

Consulente geologo Dr. Cristiano Nericcio
Via Roma 92/6 - 21020 Mercallo VA

Tel. 338 3763998 – e mail cristiano.nericcio@virgilio.it

REGIONE LOMBARDIA – PROVINCIA DI VARESE
Comune di Tradate

STUDI CONCERNENTI IL PROGETTO DEL PIANO DI LOTTIZZAZIONE AT-06 BIS
VIA P.V. MARONE

ELABORATO	<i>Relazione Geologica R1-R3 (ai sensi del D.M. 14/01/2008 e del D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011) Relazione Geotecnica R2 Decreto 17-1-2018-aggiornamento norme tecniche per le costruzioni</i>
COMMITTENTE (X delega proprietari)	SPETT.LE Costruzioni Galli s.a.s
DATA	GENNAIO 2020 aggiornamento MAGGIO 2020

Il tecnico:Dr. Geol. Cristiano Nericcio



INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 Principali normative osservate.....	4
1.2 Vincoli.....	5
2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	7
2.1. Geomorfologia.....	7
2.2 Geologia.....	8
3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA E IDROGEOLOGICA DEL SITO	9
3.1 Idrografia	9
3.2 Idrogeologia.....	10
4. SISMICA	16
5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA PRELIMINARE DEL SITO	26
5.1 Indagini in sito	29
5.2 Stratigrafia geo-meccanica dei terreni	34
6. SITUAZIONE GEOTECNICA E SCELTE PROGETTUALI.....	35
7. CONCLUSIONI	39

1. PREMESSA

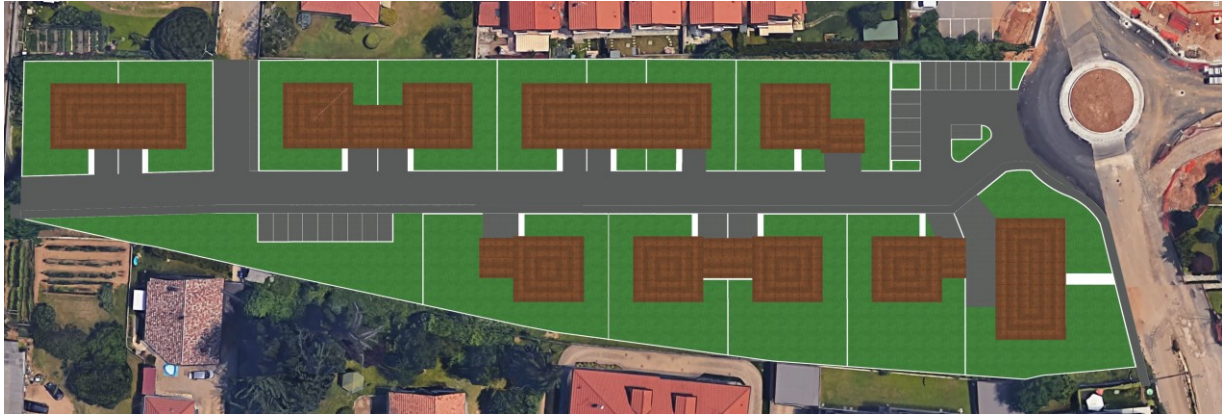
In seguito al colloquio avuto con l'egr.o Geom. Lombardo Vincenzo, mi è stato commissionato l'incarico per eseguire un'indagine geologica tecnica inerente un terreno presso via Publio Virgilio Marone, nel territorio comunale di Tradate, dove s'intende realizzare un piano di lottizzazione (AT-06 BIS).

In relazione alla classe d'uso in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le opere in progetto appartengono alla classe II vale a dire opere interessate da normali affollamenti con una vita nominale di 50 anni.

Pertanto la presente relazione valuta la compatibilità delle opere in progetto con le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrografiche ed idrogeologiche locali suggerendo eventuali procedure correttive e/o adeguamenti alle intenzioni progettuali.



Corografia aerea



Planimetria generale di progetto

1.1 Principali normative osservate

Il presente documento è stato redatto seguendo gli estremi del:

Aggiornamento NTC 2018;

Circolare 617 del 2/02/09 Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14/01/08;

D.M 14/01/08 Norme tecniche per le costruzioni;

D.Lgs. 3/4/2006 n. 152 Norme in materia ambientale;

D.P.R 328/01 Competenze in materia di indagini geognostiche dei geologi;

D.M. 16/01/96 Norme tecniche per le costruzioni in aree sismiche;

D.M. 11/3/1988: *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*;

L.R. 27/05/1985 Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle Pubbliche fognature – Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento, successivi e similari;

Delibera 4/02/1977 Criteri, metodologie e norme tecniche generali della legge 10/05/1976 n. 319 recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento, successivi e similari;

Di seguito si elencano per chiarezza d'esposizione gli acronimi citati in relazione:

L. Legge, D.Lgs. Decreto Legislativo, D.M. Decreto Ministeriale, D.P.R. Decreto del Presidente della Repubblica, p.c. piano campagna, SPT standard penetration test, SCPT standard cone penetration test, A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana, DPHS Dinamic Penetrometer Super Heavy, PRGC Piano regolatore generale comunale, q_{lim} portata limite, q_{amm} portata ammissibile.

1.2 Vincoli

Secondo la documentazione geologica consultata, allegata al PGT, redatta dal Dott. Geol. Marco Parmigiani nel novembre 2010 (e successive modifiche ed integrazioni), l'area oggetto d'indagine rientra in una classe di fattibilità geologica 2, vale a dire che nel territorio si sono riscontrate modeste controindicazioni di natura geologica geomorfologica al cambiamento della destinazione d'uso del sito.

In particolare si tratta di una sottoclasse "b" nella quale le limitazioni potenzialmente esistenti sono legate alla possibile presenza di acque di primo sottosuolo e cavità geologiche di dimensioni metriche "occhi pollini" che si rinvencono nei primi 10 m di profondità.

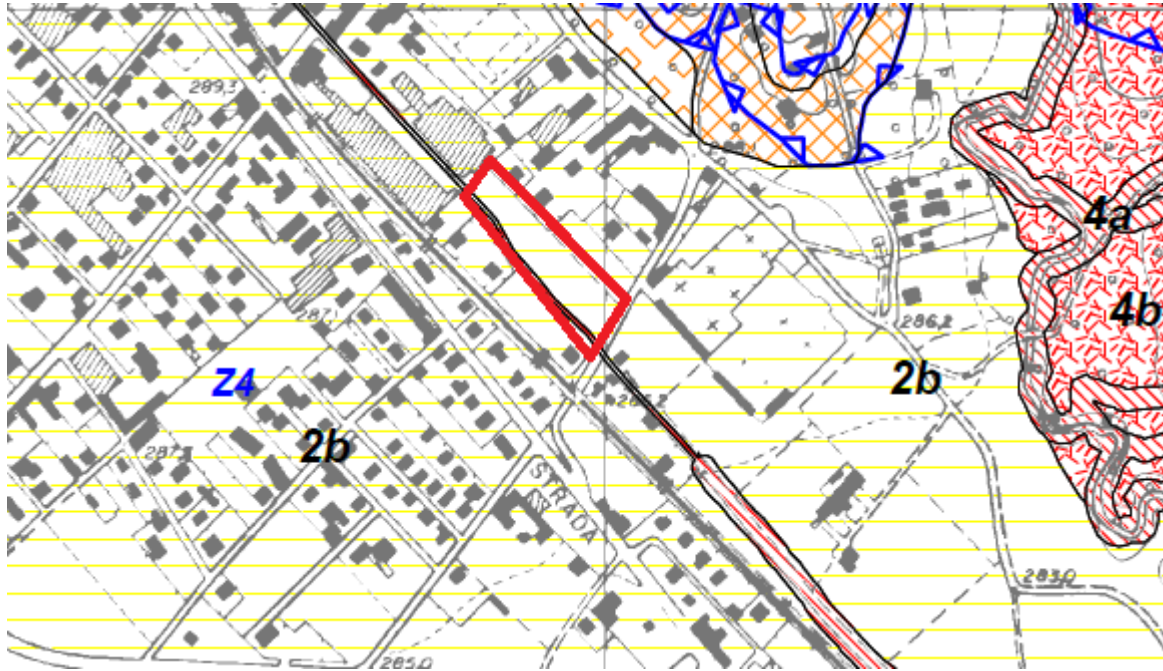
Inoltre si tratta di aree costituite da terreni eterogenei alterati con stato di addensamento da "sciolti" a "mediamente addensati" e soprastanti orizzonti fini con stato di consistenza da "tenero" a "medio".

È ammissibile qualunque tipo di azione edificatoria a patto che sia effettuata un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Sarà necessaria la previsione di opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR).

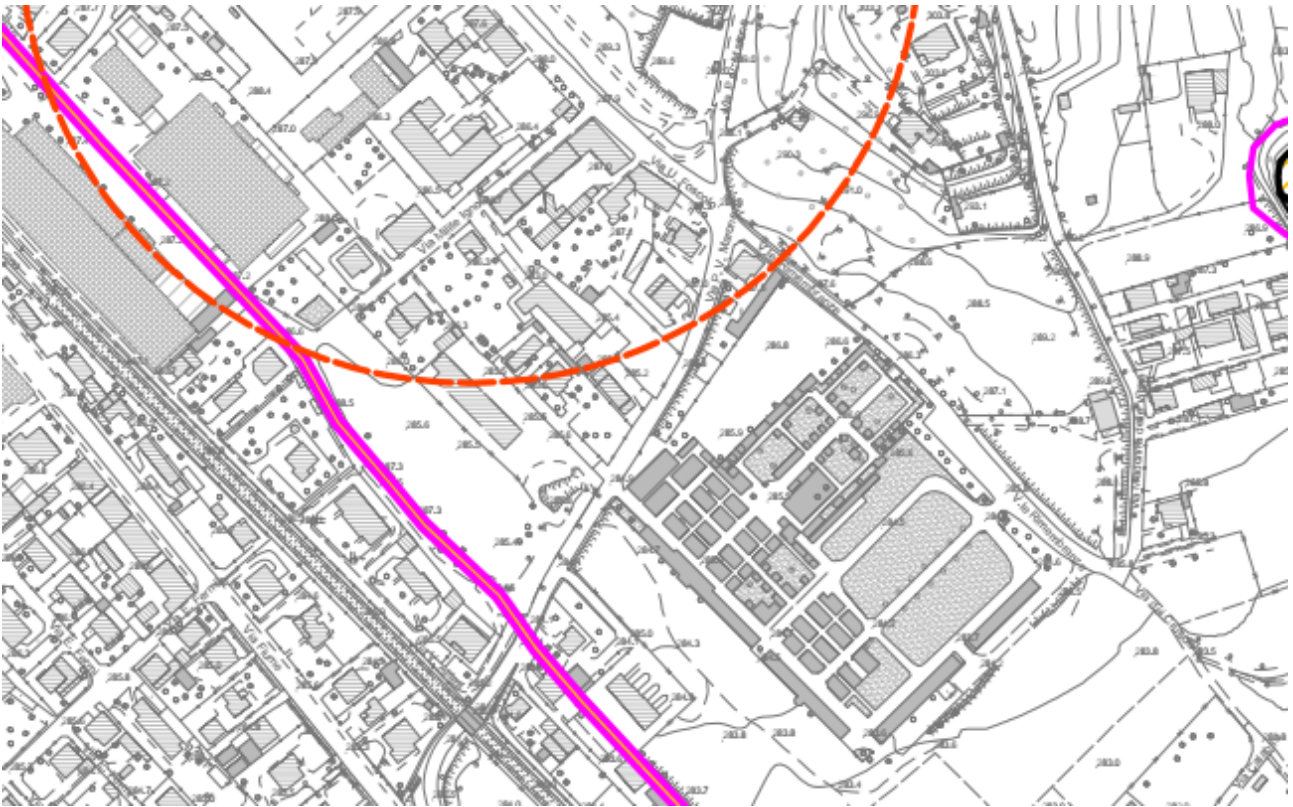
La porzione settentrionale nel lotto inoltre rientra in una fascia di rispetto di un pozzo idropotabile, vietata l'intestazione di pozzi perdenti o sistemi di laminazione, richieste condutture fognarie a doppia camicia.

Il lato occidentale invece coincide con il vincolo di inedificabilità assoluta, 2 m dalla "sponda" del corpo idrico intubato esistente.



2b	Aree pianeggianti costituite da terreni eterogenei alterati con stato di addensamento da "sciolti" a "mediamente addensati" e soprastanti orizzonti fini con stato di consistenza da "tenero" a "medio". Possibile presenza di acque di primo sottosuolo e cavità geologiche di dimensioni metriche "occhi pollini" che si rinvencono nei primi 10 m di profondità.	Favorevole con modeste limitazioni di carattere geotecnico.
Aree pianeggianti con terreni eterogenei		

Inquadramento fattibilità geologica



Fascia di rispetto assoluto estesa a 10 m dagli argini

fascia di inedificabilità assoluta estesa a 10 m dagli argini secondo quanto definito dal R.D. 523/1904, ridotta eccezionalmente a 2 m per i tratti intubati del Fosso Re e del T. Croesa, in presenza di condizioni idrauliche favorevoli



Zona di rispetto delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano (geometriche o con criterio temporale $t = 60$ gg D.G.R 15137/96) nelle quali é vietato l'insediamento dei centri di pericolo definiti dall'art. 94 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

2.1. Geomorfologia

Il territorio comunale di Tradate è posto al limite tra il livello fondamentale della pianura alluvionale che si sviluppa verso Sud e i primi rilievi prealpini posti a Nord.

A Ovest, la valle fortemente incisa del Fiume Olona costituisce un importante elemento morfologico che interrompe la continuità della pianura e determina la separazione tra l'apparato morenico verbanico (a Ovest) dagli apparati luganese e lariano-comasco (a Est e Nord-Est).

In tale contesto, il territorio di Tradate è modellato secondo forme caratteristiche di ambiente fluvioglaciale prossimale, nel quale in posizione frontale rispetto ad ogni lingua glaciale viene a formarsi una piana alluvionale costituita dai sedimenti trasportati dai fiumi di fusione glaciale.

Nel territorio considerato tale situazione geologica si è verificata più volte durante il Pleistocene, con avanzate del ghiacciaio fino alle colline a Sud del Lago di Varese (formatesi per deposizione diretta dei sedimenti trasportati dal ghiacciaio) e formazione di piane fluvioglaciali degradanti verso la Pianura Padana.

Durante i periodi interglaciali i corsi d'acqua e nel caso specifico il F. Olona hanno inciso le piane formando le scarpate che delimitano i terrazzi.

Nel dettaglio le opere in progetto s'intesteranno all'incirca alla quota di 285 m s.l.m. in un contesto topografico privo di asperità significative nelle immediate vicinanze, con una pendenza blanda rivolta a S - SE.

Il contesto generale nell'intorno si contraddistingue, in genere, per una modesta urbanizzazione residenziale-produttiva; l'area confina immediatamente a Nord-Ovest con un lotto produttivo mentre nelle altre direzioni confina con proprietà residenziali.

In un intorno significativo del sito indagato non sono presenti allo stato attuale fenomeni geomorfologici in atto né tanto meno elementi morfogenetici (scarpate, pendii, corsi d'acqua) tali da lasciar supporre future, rapide evoluzioni territoriali.

2.2 Geologia

Dalla documentazione geologica di PGT si deduce che l'area indagata rientra in un'unità geologica denominata "Unità di Tradate (Fluvioglaciale Riss)".

L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali prevalentemente grossolani.

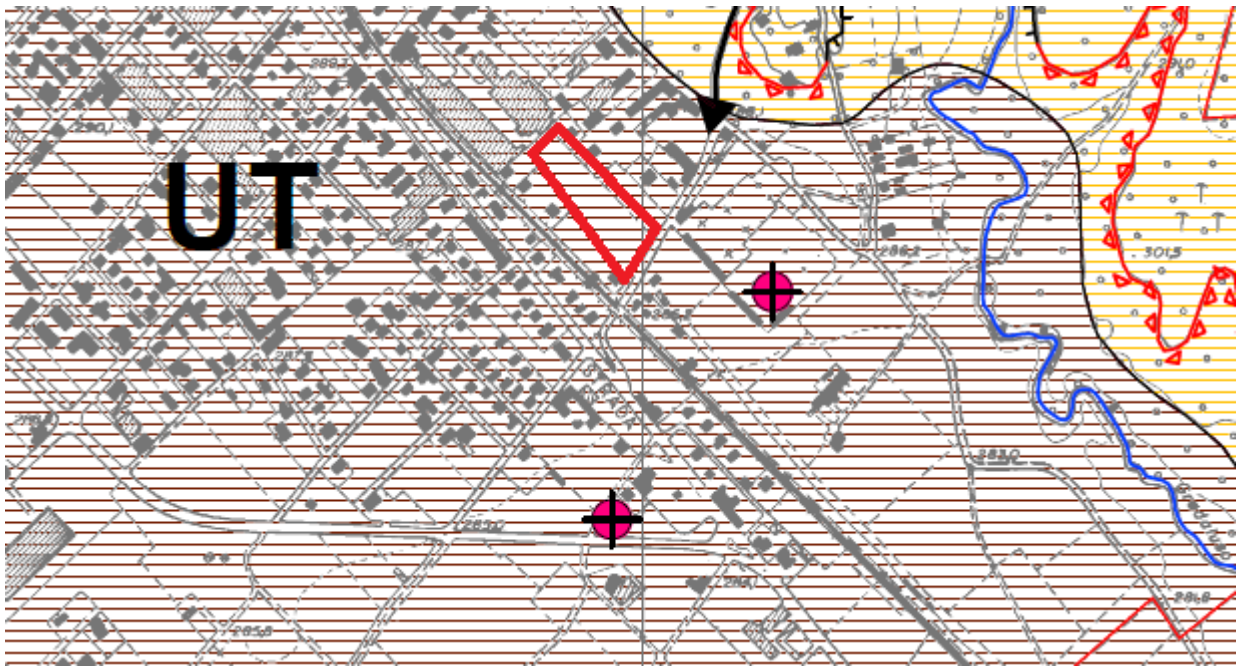
La litologia dominante è rappresentata da ghiaie a supporto clastico, con matrice fine (limoso – argillosa) talvolta abbondante di colore marrone ocraceo. I ciottoli sono generalmente da arrotondati a sub – arrotondati, poligenici, con diametro variabile, generalmente inferiore ai 20 cm.

Il grado di alterazione è medio: i clasti carbonatici sono completamente argillificati fino alla profondità di circa 4 – 5 metri, mentre i clasti metamorfici sono fortemente alterati per i primi 3 metri. I depositi sono massivi o organizzati in livelli mal definiti, identificabili per variazioni

granulometriche. Le strutture sedimentarie, rare e concentrate in pochi livelli, sono rappresentate da embriature e isoorientazione dei ciottoli.

Localmente le ghiaie sono ricoperte da un livello di sedimenti fini di spessore variabile tra 1.5 e 2.5 metri costituito da limi e limi argillosi massivi; la frazione argillosa aumenta verso la base, dove sono presenti rari ciottoli con diametro inferiore ai 2 cm. La colorazione è bruno rossiccia. Il limite tra il livello superiore e le ghiaie è generalmente netto.

Questa unità costituisce la piana fluvio-glaciale sulla quale è sviluppato il centro abitato di Tradate e l'intera frazione di Abbiate Guazzone. Il limite inferiore non è mai affiorante nell'area.



Unità di Tradate - assimilata all'Alloformazione di Albizzate (Fluvio-glaciale Riss A.A.)

Depositi fluvio-glaciali prevalentemente grossolani (ghiaie a supporto clastico con matrice limoso argillosa di colore marrone ocraceo); presenza di un livello superiore di limi argillosi massivi (loess); grado di alterazione medio (clasti carbonatici argillificati e metamorfici fortemente alterati).

Inquadramento geologico

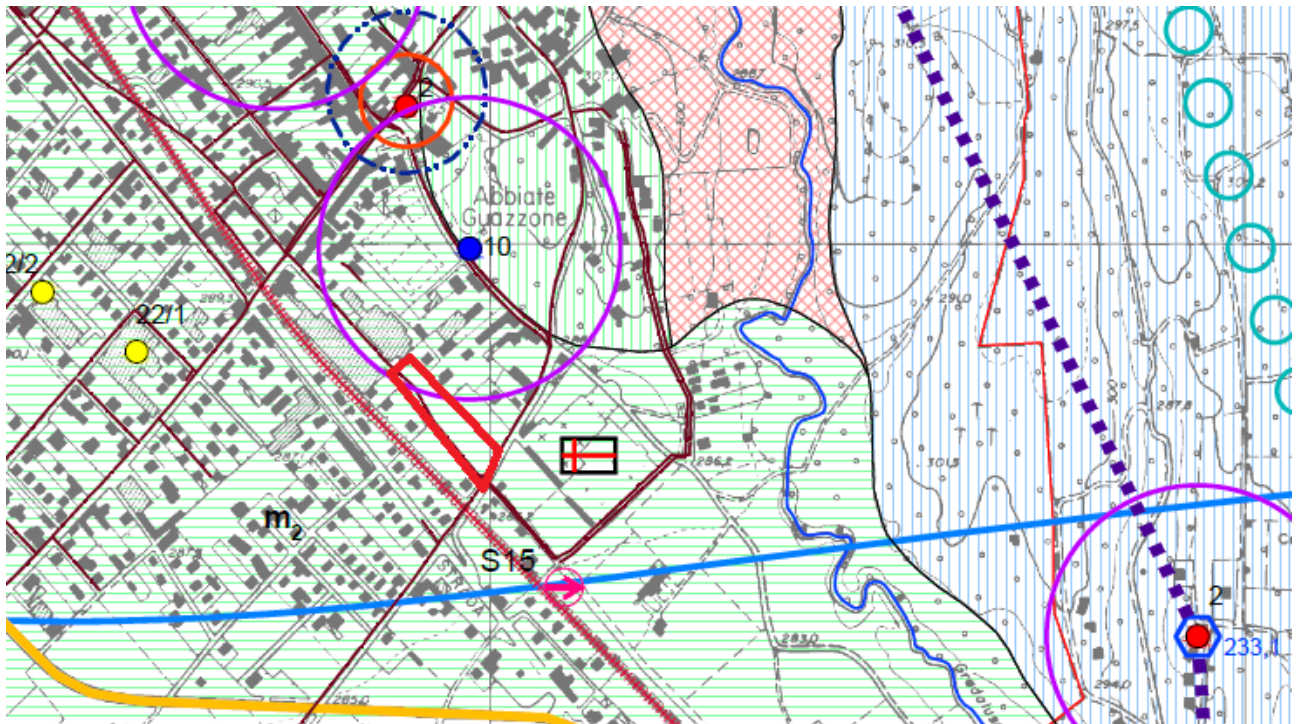
3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA E IDROGEOLOGICA DEL SITO

3.1 Idrografia


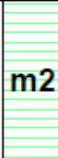
Non sono presenti un intorno significativo dell'area indagata corpi idrici superficiali tali da coinvolgerla con le relative dinamiche idrauliche quali esondazioni e/o erosioni di sponda.

3.2 Idrogeologia

Dalla documentazione consultata si evince che l'area oggetto di indagine s'intesta alla quota media di 285 m slm e risulta compresa tra la curva isopiezometrica 250 m slm a Nord e 240 m slm a Sud, ciò dà luogo ad una soggiacenza delle acque sotterranee compresa tra i 35 e i 45 metri con una direzione di scorrimento rivolta verso S.



- Pozzo di pubblico acquedotto
- Pozzo privato
- Pozzo chiuso
- 310 — Linee isopiezometriche della falda principale e relative quote (m s.l.m.)
- ➔ Direzioni locali del flusso idrico sotterraneo
- Limite di bacino idrogeologico
- ⬡ 262,7 Misura del livello piezometrico di taratura (settembre 2009)
- Zona di rispetto delle opere di captazione ad uso idropotabile definita con criterio geometrico ($r = 200$ m dall'asse del pozzo), nella quale è vietato l'insediamento dei centri di pericolo definiti dall'art. 94 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.
- 1 Traccia delle sezioni idrogeologiche

GRADO DI PERMEABILITA' DEI TERRENI SUPERFICIALI				GRADO DI VULNERABILITA'						CARATTERISTICHE DELL'ACQUIFERO
A	M	B	BB	ee	e	a	m	b	bb	
										Acquifero di tipo libero in materiali alluvionali <u>protetto in superficie</u> da depositi prevalentemente fini di <u>spessore inferiore a 5 m</u> . Soggiacenza della falda superiore a 35 m.

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono				povero				praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita		sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati		terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo		terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			

Ai terreni presenti in sito, grazie alla documentazione consultata, è attribuibile una permeabilità bassa, k da 10^{-5} a 10^{-7} m/s.

In sito si è svolta una prova di permeabilità un pozzetto superficiale con carico variabile, altezza scavo 2,40, sezione scavo 1,4 x 1,4 m circa.

Lecture quote acqua/tempi

prima lettura : 1,81

a un minuto : 1,82

a due minuti : 1,83

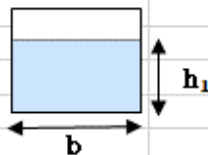
a cinque minuti : 1,86

a dieci minuti : 1,90

Cantiere:	Comune di Tradate, Via Marone			
Committente:	Spett.le Costruzione Galli			
Data:	22-mag-20			

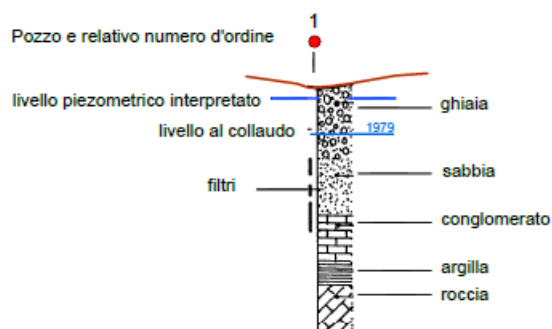
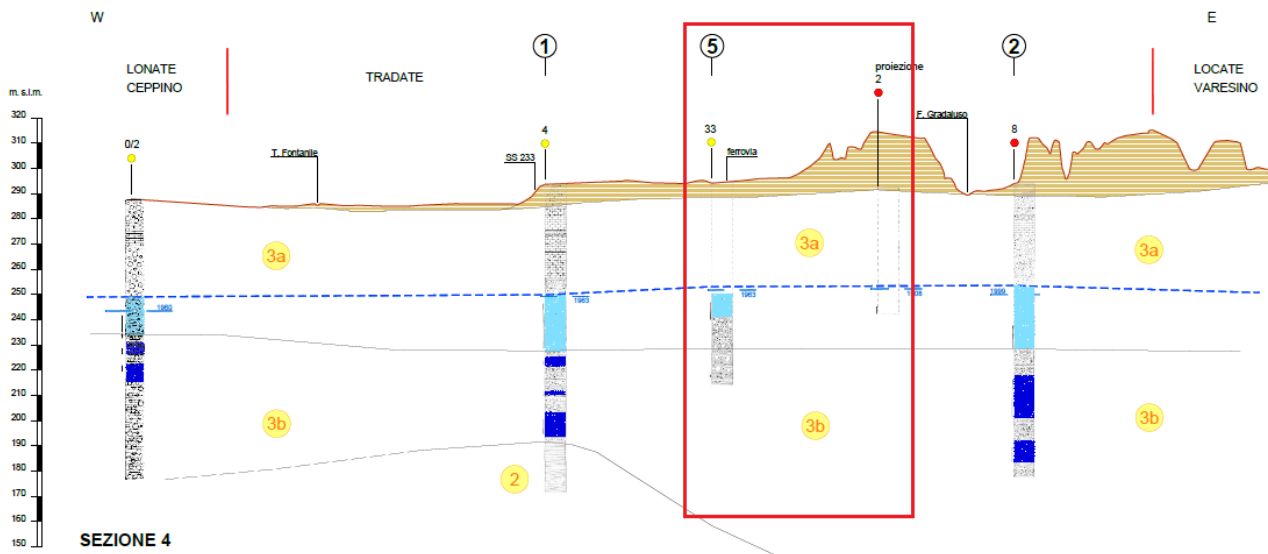
Prova di permeabilità in pozzetto superficiale eseguita a carico variabile (A.G.I. 1977)

$$K = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot 1 + \frac{(2h_m/b)}{27} \cdot \frac{(h_m/b) + 3}{1}$$



	Prova n° 1	Prova n° 2	Prova n° 3	Media
h₁ (altezza iniziale del livello dell'acqua: cm)	182	186	190	
h₂ (altezza finale del livello dell'acqua: cm)	181	183	186	
t₂ - t₁ (tempo trascorso per il raggiungimento di h ₂ : min.)	1	3	5	
h_m (altezza media tra h ₁ e h ₂ : cm)	181,5	184,5	188	
b (lato della base del pozzetto: cm)	135	135	135	
K (coefficiente di permeabilità: cm/sec)	0,00156	0,00156	0,00124	0,00146

Le indagini svolte consentono di attribuire ai terreni presenti in sito fino a 2,4 m dal p.c. una permeabilità medio bassa k pari a 0,00146 cm/s.



- Limite tra le unità
- Strati acquiferi
- Strati superficiali a bassa permeabilità
- Incrocio fra le sezioni
- Limiti comunali

CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' IDROGEOLOGICHE

Unità ghiaioso-conglomeratica con intercalazioni argillose

3a Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi a granulometria eterogenea, sciolti o localmente cementati. Locale presenza di falde idriche di tipo libero.
Ambiente deposizionale: continentale

3b Depositi fluvioglaciali a granulometria in abbondante matrice argillosa
Falde idriche di tipo semiconfinato
Ambiente deposizionale: continentale

Unità delle argille prevalenti:

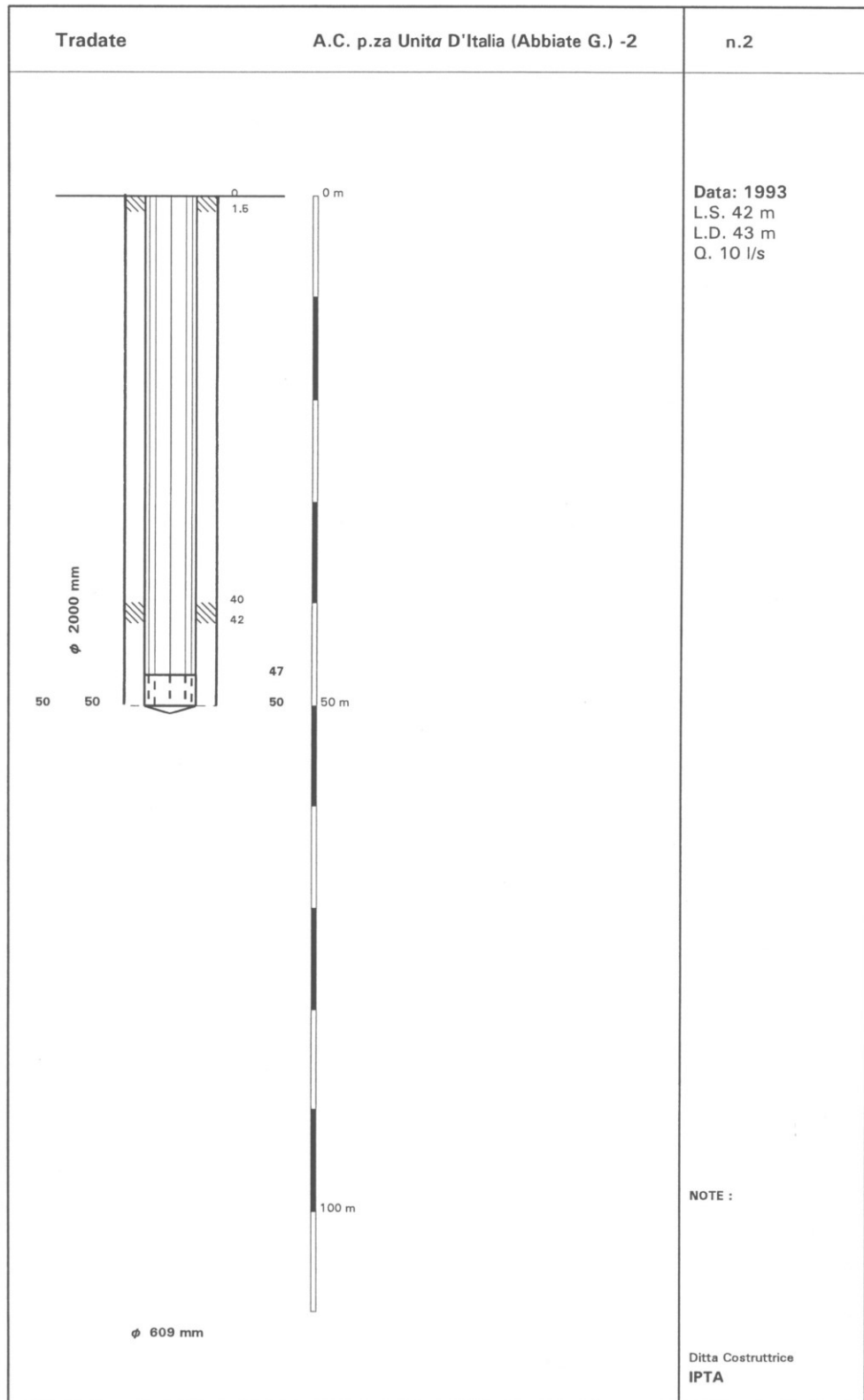
2 Depositi fini limoso-argillosi localmente intercalati a materiale più grossolano
Locale presenza di falde idriche di tipo confinato.
Ambiente deposizionale: transizionale e marino

Inquadramento idrogeologico

Ambito AT-06 – Via Veneto – Via Marone

Nelle vicinanze sono presenti due pozzi privati (22/1 e 22/2), che hanno permesso di estrapolare una stratigrafia attendibile.

<i>strato (n)</i>	<i>litologia</i>	<i>spessore m</i>	<i>profondità m</i>	<i>velocità m/s</i>
1	Ciottoli, ghiaia e sabbia alterati in abbondante matrice argillosa	5,00	5,00	202
2	Ciottoli, ghiaia e sabbia alterati in abbondante matrice argillosa	7,00	12,00	242
3	Conglomerato a prevalente componente calcarea	10,00	22,00	787
4	Conglomerato a prevalente componente calcarea	15,00	37,00	1000
5	Ciottoli, ghiaia e sabbia	30,00	67,00	1244

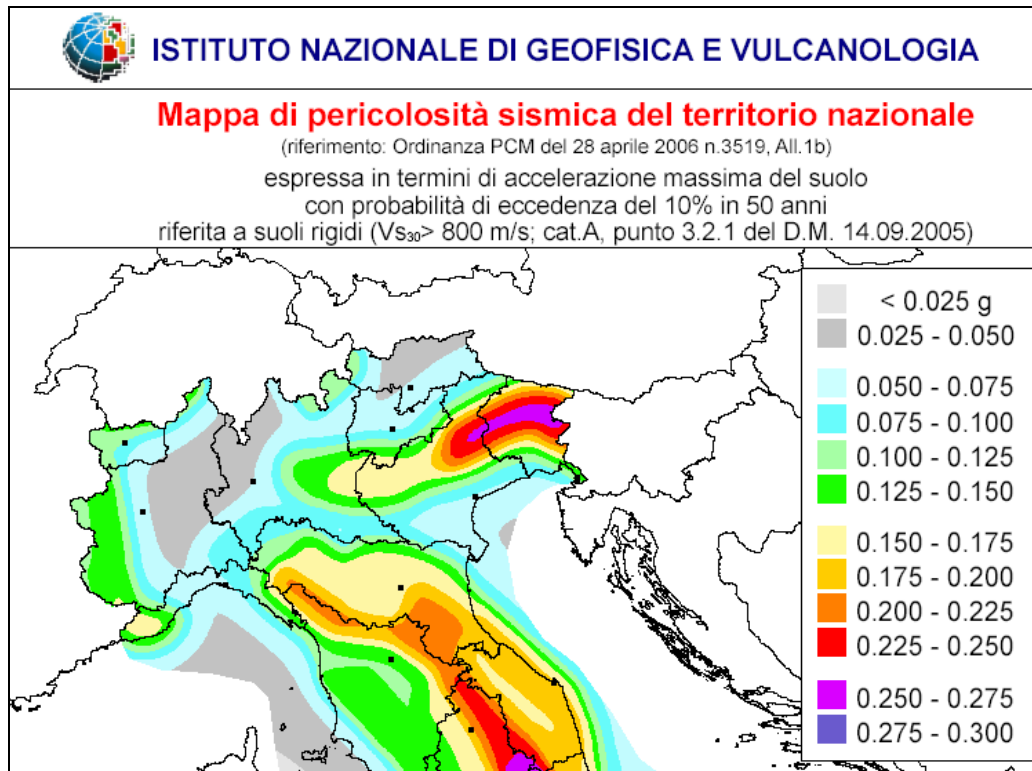


Stratigrafia pozzo più vicino all'area indagata approfondito nella medesima unità geologica

4. SISMICA

Macrozonazione e segnali sismici

Con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" sono stati approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale (macro-zonazione) riportata in figura.



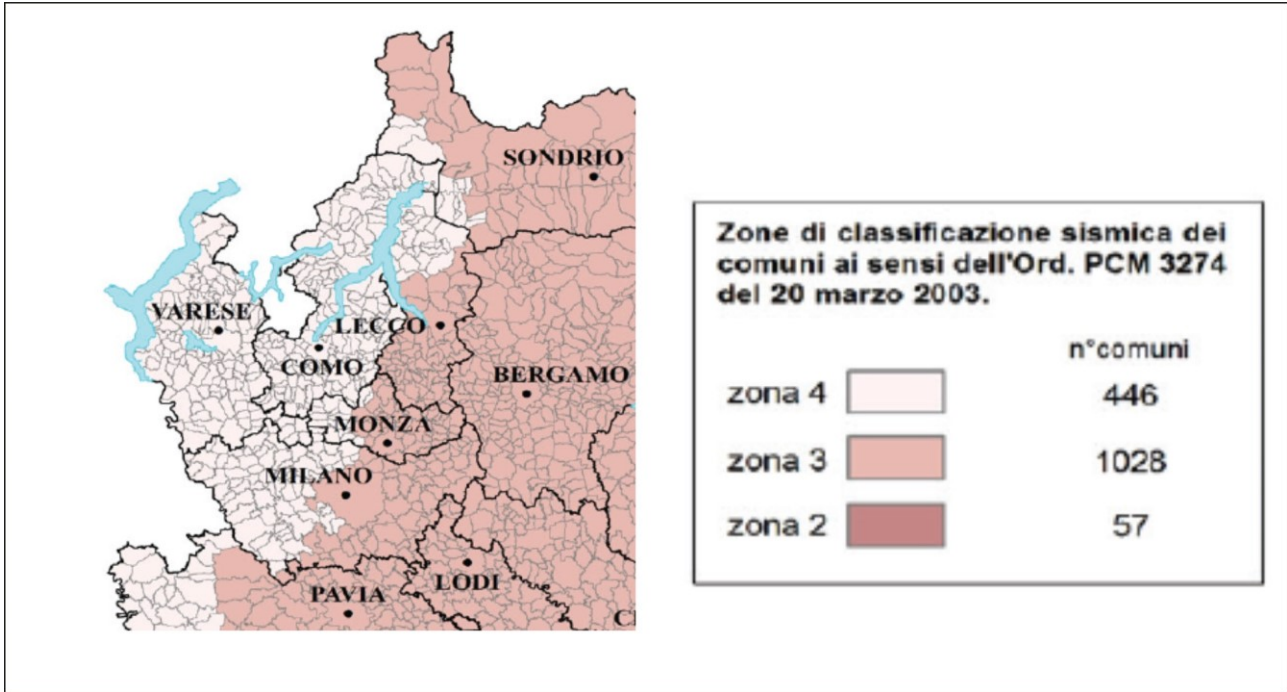
La mappa riportata rappresenta graficamente la pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi (*Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* categoria A di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14/09/05) caratterizzati da una velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio $V_{s30} > 800$ m/s.

Tale mappatura e i rispettivi valori di accelerazione massima si traducono in zone sismiche così suddivise dalla più gravosa:

ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI A 10% IN 50 ANNI (m/s)
1	$0,25 < a_g < 0,35g$
2	$0,15 < a_g < 0,25g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$

4	$\leq 0,05g$
---	--------------

La regione Lombardia con la D.G.R. del 11 Luglio 2014 n. X/2129 “Aggiornamento delle zone sismiche in Lombardia” ha identificato quanto segue:



Considerato quanto sopra esposto si rileva che il territorio comunale di Tradate rientra completamente in classe sismica quarta (4).

Archivio segnali sismici



La carta soprastante illustra i principali terremoti storici dall'anno mille ad oggi in Lombardia e le zone sismogenetiche adiacenti da cui possono giungere terremoti risentiti dalla popolazione.

Liquefazione

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze: 1). eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5; 2). accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g; 3). profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali; 4). depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa; 5). distribuzione granulometrica specifica esterna al campo principale delle sabbie sia per terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ sia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Secondo la classificazione di Youd e Perkins (1978) che fornisce una indicazione qualitativa della vulnerabilità alla liquefazione dei terreni in funzione dell'età e della loro origine, **la propensione alla liquefazione locale è basso.**

Tipo deposito	Età del deposito			
	<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Depositi continentali				
Canali fluviali	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	-----	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto bassa
Glaciali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tuff	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tephra	Alta	Alta	?	?
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Sebkha	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Zone costiere				
Deltaici	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Di estuario	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Di spiaggia con elevata energia delle onde	Moderata	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Di spiaggia con bassa energia delle onde	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lagunari	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Litorali	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Riempimenti artificiali				
Non compattati	Molto alta	-----	-----	-----
Compattati	Bassa	-----	-----	-----

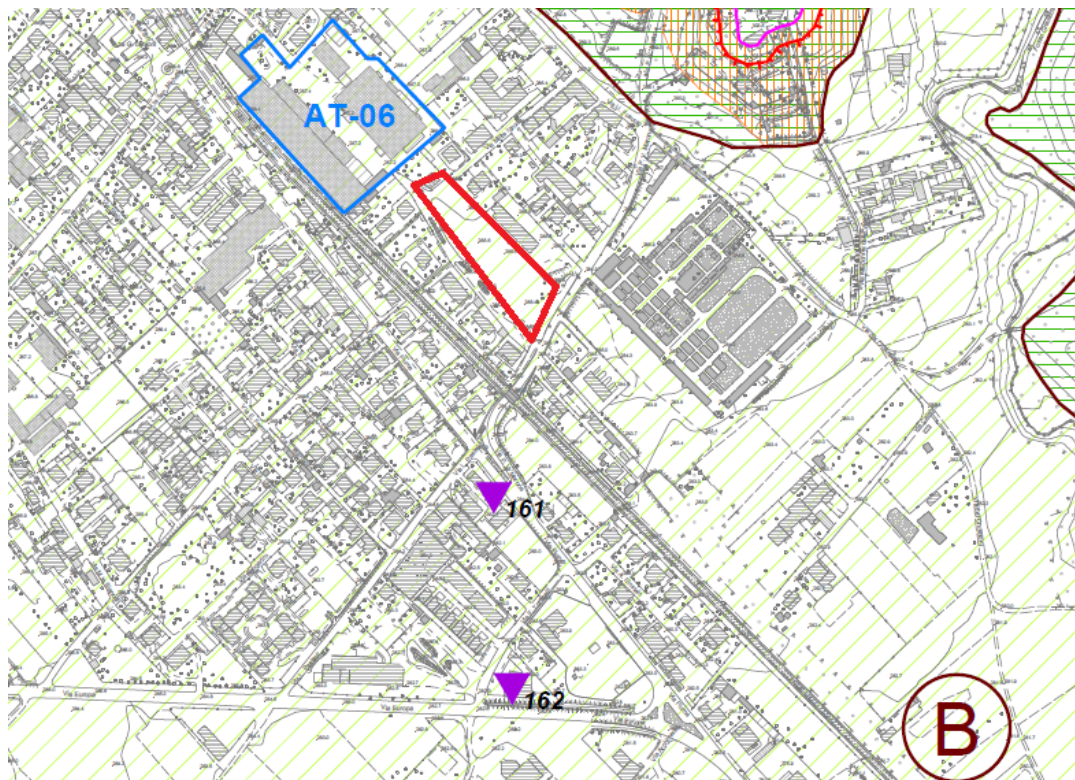
Tabella propensione alla liquefazione

Microzonazione sismica


La **microzonazione sismica** è una tecnica di analisi sismica di un territorio che ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale) le condizioni geologiche locali (zone di versante, terreni non consolidati, aree in frana, sedimenti liquefacibili, ecc) che possono alterare più o meno sensibilmente le caratteristiche del movimento sismico atteso e/o produrre deformazioni permanenti e critiche per le costruzioni e le infrastrutture in loco.

I passi per identificare la pericolosità sismica locale partono dall'individuazione di alcuni scenari di pericolosità sismica locale individuati alla scala di porzioni di territorio comunale per poi concentrarsi sulle peculiarità topografiche e litologiche del sito.


Nell'ambito dell'identificazione della pericolosità sismica locale l'area studiata rientra in uno scenario Z4a.



AREE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

CLASS. SISMICA O.P.C.M. 3273/03	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL) D.G.R. 9/2616/11 All. 5	EFFETTI	LIVELLO DI APPROFONDIMENTO DELLA PROCEDURA DI VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO (PREVISTO DAI CRITERI REGIONALI)
ZONA 4	 <p>Z4a Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi con presenza di bedrock sismico a profondità inferiori a 30m</p>		3° LIVELLO nelle aree indagate con il secondo livello quando Fa calcolato risulta maggiore del valore soglia comunale

CARATTERI SISMICI DI BASE DEL TERRITORIO

UNITA' LITOTECNICHE	CARATTERISTICHE LITOLOGICO STRATIGRAFICHE	CATEGORIA SISMICA DEI TERRENI (parametri indicativi che non possono essere utilizzati come sostitutivi delle indagini locali previste dal D.M. 14/01/08)	
	Depositi fluvio-glaciali costituiti ghiaie e sabbie grossolane mediamente alterate in matrice limoso argillosa con presenza a tetto di limi debolmente argillosi. Locale presenza di cavità riscontrabili nei primi 10 m circa di profondità.	B	Vs30 comprese tra 360 e 800 m/s
		C	Vs30 comprese tra 180 e 360 m/s
		E	substrato rigido con Vs>800 m/s a meno di 20 m di profondità

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Le norme tecniche per le costruzioni espone nel D.M. 14/01/2008 al fine di valutare la microzonazione sismica elencano in ambito topografico alcune condizioni in grado di amplificare in maniera crescente gli effetti di un sisma (valide per rilievi superiori ai 30 m): a) T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $I \leq 15^\circ$; b) T2 Pendii con inclinazione media $>15^\circ$; c) T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra 15 e 30° ; d) T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30° .

Per l'area in corso di studio si tratta a livello generale di una classe T1.

Altresì identificano in ambito stratigrafico alcune categorie di suolo in base alla misurazione della velocità media delle onde V_s nei primi 30 m di suolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni (vedi allegato).

Categorie di suolo

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

Categorie di suolo aggiuntive

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Topografie

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 $i > 30^\circ$

Esistono anche fonti che correlano le informazioni lito-stratigrafiche sia con la classificazione sismica dei suoli sia con la velocità delle onde S:

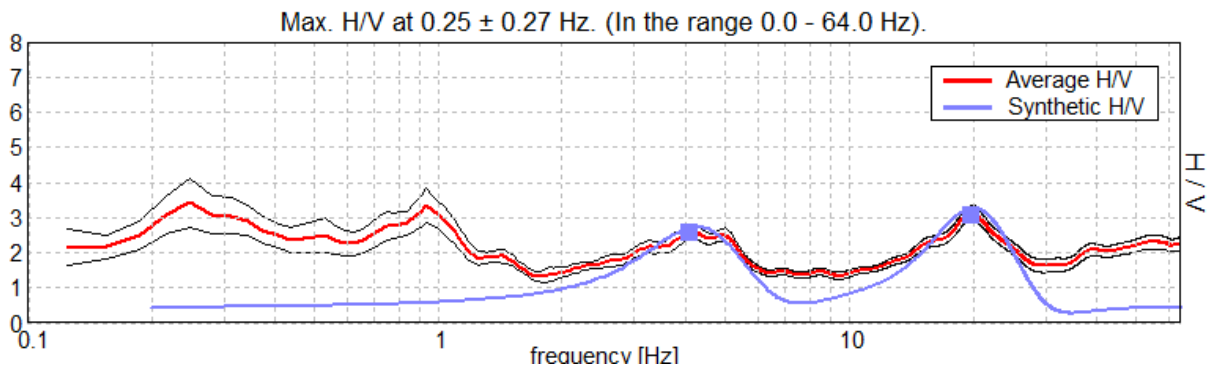
Categoria	Litologia
A	Calcere, Gesso, Marne, Rocce generiche
B	Ghiaia fine, media, grossolana, blocchi, massi
C	Sabbia fine, media, grossolana
D	Limo, Argilla

Velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo (Borchedt, 1994)

TIPO DI SUOLO	Vs min (m/s)	Vs media (m/s)	Vs max (m/s)
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto-poco fratturate)	1400	1620	
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti,	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie	376	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille tenere	100	150	200

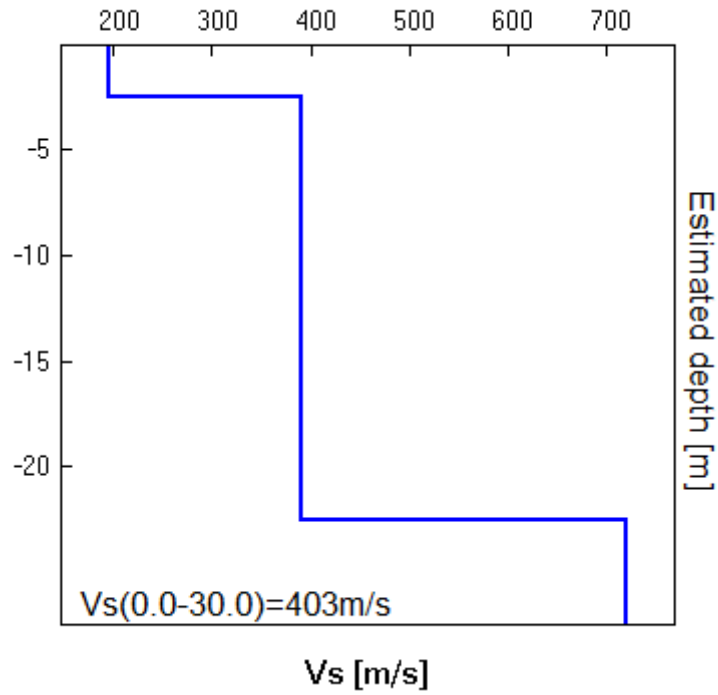
In sito si sono svolti due sondaggi sismici verticali HVSR i cui report sono di seguito esposti:

EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V 1

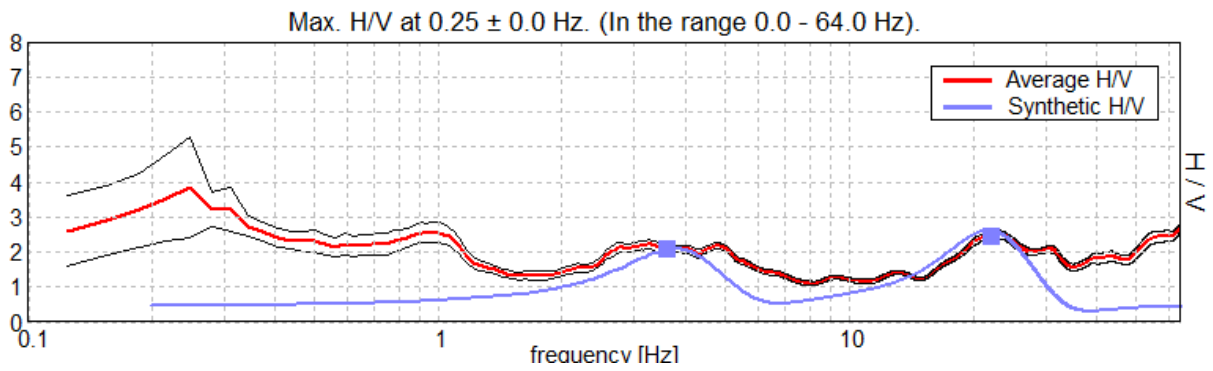


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	196	0.45
22.50	20.00	390	0.45
inf.	inf.	720	0.45

Vs(0.0-30.0)=403m/s **CATEGORIA SISMICA B**

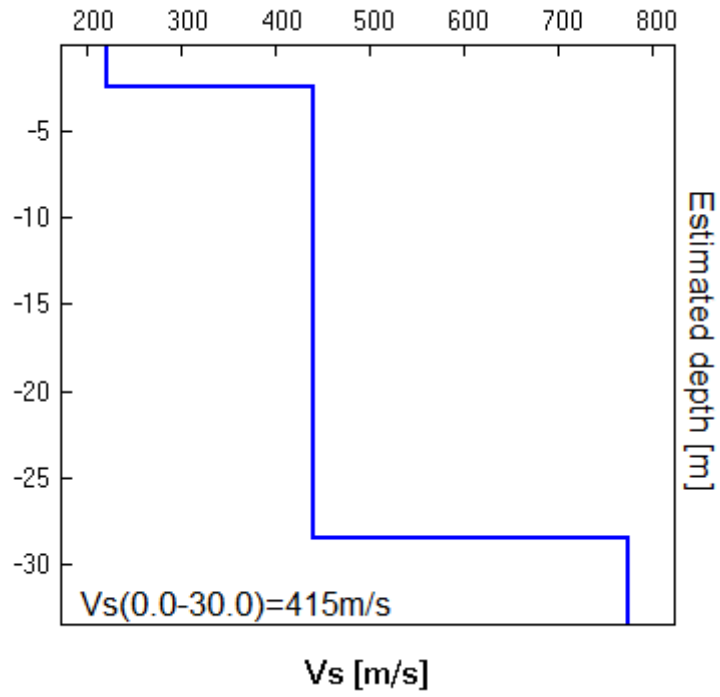


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V 2



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	221	0.42
28.50	26.00	441	0.42
inf.	inf.	775	0.42

Vs(0.0-30.0)=415m/s



5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA PRELIMINARE DEL SITO

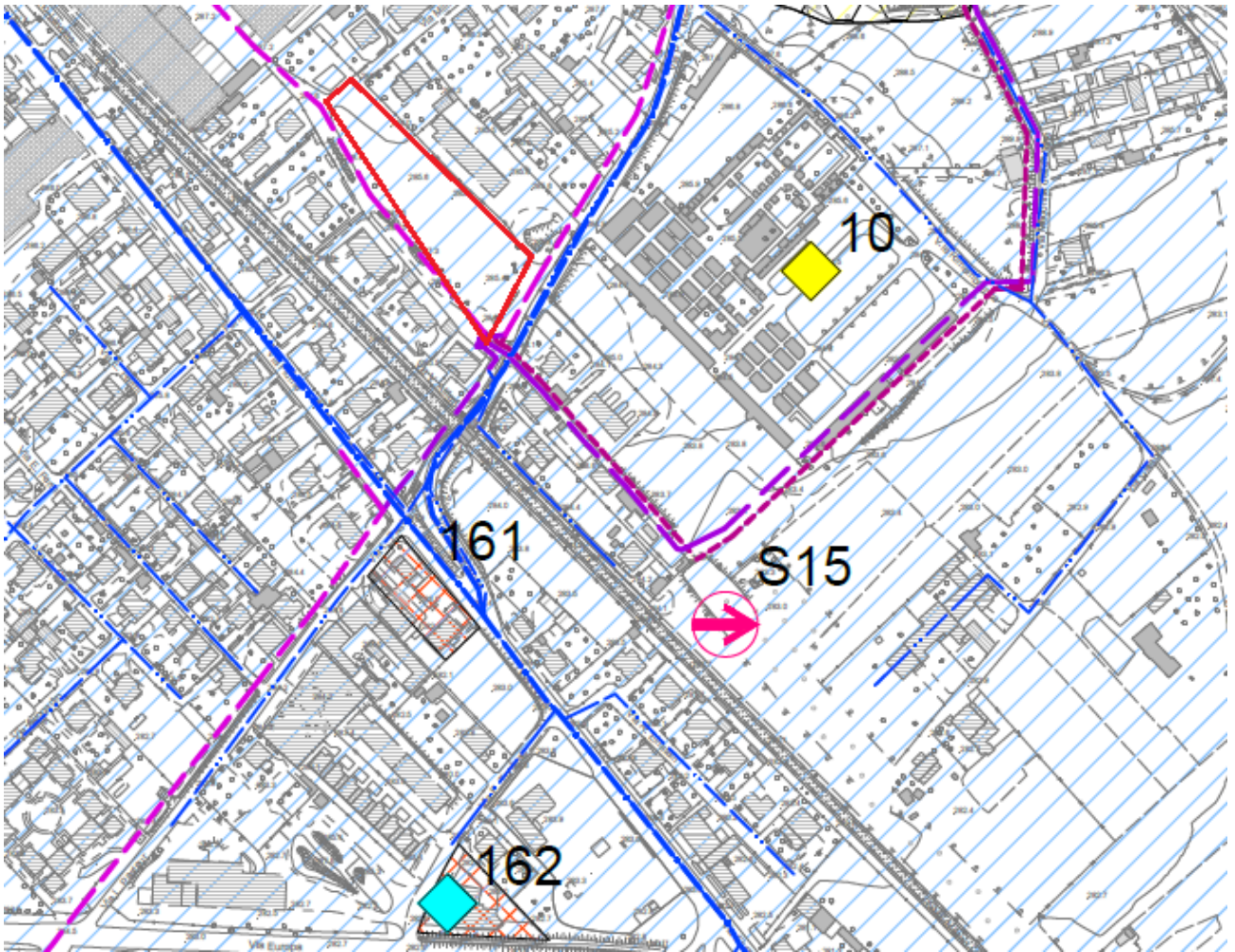
Dalla documentazione geologica allegata al vigente PGT, è possibile classificare il sito nell'area litotecnica omogenea "B" le cui peculiarità sono di seguito esposte:

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Unità geotecnica	Litologia superficiale prevalente	Caratteri pedologici e spessore suoli	Caratteristiche geotecniche	Drenaggio delle acque
B	Ghiaie e sabbie grossolane mediamente alterate in matrice limoso argillosa. Superiormente limi debolmente argillosi con struttura massiva.	Suoli dell'ordine Utisuoli da profondi a molto profondi (150-300 cm).	Terreni granulari poco alterati con stato di addensamento "medio" e limi superiori con grado di consistenza da "medio" a "compatto"; locale presenza di cavità che si riscontrano nei primi 10 m circa di profondità (occhi pollini).	Drenaggio delle acque mediocre in superficie e discreto in profondità; problematiche relative alla circolazione delle acque nel primo sottosuolo (150-200 cm).

CARATTERIZZAZIONE GEO-PEDOLOGICA

ZONE	SIGLA catasto regionale suoli	CLASSIFICAZIONE (USDA 1975)	DESCRIZIONE
B	SOM1 SCH1 FIA1 VAI2 VAI3	Uttisuoli	Suoli da profondi a molto profondi su substrato ciottoloso sciolto; tessitura media, drenaggio buono.



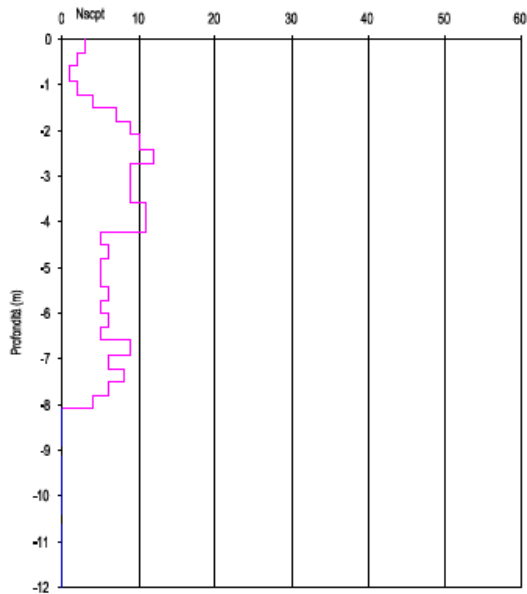
PUNTI DI RIFERIMENTO STRATIGRAFICO

- ◆ 16 Affioramento naturale
- ◆ 10 Scavo edile
- ◆ 21/03 Trincea aperta con escavatore o sondaggio esplorativo

Inquadramento litotecnico preliminare

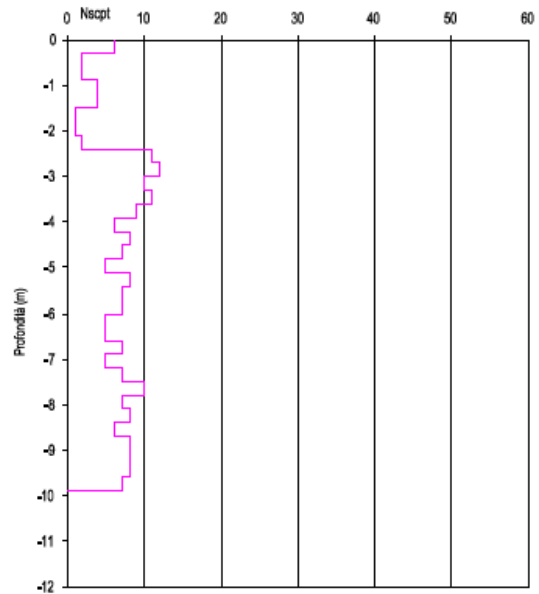
161

ZONA VIA PASTEUR, ANGOLO VIA FIUME



162

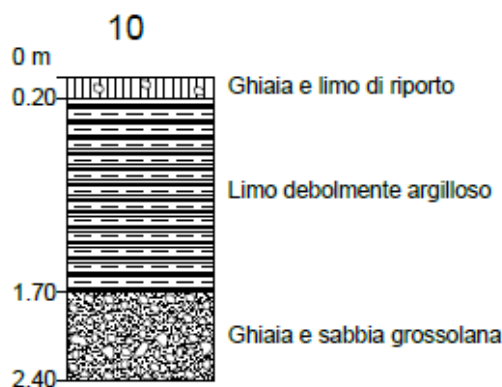
ZONA VIA TORRICELLI



SEZIONE N. 10

Località: Cimitero di Abbiate Guazzone

- 0-20 cm Ghiaie e limi di riporto.
- 20-170 cm Limi debolmente argillosi con struttura massiva di colore bruno scuro (7.5 YR3/4). Limite inferiore netto.
- 170-240 cm Ghiaie e sabbie grossolane. Clasti poligenici costituiti da porfidi alterati (non abbondanti), cristallini arenizzati, metamorfici, carbonati, selci, arenarie completamente alterate. Diametro massimo di 30 cm e medio di 4,5 cm. I clasti sono alterati per il 90%, ancora riconoscibili e con resistenza litoide. Struttura in lamine. Lateralmente è presente una tasca di limo molto argilloso, sovraconsolidato e screziato. Limite inferiore sconosciuto.



5.1 Indagini in sito

Si è realizzata un'indagine geognostica basata sull'approfondimento di prove penetrometriche.

Questo metodo fu sviluppato negli USA a partire dagli anni '20 e viene utilizzato per ottenere dei valori quantitativi sulla resistenza del suolo alla penetrazione. La prova consiste nel far cadere, con un ritmo costante di colpi al minuto, un maglio da un'altezza standard su una batteria di aste. Si registra il numero di colpi necessario ad infiggere le aste di un tratto di lunghezza prefissata; il valore dei colpi può essere correlato con opportune relazioni, ad alcune proprietà geotecniche dei terreni indagati. Per lo svolgimento di tali prove si è utilizzata l'attrezzatura di seguito descritta.

5.1.1 Penetrometro dinamico medio

Ditta produttrice:	COMPAC S.R.L.
Modello	PENETROMETRO DINAMICO PENNI 30
Sistema infissione	maglio a caduta libera 20-30 Kg
Altezza caduta del maglio	20 cm
Batteria di aste	aste acciaio speciale aventi: Ø = 2 cm lunghezza pari a 1.00 m P = 2.4 kg
Punta	punta conica a perdere: Ø = 3.56 cm angolo di apertura = 60° A = 10 cm ²

Nell'esecuzione della campagna di prove penetrometriche si è optato per l'utilizzo di tale apparecchiatura per la notevole praticità in rapporto alle apparecchiature S.P.T. ed S.C.P.T.. Al riguardo delle attitudini del penetrometro dinamico COMPAC PENNI-30, esso ha un procedimento di utilizzo analogo al penetrometro standard S.C.P.T. (standard cone penetretion test), dal quale differisce principalmente per la minor massa del maglio, per la minor altezza di caduta dello stesso e per la minor sezione delle aste. Inoltre le resistenze all'avanzamento vengono espresse in numero di colpi per 10 cm di avanzamento [N 10].

Pasqualini E. (1983) suggerisce una correlazione per passare da N10 a NSPT: $NSPT = N10 / \alpha$

$\alpha = (m1 \times h1 \times e2 \times A2) / (m2 \times h2 \times e1 \times h1)$ dove sono indicate rispettivamente la massa battente, l'altezza di caduta, il passo di lettura e l'area della punta delle prove SPT con il pedice 1 e quelle del penetrometro medio leggero con il pedice 2. Pertanto, nel caso rispettivamente di maglio da 30 e 20 kg:

$$\alpha = (63,5 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,001 \text{ mq}) / (30 \text{ kg} \times 0,20 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 0,002 \text{ mq}) = 1,3$$

$$\alpha = (63,5 \text{ kg} \times 0,75 \text{ m} \times 0,10 \text{ m} \times 0,001 \text{ mq}) / (20 \text{ kg} \times 0,20 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 0,002 \text{ mq}) = 1,9$$

L'analisi dei risultati delle prove penetrometriche consente, in prima approssimazione, di valutare lo stato di addensamento dei terreni attraversati e quindi di risalire indirettamente alla loro natura litologica. Comparando le risultanze dei diagrammi penetrometrici con gli esiti della prospezione diretta è quindi possibile dedurre un chiaro quadro visivo della successione stratigrafica di un certo sito e successivamente attribuire ai terreni attraversati i relativi valori dei parametri geotecnici fondamentali.

5.1.2 Nomenclatura terreni

Nei paragrafi seguenti per la definizione dei terreni si è seguita la nomenclatura, consigliata dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI):

NOME DELLA FRAZIONE PRINCIPALE

“CON” 50÷25%

“OSO” 25÷10%

“DEBOLMENTE OSO” 10÷5%

“CON TRACCE” < 5%

Ad esempio:

ciottoli (37%), ghiaia (56%), sabbia (7%)

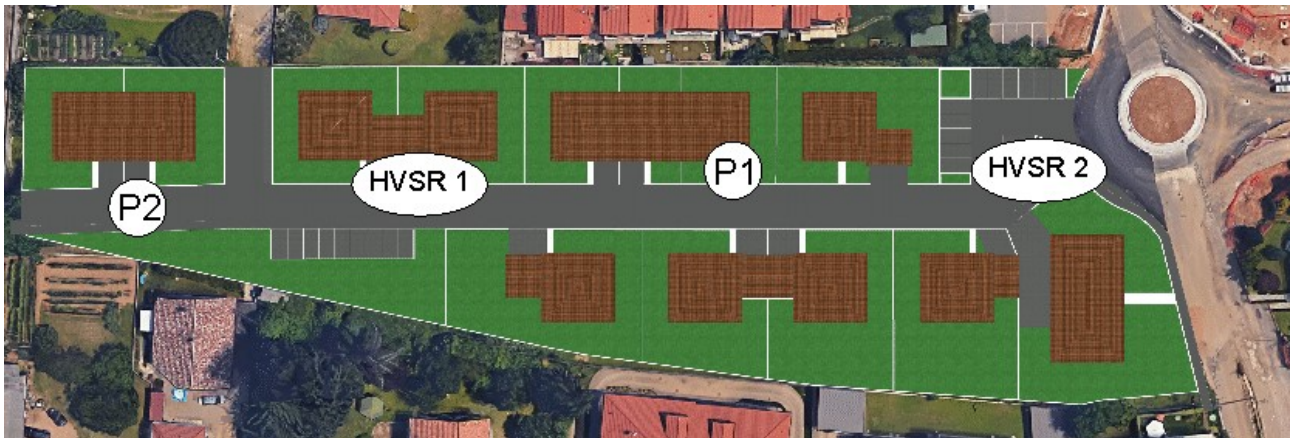
Denominazione attribuita: “*ghiaia con ciottoli debolmente sabbiosa*”.

Le percentuali, qualora non specificato, sono state stimate in sito con visione diretta dei litotipi, qualora venga realizzata un'analisi granulometrica verrà descritto per esteso.

Simbolo del gruppo	Denominazioni tipiche
<i>Terreni a grana grossolana (più del 50% è costituito da particelle con diametro > di 75 µm)</i>	
GW	ghiaie ben classate, miscele di ghiaia e sabbia, senza o con poco fine
GP	ghiaie mal classate, miscele di ghiaia e sabbia, senza o con poco fine
GM	ghiaie limose, miscele di ghiaia-sabbia-limo mal classate
GC	ghiaie argillose, miscele di ghiaia-sabbia-argilla mal classate
SW	sabbie ben classate, sabbie ghiaiose, senza o con poco fine
SP	sabbie mal classate, sabbie ghiaiose, senza o con poco fine
SM	sabbie limose, miscele di sabbia e limo mal classate
SC	sabbie argillose, miscele di sabbia e argilla mal classate
<i>Terreni a grana fine (più del 50% è costituito da particelle con diametro < di 75 µm)</i>	
ML	limi inorganici e sabbie molto fini, sabbie fini limose o argillose di bassa plasticità, terreni limosi o sabbiosi fini
CL	argille inorganiche di plasticità da media a bassa, argille ghiaiose, argille sabbiose, argille limose; argille "magre"
OL	limi organici e argille limose organiche di bassa plasticità
MH	limi inorganici, terreni sabbiosi (sabbie fini) o limosi micacei, limi "elastici"
CH	argille inorganiche di elevata plasticità; argille "grasse"
OH	argille organiche di plasticità da media ad elevata
<i>Terreni ad alto contenuto di sostanza organica</i>	
Pt	torbe e altri terreni ricchi di materia organica

5.1.3 Esposizione dati penetrometrici in sito

Si è eseguita 2 prove penetrometriche dinamica e disposte in base alle caratteristiche delle opere in progetto, alla logistica concessa dal cantiere ed alle caratteristiche dei depositi presenti in sito. Le prove sono state realizzate a partire dalla superficie topografica naturale ed hanno raggiunto la profondità massima di 4 m.



Ubicazione indagini geonostiche

ESPOSIZIONE RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE							
Cantiere:		Comune di Tradate, Via P.V. Marone					
Committente:		Spett.el Galli sas					
Data:		29-gen-20					
P1				E		M	C
				MPa		kg/cmq	kg/cmq
METRI	N10	NSPT	Media	Ang. Attri	Mod Elas	Mod Edom	Coesione
0,1	3	2		21	10,6	16,4	0,2
0,2	3	2		21	10,6	16,4	0,2
0,3	3	2		21	10,6	16,4	0,2
0,4	3	2		21	10,6	16,4	0,2
0,5	3	2		21	10,6	16,4	0,2
0,6	4	3		22	12,3	21,8	0,2
0,7	4	3		22	12,3	21,8	0,2
0,8	4	3		22	12,3	21,8	0,2
0,9	4	3		22	12,3	21,8	0,2
1	4	3	4	22	12,3	21,8	0,2
1,1	5	4		23	13,7	27,3	0,3
1,2	5	4		23	13,7	27,3	0,3
1,3	5	4		23	13,7	27,3	0,3
1,4	5	4		23	13,7	27,3	0,3
1,5	5	4		23	13,7	27,3	0,3
1,6	6	5		23	15,0	32,8	0,3
1,7	6	5		23	15,0	32,8	0,3
1,8	6	5		23	15,0	32,8	0,3
1,9	6	5		23	15,0	32,8	0,3
2	6	5		23	15,0	32,8	0,3
2,1	8	6		25	17,4	43,7	0,4
2,2	8	6		25	17,4	43,7	0,4
2,3	8	6		25	17,4	43,7	0,4
2,4	9	7		25	18,4	49,2	0,0
2,5	9	7		25	18,4	49,2	0,0
2,6	10	8		26	19,4	54,6	0,0
2,7	10	8		26	19,4	54,6	0,0
2,8	11	8		26	20,4	60,1	0,0
2,9	11	8		26	20,4	60,1	0,0
3	11	8		26	20,4	60,1	0,0
3,1	7	5	8	24	16,2	38,2	0,0
3,2	7	5		24	16,2	38,2	0,0
3,3	7	5		24	16,2	38,2	0,0
3,4	8	6		25	17,4	43,7	0,0
3,5	8	6		25	17,4	43,7	0,0
3,6	12	9		27	21,3	65,5	0,0
3,7	12	9		27	21,3	65,5	0,0
3,8	12	9		27	21,3	65,5	0,0
3,9	12	9		27	21,3	65,5	0,0
4	12	9		27	21,3	65,5	0,0
acqua						Angolo attrito	
						da	a
terreno ben addensato		Nspt > 22				33°	
		11 < Nspt <= 22				28° 33°	
		6 < Nspt <= 11				24° 28°	
terreno scarsamente addensato		Nspt <= 6				24°	

ESPOSIZIONE RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE							
Cantiere:		Comune di Tradate, Via P.V. Marone					
Committente:		Spett.le galli sas					
Data:		29-gen-20					
P2				E		M	C
				MPa		kg/cmq	kg/cmq
METRI	N10	NSPT	Media	Ang. Attri	Mod Elas	Mod Edom	Coesione
0,1	5	4		23	13,7	27,3	0,3
0,2	5	4		23	13,7	27,3	0,3
0,3	5	4		23	13,7	27,3	0,3
0,4	5	4		23	13,7	27,3	0,3
0,5	5	4		23	13,7	27,3	0,3
0,6	5	4		23	13,7	27,3	0,3
0,7	5	4		23	13,7	27,3	0,3
0,8	5	4		23	13,7	27,3	0,3
0,9	5	4		23	13,7	27,3	0,3
1	5	4		23	13,7	27,3	0,3
1,1	3	2		21	10,6	16,4	0,2
1,2	3	2		21	10,6	16,4	0,2
1,3	3	2	4	21	10,6	16,4	0,2
1,4	3	2		21	10,6	16,4	0,2
1,5	3	2		21	10,6	16,4	0,2
1,6	3	2		21	10,6	16,4	0,2
1,7	3	2		21	10,6	16,4	0,2
1,8	3	2		21	10,6	16,4	0,2
1,9	3	2		21	10,6	16,4	0,2
2	3	2		21	10,6	16,4	0,2
2,1	8	6		25	17,4	43,7	0,4
2,2	8	6		25	17,4	43,7	0,4
2,3	8	6		25	17,4	43,7	0,4
2,4	8	6		25	17,4	43,7	0,4
2,5	8	6		25	17,4	43,7	0,4
2,6	12	9		27	21,3	65,5	0,0
2,7	12	9		27	21,3	65,5	0,0
2,8	12	9	9	27	21,3	65,5	0,0
2,9	12	9		27	21,3	65,5	0,0
3	12	9		27	21,3	65,5	0,0
3,1	18	14		29	26,0	98,3	0,0
3,2	18	14		29	26,0	98,3	0,0
3,3	18	14	14	29	26,0	98,3	0,0
3,4	18	14		29	26,0	98,3	0,0
3,5	18	14		29	26,0	98,3	0,0
3,6	10	8		26	19,4	54,6	0,0
3,7	10	8		26	19,4	54,6	0,0
3,8	10	8	8	26	19,4	54,6	0,0
3,9	10	8		26	19,4	54,6	0,0
4	10	8		26	19,4	54,6	0,0
acqua						Angolo attrito	
						da	a
terreno ben addensato		Nspt > 22				33°	
		11 < Nspt <= 22				28°	
		6 < Nspt <= 11				24°	
terreno scarsamente addensato		Nspt <= 6				24°	

Report indagine geognostica in sito

5.2 Stratigrafia geo-meccanica dei terreni

Le prove geognostiche in sito, correlate con la documentazione geologica consultata, hanno consentito di ricostruire per l'area oggetto d'indagine la seguente sequenza litotecnica media:

Unità litotecnica 1: dal p.c. a 2,4 di profondità, Nspt 4, verosimili limi argillosi, comportamento frizionale prevalente, peso di volume 1,7-1,8 t/mc, angolo di attrito interno 22°, coesione 0,2 kg/cm², stato di addensamento scadente, non saturi, USCS ML SM.

Unità litotecnica 3: da 2,4 a 4 m di profondità, Nspt 8, verosimili sabbie limose argillose, comportamento frizionale, peso di volume 1,8-1,9 t/mc, angolo di attrito interno 26°, coesione nulla, stato di addensamento medio, saturi da 2,8 m di profondità, USCS ML SM.

Tabella X: Proprietà fisico-meccaniche e indicazioni a scopo ingegneristico dei terreni (da: Washington Division of Geology and Earth Resources Bulletin 78-1989, modificato)

classificazione		Peso di volume secco g/cm ³	angolo di resistenza al taglio °	coesione kg/cm ²	erodibilità relativa	capacità portante kg/cm ²	difficoltà di scavo	inclinazione scarpata %
origine	USCS							
alluvionali								
alta energia	GW, GP, GM	1.85 – 2.10	30 - 35	0	bassa	0,75 – 1,00	bassa	50÷65
bassa energia	ML, SM, SP, SW	1.45 – 1.85	15 - 30	0 – 0.25	medio-alta	0.25 – 0,75	bassa	25÷50
glaciali								
till	SM, ML	1.90 – 2.25	35 - 45	0.50 – 2.00	medio-bassa	0.75 – 2.50	medio-alta	50÷100
fluvioglaciali	GW, GP, SW, SP, SM	1.85 – 2.10	30 - 40	0 – 0,50	medio-bassa	0.75 – 1.50	medio-bassa	50÷70
glaciolacustri	ML, SP, SM	1.60 – 1.90	30 - 40	0 – 1.50	medio-alta	0.50 – 1.00	media	25÷50
lacustri								
inorganici	ML, SM, MH	1.10 – 1.60	5.0 - 20	0 – 0.10	alta	0 – 0.25	bassa	0÷25
organici	OL, PT	0.5 – 1.10	0 - 10	0 – 0.10	alta	0 – 0.25	bassa	0÷25
eolici								
loess	ML, SM	1.25 – 1.60	20 - 30	0.25 – 0.50	molto alta	0.25 – 0.50	bassa	25÷50

Nell'ambito della caratterizzazione geo-meccanica dei terreni presenti in sito, di seguito una tabella rappresentante la costante di sottofondo o di Winkler (k) che rappresenta una forza esercitata su di un suolo (puramente ideale paragonabile ad un letto di molle), su di un'area di un cm² che provoca l'abbassamento di un centimetro.

DESCRIZIONE LITOLOGICA	INTERVALLO DEI VALORI [kg/cm ³]
Sabbia sciolta	0,48 - 1,60
Sabbia mediamente compatta	0,96 - 8,00
Sabbia compatta	6,40 - 12,80
Sabbia argillosa mediamente compatta	2,40 - 4,80
Sabbia limosa mediamente compatta	2,40 - 4,80
Sabbia e ghiaia compatta	10,00 - 30,00
Terreno argilloso con $qu < 2\text{kg/cm}^2$	1,20 - 2,40
Terreno argilloso con $(2 < qu < 4)\text{kg/cm}^2$	2,20 - 4,80
Terreno argilloso con $qu > 4\text{kg/cm}^2$	> 4,80

Relativamente all'attribuzione dei valori dei *parametri geotecnici fondamentali* ai terreni si è fatto riferimento anche ad esperienze personali condotte in contesti confrontabili ed in zone limitrofe (esecuzione di back-analysis), nonché a dati dedotti dalla bibliografia tecnica (cf. P. COLOMBO, 1975; R. LANCELLOTTA, 1987; TERZAGHI PECK 1967; TANZINI 2009; CASADIO-ELMI 2006; CESTARO 2009) espressi in medie ponderate.

6. SITUAZIONE GEOTECNICA E SCELTE PROGETTUALI

Situazione geotecnica: terreni scarsamente addensati fino a 2,3 m di profondità a seguire fino a 4 m condizione di addensamento media, granulometria generale fine, miscele di limi, sabbie e argille con prevalenza di quest'ultime negli orizzonti superficiali.

La condizione di medio addensamento è riscontrabile fino ad 8-10 m di profondità.

Piani di posa e tipologia fondazioni: si sono verificate fondazioni intestate a 3,5 m dal p.c, sconsigliate, e fondazioni superficiali, tipo travi continue, platee e travi continue su riporto.

Approccio di progetto SLU

Approccio 2 (combinazione A1+M1+R3)

Le Combinazioni sono formate da gruppi di coefficienti parziali γ , con A = Azioni γ F, M = resistenza dei materiali (terreno) γ M, R = Resistenza globale del sistema γ R

Definizione dei valori caratteristici dei terreni

Per valore caratteristico, s'intende una stima cautelativa (all'interno del volume significativo di terreno) del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione (valore caratteristico prossimo al valore medio per fondazioni, frane, ecc, valore caratteristico prossimo al valore minimo per pali, scorrimento muro ad es., come da suggerimenti CSLP).

Per la calcolistica in questione si sono utilizzati i seguenti parametri caratteristici:

piano di posa a – 3,5 m: angolo di attrito 26°, coesione nulla, peso di volume 1,9 t/mc.

piano di posa a – 0,8 m: angolo di attrito 23°, coesione nulla, peso di volume 1,8 t/mc.

Valori di progetto dei parametri geotecnici

I valori di progetto dei parametri geotecnici si ottengono considerando i parametri caratteristici e moltiplicandoli o riducendoli tramite dei coefficienti parziali dipendenti dagli approcci (1 o 2) e combinazioni di calcolo (A1+M1+R1 o A2+M2+R2 o A1+M1+R3) considerati.

Nell'approccio considerato i coefficienti parziali M1 di riduzione da applicarsi ai parametri geotecnici caratteristici quali angolo di attrito, coesione e peso di volume sono pari a 1; pertanto si ha una coincidenza tra parametri caratteristici e di progetto

Il coefficiente parziale R3 (fattore di sicurezza) da applicarsi è pari a 2,3.

Azioni di progetto

Allo stato attuale non sono ancora stati definiti i carichi di progetto

6.1 Capacità portante (Resistenze verticali) e cedimenti

Si sono verificate delle fondazioni appoggiate (su terreni frizionali non saturi con una profondità d'incastro efficace Df pari a 0,5 m) tramite i metodi di Brinch Hansen e di Burland e Burdibdge.

Il metodo di Brinch-Hansen esprime la portata limite, q_{lim} come:

$$q_{lim} = cN_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q + 1/2 \gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma}$$

Si consideri che nei terreni incoerenti la pressione ammissibile di una fondazione è subordinata al cedimento tollerabile dalla sovrastruttura e non dalla capacità portante; si è pertanto provveduto ad utilizzare il metodo statistico di Burland e Burdbidge che esprime i cedimenti indotti dai carichi, S, tramite la:

$$S = f_s f_H f_t \left[\sigma'_{vo} B^{0.7} I_c / 3 + (q' - \sigma'_{vo}) B^{0.7} I_c \right]$$

riferendosi ad un valore limite totale accettabile di 25 mm (in rosso nelle tabelle i cedimenti non ammissibili secondo i suggerimenti di Terzaghi e Peck).

In calcolistica l'”influenza sismica” viene tenuta in conto sia modificando i fattori “I” della formula di Brinch-Hansen che agiscono valutando la componente verticale del carico relazionata a inclinazione ed eccentricità delle spinte sulle fondazioni oltre che con il metodo di Paolucci e Pecker che prevedono l'introduzione dei fattori correttivi da aggiungere alla formula per ottenere la qlim: $z_x = z_q = (1 - kh/tg\phi)^{0,35}$; $z_c = 1 - 0,32 kh$

I parametri geo-meccanici dei terreni utilizzati in calcolistica sono stati desunti dalla media dei risultati delle prove penetrometriche al di sotto del piano di posa delle fondazioni per una profondità in genere pari ad 1,5 volte la larghezza della fondazione.

6.1.1 Capacità portanti (Resistenze verticali) e cedimenti in condizioni statiche SLU – SLE

Tipo di fondazione	Profondità piano posa m	Capacità portante (resistenze verticali) kPa	Cedimento totale mm	Carico di esercizio max kPa	K Winkler Kg/cm ²
A	B	C (SLU)	D	E (SLE)	F
(8 x 15) m	- 3,5	90	25	90	3,6
(0,8 x 10) m	- 0,8	70	37	38	2
(8 x 15) m	- 0,8 / - 3,5	383	456	46	2

La combinazione dei carichi (azioni) di progetto ricadenti sui modelli fondazionali in condizioni dinamiche non dovranno superare i valori della colonna C per quanto riguarda gli SLU mentre la combinazione agli stati limite di esercizio dinamici SLE non dovrà superare i valori della colonna E che rappresentano i carichi tali da indurre cedimenti pari a 25 mm.

Miglioramento dei terreni di fondazione tramite riporto

La scarsa capacità portanti dei terreni presenti in sito comporterà l'esigenza di stendere dei riporti al di sotto delle fondazioni.; lo spessore di tale riporto dovrà come minimo corrispondere ad un metro.

Materiali costituenti: il materiale costituente il riporto dovrà possedere elementi preferibilmente frantumati, ed avere un'ampia distribuzione granulometrica, nella quale più del 50% dei costituenti avrà dimensioni maggiori di 8 mm con la misura massima dei clasti variabile da 40 a 100 mm. Tra

alcuni degli aggregati di cava in commercio si possono citare a titolo esemplificativo lo stabilizzato 0-40 mm o il riciclato 0-63 mm.

Secondo la classificazione USCS si tratterebbe di Terre a grana grossolana (più del 50% del materiale trattenuto al setaccio n. 200, 0.08 mm e più del 50% trattenuto dal setaccio da 8 mm).

Messa in opera: Il riporto dovrà essere steso sui terreni naturali preventivamente consolidati (rullati) e ricoperti da un geo-tessuto (400 gr/mq) al fine di prevenire il rimescolamento dei sedimenti. Di regola si dovrà disporre a strati di 30 cm di spessore rivestiti di geotessuto (“saccone”), prima inumiditi e cosparsi di cemento e poi consolidati; dovrà sbordare di almeno 50 cm rispetto alla fondazione.

Consolidamento del terreno: per la compattazione superficiale di un terreno il risultato migliore si ottiene tramite rulli compressori che appartengono principalmente ai seguenti tipi: rulli vibranti (da escludere in presenza di strutture nelle vicinanze i vibranti e quelli di tonnellaggio superiore), rulli statici, rulli gommati, rulli “a piede di montone”, sconsigliato il ripetuto passaggio di mezzi cingolati.

Ai fini di verificare la realizzazione ad opera d'arte del riporto si consiglia l'esecuzione di prove di carico su piastra secondo le modalità di seguito esposte:

Modulo di deformazione (o di compressibilità). Messo a punto dalla Association Suisse de Normalization e normalizzato in Italia dal CNR, fornisce un indice di portanza del sottofondo o di strati della pavimentazione. Si determina con una prova di carico a ciclo unico con piastra D da 30 cm di diametro ed è dato da $M_d = (\Delta p / \Delta s) D$ in daN/cm². Si assume la variazione di carico pari a 1 daN/cm² nei limiti da 1,5 a 2,5 per sottofondi; da 2,5 a 3,5 per le fondazioni e da 3,5 a 4,5 per le basi. Generalmente sono richiesti i seguenti valori in daN/cm²: per sottofondi $M_d = 150 - 300$; per fondazioni $M_d = 400 - 800$; per basi $M_d \geq 1000$.

Ad un riporto siffatto sono attribuibili i seguenti parametri geotecnici di progetto: angolo attrito 29°, peso di volume 1,9 t/mc, coesione nulla.

6.1.2 Capacità portanti (Resistenze verticali) e cedimenti in condizioni statiche SU RIPORTO SPESSO 1 M, SLU – SLE

Tipo di fondazione	Profondità piano posa m	Capacità portante (resistenze verticali) kPa	Cedimento totale mm	Carico di esercizio max kPa	K Winkler Kg/cm ²
A	B	C (SLU)	D	E (SLE)	F

(0,8 x 10) m	- 0,8	131	17	190	12
--------------	-------	-----	----	-----	----

6.2 Fronti di scavo e stabilità pendii

Nell'opera in progetto non sono previste aperture di scavi dai fronti significativi, comunque in terreni simili quelli presenti in sito le scarpate di scavo si presentano stabili per pendenze pari a 55°.

Linee guida per la pendenza delle scarpate di scavo e di riporto (modificato da British Columbia Forest Code, 1995)

Scarpate di scavo		Scarpate di riporto	
<i>materiale</i>	<i>pendenza</i>	<i>materiale</i>	<i>pendenza</i>
miscele di sabbia e ghiaia (GP) sabbie da sciolte ad addensate (SW, SP)	1/1.5	miscele di sabbia e ghiaia (GP) sabbie (SW, SP) miscele di ghiaia, sabbia, limo e argilla (GM, GC)	1/1.5
sabbie limose (SM)	1/1		
limi da addensati a molto addensati sino a cementati (ML)	1/0.75	limi (ML, MH) argille (CL, CH)	1/2.5
limi soffici, limi argillosi (MH)	1/1.5		
argille limose (CL) argille inorganiche (CH)	1/1		

7. CONCLUSIONI

L'area indagata di origine fluvioglaciale si presenta priva di fenomeni geomorfologici in atto, è iscritta alla classe di fattibilità geologica II con limitazioni legate alle scadenti caratteristiche geotecniche ed alla vulnerabilità idrogeologica dei siti. La porzione settentrionale del sito è compresa all'interno di una fascia di rispetto di un pozzo idropotabile dove sono vietate le operazioni d'intestazione di pozzi perdenti e/o di sistemi di laminazione e richiesti invece accorgimenti a tutela della falda come la messa in opera di fognature a doppia camicia.

Il limite occidentale dei lotti coincide con la fascia d'inedificabilità assoluta di rispetto al corpo idrico intubato ivi presente.

I sedimenti presenti in sito sono costituiti da miscele di limi, sabbie e argille con prevalenza delle prime negli orizzonti superficiali (primi 2-5 m almeno); presenza di saturazione dei sedimenti ad opera di ristagni significativi e falde temporanee sospese a partire da 2,8 m dal p.c.

La calcolistica geotecnica ha presso in considerazione l'intestazione di fondazioni continue e platee di fondazione sia in superficie che a 3,5 dal p.c. ottenendo mediocri risultati in termini di capacità portante ed elevati cedimenti. Sconsigliati i piani interrati sia per l'assenza comunque di un substrato a maggior resistenza dove intestare le fondazioni sia per la presenza, pur stagionale, di acqua.

La soluzione migliore al momento verificata consiste nel realizzare un sedime di fondazione di riporto in materiale granulare, a strati ben compattati avvolti in geotessuto, spesso un metro, da caricarsi tramite fondazioni continue a graticcio larghe 0,8 m.

Le falde acquifere principali sono invece intestate a diverse decine di metri di profondità a conferma del fatto che le acque superficiali sono imputabili a falde temporanee sospese e ristagni alimentati dalle acque meteoriche dovuti alla scarsa permeabilità delle coltri superficiali; le prove d'infiltrazione svolte in sito in pozzetto profondo 2,4 m hanno consentito di attribuire ai terreni un coefficiente di permeabilità medio basso $k 10^{-5}$ m/s.

Un eventuale smaltimento delle acque meteoriche tramite pozzi disperdenti dovrà affrontare il problema della medio bassa permeabilità dei sedimenti e della presenza degli orizzonti saturi da 2,8 m dal p.c.; ipotizzabili trincee infiltranti superficiali da dimensionare adeguatamente in funzione dei vigenti regolamenti in materia d'invarianza idraulica. Si tenga presente che la porzione settentrionale dei lotti è inserita in una fascia di rispetto di un pozzo idropotabile nella quale non è possibile intestare sistemi disperdenti e/o di laminazione.

La pericolosità sismica del sito è identificabile con lo scenario Z4a, categoria topografica T1, categoria sismica suoli B.

Per garantire la massima efficienza esecutiva delle opere sarà inoltre opportuno rispettare le seguenti ulteriori prescrizioni particolari:

- si consiglia di realizzare gli interventi con la massima rapidità in periodi contrassegnati da scarsi apporti idrici, al fine di evitare sia il fastidioso rammollimento dei terreni sia la presenza di filtrazioni dalle pareti e dal fondo scavo; nel primo caso sarà opportuno riparare gli scavi dall'azione delle acque meteoriche, apponendo teli impermeabili;
- nell'esecuzione degli scavi andrà previsto il sostegno dei fronti, particolarmente ove sia necessario approfondirsi oltre la profondità di 2 m soprattutto se in fregio a fondazioni di edifici esistenti, strade, ecc;

- qualora si evidenzi filtrazione di acque sulle pareti di scavo si dovrà assolutamente prevedere il sostegno degli scavi stessi, in quanto si perderebbe la relativa stabilità dei fronti stessi.
- Le considerazioni sopra effettuate derivano da indagini puntuali, nel caso si riscontri l'esistenza di condizioni litostratigrafiche difformi da quanto previsto, andrà interpellato il consulente geologo e dovranno essere eventualmente adottati correttivi alle scelte progettuali previste.
- D.Lgs 81/2008, art. 118: Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, e' vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.
- Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.
- Nello scavo di pozzi e di trincee profondi piu' di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilita', anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno.
- E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.

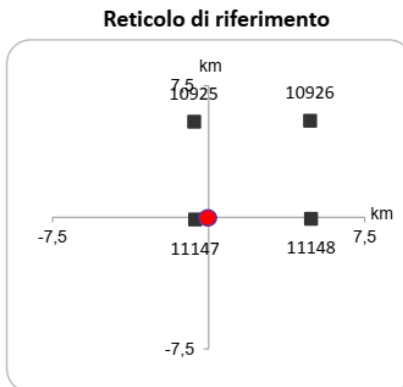
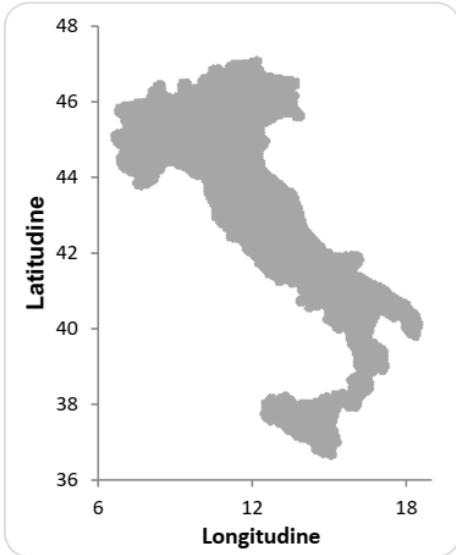
Rispettando quanto sopra esposto si può considerare l'intervento in progetto compatibile con le condizioni geologiche locali.

PERICOLOSITÀ DEL SITO

Norme Tecniche per le Costruzioni - 2008



Longitudine: 8,92210
 Latitudine: 45,70000



Interpolazione:

superficie rigata

Controllo interpolazione:



Intepolazione
corretta

Categoria del sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Stato limite considerato: SLV

Vita nominale (V_N): 50

Classe d'uso (cu): II

Amplificazione stratigrafica:

$S_s = 1,20$

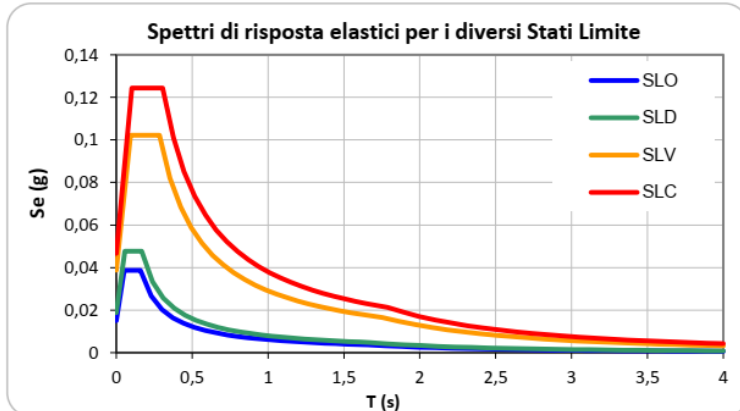
$C_c = 1,41$

$S_T = 1,00$

$\beta_s = 0,20$

$a_{max} = 0,0559$

Stato Limite		T_R [anni]	a_q [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLE	SLO	30	0,0150	2,5746	0,1581
	SLD	50	0,0187	2,5481	0,1670
SLU	SLV	475	0,0388	2,6342	0,2845
	SLC	975	0,0467	2,6648	0,3057



Coefficienti sismici:

$k_h = 0,0112$ (orizzontale)

$k_v = 0,0056$ (verticale)

