

PIANO DI LOTTIZZAZIONE

APC 05 VIA FRATELLI ROSSELLI

Relazione Geologica, geotecnica

“ALLEGATO D”

Parabiago, lì 29/05/2024

Richiedente

Ares Immobiliare Costruzioni srl

.....

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
APPROVAZIONE DELL'AMBITO DI PROGETTAZIONE COORDINATA N. 05
Via F.lli Rosselli, Comune di Canegrate (MI)

Decreto Ministeriale 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 "Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio"





Committente:
ARES IMMOBILIARE COSTRUZIONI SRL
Piazza Sant'Ambrogio 21/c
Vanzaghello (MI)

RIF.: 1142TCN
marzo 2024

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	5
2.1 CONDIZIONI REGIONALI	5
2.1.1 Litologia e Geomorfologia	5
2.1.2 Idrogeologia	5
2.1.3 Vincoli di natura geologica	7
2.2 ASSETTO DI DETTAGLIO	8
2.2.1 Indagine geotecnica	8
2.2.2 Analisi dei risultati geotecnici	10
2.3 CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE	11
3. VALUTAZIONE SISMICA DEL SITO	13
4. DEFINIZIONE DELLA VITA NOMINALE DELL'OPERA	13
5. DEFINIZIONE DELLE CLASSI D'USO PER L'OPERA	13
6. DEFINIZIONE DEL PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'OPERA	14
7. STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO	14
8. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	15
9. CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI	17
10. VERIFICA A LIQUEFAZIONE	17
11. STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO	18
12. CONCLUSIONI	19

ALLEGATI

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - Scala 1:10.000
2. UBICAZIONE DELLE INDAGINI – Scala 1:1.000
3. PROVE PENETROMETRICHE S.C.P.T.

FIGURE

Figura 1 – estratto Carta della Fattibilità geologica – PGT Comune di Canegrate (MI)

Figura 2 – estratto Carta Geologica d'Italia – Foglio n. 45 Milano

Figura 3 – estratto Carta PGRA – fonte: Geoportale Regione L.

Figura 4– estratto Carta dei Vincoli –PGT vigente

Figura 5 – ubicazione dell'area d'indagine – vista aerea

1. PREMESSA

La presente Relazione Geologica e Geotecnica viene redatta per l'approvazione dell'Ambito di Progettazione Coordinata n. 05 (APC 05) ubicato in Via F.lli Rosselli / angolo Via Pisa in Comune di Canegrate (MI) funzionale alla costruzione di nuovi edifici residenziali – *Allegato 1 Inquadramento geografico.*

Secondo quanto emerge dagli elaborati di progetto a cui si rimanda integralmente (Planivolumetrico), il Piano prevede la realizzazione di opere di urbanizzazione da cedere al Comune e la costruzione di una palazzina e di alcune villette su 2 piani; tutte le unità sono dotate di box a quota stradale.

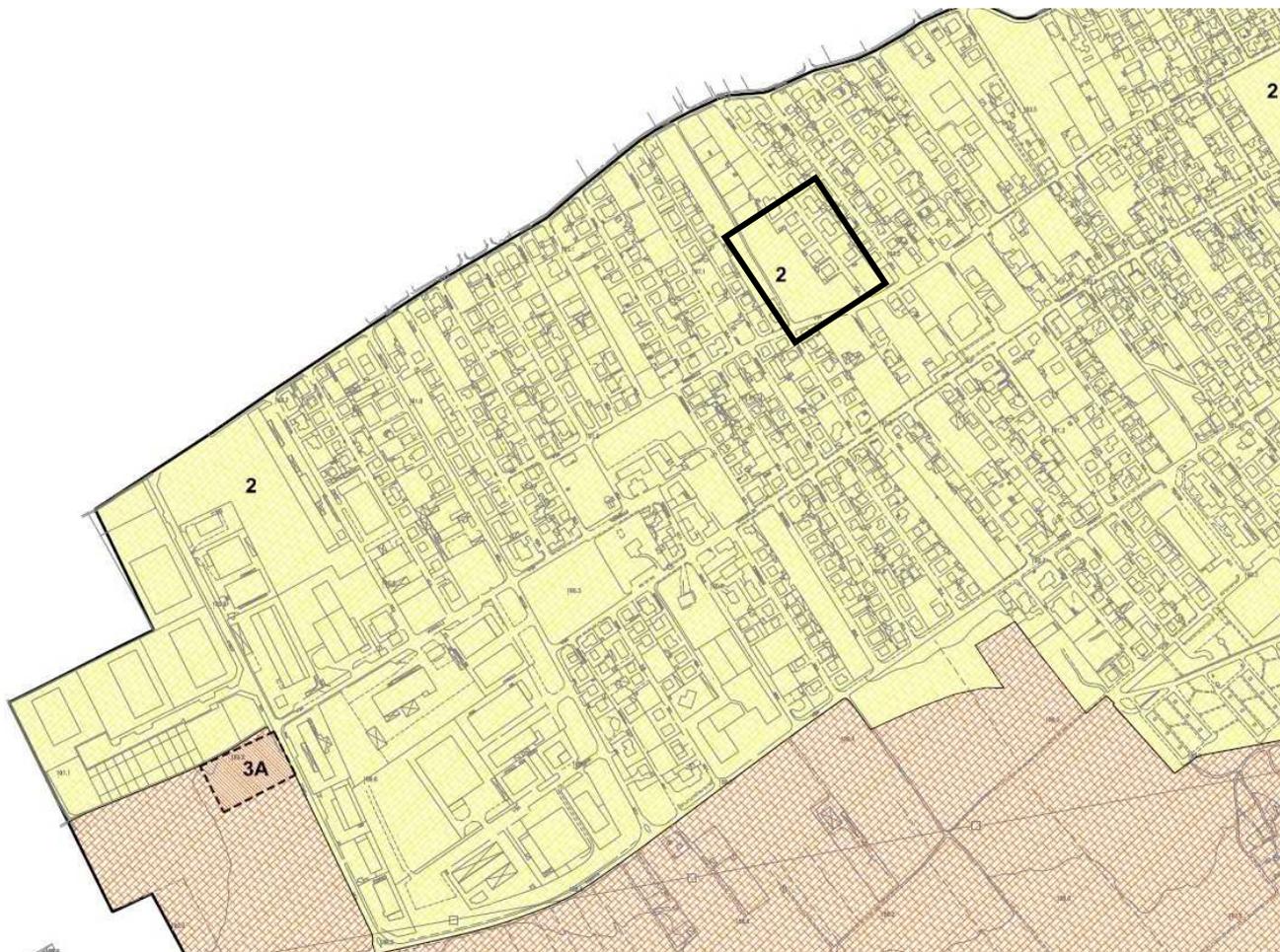
In virtù del proprio strumento urbanistico comunale e degli studi di dettaglio ad esso allegati, Il Comune ha richiesto l'approfondimento delle condizioni geologiche e geotecniche da svolgere in sede di approvazione dell'APC così come previsto dalle vigenti norme di settore (NTC delle costruzioni 2018) e dalle norme del P.G.T.; le verifiche effettuate in questa sede non possono essere considerate esaustive ai fini costruttivi in quanto ogni intervento edificatorio facente parte dell'APC dovrà prevedere specifica valutazione geotecnica conoscitiva finalizzata all'autorizzazione edilizia ed al deposito sismico.

Secondo il vigente Studio geologico, idrogeologico e sismico allegato al PGT del Comune redatto ai sensi della LR 12/2005, l'area di progetto appartiene alla Classe di Fattibilità geologica 2 (fattibilità con modeste limitazioni) – fonte: Comune di Canegrate (MI) – Figura 1. In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica di destinazioni d'uso dei terreni.

Per tale ragione lo studio prescrive l'approfondimento delle condizioni geologiche e geotecniche del sito oggetto di intervento al fine di stabilire la compatibilità delle opere con la situazione locale.

La normativa di riferimento per il presente rapporto viene di seguito elencata:

- ⇒ Decreto Ministeriale 17.01.2018 Aggiornamento delle *“Norme Tecniche per le Costruzioni”* - Testo Unitario
- ⇒ D.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001 *“Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)”*
- ⇒ L.R. n. 33/2015 *“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”;*
- ⇒ 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)”*
- ⇒ L.R. n. 12/2005 *“Legge per il Governo del Territorio”;* D.G.R. 22.12.05 n. 8/1566, pubblicata su B.U.R.L. 11.01.06 – 3° supplemento straordinario, oltre alle successive modifiche ed integrazioni (D.G.R. 28.05.08 n. 8/7374, D.G.R. 30.11.2011 n. 9/2616)
- ⇒ L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*



2	<p><u>CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI</u></p> <p><u>Caratteristiche generali</u></p> <p>La porzione di territorio comunale relativa all'urbanizzato è contraddistinta da <i>vulnerabilità</i> dell'acquifero superficiale <i>alta</i>. L'elevata permeabilità dei terreni superficiali e la soggiacenza della falda idrica, presente a profondità minime variabili mediamente tra 20 e 25 m rispetto al piano campagna e la ridotta capacità di infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo per la presenza di superfici impermeabili, determinano tale condizione (come da elaborazione SINTACS).</p> <p><u>Utilizzo delle aree</u></p> <p>Non si rilevano specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso del suolo e all'utilizzo delle aree in genere. E' pertanto consentito qualunque tipo di opera edificatoria, vincolata al rispetto della salvaguardia della falda idrica.</p> <p><u>Interventi ed indagini da prevedere</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. I progetti dovranno essere corredati dalle indagini geognostiche (opportunamente dimensionate in funzione della tipologia ed estensione dell'intervento edilizio) e dalla relazione geologica e geotecnica ai sensi del D.M. 14.01.08, per qualsiasi azione edificatoria ed opera ammissibile. 2. Sono sempre da prevedere opere di regolazione delle acque meteoriche e la predisposizione del più idonei sistemi di collettamento e/o trattamento delle acque reflue, in ottemperanza al R.R. n° 3 del 24/03/06.
----------	--

Figura 1 – estratto Carta della fattibilità geologica– Studio geologico, idrogeologico e sismico del PGT – Comune di Canegrate (MI)

2. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

2.1 CONDIZIONI REGIONALI

2.1.1 Litologia e Geomorfologia

Le caratteristiche litologiche dei depositi sono state definite utilizzando i nuovi criteri stratigrafici per il Quaternario continentale e i termini formazionali definiti dal Gruppo Quaternario - Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano (Bini, 1987).

Dallo studio di alcune sezioni di riferimento costituite da spaccati naturali (affioramenti) ed artificiali (scavi edili) presenti nel territorio comunale ed in aree limitrofe, si è potuto rilevare che i depositi osservati con omogeneità sul territorio appartengono ad un'unica unità geologica, le cui caratteristiche principali sono di seguito descritte:

Fluvio-glaciale Wurm Auct.

L'Unità è espressione sedimentaria dell'espansione glaciale più recente (Wurm A.A.) ed è rappresentata da depositi in facies fluviale e fluvioglaciale.

I depositi sono costituiti da ghiaie a prevalente supporto di matrice sabbiosa fine, più raramente a supporto di clasti, organizzate più o meno grossolanamente in livelli a diversa granulometria. Sono presenti strutture sedimentarie indicanti un ambiente di deposizione fluvioglaciale ad energia medio-alta: stratificazione piano-parallela orizzontale o incrociata. I clasti sono poligenici, eterometrici da arrotondati a subarrotondati; quando alterati si presentano decarbonatati, se di litologia carbonatica, o parzialmente arenizzati, se di litologia cristallina.

In generale, presenta un profilo di alterazione moderatamente evoluto (spessore massimo 3.5 m) e copertura loessica non riconoscibile. Nella parte superiore sono localmente presenti sedimenti fini con rari ciottoli (limi sabbiosi e limi ghiaiosi). In affioramento le superfici arate si presentano ciottolose.

Dal punto di vista morfologico generale, l'area in studio si ubica nel contesto morfologico dell'Alta Pianura Lombarda caratterizzata da morfologie legate a deposizione fluvioglaciale e fluviale di età quaternaria. Il territorio presenta andamento sostanzialmente sub-pianeggiante con quote altimetriche decrescenti verso Sud che nell'area di indagine sono comprese tra 192,5 e 193 m s.l.m.

L'area di studio risulta priva di elementi morfologici di rilievo; a grande scala si possono presentare delle blande ondulazioni, interpretabili come paleoalvei, che sono la testimonianza delle antiche divagazioni dei corsi d'acqua che hanno attraversato e costruito tale paesaggio.

2.1.2 Idrogeologia

Sulla base delle caratteristiche litologiche dedotte dalle stratigrafie di pozzi esistenti, si riconoscono nel sottosuolo varie unità idrogeologiche, distinguibili per la loro omogeneità di costituzione e di continuità orizzontale e verticale. Le unità idrogeologiche si succedono, dalla più superficiale alla più profonda, secondo il seguente schema:

Unità dei depositi fluvioglaciali, caratterizzata in prevalenza da depositi ghiaioso-sabbiosi ad elevata trasmissività, con locali intercalazioni conglomeratiche. All'interno di tale unità, sono presenti orizzonti a bassa permeabilità rappresentati da sabbie limose, limi e argille, generalmente caratterizzati da una limitata estensione laterale. L'unità, presente con continuità in tutto il territorio con spessori medi di 90-100 m, è sede dell'acquifero superiore di tipo libero o localmente semiconfinato, con soggiacenza media di 30-40 m, tradizionalmente captato dai pozzi dell'area. L'elevata vulnerabilità intrinseca è testimoniata dalle generali scadenti caratteristiche qualitative delle acque.

Dall'analisi delle stratigrafie dei pozzi disponibili, si osserva che, nell'ambito di tale unità, i principali orizzonti acquiferi si attestano tra le profondità di 45 e 55 m da p.c. (porzione superficiale) e tra 70 e 95 m da p.c. (porzione profonda).

Unità dei depositi marini di transizione, costituita da una successione di materiali nel complesso più fini, con predominanza di argille grigie e gialle, talvolta fossilifere e torbose, caratterizzate da una discreta continuità laterale, cui si alternano strati di ghiaie-sabbiose acquifere e arenarie. Il limite superiore dell'unità, tendenzialmente parallelo alla superficie topografica, diviene più superficiale procedendo verso i settori meridionali dell'area. Nei livelli più grossolani e permeabili dell'unità, sono presenti falde idriche intermedie e profonde di tipo confinato, generalmente riservate all'utilizzo idropotabile e captate dai pozzi più profondi dell'area. La migliore qualità delle acque è testimoniata dai dati idrochimici relativi ai pozzi profondi dell'area, indice della minor vulnerabilità delle falde profonde agli inquinamenti idroveicolati provenienti dalla superficie.

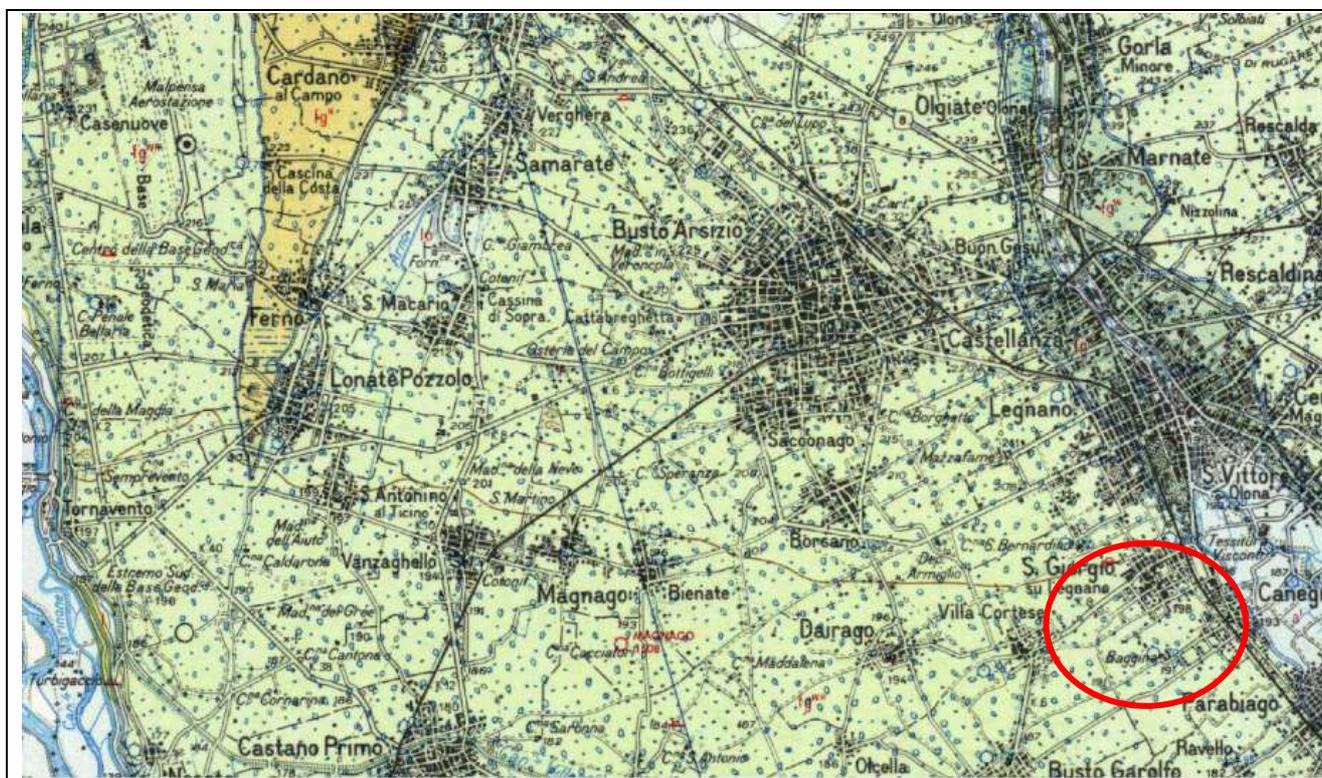


Figura 2 – estratto Carta Geologica d'Italia – Foglio n. 44 Novara

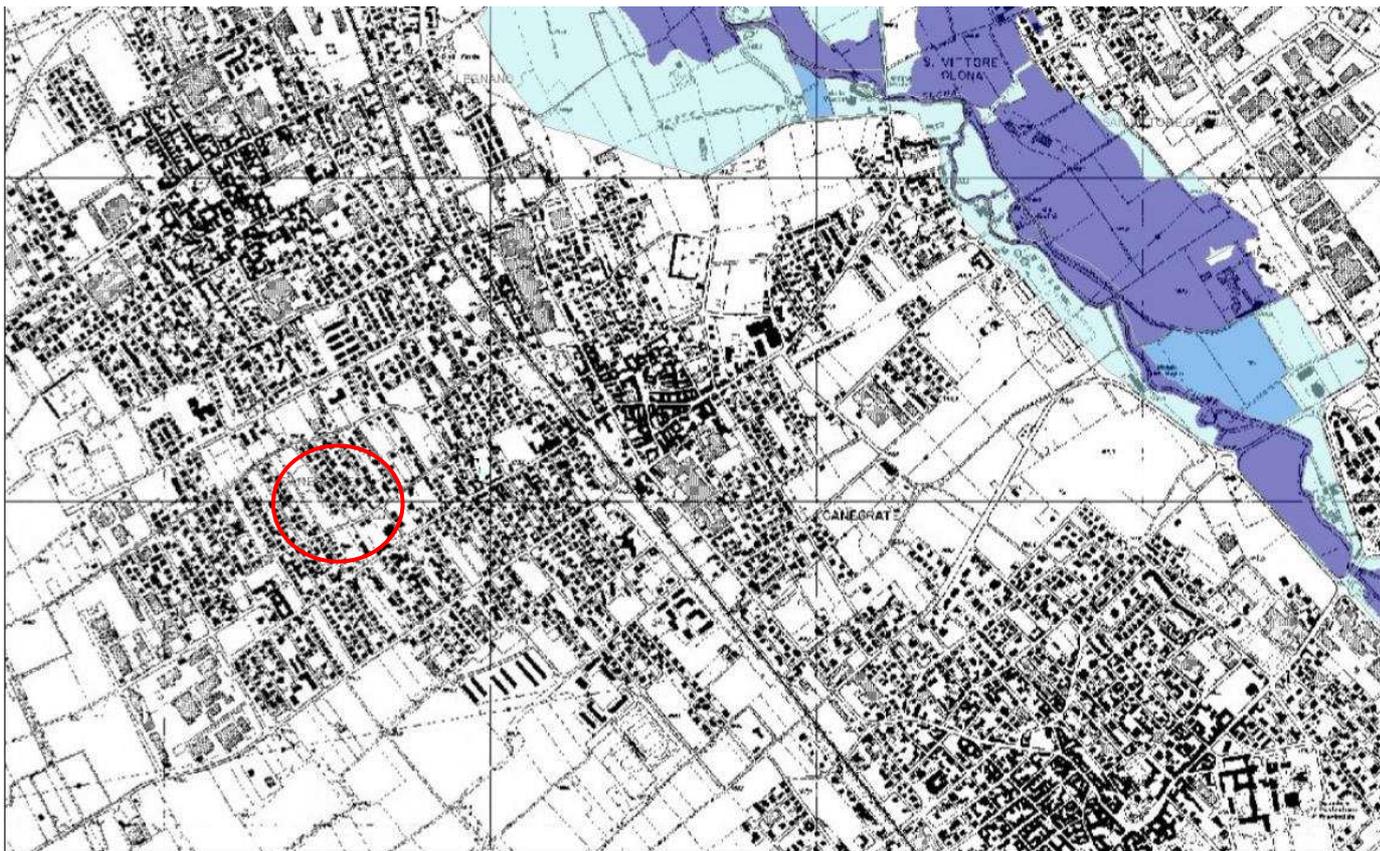


Figura 3 – estratto Carta PGRA – fonte: Geoportale Regione L.

2.1.3 Vincoli di natura geologica

Il sito di progetto non è sottoposto a vincoli di natura geologica, intendendo per questi ultimi i seguenti elencati:

- vincoli di Polizia Idraulica ai sensi della L.R. 1/2000;
- aree di salvaguardia dei pozzi ad uso idropotabili ai sensi del d.lgs. 152/2006.

Per quanto concerne il rischio idraulico o derivante da fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua, l'area di progetto non risulta compresa in nessuna Fascia PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) e/o PGRA (Piano di Gestione Rischio Alluvioni-Direttiva Alluvioni 2022), né risulta soggetta ad altro rischio idrogeologico come anche confermato nella documentazione del Piano di Governo del Territorio.

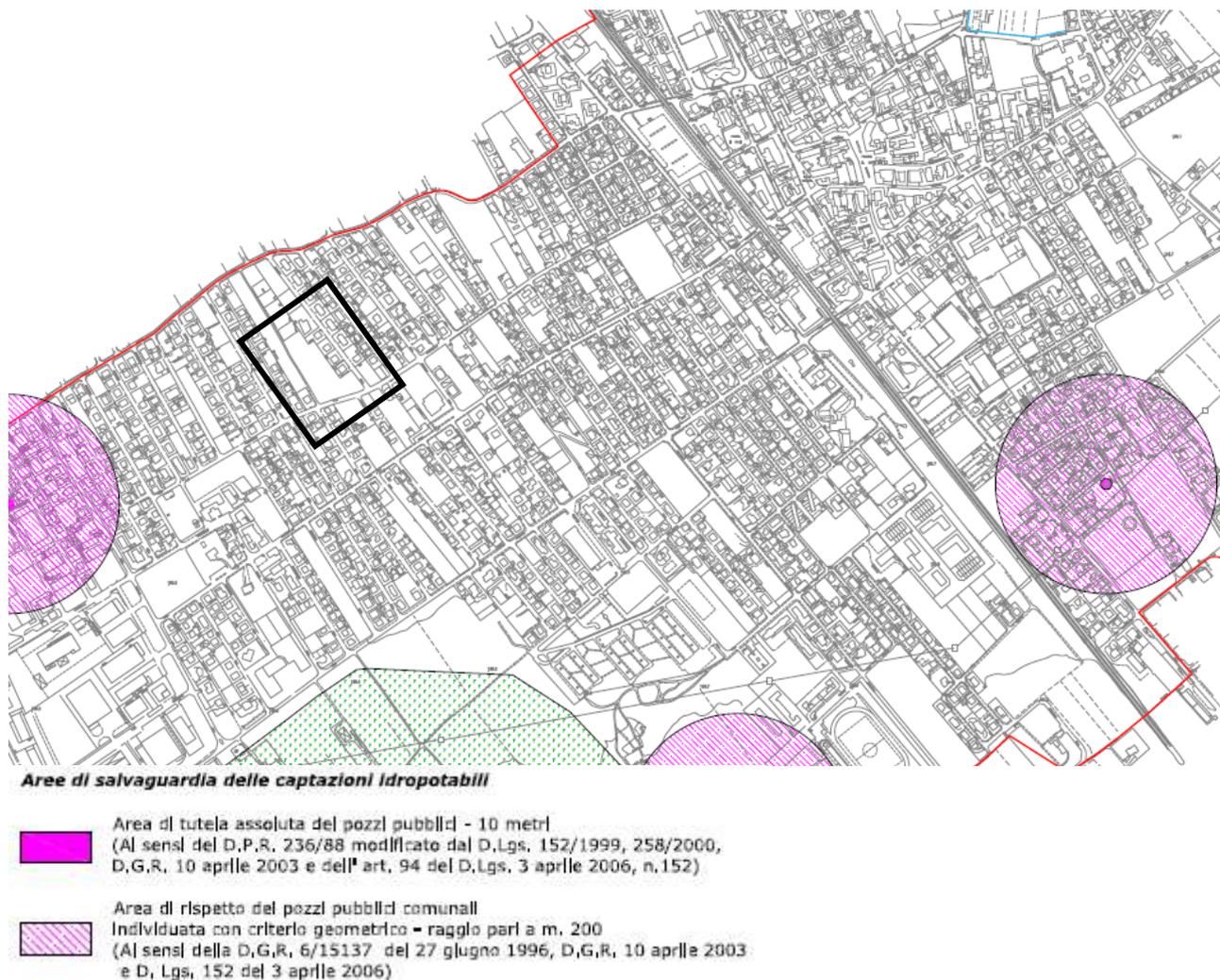


Figura 4– estratto Carta dei Vincoli –PGT vigente

2.2 ASSETTO DI DETTAGLIO

2.2.1 Indagine geotecnica

Al fine di pervenire ad una prima caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del sottosuolo dell'area di progetto, è stata prevista la realizzazione di:

- **n. 3 prove penetrometriche dinamiche SCPT** ubicate in prossimità dei futuri edifici residenziali. Le prove sono state spinte sino al raggiungimento del Rifiuto strumentale, alla profondità di -3,9/-4,5m dall'attuale piano campagna.

L'ubicazione degli interventi è riportata in ALLEGATO 2.

Sulla base dei risultati dell'indagine, delle osservazioni di campagna e delle elaborazioni effettuate, si è pervenuti alla caratterizzazione geotecnica dei materiali costituenti il sottosuolo.



Figura 5 – ubicazione dell'area d'indagine – vista aerea

Caratteristiche strumentali

Strumentazione utilizzata per la realizzazione delle prove: Penetrometro Dinamico PAGANI (mod. TG63-100), semovente.

- punta conica: diam. 51 mm.;
- angolo di apertura: 60°;
- aste di comando punta: diam. 33 mm;
- tubo di rivestimento: diam. 48 mm;
- peso massa battente: 63,5 kg;
- altezza di caduta libera: 75 cm.

Modalità esecutive

La prova consiste nel misurare il numero di colpi Nscpt necessari per infiggere di 30 cm nel terreno una punta conica, collegata alla superficie da una batteria di aste senza soluzione di continuità.

Un rivestimento costituito da tubi metallici di 48 mm di diametro, peso circa 6.3 kg/m, viene infisso di seguito alla punta per ogni avanzamento di 30 cm.

La prova viene interrotta quando si registra un numero di colpi Nscpt superiore a 100 per un affondamento pari o minore di 30 cm della punta (Rifiuto).

Dai valori di N_{SPT} si sono ricavati i diagrammi di resistenza alla penetrazione dinamica della punta e del rivestimento (**ALLEGATO 3**); in ascissa vengono riportati il numero di colpi N ed in ordinata le quote/profondità in metri relative al piano campagna.

2.2.2 Analisi dei risultati geotecnici

I risultati delle prove SCPT evidenziano la presenza di DUE UNITA' GEOTECNICHE che si estendono dalla base del terreno di coltivo naturale sino alla profondità complessiva di indagine.

I valori delle resistenze all'avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche sono stati correlati ai valori di N_{spt} , utilizzati per la valutazione dei parametri di resistenza e deformabilità, mediante la seguente relazione: $N_{spt} = 1,5 \times N_{scpt}$

I valori di resistenza alla penetrazione dinamica ricavati dalle prove in sito sono stati normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e della caratteristiche granulometriche generali dei terreni, secondo la seguente equazione:

$$N'(60) = N_{SPT} \times 1.08 \times Cr \times Cd \times Cn$$

dove:

$N'(60)$ = valore di resistenza normalizzato

Cr = fattore di correzione funzione della profondità

Cd = fattore di correzione funzione del diametro del foro

Cn = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno

1.08 = valore di correzione funzione delle caratteristiche di restituzione dell'energia sviluppata dall'attrezzatura

La stima del valore della densità relativa (Dr) è stata eseguita secondo le equazioni proposte da Skempton (1986): $Dr \cong \sqrt{N_{60}/60}$

La valutazione del valore dell'angolo d'attrito mobilizzabile, in termini di sforzi efficaci, è stata effettuata sulla base delle correlazioni proposte da Shmertmann, 1977. Nella **TABELLA 1** di seguito riportata sono indicati i valori di N_{spt} relativi alle diverse UNITA' incontrate.

TABELLA 1

Unità geotecniche	S.C.P.T. 1	S.C.P.T. 2	S.C.P.T. 3
UNITA' GEOTECNICA 1			
profondità da p.c. (m)	da ± 0,0m a -2,1m	da ± 0,0m a -2,1m	da ± 0,0m a -2,1m
N_{spt}	6 colpi/piede	5 colpi/piede	5 colpi/piede
UNITA' GEOTECNICA 2			
profondità da p.c. (m)	da -2,1m a -3,0m	da -2,1m a -3,0m	da -2,1m a -3,3m
N_{spt}	15 colpi/piede	10 colpi/piede	18 colpi/piede
UNITA' GEOTECNICA 3			
profondità da p.c. (m)	da -3,0m a -3,6m	da -3,0m a -3,6m	da -3,3m a -4,2m
N_{spt}	34 colpi/piede	29 colpi/piede	45 colpi/piede
Rifiuto strumentale			
profondità da p.c. (m)	da -3,6m a -3,9m	da -3,6m a -3,9m	da -4,2m a -4,5m
N_{spt}	100 colpi/piede	100 colpi/piede	100 colpi/piede

NOTA: Le quote di inizio indagine sono riferite all'attuale piano campagna.

Durante l'indagine strumentale non è stato rilevato il livello della falda sotterranea; esso si trova presumibilmente ad una quota inferiore rispetto la profondità massima raggiunta dalle prove in situ (-4,5m), secondo quanto indicato dai dati bibliografici disponibili (PGT vigente).

2.3 CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE

Dall'analisi dei risultati delle prove S.C.P.T. emerge il seguente quadro riepilogativo (Tabella 2), in cui vengono indicati i dati interpretativi delle prove relativamente alle diverse UNITA' GEOTECNICHE, associati con i valori della **Densità relativa Dr** e dell'**angolo di attrito interno** unitamente alla valutazione del **Grado di consistenza** dei materiali.

I parametri geotecnici indicati nel seguito vengono ricavati indirettamente mediante correlazioni empiriche a partire dai risultati delle prove penetrometriche (Peck, Hanson e Thornburn, 1953; K. Terzaghi e R.B. Peck, 1976; G. Sanglerat, 1979; J.E. Bowles, 1982) e sono stati definiti in modo moderatamente cautelativo.

I risultati delle indagini geotecniche sono così riassumibili:

- Al di sotto dell'intervallo di coltura di spessore pari a circa 0,3m privo di importanza geotecnica, l'**UNITA' GEOTECNICA 1** si estende sino alla profondità di -2,1 m ed è ascrivibile a sabbie di granulometria media con poco limo. Il materiale è contraddistinto da valori medi di Nspt pari a 5 colpi/piede, propri di un terreno SCIOLTO / POCO ADDENSATO.
- L'**UNITA' GEOTECNICA 2**, litologicamente riconducibile a sabbia da media a grossolana con ghiaia, ha spessore indicativo pari a circa 1,2 m ed è contraddistinta da valori rappresentativi di NSPT pari a 10-18 colpi/piede, propri di un materiale MODERATAMENTE ADDENSATO;
- L'**UNITA' GEOTECNICA 3** si estende alla base della precedente ed ha spessore indicativo pari a circa 0,9/1,0 m ed è contraddistinta da valori rappresentativi di NSPT pari a 29-45 colpi/piede, propri di un materiale ADDENSATO;
- Infine, a partire dalla profondità di -3,6/-4,2m si osserva il raggiungimento del Rifiuto strumentale, possibilmente correlato alla presenza di materiale a granulometria grossolana (ghiaioso-sabbiosa) o al forte stato di addensamento dei materiali incontrati.

Secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche, i parametri meccanici devono essere trattati in maniera statistica, adottando valori a cui sia associata una probabilità di superamento non superiore a 5% (2.3 – NTC2008), ottenendo parametri definiti "caratteristici".

Profondità	Φ nominale (da prove)	Φ_k (caratteristico)
Da piano campagna sino a -2,1 m circa	26°	26°
Da -2,1 m circa a -3,0/-3,3 m circa	30/32°	30/32°
Da -3,0/-3,3 m circa a -3,6/-4,2 m circa	34°	34°
Da -3,6/-4,2 m circa a -3,9/-4,5 m circa	45°	45°

TABELLA 2 - Parametri geotecnici

Unità geotecniche	profondità dal p.c. (m)	Nspt medio	ϕ (°)	Dr (%)	Peso di volume naturale (t/mc)	E Modulo di Young (kg/cmq)	Rapporto tau/sigma	Go Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	M Modulo Edometrico (kg/cmq)
1	Da $\pm 0,0$ a -2,1 m	5	26	20	1,85	95	0,12	115	48
2	Da -2,1 m a -3,0/-3,3m	10-18	30/32	48	1,90	270	0,42	363	194
3	Da -3,0/-3,3m a -3,6/-4,2m	29-45	34	60	1,92	343	0,45	409	296
Rifiuto strumentale	Da 3,6/-4,2m a -3,9/-4,5m	100	45	>90	2,0	407	0,65	720	410

Note:

$$\phi = \sqrt{15Nspt} + 15 \text{ valida per sabbia fine e limosa (Road Bridge Specification)}$$

$$\phi = 0,3Nspt + 27 \text{ valida per sabbia media e grossolana; ghiaia (Japanese National Railway)}$$

$$\ln(Dr\%) = 0,478 \ln(N_{spt}) - 0,262 \ln(\sigma) + 2,84 \text{ (Schultze & Mezembach)}$$

$$G_0 (t / mc) = aNspt^b \text{ (Ohsaki & Iwasaki)}$$

$$Vs(m/s) = C_s N_{spt}^{0,171} z^{0,199} F_a F_g \text{ (Ohta & Goto)}$$

$$\tau / \sigma = \frac{N_1}{90} \text{ dove: } N_1 = [1 - 1,25 \text{Log}_{10}(\sigma_v')] N_{spt} \text{ (relazione empirica di Seed e Idriss)}$$

$$M (kg / cmq) = 11,84 N_{spt} + 38 \text{ valida per sabbia ghiaiosa (Menzebach & Malcev)}$$

$$E (MPa) = \alpha Nspt \text{ (} \alpha = -0,00107 Nspt^2 + 0,136 Nspt + 1,503 \text{) (Stroud)}$$

3. VALUTAZIONE SISMICA DEL SITO

Ai sensi delle vigenti normative in materia antisismica 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 territorio comunale di **CANEGRATE (MI)** ricade, per quanto indicato in Allegato A della D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "elenco dei comuni con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (a_g max) presente all'interno del territorio comunale" in **ZONA 4**.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, secondo il D.M. 17-01-2018 si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} (come definite di seguito), nel periodo di riferimento V_R (come definito di seguito). In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Le forme spettrali di interesse sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓ a_g accelerazione orizzontale massima al sito (m/s²);
- ✓ F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (sec).

4. DEFINIZIONE DELLA VITA NOMINALE DELL'OPERA

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tabella seguente.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Vita nominale V_N per diversi tipi di opere.

Per l'opera in oggetto la vita nominale si assume pari a **50 anni**.

5. DEFINIZIONE DELLE CLASSI D'USO PER L'OPERA

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	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.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera in oggetto la classe d'uso di riferimento è la **Classe II**.

6. DEFINIZIONE DEL PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'OPERA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

Per il caso in esame ne consegue che $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,0 = 50$ anni.

7. STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

La scelta dello stato limite di riferimento per il caso in esame è lo SLO (con PVR 81%).

8. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Categorie di sottosuolo

Le categorie di suolo di fondazione, secondo l'OPCM 3274 e s.m.i. e il D.M. 17.01.2018 risultano identificate come illustrato nella sottostante Tabella.

Le NTC2018 raccomandano fortemente la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio VS, ma in questo caso tale classe è stata definita mediante l'esecuzione di prove penetrometriche eseguite nell'ambito d'interesse, dalle indicazioni di profili sismici di riferimento, oltre alla documentazione del vigente PGT.

Per il terreno in esame la categoria di suolo è assimilabile al **Tipo C**, "Depositati di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, caratterizzati da valori di Vs compresi tra 180 e 360 m/s".

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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 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>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>

Condizioni topografiche

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

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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 suddette 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.

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella tabella in funzione delle categorie topografiche definite sopra e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Per il caso in esame la categoria di riferimento è la T1, da cui $S_T = 1,0$.

9. CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI

Secondo quanto indicato nei precedenti paragrafi, all'intervento in progetto si assegnano i seguenti valori caratteristici:

- Vita nominale $V_n \geq 50$ anni;
- Classe d'uso II;
- Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_r = 50$ anni;
- Coefficiente $c_u = 1,0$

Come prima fase si determinano i parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito di intervento. Quest'ultimo (WGS84: Lat. 45.567012, long. 8.916232), collocato in zona sismica 4, è caratterizzato dai seguenti parametri:

"Stato Limite"	T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività (SLO)	30	0.015	2.552	0.159
Danno (SLD)	50	0.019	2.532	0.167
Salvaguardia Vita (SLV)	475	0.039	2.653	0.284
Prevenzione Collasso (SLC)	975	0.047	2.689	0.307

dove

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s - Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
C_c - Coefficiente funz. categoria	1,93	1,89	1,59	1,55
S_t - Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
K_h	0,004	0,005	0,011	0,013
K_v	0,002	0,003	0,005	0,006
A_{max} (m/s^2)	0,226	0,281	0,573	0,688
Beta	0,18	0,18	0,18	0,18

10. VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Il D.M. 17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semi-empirico.

Tali verifiche, secondo le NTC 2018, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato; nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza di uno dei seguenti casi:

1. eventi sismici di magnitudo inferiore a 5 ($M < 5$);

2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di freefield) inferiori a 0.1g ($a < 1 \text{ m/sec}^2$);
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$;
5. elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.

Nel ns. caso, l'analisi è stata condotta attraverso il Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss ed il risultato riepilogato nella sottostante tabella.

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (Kg/cm ²)	S'vo (Kg/cm ²)	T	R	Fs	Condizione
1	2.10	5	7.809	0.388	0.388	0.014	0.116	8.40	Livello non liquefacibile
2	3.30	10	12.820	0.626	0.626	0.014	0.154	11.31	Livello non liquefacibile
3	3.90	29	34.120	0.745	0.745	0.013	4.784	355.32	Livello non liquefacibile
4	4.50	100	108.718	0.864	0.864	0.013	15140.880	1135446	Livello non liquefacibile

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

11. STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

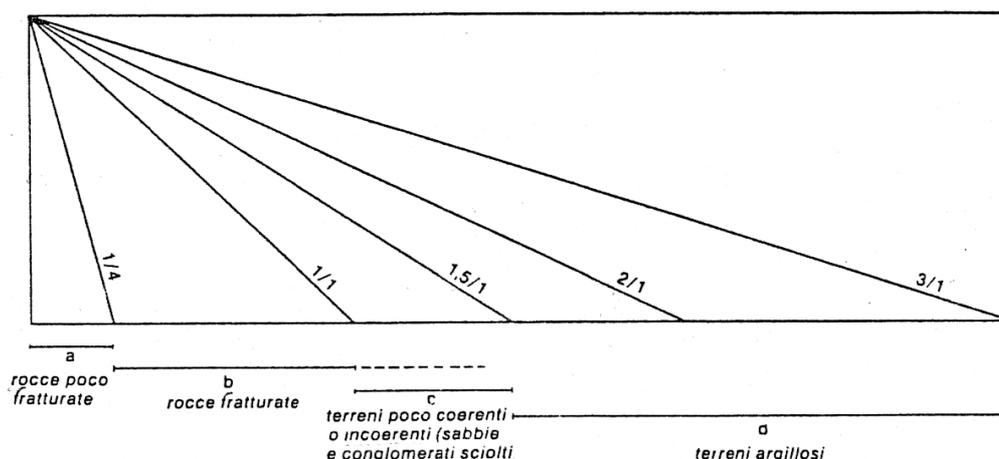
Trincee provvisorie verticali

Durante la fase esecutiva del progetto, eventuali trincee provvisorie, verticali, nell'ambito dell'Unità 1 dovranno avere elevazione inferiore all'altezza critica se non adeguatamente sostenute.

Essendo tale valore direttamente dipendente dalla coesione del terreno (nel presente caso non determinata da prove specifiche ma, ragionevolmente, piuttosto limitata), si ipotizza che l'altezza critica nell'ambito di tale unità sia compresa tra 0,8 e 1,0m per analogia con situazioni litologico-stratigrafiche paragonabili.

Inclinazione massima dei fronti di scavo

Con riferimento alle condizioni litologiche presenti nell'area di futuro cantiere ed in relazione alle caratteristiche fisico-granulometriche e geotecniche dell'Unità 1, l'angolo da adottare durante gli scavi provvisori non dovrà superare 26-30° – si veda a tal proposito il diagramma sottostante - se le medesime pareti di scavo saranno idoneamente protette da scorrimenti e dilavamenti di acque superficiali.



12. CONCLUSIONI

Il complesso delle indagini documentali e di campagna svolte per l'approvazione dell'APC 05 Via F.lli Rosselli/angolo Via Pisa, Comune di Canegrate (MI) finalizzato alla costruzione di nuovi edifici residenziali, asseverano che l'area è soggetta a fenomeni geologici ed idrogeologici non rilevanti e che non presenta particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

Il territorio oggetto di studio è situato nel settore settentrionale del Comune di Canegrate (MI) contraddistinto da morfologia pianeggiante e con altitudine compresa tra 192,5 e 193 m s.l.m.

L'area di futuro cantiere è impostata nell'ambito dei depositi **Fluvio-glaciali Wurm Auct.** (Pleistocene medio - superiore). L'Unità è espressione sedimentaria dell'espansione glaciale più recente (Wurm A.A.) ed è rappresentata da depositi in facies fluviale e fluvioglaciale.

I depositi sono costituiti da ghiaie a prevalente supporto di matrice sabbiosa fine, più raramente a supporto di clasti, organizzate più o meno grossolanamente in livelli a diversa granulometria. I clasti sono poligenici, eterometrici da arrotondati a subarrotondati; quando alterati si presentano decarbonatati, se di litologia carbonatica, o parzialmente arenizzati, se di litologia cristallina.

In generale, presenta un profilo di alterazione moderatamente evoluto (spessore massimo 3,5 m) e copertura loessica non riconoscibile. Nella parte superiore sono localmente presenti sedimenti fini con rari ciottoli (limi sabbiosi e limi ghiaiosi). In affioramento le superfici arate si presentano ciottolose.

Dal punto di vista morfologico generale, l'area in studio si ubica nel contesto morfologico dell'Alta Pianura Lombarda caratterizzata da morfologie legate a deposizione fluvioglaciale e fluviale di età quaternaria. Il territorio presenta andamento sostanzialmente sub-pianeggiante con quote altimetriche decrescenti verso Sud. L'area di studio risulta priva di elementi morfologici di rilievo; a grande scala si possono presentare delle blande ondulazioni, interpretabili come paleoalvei, che sono la testimonianza delle antiche divagazioni dei corsi d'acqua che hanno attraversato e costruito tale paesaggio.

Relativamente alle **condizioni idrogeologiche**, l'unità dei depositi fluvioglaciali superficiale presente con continuità in tutto il territorio con spessori medi di 90-100 m è sede dell'acquifero superiore di tipo libero o localmente semiconfinato, con soggiacenza media di 30-40 m, tradizionalmente captato dai pozzi dell'area. L'elevata vulnerabilità intrinseca è testimoniata dalle generali scadenti caratteristiche qualitative delle

acque. Dall'analisi delle stratigrafie dei pozzi si osserva che, nell'ambito di tale unità, i principali orizzonti acquiferi si attestano tra le profondità di 45 e 55 m da p.c. (porzione superficiale) e tra 70 e 95 m da p.c. (porzione profonda).

Per quanto concerne il **rischio idraulico o derivante da fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua**, l'area di progetto non risulta compresa in nessuna Fascia PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) e PGRA (Direttiva Alluvioni), né risulta soggetta ad altro rischio idrogeologico come anche confermato nella documentazione del vigente Piano di Governo del Territorio.

Il sito di progetto non è sottoposto a **vincoli di natura geologica**, intendendo per questi ultimi i vincoli di Polizia Idraulica ai sensi della L.R. 1/2000 e le aree di salvaguardia dei pozzi/sorgenti ad uso idropotabili ai sensi del d.lgs. 152/2006.

Per l'approvazione dell'APC 05, il Comune ha richiesto l'approfondimento delle condizioni geologiche e geotecniche così come previsto dalle vigenti norme di settore (NTC 2018) e dalle norme del P.G.T.; le verifiche effettuate in questa sede non possono essere considerate esaustive ai fini costruttivi in quanto ogni intervento edificatorio facente parte del P.I.I. dovrà prevedere specifica valutazione geotecnica conoscitiva finalizzata all'autorizzazione edilizia ed al deposito sismico.

Fatto salvo quanto sopra indicato, si conclude che dalla presente Relazione Geologica e geotecnica svolta per l'approvazione dell'Ambito di Progettazione Coordinata n. 05 (APC 05) ubicato in Via F.lli Rosselli / angolo Via Pisa in Comune di Canegrate (MI) funzionale alla costruzione di nuovi edifici residenziali, non emergono elementi ostativi alla realizzazione dell'intervento.

Tradate, marzo 2024

Il Tecnico incaricato

Dott. Geologo **LINDA CORTELEZZI**

Via Morazzone n. 3/A - 21049 TRADATE (VA)

Tel. e Fax. +39 0331 843568 – cell. +39 338 3613462

e-mail: geostudio1966@libero.it;

PEC: linda.cortelezzi@pec.epap.it

P.IVA 02414970125 - CF:CRTLND66R70L319R

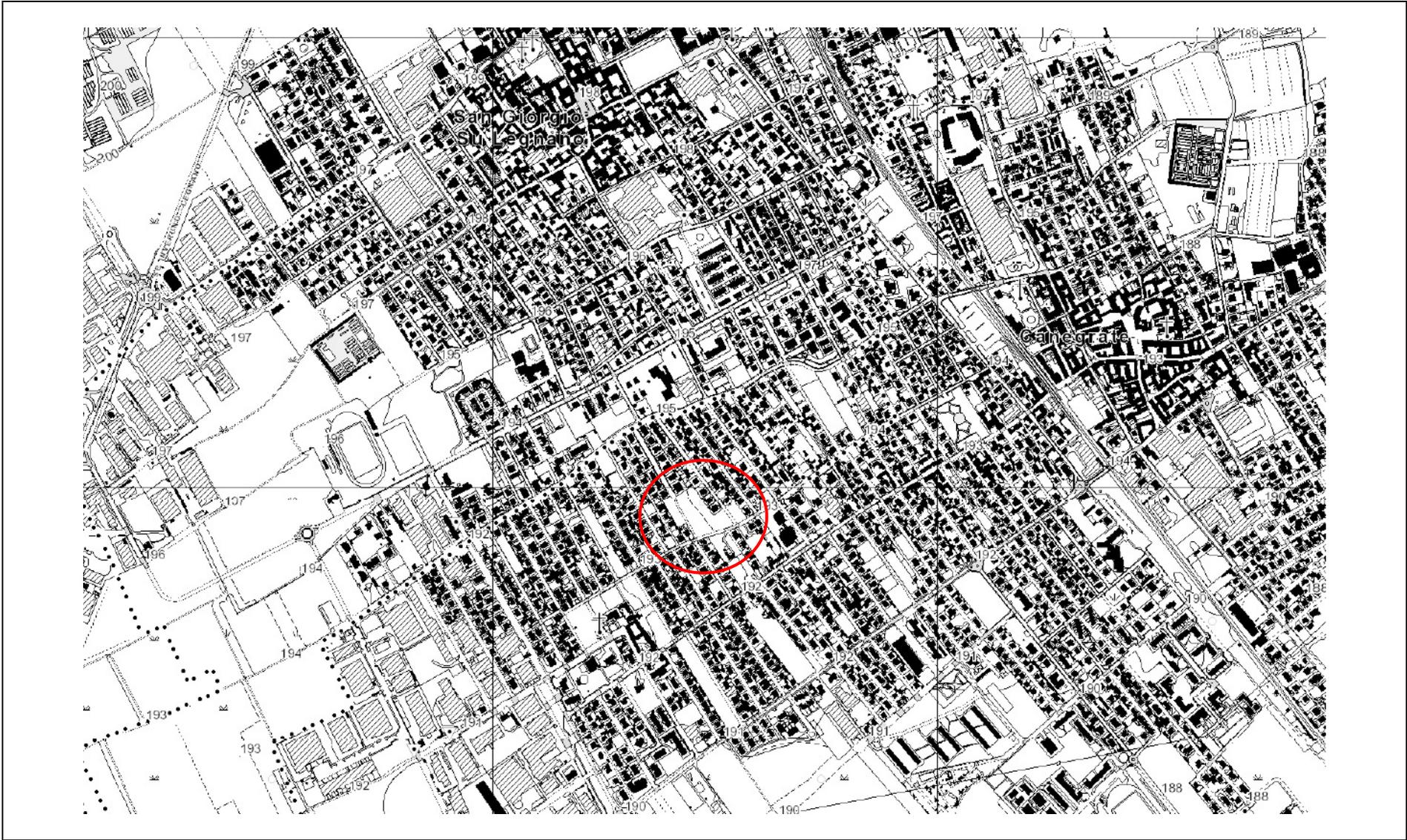


ALLEGATI

ALLEGATO 1

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

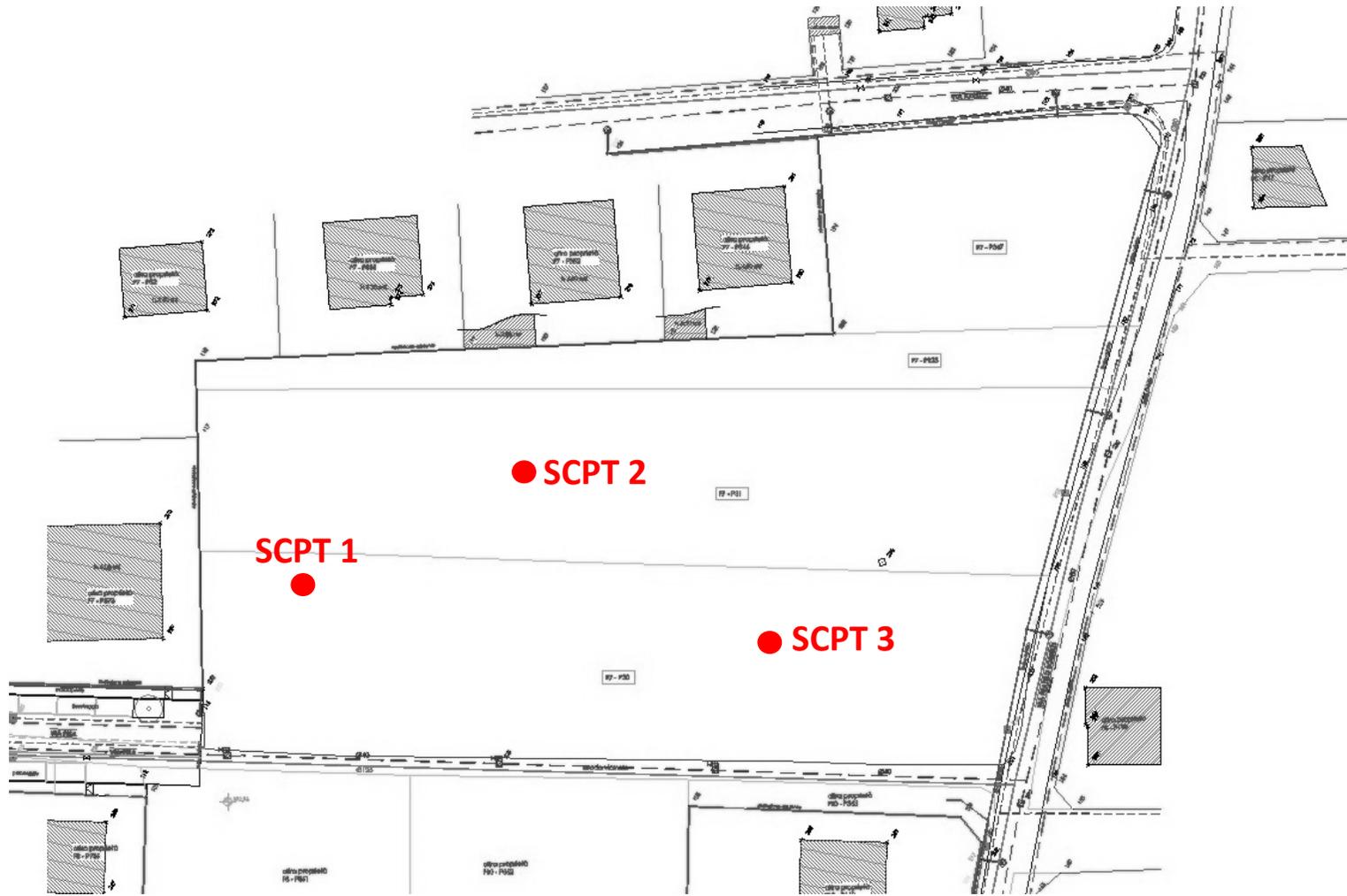
Scala 1:10.000



ALLEGATO 2

UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Scala 1:500



ALLEGATO 3

PROVE PENETROMETRICHE S.C.P.T.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 1

Quota progettuale: 0,00

Resistenza alla punta

numero di colpi x 30cm di avanzamento

Profondità (m)

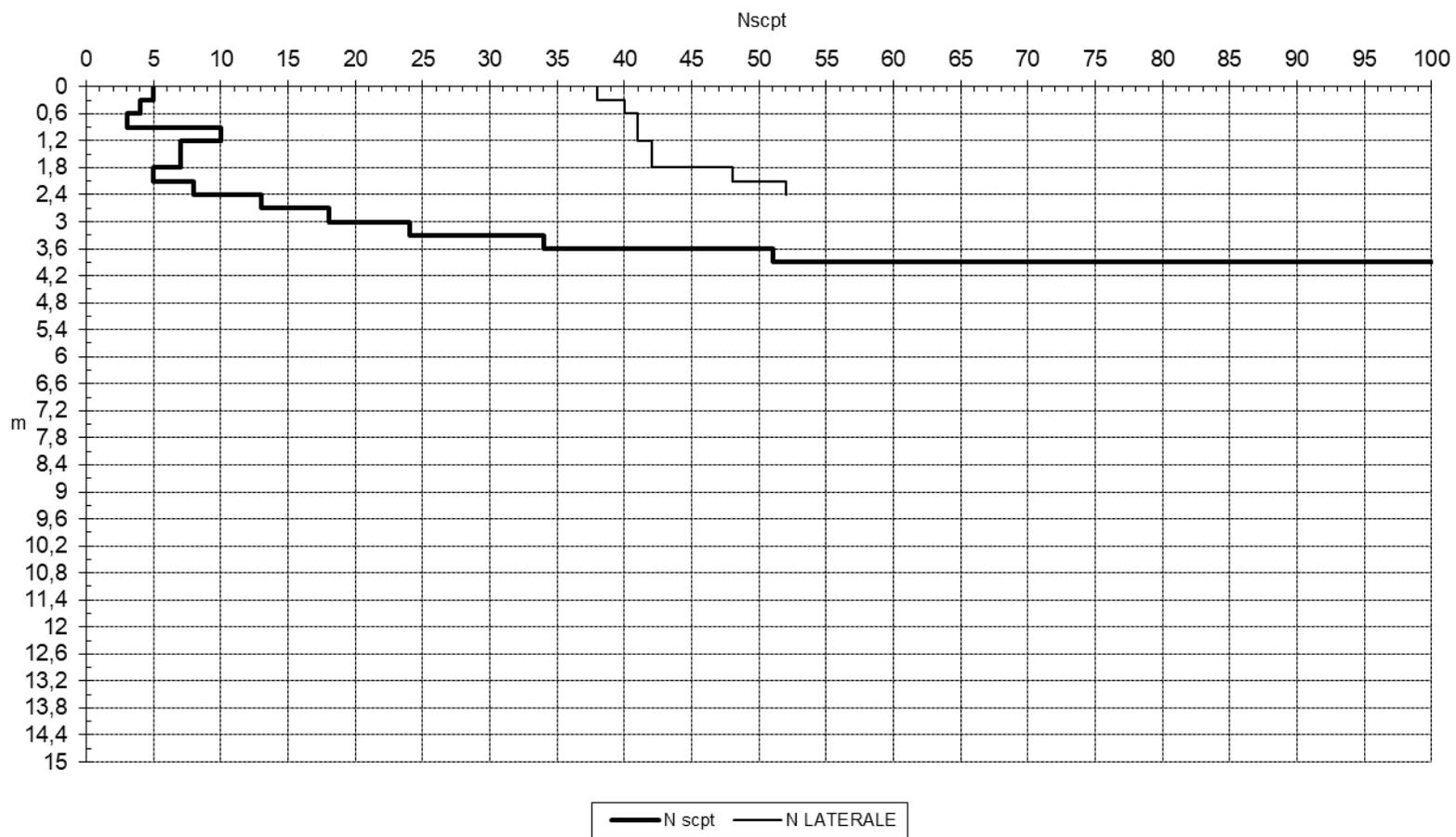
da	a	N
0,00	0,30	5
0,30	0,60	4
0,60	0,90	3
0,90	1,20	10
1,20	1,50	7
1,50	1,80	7
1,80	2,10	5
2,10	2,40	8
2,40	2,70	13
2,70	3,00	18
3,00	3,30	24
3,30	3,60	34
3,60	3,90	51
3,90	4,20	100

Resistenza laterale

Profondità (m)

da	a	N
0,00	0,30	38
0,30	0,60	40
0,60	0,90	41
0,90	1,20	41
1,20	1,50	42
1,50	1,80	42
1,80	2,10	48
2,10	2,40	52

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 1



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 2

Quota progettuale: 0,00

Resistenza alla punta

numero di colpi x 30cm di avanzamento

Profondità (m)

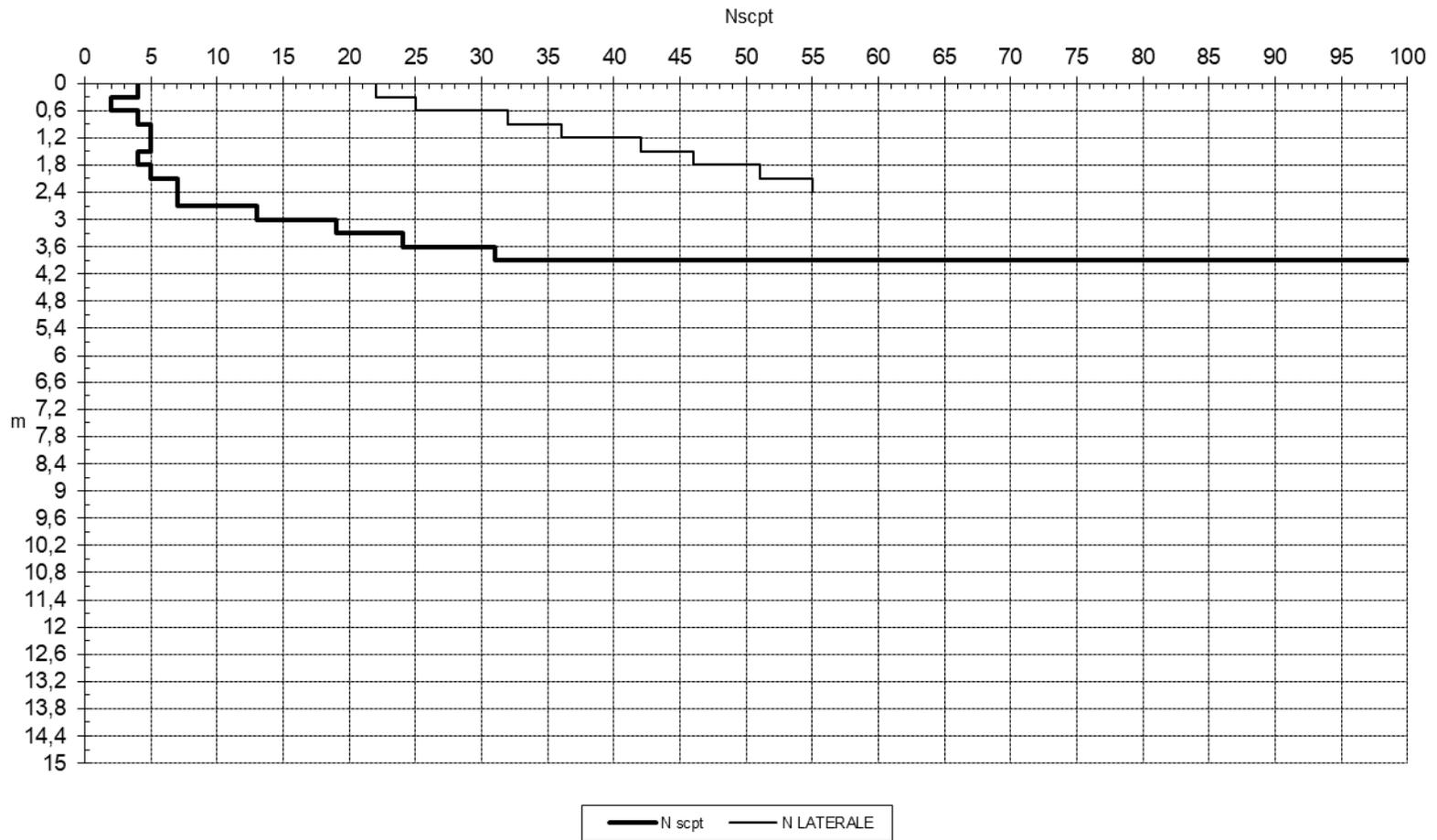
da	a	N
0,00	0,30	8
0,30	0,60	5
0,60	0,90	8
0,90	1,20	6
1,20	1,50	8
1,50	1,80	5
1,80	2,10	3
2,10	2,40	4
2,40	2,70	5
2,70	3,00	3
3,00	3,30	4
3,30	3,60	3
3,60	3,90	3
3,90	4,20	4
4,20	4,50	7
4,50	4,80	5
4,80	5,10	6
5,10	5,40	8
5,40	5,70	10
5,70	6,00	8
6,00	6,30	12
6,30	6,60	10
6,60	6,90	15
6,90	7,20	13
7,20	7,50	11

Resistenza laterale

Profondità (m)

da	a	N
0,00	0,30	22
0,30	0,60	25
0,60	0,90	32
0,90	1,20	36
1,20	1,50	42
1,50	1,80	46
1,80	2,10	51
2,10	2,40	55

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 2



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 3

Quota progettuale: 0,00

Resistenza alla punta

numero di colpi x 30cm di avanzamento

Profondità (m)

da	a	N
0,00	0,30	6
0,30	0,60	4
0,60	0,90	5
0,90	1,20	3
1,20	1,50	5
1,50	1,80	4
1,80	2,10	6
2,10	2,40	8
2,40	2,70	15
2,70	3,00	21
3,00	3,30	18
3,30	3,60	29
3,60	3,90	36
3,90	4,20	49
4,20	4,50	54
4,50	4,80	100

Resistenza laterale

Profondità (m)

da	a	N
0,00	0,30	38
0,30	0,60	40
0,60	0,90	41
0,90	1,20	41
1,20	1,50	42
1,50	1,80	42
1,80	2,10	48
2,10	2,40	52

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 3

