova DP 1



Foto 2: esecuzione prova DP 2



Foto 3: esecuzione prova DP 3

Le caratteristiche tecniche principali del penetrometro sono:

• Massa del maglio	30 Kg
• Altezza di caduta	20 cm
• Peso testa di battuta, asta di guida, ecc.	18 kg
• Lunghezza aste	1 m
• Massa aste	2,5 Kg
• Diametro est. aste	20 mm
• Diametro base punta conica	35,7 mm
• Angolo apertura cono	60°
• Lunghezza complessiva punta	41 mm

Maggiori dettagli tecnici sono riportati in allegato.

Le tabelle e i grafici relativi alle prove DP sono riportate nell'Allegato "Grafici e tabelle prove penetrometriche dinamiche". L'allegato comprende, per ogni prova, un diagramma che rappresenta in ascisse il numero di colpi relativi all'avanzamento di 10 cm della punta e in ordinate la profondità relativa. Sono inoltre riportati, nelle successive tabelle, tutti i valori misurati e il calcolo di alcuni parametri geotecnici caratteristici del terreno. La correlazione tra i dati ottenuti e la prova SPT standard è stata effettuata utilizzando un coefficiente correttivo che tiene conto delle diversità esistenti tra i due tipi di prova. Visto il tipo di penetrometro utilizzato (DPM) e l'intervallo di registrazione del numero di colpi ogni 10 cm (N10) e considerando la natura prevalentemente granulare dei terreni incontrati si è utilizzato il coefficiente correttivo, secondo la correlazione proposta da Cestari (1990):

$N_{10}/N_{spt} = 0.7$ per N10 minore di 8

$N_{10}/N_{spt} = 0.7-0.8$ per N10 da 8 a 13.5

$N_{10}/N_{spt} = 0.8-0.9$ per N10 da 13.5 a 19

$N_{10}/N_{spt} = 0.9-1.0$ per N10 da 19 a 24.5

$N_{10}/N_{spt} = 1.0-1.1$ per N10 da 24.5 a 30

$N_{10}/N_{spt} = 1.2$ per N10 maggiore di 30

Tutti i dati di N_{spt} sono stati normalizzati in funzione della pressione efficace alla quota di misura. Sulla base della seguente equazione:

$$N_{spt}(\text{corretto}) = N_{spt}/\sigma'(v_o)^{0.56} \quad (\text{Jamiolkowski et al., 1985})$$

◆ **Interpretazione**

L'esecuzione delle prove, associata all'analisi dei diagrammi, delle tabelle di prova e ai dati ricavati dallo Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate, ha permesso di elaborare le caratteristiche geotecniche del terreno di seguito riportate.

	PROVA DP1	PROVA DP2	PROVA DP3	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PROPRIETÀ GEOTECNICHE
L I T O Z O N A 1	Da m 0,0 a m 2,1	Da m 0,0 a m 0,7	Da m 0,0 a m 0,7	Sabbia limosa, mediamente addensata	Nspt = 8 colpi $\phi'=30^\circ$ circa γ nat = 1,64 t/m3 γ sat = 1,89 t/m3 DR = 64 %
L I T O Z O N A 2	Da m 2,1 a m 4,3	Da m 0,7 a m 4,4	Da m 0,7 a m 4,4	Sabbia argillosa da poco addensata a sciolta.	Nspt = 2 colpi $\phi'=28^\circ$ circa γ nat = 1,39 t/m3 γ sat = 1,87 t/m3 DR = 33 %
L I T O Z O N A 3	Da m 4,3 a m 5,3	Da m 4,4 a m 5,2	Da m 4,4 a m 5,2	Ghiaia limosa, mediamente addensata	Nspt = 9 colpi $\phi'=31^\circ$ circa γ nat = 1,71 t/m3 γ sat = 1,91 t/m3 DR = 68 %
L I T O Z O N A 4	Da m 5,3 a m 8,7	Da m 5,2 a m 8,2	Da m 5,2 a m 8,2	Sabbia limoso-argillosa, da poco a mediamente addensata.	Nspt = 5 colpi $\phi'=30^\circ$ circa γ nat = 1,54 t/m3 γ sat = 1,89 t/m3 DR = 52 %
L I T O Z O N A 5	Da m 8,7 a m 9,5	Da m 8,2 a m 8,5	Da m 8,2 a m 8,7	Ghiaia limoso-sabbiosa, da mediamente a molto addensata	Nspt = 30 colpi $\phi'=34^\circ$ circa γ nat = 2,06 t/m3 γ sat = 2,17 t/m3 DR = 86 %

Dall'analisi delle prove eseguite si evince che, dopo uno strato superficiale sabbioso-limoso mediamente addensato, è presente un livello con addensamento da scarso a sciolto, spesso 2/3 m, che termina alla profondità di circa 4,4 m.

5.3 VERIFICA DELLA SICUREZZA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI

◆ Normative di riferimento

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

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.

◆ Teoria applicata

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:

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

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

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

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

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

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

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

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

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

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

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

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).

Metodo di Richards et. Al.

Richards, Helm e Budhu (1993) hanno sviluppato una procedura che consente, in condizioni sismiche, di valutare sia il carico limite sia i cedimenti indotti, e quindi di procedere alle verifiche di entrambi gli stati limite (ultimo e di danno). La valutazione del carico limite viene perseguita mediante una semplice estensione del problema del carico limite al caso della presenza di forze di inerzia nel terreno di fondazione dovute al sisma, mentre la stima dei cedimenti viene ottenuta mediante un approccio alla Newmark (cfr. Appendice H di "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" – Associazione Geotecnica Italiana). Gli autori hanno esteso la classica formula trinomia del carico limite:

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

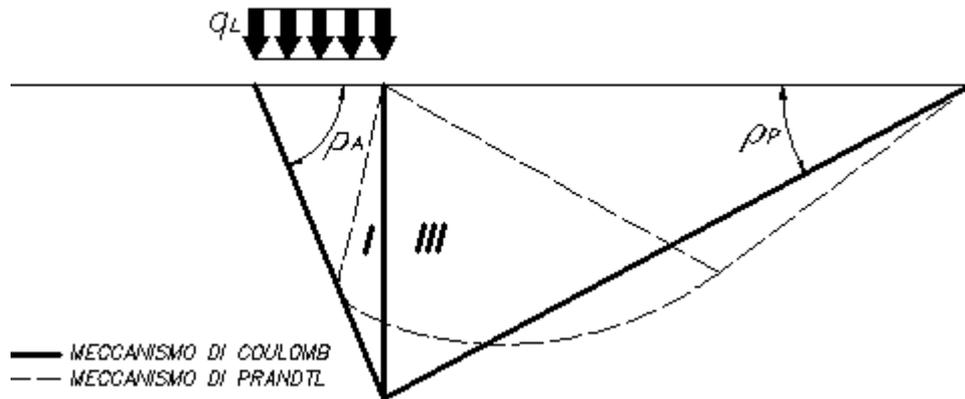
Dove i fattori di capacità portante vengono calcolati con le seguenti formule:

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

$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_\gamma = \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1 \right) \cdot \tan(\rho_{AE})$$

Esaminando con un approccio da equilibrio limite, un meccanismo alla Coulomb e portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. In campo statico, il classico meccanismo di Prandtl può essere infatti approssimato come mostrato nella figura che segue, eliminando la zona di transizione (ventaglio di Prandtl) ridotta alla sola linea AC, che viene riguardata come una parete ideale in equilibrio sotto l'azione della spinta attiva e della spinta passiva che riceve dai cunei I e III:



Schema di calcolo del carico limite (q_L)

Gli autori hanno ricavato le espressioni degli angoli ρ_A e ρ_P che definiscono le zone di spinta attiva e passiva, e dei coefficienti di spinta attiva e passiva K_A e K_P in funzione dell'angolo di attrito interno φ del terreno e dell'angolo di attrito δ terreno – parete ideale:

$$\rho_A = \varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi) \cdot (\tan(\varphi) \cdot \cot(\varphi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\varphi))} - \tan(\varphi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\varphi) + \cot(\varphi))} \right\}$$

$$\rho_P = -\varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi) \cdot (\tan(\varphi) \cdot \cot(\varphi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\varphi))} + \tan(\varphi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\varphi) + \cot(\varphi))} \right\}$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

E' comunque da osservare che l'impiego delle precedenti formule assumendo $\phi=0.5\delta$, conduce a valore dei coefficienti di carico limite molto prossimi a quelli basati su un analisi alla Prandtl. Richards et. Al. hanno quindi esteso l'applicazione del meccanismo di Coulomb al caso sismico, portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. Tali forze di massa, dovute ad accelerazioni $k_h g$ e $k_v g$, agenti rispettivamente in direzione orizzontale e verticale, sono a loro volta pari a $k_h \gamma$ e $k_v \gamma$. Sono

state così ottenute le estensioni delle espressioni di ρ_a e ρ_p , nonché di K_A e K_P , rispettivamente indicate come ρ_{AE} e ρ_{PE} e come K_{AE} e K_{PE} per denotare le condizioni sismiche:

$$\rho_{AE} = (\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot \cot(\varphi - \vartheta)]} - \tan(\varphi - \vartheta)}{1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot (\tan(\varphi - \vartheta) + \cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$\rho_{PE} = -(\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot \cot(\varphi - \vartheta)]} - \tan(\varphi - \vartheta)}{1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot (\tan(\varphi - \vartheta) + \cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \vartheta)}{\cos(\vartheta) \cdot \cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \vartheta)}{\cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi - \vartheta)}{\cos(\vartheta) \cdot \cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \vartheta)}{\cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

I valori di N_q e N_γ sono determinabili ancora avvalendosi delle formule precedenti, impiegando naturalmente le espressioni degli angoli ρ_{AE} e ρ_{PE} e dei coefficienti K_{AE} e K_{PE} relative al caso sismico. In tali espressioni compare l'angolo θ definito come:

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

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 :

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

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

$$z_\gamma = z_q$$

Dove K_h è il coefficiente sismico orizzontale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2018** 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).

$$a_g = a_{gR} \cdot \Gamma_i \text{ è la "design ground acceleration on type A ground".}$$

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

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

5.4 VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO – Valutazione dei cedimenti dei terreni di fondazione

◆ Normative di riferimento

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

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.

◆ Teoria applicata

Metodo di Burland e Burbidge

Qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche per il calcolo dei cedimenti è possibile fare affidamento al metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità I_C al risultato N della prova penetrometrica dinamica. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_S \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_C / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_C \right]$$

nella quale:

q' = pressione efficace lorda;

σ'_{v0} = tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;

B = larghezza della fondazione;

I_C = indice di compressibilità;

f_S , f_H , f_t = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità I_C è legato al valore medio N_{AV} di N_{spt} all'interno di una profondità significativa z :

$$I_C = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Per quanto riguarda i valori di N_{spt} da utilizzare nel calcolo del valore medio N_{AV} va precisato che i valori vanno corretti, per sabbie con componente limosa sotto falda e $N_{spt} > 15$, secondo l'indicazione di Terzaghi e Peck (1948)

$$N_c = 15 + 0.5 (N_{spt} - 15)$$

dove N_c è il valore corretto da usare nei calcoli.

Per depositi ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi il valore corretto è pari a:

$$N_c = 1.25 N_{spt}$$

Le espressioni dei fattori correttivi f_S , f_H ed f_t sono rispettivamente:

$$f_S = \left(\frac{1.25 \cdot L / B}{L / B + 0.25} \right)^2$$
$$f_H = \frac{H}{z_i} \left(2 - \frac{H}{z_i} \right)$$
$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

Con

t = tempo in anni > 3;

R3 = costante pari a 0.3 per carichi statici e 0.7 per carichi dinamici;

R = 0.2 nel caso di carichi statici e 0.8 per carichi dinamici

5.5 RISULTATI

Tenendo conto delle caratteristiche geotecniche del terreno e delle caratteristiche progettuali dell'intervento edilizio in programma, il piano di posa delle fondazioni sarà realizzato interponendo uno strato artificiale costituito da materiale di risulta edile certificato frantumato e vibro compattato. La stratigrafia originaria viene quindi modificata e il modello geotecnico di riferimento sarà il seguente:

		DESCRIZIONE LITOLOGICA	PROPRIETÀ GEOTECNICHE
L I T O Z O N A 1	Da m 0,0 a m 0,7	Sabbia limosa, mediamente addensata	Nspt = 8 colpi $\phi'=30^\circ$ circa γ nat = 1,64 t/m3 γ sat = 1,89 t/m3 DR = 64 %
L I T O Z O N A 2	Da m 0,7 a m 2	Sabbia argillosa da poco addensata a sciolta.	Nspt = 2 colpi $\phi'=28^\circ$ circa γ nat = 1,39 t/m3 γ sat = 1,87 t/m3 DR = 33 %
L I T O Z O N A 3	Da m 2 a m 2,5	Terreno di riporto vibro compattato	Nspt = 18 colpi $\phi'=33^\circ$ γ nat = 1,83 t/m3 γ sat = 1,99 t/m3 DR = 91 % (valori stimati)
L I T O Z O N A 4	Da m 2,5 a m 4,4	Sabbia argillosa da poco addensata a sciolta.	Nspt = 2 colpi $\phi'=28^\circ$ circa γ nat = 1,39 t/m3 γ sat = 1,87 t/m3 DR = 33 %
L I T O Z O N A 5	Da m 4,4 a m 5,2	Ghiaia limosa, mediamente addensata	Nspt = 9 colpi $\phi'=31^\circ$ circa γ nat = 1,71 t/m3 γ sat = 1,91 t/m3 DR = 68 %
L I T O Z O N A 6	Da m 5,2 a m 8	Sabbia limoso-argillosa, da poco a mediamente addensata.	Nspt = 5 colpi $\phi'=30^\circ$ circa γ nat = 1,54 t/m3 γ sat = 1,89 t/m3 DR = 52 %
L I T O Z O N A 7	Da m 8 a m 8,6	Ghiaia limoso-sabbiosa, da mediamente a molto addensata	Nspt = 30 colpi $\phi'=34^\circ$ circa γ nat = 2,06 t/m3 γ sat = 2,17 t/m3 DR = 86 %

FONDAZIONE A

DATI GENERALI

Azione sismica NTC 2018
Zona Via Caravaggio Tradate
Lat./ Long. [WGS84]45.70417/8.901904
Larghezza fondazione 1.9 m
Lunghezza fondazione 19.7 m
Profondità piano di posa 2.0 m
Altezza di incastro 0.8 m
Profondità falda 45.0

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesion e [kN/m ²]	Coesion e non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolid. azione secondaria	Descrizione
2.0	13.6	18.29	28.0	0.0	0.0	1500.0	3500.0	0.0	0.0	0.0	sabbia argillosa
0.5	18.0	19.5	33.0	0.0	0.0	17000.0	19500.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.9	13.6	18.29	28.0	0.0	0.0	1500.0	3500.0	0.0	0.0	0.0	sabbia argillosa
0.8	16.74	18.78	31.0	0.0	0.0	14000.0	17000.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia limosa
3.0	15.15	18.53	30.0	0.0	0.0	11000.0	14000.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
0.6	20.25	21.29	34.0	0.0	0.0	21000.0	24500.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia limosa

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazioni	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	256.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	256.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	256.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	256.46	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	Coesion efficace	Coesion 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	No	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: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 769.39 kN/m²
Resistenza di progetto [Rd] 334.52 kN/m²
Tensione [Ed] 256.46 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 30775.68 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	24.44
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.32
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.06
Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	769.39 kN/m ²
Resistenza di progetto	334.52 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	26.17
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.39
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.19
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.03
Fattore profondità [Dg]	1.19
Fattore inclinazione carichi [Ig]	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	901.66 kN/m ²
Resistenza di progetto	392.03 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	32.59
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.23
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	905.22 kN/m ²
Resistenza di progetto	393.57 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	24.44
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.32
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.06
Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	769.39 kN/m ²
Resistenza di progetto	334.52 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	26.17
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.39
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.19
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.03

Fattore profondità [Dg]	1.19
Fattore inclinazione carichi [Ig]	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	901.66 kN/m ²
Resistenza di progetto	392.03 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	32.59
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.23
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	905.22 kN/m ²
Resistenza di progetto	393.57 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	150.0	kN/m ²
Tempo	0.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.836	
Media dei valori di Nspt all'interno di Zi	12.8	
Fattore di forma fs	1.49	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1	
Indice di compressibilità	0.048	
Cedimento	14.8	mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	150.0	kN/m ²
Tempo	30.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.836	
Media dei valori di Nspt all'interno di Zi	12.8	
Fattore di forma fs	1.49	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1.5	
Indice di compressibilità	0.048	
Cedimento	20.201	mm

FONDAZIONE C

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018
Zona	Via Caravaggio Tradate
Lat./ Long. [WGS84]	45.70417/8.901904
Larghezza fondazione	0.55 m
Lunghezza fondazione	7.95 m
Profondità piano di posa	2.0 m
Altezza di incastro	0.8 m
Profondità falda	45.0

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolid. azione secondaria	Descrizione
2.0	13.6	18.29	28.0	0.0	0.0	1500.0	3500.0	0.0	0.0	0.0	sabbia argillosa
0.5	18.0	19.5	33.0	0.0	0.0	17000.0	19500.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.9	13.6	18.29	28.0	0.0	0.0	1500.0	3500.0	0.0	0.0	0.0	sabbia argillosa
0.8	16.74	18.78	31.0	0.0	0.0	14000.0	17000.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia limosa
3.0	15.15	18.53	30.0	0.0	0.0	11000.0	14000.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
0.6	20.25	21.29	34.0	0.0	0.0	21000.0	24500.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia limosa

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazioni	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	172.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	172.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	172.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	172.78	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	Coeff. Rid. Capacità portante verticale	Coeff. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	No	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: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	518.33 kN/m ²
Resistenza di progetto [Rd]	225.36 kN/m ²
Tensione [Ed]	172.78 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3.0
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 20733.02 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	24.44
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.52
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.04
Fattore profondità [Dq]	1.35
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	518.33 kN/m ²
Resistenza di progetto	225.36 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	26.17
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	2.34
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.02
Fattore profondità [Dq]	1.67
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.02
Fattore profondità [Dg]	1.67
Fattore inclinazione carichi [Ig]	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	706.47 kN/m ²
Resistenza di progetto	307.16 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	32.59
Fattore forma [Sc]	1.04
Fattore profondità [Dc]	1.36
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0

\

Fattore profondità [Dg]	1.67
Fattore inclinazione carichi [Ig]	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	706.47 kN/m ²
Resistenza di progetto	307.16 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	32.59
Fattore forma [Sc]	1.04
Fattore profondità [Dc]	1.36
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.04
Fattore profondità [Dq]	1.35
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.98
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	555.88 kN/m ²
Resistenza di progetto	241.69 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	170.0 kN/m ²
Tempo	0.0
Profondità significativa Zi (m)	1.836
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	12.8
Fattore di forma fs	1.51
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1
Indice di compressibilità	0.048
Cedimento	7.253 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	170.0 kN/m ²
Tempo	30.0
Profondità significativa Zi (m)	1.836
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	12.8
Fattore di forma fs	1.51
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1.5
Indice di compressibilità	0.048
Cedimento	10.88 mm

FONDAZIONE T

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018
Zona	Via Caravaggio Tradate
Lat./ Long. [WGS84]	45.70417/8.901904
Larghezza fondazione	1.0 m
Lunghezza fondazione	2.55 m
Profondità piano di posa	2.0 m
Altezza di incastro	0.8 m
Profondità falda	45.0

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesion e [kN/m ²]	Coesion e non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolid. azione secondaria	Descrizione
2.0	13.6	18.29	28.0	0.0	0.0	1500.0	3500.0	0.0	0.0	0.0	sabbia argillosa
0.5	18.0	19.5	33.0	0.0	0.0	17000.0	19500.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.9	13.6	18.29	28.0	0.0	0.0	1500.0	3500.0	0.0	0.0	0.0	sabbia argillosa
0.8	16.74	18.78	31.0	0.0	0.0	14000.0	17000.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia limosa
3.0	15.15	18.53	30.0	0.0	0.0	11000.0	14000.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
0.6	20.25	21.29	34.0	0.0	0.0	21000.0	24500.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia limosa

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazioni	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	215.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	215.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	215.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	215.95	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	Coesion efficace	Coesion 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	No	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: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	647.85 kN/m ²
Resistenza di progetto [Rd]	281.68 kN/m ²
Tensione [Ed]	215.95 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3.0
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 25914.13 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	24.44
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.44
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.25
Fattore profondità [Dq]	1.3
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.84
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	647.85 kN/m ²
Resistenza di progetto	281.68 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	26.17
Fattore forma [Sc]	1.27
Fattore profondità [Dc]	1.74
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.13
Fattore profondità [Dq]	1.37
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.13
Fattore profondità [Dg]	1.37
Fattore inclinazione carichi [Ig]	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	805.22 kN/m ²
Resistenza di progetto	350.1 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	32.59
Fattore forma [Sc]	1.22
Fattore profondità [Dc]	1.31
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.21
Fattore profondità [Dq]	1.3
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.88
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	706.04 kN/m ²
Resistenza di progetto	306.97 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	24.44
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.44
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.25
Fattore profondità [Dq]	1.3
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.84
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	647.85 kN/m ²
Resistenza di progetto	281.68 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	26.17
Fattore forma [Sc]	1.27
Fattore profondità [Dc]	1.74
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.13
Fattore profondità [Dq]	1.37
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.13

Fattore profondità [Dg]	1.37
Fattore inclinazione carichi [Ig]	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	805.22 kN/m ²
Resistenza di progetto	350.1 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	32.59
Fattore forma [Sc]	1.22
Fattore profondità [Dc]	1.31
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.21
Fattore profondità [Dq]	1.3
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.88
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	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	706.04 kN/m ²
Resistenza di progetto	306.97 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]Verificata

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	200.0 kN/m ²	
Tempo	0.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.836	
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	12.8	
Fattore di forma fs	1.296	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1	
Indice di compressibilità	0.048	
Cedimento	11.33 mm	

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	200.0 kN/m ²	
Tempo	30.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.836	
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	12.8	
Fattore di forma fs	1.296	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1.5	
Indice di compressibilità	0.048	
Cedimento	16.995 mm	

6 ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO

L'analisi sismica di secondo livello consiste in una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi per il sito oggetto della presente relazione e si traduce in una stima della risposta sismica dei terreni in termini di fattore di amplificazione (Fa).

In base all'analisi di primo livello eseguita nel corso dello Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate, dove l'area in oggetto ricade in PSL Z4a, l'analisi di secondo livello è riferita ad uno scenario soggetto ad amplificazione di tipo litologico e/o stratigrafico, in presenza di onde generate da un sisma.

La valutazione del fattore di amplificazione Fa, ottenuto elaborando i dati forniti ad esempio da una prova MASW, viene confrontata con i valori di **Fa comunali detti "di soglia"** forniti dalla banca dati di Regione Lombardia in uno specifico elenco, a seconda del tipo di terreno che caratterizza il sito (A, B, C o D) e dei due intervalli di periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio della Regione Lombardia; in particolare l'intervallo tra 0,1-0,5 secondi si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5-1,5 secondi si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Le categorie di sottosuolo che Regione Lombardia considera si riferiscono all'elenco presente nel D.M. 17/01/2018 e sono di seguito elencate in tabella 1:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

I valori di Fa “di soglia” stabiliti da Regione Lombardia, per il Comune di Tradate sono elencati nella seguenti tabella (tabelle 2 e 3):

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0,1 – 0,5 s			
Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
1,4	1,8	2,2	2,0

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0,5 – 1,5 s			
Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
1,7	2,4	4,2	3,1

A circa 150 m a sud del sito di interesse è stata eseguita una prova attiva MASW in occasione della stesura dello Studio geologico a supporto del PGT di Tradate.

La prova MASW consente di determinare in dettaglio l'andamento della velocità delle onde sismiche di Taglio (onde S), in funzione della profondità attraversata dalla propagazione delle onde superficiali di Rayleigh. Le onde superficiali vengono emesse da una sorgente impulsiva posta sul piano campagna. Le onde che percorrono il sottosuolo vengono riflesse (in parte) ritornando in superficie. Qui vengono registrate da una serie di ricevitori (geofoni) disposti in uno stendimento lineare. Di norma lo è stendimento realizzato da 24 geofoni con il sistema di acquisizione posto nel centro dello stendimento. La sorgente impulsiva consiste in una mazza da 8 Kg battente su un piattello metallico. L'energizzazione è stata ripetuta per 4 volte in entrambi gli estremi dello stendimento, al fine di acquisire un numero di dati sufficiente a definire le esatte velocità ed escludere eventuali rumori di fondo.

L'esito della prospezione MASW ha permesso di identificare un terreno con V_{eq} , velocità delle onde di taglio equivalenti, uguale a 517 m/s.

Questo dato permette di identificare la categoria di terreno indicato in tabella 1. La categoria in cui rientra il terreno dell'area oggetto di indagine è **B**, ovvero "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità ed a valori della velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."

L'analisi di secondo livello procede con la scelta di una delle tipologie di schede proposte per effetti litologici all'interno dell'allegato 5 della d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616. L'andamento delle V_s ricavate dalla MASW in allegato deve rientrare nel campo di validità della scheda. Le scheda utilizzata per il confronto con le F_a calcolate e di soglia è quella GHIAIOSA illustrata di seguito (figure 11 e 12) con due correlazioni di $T - F_a$, una per l'intervallo 0,1 – 0,5 s e una per l'intervallo 0,5 – 1,5 s, dove **T** è definito come **periodo proprio del sito** e viene ricavato mediante la formula:

$$T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità di ogni strato del modello adottato.

Il periodo proprio del sito oggetto dell'indagine è stato calcolato in **0,27 s**.

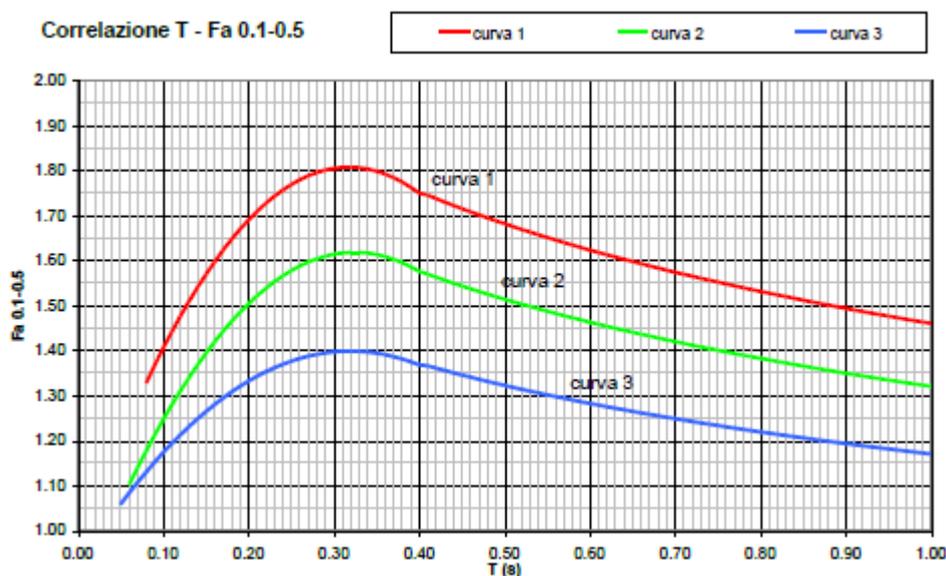


Figura 11: scheda litologia GHIAIOSA per $T = 0,1 - 0,5$ s

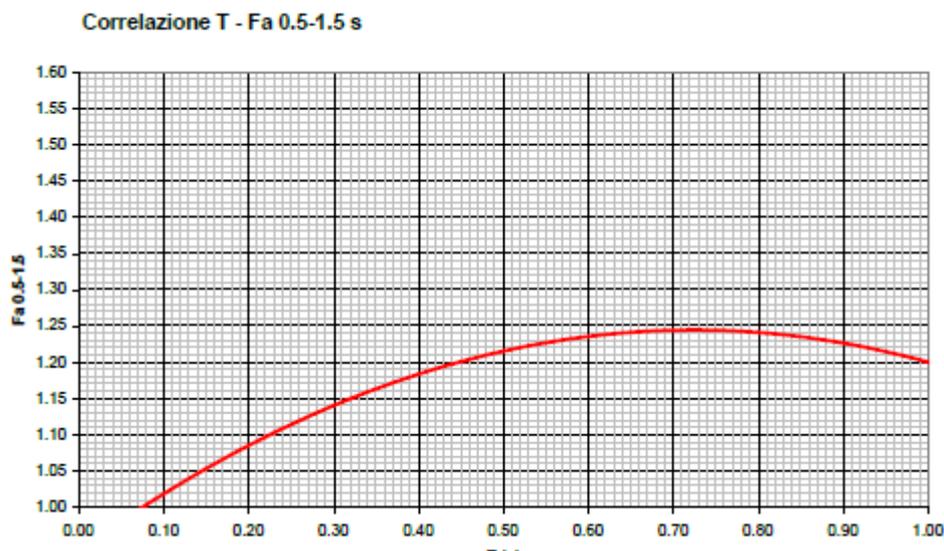


Figura 12: scheda litologia GHIAIOSA per $T = 0,5 - 1,5$ s

In base ai criteri regionali, lo strato superficiale deve avere almeno 4 m di spessore; qualora sia inferiore, andrà utilizzato lo strato superficiale equivalente, a cui si è assegnata come velocità V_s la media pesata delle velocità degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore. Lo strato superficiale individuato nella prova MASW sarà l'equivalente con spessore 6,6 m avente V_s media pesata pari a 303,87 m/s. La V_s così calcolata e lo spessore dello strato discrimina quale delle curve scegliere (sopra indicate) per identificare la F_a del sito, in base alla scheda riportata di seguito (figura 13):

Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1									
250				2	2	2								
300				3	3	3	3							
350				3	3	3	3	3						
400				3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Velocità primo strato (m/s)

Figura 13: scheda utilizzata per selezionare il tipo di curva in funzione dello spessore dello strato superficiale e della velocità delle onde.

La curva da analizzare sarà la curva 3 (blu).

Per l'intervallo 0,1 – 0,5 s la funzione che determina l'andamento della curva blu è la seguente:

3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$

Per l'intervallo 0,5 – 1,5 s la funzione che determina l'andamento della curva è la seguente:

$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Confrontando i valori di Fa ricavati e i valori di Fa fissati da Regione Lombardia si può verificare che i valori di Fa calcolata sono inferiori ai valori di soglia corrispondenti (figure 14 e 15)

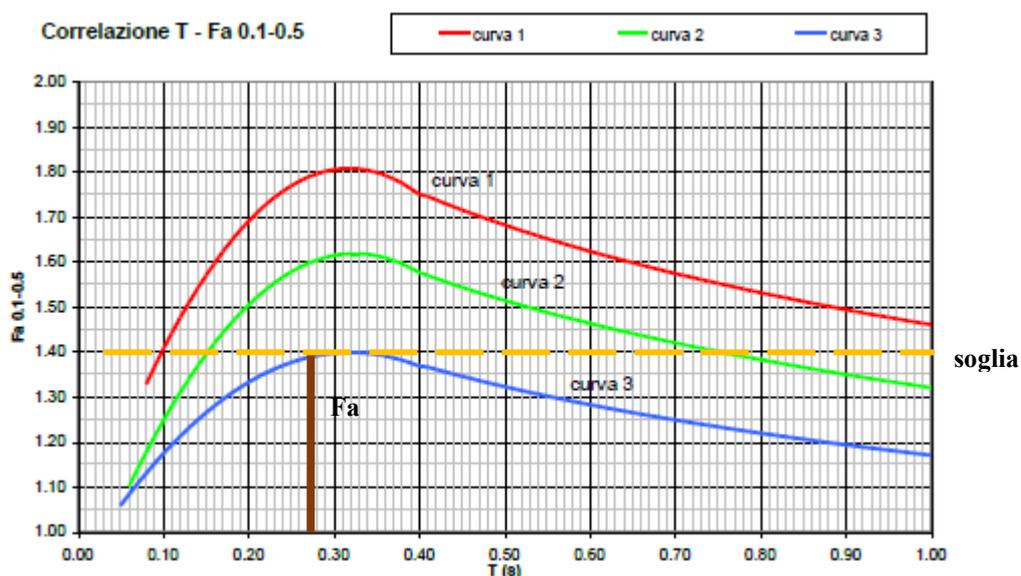


Figura 14: Fa risulta essere inferiore al valore di soglia (1,4)

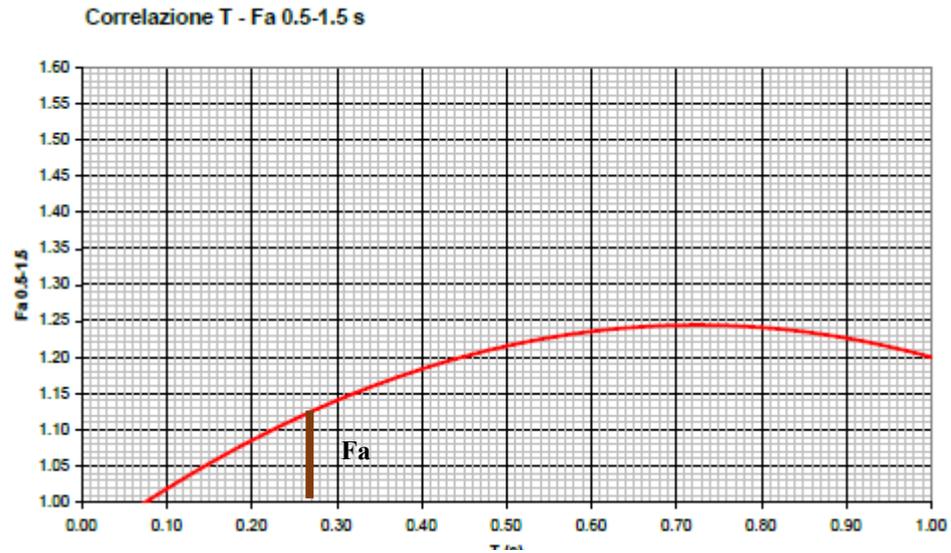


Figura 15: Fa risulta essere inferiore al valore di soglia (1,7)

In entrambi i casi, in base al calcolo di Fa, la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito

10 CONCLUSIONI

Nell'area interna al Centro Sportivo "C.M.Uslenghi" di Via Caravaggio in Comune di Tradate, è in progetto la realizzazione di un nuovo corpo spogliatoio di servizio al campo n.2.

La zona interessata dal progetto è posizionata in un'area parzialmente interessata dalla fascia di rispetto (predisposta con criterio geometrico) del pozzo di Via dei Pradacci.

Nella Carta di Fattibilità Geologica contenuta nello studio Geologico a supporto del PGT di Tradate, l'area rientra in classe di fattibilità 2b ovvero: fattibilità con modeste limitazioni legate alla verifica puntuale dei terreni portanti.

Sul sito è stata svolta un'indagine geognostica costituita dall'esecuzione dall'esecuzione di 3 prove penetrometriche dinamiche.

Dall'analisi dei dati riportati nel paragrafo 5.2.2 si evince che le caratteristiche geotecniche del terreno risultano essere scarse, almeno fino a circa 4,3 m di profondità. Questo dato ha portato il progettista a ipotizzare un terreno di fondazione artificiale costituito da uno strato spesso 50 cm di materiale certificato vibro compattato posizionato tra 2 e 2,5 m di profondità dal piano campagna.

Nel corso dell'esecuzione delle prove penetrometriche non è stata rilevata la presenza di acqua e le aste in estrazione risultavano asciutte.

L'esecuzione della prova MASW, eseguita a poca distanza dal sito di interesse, nel corso della redazione dello Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate (Dott. Geol. Marco Parmigiani – novembre 2010 con aggiornamento eseguito nel giugno 2014), ha permesso di eseguire l'analisi sismica di 2° livello che ha verificato come il Fattore di amplificazione del sito risulta essere al di sotto delle Fa di soglia disposte da Regione Lombardia.

Luglio 2019

Il Tecnico:

Dott. Geol. Michele Salvatore

GRAFICI E TABELLE PROVE PENETROMETRICHE DP

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPM (Medium)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPM (Medium)

PESO MASSA BATTENTE	M = 30.00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0.50 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 18.00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35.70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10.00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1.00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6.00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0.80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 15.00 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.916$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm ² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar = 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

21050 CastelSeprio (VA)

Riferimento: TRADATE_Europa

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 1

- committente :
- lavoro : Viale Europa 1
- località : Tradate (VA)
- note :

- data : 02/07/2019
- quota inizio : 0.0 m p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.10	10	83.3	---	1	4.80 - 4.90	18	96.4	---	6
0.10 - 0.20	12	100.0	---	1	4.90 - 5.00	18	96.4	---	6
0.20 - 0.30	13	108.3	---	1	5.00 - 5.10	17	91.1	---	6
0.30 - 0.40	14	116.7	---	1	5.10 - 5.20	13	69.6	---	6
0.40 - 0.50	15	125.0	---	1	5.20 - 5.30	11	58.9	---	6
0.50 - 0.60	14	116.7	---	1	5.30 - 5.40	8	42.9	---	6
0.60 - 0.70	12	100.0	---	1	5.40 - 5.50	9	48.2	---	6
0.70 - 0.80	12	100.0	---	1	5.50 - 5.60	5	26.8	---	6
0.80 - 0.90	11	82.5	---	2	5.60 - 5.70	5	26.8	---	6
0.90 - 1.00	9	67.5	---	2	5.70 - 5.80	13	69.6	---	6
1.00 - 1.10	8	60.0	---	2	5.80 - 5.90	16	80.0	---	7
1.10 - 1.20	9	67.5	---	2	5.90 - 6.00	9	45.0	---	7
1.20 - 1.30	11	82.5	---	2	6.00 - 6.10	5	25.0	---	7
1.30 - 1.40	10	75.0	---	2	6.10 - 6.20	9	45.0	---	7
1.40 - 1.50	8	60.0	---	2	6.20 - 6.30	9	45.0	---	7
1.50 - 1.60	11	82.5	---	2	6.30 - 6.40	11	55.0	---	7
1.60 - 1.70	16	120.0	---	2	6.40 - 6.50	8	40.0	---	7
1.70 - 1.80	11	82.5	---	2	6.50 - 6.60	12	60.0	---	7
1.80 - 1.90	10	68.2	---	3	6.60 - 6.70	7	35.0	---	7
1.90 - 2.00	14	95.5	---	3	6.70 - 6.80	4	20.0	---	7
2.00 - 2.10	13	88.6	---	3	6.80 - 6.90	3	14.1	---	8
2.10 - 2.20	8	54.5	---	3	6.90 - 7.00	8	37.5	---	8
2.20 - 2.30	8	54.5	---	3	7.00 - 7.10	11	51.6	---	8
2.30 - 2.40	8	54.5	---	3	7.10 - 7.20	12	56.3	---	8
2.40 - 2.50	8	54.5	---	3	7.20 - 7.30	8	37.5	---	8
2.50 - 2.60	8	54.5	---	3	7.30 - 7.40	8	37.5	---	8
2.60 - 2.70	9	61.4	---	3	7.40 - 7.50	8	37.5	---	8
2.70 - 2.80	8	54.5	---	3	7.50 - 7.60	6	28.1	---	8
2.80 - 2.90	6	37.5	---	4	7.60 - 7.70	3	14.1	---	8
2.90 - 3.00	6	37.5	---	4	7.70 - 7.80	7	32.8	---	8
3.00 - 3.10	5	31.3	---	4	7.80 - 7.90	9	39.7	---	9
3.10 - 3.20	5	31.3	---	4	7.90 - 8.00	11	48.5	---	9
3.20 - 3.30	5	31.3	---	4	8.00 - 8.10	9	39.7	---	9
3.30 - 3.40	4	25.0	---	4	8.10 - 8.20	6	26.5	---	9
3.40 - 3.50	4	25.0	---	4	8.20 - 8.30	7	30.9	---	9
3.50 - 3.60	5	31.3	---	4	8.30 - 8.40	6	26.5	---	9
3.60 - 3.70	5	31.3	---	4	8.40 - 8.50	7	30.9	---	9
3.70 - 3.80	5	31.3	---	4	8.50 - 8.60	5	22.1	---	9
3.80 - 3.90	5	28.8	---	5	8.60 - 8.70	9	39.7	---	9
3.90 - 4.00	7	40.4	---	5	8.70 - 8.80	15	66.2	---	9
4.00 - 4.10	7	40.4	---	5	8.80 - 8.90	19	79.2	---	10
4.10 - 4.20	7	40.4	---	5	8.90 - 9.00	33	137.5	---	10
4.20 - 4.30	8	46.2	---	5	9.00 - 9.10	33	137.5	---	10
4.30 - 4.40	30	173.1	---	5	9.10 - 9.20	51	212.5	---	10
4.40 - 4.50	64	369.2	---	5	9.20 - 9.30	58	241.7	---	10
4.50 - 4.60	35	201.9	---	5	9.30 - 9.40	61	254.2	---	10
4.60 - 4.70	29	167.3	---	5	9.40 - 9.50	100	416.7	---	10
4.70 - 4.80	22	126.9	---	5					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPM (Medium)**

- M (massa battente)= 30.00 kg - H (altezza caduta)= 0.50 m - A (area punta)= 10.00 cm² - D(diam. punta)= 35.70 mm

- Numero Colpi Punta N = N(10) [δ = 10 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

21050 CastelSeprio (VA)

Riferimento: TRADATE_Europa

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 2

- committente :
- lavoro : Viale Europa 1
- località : Tradate (VA)
- note :

- data : 02/07/2019
- quota inizio : 0.0 m p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.10	7	58.3	---	1	4.30 - 4.40	4	23.1	---	5
0.10 - 0.20	16	133.3	---	1	4.40 - 4.50	7	40.4	---	5
0.20 - 0.30	13	108.3	---	1	4.50 - 4.60	25	144.2	---	5
0.30 - 0.40	10	83.3	---	1	4.60 - 4.70	13	75.0	---	5
0.40 - 0.50	11	91.7	---	1	4.70 - 4.80	8	46.2	---	5
0.50 - 0.60	7	58.3	---	1	4.80 - 4.90	10	53.6	---	6
0.60 - 0.70	4	33.3	---	1	4.90 - 5.00	12	64.3	---	6
0.70 - 0.80	3	25.0	---	1	5.00 - 5.10	10	53.6	---	6
0.80 - 0.90	3	22.5	---	2	5.10 - 5.20	8	42.9	---	6
0.90 - 1.00	2	15.0	---	2	5.20 - 5.30	6	32.1	---	6
1.00 - 1.10	2	15.0	---	2	5.30 - 5.40	5	26.8	---	6
1.10 - 1.20	2	15.0	---	2	5.40 - 5.50	6	32.1	---	6
1.20 - 1.30	2	15.0	---	2	5.50 - 5.60	6	32.1	---	6
1.30 - 1.40	1	7.5	---	2	5.60 - 5.70	8	42.9	---	6
1.40 - 1.50	1	7.5	---	2	5.70 - 5.80	5	26.8	---	6
1.50 - 1.60	1	7.5	---	2	5.80 - 5.90	4	20.0	---	7
1.60 - 1.70	1	7.5	---	2	5.90 - 6.00	6	30.0	---	7
1.70 - 1.80	1	7.5	---	2	6.00 - 6.10	7	35.0	---	7
1.80 - 1.90	1	6.8	---	3	6.10 - 6.20	13	65.0	---	7
1.90 - 2.00	6	40.9	---	3	6.20 - 6.30	5	25.0	---	7
2.00 - 2.10	2	13.6	---	3	6.30 - 6.40	2	10.0	---	7
2.10 - 2.20	2	13.6	---	3	6.40 - 6.50	6	30.0	---	7
2.20 - 2.30	7	47.7	---	3	6.50 - 6.60	8	40.0	---	7
2.30 - 2.40	2	13.6	---	3	6.60 - 6.70	5	25.0	---	7
2.40 - 2.50	2	13.6	---	3	6.70 - 6.80	6	30.0	---	7
2.50 - 2.60	1	6.8	---	3	6.80 - 6.90	5	23.4	---	8
2.60 - 2.70	1	6.8	---	3	6.90 - 7.00	7	32.8	---	8
2.70 - 2.80	1	6.8	---	3	7.00 - 7.10	7	32.8	---	8
2.80 - 2.90	1	6.3	---	4	7.10 - 7.20	7	32.8	---	8
2.90 - 3.00	1	6.3	---	4	7.20 - 7.30	7	32.8	---	8
3.00 - 3.10	1	6.3	---	4	7.30 - 7.40	24	112.5	---	8
3.10 - 3.20	1	6.3	---	4	7.40 - 7.50	12	56.3	---	8
3.20 - 3.30	1	6.3	---	4	7.50 - 7.60	6	28.1	---	8
3.30 - 3.40	2	12.5	---	4	7.60 - 7.70	5	23.4	---	8
3.40 - 3.50	2	12.5	---	4	7.70 - 7.80	9	42.2	---	8
3.50 - 3.60	1	6.3	---	4	7.80 - 7.90	7	30.9	---	9
3.60 - 3.70	1	6.3	---	4	7.90 - 8.00	6	26.5	---	9
3.70 - 3.80	1	6.3	---	4	8.00 - 8.10	6	26.5	---	9
3.80 - 3.90	1	5.8	---	5	8.10 - 8.20	5	22.1	---	9
3.90 - 4.00	2	11.5	---	5	8.20 - 8.30	35	154.4	---	9
4.00 - 4.10	2	11.5	---	5	8.30 - 8.40	22	97.1	---	9
4.10 - 4.20	2	11.5	---	5	8.40 - 8.50	56	247.1	---	9
4.20 - 4.30	2	11.5	---	5	8.50 - 8.60	100	441.2	---	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPM (Medium)**

- M (massa battente)= 30.00 kg - H (altezza caduta)= 0.50 m - A (area punta)= 10.00 cm² - D (diam. punta)= 35.70 mm

- Numero Colpi Punta N = N(10) [$\delta = 10$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

21050 CastelSeprio (VA)

Riferimento: TRADATE_Europa

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 3

- committente :
- lavoro : Viale Europa 1
- località : Tradate (VA)
- note :

- data : 02/07/2019
- quota inizio : 0.0 m p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0.00 - 0.10	11	91.7	---	1	4.40 - 4.50	11	63.5	---	5
0.10 - 0.20	17	141.7	---	1	4.50 - 4.60	17	98.1	---	5
0.20 - 0.30	17	141.7	---	1	4.60 - 4.70	23	132.7	---	5
0.30 - 0.40	24	200.0	---	1	4.70 - 4.80	10	57.7	---	5
0.40 - 0.50	15	125.0	---	1	4.80 - 4.90	7	37.5	---	6
0.50 - 0.60	11	91.7	---	1	4.90 - 5.00	14	75.0	---	6
0.60 - 0.70	6	50.0	---	1	5.00 - 5.10	11	58.9	---	6
0.70 - 0.80	3	25.0	---	1	5.10 - 5.20	9	48.2	---	6
0.80 - 0.90	3	22.5	---	2	5.20 - 5.30	7	37.5	---	6
0.90 - 1.00	2	15.0	---	2	5.30 - 5.40	7	37.5	---	6
1.00 - 1.10	2	15.0	---	2	5.40 - 5.50	6	32.1	---	6
1.10 - 1.20	1	7.5	---	2	5.50 - 5.60	7	37.5	---	6
1.20 - 1.30	1	7.5	---	2	5.60 - 5.70	9	48.2	---	6
1.30 - 1.40	1	7.5	---	2	5.70 - 5.80	4	21.4	---	6
1.40 - 1.50	1	7.5	---	2	5.80 - 5.90	5	25.0	---	7
1.50 - 1.60	4	30.0	---	2	5.90 - 6.00	4	20.0	---	7
1.60 - 1.70	1	7.5	---	2	6.00 - 6.10	7	35.0	---	7
1.70 - 1.80	2	15.0	---	2	6.10 - 6.20	11	55.0	---	7
1.80 - 1.90	3	20.5	---	3	6.20 - 6.30	7	35.0	---	7
1.90 - 2.00	6	40.9	---	3	6.30 - 6.40	3	15.0	---	7
2.00 - 2.10	4	27.3	---	3	6.40 - 6.50	6	30.0	---	7
2.10 - 2.20	6	40.9	---	3	6.50 - 6.60	8	40.0	---	7
2.20 - 2.30	9	61.4	---	3	6.60 - 6.70	6	30.0	---	7
2.30 - 2.40	8	54.5	---	3	6.70 - 6.80	6	30.0	---	7
2.40 - 2.50	6	40.9	---	3	6.80 - 6.90	6	28.1	---	8
2.50 - 2.60	5	34.1	---	3	6.90 - 7.00	6	28.1	---	8
2.60 - 2.70	3	20.5	---	3	7.00 - 7.10	7	32.8	---	8
2.70 - 2.80	1	6.8	---	3	7.10 - 7.20	7	32.8	---	8
2.80 - 2.90	1	6.3	---	4	7.20 - 7.30	8	37.5	---	8
2.90 - 3.00	1	6.3	---	4	7.30 - 7.40	18	84.4	---	8
3.00 - 3.10	1	6.3	---	4	7.40 - 7.50	13	60.9	---	8
3.10 - 3.20	1	6.3	---	4	7.50 - 7.60	7	32.8	---	8
3.20 - 3.30	1	6.3	---	4	7.60 - 7.70	7	32.8	---	8
3.30 - 3.40	1	6.3	---	4	7.70 - 7.80	8	37.5	---	8
3.40 - 3.50	1	6.3	---	4	7.80 - 7.90	9	39.7	---	9
3.50 - 3.60	1	6.3	---	4	7.90 - 8.00	7	30.9	---	9
3.60 - 3.70	1	6.3	---	4	8.00 - 8.10	5	22.1	---	9
3.70 - 3.80	1	6.3	---	4	8.10 - 8.20	5	22.1	---	9
3.80 - 3.90	1	5.8	---	5	8.20 - 8.30	27	119.1	---	9
3.90 - 4.00	1	5.8	---	5	8.30 - 8.40	33	145.6	---	9
4.00 - 4.10	1	5.8	---	5	8.40 - 8.50	51	225.0	---	9
4.10 - 4.20	1	5.8	---	5	8.50 - 8.60	53	233.8	---	9
4.20 - 4.30	4	23.1	---	5	8.60 - 8.70	100	441.2	---	9
4.30 - 4.40	4	23.1	---	5					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPM (Medium)**

- M (massa battente)= 30.00 kg - H (altezza caduta)= 0.50 m - A (area punta)= 10.00 cm² - D(diam. punta)= 35.70 mm

- Numero Colpi Punta N = N(10) [$\delta = 10$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **S1**

Software by: Dr. D. MERLIN - 0425940000

21050 CastelSeprio (VA)

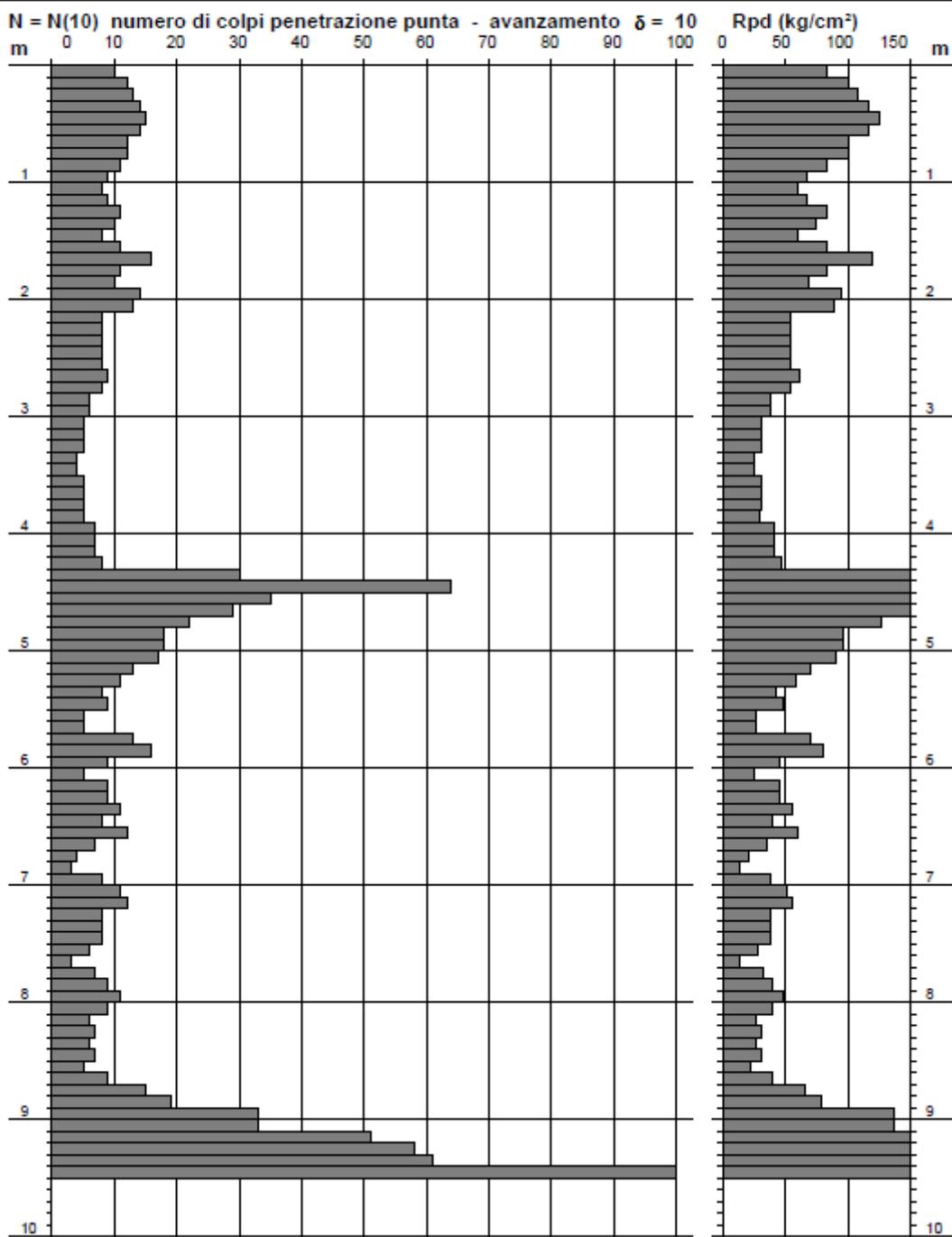
Riferimento: TRADATE_Europa

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente :		- data :	02/07/2019
- lavoro :	Viale Europa 1	- quota inizio :	0.0 m p.c.
- località :	Tradate (VA)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



Software by: Dr. D. MERRILL - GCS/MS/0005

21050 CastelSeprio (VA)

Riferimento: TRADATE_Europ.

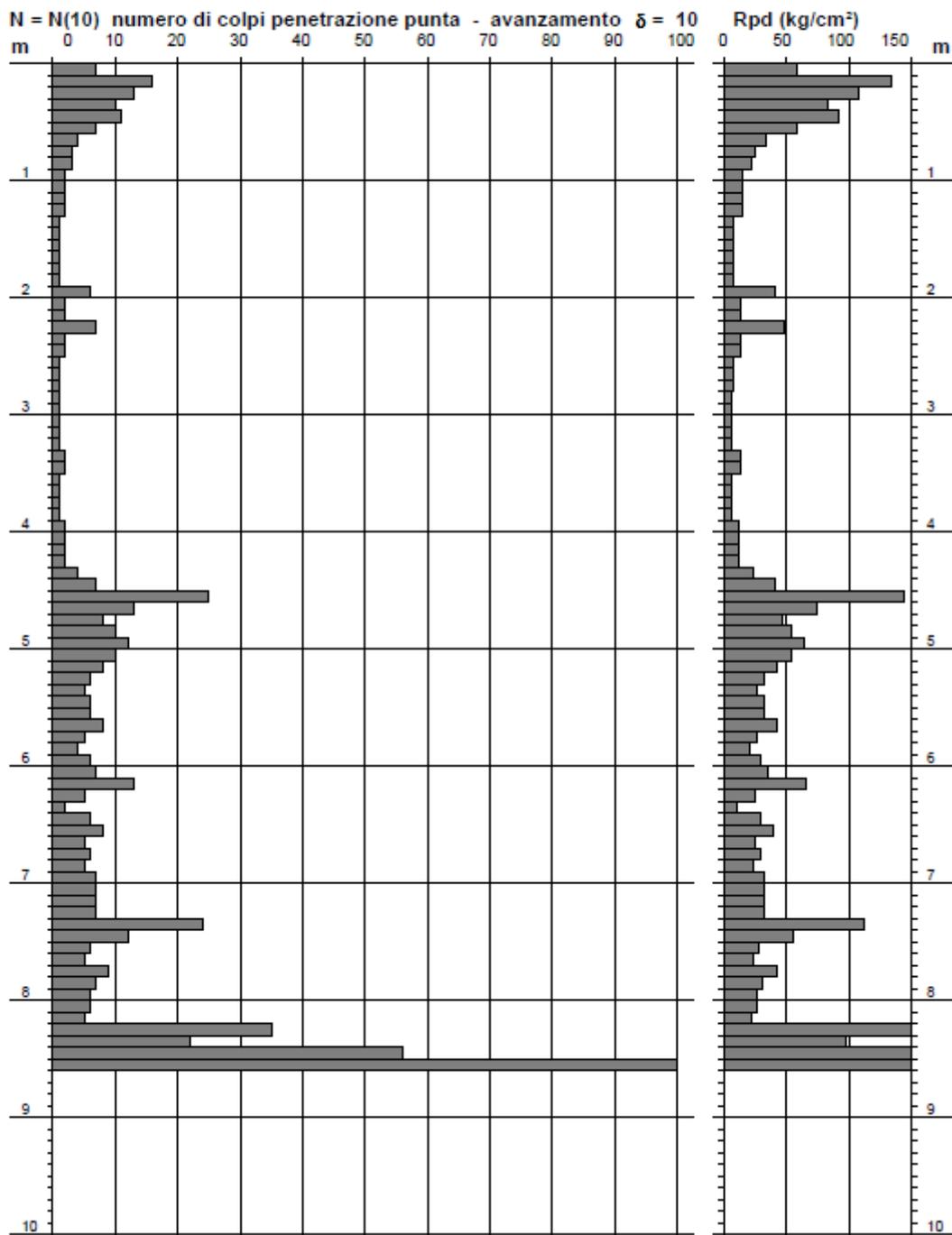
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente :
- lavoro : Viale Europa 1
- località : Tradate (VA)
- note :

- data : 02/07/2019
- quota inizio : 0.0 m p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



Software by: Dr. D. MERLIN - DAC5M4000

21050 CastelSeprio (VA)

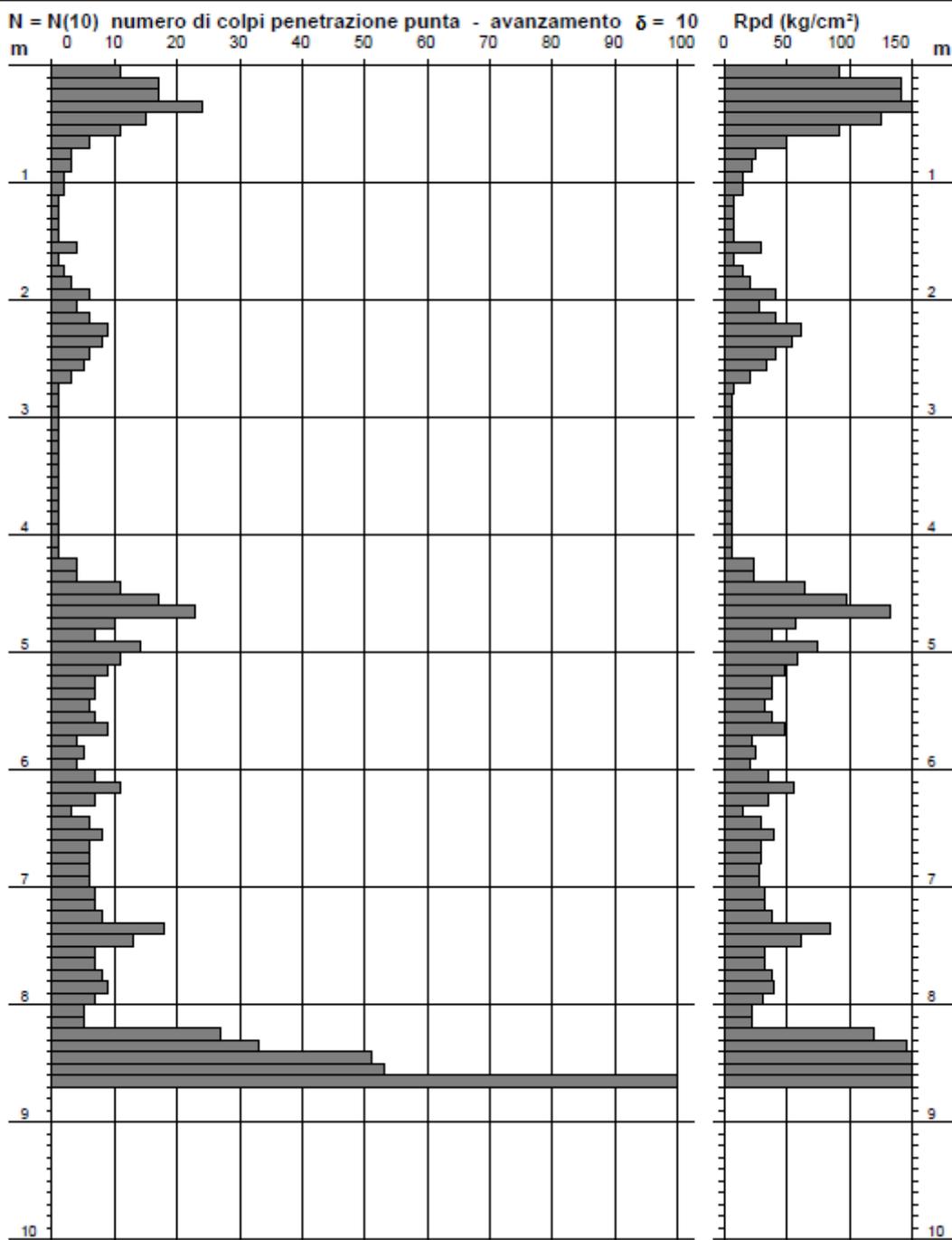
Riferimento: TRADATE_Europa

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

DIN 3

Scala 1: 50

- committente :		- data :	02/07/2019
- lavoro :	Viale Europa 1	- quota inizio :	0.0 m p.c.
- località :	Tradate (VA)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



Software by: Dr. D. MERRILL - GCSRM2005

RICOSTRUZIONE COLONNE STRATIGRAFICHE

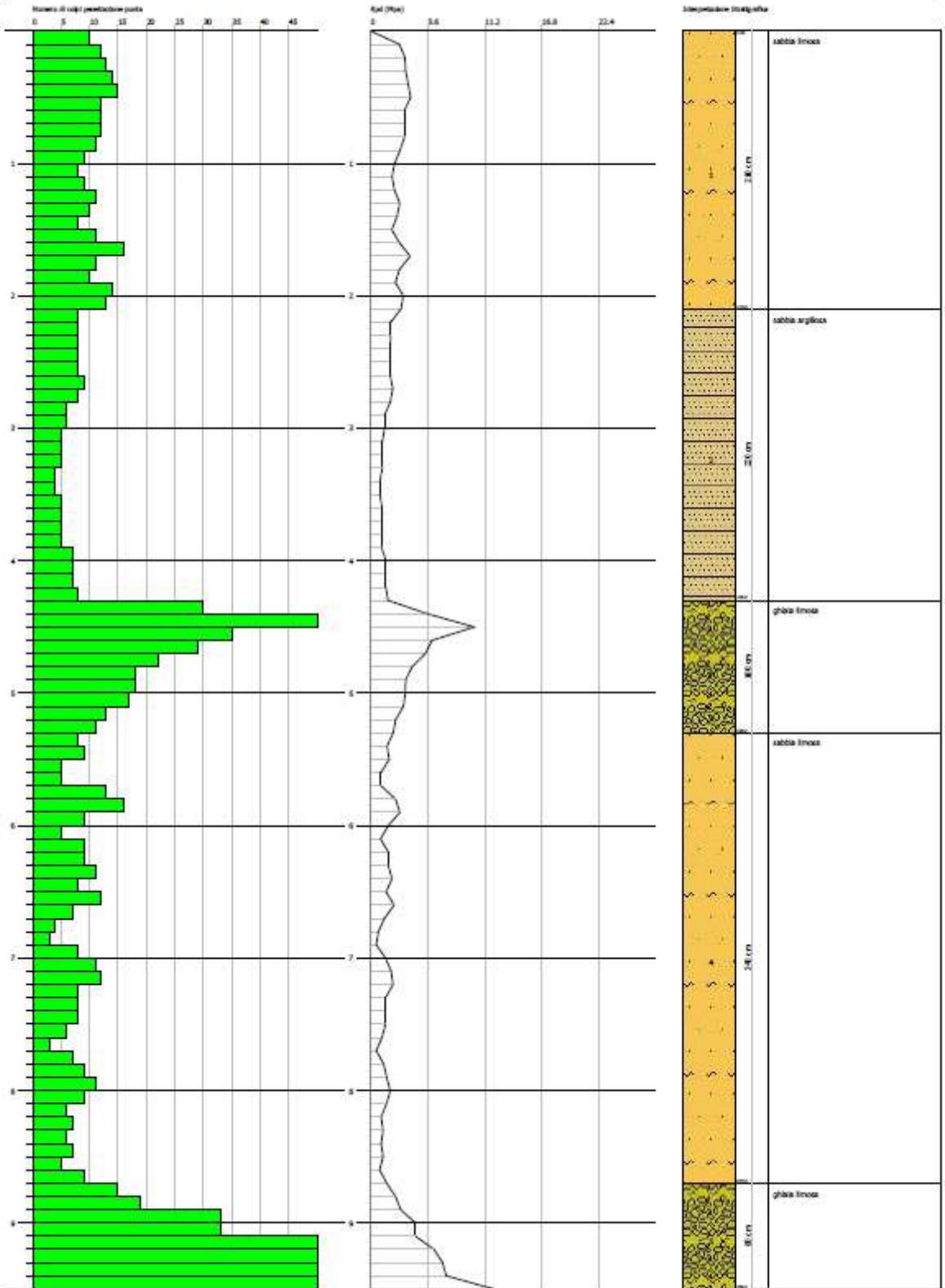
GEOTECHNICAL SOFTWARE S.p.A.
 VIA CARAVAGGIO
 20022 SERRAVALLE (MI) ITALY
 www.geotru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP 1
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Cantieri edili, Comune di Tradate
 Cantiera, Campo sportivo
 Località Via Caravaggio

Data: 24/06/2019

Scala 1:40



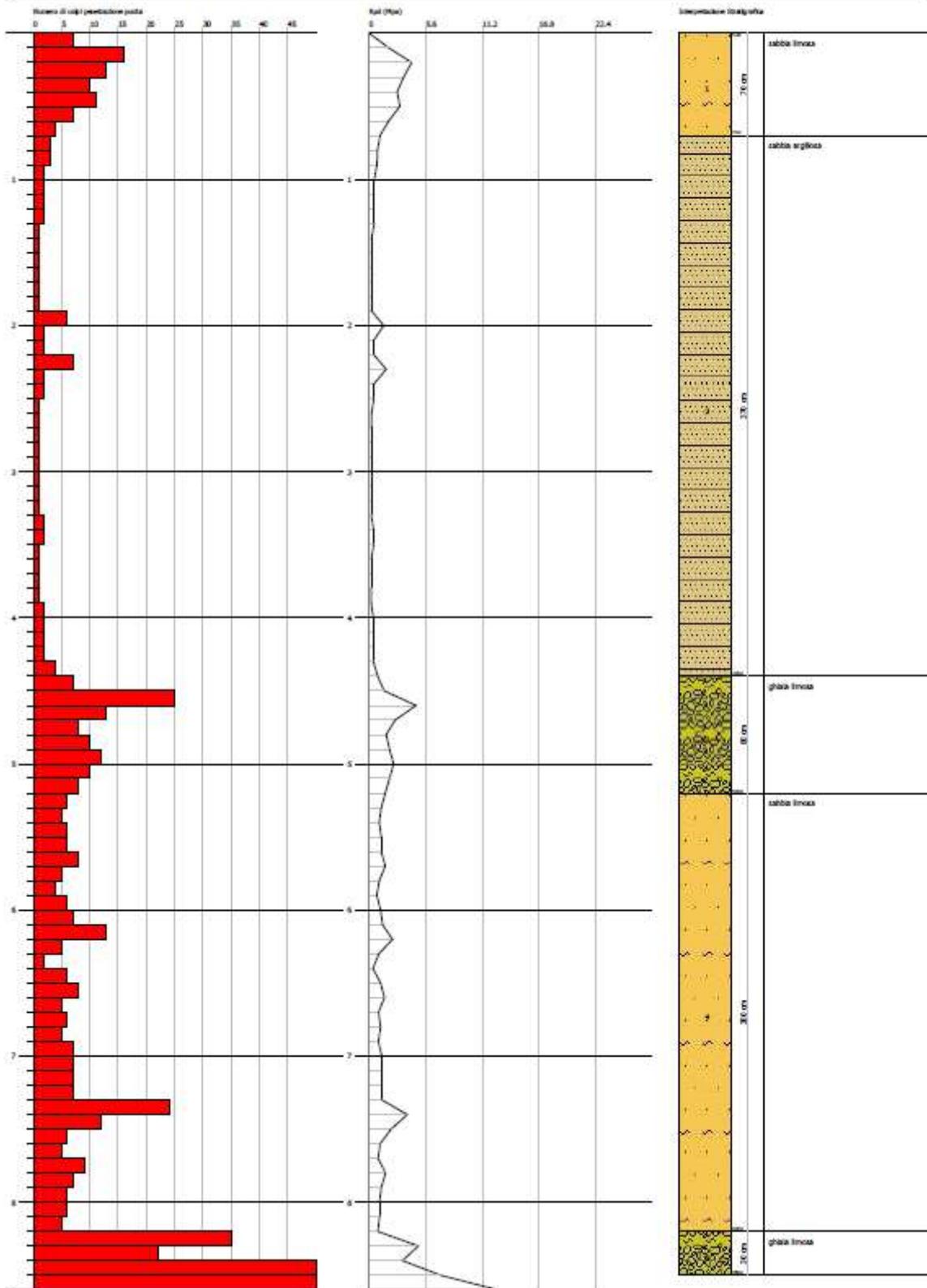
INGEGNERIA SOFTWARE S.R.L.
 VIA CASSINERIESE, 10
 20090 Sesto San Giovanni (MI)
 www.gpsedi.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP 2
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Contratto: Comune di Tradate
 Cantiere: Campo spogliatoi
 Località: Via Caravaggio

Data: 24/06/2019

Scala: 1:50



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

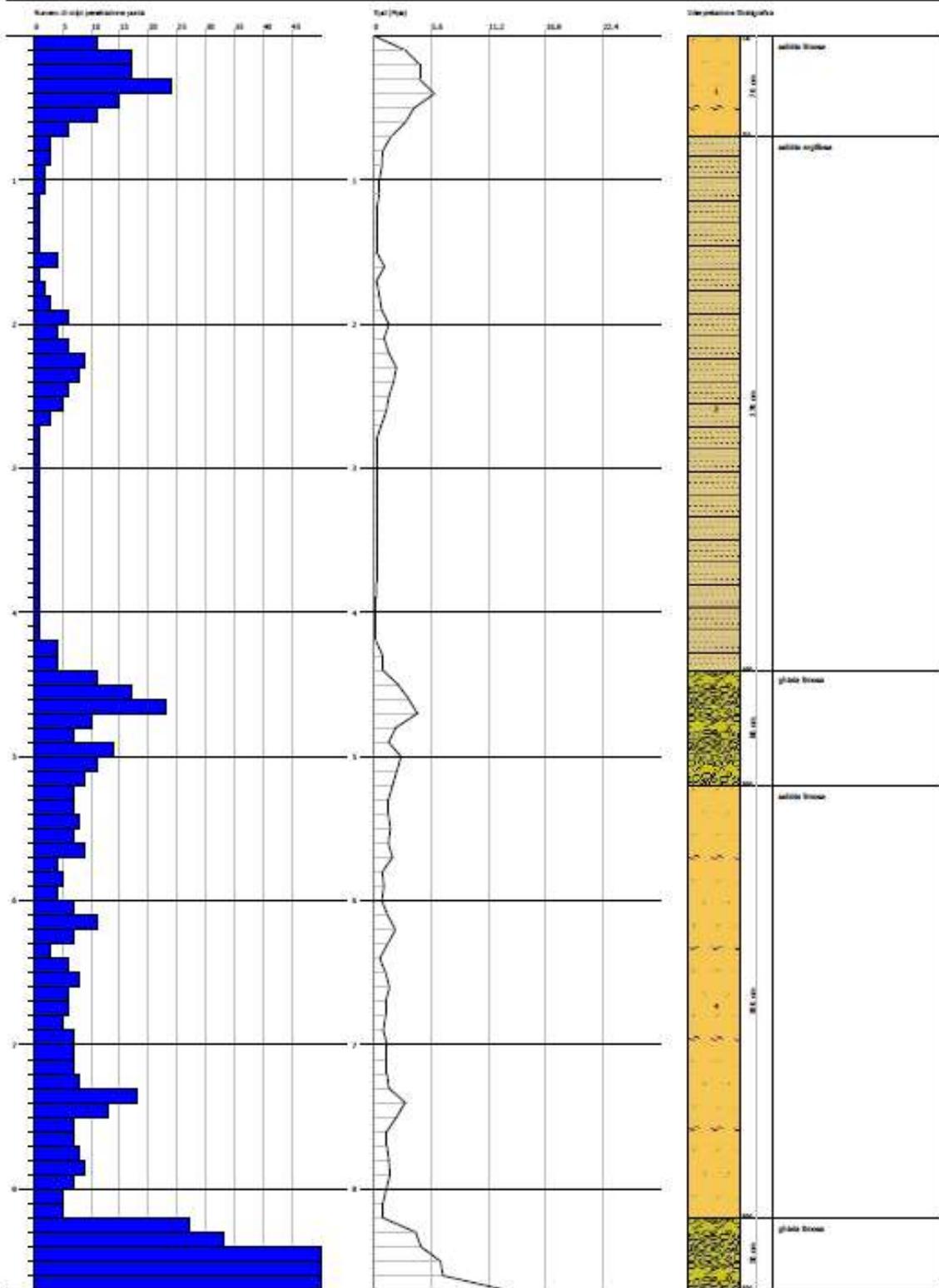
INGEGNERIA DEL
 TERRITORIO
 ING. MICHELE SALVATORE
 www.ges.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP 3
 Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Comune: Comune di Tradate
 Caricatore: Campo spogliatoi
 Località: Via Caravaggio

Data: 24/06/2020

Scala 1:10



ESAT/100 1

ESAT/100 2

PROVA MASW

