

COMUNE DI BERGAMO
PROVINCIA DI BERGAMO
Via Borgo Palazzo / Via Daste Spalenga

**OPERE DI COMPLETAMENTO URBANIZZAZIONI SECONDARIE RELATIVE
ALL'INTERVENTO EDILIZIO "NUOVI ALLOGGI E.R.P." IN VIA BORGO
PALAZZO-VIA DASTE E SPALENGA - AMBITO "A" - PROGETTO NORMA
PN9 A.d.P. "Palatenda".**



D.07 – RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Bergamo, 27/09/2024

IL PROGETTISTA
Dott. Marco Belloli



COMUNE: BERGAMO

LOCALITA': VIA DATE SPALENGA

PROVINCIA: MILANO

COMMITTENTE: ALER BERGAMO

OGGETTO:

***RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA (R1) ai sensi della
DGR 2616/2011 – (R3) ai sensi dell'NTC 2018***

DATA: APRILE 2024



La presente relazione ha esclusive finalità geologiche-simiche . Si scoraggia e ci si dissocia da ogni altro uso od interpretazione impropria, ad esempio ambientale idraulica o tecnico economica.
E' vietata la riproduzione non autorizzata di questo documento ed ogni sua divulgazione incompleta

1.0 RELAZIONE GEOLOGICA

1.1 PREMESSA

L'indagine è consistita nella esecuzione di:

- n°1 sondaggio a carotaggio continuo con prove SPT in foro e posa piezometro;
- n° 1 prova penetrometriche dinamica del tipo SCPT;
n°1 prospezione geofisica con metodologia MASW multicanale eseguita precedentemente in area del vicino edificio ALER di via Borgo Palazzo;

L'ubicazione delle prove sia attuali che precedente viene riportata in allegata tavola n° 2.

1.2 METODOLOGIA DELL'INDAGINE

1.2.1 Modalità esecutive delle prove penetrometriche SCPT

La prova consiste nell'infissione a battitura di aste di Ø 34 mm.

L'infissione avviene mediante battitura con un maglio di 73,5 kg di peso che cade automaticamente da un'altezza di 75 cm.

Il numero N di colpi che rappresenta la resistenza alla penetrazione a qualsiasi profondità misurata per ogni affondamento della punta di 30 cm viene riportato in un diagramma continuo di penetrazione.

In ascissa è indicato il numero di colpi necessario per un avanzamento dell'utensile di 30 cm, in ordinata la profondità.

Si riportano i diagrammi penetrometrici in allegato n° 1.

1.2.2 Modalità della prospezione geosismica con metodo M.A.S.W.

1.2.2.1 Analisi multicanale delle onde superficiali

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa

proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e

l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) e fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y) il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione, meglio a ventiquattro canali, collegati a geofoni singoli a bassa frequenza ($<10\text{Hz}$).

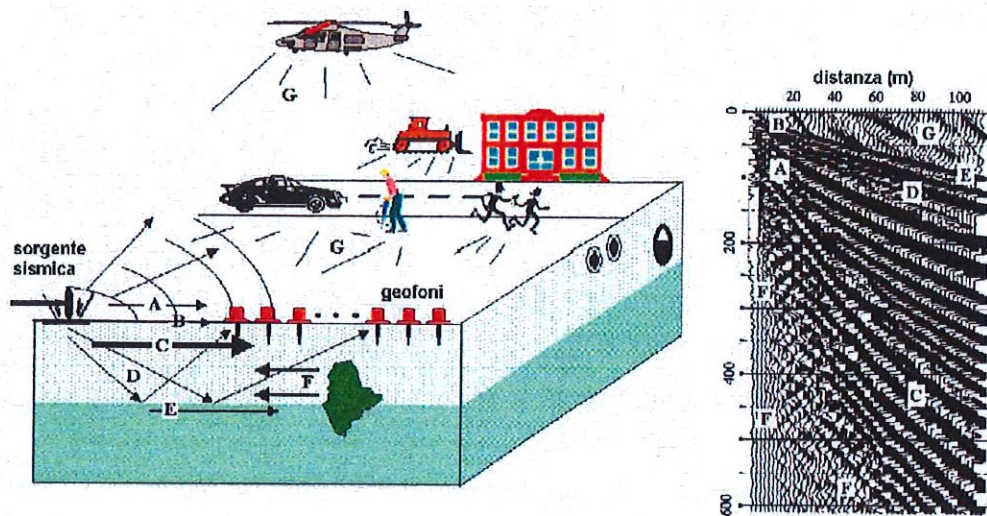
Per quanto riguarda le proprietà di dispersione delle onde di superficie: le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori) sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La strumentazione utilizzata per la acquisizione dei dati è costituita da:

- Un sismografo Sara Electronic Instruments a 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5 Hz;
- Una mazza da 6 Kg con relativa piastra di battuta

Acquisizione multicanale

Sismogramma
multicanale



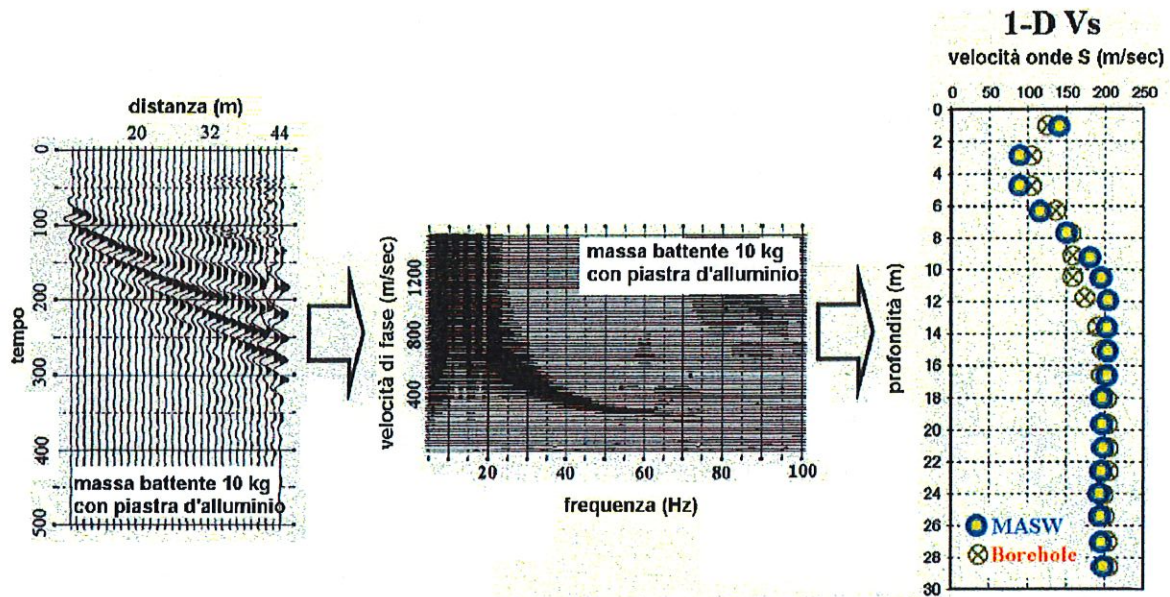
- | | |
|-----------------------|----------------------|
| A: onde in aria | E: onde rifratte |
| B: onde dirette | F: onde riverberate |
| C: onde di superficie | G: rumore ambientale |
| D: onde riflesse | |

VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo;
2. estrazione della curva di dispersione;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità



1.2.2.2 Risultati

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella.

Categoria di sottosuolo	Descrizione
A	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.
B	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 fra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Condizioni topografiche

per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Nel caso specifico, come risulta dalla corografia di Tav.1 l'area risulta pianeggiante e pertanto corrispondente alla categoria topografica T1.

L'indagine eseguita è stata elaborata in base al piano di fondazione specificatamente indicatoci dai progettisti pari a -2,2 metri da piano di campagna, riscontrando pertanto i seguenti valori:

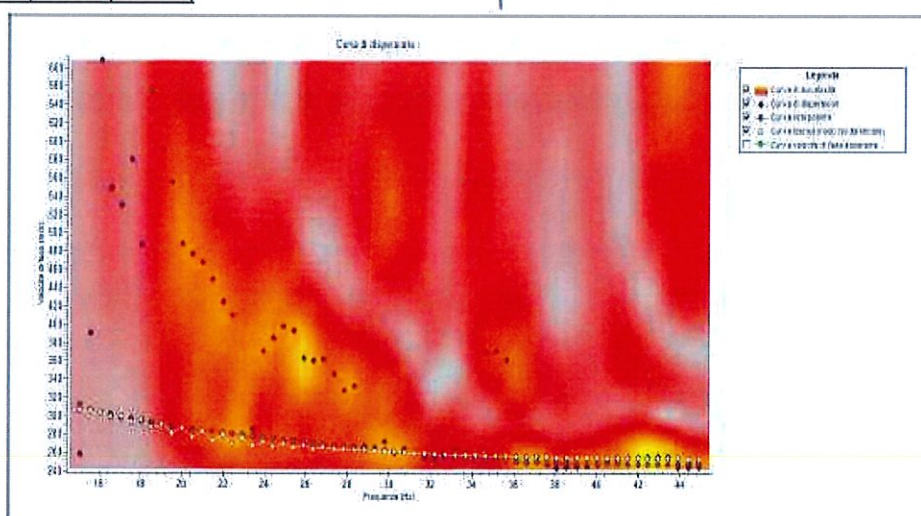
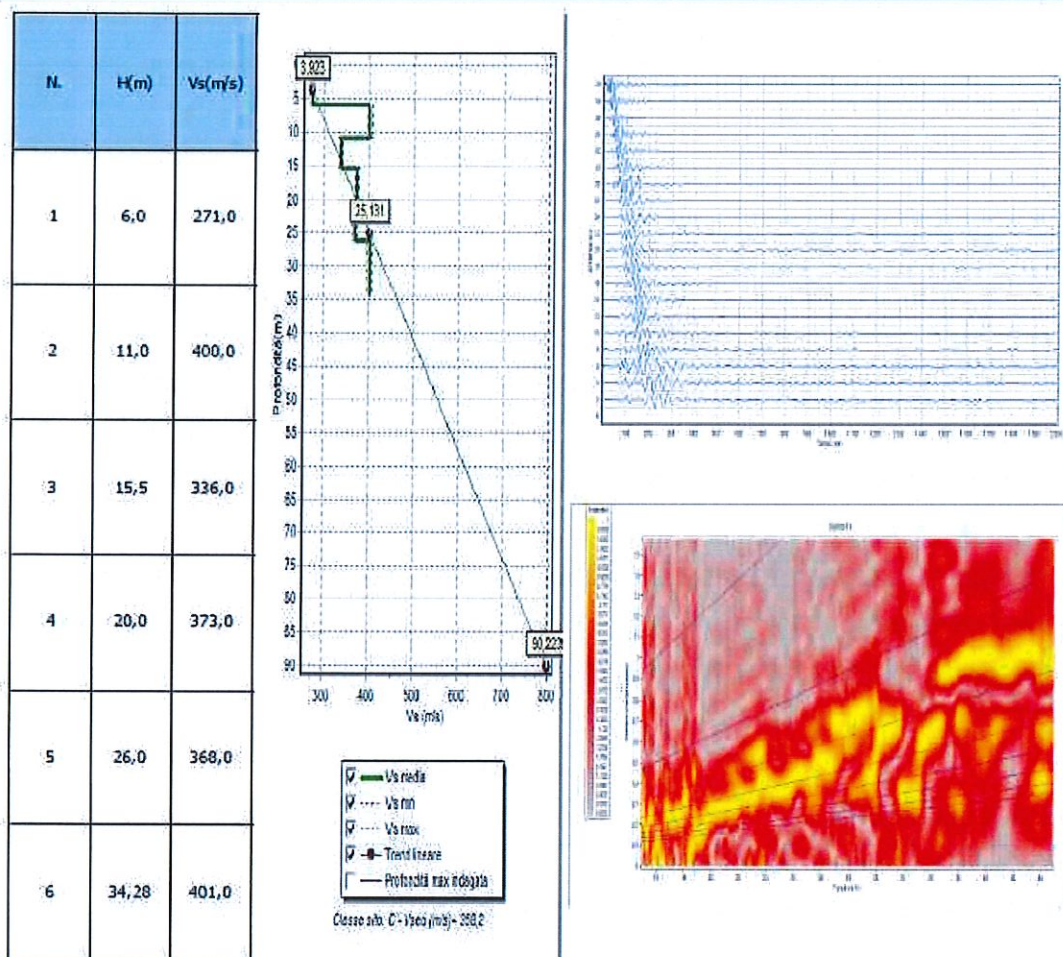
$$V_{\text{Seq}=30} = 358,2 \text{ m/s}$$

Risultando quindi:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI TIPO C

Da confermarsi nella verifica sismica di secondo livello

RIASSUNTO interpretazione MASW 2 - Bergamo - Via Borgo Palazzo



Geodril S.r.l. - Via F.lli Bandiera 2, Treviolo (BG)

1.2.3 Modalità del sondaggio geognostico

1.2.3.1 Descrizione sonda

Per l'esecuzione del sondaggio geognostico è stata utilizzata una sonda Beretta T44.

La sonda è dotata di testa di rotazione a 4 velocità con coppia minima di 45 Kgm (45 giri/min) e massima di 803 Kgm (352 giri/min). La testa è munita di martello a percussione idraulica Demoter DM90.

Il tiro spinta teorico della sonda è pari a 5000 Kg.

L'attrezzatura di perforazione consiste in:

- aste di perforazione diam. 76 mm e peso 12 kg/m, lunghezza 1.5 e 3.0 metri;
- carotiere semplice diam. 101 mm e lunghezza 1.5 e 3.0 metri con corona a prismi al widia per pulizia finale del foro;
- carotiere doppio diam. 101 mm con corona diamantata;
- rivestimenti di diam. 127 mm
- maglio per prove SPT di tipo Nenzi a sganciamento automatico con maglio di peso 63.5 kg ed altezza di caduta libera 75 cm;
- scandaglio per misura della profondità del fondo foro;
- freatimetro.

La sonda è equipaggiata con pompa fango da 200 lt a 26 bar usata sia per lubrificare con fluido gli utensili che per le operazioni di scarotatura.

1.2.3.2 Metodologia generale esecutiva dei sondaggi

Le operazioni di carotaggio avvengono nel seguente modo: all'asta di perforazione viene collegato un tubo campionatore cavo chiamato carotiere, capace di contenere il terreno che viene carotato per avanzamento a secco per tratti successivi variabili da pochi decimetri al metro in funzione della densità o consistenza del terreno.

Nel substrato roccioso il carotaggio viene generalmente eseguito con carotiere doppio di tipo T2 con utilizzo di corona diamantata se necessario.

Il risultato è una sequenza continua di prelievo di terreno chiamata "carote", a partire dal piano campagna sino alla profondità voluta; le carote vengono

conservate in apposite cassette catalogatrici in plastica dotate di coperchio in scala 1:1. Il foro viene generalmente rivestito, ove necessario, con tubo metallico di diametro 127 mm a seguire per evitare il franamento.

1.2.3.3 Modalità di esecuzione delle prove S.P.T. in foro di sondaggio

Le prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test) sono state eseguite facendo penetrare una punta conica od un campionatore a tubo aperto (tipo Raymond di $d_e = 50.8$ mm e $d_i = 35$ mm) per 45 cm nel terreno; i colpi necessari all'infissione vengono misurati in tre fasi successive di 15 cm. Il valore di N_{spt} risulta dalla somma di colpi ottenuti per il 2° e 3° tratto.

Prima di ogni prova viene controllato con lo scandaglio la quota del fondo foro confrontandolo con quelle raggiunte dalla manovra di perforazione dalla quale non deve differire oltre i 7.0 cm.

In presenza di materiali molto compatti o ghiaia viene adottato il campionatore chiuso a punta conica e $L_{utile} = 630$ mm.

1.2.3.4 Modalità di stesura delle stratigrafie

Nel corso delle perforazioni vengono rilevate le stratigrafie dei terreni attraversati, in esse compaiono oltre agli elementi relativi ai campionamenti ed alle prove i seguenti dati:

- Composizione granulometrica approssimata come indicato nella tabella seguente:

DENOMINAZIONE	DIAMETRO DEI GRANI (mm)
argilla	< 0.005
limo	0.005-0.075
sabbia	0.075 - 4,75
ghiaia	4,75-75
ciottoli	>75

Si elenca per primo il nome del costituente principale, seguito dal costituente secondario nella forma:

- preceduto dalla preposizione "con" se rappresenta una percentuale compresa fra il 25% ed i 50%;

- seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 10% ed il 25%;
 - preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10%.
- Colore prevalente.
 - Consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi, misurando la resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta e scortecciata, il grado di consistenza è definito nella seguente tabella

DEFINIZIONE	RESISTENZA AL PENETROMETRO TASCABILE (kg/cm ²)
privo di consistenza	< 0.25
poco consistente	0.25 - 0.5
moderatamente consistente	0.5 - 1.0
consistente	1.0 - 2.0
molto consistente	> 2.0

- Caratteristiche di addensamento dei terreni granulari, con riferimento orientativo indicato nella seguente tabella:

Nspt	VALUTAZIONE DELLO STATO DI ADDENSAMENTO
0 - 4	sciolto
4 - 10	poco addensato
10 - 30	moderatamente addensato
30 - 50	addensato
> 50	molto addensato

- Presenza di locali fenomeni di cementazione;
- Presenza di eventuali sostanze organiche e riporti;

Si riportano in allegato n° 2 le stratigrafie rilevate ed i certificati relativi alle prove SPT.

1.3 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO

Sulla base dei risultati ottenuti dalla prospezione sismica M.A.S.W. effettuata nel 2012 (vicina al sito in esame) è stato possibile calcolare il valore del Fattore di Amplificazione (**Fa**) atteso per l'area in esame.

Il valore ottenuto è stato utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente. La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di sottosuolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5s (relativo a strutture basse, regolari e piuttosto rigide) e 0.5-1.5s (per strutture alte e più flessibili).

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati on line della Regione Lombardia e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione del sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di ± 0.1 che tiene conto della variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Per il comune di Bergamo (zona sismica 3) e con un suolo in Classe C (determinato con la prospezione MASW) i valori di F_a soglia risultano:

$$F_a (0.1-0.5 s) = 1.9 \quad F_a (0.5-1.5 s) = 2.4$$

Per procedere con il calcolo del valore di F_a per il sito in esame si è scelto di applicare, tra quelle disponibili, la scheda litologica sabbiosa in quanto unica tra quelle disponibili per la quale l'andamento delle V_s risulta compatibile.

All'interno della suddetta scheda litologica si è scelta, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva n° 2 per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T . Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è stato calcolato considerando tutta la

stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs uguale o superiore

a 800 m/s utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}}$$

Nel caso in esame, con l'indagine Masw non è stata raggiunta la velocità di 800 m/s ed è stato quindi estrapolato un opportuno andamento delle Vs con la profondità fino al raggiungimento della stessa che è stata stimata a circa 90.2 m (Masw n°2). È stato prolungato l'ultimo strato rilevato dall'indagine fino a quota 40 m da p.c. e sono stati aggiunti tre ulteriori sismostrati corrispondenti ai punti della retta che mostra il trend lineare di estrapolazione lineare completando nel modo seguente la tabella profondità-Vs (in carattere rosso i valori corrispondenti al tratto estrapolato):

Profondità (m)	Vs (m/s)
6.0	271
11.0	400
15.5	336
20.0	373
26.0	368
40.0	401
55.0	490
70.0	580
90.2	675

I valori di T e di Fa così determinati vengono approssimati rispettivamente alla seconda e alla prima cifra decimale e per il sito in esame risultano:

Masw (Piano fondazione -2.2 m da p.c.)

$$T = 0.71 \text{ s} \quad Fa (0.1-0.5s) = 1.1 \quad Fa (0.5-1.5s) = 2.0$$

Il valore riscontrato risulta inferiore al valore soglia per entrambi i periodi considerati.

La normativa è quindi da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche dei possibili effetti di amplificazione litologica del sito: viene pertanto confermata la **CATEGORIA DI SOTTOSUOLO "C"**.

1.4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame si colloca nel comune di Bergamo, fra le vie Daste e Spalenga e Borgo Palazzo, ad una quota di circa 259 m s.l.m. Essa si situa in territorio subpianeggiante con pendenze leggermente degradanti verso Sud. Non si evidenziano forme e fenomeni geomorfologici attivi o quiescenti nell'area in esame e, dal punto di vista idraulico, si segnala la presenza nell'area in esame della Roggia Morlana che scorre a fianco delle le sopra citate vie, rispettivamente lungo il lato ovest e nord. Per effettuare un inquadramento generale dal punto di vista geologico, si è analizzata la cartografia CARG in scala 1:50000, del foglio 098-Bergamo, di cui si riporta uno stralcio in figura 1. Di seguito sono elencate, in ordine cronologico dalla più recente alla più antica, le unità presenti in un intorno significativo dell'area, con una breve descrizione litologica tratta dalla legenda del medesimo foglio. Le unità sedimentarie quaternarie sono inoltre raggruppate secondi i rispettivi bacini di appartenenza. In generale l'area ed il suo intorno si trovano all'interno del dominio di depositi alluvionali pleistocenici.

Unità del Bacino della Morla

- Supersintema della Morla (OR): Trattasi di ghiaie a ciottoli arrotondati con prevalenti clasti della successione cretacea e di poco subordinati silicoclasti con evidenze di alterazione, intercalazioni sabbiose (depositi alluvionali), argille, limi e sabbie (depositi lacustri). PLEISTOCENE MEDIO - XIV SECOLO

Unità del Bacino del Serio

- Supersintema di Grassobbio (BB): Ghiaie a classi arrotondati, sabbie e limi (depositi alluvionali), profilo di alterazione poco evoluto. PLEISTOCENE MEDIO

- Supersintema di Gorle (RL): Conglomerati in strati suborizzontali, a supporto clastico, con classi calcarei e silicei arrotondati, cementazione da buona a ottima; ghiaie a clasti arrotondati, sabbie e limi (depositi alluvionali). Profilo di alterazione variabile. PLEISTOCENE MEDIO
- Conglomerato di Seriate (SRT): Conglomerati a supporto clastico, matrice arenacea, cementazione da ottima a completa litificazione. CALABRIANO- PLEISTOCENE MEDIO.

In particolare l'area in esame si colloca all'interno del Supersintema della Morla, in vicinanza al Supersintema di Gorle.

A Nord-Ovest dell'area in esame affiorano, in corrispondenza dei primi rilievi dei colli di Bergamo, le rocce appartenenti alla successione sedimentaria delle Alpi Meridionali.

Successione sedimentaria delle Alpi Meridionali

- Flysch di Bergamo (FBG): alternanze di arenarie e peliti, con arenarie in strati laminati da sottili a spessi, associate a strati calcilutitici e a marne in banchi anche di notevole spessore. CAMPANIANO
- Conglomerato di Sirone (CSH): Conglomerati in strati da medi a spessi lateralmente discontinui. Sono conglomerati poligenici a supporto clastico, massivi e disorganizzati, talora con laminazioni oblique. SANTONIANO
- Arenaria di Sarnico (SAR): Arenarie grigie da medie a fini, in strati pianoparalleli da sottili a spessi, massivi o con laminazioni interne, alternate a peliti in orizzonti al massimo decimetrici; arenarie da media a grossolane in orizzonti plurimetrici. CONIACIANO.

Per completezza si cita inoltre lo studio geologico della carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 foglio Bergamo, la quale riporta per l'area in esame la presenza di depositi Fluvioglaciali Rissiani appartenenti al livello fondamentale della pianura, aventi circa 1 metro di alterazione superficiale.

Figura n°1: Carta Geologica D'Italia - progetto CARG



Legenda

Pleistocene medio-XIV Secolo

or: Supersistema della Morla (Unità del Bacino della Morla)

Pleistocene medio-Superiore

bb: Supersistema di Grassobbio (Unità del Bacino del Serio)

Pleistocene medio

rl: Supersistema di Gorle (Unità del Bacino del Serio)

Pleistocene medio

sr: Conglomerato di Seriate (Unità del Bacino del Serio)

Campaniano

fbg: Flysch di Bergamo (Successione sed. alpi meridionali)

Santoniano

csh: Conglomerato di Sirone (Successione sed. alpi meridionali)

Coniaciano

sar: Arenaria di Sarnico (Successione sed. alpi meridionali)

Figura n°1: PGT - Carta Geologica CARG  area in esame

Per un inquadramento di dettaglio si è consultata la Componente Geologica del Piano di Governo del Territorio comunale. Per il comune di Bergamo essa è stata redatta da EUROGEO Bergamo a firma dei Dott.i Elitropi M. e Caldarelli R. nel Settembre 2011 e successivamente aggiornata da parte dello Studio Telò May Fly S.r.l. di Parma nel dicembre 2022, il quale ha mantenuto valide le cartografie precedenti per quanto riguarda geologia, idrogeologia, geomorfologia, clivometria, geotecnica e vulnerabilità dell'acquifero, mentre ha provveduto alla redazione di nuove carte relativamente a vincoli, pericolosità sismica locale, sintesi, fattibilità geologica e PAI – PGRA.

Di seguito si riporta stralcio della carta litologica. Le unità descritte dallo studio comunale sono quelle presenti nella Carta Geologica della Provincia di Bergamo. Nell'area in esame l'affiorante è identificato con i depositi fluvioglaciali Pleistocenici dell'Unità di Comun Nuovo, aventi suoli di spessore massimo di 1m.

Figura n°2: PGT - Carta Geolitologica  area in esame



BACINO DEL SERIO




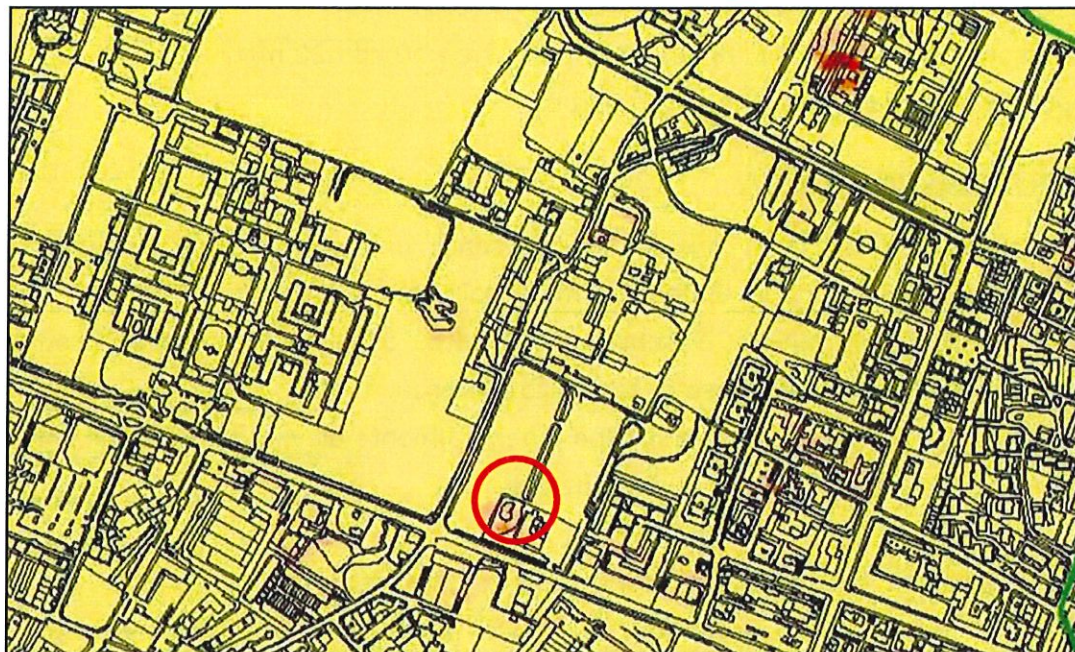
Unità di Comun Nuovo - *PLEISTOCENE SUPERIORE?*

Depositi fluvioglaciali. Superficie limite superiore: suoli di spessore massimo 1 m, colore tra 5YR e 7.5YR, copertura loessica assente.

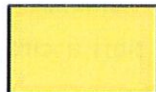
Dal punto di vista geomorfologico e della dinamica geomorfologica lo studio comunale non segnala nessuna particolarità per l'area in esame. La carta clivometrica segnala pendenze minori del 10%.

Figura 3: PGT - Carta Clivometrica

 area in esame



Classi di pendenza



< 10%

1.5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO e IDROGRAFICO

L'area in esame si colloca nell'ambito dei depositi alluvionali di origine fluvioglaciale.

L'esame delle stratigrafie note dei pozzi presenti in zona ha permesso la ricostruzione dell'assetto idrogeologico del sottosuolo attraverso la realizzazione di una sezione idrogeologica.

Questa, unitamente alla sua ubicazione, risulta illustrata in figura n° 4.

Dall'esame dell'elaborato è ricostruibile la seguente sequenza di unità idrogeologiche:

UNITÀ GHIAIOSA SUPERFICIALE

Risulta formata da depositi fluvioglaciali Wurmiani.

Si tratta di ghiaie e sabbie con locali e discontinue incrostazioni conglomeratiche.

La tessitura è a scheletro ghiaioso-sabbioso con matrice limoso argillosa notevolmente variabile sia in senso verticale che orizzontale.

Lo spessore di tale unità risulta circa compreso tra i 10 ed i 20 metri.

È seguita a letto da prevalenti conglomerati.

UNITÀ CONGLOMERATICA

Risulta posta a letto della precedente, presenta un considerevole sviluppo, presentando spessori sino ad almeno 65 metri dal piano campagna.

Risulta costituita da ghiaie e sabbie cementate, a cemento calcareo, con intercalazioni argillose o ghiaiose di scarsa consistenza.

La permeabilità secondaria di tale litotipo è generalmente elevata in relazione sia a fenomeni di fratturazione che di dissoluzione.

Per la definizione del livello piezometrico si è fatto dapprima riferimento alla carta della piezometria contenuta nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Bergamo. Tale carta estende le isopieze sino all'area di interesse ed osservando i dati presenti si ottiene una piezometria di circa 200 m. Considerata la quota topografica dell'area, pari a circa 259 m, se ne ricava una soggiacenza profonda, pari a circa 59 m.

La carta idrogeologica della componente geologica comunale, maggiormente dettagliata, fornisce le seguenti informazioni:

- la quota piezometrica corrisponde a circa 225 m s.l.m., pertanto considerata la quota dell'area, pari a circa 259 m s.l.m., se ne ricava una soggiacenza di circa 34 m dal piano campagna, inferiore a quella indicata dalla cartografia provinciale ma comunque profonda;
- il verso di deflusso è SSO;
- la permeabilità dei depositi è medio alta, compresa tra 10^{-4} e 10^{-2} m/s.

Si riportano di seguito gli stralci di entrambe le carte, figura 5 e figura 6.

Viene tuttavia fatto rilevare che nel piezometro ubicato nel sondaggio S5 realizzato nel maggio 2004 per una relazione geologica-geotecnica sempre ad

opera dello scrivente poco più a nord rispetto all'area in esame, era stata individuata la presenza di acqua sotterranea a profondità modesta pari a 6,20, analogamente ad altre misurazioni effettuate negli altri piezometri installati nelle aree circostanti di altri comparti. Ciò presuppone la presenza di una falda sospesa, seppure presumibilmente con portate moderate, a carattere locale, forse legata alla infiltrazione di acqua dal reticolo idrico presente e presumibilmente capace di innalzamenti sino ad interessare strutture interrato in coincidenza di periodi di intensa piovosità.

Dal punto di vista idraulico l'unico elemento che caratterizza l'intorno prossimo dall'area in esame risulta essere la Roggia Morlana che, come già accennato, costeggia le Vie Daste e Spalenga e Borgo Palazzo.

Il piezometro provvisorio installato nel foro di prova ha permesso di fare le seguenti rilevazione della profondità della falda:

Misurazioni falda sondaggio Via Daste e Spalenga		
Data	12/03/2024	04/04/2024
Soggiacenza (m da p.c.)	8,23	8,45

Figura n° 4: Sezione geologica

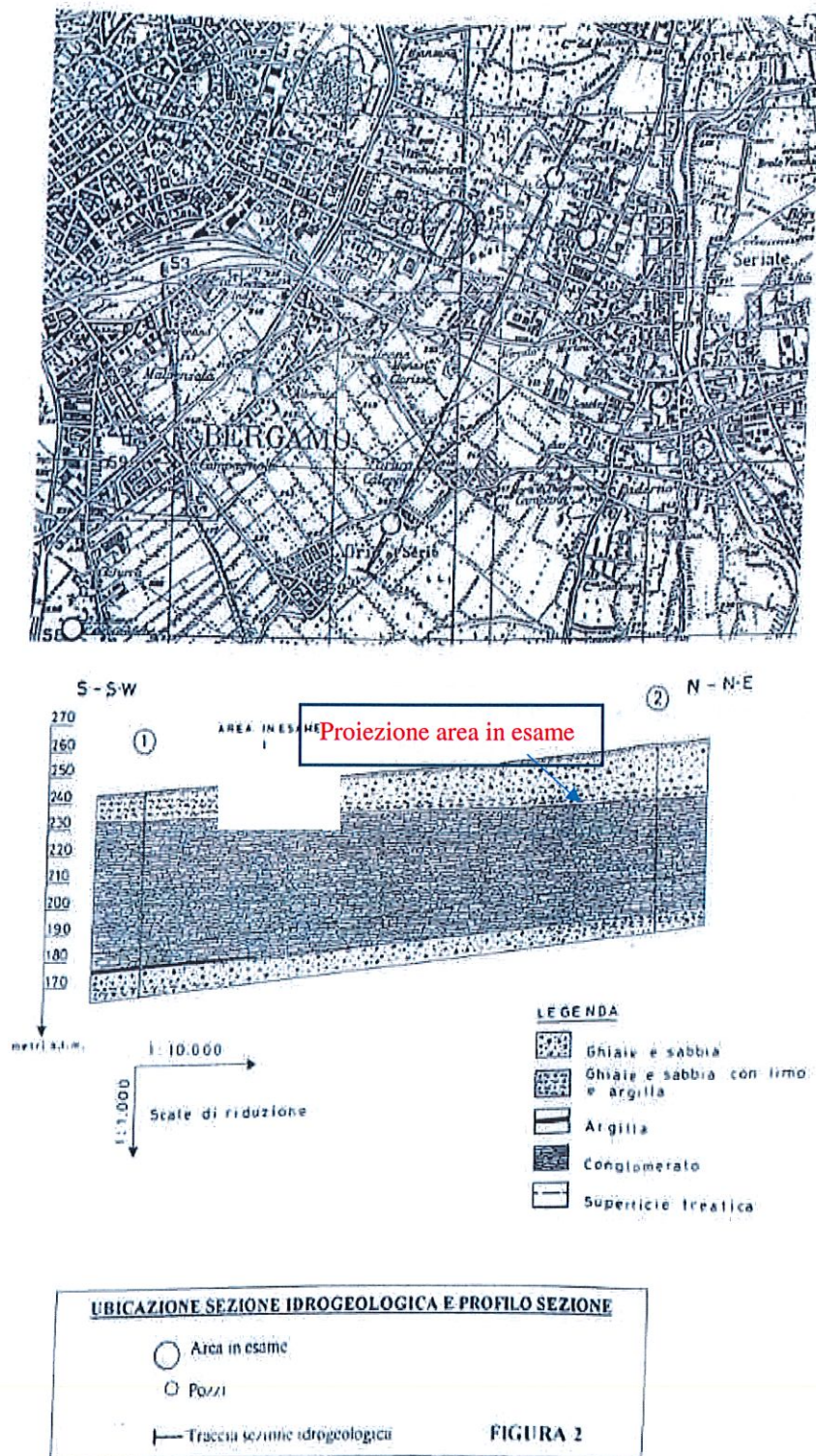
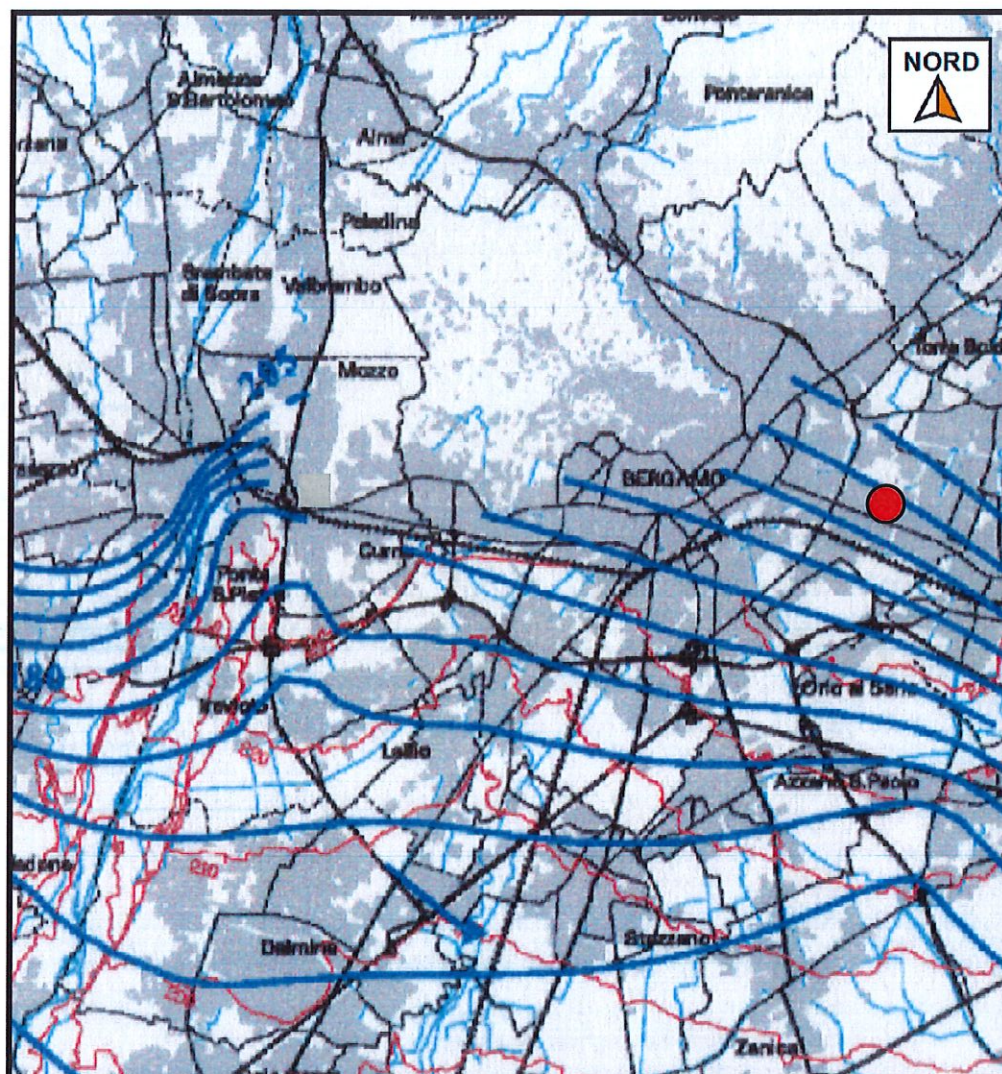


Figura n°5: Carta idrogeologica provinciale



stralcio da: P.T.C.P. Provincia di Bergamo - Scala 1:50000

 Area in esame: Bergamo via Daste e Spalenga





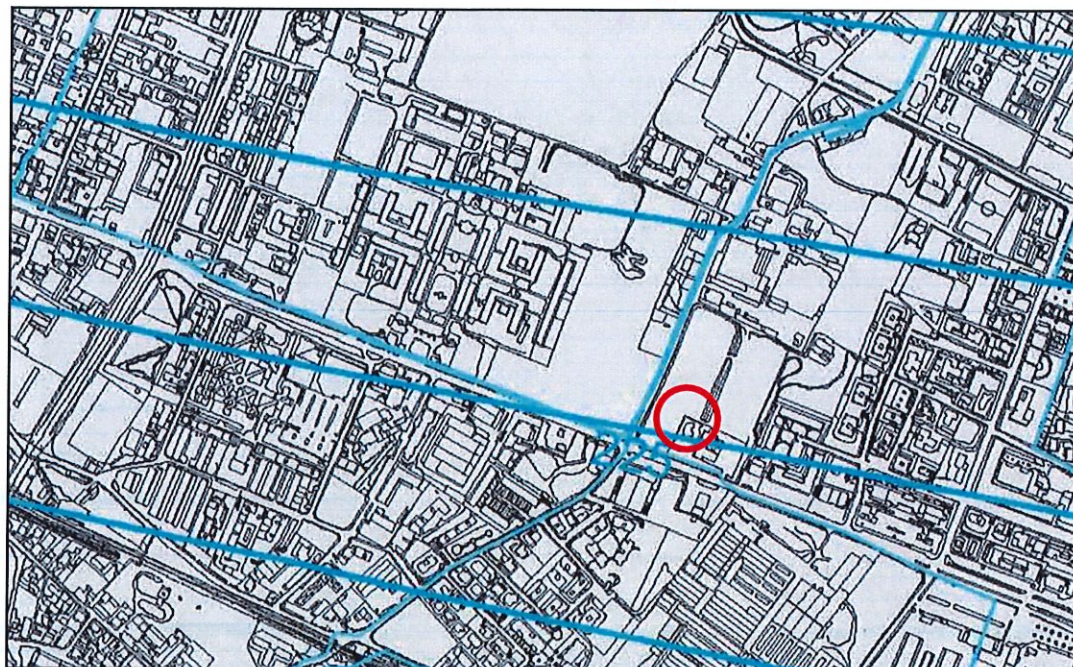




-  Linea isopiezometrica e quota s.l.m.
-  Isoipsa e quota s.l.m.
-  Direzione e verso di deflusso della falda freatica

Figura n°6: PGT - Carta idrogeologica  area in esame



LEGENDA

-  I - Permeabilità alta: $k > 10^{-2}$ cm/s, alluvioni attuali e recenti del Torrente Mota e depositi alluvionali postglaciali
-  II - Permeabilità medio-alta: $k = 10^{-4}$ cm/s ÷ 10^{-2} cm/s, depositi fluvio-glaciali delle unità quaternarie e rocce costituite dal Conglomerato di Sirona
-  III - Permeabilità medio-bassa: $k = 10^{-5}$ cm/s ÷ 10^{-3} cm/s, depositi fluvio-glaciali delle unità quaternarie
-  IV - Permeabilità medio-bassa: $k \leq 10^{-6}$ cm/s, depositi glaciolacustri e postglaciali prevalentemente limoso-argillosi

Elementi idrogeologici

-  Isopiezometrica, metri s.l.m.
-  Isopiezometrica ipotizzata, metri s.l.m.

Potenziali elementi soggetti ad inquinamento

-  Pozzo
-  Sondaggio geognostico con stratigrafia

Elementi idrogeologici e idrografici


-  Reticolo idrico superficiale
-  Ruscellamento superficiale diffuso

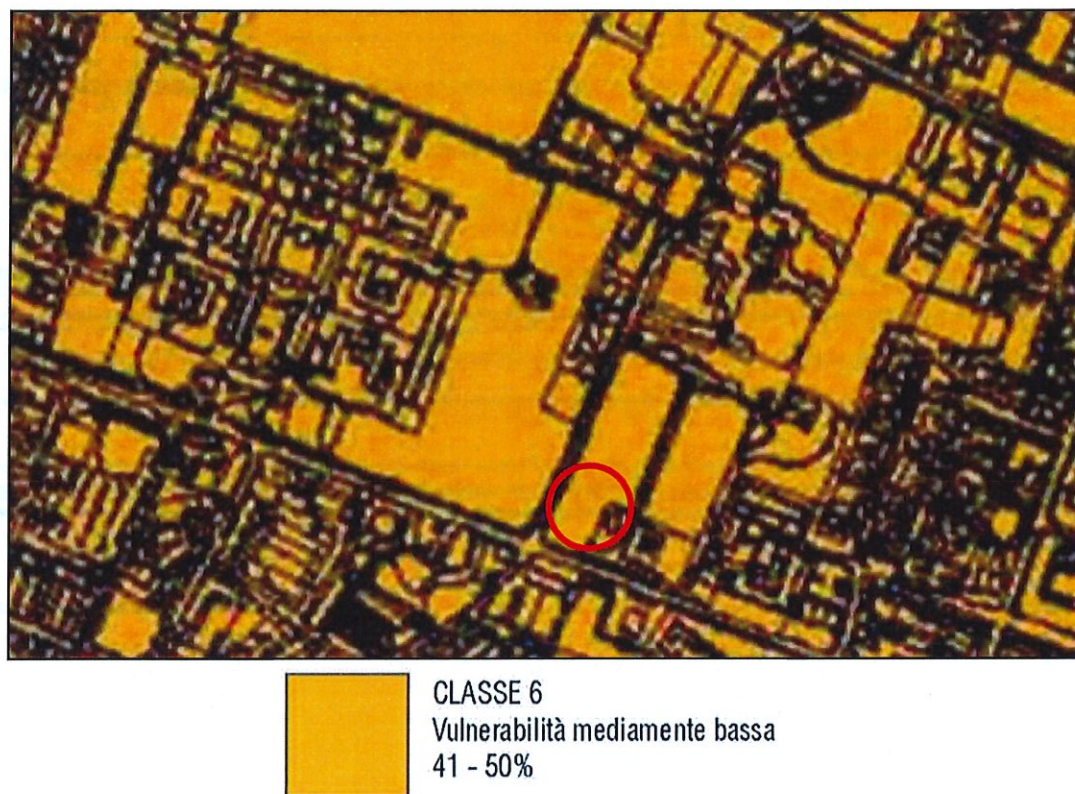
Sezioni

-  Traccia delle sezioni geologiche ed idrogeologiche

Per completezza si riporta la cartografia riguardante la vulnerabilità dell'acquifero superficiale per pesi normali. La vulnerabilità risulta essere mediamente bassa (classe 6).

Figuran°7: PGT - Carta della vulnerabilità dell'acquifero

 area in esame



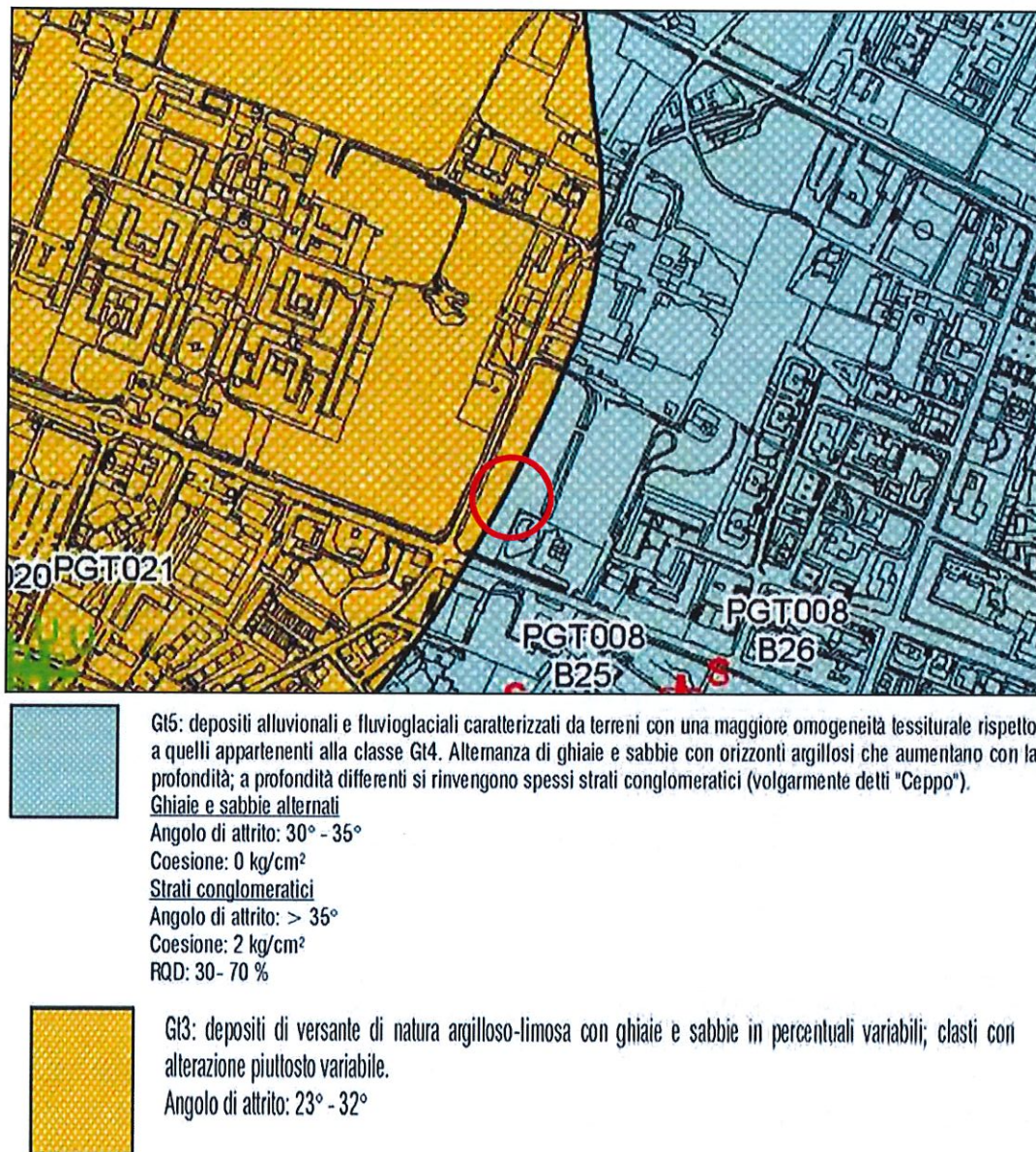
1.6 DESCRIZIONE, CONFRONTO E VERIFICA DI COERENZA CON ALTRA CARTOGRAFIA DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE

Si esamina di seguito la restante cartografia della Componente Geologica del Piano di Governo del Territorio comunale.

GEOTECNICA

La carta litotecnica dello studio comunale colloca l'area in esame nel dominio dei depositi di versante di natura argilloso-limosa con subordinate sabbie e ghiaie (Gt3, angolo di attrito 23°-32°). L'area è prossima ad un'area caratterizzata da depositi alluvionali e fluvio-glaciali, costituiti da alternanze di ghiaie e sabbie con orizzonti argillosi che aumentano con la profondità (Gt5).

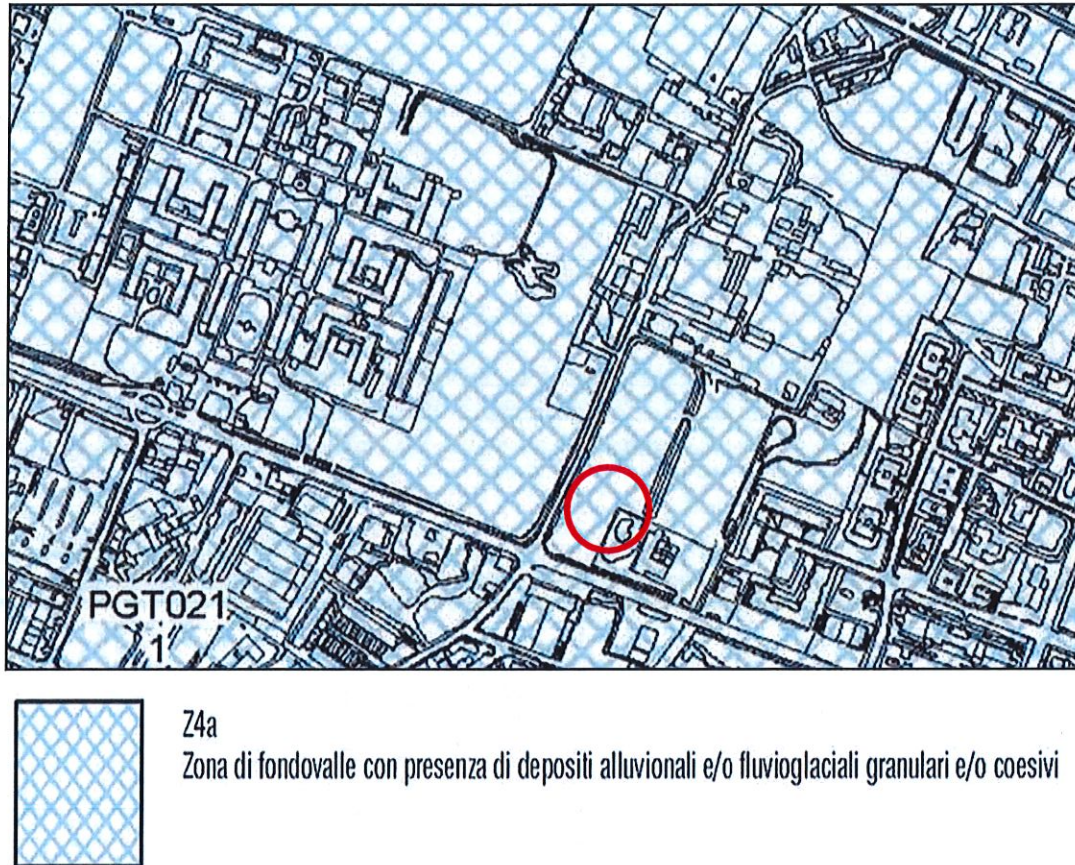
Figura n°8: PGT - Carta litotecnica  area in esame



PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE


La Carta della Pericolosità Sismica Locale dello Studio del 2011 attribuisce all'area in esame classe di pericolosità sismica locale di primo livello Z4a, ovvero zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali, granulari e/o coesivi con effetti attesi di amplificazioni mitologiche e stratigrafiche.

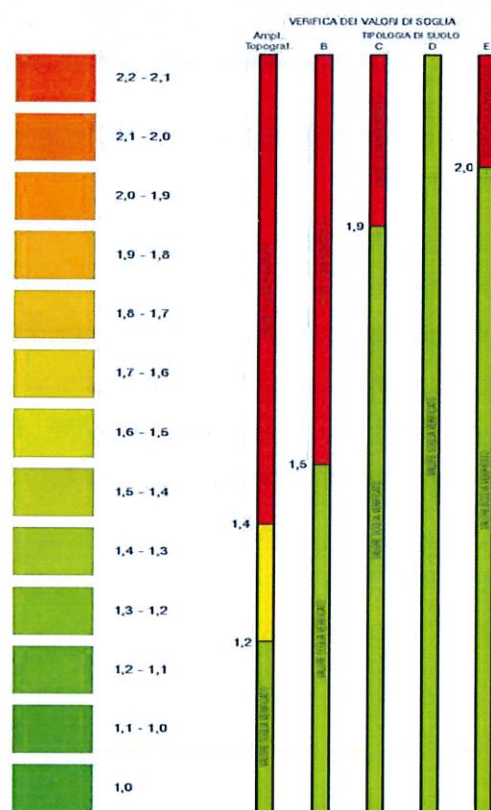
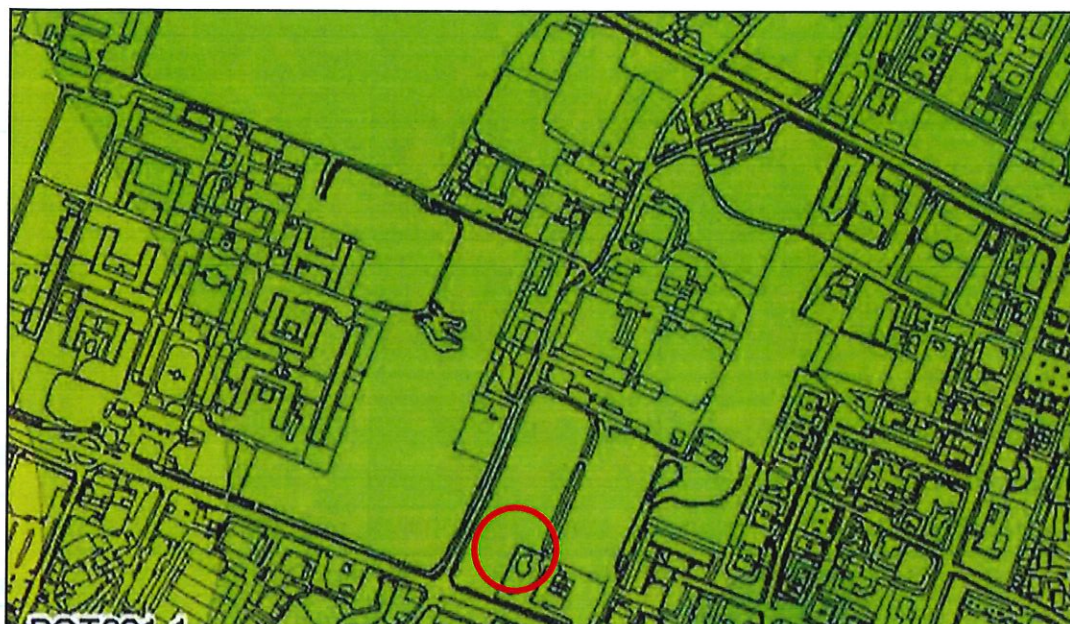
Figura n°9: PGT - Carta Pericolosità Sismica Locale di 1° livello  area in esame



La carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo di periodo di vibrazione 0,1-0,5 s segnala per l'area in esame fattore di amplificazione compreso tra 1,3 e 1,2, che confrontato con la legenda della medesima carta risulta inferiore ai fattori di soglia per tutte le tipologie di sottosuolo B, C,D,E.


Figura n°10: PGT – Carta dei fattori di amplificazione intervallo 0,1– 0,5 s

 area in esame



La carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo di periodo di vibrazione 0,5-1,5 s segnala per l'area in esame fattore di amplificazione uguale a 1 che confrontato con la legenda della medesima carta risulta inferiore ai fattori di soglia per tutte le tipologie di sottosuolo B,C,D,E.

Figura n°11: PGT – Carta dei fattori di amplificazione intervallo 0,5 – 1,5 s

 area in esame

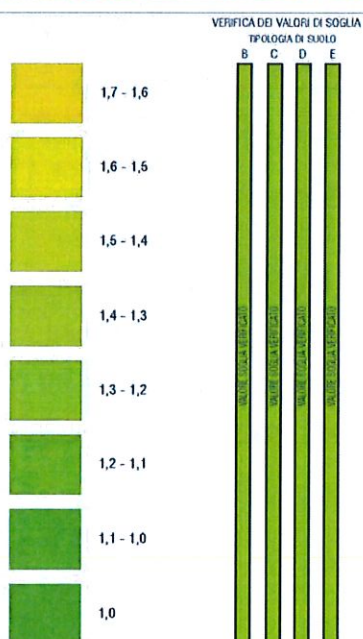

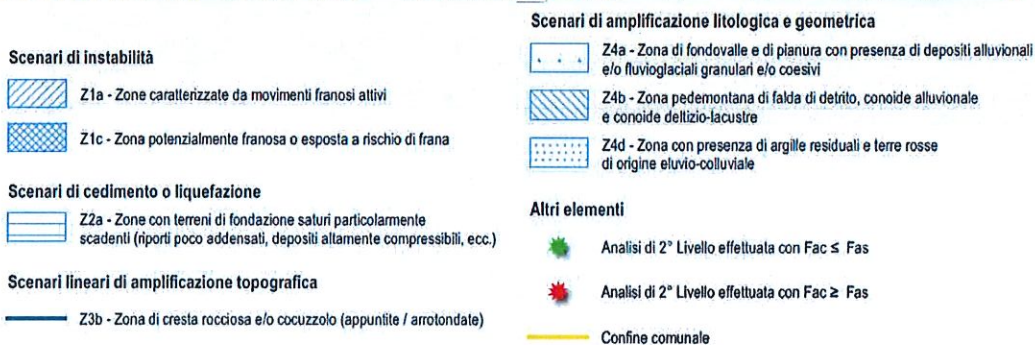
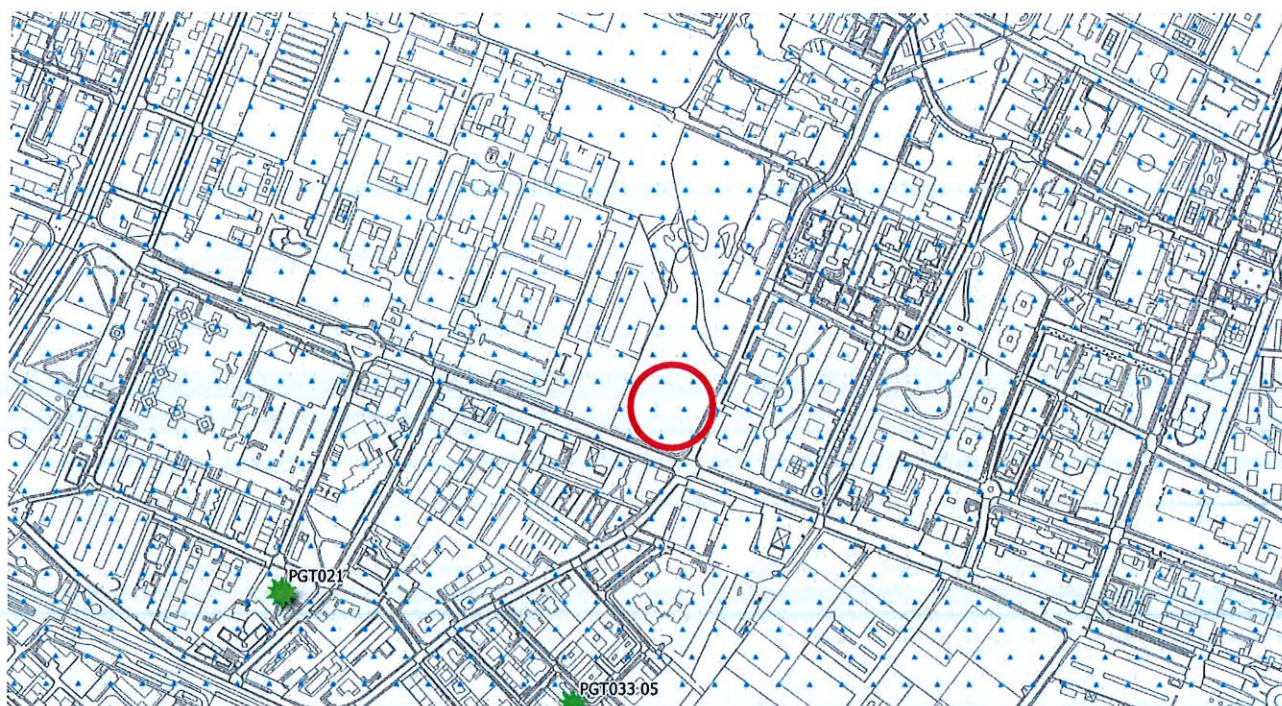


Figura 12: PGT (2022) - Carta della Pericolosità Sismica Locale  Area in esame



La carta di Pericolosità Sismica Locale (2022) inserisce l'area in esame fra gli scenari di amplificazione litologica e geometrica e, nello specifico, in classe "Z4a: Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi", confermando di fatto quanto già osservato nel precedente studio.

VINCOLI

La carta dei vincoli dello studio comunale 2011 segnala la presenza della fascia di rispetto della Roggia Morlana (reticolo idrico consortile - scoperto) all'interno dell'area in esame.

Figura n°13: PGT - Carta dei Vincoli  area in esame



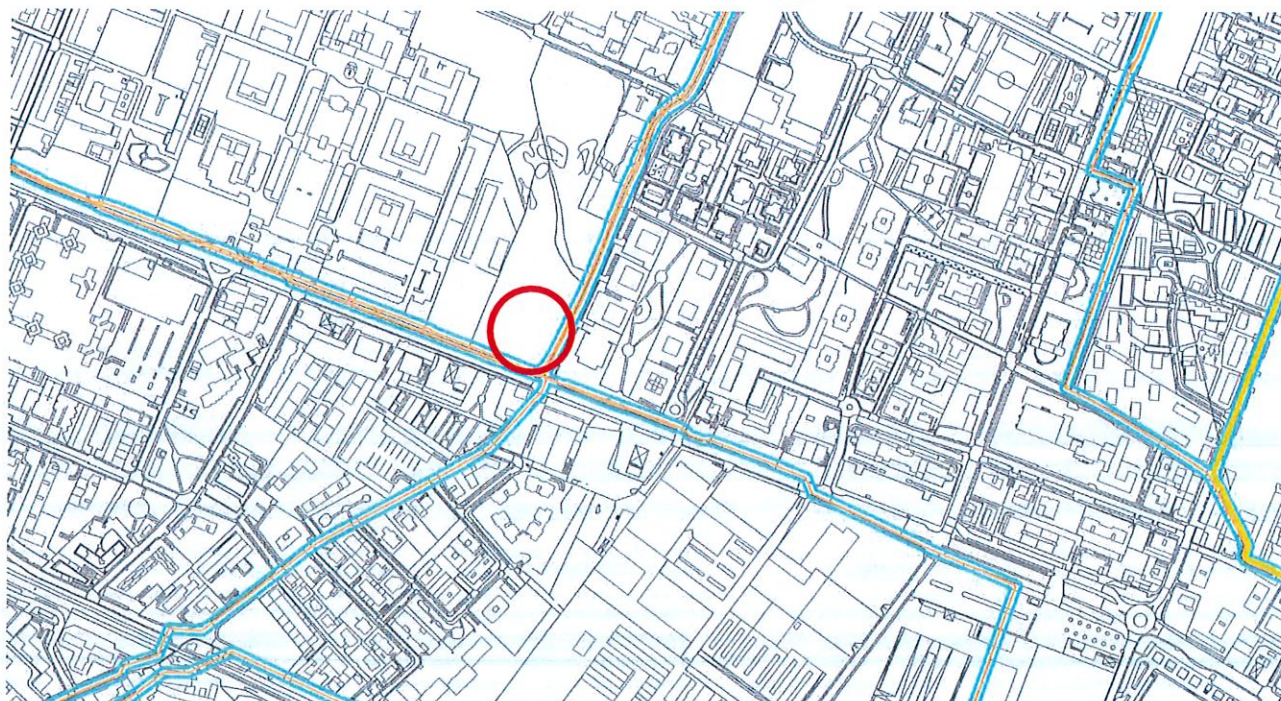
D.G.R. 7/7868 del 2002: Vincoli di polizia idraulica

-  Reticolo idrico minore e relative fasce di rispetto - tratto scoperto
-  Reticolo idrico minore e relative fasce di rispetto - tratto coperto
-  Reticolo idrico consortile e relative fasce di rispetto - scoperto
-  Reticolo idrico consortile e relative fasce di rispetto - coperto

Figura 14: PGT (2022) - Carta dei vincoli



Area in esame



VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO

PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO - ELABORATO 2

Aree franose

Area di frana attiva - Fa

Area di frana stabilizzata - Fs

Aree di esondazione e dissesto torrentizio

Pericolosità molto elevata - Ee

Pericolosità molto elevata - Ee (perimetrazione derivata da DOSRI)

Pericolosità elevata - Eb

Pericolosità elevata - Eb (perimetrazione derivata da DOSRI)

Pericolosità media o moderata - Em

Pericolosità media o moderata - Em (perimetrazione derivata da DOSRI)

Trasporto in massa sui conoidi

Area di conoidi non recentemente attivatosi o completamente protetta - Cn

PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Corsi d'acqua del Reticolo Secondario Collinare e Montano

Area potenzialmente interessate da alluvioni molto frequenti (P3/H)

Area potenzialmente interessate da alluvioni molto frequenti (P3/H)
(perimetrazione derivata da DOSRI)

Area potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2/M)

Area potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2/M)
(perimetrazione derivata da DOSRI)

Area potenzialmente interessate da alluvioni rare (P1/L)

Area potenzialmente interessate da alluvioni rare (P1/L)
(perimetrazione derivata da DOSRI)


Corsi d'acqua del Reticolo Secondario di Pianura - Reticolo Consortile

Area ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido - Reticolo Consortile (P3/H)

GEOSITO DI RILEVANZA REGIONALE (DA P.T.R.)


 Flysch di Bergamo - Località tipo

INFRASTRUTTURE DI DIFESA DEL SUOLO DI RILEVANZA REGIONALE (DA P.T.R.)


 Vasca denominata V1 - Interventi per la mitigazione del rischio idraulico della valle di Astino

VINCOLO DI POLIZIA IDRAULICA (Reticolo idrico e fasce di rispetto)

 Corsi d'acqua del Reticolo Idrico Principale

 Corsi d'acqua del Reticolo Idrico Minore

 Corsi d'acqua del Reticolo Idrico Consortile

 Fascia di rispetto Reticolo Idrico

Altri elementi

 Confine comunale

La carta dei vincoli dello studio comunale 2022 segnala anch'essa la presenza del vincolo di polizia idraulica relativo alla Roggia Morlana all'interno dell'area in esame.


CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA PAI

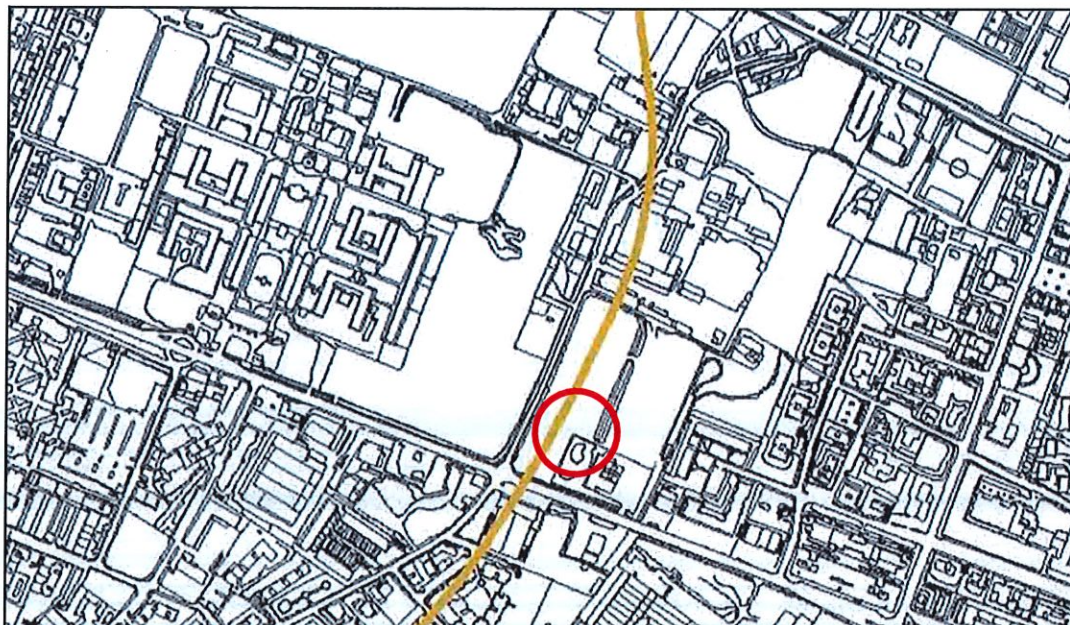
La carta del dissesto non segnala alcuna criticità per l'area studiata.

SINTESI

La carta di sintesi segnala la presenza di terreni con consistenti disomogeneità tessitura verticali e laterali, la capacità portante è da scarsa a buona ma molto variabile anche in spazi ristretti. Lo studio segnala inoltre la possibile presenza di correnti idriche sotterranee dovute alla presenza di fenomeni di infiltrazione dalle rogge.

Figura n° 15: PGT - Carta di Sintesi

 area in esame

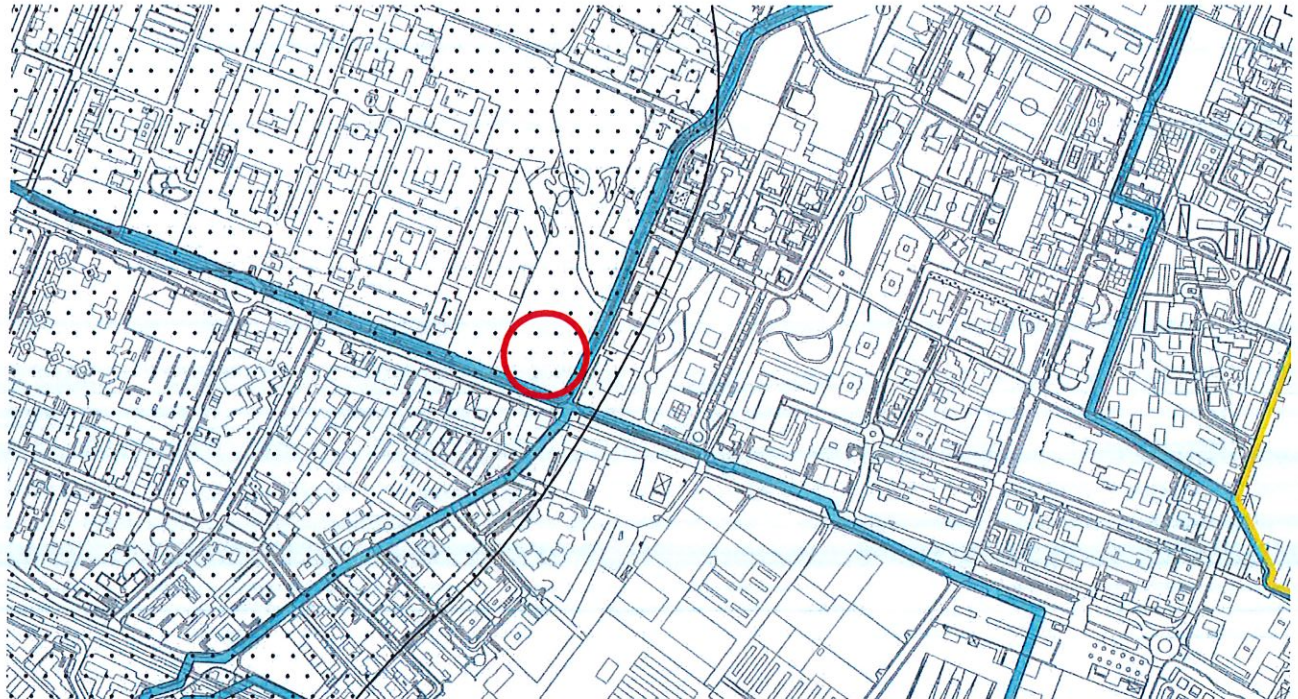


Gt3




Area con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali; la capacità portante è da scarsa a buona ma molto variabile in spazi ristretto. La disomogeneità litologica è in parte dovuta alla presenza di "correnti d'acqua sotterranee" originate dall'infiltrazione di acqua dalle rogge.

Figura 16: PGT (2022) - Carta di sintesi






 Area in esame




Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti


-  Aree di frana attiva - Fa
-  Area di frana stabilizzata - Fs
-  Aree a pericolosità potenziale dovuta alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico


-  Aree a pericolosità molto elevata di esondazione - Scenario RSCM/H
-  Aree a pericolosità elevata di esondazione - Scenario RSCM/M
-  Aree a pericolosità media o moderata di esondazione - Scenario RSCM/L
-  Aree a pericolosità molto elevata di esondazione - Scenario RSP/I I Reticolo Consortile
-  Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide

 Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e la realizzazione di interventi di difesa


Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico


 Aree a bassa soggiacenza della falda o presenza di falde sospese

Aree che presentano caratteristiche geotecniche scadenti

 Aree prevalentemente limoso-argillose con limitata capacità portante

 Aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali

 Aree con riporti di materiale

 Aree caratterizzate da potenziali ristagni idrici superficiali

Altri elementi

 Confine comunale

Nella carta di Sintesi dello Studio 2022, l'area in esame rientra fra quelle con scadenti caratteristiche geotecniche sia a causa di consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali che per la presenza di limi e argille con limitata capacità portante. Essa rientra inoltre fra le aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi e la realizzazione di interventi di difesa.

FATTIBILITÀ GEOLOGICA

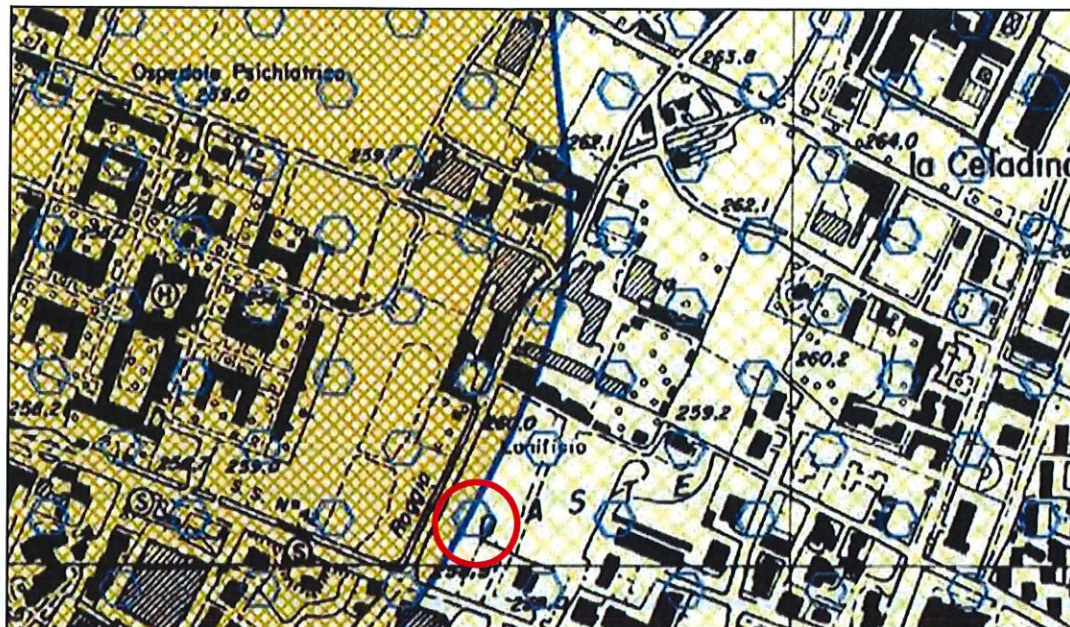
La Carta di Fattibilità assegna all'area oggetto di studio la classe di fattibilità 3, sottoclasse a, ovvero area con consistenti limitazioni d'uso connesse alle modeste caratteristiche geotecniche del sottosuolo oppure per presenza di eterogeneità verticali e orizzontali. Sono da accertare le caratteristiche geomeccaniche e idrogeologiche del sottosuolo. Si riporta di seguito uno stralcio delle NTA, per questa tipologia di classificazione, tratto dalla relazione generale dello studio geologico comunale:

"La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici od opere di difesa. Il professionista deve in alternativa:

- se dispone fin da subito di elementi sufficienti, definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto;*
- se non dispone di elementi sufficienti, definire puntualmente i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito di territoriale di riferimento (puntuale, quali caduta massi, o relativo ad ambiti più estesi coinvolti dal medesimo fenomeno quali ad es. conoidi, interi corsi d'acqua ecc.) e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione. Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.*

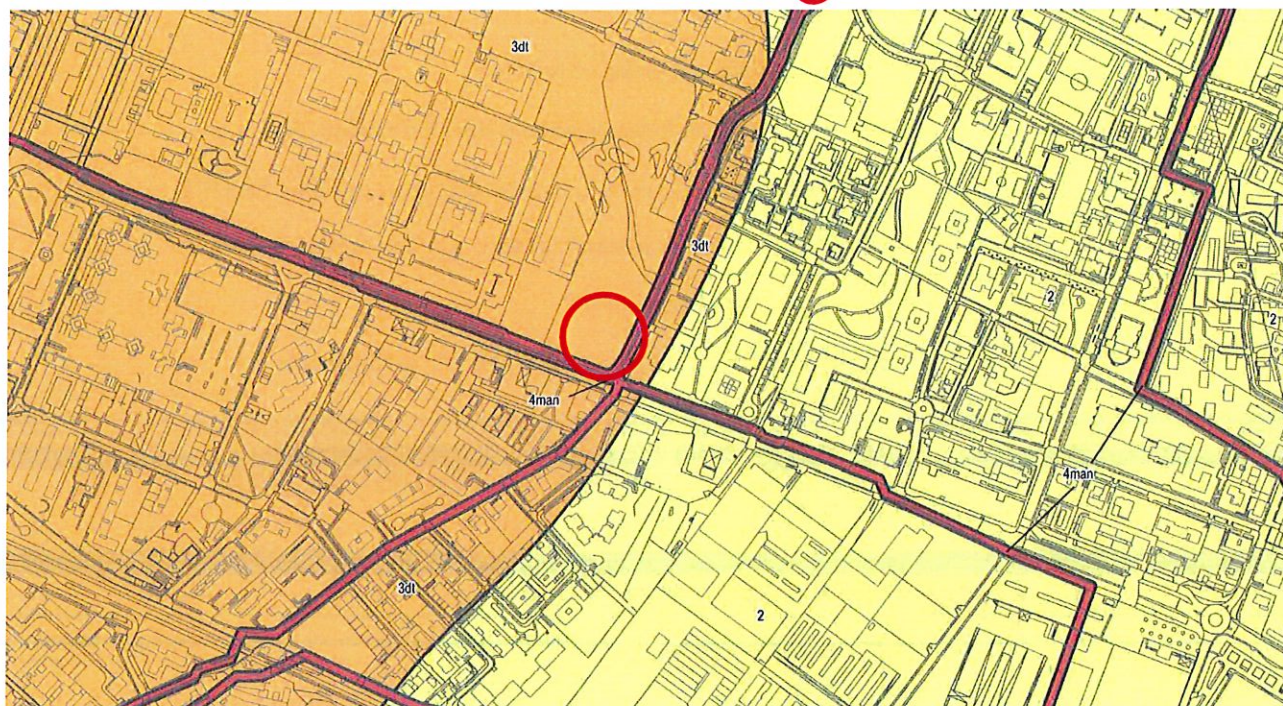
Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38). Si specifica che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale. "

Figura n°17: PGT - Carta della Fattibilità Geologica  area in esame



3a - Area con consistenti limitazioni d'uso connesse alle modeste caratteristiche geotecniche del primo sottosuolo oppure con consistenti eterogeneità verticali ed orizzontali (comprese le zone con materiale di riporto). Sono da accertare le caratteristiche geomeccaniche ed idrogeologiche del sottosuolo. In caso di possibile ristagno di acqua superficiale si dovrà effettuare un'analisi geomorfologica in un intorno significativo all'area di progetto.

Figura n°17: PGT - Carta della Fattibilità Geologica (2022)  area in esame



Classi di fattibilità geologica



Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni



Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

3Eb - Aree a pericolosità elevata di esondazione "Eb" / Aree P2/M

3Em - Aree a pericolosità media o moderata di Esondazione "Em" / Aree P1/L

3rsp - Aree a pericolosità esondativa afferenti al reticolo secondario di pianura

3Fs -- Aree di frana stabilizzata "Fs"

3Cn - Aree di conoide non recentemente attivato o completamente protetto "Cn"

3sl - Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo



Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

4Fa - Aree di frana attiva "Fa"

4Ee - Aree a pericolosità molto elevata di esondazione "Ee" / Aree P3/H

4ea - Aree in erosione accelerata

4man - Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per manutenzione e interventi di difesa idraulica

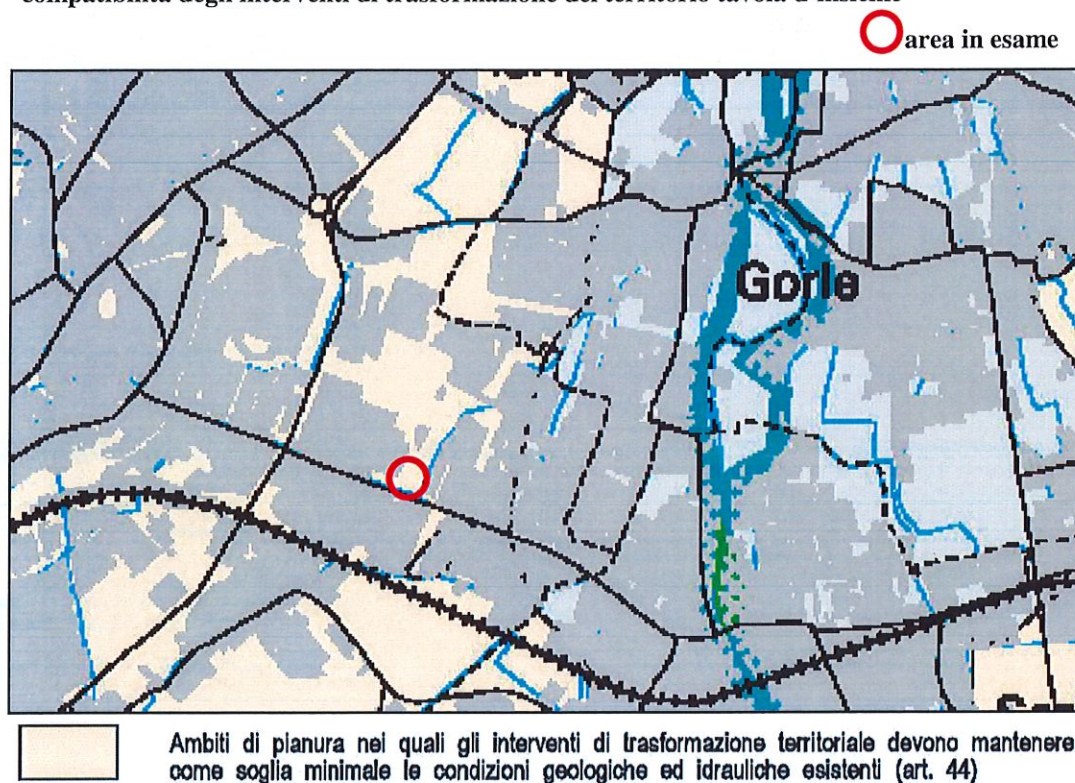
La carta di Fattibilità Geologica (2022) inserisce l'area in esame in classe 4 (Fattibilità con gravi limitazioni) sottoclasse *man* (aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per manutenzione e interventi di difesa idraulica).

1.7 VERIFICA DI COERENZA CON LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DEL PTCP

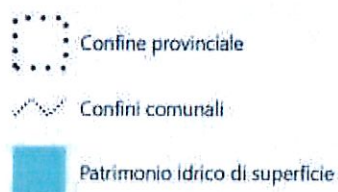
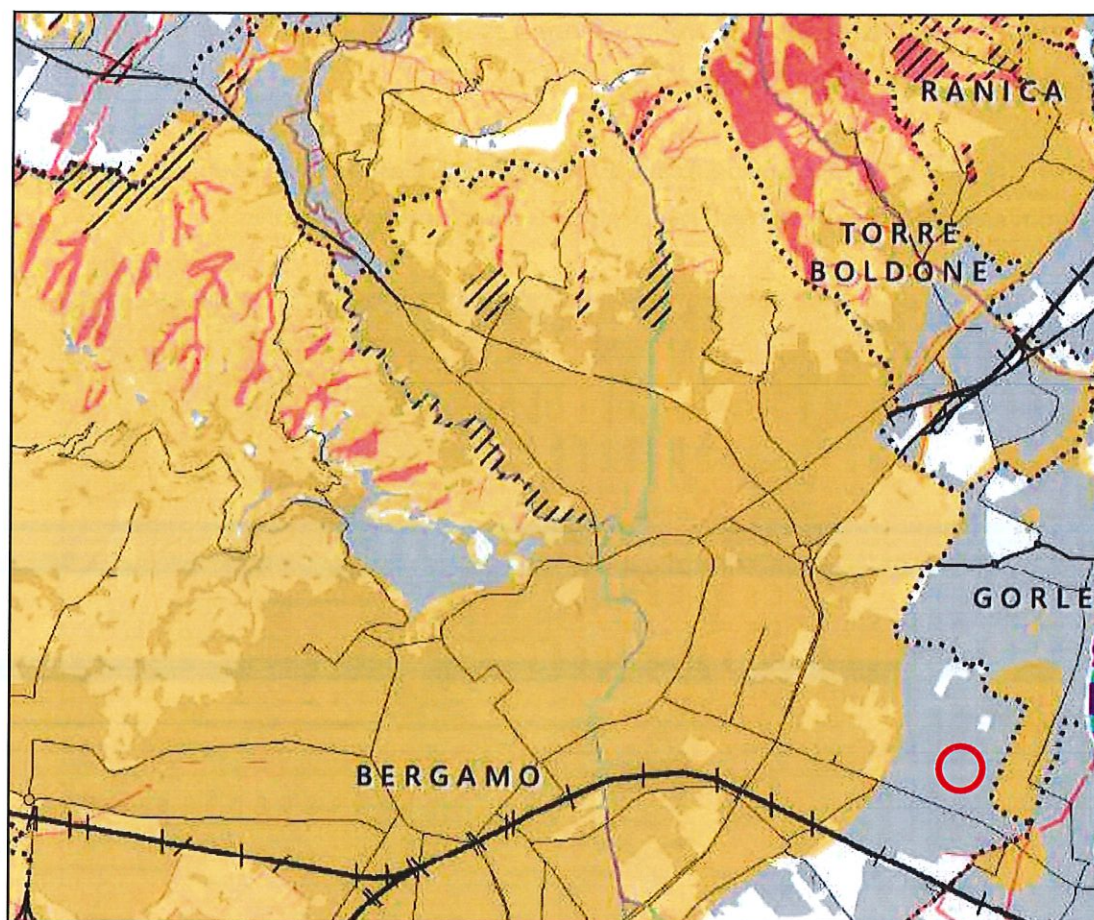
Si è esaminata la cartografia del PTCP provinciale relativi agli ambiti di pianura, quale quello indagato. La carta degli Elementi di Pericolosità e Criticità colloca l'area esaminata nell'ambito dei territori così definiti: "Ambiti di pianura nei quali gli interventi di trasformazione territoriale devono mantenere come soglia minimale le condizioni geologiche ed idrauliche esistenti (art.44)". Si segnala la prossimità ad un'area appartenente agli "ambiti di pianura nei quali gli interventi

di trasformazione territoriale devono essere assoggettati a puntuale verifica di compatibilità geologica ed idraulica (art.44)".

**Figura n°18: PTCP - Tav.E1_Suolo e Acque_Elementi di pericolosità e di criticità:
compatibilità degli interventi di trasformazione del territorio tavola d'insieme**



Nella più recente versione del PTCP Provinciale adottato nel 2020 e pubblicato nel febbraio 2021 l'area risulta collocata l'area d'esame in "Classe di Fattibilità con consistenti limitazioni (III)".



MOSAICO DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA (*)

Classi di significativo georischio

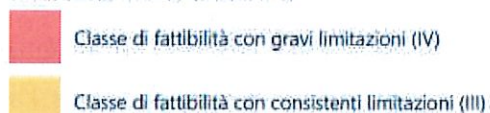
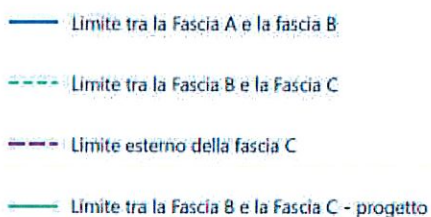


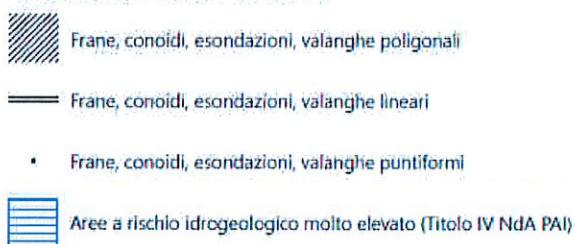
Fig. 19: PTCP Mosaico della Fattibilità Geologica e PAI

Area in esame

DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI DEL PAI



QUADRO DEL DISSESTO DEL PAI (*)



1.8 DESCRIZIONE E VERIFICA DI COERENZA CON LA CARTOGRAFIA DEL PGRA

Le mappe del Piano di Gestione Rischio Alluvioni del distretto idrografico del Fiume Po rispondono alla Direttiva Alluvioni 2007/60 CE del 2013, cui seguono revisioni successive fino al 2022.

Esse cartografano la pericolosità ed il rischio alluvioni.

Viene dunque mappata la pericolosità delle aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali, secondo gli scenari di diversa probabilità da P1 a P3, caratterizzandone l'intensità secondo: estensione dell'inondazione, altezze idriche, velocità e portata. Vengono identificati ambiti territoriali omogenei, in base alle caratteristiche del reticolo idrografico ed alla tipologia e gravità dei processi di alluvioni prevalenti:

- Reticolo idrografico principale (RP)
- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM)
- Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP)
- Aree costiere lacuali (ACL)

Risulta anche cartografato il rischio di alluvioni, ovvero le potenziali conseguenze negative derivanti dell'evento alluvionale, in termini di elementi interessati: abitanti colpiti, infrastrutture/strutture strategiche, beni ambientali, storici e culturali, distribuzione e natura delle attività economiche, impianti a rischio di incidente rilevante. Vengono inoltre distinte le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di trasporto solido e/o colate detritiche. Vengono definite quattro classi di rischio crescente, da R1 a R4.

Dalla revisione del 2015 sono mappate anche le Aree a Rischio Significativo, dove le condizioni di rischio particolarmente significativo rendono necessaria una specifica gestione del rischio. L'elevata pericolosità che caratterizza tali aree deriva dall'entità delle portate di piena e dell'estensione delle aree inondabili. Le ARS della Regione Lombardia sono 315, di cui 8 ARS Distrettuali, 27 regionali e le restanti a carattere locale. Le ARS Distrettuali corrispondono a "nodi critici di rilevanza strategica le cui condizioni di rischio elevato o molto elevato coinvolgono insediamenti abitativi e produttivi di grande importanza, numerose infrastrutture di servizio e le principali vie di comunicazione...richiedono

complessi interventi di mitigazione del rischio...alla scala di intero bacino idrografico o di ampi settori del reticolo idrografico principale, è pertanto necessario il coordinamento delle politiche di più regioni". Le ARS distrettuali sono definite in base al perimetro delle aree allagabili chiuse a monte ed a valle lungo i confini comunali dei comuni maggiormente esposti al rischio. Misure localizzate del PGRA possono interessare anche aree esterne, generalmente a monte. In adiacenza od in contiguità alle ARS Distrettuali possono esservi ARS regionali o locali. In tal caso le misure sono state coordinate tra queste realtà.

In base alla cartografia aggiornata in base alla revisione del 2022 l'area in esame non risulta caratterizzata da alcuno scenario di pericolosità e/o rischio.

1.9 SISMICITA' DELL'AREA

1.9.1 Normativa

Secondo la Normativa Italiana Sismica (decreti emessi sino al 1988 e DM 16/01/96) l'area in oggetto non era compresa in area sismica.

Nella recente Normativa Sismica (Ordinanza del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003) tutto il territorio Nazionale è stato suddiviso in quattro zone.

A seguito del: D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129

Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), il comune di Bergamo risulta in Zona Sismica 3 con accelerazione massima di $0,11877 \text{ m/s}^2$.

Nel settembre 2005 è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale la nuova Normativa Italiana sulle Costruzioni, il cosiddetto Testo Unico (DM 14/09/2005); poi successivamente viene realizzata una nuova versione (DM 14/01/2008) pubblicata in Gazzetta Ufficiale n°29 del 4 febbraio con successiva pubblicazione della Circolare n° 617 del 02/02/2009, Gazzetta ufficiale n°47 del 27 febbraio 2009-Suppl. Ordinario n°27: Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Infine con decorrenza dal 22 marzo 2018 sono diventate cogenti le nuove NTC 2018. Già ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 la determinazione delle azioni sismiche non doveva più essere fatta sulla base della zona sismica territorialmente definita ma sito per sito secondo l'allegato B del D.M., confermato dalle NTC 2018. Tutte le verifiche vanno fatte con il metodo

degli stati limite in condizioni statiche ed in condizioni dinamiche facendo riferimento ai parametri sismici di calcolo di cui alle tabelle allegate alla NTC.

1.9.2 Spettri di risposta elastici

Al fine della valutazione dell' azione sismica sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici della componente sia verticale che orizzontale agli stati limite ultimi (SLV e SLC con probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R rispettivamente del 5% e del 10%) e agli stati limite di esercizio (SLO e SLD con probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R rispettivamente del 81% e del 63%). Per le verifiche è stato utilizzato il programma di calcolo della PROGRAMGEO "SISCODES" aggiornato alle verifiche proposte dal DM 17 gennaio 2018. Si riportano di seguito i relativi tabulati di calcolo con indicati i principali parametri ricavati per i diversi stati limite.

Per quanto riguardano specificatamente le strutture in progetto di realizzazione viene di seguito proposti, i seguenti parametri sismici:

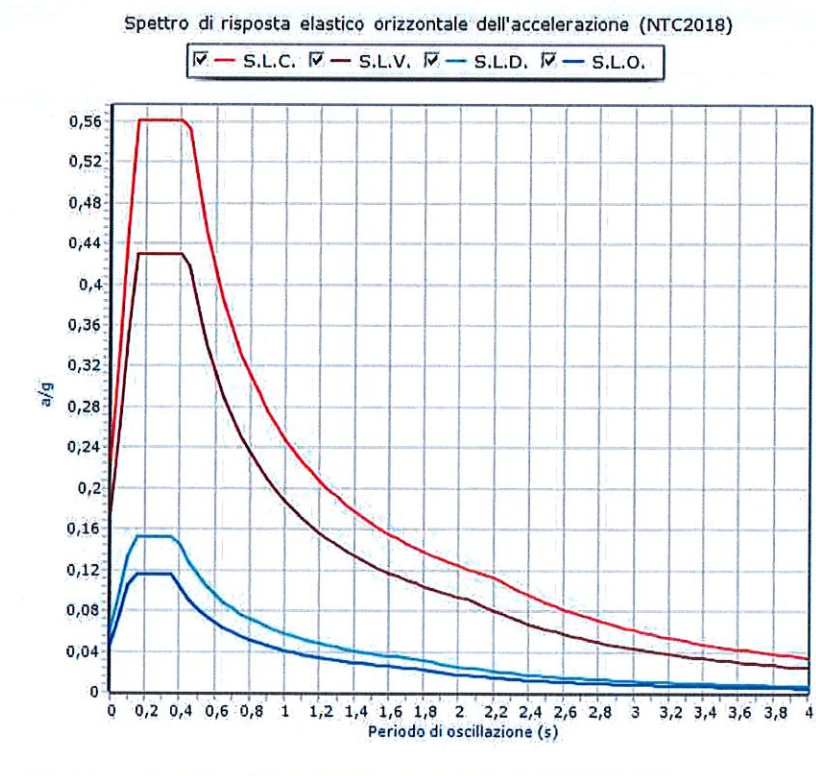
Stato	agh base(g)	F0	Tc*	agv base(g)	Fv	Tr(anni)
S.L.C.	0,1546	2,47	0,28	0,1546	1,31	975
S.L.V.	0,1186	2,47	0,27	0,1186	1,12	475
S.L.D.	0,0414	2,46	0,22	0,0414	0,68	50
S.L.O.	0,0318	2,43	0,20	0,0318	0,59	30

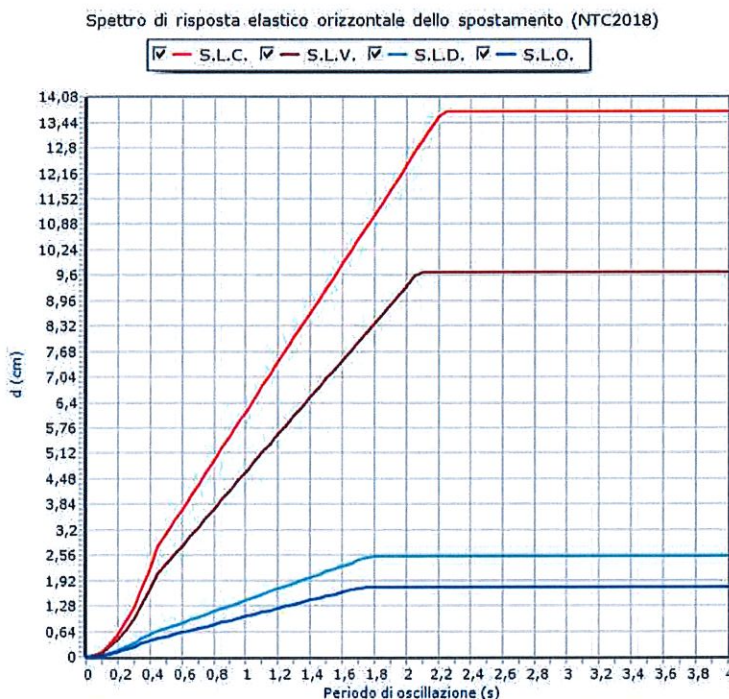
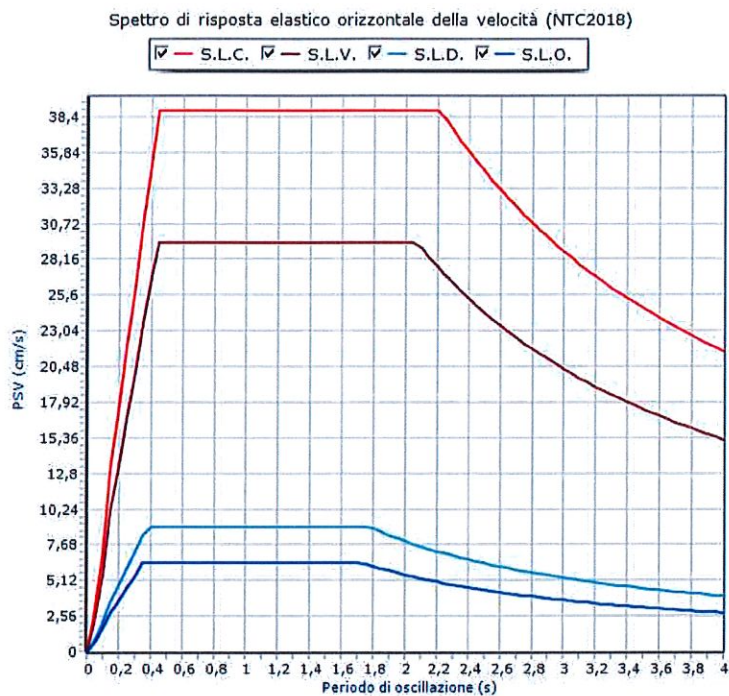
Pr(%)	agh max(g)	agv max(g)	khs	kvs	beta
0,05	0,2275	0,1546	0,055	0,027	0,24
0,1	0,1776	0,1186	0,043	0,021	0,24
0,63	0,0620	0,0414	0,012	0,006	0,20
0,81	0,0478	0,0318	0,010	0,005	0,20

Parametri sismici secondo le NTC2018

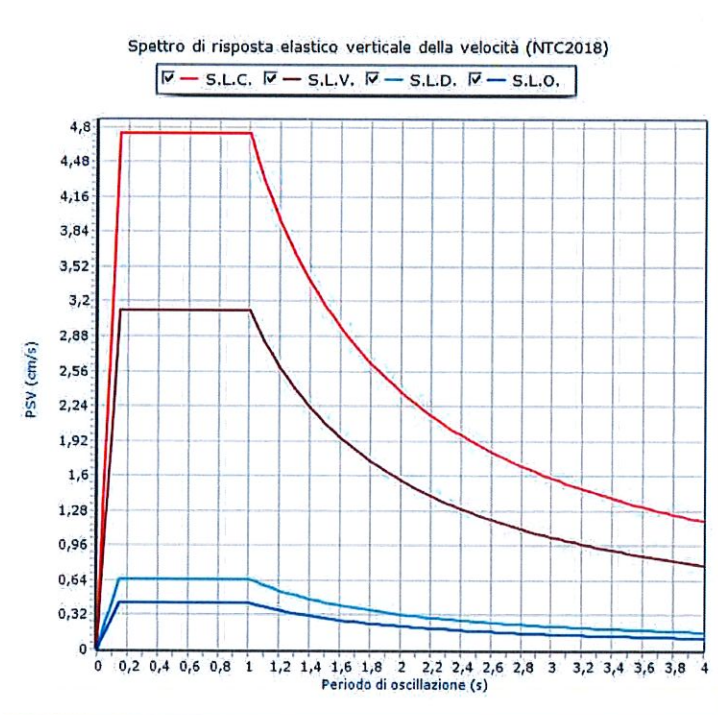
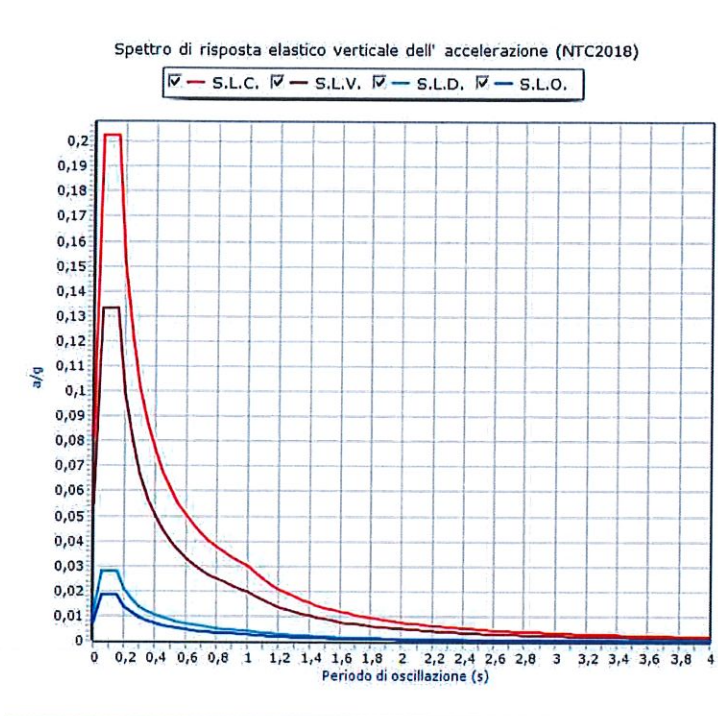
Descrizione	Valore	Legenda:
Sistema:	WGS84	agh base: Accelerazione sismica orizzontale di base;
Latitudine°	45,691341	F0: Max fattore di amplificazione spettrale orizzontale;
Longitudine°	9,701120	Tc*: Periodo inizio tratto a velocità costante;
Stato limite	S.L.V.	agh max: Accelerazione sismica orizzontale in superficie;
Vita nominale opera (anni)	50	agv max: Accelerazione sismica verticale in superficie;
Classe opera	II	khs: Coefficiente sismico orizzontale del terreno;
		kvs: Coefficiente sismico verticale del terreno;
		beta: Coefficiente di riduzione di agh max.

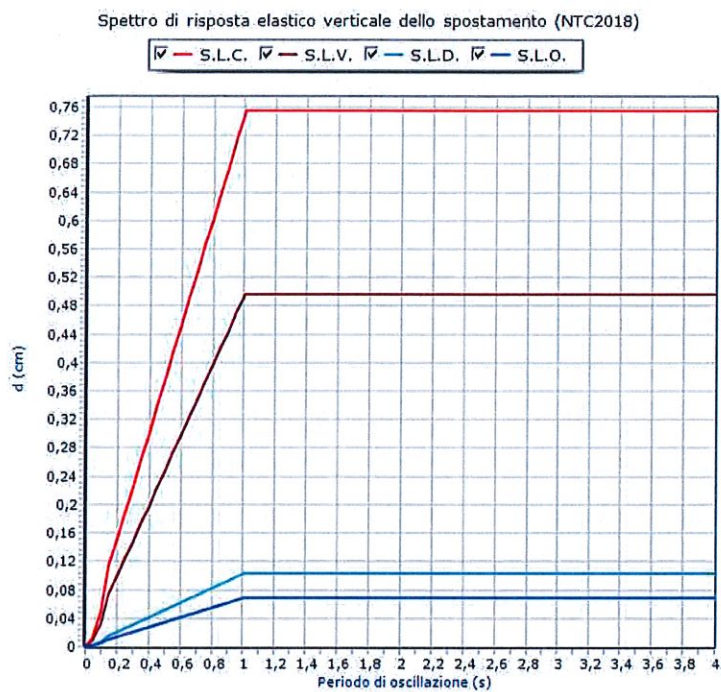
SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA ORIZZONTALE



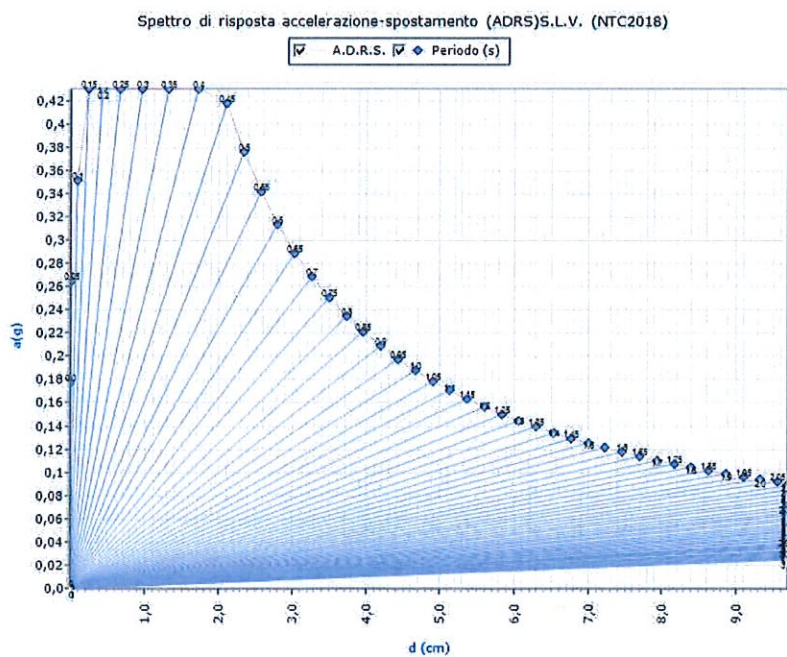


SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA VERTICALE





SPETTRO DI RISPOSTA ACCELERAZIONE SPOSTAMENTO



1.10 MODELLO GEOLOGICO - LITOSTRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO

La litostratigrafia del sottosuolo risulta dall'indagine geognostica; in particolare dal sondaggio geognostico a carotaggio continuo che ha permesso il recupero del terreno costituente il sottosuolo,

Si specifica altresì che anche la prova penetrometrica dinamica, eseguita presso questa stessa area, pur non fornendo riscontri litologici, permette di operare una ricostruzione litotecnica dei principali orizzonti che costituiscono il sottosuolo sulla base della suddivisione delle stesse in orizzonti ad uniforme resistenza alla penetrazione, e conseguentemente nella relazione geotecnica, di attribuire valori ai parametri geotecnici principali. Anche la prospezione geofisica MASW, seppure in via indiretta e con le cautele del caso, permette indirettamente di fare valutazione sulle caratteristiche del sottosuolo più profondo non raggiunto dalla geognostica (correlazioni note in bibliografia relative alla densità relativa Vs (Mayne et al.-2002 ; Andrus et al.-2004) ed alla resistenza penetrometrica N_{spt} -Vs(Ohta e Goto-1978).

Si descrive la seguente sequenza litostratigrafica che può essere assunta a modello geologico di sito:

- orizzonte superficiale costituito da terreni localmente rimaneggiati limo argillosi debolmente sabbiosi debolmente ghiaiosi con presenza di resti antropici, perlopiù frammenti di laterizi; con spessore da 0,5 a 1,2 metri;
- orizzonte successivo costituito da una ghiaia sabbiosa limosa a clasti anche alterati estesa sino a 2-2,3 metri di profondità;
- fa seguito un orizzonte costituito da limo argilloso debolmente sabbioso sino a 3 metri di profondità ,poi ghiaioso sino a 3,80 metri;
- seguono poi alternanze di orizzonti di ghiaia sabbiosa limosa a limo ghiaioso argilloso debolmente sabbioso sino a circa 7 metri di profondità ;
- segue ghiaia sabbiosa limosa debolmente argillosa in alternanza a conglomerato fratturato ; sono definibili di natura prevalentemente incoerente. Si estende presumibilmente sulla base di altre indagini condotte nelle vicinanze in profondità.

1.11 VERIFICA DEL FENOMENO DELLA LIQUEFACIBILITA'

A livello globale la liquefazione dei terreni costituisce una delle principali cause di danno durante un evento sismico. Secondo la vigente normativa NTC 2018 la verifica alla liquefacibilità può essere omessa solo quando ricorrono i seguenti casi:

- valore della accelerazione sismica orizzontale massima in superficie $< 0,10$ g;
- profondità media stagionale della falda > 15 metri;
- composizione granulometrica esterna a fusi di riferimento.
- terreni con resistenza penetrometrica normalizzata superiore a $(N_1)_{60} > 30$ alla profondità di riscontro della falda idrica.

Pur ricorrendo nel caso specifico, sia pure per un breve tratto della curva granulometrica il caso di composizione granulometrica esterna a fusi di riferimento, e non risulta attualmente un livello di falda forse per il periodo siccitoso, si è ritenuto precauzionalmente di procedere alla valutazione del coefficiente di sicurezza alla liquefacibilità alla profondità a cui sono presenti terreni potenzialmente liquefacibili o comunque mediante l'applicazione di metodi storico empirici.

Per la valutazione occorre sapere oltre il valore della accelerazione sismica orizzontale massima in superficie, già calcolato, il valore della magnitudo massima attesa.

Un procedimento scientificamente corretto per valutare tale valore di magnitudo si basa sul concetto di disaggregazione della pericolosità sismica. Con tale procedimento vengono sommati i contributi dovuti alle singole coppie magnitudo distanza degli epicentri ricadenti all'interno di un'area di riferimento allo scopo di individuare, con una procedura di tipo probabilistico (Cornell 1968), l'evento sismico dominante. Il terremoto individuato, detto terremoto di scenario è caratterizzato da una magnitudo, una distanza dal sito indagato ed un tempo di ritorno. Per applicare tale sistema si fa riferimento al sito dell'I.N.G.V. che consente di calcolare il terremoto di scenario sulla base della Mappa di

pericolosità sismica del territorio italiano. Nello specifico caso si è ottenuto quanto risulta dalle seguenti tabelle e schemi.

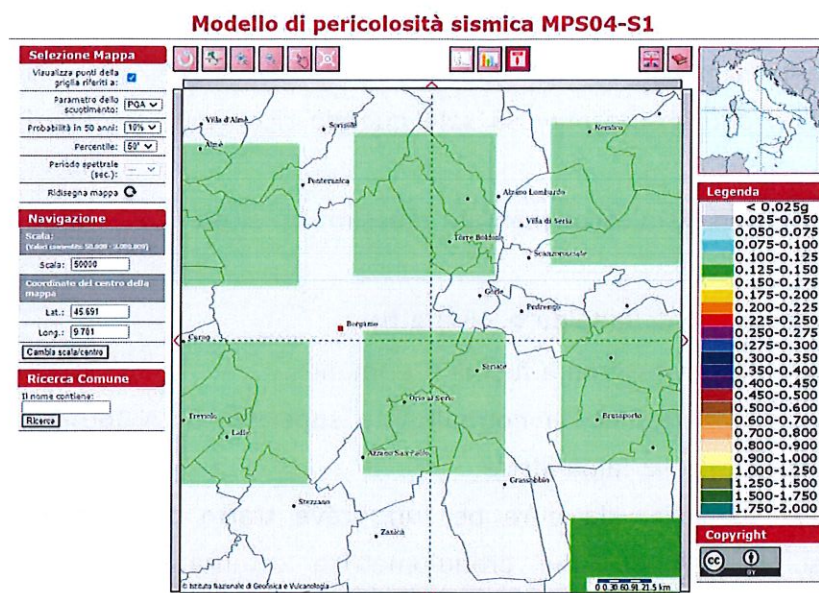
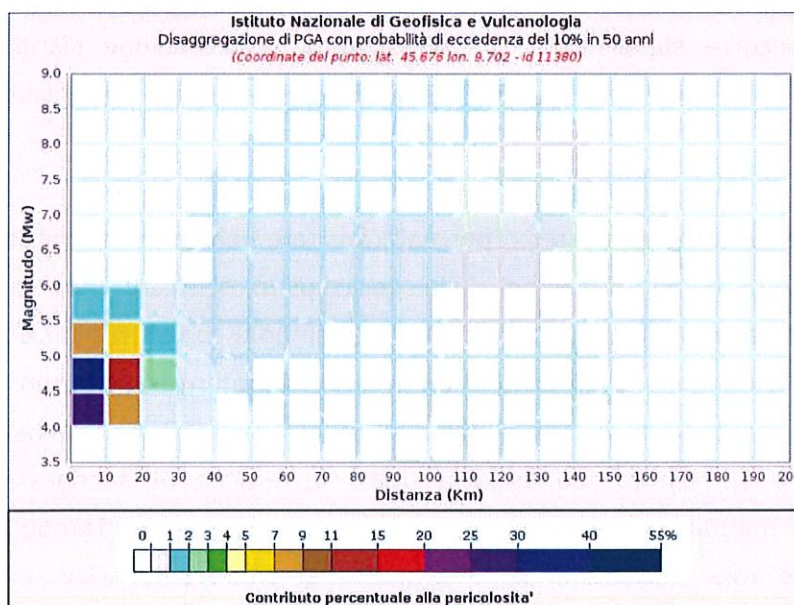


Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	25.4000	30.0000	8.6400	1.8200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	7.6900	12.5000	5.6000	1.6500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.8960	2.1200	1.4400	0.5790	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0429	0.3580	0.4180	0.2200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0286	0.1290	0.0963	0.0077	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0340	0.0800	0.0725	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0407	0.0526	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0143	0.0334	0.0075	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0033	0.0182	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0089	0.0027	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 4.73 ; distanza = 9.33 ; epsilon = 0.442

Per quanto riguarda il metodo di calcolo della suscettibilità alla liquefazione si è utilizzato, disponendo dei dati di resistenza SPT, quello di Seed Idriss (1985), sempre utilizzando per lo sviluppo dei calcoli il programma Liquef (ProgramGeo di Carpenedolo-BS).

Viene applicata in questo caso la metodologia semplificata valida in condizione free-field e per aree sub-pianeggianti che seppure con le relative approssimazioni permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T) come dalle seguente correlazione:

$F_s = CRR/CSR$ La grandezza CRR viene correlata ai parametri N_{spt} (penetro metro dinamico), q_c (penetrometro statico) e V_s (velocità delle onde S); in questo caso N_{spt} .

La grandezza CRS è invece funzione dell'accelerazione sismica orizzontale max in superficie. Un deposito viene considerato suscettibile di liquefazione per $F_s < 1$. La NTC 2018 non indica un valore specifico di F_s da utilizzare come riferimento. Questo deve essere scelto e motivato dal progettista.

L'Eurocodice 8 suggerisce che un terreno debba essere considerato liquefacibile se lo sforzo di taglio indotto dal terremoto supera l'80% della resistenza mobilitata dal terreno.

$CSR \geq 0.80CRR$ Questo comporta un coefficiente di sicurezza limite uguale a:

$$F_s = CRR/CSR = 1.25$$

Il valore di F_s calcolato dovrà essere quindi maggiore o uguale di questo valore limite.

Nel caso specifico per la verifica si è riutilizzato il metodo di Seed et al. (1985), modificato avendo a disposizione dati di resistenza del terreno.

La valutazione del terremoto di progetto, cioè dell'evento sismico di riferimento rispetto al quale effettuare la stima della suscettibilità del terreno alla liquefazione, viene eseguita adottando un valore di magnitudo determinata con il metodo precedentemente descritto.

Nel metodo di Seed e al.(1985) la resistenza alla liquefazione viene calcolata con

la seguente formula:
$$R = \frac{a + cx + ex^2 + gx^3}{1 + bx + dx^2 + fx^3 + hx^4}$$
 dove:

$x = N_{60cs}$ numero di colpi SPT riferito ad un'efficienza del 60% e corretto per tenere conto dell'eventuale presenza di una frazione fine;

$a = 0.048$;

$b = -0.1248$;

$c = -0.004721$;

$d = 0.009578$;

$e = 0.0006136$;

$f = -0.0003285$;

$g = -0.00001673$;

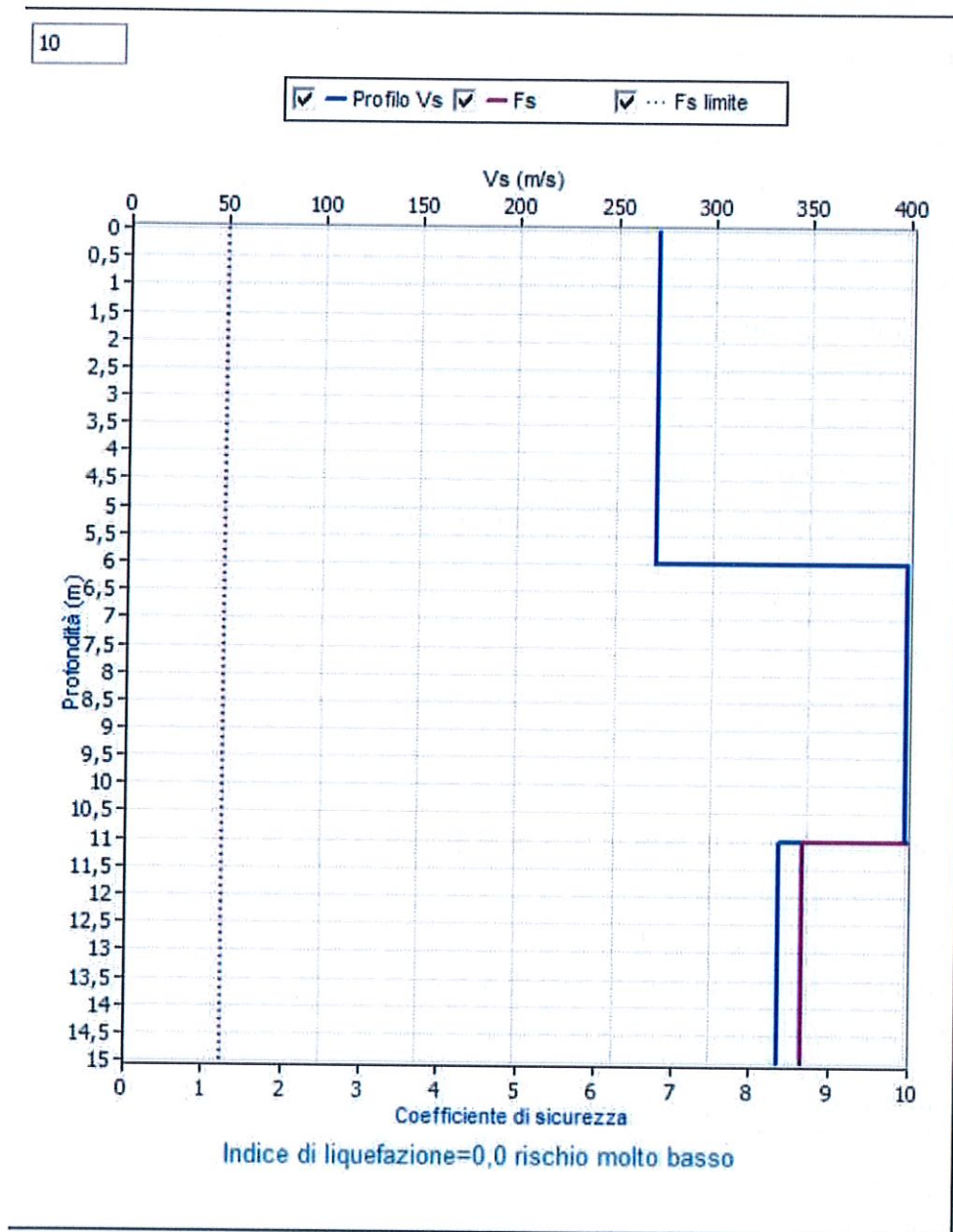
$h = 0.000003714$.

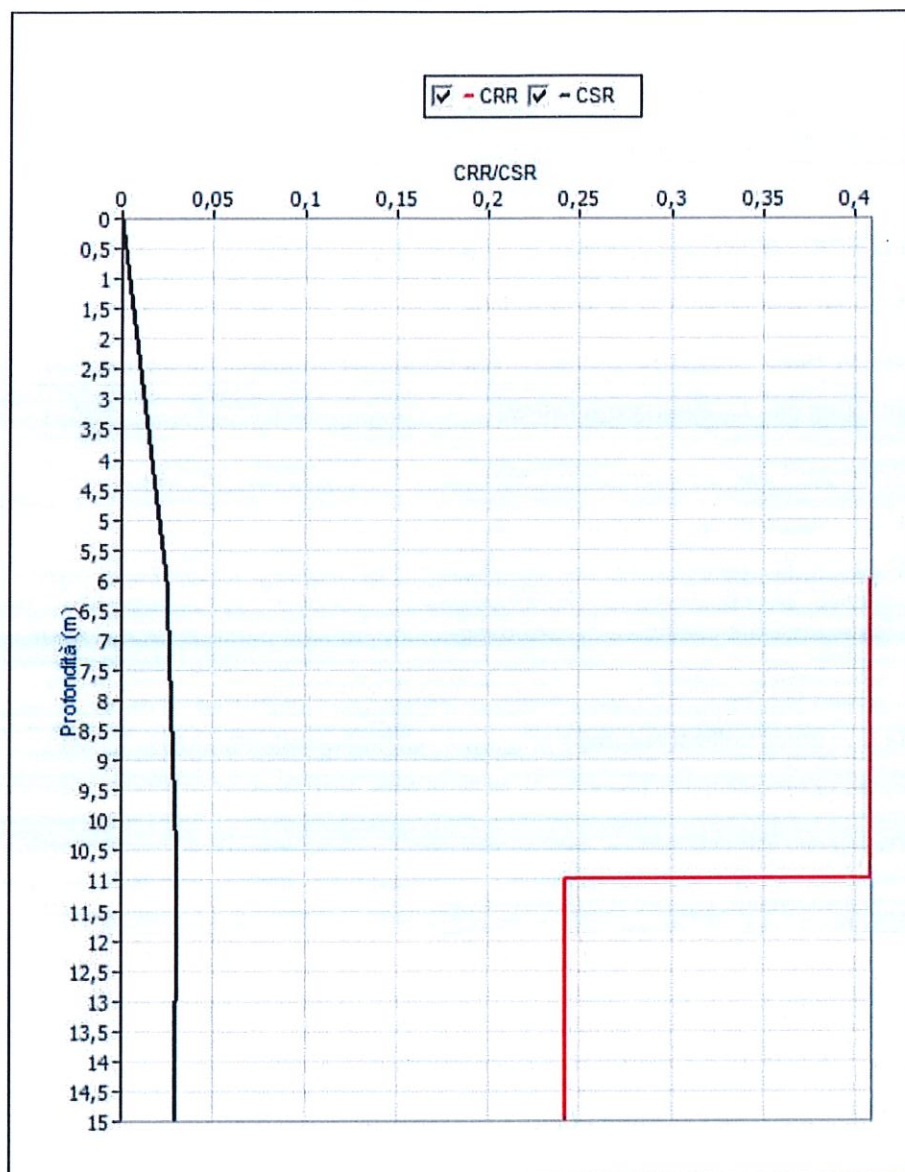
N_{60cs} può essere valutato con la relazione:

$N_{60cs} = f_a + f_b (C_E C_N C_b C_r C_s N_{spt})$ in cui:

- C_N = fattore correttivo per l'approfondimento della prova = $\sqrt{\frac{1}{\sigma_v}}$ (con σ_v in kg/cmq); se C_N è maggiore di 1.7 porre $C_N = 1.7$;
- C_E = fattore correttivo per l'efficienza dell'infissione = $ER/60$ con ER l'efficienza del sistema d'infissione usato;
- C_b = fattore correttivo collegato al diametro del foro di sondaggio; questi i valori consigliati:
da 65 a 115 mm $C_b=1.0$
da 115 a 150 mm $C_b=1.05$
da 150 a 200 mm $C_b=1.15$
- C_r = fattore correttivo collegato alla lunghezza delle aste; questi i valori consigliati:
da 3 a 4 m $C_r=0.75$
da 4 a 6 m $C_r=0.85$
da 6 a 10 m $C_r=0.95$
da 10 a 30 m $C_r=1.0$
>30 m $C_r>1.0$
- C_s = fattore correttivo collegato al tipo di campionatore; questi i valori consigliati:
campionatore standard $C_s=1.0$
campionatore senza astuccio C_s da 1.1 a 1.3
- f_a = 0 per una percentuale di fine(FC) $\leq 5\%$;
= $\exp\left(1.76 - \frac{190}{FC^2}\right)$ per $5 < FC < 35 \%$;
= 5 per $FC \geq 35 \%$;
- f_b = 1 per $FC \leq 5\%$;
= $0.99 + \frac{FC^{1.5}}{1000}$ per $5 < FC < 35 \%$;
= 1.2 per $FC \geq 35 \%$.

Questa procedura è raccomandata dal National Center for Earthquake Reasearch (NCEER). Dai calcoli effettuati risulta quanto illustrato nelle seguenti tabelle e grafici:





Profilo CRR da Vs									
N	da (m)	a (m)	Vs (m/s)	%fine	Gamma (kN/m ³)	Vs1 (m/s)	CSR	CRR	Fs
1	0	6	271	-	18,14	315,5	0,024		
2	6	11	400	-	18,82	373,6	0,03	0,409	13,628
3	11	15	336	-	18,63	293,6	0,028	0,242	8,653

SI È OTTENUTO FS MINIMO = 8,653

Pertanto il terreno che costituisce il sottosuolo risulta:

NON LIQUEFACIBILE

Per le profondità significative considerate.

INDICE

1.0 RELAZIONE GEOLOGICA	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 METODOLOGIA DELL'INDAGINE	1
1.2.1 Modalità esecutive delle prove penetrometriche SCPT	1
1.2.2 Modalità della prospezione geosismica con metodo M.A.S.W.	1
1.2.2.1 Analisi multicanale delle onde superficiali	1
1.2.2.2 Risultati	6
1.2.3 Modalità del sondaggio geognostico	10
1.2.3.1 Descrizione sonda	10
1.2.3.2 Metodologia generale esecutiva dei sondaggi	10
1.2.3.3 Modalità di esecuzione delle prove S.P.T. in foro di sondaggio	11
1.2.3.4 Modalità di stesura delle stratigrafie	11
1.3 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO	12
1.4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	15
1.5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO e IDROGRAFICO	20
1.6 DESCRIZIONE, CONFRONTO E VERIFICA DI COERENZA CON ALTRA CARTOGRAFIA DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE	26
1.7 VERIFICA DI COERENZA CON LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DEL PTCP	41
1.8 DESCRIZIONE E VERIFICA DI COERENZA CON LA CARTOGRAFIA DEL PGRA	44
1.9 SISMICITA' DELL'AREA.....	45
1.9.1 Normativa	45
1.9.2 Spettri di risposta elastici	46
1.10 MODELLO GEOLOGICO - LITOSTRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO	51
1.11 VERIFICA DEL FENOMENO DELLA LIQUEFACIBILITA'	52



Stralcio da DBGT Regione Lombardia

○ Area in esame

COMUNE DI BERGAMO

Via Daste e Spalenga

Tavola

1

Scala 1:5000



Ubicazione indagini effettuate

- Prova penetrometrica dinamica S.C.P.T.
- Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
- Indagine sismica M.A.S.W.
(Masw n°2 indagine 2012)

COMUNE DI BERGAMO



Via Daste e Spalenga ang. Via Borgo Palazzo

Tavola

2

Allegato n° 1

RAPPORTI DI PROVA DIAGRAMMI PENETROMETRICI

	Sistema di gestione certificato n. 113275_23_Q Conforme alle norme ISO 9001:2015	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH		
		Prova n°: 1 Committente: Studio Geoconsult di dr. Marco Belloli Comune di: Bergamo	Eseguita il: 06/03/2024 Località: via Daste e Spalenga	
Società autorizzata con Decreto n° 158 del 19/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in situ ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 350/01 Circolare 08 settembre 2010 n° 7919/STC				
Strumentazione impiegata: Penetrometro Pagani TG 63-200 Caratteristiche strumentazione: peso mazza: 73.5 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm				
Operatore: Grignani Kevin			rapporto di prova n° 4795 del 05/04/2024	



quota inizio prova: p.c.

profondità falda m: rilevazione non effettuata

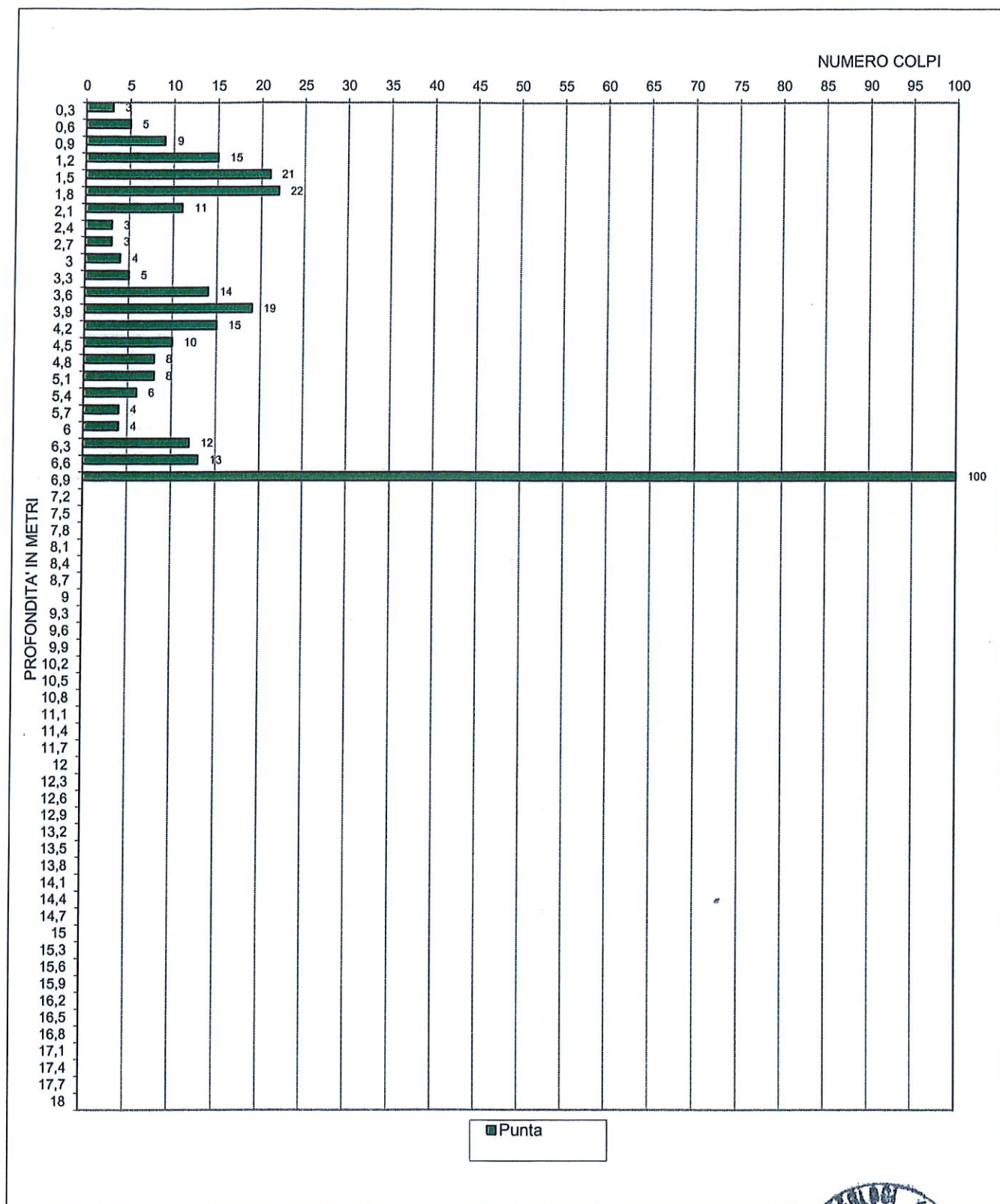
profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento
0,3	3	
0,6	5	
0,9	9	
1,2	15	
1,5	21	
1,8	22	
2,1	11	
2,4	3	
2,7	3	
3,0	4	
3,3	5	
3,6	14	
3,9	19	
4,2	15	
4,5	10	
4,8	8	
5,1	8	
5,4	6	
5,7	4	
6,0	4	
6,3	12	
6,6	13	
6,9	100	
7,2		
7,5		
7,8		
8,1		
8,4		
8,7		
9,0		
9,3		
9,6		
9,9		
10,2		
10,5		

profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		
12,3		
12,6		
12,9		
13,2		
13,5		
13,8		
14,1		
14,4		
14,7		
15,0		
15,3		
15,6		
15,9		
16,2		
16,5		
16,8		
17,1		
17,4		
17,7		
18,0		
18,3		
18,6		
18,9		
19,2		
19,5		
19,5		
20,1		
20,4		
20,7		
21,0		

Note e osservazioni:

 <p>Sistema di gestione certificato n. N3275_21_Q Conforme alle norme ISO 9001:2015</p>	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH		 <p>Associazione Nazionale Imprese Specializzate in Indagini Geotecniche</p>
	Prova n°: 1 Committente: Studio Geoconsult di dr. Marco Belloli Comune di: Bergamo	Eseguita il: 06/03/2024 Località: via Daste e Spalenga	
Strumentazione impiegata: Penetrometro Pagani TG 63-200 Caratteristiche strumentazione: peso mazza: 73.5 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm			
Operatore: Grignani Kevin		rapporto di prova n° 4795 del 05/04/2024	

Società autorizzata con Decreto n° 158 del 18/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 330/01
Circolare 08 settembre 2010 n° 7019/STC




 Dr. Marco Belloli
 Dott. Kevin Grignani

Allegato n° 2

RAPPORTI DI PROVA STRATIGRAFIE SONDAGGI E
PROVE SPT

LEGENDA STRATIGRAFIA

ϕ mm	R v	A r	A s	Pz	metri bat.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm^2)
- 9) Vane test (kg/cm^2)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di Nspt
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato

<i>Tubo aperto</i>	<i>Casagrande</i>
<i>tubo cieco</i>	<i>tubo cieco</i>
<i>finestrato</i>	<i>cella drenaggio</i>

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT

 <p>Sistema di gestione certificato n. N275_23_Q Conforme alle norme ISO 9001:2015</p> <p>Società autorizzata con Decreto n° 158 del 19/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione o certificazione indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01 Circolare 08 settembre 2010 n° 7619/STC</p>	SONDAGGIO GEOGNOSTICO			
	sondaggio n° 1 data inizio: 12/03/2024 data fine: 12/03/2024	Committente: Studio Geoconsult di Marco Belloli redattore: dr. Nicolò Carzaniga		
Comune: Bergamo Località: via Daste e Spalenga	quota: p.c. Perforazione: carotaggio continuo			
diametro perforazione: 101/127 mm		strumentazione utilizzata: Comacchio MC 700		
Operatore: Giudici Silvano		Rapporto di prova n. 4794 del 05/04/2024		

A r s	Pz	metri	Litologia	SPT N	Prof. m	DESCRIZIONE
		0.50				Limo argilloso debolmente ghiaioso debolmente sabbioso marrone scuro. Clasti da subarrotondati a subangolosi, dimensione massima: 3-4 cm. Presenza di apparati radicali e millimetrici frammenti di laterizi.
		1				Ghiaia sabbiosa limosa marrone (0.5-1.0 m da p.c.) o grigio marroncina (1.0-2.0 m da p.c.). Clasti da subarrotondati a subangolosi, anche alterati, dimensione massima: 6 cm.
		2		6-2-3 5	2.00	Limo argilloso debolmente sabbioso con tracce di ghiaia, marrone. Clasti da subarrotondati a subangolosi, anche alterati, inglobati nella matrice fine. Dimensione massima: 2 cm.
		3		5-3-7 10	3.00	Limo ghiaioso argilloso debolmente sabbioso marrone. Clasti da subarrotondati a subangolosi, per lo più inglobati in matrice fine, anche alterati. Dimensione massima: 4-5 cm.
		4			3.80	
		4.00			4.00	Ghiaia sabbiosa limosa grigia. Clasti da subarrotondati a subangolosi, anche alterati. Dimensione massima: 6 cm.
		4.25			4.25	Limo ghiaioso argilloso debolmente sabbioso marrone. Clasti da subarrotondati a subangolosi, per lo più inglobati in matrice fine, anche alterati. Dimensione massima: 3-4 cm.
		4.50		5-4-7 11	4.50	Ghiaia sabbiosa limosa grigia. Clasti da subarrotondati a subangolosi, anche alterati. Dimensione massima: 3 cm.
		5				Limo ghiaioso argilloso debolmente sabbioso marrone. Clasti da subarrotondati a subangolosi, per lo più inglobati in matrice fine, anche alterati. Dimensione massima: 3-4 cm.
		6		4-5-9 14	6.70	
		7			7.00	Ghiaia limosa argillosa debolmente sabbiosa marrone. Clasti da subarrotondati a subangolosi. Dimensione massima: 3-4 cm.
		8		50 Scm-0-0 Rif		Ghiaia sabbiosa limosa debolmente argillosa marrone in alternanza decimetrica a conglomerato frantumato grigio chiaro. Clasti da subarrotondati a subangolosi, dimensione massima: 4 cm.
		9		50/cm Rif		
		10			10.00	



 <p>GEODRILL S.r.l.</p> <p>"Sistema di gestione qualità certificato n. N3276_23_Q Conforme alle norme ISO 9001:2015"</p> <p><small>Società autorizzata con Decreto n° 159 del 19/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione e certificazione indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01 Circolare 08 settembre 2010 n° 7919/STC</small></p>	SONDAGGIO GEOGNOSTICO - PROVE SPT				
	sondaggio n°	1	data inizio: 12/03/2024		data fine: 12/03/2024
	Committente:	Studio Geoconsult di Marco Belloli			redattore: dr. Nicolò Carzaniga
	Comune:	Bergamo	Località:		via Daste e Spalenga
	quota:	p.c.	Perforazione:		carotaggio continuo
diametro perforazione: 101/127 mm		strumentazione utilizzata : Comacchio MC 700			
Operatore: Giudici Silvano					

SONDAGGIO N° 1							
PROVA N°	DATA	INIZIO PROVA prof. (m) da p.c.	N° COLPI			TIPO DI PUNTA aperta - chiusa	
			15 cm	30 cm	45 cm		
1	12/03/2024	2,0	6	2	3		chiusa
2	12/03/2024	3,0	5	3	7		chiusa
3	12/03/2024	4,5	5	4	7		chiusa
4	12/03/2024	6,0	4	5	9		chiusa
5	12/03/2024	7,5	50/8 cm				chiusa
6	12/03/2024	9,0	50/ cm				chiusa
7							
8							
9							
10							
11							



Il Direttore Tecnico
 Dott. Marco Belloli

Allegato n° 3

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 1 – Postazione Sondaggio



Fig. 2 – Sondaggio 1 da 0.0 a 5.0 / da 5.0 a 10.0 m da p.c.



Fig. 3 – Postazione prova penetrometrica dinamica