

COMUNE DI SAN MAURIZIO CANAVESE

CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

**NUOVA COSTRUZIONE DI ASILO NIDO SITO IN VIA
GENERAL CABRERA**

PROPONENTE: **COMUNE DI SAN MAURIZIO CANAVESE**

Piazza Martiri della Libertà, 1 – 10077 San Maurizio C.se (TO)

RELAZIONE GEOLOGICA

(codice interno: SGF24_a_37)

Saluzzo, 06 settembre 2024

dott. Geol. FRENCIA Riccardo

(n. 715 Ordine Regionale Geologi del Piemonte – Sez. A)

INDICE

1. PREMESSA	4
2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	5
2.1 UBICAZIONE	5
3. RELAZIONE GEOLOGICA	6
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
3.2 INDAGINI GEOLOGICHE REPERITE	10
3.3 INDAGINI GEOLOGICHE ESEGUITE E RISULTATI OTTENUTI	15
3.3.1 Prova DPM-01	17
3.3.2 Prova DPM-02	18
3.3.3 Prova DPM-03	19
3.3.4 Prova DPM-04	20
3.4 SCAVI ESPLORATIVI	21
3.5 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DI DETTAGLIO	22
4. RELAZIONE IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA	23
4.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE	23
4.2 ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO	23
4.3 IDROGEOLOGIA DELL'AREA	26
5. VERIFICA INVARIANZA IDRUALICA	30
5.1 ANALISI DELLE SUPERFICI - STATO DI FATTO	31
5.2 ANALISI DELLE SUPERFICI - STATO DI PROGETTO	31
5.3 STIMA DEI VOLUMI DA TRATTARE PER L'INVARIANZA IDRAULICA (COPERTURA FABBRICATO)	32
5.4 VERIFICA INVARIANZA IDRAULICA	34
5.5 PAVIMENTAZIONE IN GRANULI DI GOMMA	36
5.6 CONCLUSIONI	37
6. RELAZIONE SISMICA	38
6.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E TECNICO	38
6.1.1 Stati limite di riferimento	39
6.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUL TERRENO IN ESAME SECONDO LE N.T.C. 2018	40
6.2.1 Calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica	40
6.2.1 Indagine geofisica finalizzata alla definizione dei parametri sismici	42
6.2.1 Azione sismica attesa al sito	46
7. MODELLO GEOTECNICO	50
7.1 INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	50
7.2 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	53
7.3 VERIFICA A LIQUEFAZIONE	54
8. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	55
9. CONCLUSIONI	56

1. PREMESSA

Il presente studio geologico, redatto ai sensi dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018” (NTC-18), D.M. 17/01/2018 e della conseguente Circolare esplicativa, ha lo scopo di esporre i caratteri geomorfologici, geologico-geotecnici, idrogeologici e sismici dell'area interessata da un intervento sito in Via General Cabrera, nel Comune di San Maurizio Canavese (TO).

L'opera in progetto è costituita dalla costruzione di un nuovo asilo nido avente una forma planimetrica di tipo poligonale ma approssimabile ad un rettangolo avente dimensioni in pianta di 34 m x 58 m (circa), costituito da un solo piano fuori terra avente altezza di poco superiore ai 4 m.

Per una descrizione di maggior dettaglio di tutti gli interventi in progetto si rimanda alle tavole e alla relazione di progetto a firma dell'Arch. Mordenti D. di Torino.

Lo studio è basato su dati bibliografici dell'area in esame, su dati presenti nella banca dati dell'ARPA Piemonte, sugli allegati geologici al P.R.G.C. di San Maurizio C.se e su una serie di prove condotte in sito, costituite da uno scavo esplorativo, 4 prove penetrometriche dinamiche medie e un'indagine sismica di tipo MASW.

Come precisato nel paragrafo 6.2.1. delle NTC-18, *la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio*: i risultati di questi studi, *in funzione del tipo di opera e della complessità del contesto geologico* verranno esposti nella “Relazione geologica” (capitolo 3) e nella “Relazione idrologica ed idrogeologica” (capitolo 4).

La caratterizzazione dei parametri sismici viene riportata ed esposta nella Relazione sismica (capitolo 6).

La modellazione geotecnica del terreno di fondazione necessaria alla progettazione è riportata nel “Modello Geotecnico” (capitolo 7).

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

2.1 UBICAZIONE

L'area interessata dall'intervento in progetto è ubicata nel Comune di San Maurizio Canavese (TO), in Via General Cabrera, il terreno su cui è previsto l'intervento edilizio è sostanzialmente pianeggiante con una debole inclinazione verso sud-ovest, sorge ad una quota di circa 312,4 m s.l.m. (riferimento BDTRe Piemonte) e risulta identificabile sulla sezione n. 134.160 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, in seguito si riporta un estratto della BDTRe Piemonte in scala 1:10.000 con indicata l'ubicazione dell'intervento in progetto. Da un punto di vista catastale l'area ricade sulla particella 1231 del foglio 6.

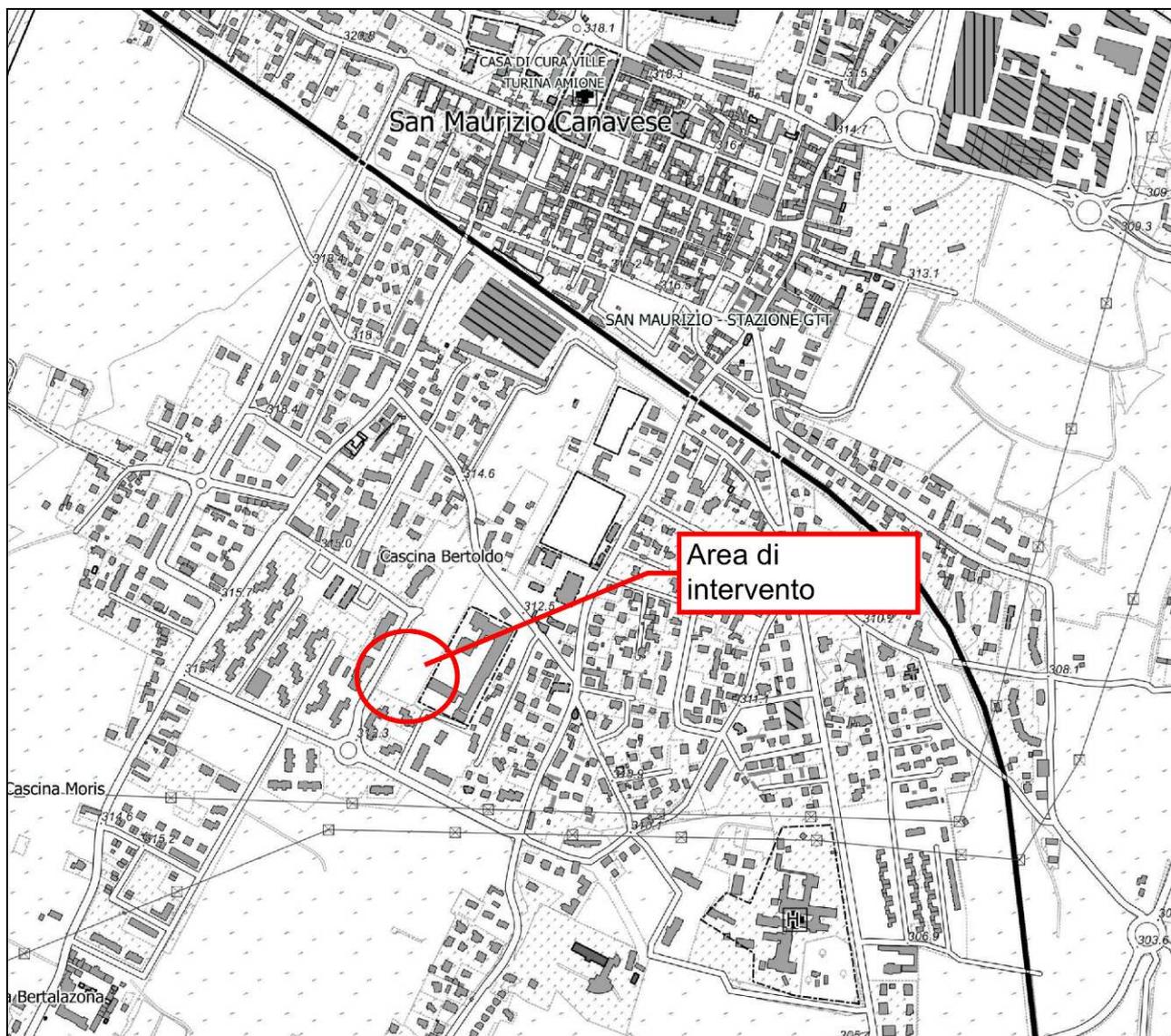


Figura 1: estratto della BDTRe Piemonte alla scala 1:10.000, con indicata l'area su cui è previsto l'intervento in oggetto.

3. RELAZIONE GEOLOGICA

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame è ubicata in un settore contraddistinto da una morfologia principalmente pianeggiante, con locali e limitate rotture determinate dalla presenza di diversi orli di terrazzo fluviale attribuibili all'azione erosiva del fiume Stura di Lanzo e, di minore entità, del torrente Banna.

A grande scala, la superficie morfologica della pianura alluvionale presenta una debole acclività verso Sud-Est, testimoniata dall'andamento della rete idrografica

I terrazzi fluviali che fiancheggiano la Stura di Lanzo sono modellati in sedimenti di origine fluviale di età pleistocenica, attribuiti dagli estensori della cartografia geologica ufficiale (Cfr.: F. 56 "Torino" della Carta Geologica d'Italia, edita in scala 1:100.000 dal Servizio Geologico Nazionale, di cui si allega un estratto) alle formazioni del "Fluviale Riss" e del "Fluviale Mindel".

I sedimenti mindelliani (fl^M) rappresentano la *paleoconoide* della Stura di Lanzo, si tratta di un vasto corpo deposizionale che originariamente aveva una estensione assai maggiore e che è stata successivamente erosa e smembrata longitudinalmente dalla Stura stessa, dal Malone e dall'Orco e frontalmente dal Po.

Le porzioni più elevate di questa struttura si presentano ondulate e ricoperte da uno spesso strato di loess (depositi di origine eolica) argillificato in superficie, si tratta dei terreni costituenti l'altopiano della Vauda; questi depositi, essendo più antichi dei sedimenti fluviali rissiani, presentano un più elevato grado di alterazione ed argillificazione per effetto della pedogenesi, esplicitasi per un intervallo di tempo più lungo e che ha dato origine a suoli di colore rosso scuro della potenza di alcuni metri.

Dal punto di vista geologico, secondo quanto riportato sulla cartografia geologica ufficiale (F. 56 "Torino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000) il sito in esame ricade su terreni di età pleistocenica classificati come "Fluviale Riss" (fl^R).

La formazione in questione risulta in genere costituita da depositi alluvionali grossolani prevalentemente ghiaioso-ciottolosi o ghiaioso-sabbiosi con presenza di livelli limosi, accumulati per sedimentazione di origine fluviale ad opera del fiume Stura durante la fase finale di una delle ultime pulsazioni glaciali quaternarie, dopo che il torrente stesso aveva eroso la fascia centrale della "paleoconoide", della quale l'altopiano della Vauda, pochi chilometri più a Nord, costituisce il principale lembo residuo.

Nel settore sud-occidentale del territorio comunale, lungo il Fiume Stura di Lanzo, la pianura pleistocenica risulta interrotta da una scarpata erosionale, ai piedi della quale affiorano depositi alluvionali di età tardo pleistocenica e olocenica, suddivisi nella carta geologica d'Italia in Alluvioni antiche, medio-recenti e attuali, sono tutti rappresentati da corpi sub-pianeggianti degradanti, tramite scarpate di altezza variabile, verso il corso d'acqua.

A valle di tale scarpata si rinvengono pertanto i terreni caratterizzati da una evoluzione pedologica ancora più ridotta, in cui si riscontra una più accentuata presenza di tracce di modellamento fluviale (paleo-alvei, tracce di idromorfia ecc.).

Si tratta di depositi caratterizzati da sedimenti a granulometria grossolana (ghiaie e sabbie) con sottili livelli di limi-argillosi.

Per avere una descrizione di maggior dettaglio si farà riferimento agli elaborati e alle carte geologiche realizzate per gli studi connessi al Piano Regolatore Generale di San Maurizio Canavese (1).

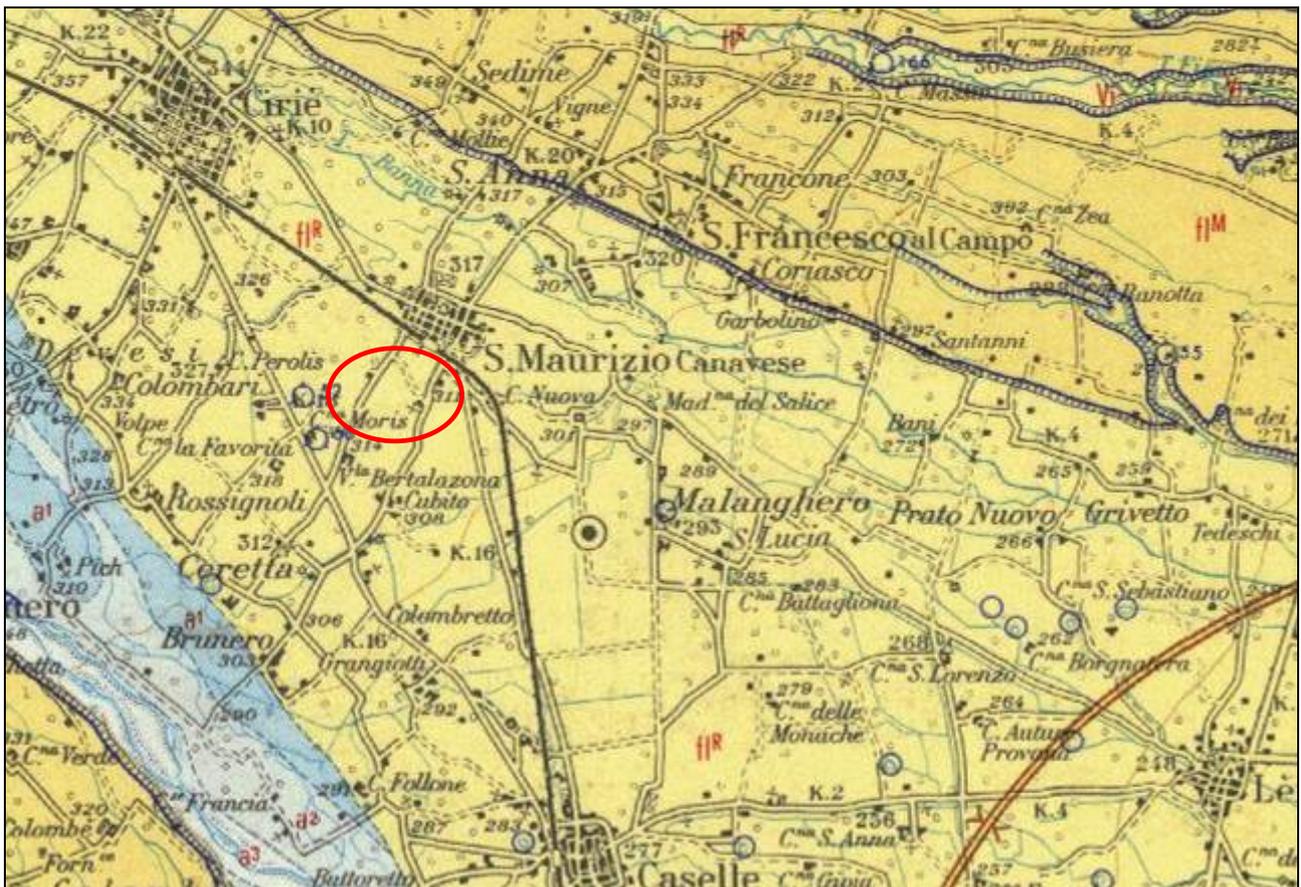
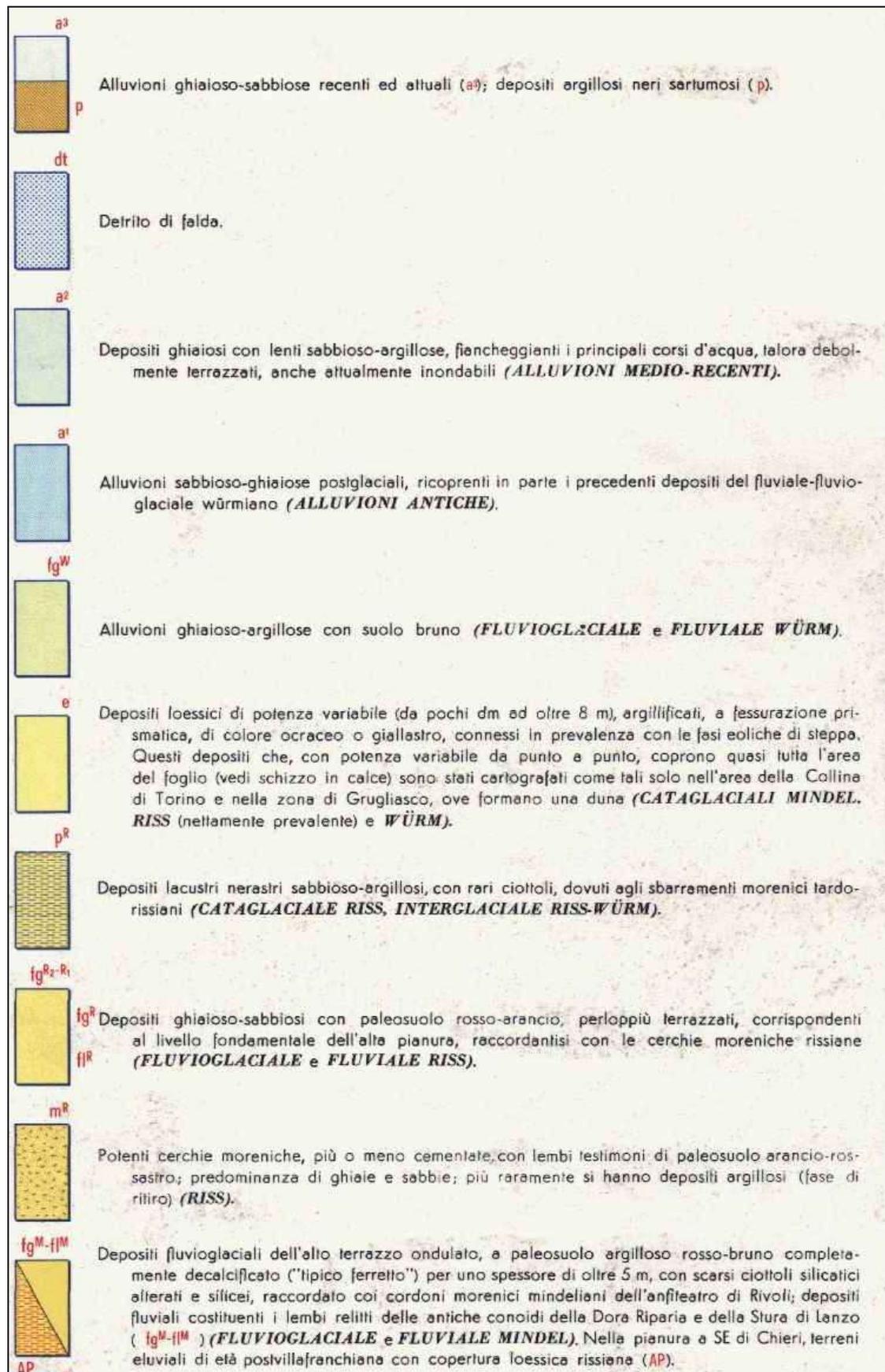


Figura 2: estratto del foglio n. 56 "Torino" e legenda semplificata (pagina seguente) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, con evidenziata in rosso l'area in esame.

(1) Dott. Geol. A. TISSONI, "Piano Regolatore Generale Comunale del Comune di San Maurizio Canavese - Carta Geologico-strutturale", 1998.



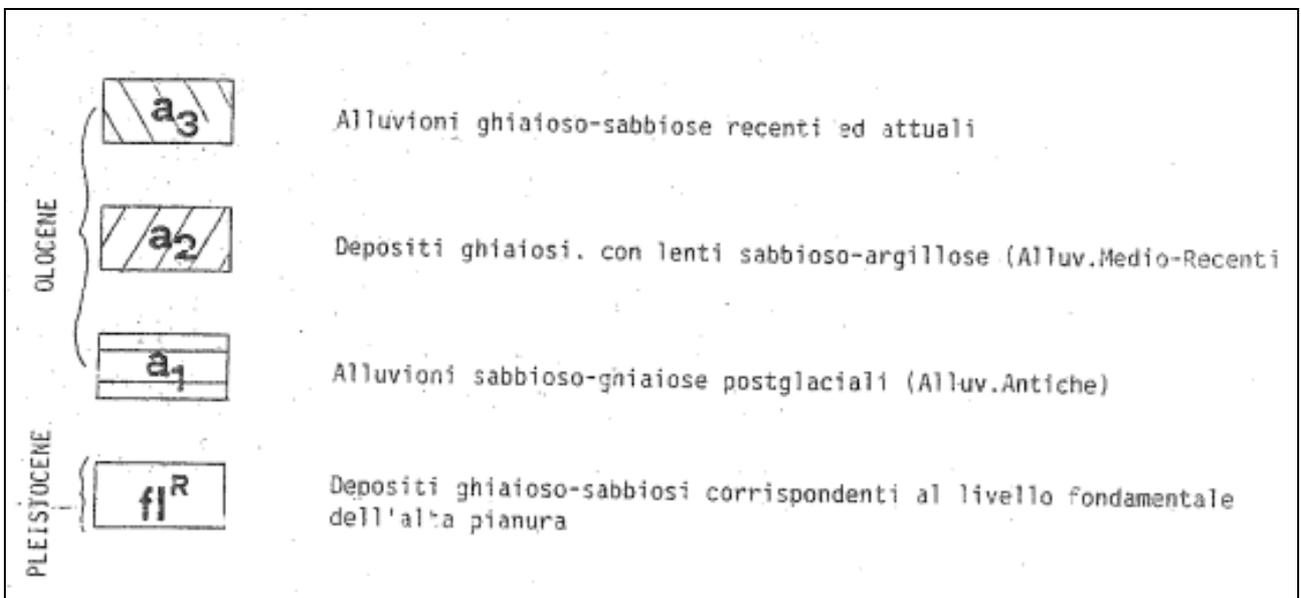
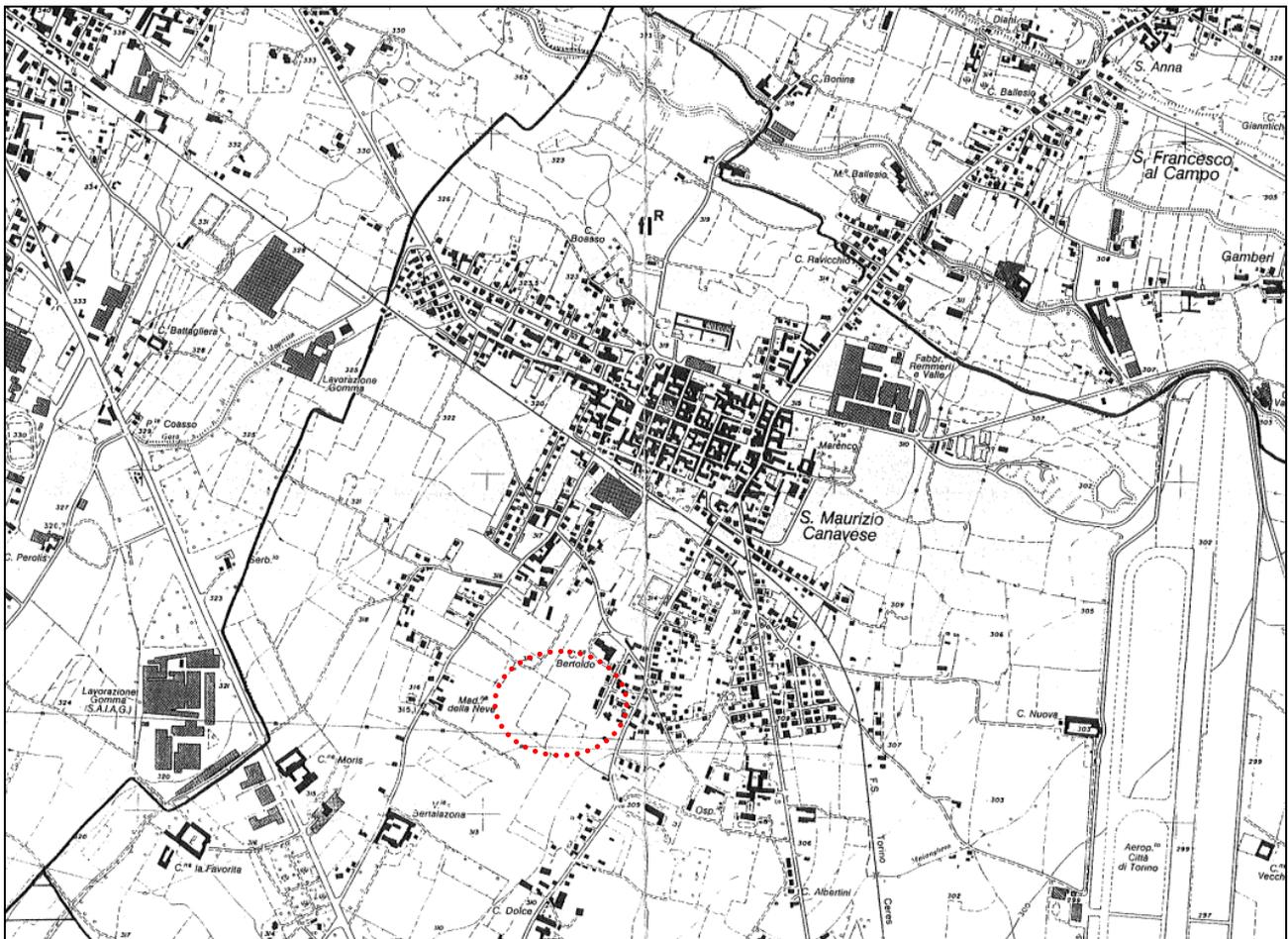


Figura 3: estratto della Carta Geologico-strutturale e legenda allegata al Piano Regolatore Generale del Comune di San Maurizio Canavese, con evidenziata in rosso l'area in esame.

3.2 INDAGINI GEOLOGICHE REPERITE

Le caratteristiche litostratigrafiche dell'area sono state ricostruite in prima analisi grazie ai dati di una stratigrafia reperita sul sito web dell'ARPA Piemonte e compilata durante la realizzazione di un pozzo, si trova a circa 400 m in direzione nordest (codice perforazione 108985).

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
pz1	San Maurizio Canavese	TO	Frazione Ceretta Inferiore
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
0/0/0	0/0/0	200.00	

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
108985	1.00	terreno vegetale
108985	13.00	ghiaia sciolta con trovanti
108985	19.00	ghiaia e ciottoli
108985	30.00	ghiaia compatta con argilla
108985	35.00	argilla
108985	38.00	ghiaia con argilla
108985	42.00	argilla
108985	49.00	ghiaia compatta
108985	52.00	argilla con lignite
108985	55.00	ghiaietto e argilla
108985	79.00	argilla
108985	83.00	ghiaie con tracce di argilla
108985	128.00	argilla sabbiosa
108985	137.00	argilla
108985	141.00	ghiaietto con sabbia
108985	148.00	sabbione
108985	152.00	argilla sabbiosa
108985	156.00	ghiaia con sabbione
108985	160.00	argilla sabbiosa
108985	161.00	argilla sabbiosa con ghiaietto
108985	165.00	sabbione con ghiaietto
108985	177.00	argilla
108985	181.00	sabbione con ghiaietto
108985	200.00	argilla

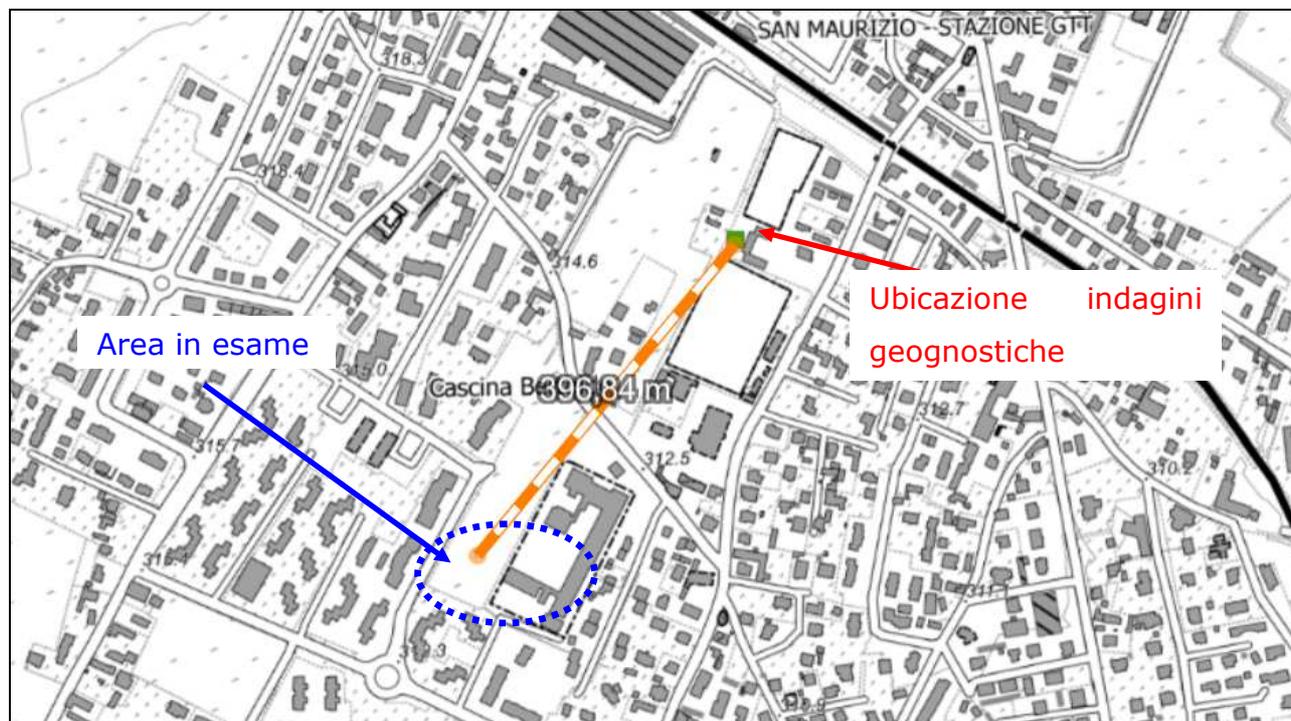


Figura 4: ubicazione dell'indagine consultate su BDTRE della Regione Piemonte, tratta da sito web dell'ARPA Piemonte.

Nell'ambito degli studi geologici per la progettazione dell'edificio della *scuola materna a sei sezioni* del plesso scolastico erano stati eseguiti 3 pozzetti esplorativi che hanno raggiunto la profondità di 4.0 m da p.c. (Relazione geologico-tecnica a firma del Dott. Geol. De Ruvo, novembre 2004).

In seguito vengono riportate l'ubicazione dei pozzetti, le stratigrafie compilate durante l'esecuzione degli stessi, le immagini fotografiche degli scavi e la scheda dell'analisi granulometrica effettuata su un campione prelevato dagli scavi stessi.

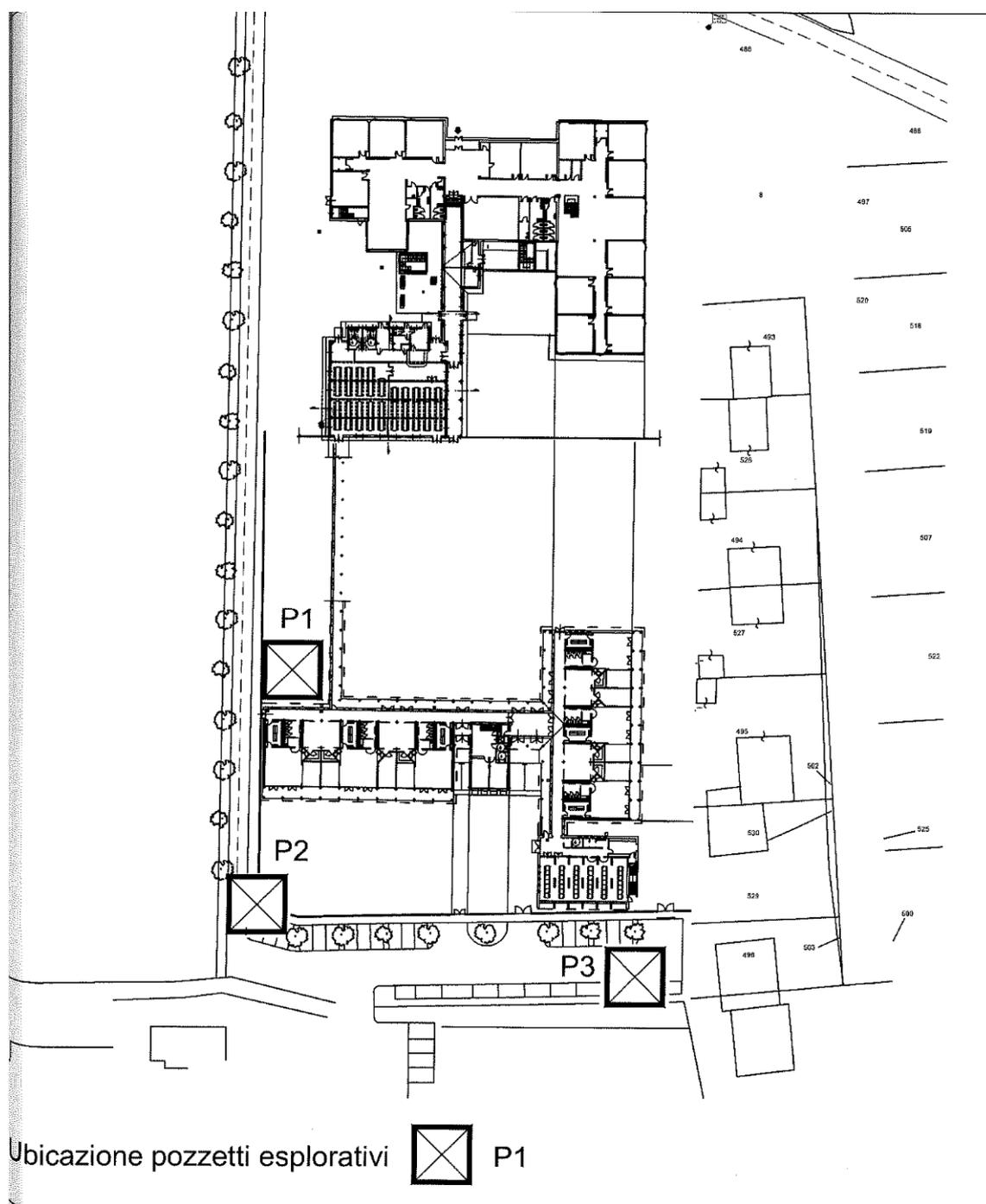


Figura 5: estratto della Relazione geologico-tecnica per il progetto del corpo principale della "Nuova scuola materna a sei sezioni" - planimetria ubicazione indagini esplorative.

S.R.G.										
POZZETTO ESPLORATIVO n. 1										
Committente: Comune S. Maurizio C.se						Data: 06/05/2004				
Metodo di scavo: benna a braccio rovescio				Ditta: AIMO BOOT Srl						
Ubicazione terreno: S. Maurizio C.se - v. Madonna della Neve				larghezza: 2			lunghezza: 3 m			
Classificazione terreno:				Operatore: dr. De Ruvo Michele						
Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Campioni prove geognostiche	Campioni analisi chimiche	Campioni analizzati	riporto	colore	odore	Profondità livello acqua	Note
1		Terreno vegetale: limo sabbioso bruno con ciottoli								
		Ghiaia e ciottoli grigio-bruna con sabbia in matrice limosa								
2		Ghiaia e ciottoli grigio-bruna con sabbia e blocchi F max 40 cm	C1		PZ1 / 2,0					
3										
4		fondo scavo							- 3,7 m	
5										
6										

Figura 6: estratto della Relazione geologico-tecnica per il progetto del corpo principale della "Nuova scuola materna a sei sezioni" - stratigrafia pozzetto 1.

S.R.G.										
POZZETTO ESPLORATIVO n. 2										
Committente: Comune S. Maurizio C.se						Data: 06/05/2004				
Metodo di scavo: benna a braccio rovescio				Ditta: AIMO BOOT Srl						
Ubicazione terreno: S. Maurizio C.se - v. Madonna della Neve				larghezza: 2			lunghezza: 3 m			
Classificazione terreno:				Operatore: dr. De Ruvo Michele						
Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Campioni prove geognostiche	Campioni analisi chimiche	Campioni analizzati	riporto	colore	odore	Profondità livello acqua	Note
1		Terreno vegetale: limo sabbioso bruno con ciottoli								
		Ghiaia e ciottoli grigio-bruna con sabbia in matrice limosa								
2		Ghiaia e ciottoli grigio-bruna con sabbia e blocchi F max 40 cm								
3										
4		fondo scavo							- 3,5 m	
5										
6										

Figura 7: estratto della Relazione geologico-tecnica per il progetto del corpo principale della "Nuova scuola materna a sei sezioni" - stratigrafia pozzetto 2.

S.R.G.										
POZZETTO ESPLORATIVO n. 3										
Committente: Comune S. Maurizio C.se						Data: 06/05/2004				
Metodo di scavo: benna a braccio rovescio				Ditta: AIMO BOOT Srl						
Ubicazione terreno: S. Maurizio C.se - v. Madonna della Neve				larghezza: 2		lunghezza: 3 m				
Classificazione terreno:				Operatore: dr. De Ruvo Michele						
Profondità (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Campioni prove geognostiche	Campioni analisi chimiche	Campioni analizzati	riporto	colore	odore	Profondità livello acqua	Note
1		Terreno vegetale: limo sabbioso bruno con ciottoli								
2		Ghiaia e ciottoli grigio-bruna con sabbia in matrice limosa								
3		Ghiaia e ciottoli grigio-bruna con sabbia e blocchi F max 40 cm								
4									- 3,5 m	
5		fondo scavo								
6										

Figura 8: estratto della Relazione geologico-tecnica per il progetto del corpo principale della "Nuova scuola materna a sei sezioni" - stratigrafia pozzetto 3.

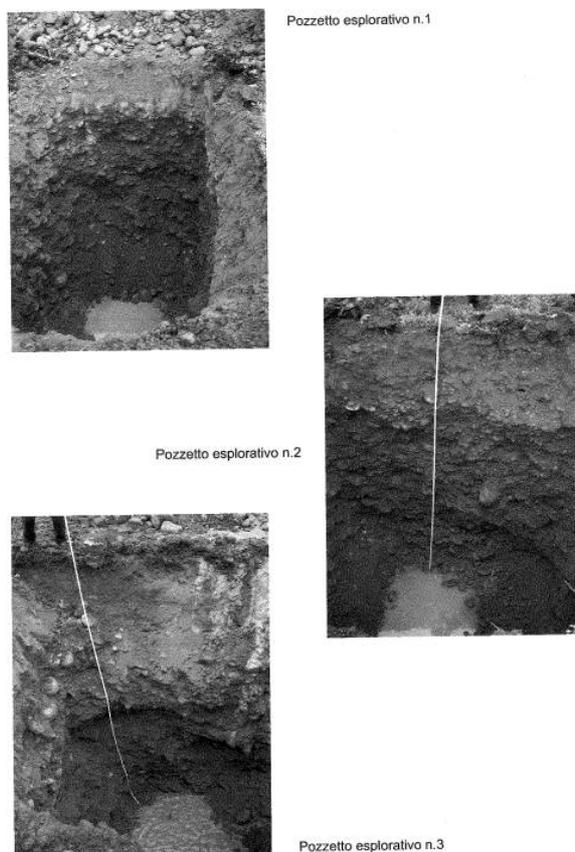


Figura 9: estratto della Relazione geologico-tecnica per il progetto del corpo principale della "Nuova scuola materna a sei sezioni" - immagini fotografiche pozzetti esplorativi.

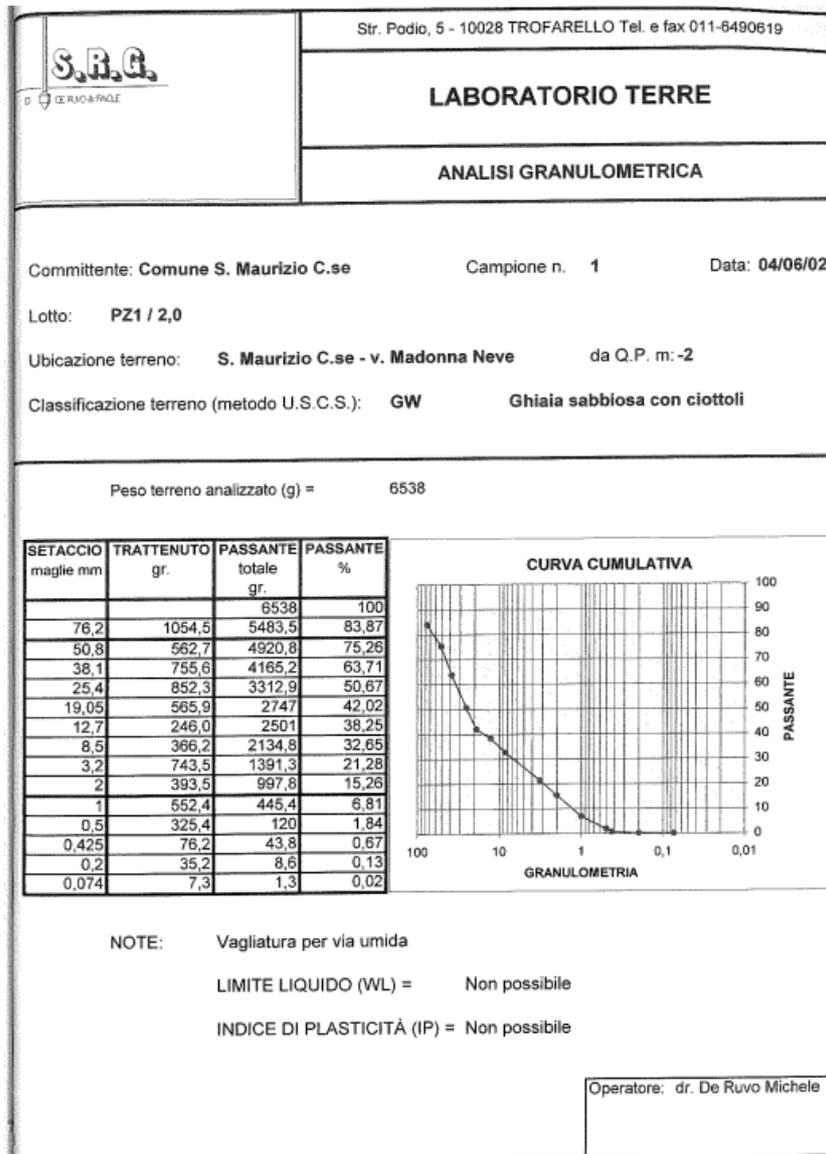


Figura 10: estratto della Relazione geologico-tecnica per il progetto del corpo principale della "Nuova scuola materna a sei sezioni" - analisi granulometrica.

3.3 INDAGINI GEOLOGICHE ESEGUITE E RISULTATI OTTENUTI

In data 02 agosto 2024 è stata eseguita dallo scrivente una serie di prove penetrometriche dinamiche medie al fine di caratterizzare, da un punto di vista geologico e geotecnico, nel dettaglio i depositi presenti nel sottosuolo dell'area in esame. Sono state complessivamente eseguite 4 prove penetrometriche nell'area su cui è previsto l'intervento in esame.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari al suo avanzamento. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione e interpretazione consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato, permettendo di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si riporta la suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa M (kg)	Prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M < 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M < 60$	25

Il penetrometro utilizzato per la realizzazione delle prove in esame è di tipo medio (DPM) avente una massa battente di $M=30$ kg ed un'altezza di caduta di 20 cm.



Figura 11: ubicazione delle prove penetrometriche e delle indagini geofisiche eseguite nell'area di intervento su immagine satellitare tratta dal software Google Earth.

3.3.1 Prova DPM-01

La prova ha raggiunto la profondità di 0,8 m dal piano campagna. In seguito si riporta la tabella con i colpi misurati in funzione della profondità per l'avanzamento sui 10 cm.

Profondità (m)	Nr. Colpi
0,10	7
0,20	20
0,30	20
0,40	20
0,50	20
0,60	34
0,70	58
0,80	Rifiuto



Figura 12: immagine fotografica della strumentazione utilizzata per la realizzazione della prova penetrometrica DPM-01 nell'area di intervento.

3.3.2 Prova DPM-02

La prova ha raggiunto la profondità di 0,7 m dal piano campagna. In seguito si riporta la tabella con i colpi misurati in funzione della profondità per l'avanzamento sui 10 cm.

Profondità (m)	Nr. Colpi
0,10	2
0,20	4
0,30	5
0,40	7
0,50	15
0,60	25
0,70	Rifiuto



Figura 13: immagine fotografica della strumentazione utilizzata per la realizzazione della prova penetrometrica DPM-02 nell'area di intervento.

3.3.3 Prova DPM-03

La prova ha raggiunto la profondità di 1,1 m dal piano campagna. In seguito si riporta la tabella con i colpi misurati in funzione della profondità per l'avanzamento sui 10 cm.

Profondità (m)	Nr. Colpi
0,10	2
0,20	4
0,30	5
0,40	13
0,50	12
0,60	10
0,70	9
0,80	15
0,90	30
1,00	45
1,10	Rifiuto

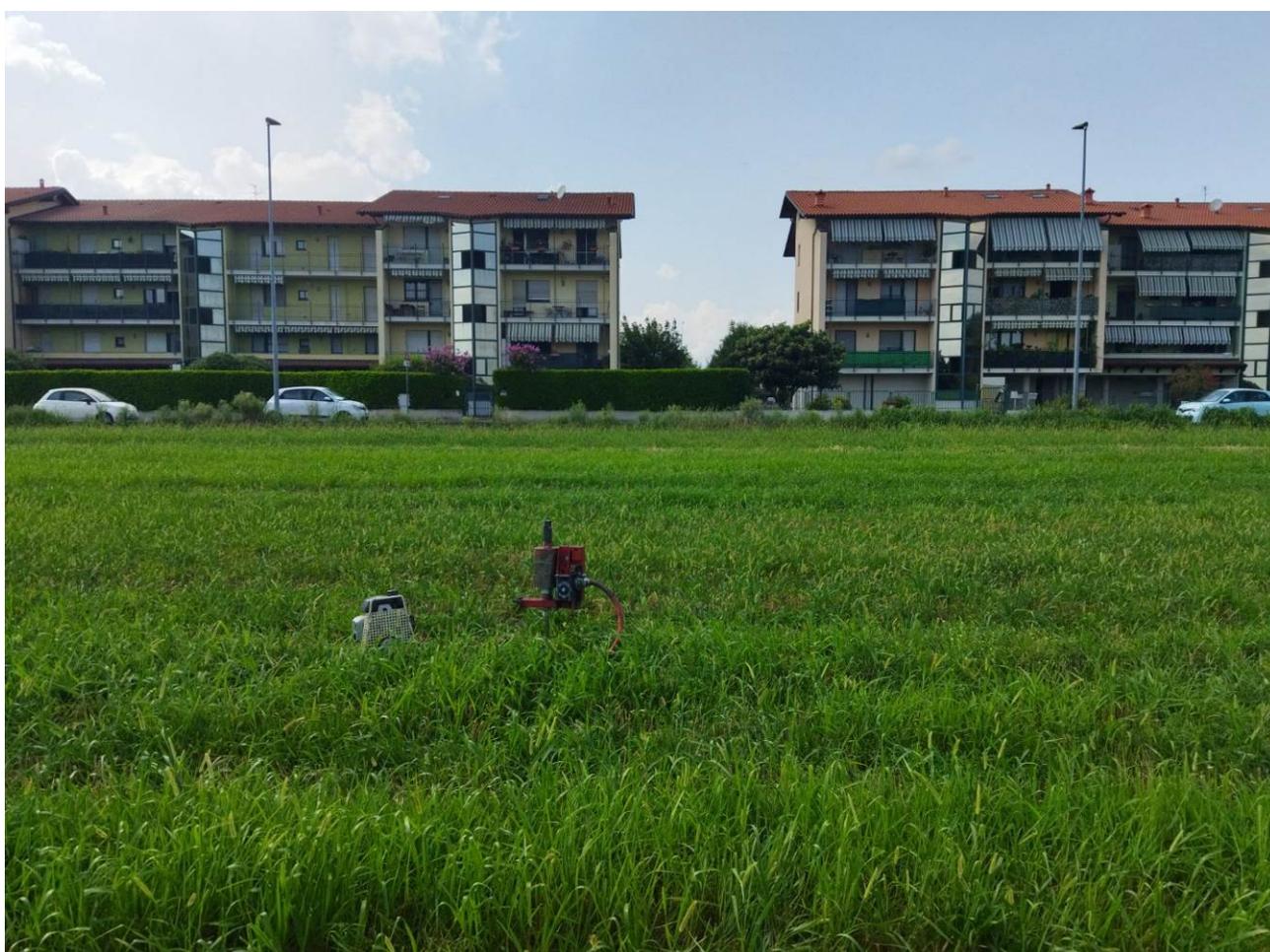


Figura 14: immagine fotografica della strumentazione utilizzata per la realizzazione della prova penetrometrica DPM-03 nell'area di intervento.

3.3.4 Prova DPM-04

La prova ha raggiunto la profondità di 0,9 m dal piano campagna. In seguito si riporta la tabella con i colpi misurati in funzione della profondità per l'avanzamento sui 10 cm.

Profondità (m)	Nr. Colpi
0,10	2
0,20	3
0,30	6
0,40	9
0,50	15
0,60	28
0,70	22
0,80	38
0,90	Rifiuto



Figura 15: immagine fotografica della strumentazione utilizzata per la realizzazione della prova penetrometrica DPM-04 nell'area di intervento.

3.4 SCAVI ESPLORATIVI

Per approfondire le conoscenze geologiche dell'area in esame è stato eseguito uno scavo con escavatore a benna rovescia. L'ubicazione dello scavo esplorativo è riportata in figura 11.

Scavo 1 (fondo scavo = circa 2,0 m da p.c.)

1. 0,0 - 0,15: coltre suolo agrario, sabbioso-limoso;
2. 0,15 - 0,5: sabbie fini con limo, color nocciola, poco addensate;
3. 0,5 - 2,0: ghiaie eterometriche con ciottoli ($\varnothing_{max} = 30 \text{ cm}$), in matrice sabbioso fine con limo, color nocciola, molto addensate.



Figura 16: esecuzione scavo SC1.



Figura 17: immagini fotografiche dello scavo esplorativo SC1.

3.5 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DI DETTAGLIO

Da un punto di vista stratigrafico, pertanto, ci si aspetta per il sottosuolo dell'area in esame di avere la seguente situazione:

- Orizzonte 0: terreno vegetale e materiali fini, parzialmente o localmente rimaneggiato, spessore di circa 60 - 70 cm;
- Orizzonte 2: grossi ciottoli arrotondati, con diametro massimo di 30 cm, e ghiaia in una matrice sabbioso-limoso. I ciottoli e la ghiaia si presentano praticamente inalterati; profondità: fino a 30,0 m da p.c.

4. RELAZIONE IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA

4.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'area in studio ricade nella periferia meridionale del concentrico principale di San Maurizio Canavese, si tratta di un'area la cui topografia e il deflusso idrico superficiale hanno subito nel corso del tempo importanti modifiche sia per le attività agricole sia per gli insediamenti urbani.

I corsi d'acqua principali sono il Fiume Stura di Lanzo e il Torrente Banna; il primo, che rappresenta il collettore finale delle acque superficiali, si trova a sud-ovest a circa 3400 m dal sito in esame; mentre il Banna scorre a circa 1700 m a nord dall'area su cui sono previsti gli interventi in progetto.

Nell'area in esame risultano poi presenti piccoli canali di scolo e *bealere* che servono al deflusso superficiale delle acque meteoriche.

4.2 ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO

Per l'analisi del rischio idraulico si farà riferimento alle nuove indicazioni date dall'Autorità di Bacino del Fiume Po che ha emanato la *Direttiva alluvioni* ⁽²⁾.

La Direttiva 2007/60/CE o Direttiva alluvioni in quanto relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi da alluvioni, introduce per gli stati membri l'obbligo di dotarsi di un quadro coordinato per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvione e di un Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) per la salvaguardia della vita umana e dei beni esposti e la mitigazione dei danni derivanti dalle alluvioni.

Il D.Lgs. 49/2010 recepisce a livello nazionale la direttiva 2007/60/CE prevedendo la predisposizione del PGRA nell'ambito delle attività di pianificazione di bacino di cui agli articoli 65, 66, 67, 68 del D.Lgs. n. 152 del 2006. La direttiva istituisce un quadro omogeneo a livello europeo per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni con la finalità di ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni in tutto il territorio della Comunità.

Le mappe della pericolosità riportano l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali), dal mare e dai laghi, con riferimento a tre scenari (alluvioni rare, poco frequenti e frequenti) distinti con tonalità di blu, la cui

⁽²⁾ Direttiva 2007/60CE - D.Lgs. 49/2010 Informazione e consultazione al pubblico - Carta della Pericolosità da alluvione.

intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento. La pericolosità di alluvione viene suddivisa negli ambiti riportati nella tabella seguente:

Direttiva Alluvioni		Pericolosità
Scenario	Tempo di ritorno	
Aree allagabili - scenario frequente Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 anni (frequente)	P3 elevata
Aree allagabili - scenario poco frequente Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 anni (poco frequente)	P2 media
Aree allagabili - scenario raro Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	500 anni o massimo storico registrato	P1 bassa

Come illustrato nell'estratto di cartografia (tratta dal sito *web* dell'Autorità di Bacino e riportato nella figura seguente) si vede che l'area in esame ricade esternamente a tutte le aree indicate come alluvionabili.



SCENARI DI ALLUVIONE

-  Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20) (H-Frequente)
-  Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200) (M-Poco frequente)
-  Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500) (L-Rara)
-  Limiti comunali

Note:

- Gli scenari di pericolosità derivano da modelli idraulici, fotointerpretazione delle caratteristiche geomorfologiche del territorio e vincoli definiti dai PRGC.
- BDTRE 2019 - Base cartografica di riferimento b/n - Geo-servizio WMS.
- OMBREGGIATURA - Arpa Piemonte - Geo-servizio WMS.

Figura 18: estratto di cartografia e relativa legenda tratto da Carta della pericolosità da alluvione - Tavola 134SE/aggiornamento 2020.

4.3 IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Da un punto di vista idrogeologico l'area di intervento ricade all'interno del sistema idrogeologico della pianura torinese che risulta costituito dalla *Serie dei depositi continentali*, l'area in esame ricade in particolare sui *Depositi fluvioglaciali-fluviali del Riss* ⁽³⁾.

Si tratta di *depositi ghiaioso-sabbiosi, con lenti sabbioso-argillose, con paleosuoli di colore rosso-arancio, giallo-rossicci e giallo-ocracei, di spessore in genere non superiore ai 3 m. [...] Ospitano una falda generalmente a superficie libera, localmente protetta, drenata dai corsi d'acqua principali*. Questo acquifero è contraddistinto da una permeabilità per porosità.

Per quanto visibile dalla "*Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera*" (allegata allo studio della Regione Piemonte precedentemente citato) si può stimare come la falda freatica si trovi ad una quota assoluta di circa 310 m s.l.m., l'andamento della falda nell'area in studio è diretto da Nord-ovest verso Sud-est con un gradiente piuttosto elevato.

Per un inquadramento di maggior dettaglio dell'area su cui verranno realizzati gli interventi si farà riferimento a quanto emerge dagli allegati geologici al Piano Regolatore Comunale di San Maurizio Canavese.

In particolare sulla Carta Geoidrologica ⁽⁴⁾ allegata al Piano Regolatore risulta che la falda freatica si trova ad una quota stimabile di circa 309 m s.l.m. (interpolazione geometrica) a cui corrisponde una soggiacenza pari a circa 3,5 m.

Considerando quanto descritto nelle schede allegate negli scavi esplorativi condotti per gli studi del progetto del 2004 (acqua a 3,5 m da p.c.) e tenendo conto delle oscillazioni della falda freatica, moto intense nei periodi irrigui in questi settori di pianura, sarà possibile rinvenire la presenza di acque sotterranee in prossimità al p.c. (soggiacenze dell'ordine di 1,5 /2,0 m); pertanto le opere di fondazione dovranno essere adeguatamente protette contro i rischi di risalita capillare delle acque e le verifiche geotecniche dovranno tenere in considerazione la possibilità di interferenza delle acque sotterranee.

⁽³⁾ Regione Piemonte - Direzione Pianificazione Risorse Idriche, Università degli Studi di Torino - Dipartimento di Scienze della Terra, "*Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Provincia di Torino*" all'interno di "*Idrogeologia della pianura Piemontese*", 2002.

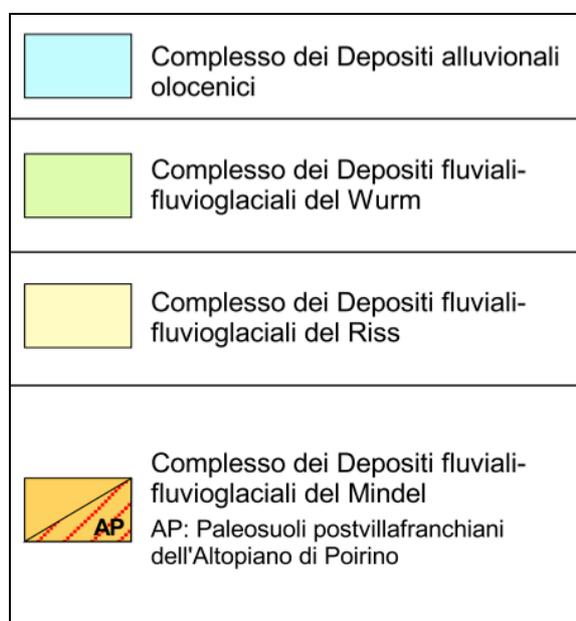
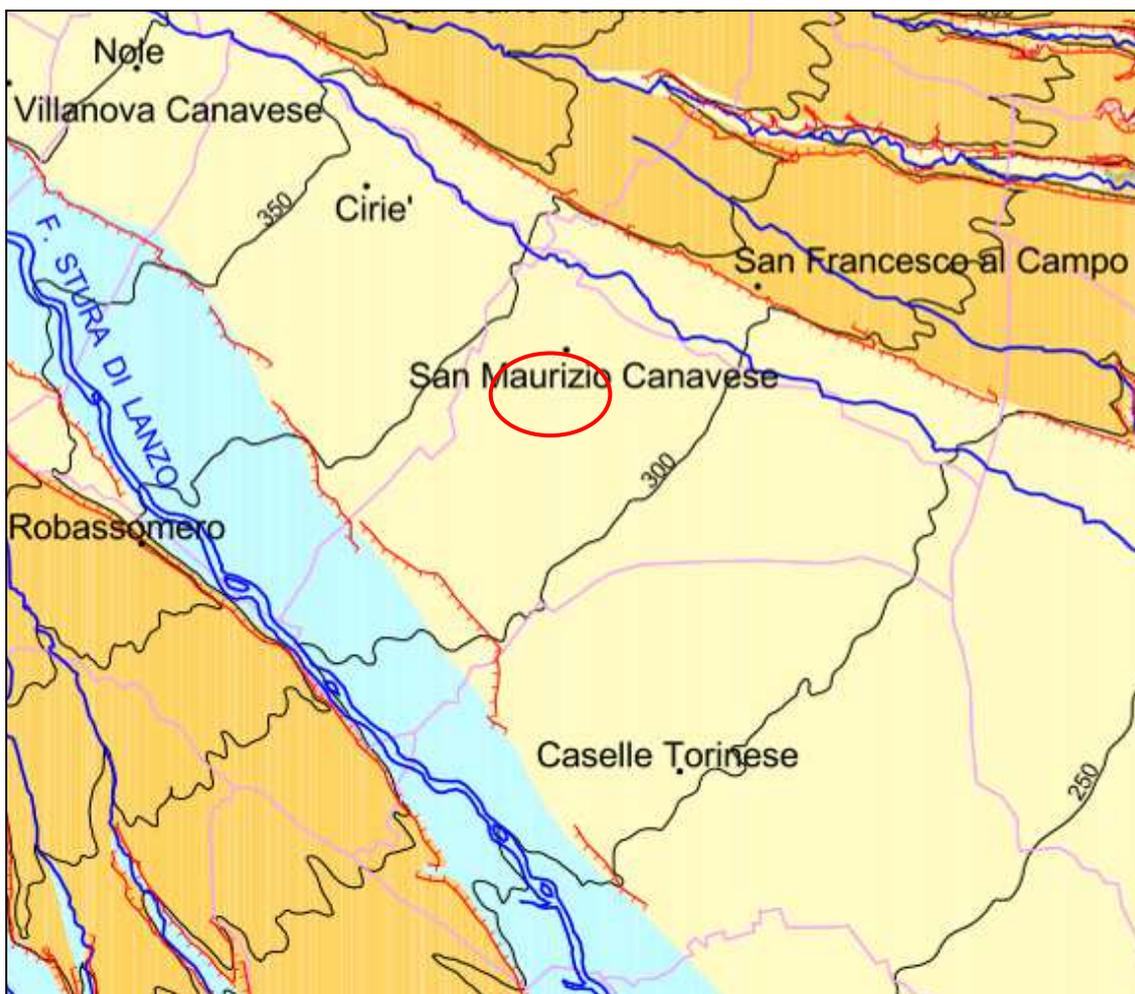


Figura 19: Carta dei complessi idrogeologici e relativa legenda, tratte da "Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Provincia di Torino".

(4) Dott. Geol. A. TISSONI, "Piano Regolatore Generale Comunale del Comune di San Maurizio Canavese - Carta Geoidrologica e delle alluvioni" Tavola n. 4 bis, 1998.

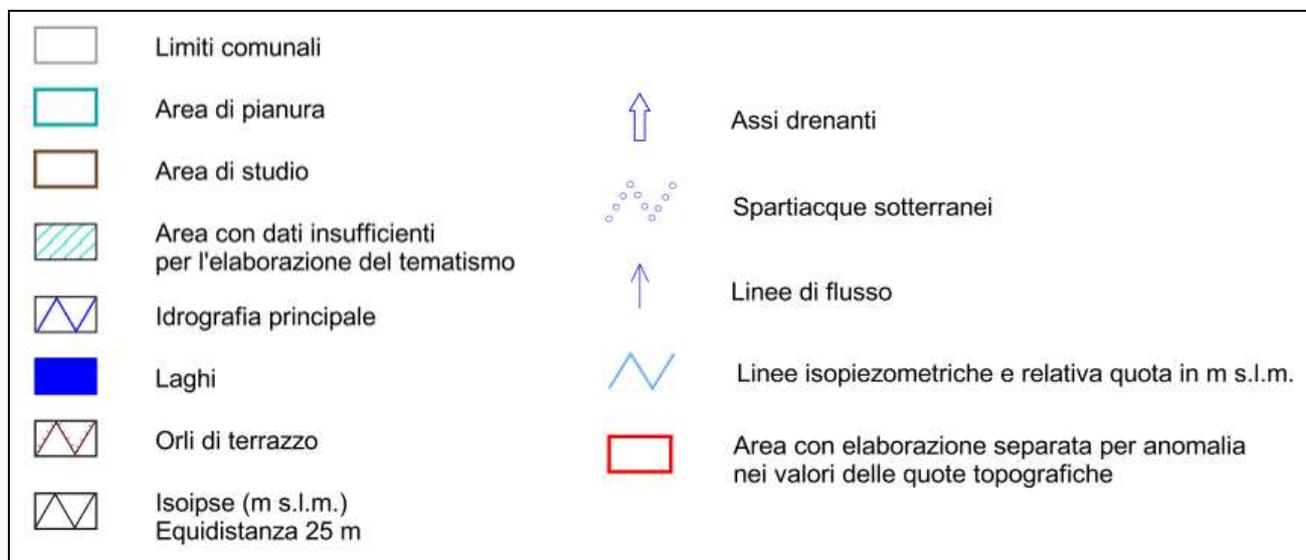
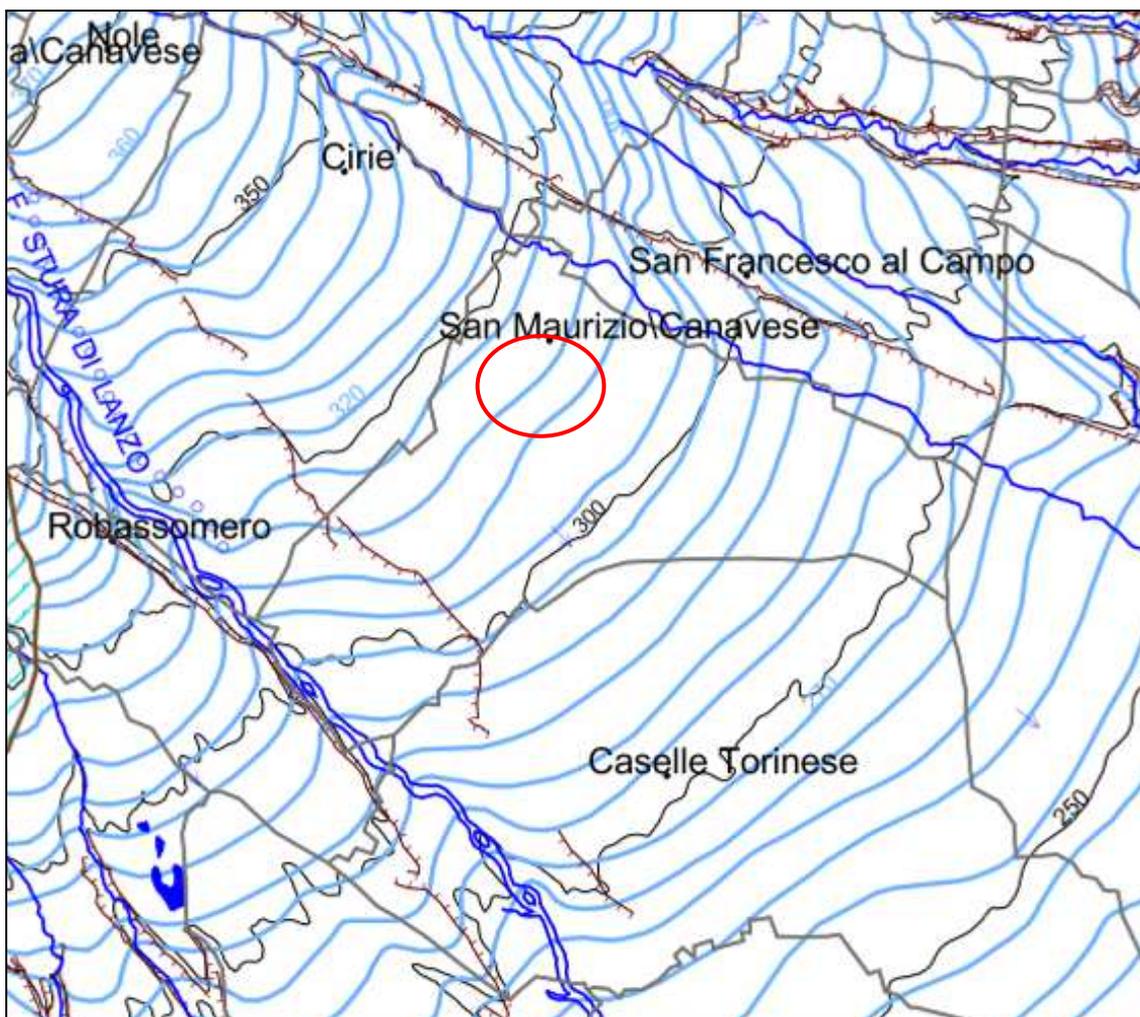


Figura 20: Carta delle isopiezometriche e relativa legenda, tratte da "Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Provincia di Torino". Con evidenziata in rosso l'ubicazione dell'area in esame.

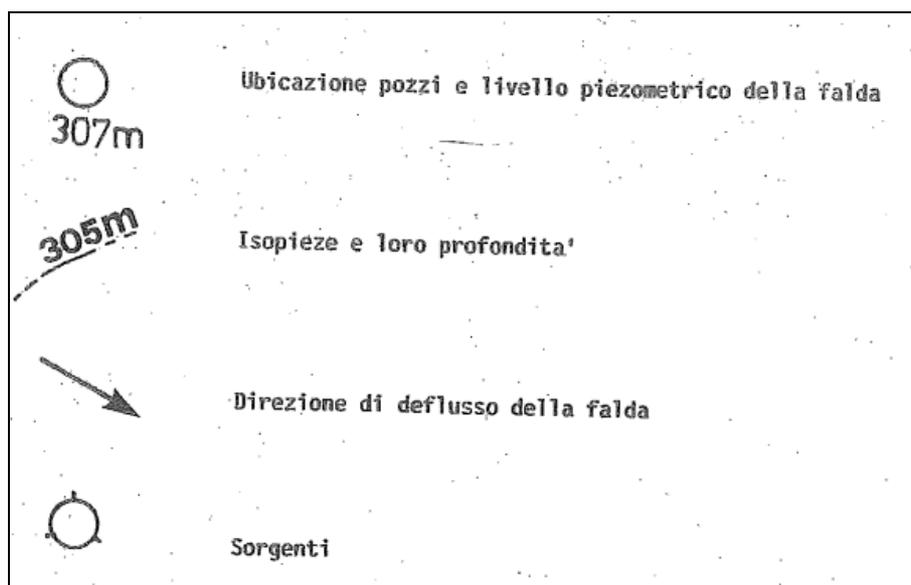
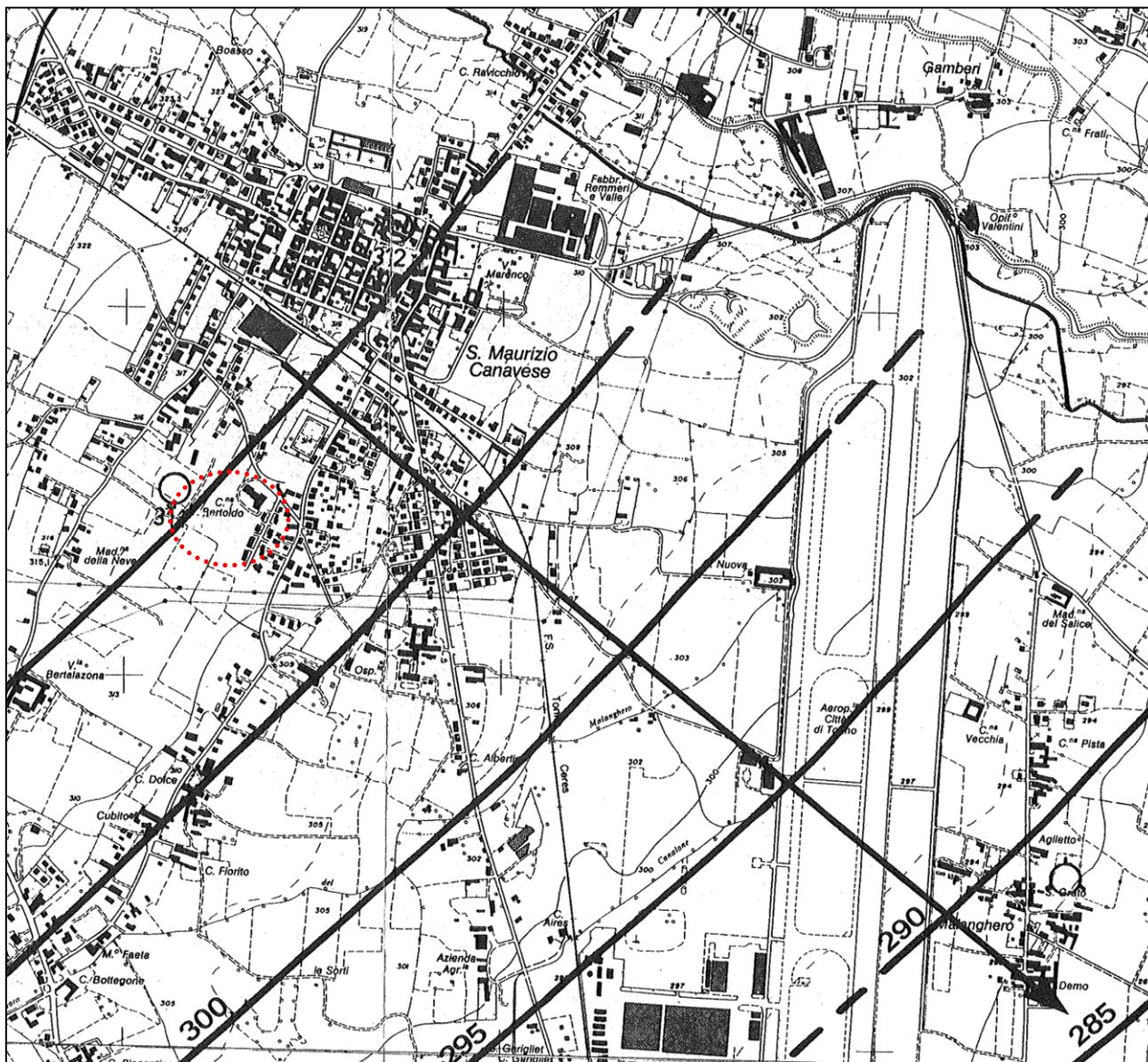


Figura 21: estratto della Carta Geoidrologica e legenda allegata al Piano Regolatore Generale del Comune di San Maurizio Canavese, con evidenziata in rosso l'area in esame.

5. VERIFICA INVARIANZA IDRUALICA

Oggetto di questo capitolo è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica relativi alla realizzazione dell'intervento edilizio in progetto. In seguito alla progettazione e alla realizzazione di interventi edilizi la capacità drenante del suolo subisce delle modificazioni, per questo motivo si impone la progettazione di sistemi di laminazione e smaltimento che permettano di evitare l'aggravio delle portate di piena della rete di drenaggio (corpo idrico naturale, fognature, altri corpi idrici) ricevente i deflussi originati dall'area stessa. Lo studio di invarianza idraulica è costituito da uno studio di carattere idrologico-idraulico, per la stima delle portate in gioco e il calcolo per verificare che i sistemi adottati permettano di ottenere il rispetto del principio dell'invarianza idraulica.

Il rispetto dell'invarianza idraulica è ottenibile, oltre che tramite l'adozione di buone pratiche costruttive, anche mediante l'adozione di misure compensative quali dispositivi di compensazione (volumi d'invaso) e dispositivi idraulici.

Il rispetto del principio dell'invarianza idraulica è richiesto dal PTC² della Provincia di Torino e dalla Direttiva Alluvioni 2007/60 emanata dalla Comunità Europea. Nello specifico verranno adottate formulazioni consolidate in letteratura tecnica a seguito esplicitate.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

5.1 ANALISI DELLE SUPERFICI – STATO DI FATTO

Attualmente l'area è occupata da un prato libero da fabbricati o da altre opere antropiche.

La superficie dell'area di intervento è pari a 2312 m².

Allo stato attuale non esiste nell'area un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche, l'acqua che ricade nell'area si infiltra naturalmente nel terreno e si può pertanto ritenere che al momento la superficie che genera un volume di acqua che deve essere drenato è pari a 0.

Descrizione aree	Superfici esistenti (mq)	Caratteristiche di permeabilità	Superficie drenata (mq)
Prato	2312	Permeabile	0
Totale			0

5.2 ANALISI DELLE SUPERFICI – STATO DI PROGETTO

In seguito alla realizzazione delle opere in progetto l'area sarà occupata da:

Descrizione aree	Superfici esistenti (mq)	Caratteristiche di permeabilità (differenza dallo stato attuale)	Superficie da drenare ai fini dell'invarianza idraulica (mq)
Area verde lato ovest	557	Permeabile/nessuna variazione	0
Area verde lati nord, est e sud	838	Permeabile/nessuna variazione	0
Pavimentazione in masselli autobloccanti drenanti	317	Permeabile	0
Pavimentazione in granuli di gomma riciclata colorata	115	Impermeabile, ma non raccolta	115
Area fabbricato con copertura	485	Impermeabile	485,0
Totale	2312		600,0

Allo stato di progetto la maggior parte delle aree interessate dall'intervento rimarranno a verde o comunque con una pavimentazione drenante che non genera un volume idrico da drenare.

La porzione di suolo che sarà effettivamente resa impermeabile è quella interessata dal fabbricato in progetto e dai marciapiedi, che occupa una superficie di 485 mq.

5.3 STIMA DEI VOLUMI DA TRATTARE PER L'INVARIANZA IDRAULICA (COPERTURA FABBRICATO)

Si procede ora al calcolo della portata massima assumendo un tempo di corrivazione pari a 30 minuti per tempo di ritorno TR50 anni (come richiesto nel PTC² della Provincia di Torino - allegato DS6 paragrafo 4.1), utilizzando come metodo afflussi-deflussi il metodo razionale che ben si adatta alla schematizzazione di bacini di relativamente limitata estensione come quello in questione.

La formula per il calcolo della portata è la seguente:

$$Q_{max} = u \cdot A$$

Dove u è il coefficiente udometrico e A è la superficie del bacino.

Secondo il metodo razionale il coefficiente udometrico derivante da un evento meteorico di intensità costante i è pari a:

$$u = \frac{10000}{3600} \Phi \cdot i$$

dove: u = coefficiente udometrico in l/s/ha; i = intensità di precipitazione in mm/h; Φ = coefficiente di deflusso.

L'intensità di precipitazione deriva dalle pubblicazioni di ARPA Piemonte, infatti i parametri della curva di possibilità pluviometrica e l'altezza di pioggia in mm sono stati determinati mediante l'Atlante delle piogge intense di ARPA Piemonte. Tale servizio consente di ricavare in un qualsiasi punto del territorio regionale l'altezza di pioggia per un particolare tempo di ritorno e con specifiche durate.

Atlante piogge intense in Piemonte (GEV)



Comune di San Maurizio Canavese (lat: 5007459.95 , lon: 392155.45)

Parametri della curva di probabilità pluviometrica. a: 31.21 n: 0.34

CSV Excel

Fattore di crescita KT						
K2	K5	K10	K20	K50	K100	K200
0.915	1.298	1.565	1.833	2.197	2.482	2.778

Piogge di assegnato tempo di ritorno per durate da 10 minuti a 24 ore (mm)

CSV Excel

Durata	Tempo di ritorno in anni						
	2	5	10	20	50	100	200
10 minuti	15.2	21.5	26	30.4	36.4	41.2	46.1
20 minuti	19.5	27.6	33.3	39	46.8	52.8	59.1
30 minuti	22.5	31.9	38.4	45	53.9	60.9	68.2
1 ora	28.5	40.5	48.9	57.2	66.6	77.5	86.7
3 ore	41.7	59.1	71.3	83.5	100.1	113.1	126.6
6 ore	52.9	75	90.5	106	127	143.5	160.7
12 ore	67.1	95.3	114.9	134.6	161.3	182.2	204
24 ore	85.2	121	145.9	170.9	204.7	231.3	258.9

Figura 22: atlante piogge intense del Piemonte tratto dal sito web di ARPA Piemonte nell’area di interesse.

L’apporto per ettaro di superficie scolante impermeabile per TR50 anni e tp 30 minuti risulta pertanto:

$$U = (10000/3600) * 1,0 * (53,9 * 2) = 300 \text{ l/s/ha}$$

Dove 53,9*2 + l’altezza di pioggia indicata nell’atlante di ARPA sui 30 minuti moltiplicata per due per avere i mm/h come richiesto dalla formula.

Considerando che l’area in esame è pari a 485 m² corrispondenti a 0,0485 ha, la portata massima è pari a

$$Q_{max} = 300 \text{ l/s/ha} * 0,0485 \text{ ha} = 14,55 \text{ l/s.}$$

Che corrisponde, nei 30 minuti (=1800 s) di criticità della pioggia, ad un volume di acqua pari a:

$$14,55 \text{ l/s} * 1800 \text{ s} = 26.190 \text{ l} = 26,2 \text{ mc}$$

5.4 VERIFICA INVARIANZA IDRAULICA

Nel caso in esame il sistema di laminazione e smaltimento è costituito da una vasca di laminazione da 10 mc e un pozzo perdente avente diametro pari a 1,5 m con profondità 2,5 m (volume nel pozzo perdente: 4,4 mc), il pozzo perdente sarà realizzato con una intercapedine costituita da materiale a permeabilità molto elevata, in questi calcoli non si tiene conto di questa intercapedine, ma si considererà il pozzo direttamente a contatto con un terreno la cui permeabilità è stimabile come elevata e a cui viene attribuito un valore cautelativo come risulta dalla figura seguente.

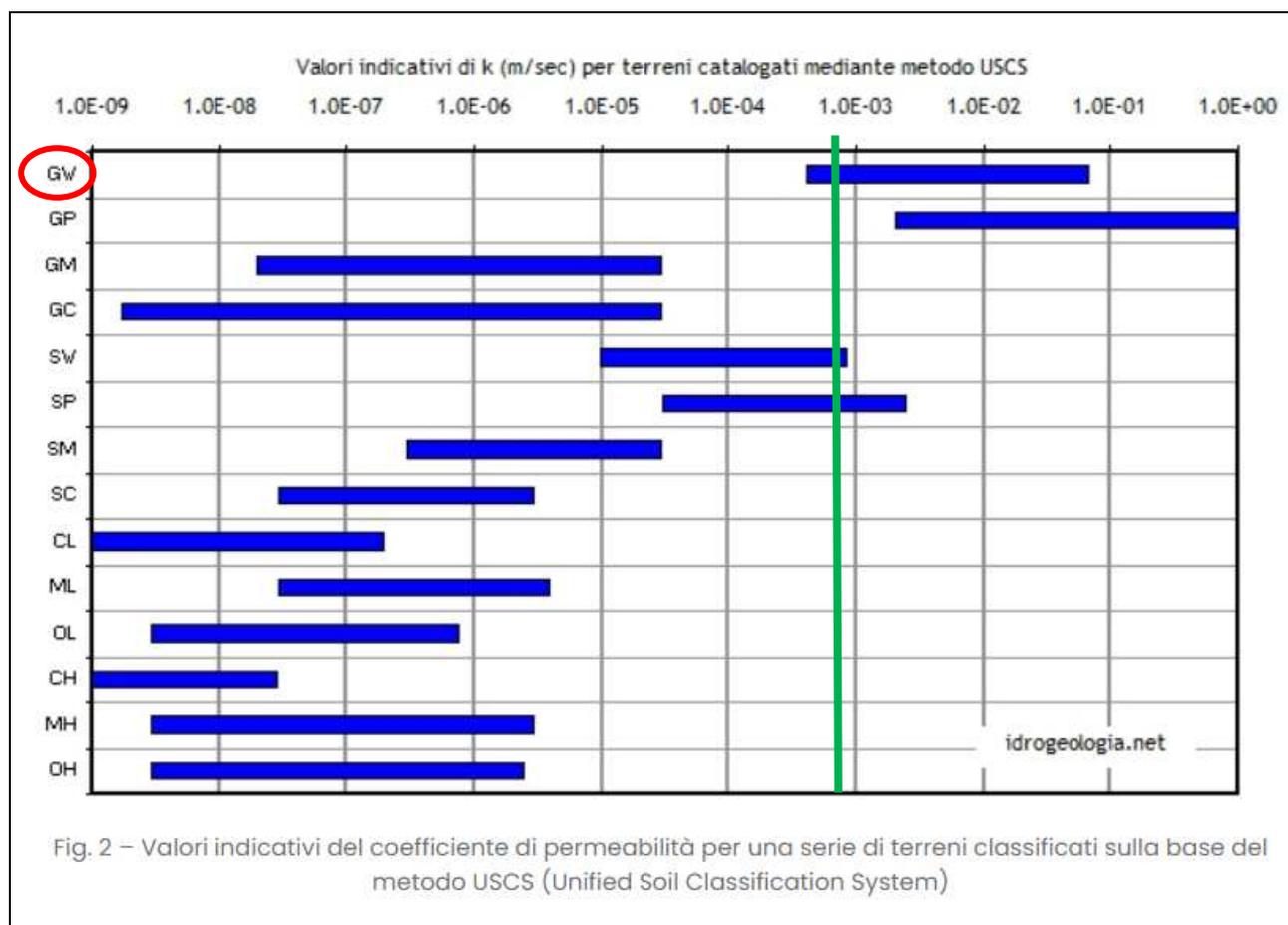


Figura 23: stima del valore di permeabilità per un terreno GW, valore scelto nella parte medio-bassa della serie di valori indicativi per quel tipo di terreno. Diagramma tratto dal sito web idrogeologia.net.

Il pozzo perdente avrà la possibilità di disperdere le acque raccolte sia dal fondo sia dalle pareti laterali in quanto sarà costituito da anelli in cls drenanti.

Il volume di acqua che il pozzo perdente deve smaltire nei 30 minuti è pari alla differenza tra il volume di acqua da trattare, calcolato nel paragrafo precedente, il volume della vasca di laminazione e il volume di acqua immagazzinabile nel pozzo perdente e nelle tubazioni, ovvero:

volume di acqua da disperdere nel sottosuolo durante l'evento meteorico intenso (30 minuti):

$$26,2 \text{ mc} - 10 \text{ mc} - 5,4 \text{ mc} = 10,8 \text{ mc}$$

Recapito finale pozzo perdente	Volume da smaltire nei 30 minuti (mc)	Capacità del pozzo (mc)	Sviluppo perimetrale superficie assorbente (m ²)	Permeabilità del terreno (m/s)	Volume smaltibile (m ³ /30 minuti) (superficie *permabilità)
Pozzo 1	10,8	4,4	7,66	9*10 ⁻⁴	12,4

Ad ulteriore verifica si può applicare la formula di Sieker (1984) per il calcolo del volume smaltibile dal pozzo perdente

diventa:
$$Q_f = \frac{K}{2} \cdot J \cdot A_f = 3.600 \cdot \frac{k}{2} \cdot \left(\frac{L+h_w}{L+\frac{h_w}{2}} \right) \cdot A_f \text{ [m}^3/\text{h]}$$

dove:

Q_f è la portata complessivamente infiltrata [m³/h];

$k/2$ è la permeabilità media del terreno insaturo [m/s];

J è la cadente piezometrica [m/m];

L è la distanza tra la base del pozzo e la superficie di falda [m];

A_f è la superficie drenante orizzontale efficace del pozzo, diversa dall'area effettiva della sezione del pozzo A_p , di raggio r [m], calcolabile come una corona circolare di larghezza $h_w/2$ dalla quale è escluso l'occludibile fondo [m²];

h_w è il livello idrico nel pozzo [m].

E dove:
$$A_f = \frac{\pi}{4} \cdot [(D + h_w)^2 - D^2] \text{ [m}^2\text{]}$$

Secondo il seguente schema



Utilizzando questa formula Q_f risulta pari a 22,27 mc/h, ovvero il volume di acqua smaltibile dal pozzo perdente nei 30 minuti è di 11,15 mc, che appare sufficiente a smaltire le portate calcolate.

5.5 PAVIMENTAZIONE IN GRANULI DI GOMMA

La superficie ricoperta con granuli di gomma non prevede una raccolta delle acque che cadono su di essa, le acque meteoriche verranno convogliate verso l'area verde semplicemente attraverso la pendenza data alla superficie stessa.

All'interno dell'area verde verrà posizionato un pozzo perdente avente diametro 1,5 m e altezza pari a 2,5, che faciliterà l'infiltrazione dell'acqua meteorica ricadente sulla superficie con pavimentazione in granuli di gomma.

Il volume potenzialmente da trattare è pari a (si veda i calcoli del paragrafo 5.3)

$$U = (10000/3600) * 1,0 * (53,9 * 2) = 300 \text{ l/s/ha}$$

Dove $53,9 * 2$ + l'altezza di pioggia indicata nell'atlante di ARPA sui 30 minuti moltiplicata per due per avere i mm/h come richiesto dalla formula.

Considerando che l'area in esame è pari a 115 m² corrispondenti a 0,0115 ha, la portata massima è pari a

$$Q_{\max} = 300 \text{ l/s/ha} * 0,0115 \text{ ha} = 3,45 \text{ l/s.}$$

Che corrisponde, nei 30 minuti (=1800 s) di criticità della pioggia, ad un volume di acqua pari a:

$$3,45 \text{ l/s} * 1800 \text{ s} = 6.210 \text{ l} = 6,2 \text{ mc}$$

come calcolato nel paragrafo 5.4 il volume smaltibile da un pozzo perdente di queste dimensioni nel materiale che costituisce l'area in esame è pari a circa 11,15 mc (nei 30 minuti), che appare sufficiente a smaltire le portate idriche calcolate per l'area con pavimentazione in gomma.

5.6 CONCLUSIONI

Il confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto prevede una sostanziale continuità di permeabilità per le aree verdi, le aree pavimentate con blocchetti drenanti; risulta invece modificata l'attuale capacità drenante su una superficie di 485 mq corrispondenti alla superficie coperta del fabbricato e di 115 mq per le aree pavimentate con granuli in gomma.

Dai calcoli riportati in precedenza il sistema di laminazione e smaltimento delle acque meteoriche per le aree impermeabilizzate dal fabbricato e per l'area con pavimentazione (vasca di laminazione da 10 mc e pozzo perdente con diametro 1,5 m e altezza 2,5m) risulta in grado di gestire i volumi idrici di deflusso calcolati con tempo di ritorno di 50 anni e durata dell'evento intenso di 30 minuti.

Dai calcoli riportati in precedenza il sistema smaltimento delle acque meteoriche per le aree con pavimentazione in granuli di gomma (pozzo perdente con diametro 1,5 m e altezza 2,5m) risulta in grado di gestire i volumi idrici di deflusso calcolati con tempo di ritorno di 50 anni e durata dell'evento intenso di 30 minuti.

6. RELAZIONE SISMICA

6.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E TECNICO

La classificazione sismica attribuisce all'intero territorio nazionale valori differenti del grado di sismicità da considerare nella progettazione delle opere. A livello nazionale la zonizzazione sismica è regolata dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274 del 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*" e dalla successiva OPCM 3519 del 2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*".

Le suddette ordinanze sono state recepite a livello regionale con Delibera Giunta Regionale (DGR) n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 e dalla successiva DGR n. 4-3084 del 12 dicembre 2011 (in vigore dal 1 gennaio 2012), integrate e modificate con DGR 7-3340 del 03/02/2012 e ulteriormente modificate con DGR 6-887 del 30/12/2019.

Secondo quanto riportato nelle DGR di cui sopra, il comune di San Maurizio Canavese risulta classificato in **Zona sismica 3**.

La normativa sismica a cui si deve fare riferimento, per l'intervento in progetto, è costituita dal D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) (G.U. n. 42 del 20.02.2018).

Tali norme disciplinano, tra le altre cose, la progettazione delle opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti che devono soddisfare i siti di costruzione ed i terreni di fondazione in presenza di tali azioni.

Tramite queste norme si cerca di salvaguardare la vita umana e di limitare i danni alle costruzioni ed in particolar modo a far sì che i centri essenziali di primo soccorso alla popolazione rimangano in funzione anche dopo un terremoto.

Già con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche 2008, l'azione sismica di riferimento veniva valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale.

L'analisi è così condotta sito per sito e non più riferendosi ad una zona sismica territorialmente coincidente con singole entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale, come avveniva con la normativa precedente.

La pericolosità sismica di un sito è definita come la probabilità che un sisma avente un'entità pari ad un valore prefissato abbia luogo in un determinato lasso di tempo, questo lasso di tempo viene definito nelle NTC-18 come "*periodo di riferimento*" (V_R) e viene espresso in anni, mentre la probabilità è denominata "*probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento*" (P_{V_R}).

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche secondo le NTC-18, sul territorio nazionale è stata determinata la pericolosità sismica definita convenzionalmente su un sito caratterizzato da sottosuolo rigido (categoria A), da una superficie topografica orizzontale (categoria T1) e da assenza di manufatti (ovvero in campo libero).

Il moto sismico viene definito da tre parametri:

a_g = accelerazione 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.

Questi valori sono distribuiti sul territorio nazionale su una maglia regolare di punti e permettono di definire le forme spettrali per la generica P_{V_R} .

6.1.1 Stati limite di riferimento

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento varia in funzione di quattro diversi stati limite di riferimento che, secondo il par. 3.2.1. delle NTC-18, sono così definiti:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione 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 e 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 invece:

- **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_{V_R} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono indicate nella Tab. 3.2.I delle NTC:

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

Figura 24: tabella 3.2.I probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato.

Vengono così individuate quattro situazioni che legano il crescere dell'intensità sismica con il progressivo aumento del danneggiamento agli edifici, permettendo di individuare le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.

6.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUL TERRENO IN ESAME SECONDO LE N.T.C. 2018

6.2.1 Calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica

Per il calcolo del periodo di riferimento dell'azione sismica ci si basa su quanto affermato nel par. 2.4.3. delle NTC-18, ovvero il periodo di riferimento (V_R) si ricava dalla moltiplicazione della vita nominale (V_N) per il coefficiente d'uso (C_U).

Il *range* di scelta di questi due parametri viene definito dalle NTC-18 mediante due tabelle: la tabella 2.4.I per la vita nominale e la tabella 2.4.II per il coefficiente d'uso, entrambe riportate in seguito.

La vita nominale di un'opera è il periodo durante il quale l'opera deve assolvere al compito per la quale è stata progettata, durante tale periodo l'opera stessa deve essere sottoposta a soli interventi di manutenzione ordinaria.

La classe d'uso è funzione dell'affollamento presente in una costruzione durante un eventuale azione sismica, le NTC-18 forniscono quattro classi di riferimento a ciascuna classe corrisponde un coefficiente:

- *Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Classe II:* 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.
- *Classe III:* 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.
- *Classe IV:* 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.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 25: tabella 2.4.I - vita nominale (VN), in funzione dei tipi di costruzione così come definita nelle NTC-18.

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

Figura 26: tab. 2.4.II - Coefficiente d'uso (CU) in base alla classe d'uso, secondo le NTC-18.

Per l'intervento in progetto è stato scelto un valore di vita nominale pari a 50 anni $V_N = 50$ anni, mentre per la classe d'uso si è posta l'opera in progetto nella **classe III**, ovvero quella caratterizzata da un coefficiente d'uso pari a 1.0, $C_U = 1.5$. Pertanto risulta che il periodo di riferimento (V_R) per l'opera in progetto è: $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.5 = 75$ anni.

Una volta valutato il periodo di riferimento V_R della costruzione (espresso in anni) si ricava per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R , il periodo di ritorno T_R del sisma.

Si utilizza a tal fine la relazione: $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U \times V_N / \ln(1 - P_{VR})$.

6.2.1 Indagine geofisica finalizzata alla definizione dei parametrici sismici

In data 02 agosto 2024 è stata condotta una indagine di tipo MASW, acronimo di Multichannel Analysis of Surface Waves, e consiste nell'immissione di onde sismiche nel terreno e di misurarne, con un sismografo, i tempi di arrivo a uno stendimento di geofoni. L'indagine è stata condotta utilizzando il sistema *Sysmatrack* della *MAE SRL* e l'interpretazione è stata effettuata mediante il software *EasyMASW* della *Geostru*. L'indagine ha permesso di definire la velocità delle onde sismiche nei primi 30 m di profondità ($V_{S,eq} 30$), che è risultata essere di 401,40 m/s e di conseguenza di classificare l'area in esame nella categoria di sottosuolo "**B**", ovvero 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.

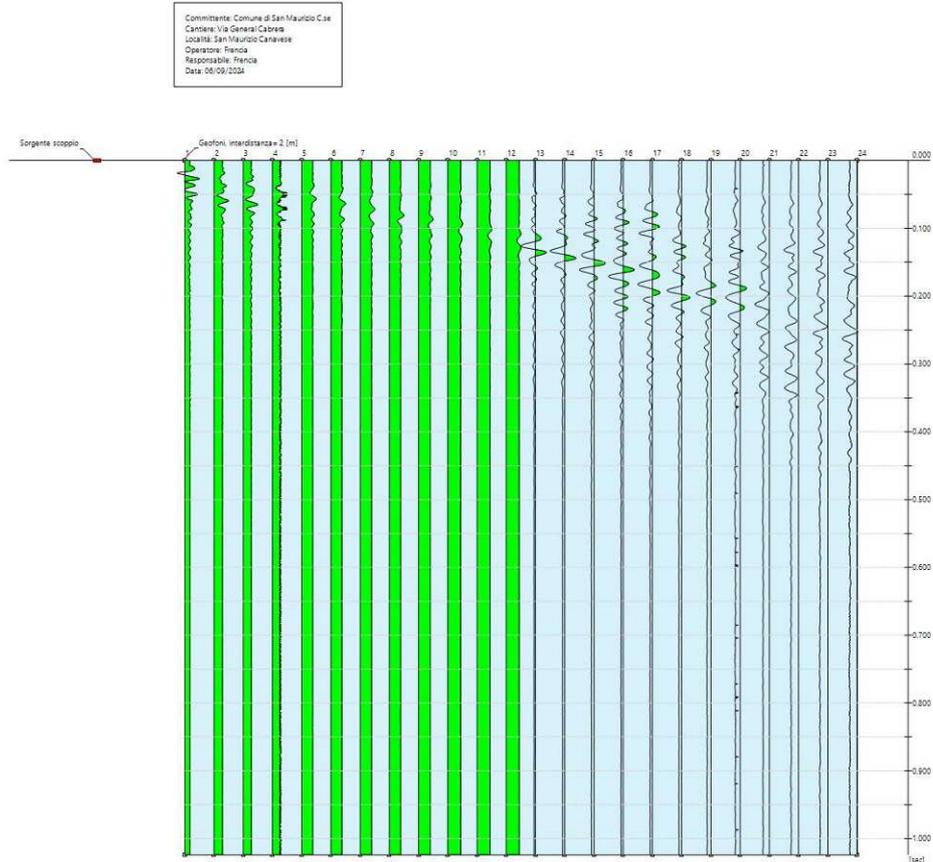


Figura 27: curva di campagna dell'indagine MASW eseguita nel sito di interesse.

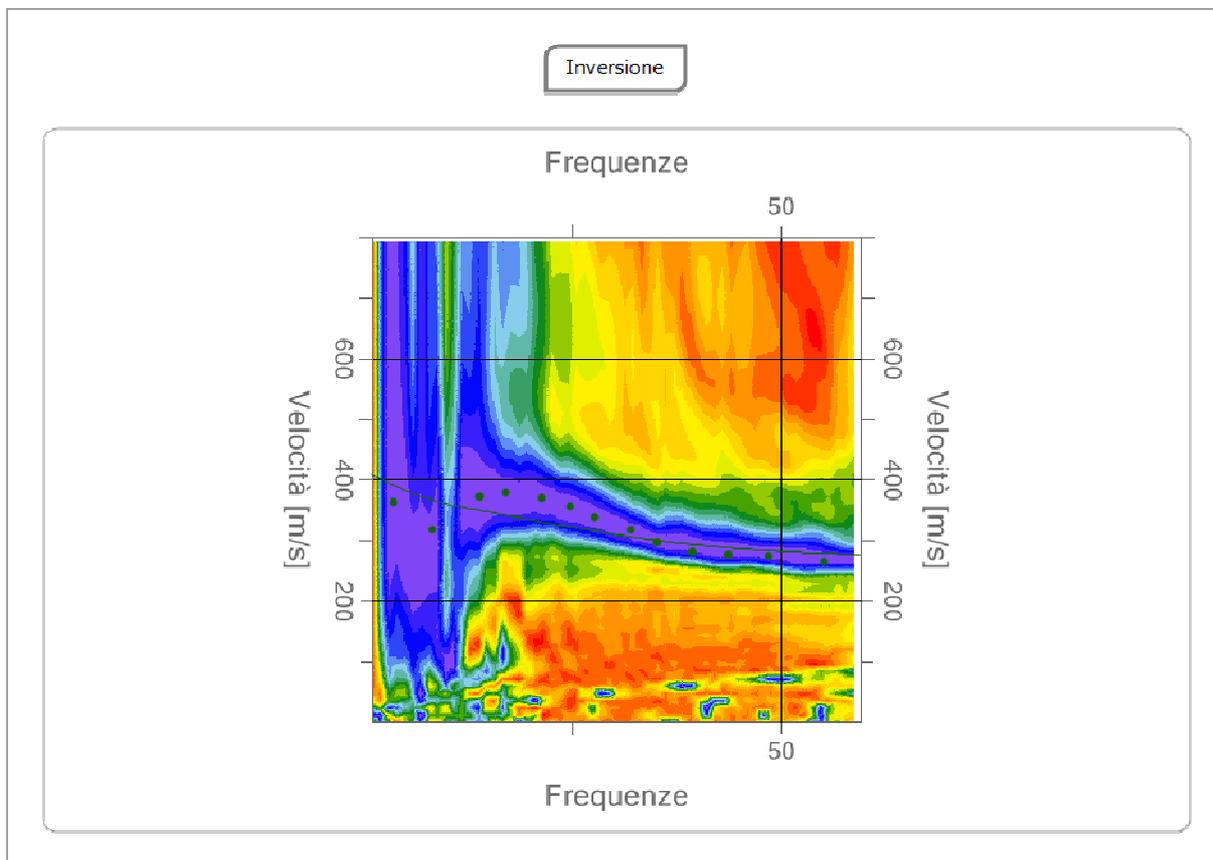


Figura 28: inversione della curva.

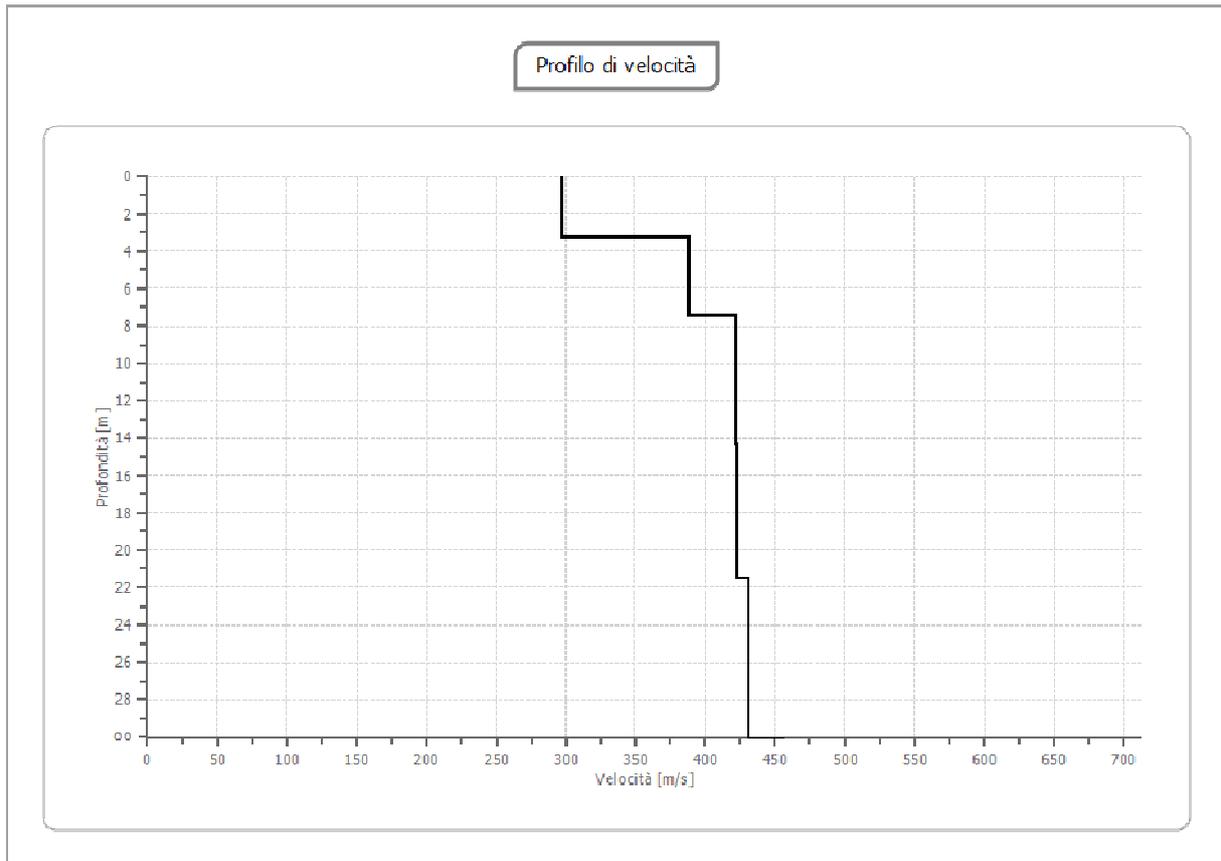


Figura 29: profilo di velocità dello stendimento MASW eseguito nell'area in esame.



Figura 30: immagini fotografiche della posizione e della strumentazione utilizzata per la misura con tecnica MASW nell'area di interesse.

6.2.1 Azione sismica attesa al sito

Come riportato in precedenza (vedi par. 5.1) l'azione sismica di riferimento è stata calcolata per il territorio nazionale in condizioni di sottosuolo rigido e superficie topografica orizzontale, condizioni però che non corrispondono alle casistiche reali in cui ci si trova ad operare.

Poiché la tipologia di sottosuolo e la topografia di un'area influenzano notevolmente la risposta sismica locale, ovvero l'effetto che un'area subisce quando un'azione sismica raggiunge la superficie, sarà necessario modificare l'azione sismica di riferimento con dei coefficienti che sono funzione della litologia del sottosuolo e delle condizioni topografiche.

Gli effetti topografici vengono sintetizzati nella tab. 3.2.IV delle NTC-18 in quattro categorie basate sull'inclinazione media dei terreni circostanti all'area in cui è previsto l'intervento, in particolare le quattro categorie vengono così definite:

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 $i > 30^\circ$

Figura 31: tabella 3.2.IV delle NTC-18 - categorie topografiche e loro descrizione.

Nel caso in esame, dal momento che la specifica area di intervento è posta lungo un piano scarsamente inclinato, la categoria topografica può essere assunta come pari a **T1**.

La "risposta sismica locale", termine con il quale si intende l'azione sismica quale essa emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido, è funzione anche della stratigrafia dell'area, risulterà pertanto fondamentale la definizione della categoria di sottosuolo.

Più dettagliatamente, la normativa distingue le seguenti 5 categorie di terreni di fondazione:

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

Figura 32: tabella 3.2.II - categorie di sottosuolo e loro caratteristiche secondo le NTC-18.

Nelle definizioni precedenti, il termine V_{Seq}

è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, che viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad \text{con:}$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

N numero di strati;

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

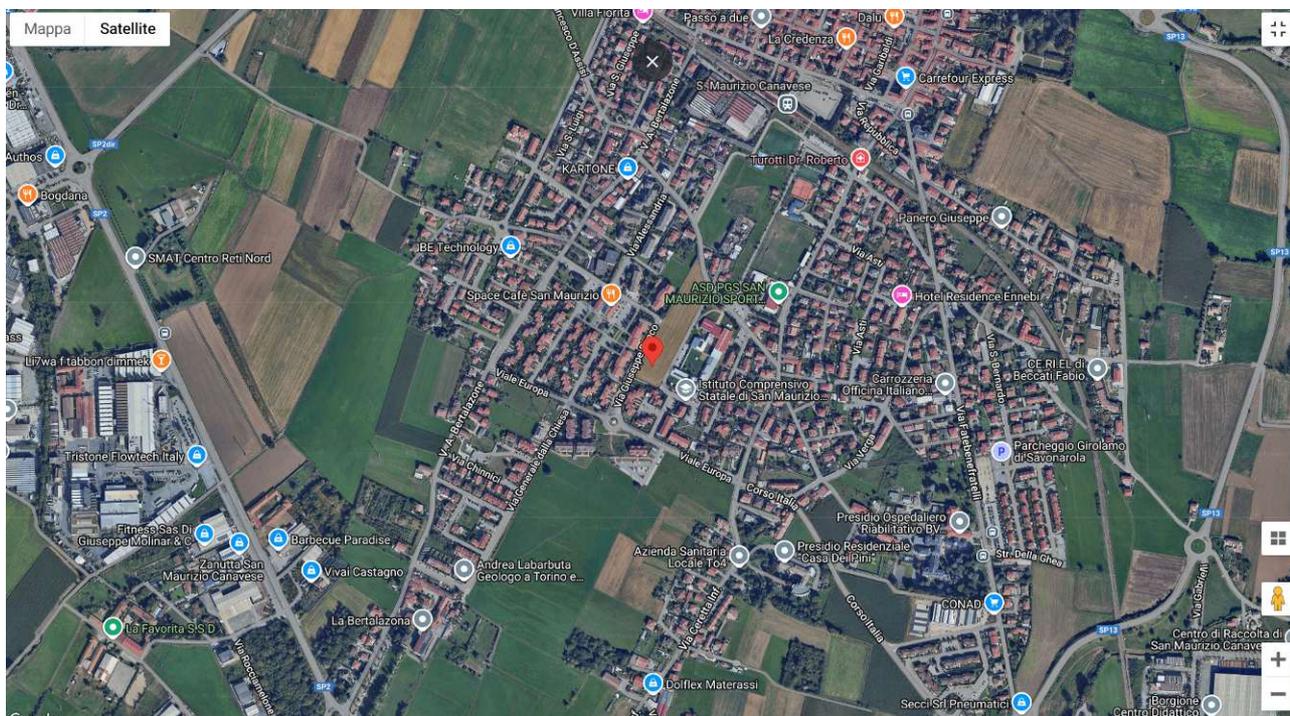
Nel caso in esame il sottosuolo dell'area è stato classificato, in via preliminare, come appartenente alla categoria "**B**".

Per la determinazione dei parametri spettrali che caratterizzano l'azione sismica al sito in esame è stato utilizzato un software apposito "Geostru PS Parametri Sismici", sviluppato e fornito a livello *open source* sul sito web www.geostru.com.

Il programma è direttamente utilizzabile *on line* sul sito web dell'azienda produttrice di software: "Geostru Software", sulla base delle coordinate geografiche del sito oggetto di studio (espresse come latitudine e longitudine) e degli altri parametri discussi nei paragrafi precedenti fornisce gli spettri sismici associati al sito, relativi ai 4 stati limite previsti dalle NTC.

Calcolo degli spettri sismici per il sito

Ubicazione:



Siti di riferimento

Sito 1	ID: 13126	Lat: 45,1910	Lon: 7,6040	Distanza: 3074,174
Sito 2	ID: 13127	Lat: 45,1944	Lon: 7,6748	Distanza: 4190,304
Sito 3	ID: 12905	Lat: 45,2443	Lon: 7,6699	Distanza: 4792,183
Sito 4	ID: 12904	Lat: 45,2408	Lon: 7,5991	Distanza: 3857,871

Le coordinate sono espresse in ED50

Latitudine	45,213°
Longitudine	7,628°
Classe	III
Vita nominale	50

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Periodo di riferimento	50 anni
Coefficiente cu	1,5

	Probabilità di superamento (%)	Tr (anni)	Ag (g)	Fo (-)	Tc* (s)
Operatività SLO	81	45	0,027	2,587	0,193
Danno SLD	63	75	0,033	2,632	0,210
Salvaguardia della vita SLV	10	712	0,060	2,774	0,281
Prevenzione dal collasso SLC	5	1462	0,070	2,837	0,290

Coefficienti sismici:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.007	0.008	0.014	0.017
kv	0.003	0.004	0.007	0.008
Amax [m/s ²]	0.320	0.384	0.706	0.827
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

7. MODELLO GEOTECNICO

7.1 INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

In questo paragrafo verranno estrapolati i parametri geotecnici caratteristici necessari alla ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo come richiesto dalla normativa tecnica vigente (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018): "i valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti [...] attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito", che in questo caso sono rappresentate dalle prove eseguite in prossimità dell'area (vedi dati riportato al paragrafo 3.2).

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

Per la stima dei valori caratteristici dei parametri geotecnici del livello litostratigrafico che costituirà il terreno di appoggio delle fondazioni, verranno utilizzate delle metodologie di correlazione diffuse nel campo della geologia tecnica che permettono appunto di correlare un valore risultante da una prova ad un parametro geotecnico del terreno.

Per concludere la spiegazione introduttiva del calcolo dei valori caratteristici va ancora ricordato che nel paragrafo C6.2.2. della "Circolare esplicativa" alle NTC-18, viene considerato accettabile il riferimento a valori prossimi a quelli medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità in esso presenti o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di sufficiente rigidità a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Per la valutazione del peso di volume si è fatto riferimento a valori tipicamente utilizzati nella letteratura tecnica, ovvero 1.8 t/m^3 per i depositi eterometrici sottostanti.

Per procedere alla determinazione dei parametri geotecnici, il materiale granulare in questione verrà considerato, come una *ghiaia a granulometria mista (GW)*.

Si stima un valore intermedio di densità relativa del deposito interessato dalla messa in opera degli elementi di fondazione, verrà pertanto considerato un valore di D_r pari al 75% all'interno del *volume significativo*.

Utilizzando il diagramma sperimentale NAV-FAC ⁽⁵⁾, riportato in seguito, si ricava un angolo di resistenza al taglio pari a circa 40° ($\phi = 40^\circ$).

Dopo aver valutato l'angolo d'attrito del deposito a partire dai dati reperibili, è stato possibile calcolare il 5° percentile della distribuzione della media per il valore ricavato all'interno del volume significativo, che rappresenta il valore caratteristico del parametro geotecnico in esame.

Il calcolo del 5° percentile è stato svolto utilizzando l'apposito foglio di calcolo messo a punto dal dott. geol. Luca Nori e distribuito dallo stesso in occasione del citato corso di aggiornamento professionale relativo a "*Caratterizzazione geotecnica e parametri di progetto secondo l'EC7 e il DM 14 01 08 - Norme Tecniche per le Costruzioni*", organizzato con il patrocinio dell'Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte.

La procedura applicata ha dato i seguenti risultati: **valore caratteristico dell'angolo di attrito $\phi = 34^\circ$.**

Cautelativamente, il valore della coesione del terreno in esame è stato considerato nullo ($c = 0$).

Si evidenzia che nel momento in cui andranno effettuati i calcoli di verifica geotecnica sarà necessario applicare gli opportuni coefficienti di riduzione, determinati in base al singolo Approccio progettuale per ottenere il valore di progetto del parametro geotecnico considerato (come richiesto dalla normativa D.M. 17/01/2018).

⁽⁵⁾ Si tratta di un diagramma di correlazione elaborato dall'U.S. Naval Publ. and Forms Center di Philadelphia, comunemente noto come "NAV-FAC".

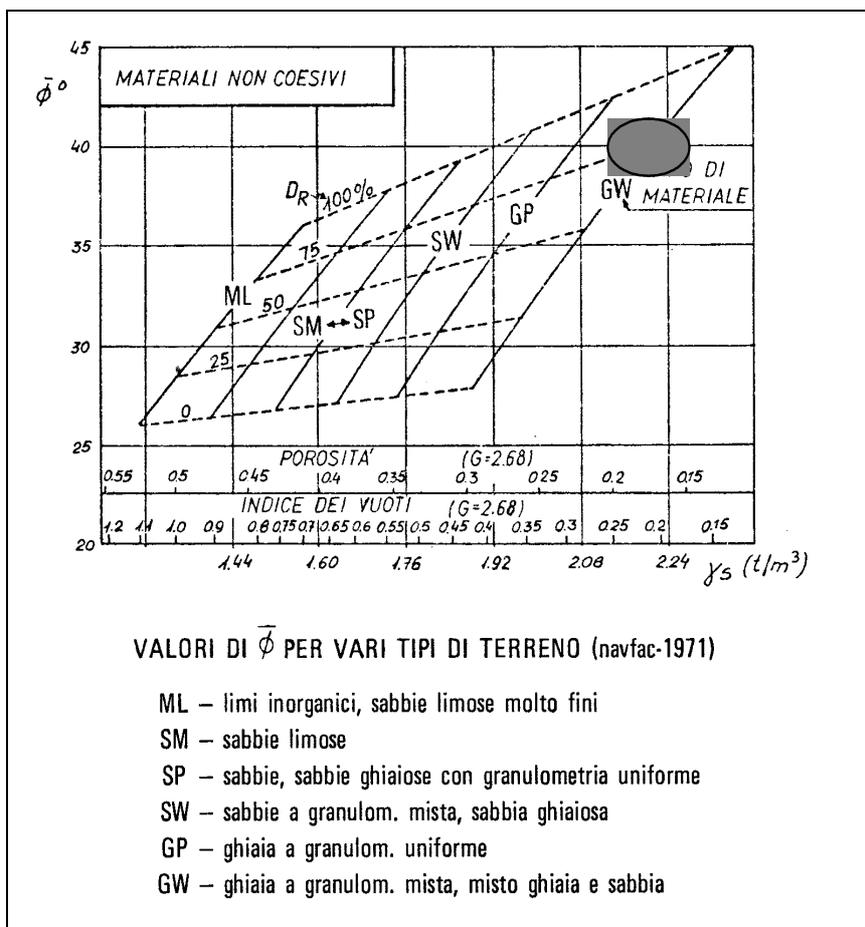


Figura 33: diagramma di correlazione fra i principali parametri geotecnici dei terreni, noto come "NAV-FAC", con l'ellisse grigia viene evidenziata la zona di proiezione del deposito in esame (classificato come GW).

5° percentile distribuzione della media-POCHI DATI			
Per GRANDI volumi di rottura e distribuzione normale (Φ)			
(ciò avviene in genere nelle fondazioni superficiali, specie quando B è grande)			
Parametro	Φ		
dati	media dati	X_k	
40	40,00	34,1	Valore caratteristico
	COV Φ %	X_d	
	9	28,4	Valore di progetto
	n° dati		
	1		
		$X_k = \bar{x} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$	
		$z_{0.05}$	-1,6449

Figura 34: calcolo del 5° percentile della distribuzione della media dell'angolo di attrito nel volume significativo. Si tenga presente che il pedice k individua i parametri caratteristici (es. ϕ_k), mentre il pedice d indica il parametro di progetto (es. ϕ_d). Per il valore di COV si è fatto riferimento a: Harr, M. E., *Mechanics of Particulate Media*, McGraw-Hill, New York, 1977, 553 p.

7.2 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Come definito dalle NTC-08 *per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.*

Alla luce di quanto fin qui discusso e della definizione sopra riportata il modello geotecnico per l'area in esame può essere schematizzato così:

STRATO GEOTECNICO 0: terreno vegetale frammisto a terreno di riporto e/o terreno rimaneggiato, spessore di circa 60 - 70 cm; non vengono analizzati i parametri geotecnici perché questo livello dovrà essere completamente rimosso per la posa in opera degli elementi di fondazione;

STRATO GEOTECNICO 1: grossi ciottoli arrotondati, con diametro massimo di 30 cm, e ghiaia in una matrice sabbioso-limosa. I ciottoli e la ghiaia si presentano praticamente inalterati; profondità: fino a 30,0 m da p.c.; parametri geotecnici: peso di volume (γ) = 1,8 t/m³, angolo di attrito (φ) = 34°, coesione drenata (c) = 0 kPa;

Per quanto riguarda le verifiche geotecniche e sismiche previste dal D.M. 17/01/2018 - N.T.C. 18 si rimanda alle relazioni specialistiche e ai calcoli strutturali del Progetto Definitivo - Esecutivo.

7.3 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

La verifica della liquefazione del sito in esame può essere esclusa in quanto ricade nel comma 1 del punto 7.11.3.4.2 - *Esclusioni della verifica a liquefazione*.

In questo comma si dice la verifica alla liquefazione può essere omessa per *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g*.

Nel caso in esame si può calcolare che l'accelerazione attesa al sito in assenza di manufatti è pari a: $0.070g$, applicando il coefficiente topografico (categoria T1, coefficiente=1,00) e il coefficiente della categoria di sottosuolo (categoria B, coefficiente=1,20) il valore di accelerazione attesa al sito diventa: $0.070g \cdot 1.20 \cdot 1.00 = 0.084 g$, valore che risulta inferiore a $0.1g$ e che permette pertanto di escludere il sito dalla verifica a liquefazione.

Per la definizione di liquefazione ci si riferisce al punto 7.11.3.4.1 delle NTC08, dove si intendono *"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"*.

8. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Il piano regolatore generale del Comune di San Maurizio Canavese ed in particolare la "Carta di Sintesi" ⁽⁶⁾ classifica l'area in esame come ricadente in quelle aree "edificabili esenti da condizionamenti morfologici e idrologici negativi".

Durante il sopralluogo non sono stati messi in evidenza elementi che possano far presagire particolari problematiche geologiche oltre a quelle già indicate e analizzate.

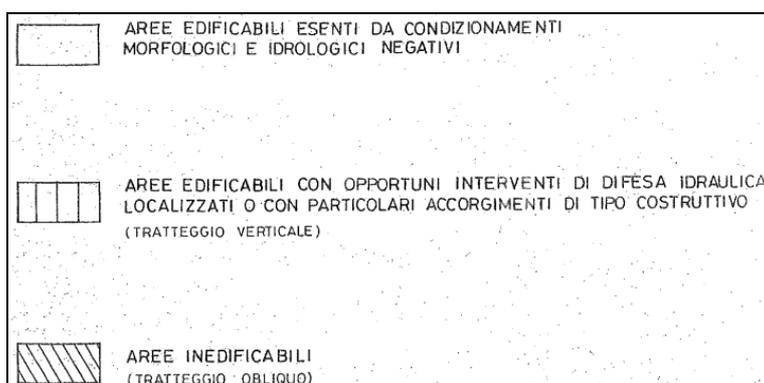
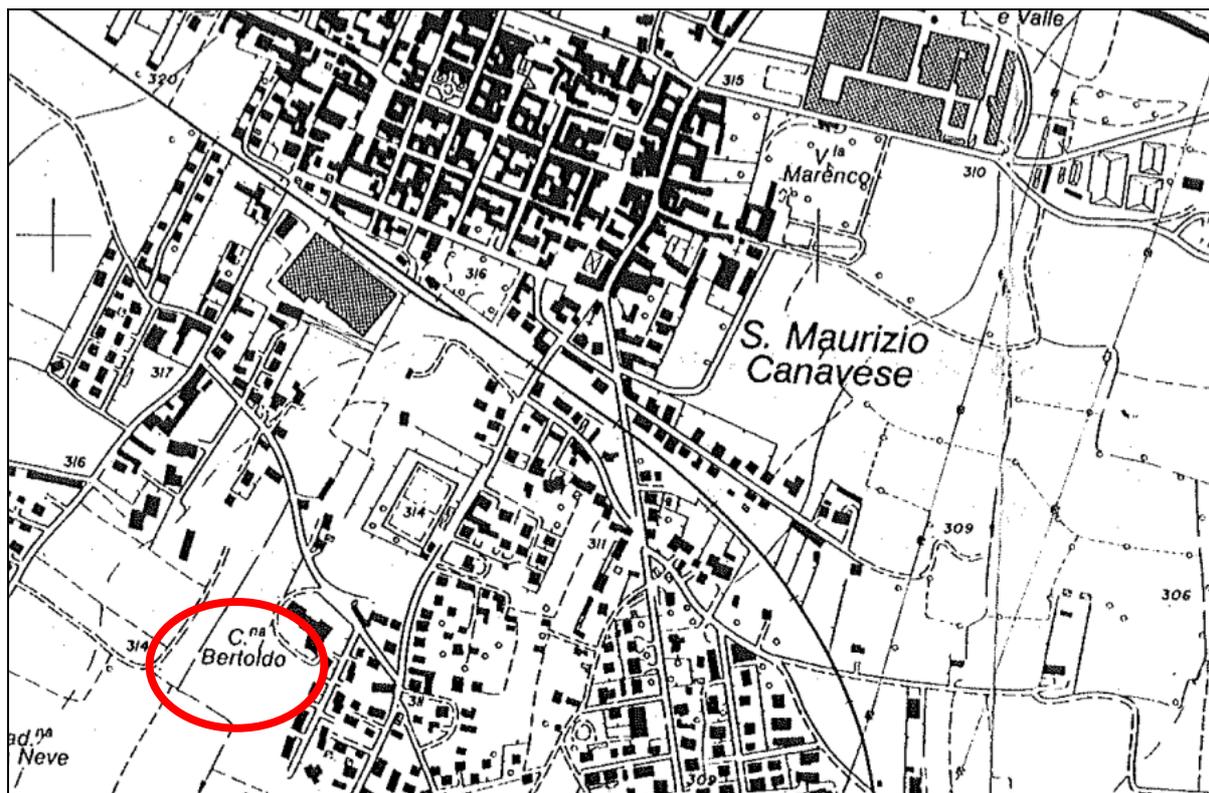


Figura 35: Carta di sintesi e relativa legenda semplificata, allegata al Piano Regolatore Generale del Comune di San Maurizio Canavese. Viene evidenziata in rosso l'ubicazione dell'area in esame.

⁽⁶⁾ Dott. Geol. A. TISSONI, "Piano Regolatore Generale Comunale del Comune di San Maurizio Canavese - Carta di Sintesi o dell'edificabilità", gennaio 1998.

9. CONCLUSIONI

L'intervento in progetto è ubicato in Via General Cabrera nel Comune di San Maurizio Canavese (TO) e prevede la costruzione di un nuovo asilo nido.

Per una descrizione di maggior dettaglio di tutti gli interventi in progetto si rimanda alle tavole e alla relazione a firma dell'Arch. Mordenti D. di Torino.

Per la realizzazione dello studio si è fatto riferimento alla documentazione bibliografica reperita nella letteratura geologica, ai dati riportati sulla banca dati dell'ARPA Piemonte, ai dati presenti nello studio geologico redatto per il progetto della vicina scuola materna ed ai risultati emersi dalle indagini geognostiche realizzate appositamente in sito (1 scavo esplorativo, 4 prove penetrometriche dinamiche medie e 1 prova geofisica di tipo M.A.S.W.).

Grazie ai dati così acquisiti si è potuta effettuare una modellazione geologica del sito, così da definire i lineamenti geomorfologici della zona, gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale e lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Dal punto di vista geotecnico, sono state applicate correlazioni ampiamente diffuse nella pratica e nella letteratura tecnica per procedere alla caratterizzazione e modellazione geotecnica, la modellazione sismica si è basata sulla prova condotta appositamente in sito (misura tramite stendimento MASW).

Si consiglia di poggiare le opere di fondazione sul deposito grossolano (ciottoli e ghiaie in matrice sabbioso-limosa) presente nel sottosuolo dell'area in esame, che costituisce il piano di posa più opportuno per gli elementi di fondazione.

Si raccomanda di asportare e bonificare eventuali strati di riporto o di terreni rimaneggiati che dovessero essere rinvenuti alla profondità di posa degli elementi di fondazione, in modo tale da poggiare le fondazioni sulle porzioni costituite da materiale grossolano naturale.

Dalle indagini eseguite la falda freatica risulta a circa 3,50 m dal p.c., tuttavia si ritiene che considerando le elevate oscillazioni della falda freatica, in special modo nei periodi irrigui, sarà possibile rinvenire la presenza di acque sotterranee in prossimità al p.c. (circa 1,5/2,0 m); pertanto si dovrà ipotizzare l'interferenza delle acque sotterranee con le opere fondazionali che dovranno, inoltre, essere adeguatamente protette contro i rischi di risalita capillare delle acque.

Da un punto di vista idraulico, il sito in esame ricade esternamente alle fasce fluviali (sia del Banna che della Stura) definite dal PGRA (Direttiva Alluvioni) e non risulta pertanto potenzialmente interessato da acque di esondazione.

Sono stati condotti i calcoli per l'invarianza idraulica degli interventi in progetto e il sistema previsto per la gestione delle piogge intense con tempo di ritorno 50 anni e durata 30 minuti risulta adeguato.

L'area ricade nei casi di esclusione della verifica a liquefazione (paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC-18, comma 1) in quanto l'accelerazione attesa è inferiore a $0,1g$.

In definitiva, sulla base dei dati disponibili e di quanto discusso nella presente relazione, si evince la sostanziale idoneità dell'area, relativamente agli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici, così come di quelli sismici e geotecnici, all'intervento proposto, nei limiti delle condizioni e delle raccomandazioni esposte nella presente relazione.