

COMUNE DI SAN MAURIZIO CANAVESE

PROVINCIA DI TORINO

**PROGETTO PRELIMINARE
PER LA REALIZZAZIONE DI UN ASCENSORE**

SCUOLA MEDIA STATALE A. REMMERT, VIA LODOVICO BO

PROPONENTE: **COMUNE DI SAN MAURIZIO CANAVESE**
Piazza Martiri della Libertà, 1 – 10077 San Maurizio C.se (TO)

RELAZIONE GEOLOGICA

(codice interno: SGF16_a_42)

Saluzzo, 28 luglio 2016

dott. Geol. FRENCIA Riccardo
(n. 715 Ordine Regionale Geologi del Piemonte – Sez. A)

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	4
2.1 UBICAZIONE	4
3. RELAZIONE GEOLOGICA	5
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	5
3.2 INDAGINI GEOLOGICHE REPERITE.....	9
3.3 INDAGINI GEOLOGICHE ESEGUITE	10
3.4 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DI DETTAGLIO	13
4. RELAZIONE IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA	14
4.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE	14
4.2 IDROGEOLOGIA DELL'AREA	15
5. RELAZIONE SISMICA	19
5.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E TECNICO	19
5.1.1 <i>Stati limite di riferimento</i>	20
5.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUL TERRENO IN ESAME SECONDO LE N.T.C. 2008.....	22
5.2.1 <i>Calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica</i>	22
5.2.2 <i>Indagini geofisiche finalizzate alla definizione della categoria di sottosuolo</i>	23
5.2.3 <i>Azione sismica attesa al sito</i>	27
6. MODELLO GEOTECNICO	29
6.1 INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE	29
6.2 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	33
6.3 VERIFICA A LIQUEFAZIONE.....	34
7. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	35
8. CONCLUSIONI	36

1. PREMESSA

Il presente studio geologico, redatto ai sensi delle “*Norme Tecniche per le Costruzioni 2008*” (NTC-08), D.M. 14/01/2008 e della Circolare esplicativa del 02/02/2009, ha lo scopo di esporre i caratteri geomorfologici, geologico-geotecnici, idrogeologici e sismici dell’area interessata dalla progettazione preliminare per la realizzazione di un ascensore a servizio del complesso scolastico di Via Lodovico Bo (scuola A. Remmert) a San Maurizio Canavese (TO).

L’opera in progetto è costituita da un ascensore avente dimensione in pianta di circa 4 m x 4 m e altezza massima di 12 m circa.

Per un descrizione di maggior dettaglio di tutti gli interventi in progetto si rimanda alle tavole e alla relazione del progetto preliminare a firma dell’Arch. Dario Mordenti di Torino.

Lo studio è basato preliminarmente 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; per approfondire in modo dettagliato e puntuale i dati geologici raccolti sono state condotte una serie di indagini geognostiche, in particolare: uno scavo geognostico e un indagine sismica di tipo HVSR.

Come precisato nel paragrafo 6.2.1. delle NTC-08, *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 5).

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici, come specificato dalle NTC-08 al § 6.2.2, *nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull’esperienza e sulle conoscenze disponibili*, verranno pertanto utilizzati i dati provenienti da indagini geotecniche eseguite in aree limitrofe e da correlazioni ampiamente diffusa nella letteratura tecnica. I risultati delle indagini geotecniche e la conseguente modellazione geotecnica del terreno di fondazione necessaria alla progettazione sono riportati nel “Modello Geotecnico” (capitolo 6).

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 Lodovico Bo, il terreno su cui è previsto l'intervento edilizio è sostanzialmente pianeggiante con una debole inclinazione verso nord-est, sorge ad una quota di circa 319 m s.l.m. (riferimento C.T.R. Piemonte) e risulta identificabile sulla sezione n. 134.160 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, di cui si riporta in seguito un estratto con indicata l'ubicazione dell'intervento in progetto.

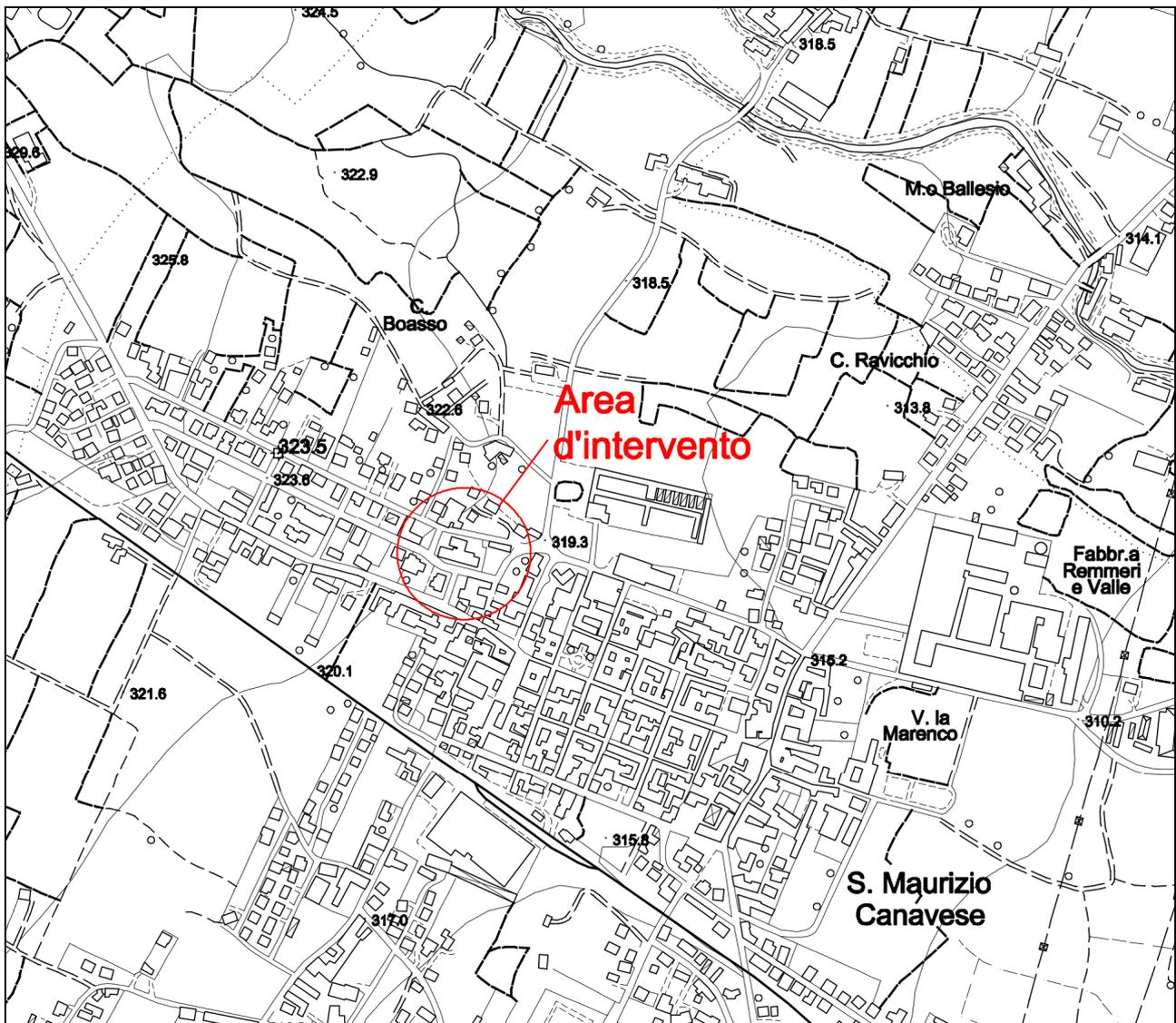


Figura 1: estratto della C.T.R. Piemonte ingrandita alla scala 1:10.000, con indicata l'area su cui è previsto l'intervento in oggetto.

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).

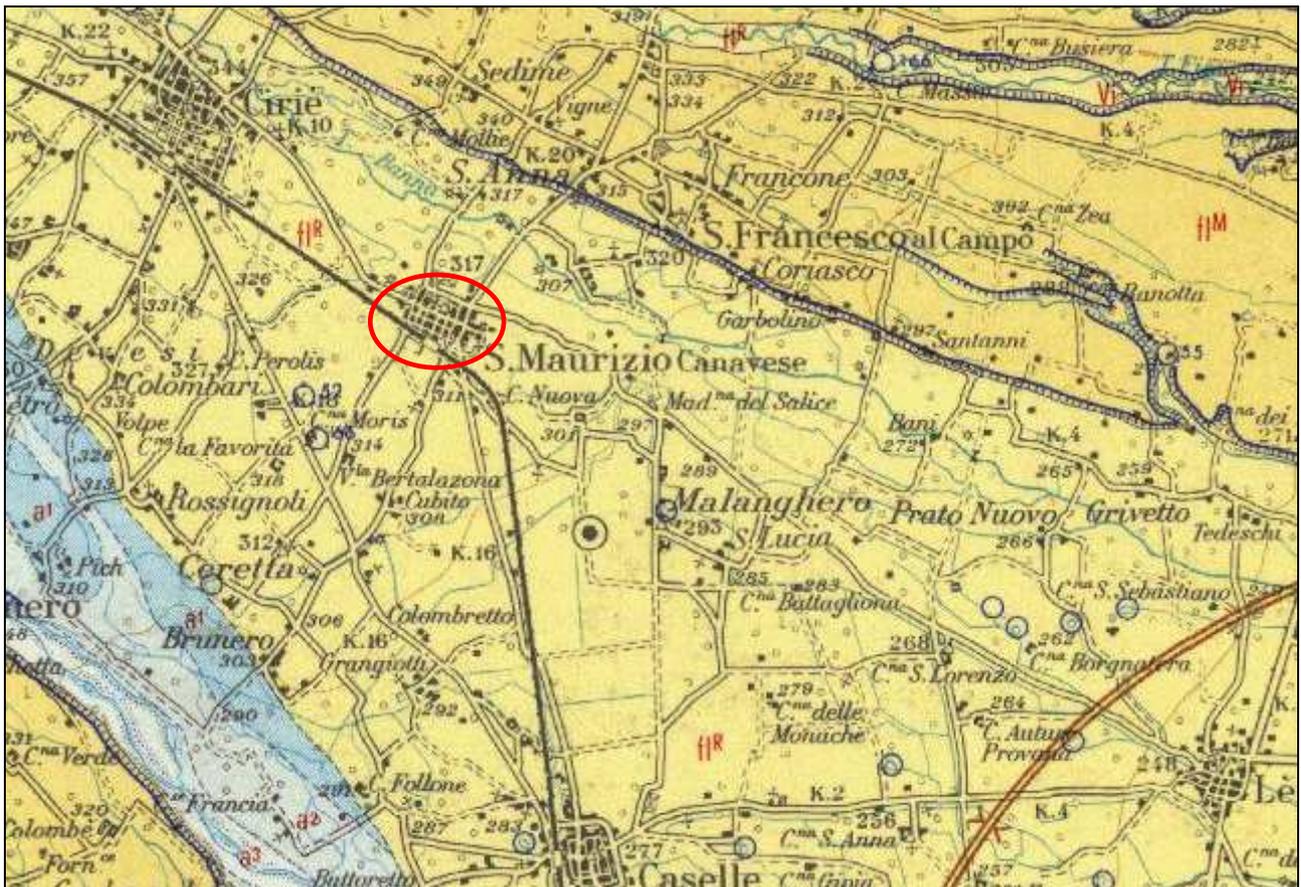
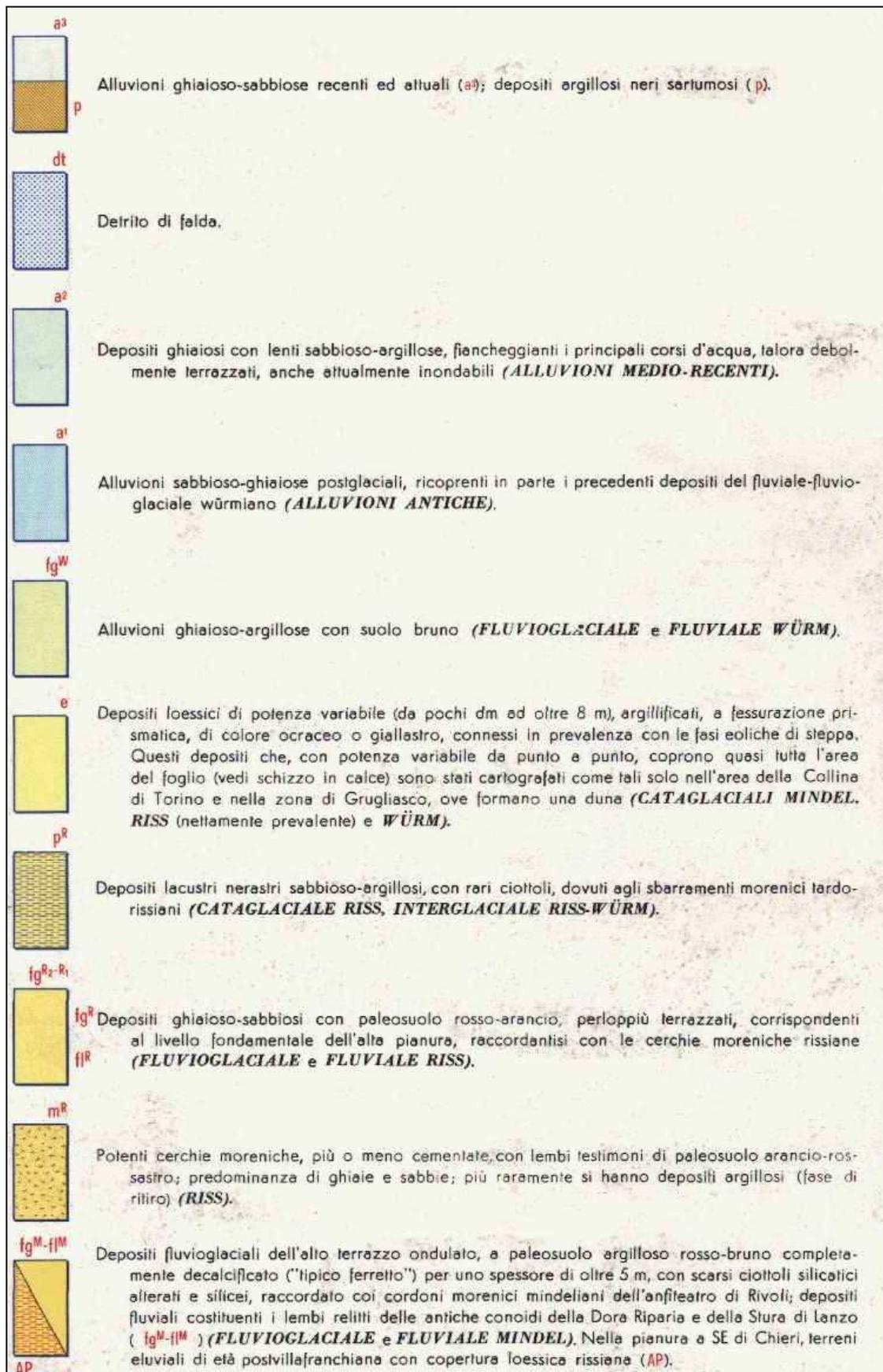


Figura 2: estratto del foglio n. 56 "Torino" e legenda semplificata (pagina seguente) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, con evidenziata in rosso l'area in esame.

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



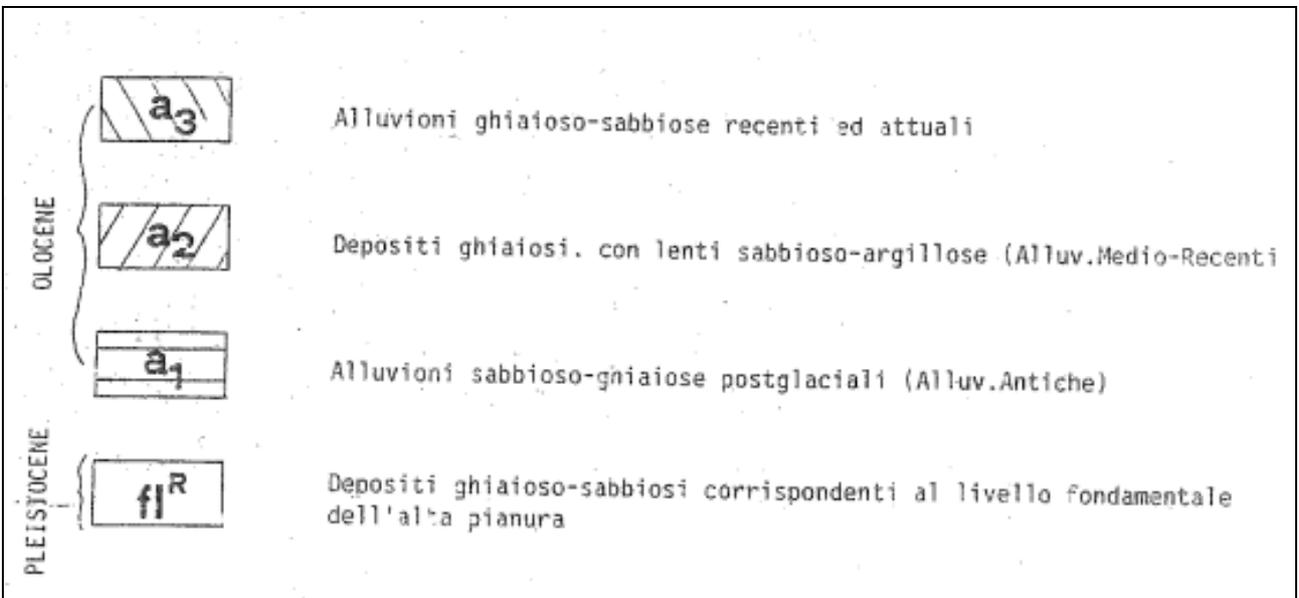


Figura 3: estratto della Carta Geologico-strutturale e legenda allegata al Piano Regolatore Generale del Comune di San Maurizio Canavese, con evidenziata in rosso l'area in esame.

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 di monitoraggio regionale, si trova a circa 200 m in direzione nordest (codice perforazione 106491).

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
PZ-SL4	San Maurizio Canavese	TO	Cimitero comunale
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
25/2/2005	2/3/2005	20.00	Rete di Monitoraggio Regionale (00124810001)

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
106491	0.05	asfalto
106491	3.30	ghiaia eterometrica ciottoli calcestruzzo e rari resti di laterizi in matrice sabbiosa debolmente limosa
106491	4.60	sabbia debolmente limosa con ghiaia eterometrica e ciottoli
106491	6.00	sabbia da debolmente limosa a limosa inglobante ghiaia eterometrica
106491	10.00	ghiaia eterometrica e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa da debolmente limosa a limosa
106491	15.00	ciottoli e ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa debolmente limosa
106491	20.00	sabbia limosa con ghiaia eterometrica e subordinati ciottoli

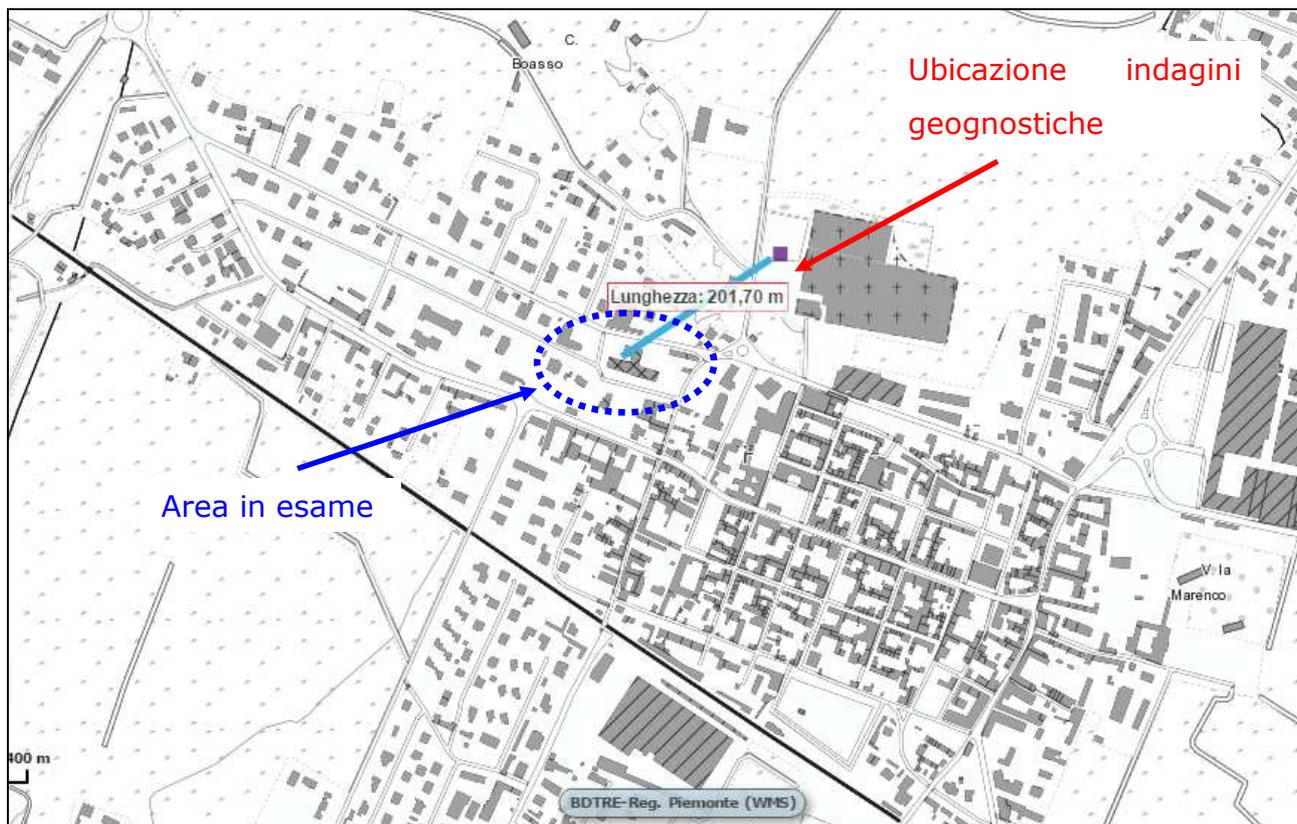


Figura 4: ubicazione dell'indagine consultate su BDTRE della Regione Piemonte, tratta da sito *web* dell'ARPA Piemonte.

3.3 INDAGINI GEOLOGICHE ESEGUITE

In data 19 luglio 2016 è stato realizzato uno scavo esplorativo (per la definizione della successione litostratigrafica di dettaglio) ed un'indagine sismica di tipo HVSR (per la definizione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC08).

L'ubicazione di tutte le indagini è riportata nell'immagine seguente:



Figura 5: ubicazione delle indagini geognostiche appositamente eseguite. Senza scala, immagine aerea tratta da Google earth.

In seguito si allegano le successioni stratigrafiche compilate durante l'esecuzione degli scavi geognostici (SG1-BO) ed alcune immagini fotografiche degli stessi.

SG1-BO – profondità = 3,0 m – (falda freatica a 2,7 da p.c.)

1. 0,0 – 0,3: scarso terreno vegetale frammisto a terreno di riporto e/o terreno rimaneggiato, granulometria sabbiosa e limosa con frammenti ghiaiosi.
2. 0,3 – 3,0: deposito costituito da 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. Deposito mediamente addensato.



Figure 6 a-b: immagini fotografiche dello scavo geognostico SG1-BO, eseguito nell'area in esame. Nella prima immagine è possibile vedere l'intera successione stratigrafica attraversata, nella seconda si evidenzia la presenza di acqua sotterranea alla profondità di 2,7 m da p.c.



Figure 7 a-b: immagini fotografiche dello scavo geognostico SG1-BO, eseguito nell'area in esame. Cumulo del materiale scavato e dettaglio di un ciottolo.

3.4 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 frammisto a terreno di riporto e/o terreno rimaneggiato, spessore di circa 30 cm;
- Orizzonte 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; deposito mediamente addensato; profondità: fino a 3,00 m da p.c.
- Orizzonte 2: successione di strati sabbioso-limoso con ghiaia e ciottoli e strati ghiaiosi con ciottoli in matrice sabbiosa.

4. RELAZIONE IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA

4.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'area in studio ricade nel 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 4000 m dal sito in esame; mentre il Banna scorre a circa 700 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 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* ⁽²⁾.

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 312 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 ⁽³⁾ allegata al Piano Regolatore risulta che la falda freatica si trova ad una quota stimabile di circa 315 m s.l.m. (interpolazione geometrica) a cui corrisponde una soggiacenza pari a circa 4 m.

Considerando quanto visto in fase di scavo esplorativo (acqua a 2,7 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 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 della possibilità di interferenza delle acque sotterranee.

⁽²⁾ 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.

⁽³⁾ Dott. Geol. A. TISSONI, "*Piano Regolatore Generale Comunale del Comune di San Maurizio Canavese – Carta Geoidrologica e delle alluvioni*" Tavola n. 4 bis, 1998.

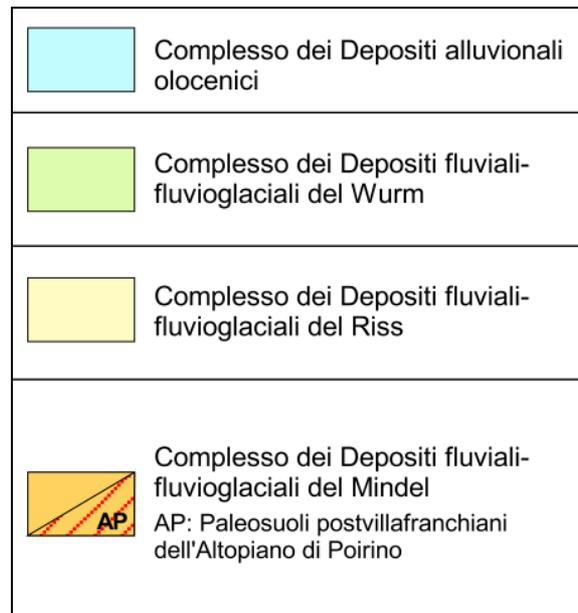


Figura 8: Carta dei complessi idrogeologici e relativa legenda, tratte da "Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Provincia di Torino".

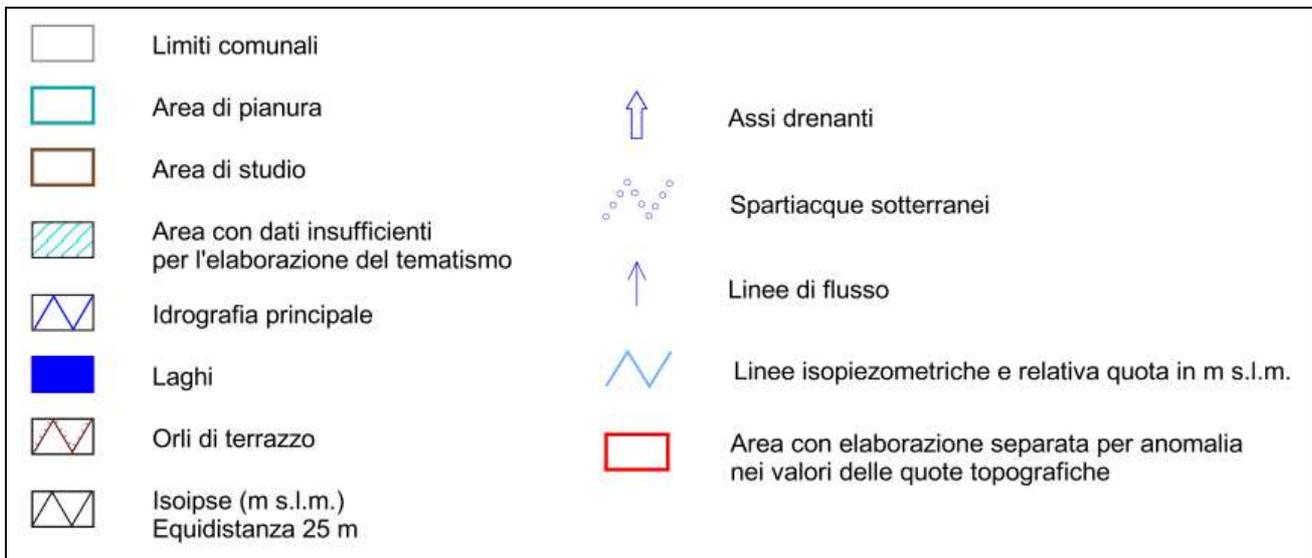
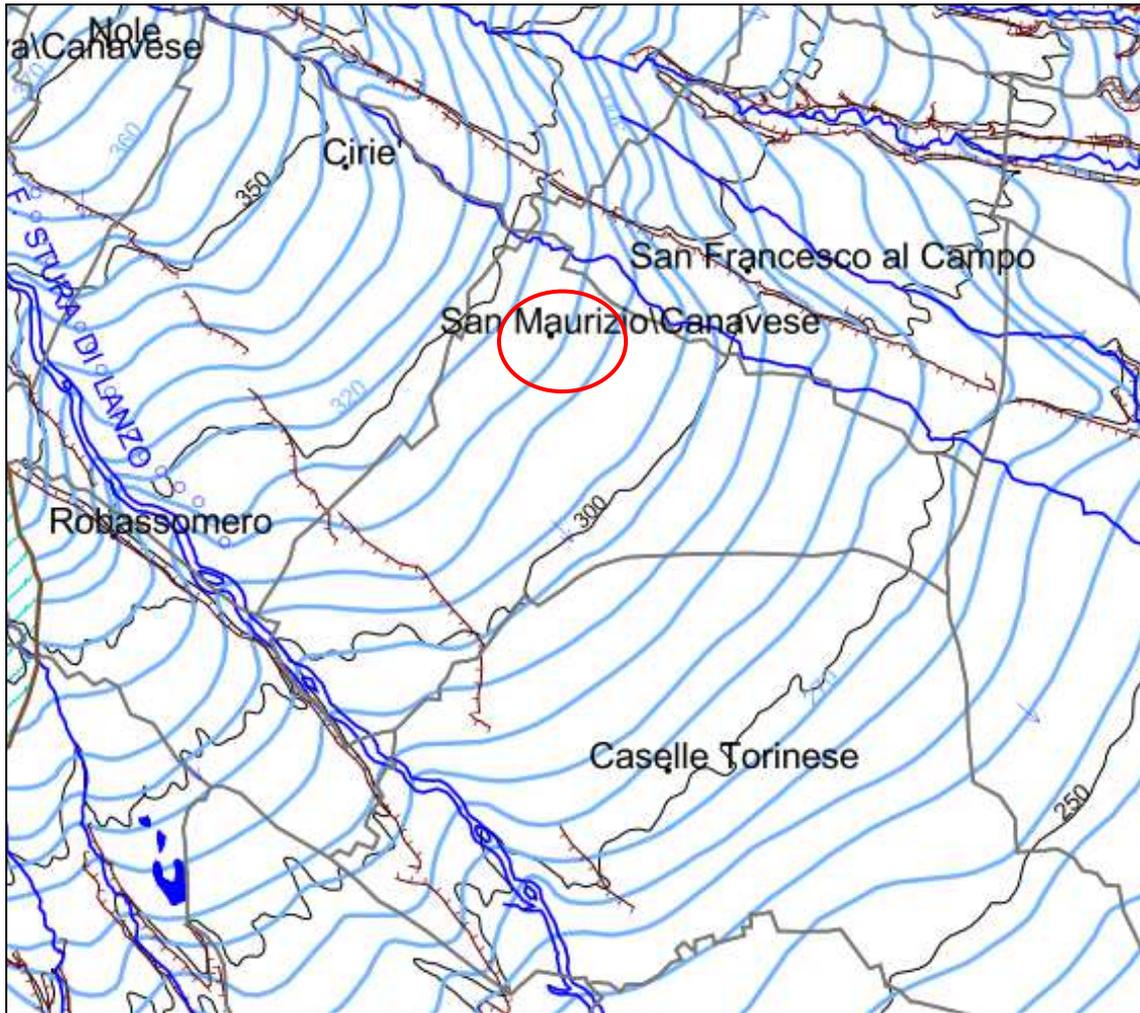


Figura 9: Carta delle isopiezometriche e relativa legenda, tratte da "Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Provincia di Torino". Con evidenziata in rosso l'ubicazione dell'area in esame.

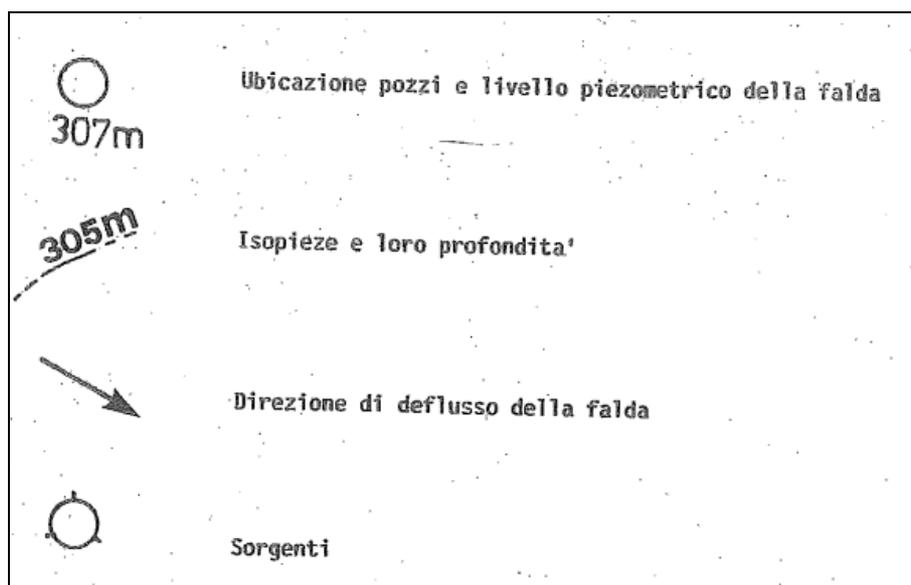
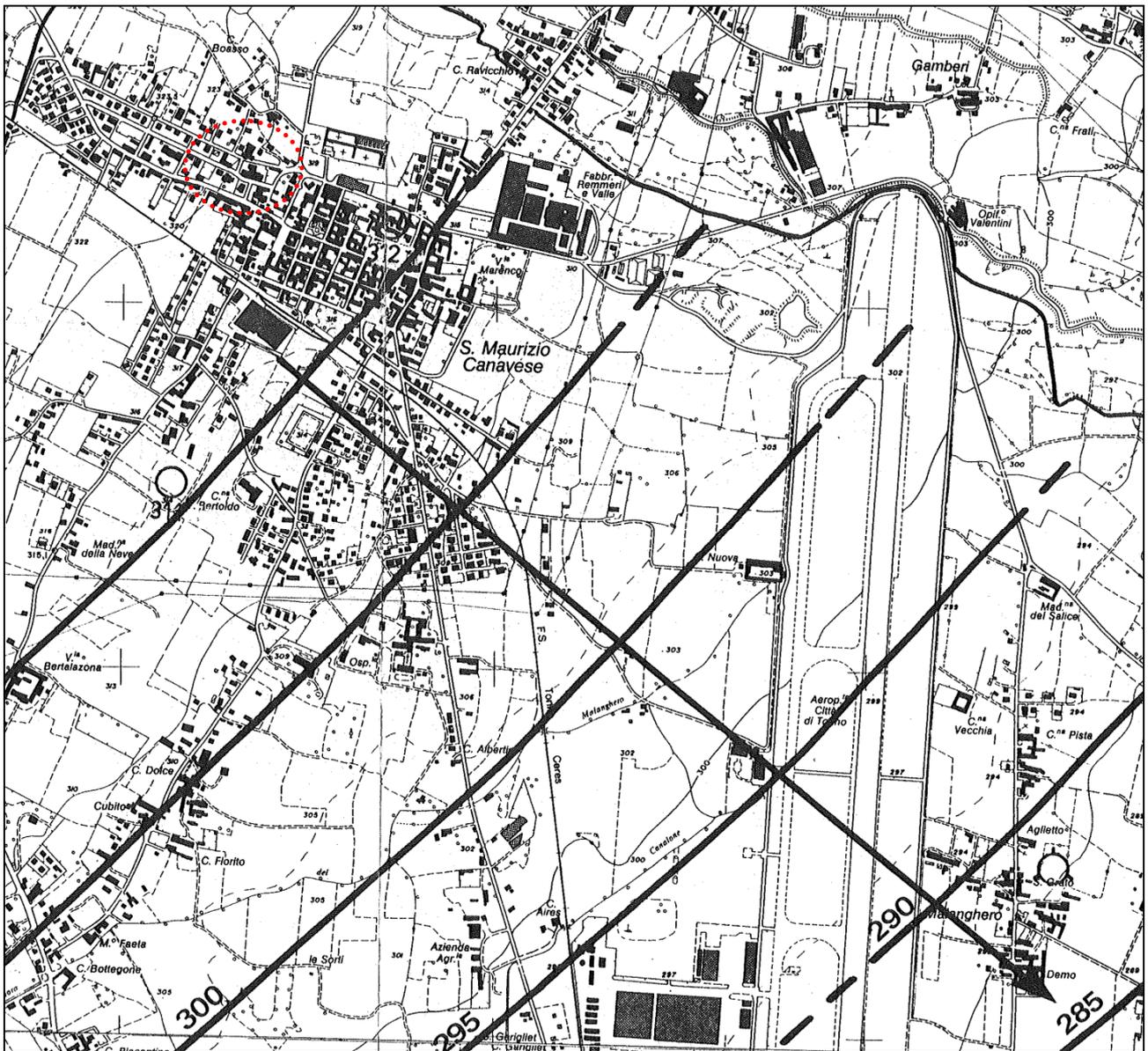


Figura 10: estratto della Carta Geoidrologica e legenda allegata al Piano Regolatore Generale del Comune di San Maurizio Canavese, con evidenziata in rosso l'area in esame.

5. RELAZIONE SISMICA

5.1 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

Secondo quanto riportato nelle DGR di cui sopra, il comune di San Maurizio Canavese risulta classificato in **Zona sismica 4**.

La normativa sismica a cui si deve fare riferimento, per l'intervento in progetto, è costituita dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC) e dalla relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" (G.U. n. 47 del 26.02.2009).

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.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche 2008, l'azione sismica di riferimento viene 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-08 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-08, 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_0 = 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} , i valori di questi parametri sono riportati anche nell'allegato B delle NTC-08.

5.1.1 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-08, sono così definiti:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza 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 11: 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.

5.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUL TERRENO IN ESAME SECONDO LE N.T.C. 2008

5.2.1 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-08, 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-08 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-08 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 COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Figura 12: tabella 2.4.I - vita nominale (VN), in funzione dei tipi di costruzione così come definita nelle NTC-08.

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

Figura 13: tab. 2.4.II – Coefficiente d'uso (CU) in base alla classe d'uso, secondo le NTC-08.

Nel caso in esame è stato scelto un valore di vita nominale pari a 100 anni $V_N = 100$ anni, mentre per la classe d'uso si è posta l'opera in progetto nelle **classe III**, ovvero quella caratterizzata da un coefficiente d'uso pari a 1.5, $C_U = 1.5$.

Pertanto risulta che il periodo di riferimento (V_R) per l'opera in progetto è:

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 1.5 = 150 \text{ anni.}$$

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_{V_R} , nel periodo di riferimento V_R , il periodo di ritorno T_R del sisma.

Si utilizza a tal fine la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{V_R}) = -C_U \times V_N / \ln(1 - P_{V_R}).$$

5.2.2 Indagini geofisiche finalizzate alla definizione della categoria di sottosuolo

In data 20/07/2016 è stata effettuata una stazione di registrazione dei microtremori ambientali secondo tecnica H.V.S.R., mirata all'acquisizione di elementi fruibili ai fini della risposta sismica locale. La tecnica H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è applicata e sviluppata da più di 30 anni⁴, ma deve la sua diffusione a Nakamura (1989).

Essa si basa sul rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del moto del suolo, dovuto al rumore sismico ambientale (microtremore). Questa metodologia, nata principalmente per valutare l'amplificazione sismica di sito, è in grado di determinare le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo (o di strutture), che corrispondono ai picchi dei rapporti spettrali tra la componente verticale e le componenti orizzontali del rumore sismico.

⁴ Nogoshi M. - Igarashi T. (1970): "On the propagation characteristics of the microtremors", J. Seism. Soc., Japan, 24-40.

La natura dei picchi H/V è tuttora molto discussa, ed è opinione diffusa e convergente, da parte della comunità scientifica, che essi siano principalmente dovuti alla propagazione delle onde di Rayleigh, onde di velocità prossima alle onde S (queste ultime hanno importanti implicazioni in campo antisismico).

L'inversione vincolata ad un modello di riferimento consente, secondo numerosi studi della letteratura tecnica più recente⁵, una buona accuratezza nella stima del $V_{S,30}$ e nella definizione della categoria di sottosuolo ai sensi delle nuove N.T.C.. Nella fattispecie, la registrazione del microtremore, della durata di 20 minuti, è stata effettuata mediante tromografo AMBROGEO ECHO TROMO HVSR 3, apparecchio costituito da un digitalizzatore del segnale a 24 bit e da 3 velocimetri ad alta sensibilità necessari all'acquisizione delle due componenti di microvibrazione orizzontali, appositamente orientate N-S ed E-W, e di quella verticale.

Le elaborazioni, sviluppate tramite il codice di calcolo Geopsy, permettono di individuare un picco delle amplificazioni primarie a frequenza di circa 8 Hz, riferibili a un netto contrasto di impedenza superficiale (h/v di circa 2,5). Le curve sintetiche mostrano una buona sovrapposizione con quelle sperimentali ed il modello geofisico di inversione evidenzia alcuni contrasti superficiali di rigidità.

Uno dei modelli geofisici di best-fit associabili a tali distribuzioni individua, nelle profondità di interesse, materiali caratterizzati da V_s via via maggiori con la profondità e superiori ai 600 m/s oltre i 18.5 m di profondità dal p.c..

Nelle pagine di seguito (figure 14, 15, 16 e 17) sono riportati i risultati della prova. Essa ha permesso di calcolare un valore medio del $V_{S,30}$ di 515 m/s.

⁵ Nogoshi M. - Igarashi T. (1970): "On the propagation characteristics of the microtremors", J. Seism. Soc., Japan, 24-40.

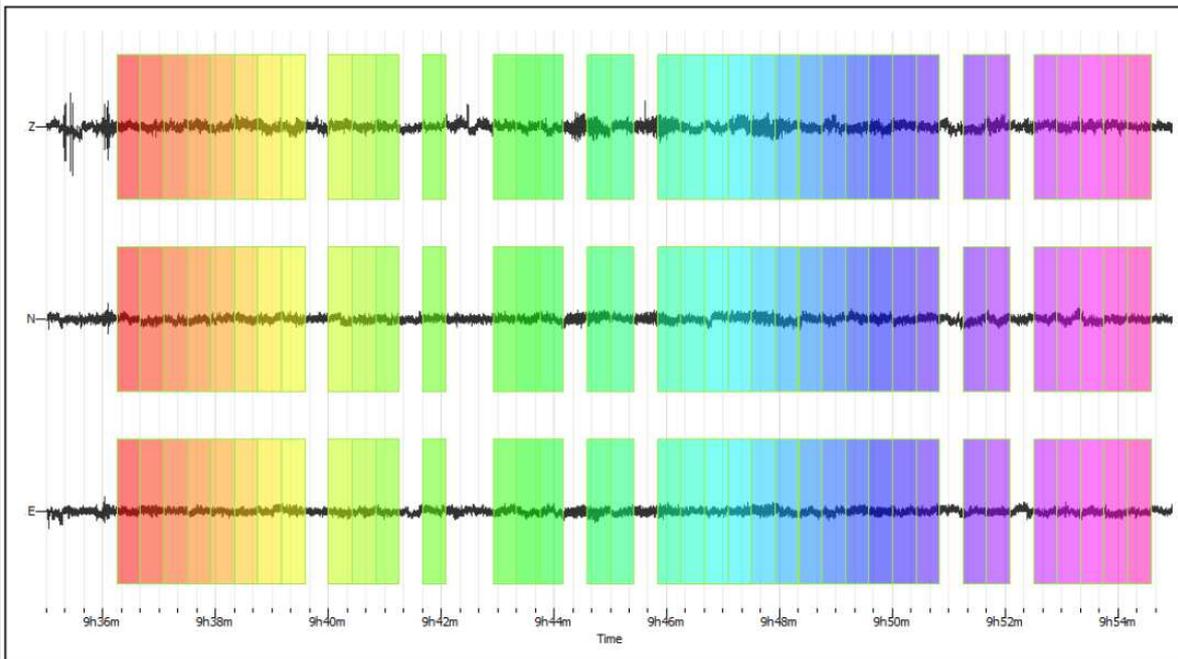
⁵ Nakamura Y. (1989): "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface", Q. Res. Rail. Transp. Res. Inst., 30(1), 25-33.

⁵ CASTELLARO S. – MULARGIA F. (2007): " $V_{S,30}$ Estimates Using Constrained H/V Measurements", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 99, No. 2A, pp. 761-773

Nome stazione: HCSR1
Località: San Maurizio Canavese (TO)
Strumentazione: Ambrogeo Echo Tromo 3
Inizio registrazione: 20/07/2016 09.35
Canali: Verticale – Orizzontale Nord Sud – Orizzontale Est Ovest
Lunghezza traccia: 20 min
Frequenza di campionamento: 155 Hz
Dimensione finestre: 25 s
Lisciamento: Konno & Omachi (40,00)
Condizioni meteo: Cielo sereno, assenza vento
Rumorosità antropica: Passi sporadici ad inizio registrazione



Prova HCSR1 – Esecuzione prova



Prova HCSR1 - Sismogramma

Figura 14: misure con tecnica HCSR.

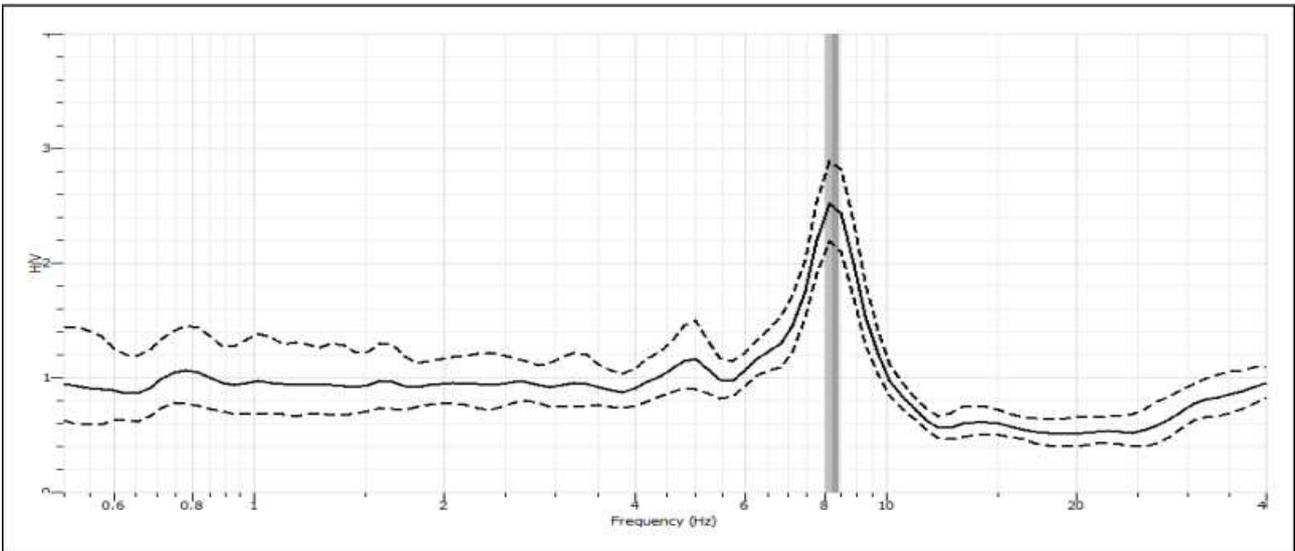


Figura 15: Sintesi degli spettri medi di frequenza.

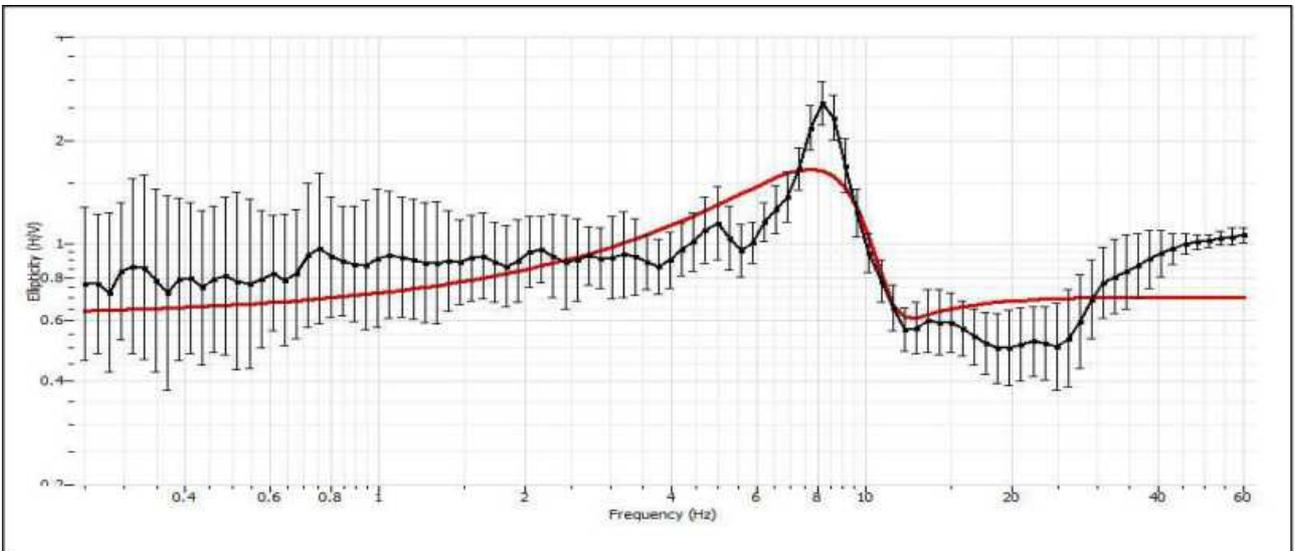


Figura 16: Inversione della curva: CURVA SINTETICA (rosso)÷CURVA SPERIMENTALE (nero).

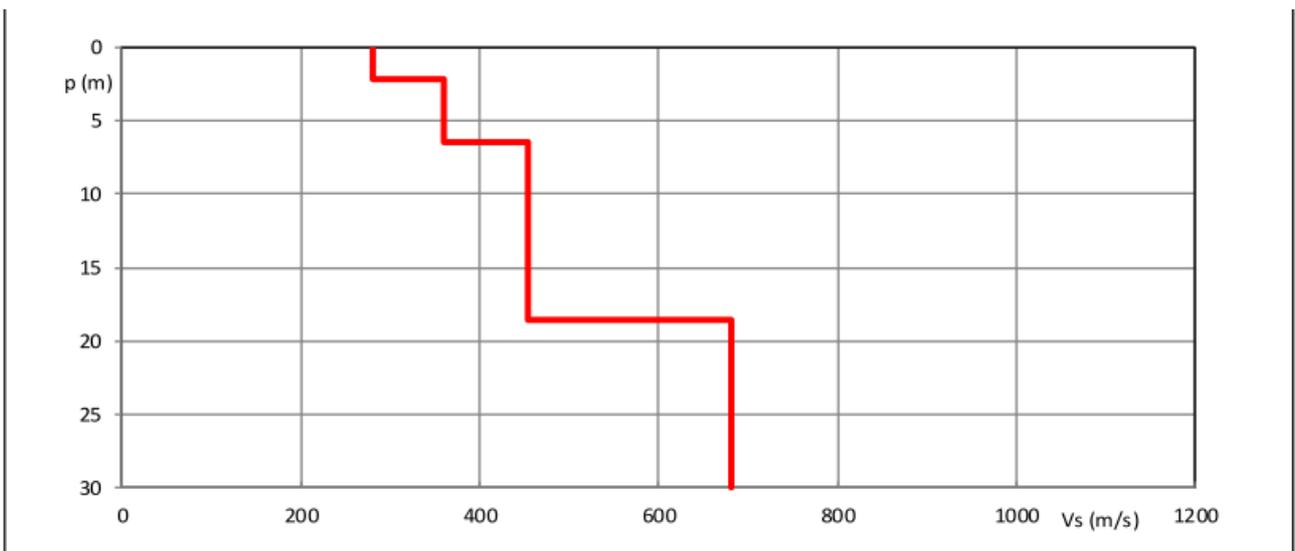


Figura 17: Modello geofisico di inversione.

5.2.3 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-08 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 18: tabella 3.2.IV delle NTC-08 – categorie topografiche e loro descrizione.

Nel caso in esame, trattandosi di un'area mediamente acclive, la categoria topografica può essere assunta, cautelativamente, 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	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>Deposit</i> di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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>Deposit</i> di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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).

Figura 19: tabella 3.2.II – categorie di sottosuolo e loro caratteristiche secondo le NTC-08.

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

Categoria	Descrizione
S1	Deposit 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	Deposit di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Figura 20: tab. 3.2.III delle NTC-08 – Categorie di sottosuolo aggiuntive e loro caratteristiche

Nelle definizioni precedenti, il termine V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, che viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore, espresso in m, e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Nel caso in esame il sottosuolo dell'area in esame è stata classificata come appartenente alla categoria "**B**".

6. MODELLO GEOTECNICO

6.1 INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

In questo capitolo verranno estrapolati i parametri geotecnici caratteristici necessari alla ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo come richiesto dalla normativa tecnica vigente (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 – D.M. 14/01/2008): “*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 nell’area di intervento (vedi dati riportato al paragrafo 3.3).

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-08, 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* ⁽⁶⁾, 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. 14/01/2008).

⁽⁶⁾ Si tratta di un diagramma di correlazione elaborato dall'U.S. Naval Publ. and Forms Center di Philadelphia, comunemente noto come "*NAV-FAC*".

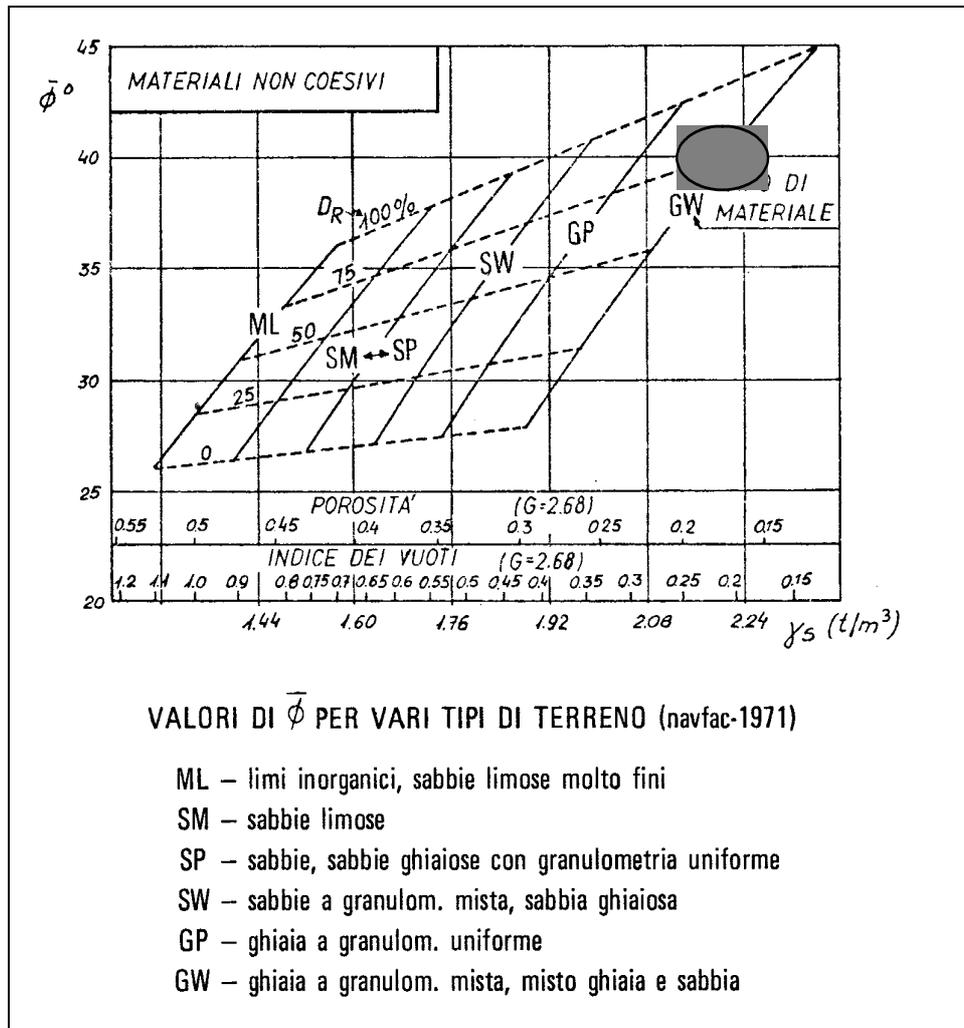


Figura 21: diagramma di correlazione fra i principali parametri geotecnici dei terreni, noto come "NAV-FAC", con l'ellisse grigia viene evidenziata la zona di proiezione del deposito in esame (classificato come GW).

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 22: 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.

6.2 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 frammentato a terreno di riporto e/o terreno rimaneggiato, spessore di circa 30 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-limoso. I ciottoli e la ghiaia si presentano praticamente inalterati; profondità: fino a 3,0 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. 14/01/2008 – N.T.C. 08 si rimanda alle relazioni specialistiche e ai calcoli strutturali del Progetto Definitivo.

6.3 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

L'area su cui ricade l'intervento in oggetto ricade in quelle porzioni di territorio con magnitudo locale inferiore a 5, come verificabile dalle "Mappe interattive di pericolosità sismica" e reperibili sul sito web dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Dalla disaggregazione del valore di a_g , con probabilità di eccedenza $P_{VR} = 10\%$ in 50 anni, risulta un valore di magnitudo pari a 4,88 per l'area in esame.

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"*.

Nel paragrafo 7.11.3.4.2. vengono elencate le cause di esclusione alla verifica a liquefazione, il primo comma prevede di escludere la verifica alla liquefazione nel caso di aree con eventi sismici attesi, di magnitudo M inferiore a 5.

7. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Il piano regolatore generale del Comune di San Maurizio Canavese ed in particolare la “Carta di Sintesi” ⁽⁷⁾ 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.

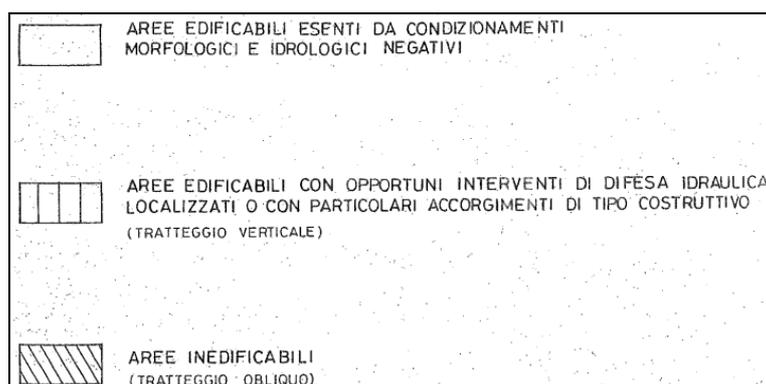
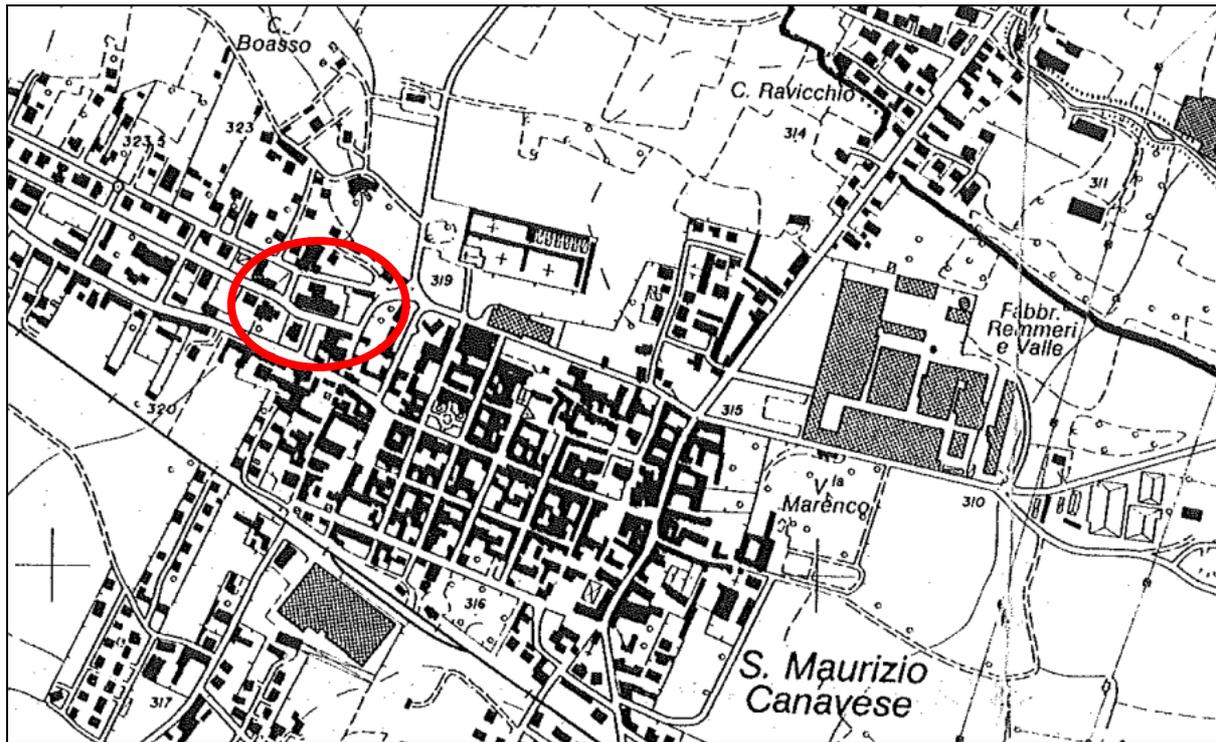


Figura 23: Carta di sintesi e relativa legenda semplificata, allegate al Piano Regolatore Generale del Comune di San Maurizio Canavese. Viene evidenziata in rosso l’ubicazione dell’area in esame.

⁽⁷⁾ Dott. Geol. A. TISSONI, “Piano Regolatore Generale Comunale del Comune di San Maurizio Canavese – Carta di Sintesi o dell’edificabilità”, gennaio 1998.

8. CONCLUSIONI

L'intervento in progetto è ubicato in Via Lodovico Bo nel Comune di San Maurizio Canavese (TO) e prevede la costruzione di un nuovo ascensore adiacente all'esistente edificio scolastico (Scuola A. Remmert).

Per un descrizione di maggior dettaglio di tutti gli interventi in progetto si rimanda alle tavole e alla relazione a firma dell'Arch. Dario Mordenti 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 ed ai risultati emersi dalle indagini geognostiche realizzate appositamente in sito (1 scavo geognostico ed 1 prova geofisica di tipo H.V.S.R.).

Grazie ai dati così acquisiti si è potuta effettuare una modellazione geologica preliminare 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 stazione HVSR).

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 2,70 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 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 PAI e dalla Direttiva Alluvioni e non risulta pertanto potenzialmente interessato da acque di esondazione.

L'area ricade nei casi di esclusione della verifica a liquefazione (paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC-08, comma 1) in quanto la Magnitudo attesa è inferiore a 5.

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.