



# GEOALPI CONSULTING

Geologia - Idrogeologia - Geotecnica - Geologia strutturale

## GEOLOGI ASSOCIATI

Elisabetta ARRI - Marco BARBERO - Raffaella CANONICO - Francesco PERES

P.iva 09303590013

REGIONE PIEMONTE - CITTA' METROPOLITANA DI TORINO  
COMUNE DI PINEROLO

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO  
AREA CE 7.2 sub aree "c" e "d"

Frazione Riva di Pinerolo

RICHIEDENTE: DANESY EMILIO

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

**IL TECNICO INCARICATO**  
**DOTT. GEOLOGO MARCO BARBERO**

FEBBRAIO 2018

 Via Saluzzo, 52 - 10064 Pinerolo (TO)

 Telefono / Fax +39 0121 375017

 [info@geoalpiconsulting.it](mailto:info@geoalpiconsulting.it)

 [www.geoalpiconsulting.it](http://www.geoalpiconsulting.it)

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</b>	<b>2</b>
<b>3. LINEAMENTI GEOLOGICO-MORFOLOGICI.....</b>	<b>2</b>
<b>4. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA .....</b>	<b>4</b>
<b>5. PERICOLOSITA' GEOLOGICA LOCALE .....</b>	<b>5</b>
<b>6. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</b>	<b>7</b>
<b>7. ANALISI SISMICA DELL'AREA OGGETTO D'INTERVENTO.....</b>	<b>9</b>
<b>8. FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO .....</b>	<b>11</b>
<b>9. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>13</b>
<b>10. VERIFICHE GEOTECNICHE.....</b>	<b>14</b>
<b>11. CONCLUSIONI.....</b>	<b>16</b>

## ALLEGATI

- Allegato 1 - Localizzazione geografica dell'area oggetto d'indagine
- Allegato 2 - Inquadramento geologico
- Allegato 3 - Dati geognostici di riferimento
- Allegato 4 - Ubicazione indagini geognostiche
- Allegato 5 - Sondaggio a carotaggio continuo: relazione illustrativa
- Allegato 6 - Sezioni stratigrafiche pozzetti esplorativi
- Allegato 7 - Documentazione fotografica pozzetti esplorativi
- Allegato 8 - Indagini geofisiche: relazione illustrativa
- Allegato 9 - Verifiche geotecniche: tabulati

## **1. PREMESSA**

In base all'incarico conferitomi, è stata redatta la presente relazione geologico-tecnica che si riferisce al Piano Esecutivo Convenzionato che la proprietà richiedente intende attuare nel Comune di Pinerolo nell'azonamento CE 7.2. sub aree "c" e "d" del P.R.G.C. vigente.

Più precisamente lo studio è stato condotto allo scopo di verificare la fattibilità degli interventi edilizi previsti nel P.E.C. in esame, in funzione delle caratteristiche geologiche dell'area ove ne è prevista la realizzazione. Nella relazione sono pertanto illustrati i caratteri geologici, morfologici ed idrogeologici dell'area oggetto d'indagine che sono stati rilevati nel corso di alcune apposite ricognizioni. Nell'ambito del presente studio si è inoltre proceduto all'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche allo scopo di ricostruire con un certo dettaglio l'assetto litostratigrafico dell'area in esame e di valutare le caratteristiche dei terreni di fondazione. In particolare sono stati realizzati un sondaggio a carotaggio continuo, tre pozzetti esplorativi, nonché un'indagine geofisica finalizzata alla valutazione della risposta sismica locale (un profilo sismico di tipo MASW - Multichannel Analysis Surface Waves).

I risultati delle indagini di terreno sono stati successivamente integrati ed approfonditi mediante l'esame della documentazione bibliografica. In ultimo, facendo riferimento alle caratteristiche tecniche degli interventi edilizi in progetto, nonché al modello geotecnico definito sulla base dei risultati delle indagini di cui sopra, è stato possibile fornire una valutazione in merito alla fattibilità geotecnica degli interventi stessi. In merito a quest'ultimo aspetto si rammenta che il Comune di Pinerolo è stato riclassificato in Zona 3S ai sensi della vigente normativa sismica (D.G.R. 11/13058 del 19/1/2010).

Si precisa infine che il presente elaborato, che è stato redatto ai sensi del D.M. 11/3/1988 e del D.M. 14/1/2008, è comprensivo della Relazione geologica (§6.2.1 delle NTC08) e della Relazione geotecnica (§6.2.2 e §6.2.3 delle NTC08).

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

L'area oggetto del presente studio è situata ad una quota di circa 324 metri s.l.m.<sup>(1)</sup> nella porzione orientale del territorio comunale di Pinerolo. Più in particolare essa è ubicata nel settore centrale del nucleo frazionale di Riva ed insiste sulle particelle catastali nn. 2, 46, 424 e 500 del Foglio 39 del Comune di Pinerolo.

Per maggiori ragguagli in merito alla localizzazione geografica dell'area in esame si rimanda all'estratto della BDTRE Base Cartografica di Riferimento della Regione Piemonte in scala 1:10.000 (sezione n. 173090) riportato nell'Allegato 1.

## **3. LINEAMENTI GEOLOGICO-MORFOLOGICI**

Dal punto di vista geologico regionale l'area oggetto d'indagine è situata in prossimità del margine occidentale della pianura pedemontana localizzata al piede delle propaggini dei rilievi collinari che sorgono a ridosso dell'abitato di Pinerolo. Questi rilievi rappresentano i primi contrafforti della catena alpina e sono caratterizzati dall'affioramento di litotipi riferibili al "Massiccio Cristallino pretriassico del Dora-Maira", il più meridionale fra i massicci cristallini interni di pertinenza pennidica di cui è costituito l'edificio alpino occidentale. Questo importante complesso è essenzialmente costituito da rocce metamorfiche polideformate del basamento continentale paleozoico, da paraderivati monometamorfici principalmente rappresentati da micascisti e gneiss minuti a pigmento grafite (la "Serie grafite delle Alpi Cozie" Auct.), nonché da ortoderivati a chimismo acido (granitico e granodioritico) di probabile età tardo-ercinica. In particolare lungo i versanti della Collina di Pinerolo affiorano i litotipi della "Serie grafite".

Più in dettaglio l'area in esame insiste sul terrazzo alluvionale antico allungato fra gli abitati di Pinerolo e di Piscina. Questo terrazzo, noto nella letteratura scientifica con la denominazione "Rilievo di Riva", è separato dalla pianura alluvionale recente, geneticamente legata ai torrenti Chisone e Lemina, per mezzo di una scarpata che raggiunge il massimo risalto morfologico nei pressi del nucleo abitato di Riva.

---

<sup>1</sup> Piano quotato Carta Tecnica Regionale (CTR).

L'esistenza di questo limite era già stata evidenziata dai Rilevatori della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Foglio n. 67, Pinerolo), nella quale a Nord dell'orlo del terrazzo in esame è indicata la presenza di terreni alluvionali riferiti al "Diluviale antico" ("Diluvium antico ferrettizzato") e a Sud dei terreni di ugual natura ma più recenti ("Alluvioni terrazzate") e per questa ragione attribuiti al "Diluviale recente ed alluviale". Si segnala che queste definizioni sono ormai considerate desuete e poco precise. Al riguardo si precisa che, sulla base di un recente studio (COLLO G., "L'evoluzione tettonica recente del Pinerolese nell'ambito dei rapporti fra le Alpi e la Collina di Torino", 1995), i depositi che costituiscono il "Rilievo di Riva" possono essere riferiti alla parte inferiore del Pleistocene medio e quelli della pianura recente all'Olocene (si veda la tavola d'inquadramento geologico riportata nell'Allegato 2).

Dal punto di vista sedimentologico l'area oggetto d'indagine è caratterizzata dalla presenza di depositi grossolani di origine alluvionale, costituiti prevalentemente da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa. A questo proposito occorre precisare che i depositi in esame, in ragione dei processi di alterazione pedogenetica connessi all'età piuttosto antica che li contraddistingue, in superficie sono generalmente ricoperti da un suolo caratterizzato da un intenso grado di argillificazione e da una colorazione marcatamente rossastra (il "ferretto" degli Autori).

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto d'indagine si presenta da subpianeggiante a debolmente inclinata verso Est e, come poc'anzi riferito, insiste su un settore di pianura alluvionale antico. Al riguardo si segnala che l'area in esame si colloca in prossimità della scarpata di terrazzo precedentemente richiamata. Quest'ultima presenta un dislivello massimo nell'ordine dei tre-quattro metri ed è caratterizzata da ampi tratti fortemente rimodellati dall'azione antropica.

Infine, per quanto concerne gli aspetti pedologici, facendo riferimento al Foglio 173 della "Carta dei suoli" della Regione Piemonte (I.P.L.A., 2007), nell'area oggetto d'indagine si possono riconoscere degli "alfisuoli dei terrazzi antichi non idromorfi".

#### **4. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA**

Allo scopo di ricostruire l'assetto litostratigrafico generale dell'area oggetto del presente studio, si è proceduto alla raccolta dei dati relativi alle indagini geognostiche condotte nel recente passato nel settore orientale del territorio comunale di Pinerolo. In particolare sono stati presi in esame i dati relativi ad un sondaggio a carotaggio continuo effettuato nelle vicinanze dell'area indagata<sup>(2)</sup>, nonché i risultati della campagna di indagini geofisiche condotta, sotto la direzione dello scrivente, nell'ambito della progettazione del P.E.C. relativo all'area CE7.2<sup>(3)</sup>.

La localizzazione dei dati di riferimento è indicata nella tavola d'inquadramento geologico riportata nell'Allegato 2.

L'assetto litostratigrafico che emerge dal sondaggio di riferimento (S1), che è stato spinto fino ad una profondità di 20,00 metri dal piano campagna, è coerente con il quadro delineato nel precedente capitolo.

In particolare a partire dal piano campagna è stata riscontrata la presenza di un primo livello di terreno agrario avente potenza nell'ordine dei 40 centimetri, inferiormente al quale sono presenti dei sedimenti limoso-argilloso-sabbiosi che hanno una potenza complessiva di 1,20 metri. Nell'intervallo compreso fra -1,60 metri e -3,40 metri è stato attraversato un orizzonte di materiali limoso-argilloso-sabbiosi con ghiaia e ciottoli. Seguono, fino ad una profondità di -14,60 metri, dei depositi essenzialmente ghiaiosi nei quali è intercalato un livello pluridecimetrico di limi sabbiosi. Infine sono stati attraversati, fino a fondo foro, dei depositi di natura prevalentemente sabbiosa.

Per quanto riguarda la campagna di indagini geofisiche condotta nell'azonamento CE7.2 si precisa che sono stati realizzati due profili sismici a rifrazione in Onde SH (profili B1 e B2; lunghezza stendimenti: 115 m), che hanno fornito valori di  $V_{s,30}$  compresi fra 610 e 700 m/s. In particolare si ritiene che, in virtù della vicinanza all'area in esame, i risultati delle indagini geofisiche di cui sopra possono essere considerati rappresentativi anche per il sito oggetto del presente studio, a maggior ragione se si considera che quest'ultimo è caratterizzato dalla presenza di depositi confrontabili (in

---

<sup>2</sup> Fonte: Studio Geologico elaborato a supporto della variante strutturale per l'adeguamento del P.R.G.C. al PAI, Tav. GB05A "Carta litotecnica e delle indagini geognostiche" a cura del Dott. Geol. Teresio BARBERO e del Dott. Geol. Nicola QUARANTA (luglio 2012).

<sup>3</sup> 15 ottobre 2007.

termini di età, nonché di caratteristiche sedimentologiche e tessiturali) a quelli del settore su cui l'indagine geofisica di riferimento è stata condotta (per ulteriori dettagli a questo proposito si rimanda al capitolo 7).

Per maggiori ragguagli in merito alle indagini di riferimento si rimanda al fascicolo riportato nell'Allegato 3.

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico del settore di pianura oggetto d'indagine, si precisa che il materasso alluvionale costituito dai depositi sopra descritti ospita un acquifero di tipo freatico. Al riguardo si segnala che, l'alimentazione di questo acquifero avviene per infiltrazione diretta degli apporti meteorici e per dispersione in subalveo dai corsi d'acqua. Sulla base di tali considerazioni è ragionevole ritenere che nell'area considerata questo sistema acquifero sia caratterizzato da una direzione di deflusso subparallela alla direttrice Ovest-Est. Il quadro appena illustrato è confermato da uno degli specifici elaborati cartografici delle monografie del Piano regionale di Tutela delle Acque (PTA) relative all'acquifero superficiale (Pianura Pinerolese, Tav. 3 - Elementi di assetto idrogeologico, parte 2).

In merito alla soggiacenza della falda si segnala che, in corrispondenza della verticale d'indagine S1, non è stata segnalata la presenza della falda. Ulteriori informazioni al riguardo sono state desunte dalla cartografia tematica del PTA, dalla quale si evince che nel settore in esame la superficie libera della falda presenta una soggiacenza media nell'ordine dei quindici-venti metri dal piano campagna.

## **5. PERICOLOSITA' GEOLOGICA LOCALE**

Per quanto concerne gli aspetti relativi alla pericolosità geologica locale, si segnala che, nel corso delle indagini di terreno<sup>(4)</sup>, in corrispondenza del settore su cui insiste il fabbricato oggetto d'intervento, non è stata rilevata la presenza di evidenze morfologiche legate a processi di instabilità in atto che, alla luce del contesto territoriale considerato, possono essere unicamente riconducibili alla dinamica del reticolo idrografico superficiale. A tale riguardo si specifica che, nel settore di pianura

---

<sup>4</sup> Sopralluoghi condotti in data 24 gennaio 2018 e 9 febbraio 2018.

considerato, il reticolo idrografico è unicamente individuato da una serie di canalizzazioni irrigue derivate dal Canale Motta Grossa. Nel dettaglio, si rileva che l'area oggetto d'indagine è localizzata circa 50 metri a Sud rispetto ad una delle suddette canalizzazioni.

Le osservazioni di terreno sono state confermate mediante l'analisi delle carte tematiche della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte (Foglio n. 67 - Pinerolo: "Carta delle aree inondabili"), del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ("Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici": Foglio 173, Sez. III - Vigone), nonché del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvioni (PGRA) recentemente elaborato dalla medesima Autorità di Bacino sulla base di quanto previsto dalla Direttiva 2007/60 CE ("Carta della pericolosità da alluvione": Tavola 173 SW).

Informazioni di maggiore dettaglio sono state desunte dalla consultazione dello studio geologico elaborato a supporto della variante strutturale per l'adeguamento del P.R.G.C. al PAI<sup>(5)</sup>, dal quale emerge che l'area in esame risulta essere esterna alla perimetrazione dei dissesti potenziali o in atto.

Sebbene non sia stata rilevata la presenza di processi di instabilità potenziali o in atto, nella "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'uso urbanistico" (Tav. GB07B), il settore su cui insiste l'azzonamento oggetto d'intervento è stato cautelativamente ascritto alla classe 2 ("porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici, esplicitati a livello di norme di attuazione e realizzabili a livello di progetto esecutivo nel rispetto del D.M. 11/03/88, del D.M. 14/01/08 e s.m.i., esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante"). Più precisamente l'area è stata assegnata alla sottoclasse 2b ("settori di pianura e/o settori localizzati alla base dei versanti collinari potenzialmente allagabili da acque di bassa energia, settori depressi sede di ristagno").

In conclusione si evidenzia che l'area oggetto d'indagine è inserita in un contesto che presenta già un elevato grado di urbanizzazione e che le strutture edilizie presenti nell'intorno significativo della stessa non hanno

---

<sup>5</sup> Tav. GB02A "Carta geomorfologica e dei dissesti" e Tav. GB03A "Carta della dinamica fluviale e del reticolo idrografico minore" a cura del Dott. Geol. Teresio BARBERO e del Dott. Geol. Nicola QUARANTA (luglio 2012).

determinato interferenze negative con l'assetto geologico del settore considerato.

## **6. INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Come anticipato in premessa, nell'ambito del presente studio è stata condotta un'apposita campagna di indagini geognostiche (un sondaggio a carotaggio continuo e tre pozzetti esplorativi) e geofisiche (un profilo sismico di tipo MASW - Multichannel Analysis Surface Waves), la cui ubicazione è indicata nella planimetria catastale riportata nell'Allegato 4.

In particolare, il sondaggio a carotaggio continuo, che è stato eseguito ad opera della Sondeco S.r.l. di Torino<sup>(6)</sup>, e i successivi pozzetti esplorativi di taratura, realizzati mediante un escavatore meccanico a benna rovescia<sup>(7)</sup>, hanno consentito di ricostruire con un certo dettaglio l'assetto litostratigrafico dell'area in esame e di valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione. Per quanto concerne i risultati dell'indagine geofisica, che è stata finalizzata alla valutazione della risposta sismica locale, si rimanda al capitolo 7.

L'esecuzione delle indagini ha permesso di ricostruire un assetto litostratigrafico coerente con il quadro illustrato nei precedenti capitoli. Più precisamente, il sondaggio, che ha raggiunto la profondità di 15,00 m dal piano campagna, ha evidenziato la presenza di un orizzonte superficiale costituito da terreno agrario con rari laterizi (spessore: 30 cm), a cui seguono dei sedimenti limoso-sabbiosi di colore rosso-ocraceo fino a -1,10 m dal p.c.. E' stato quindi attraversato un livello metrico di materiali limoso-sabbiosi caratterizzati dalla presenza di ghiaie e ciottoli che in alcuni casi mostrato un elevato grado di alterazione. A partire dalla profondità di -2,00 m dal p.c. sono stati attraversati, fino a fondo foro, dei depositi alluvionali grossolani di natura essenzialmente ghiaioso-sabbiosa. Si sottolinea che i depositi riscontrati lungo la verticale del sondaggio sono caratterizzati da un grado di alterazione piuttosto marcato. Al riguardo si segnala che in alcuni casi i processi di alterazione hanno interessato anche la frazione grossolana.

---

<sup>6</sup> 24 - 25 gennaio 2018.

<sup>7</sup> 9 febbraio 2018.

Si precisa inoltre che nel corso delle operazioni di perforazione lungo la verticale del sondaggio sono state eseguite 7 prove SPT (standard penetration test) i cui risultati, sotto riportati<sup>(8)</sup>, sono stati utilizzati al fine di valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione (si veda il capitolo 9).

- -3,00 metri dal p.c. →  $N_{SPT} = 24$  (sabbie e ghiaie);
- -4,50 metri dal p.c. →  $N_{SPT} = 36$  (sabbie e ghiaie);
- -6,00 metri dal p.c. →  $N_{SPT} = 34$  (sabbie e ghiaie);
- -7,50 metri dal p.c. →  $N_{SPT} = 60$  (ghiaie eterometriche);
- -9,30 metri dal p.c. →  $N_{SPT} = 57$  (ghiaie eterometriche);
- -10,50 metri dal p.c. →  $N_{SPT} = R$  (sabbie e ghiaie);
- -12,00 metri dal p.c. →  $N_{SPT} = 68$  (sabbie e ghiaie).

Nel corso delle operazioni di perforazione del sondaggio non è stata intercettata la falda freatica, confermando di fatto il quadro idrogeologico illustrato nel capitolo 4, sulla base del quale si possono pertanto escludere interferenze fra la falda e le strutture previste nell'ambito del P.E.C. in esame.

Per quanto concerne i pozzetti esplorativi, che sono stati spinti ad una profondità di -3,00 m, si precisa che essi hanno confermato il quadro litostratigrafico sopra tratteggiato. In particolare, le operazioni di scavo dei pozzetti hanno evidenziato che l'orizzonte superficiale di terreno agrario e di sedimenti limoso-argillosi presenta uno spessore relativamente modesto, compreso fra 1,00 m (PE1) e 1,50 m (PE3).

La realizzazione dei pozzetti ha infine consentito di dettagliare le caratteristiche dei depositi presenti nell'area in esame. Al riguardo si segnala che, di norma, i clasti mostrano un grado di arrotondamento elevato, presentano dimensioni pluridecimetriche ( $\varnothing_{med} = 10 - 15$  cm;  $\varnothing_{max} = 40$  cm) e risultano essere prevalentemente costituiti da pietre verdi e gneiss. Si ribadisce che la colorazione ocraceo-rossastra della matrice è legata ai processi di alterazione pedogenetica che hanno interessato i depositi in esame, che in alcuni casi hanno coinvolto anche la frazione grossolana degli

---

<sup>8</sup> Si precisa che i valori indicati nella colonna stratigrafica riportata nell'Allegato 5 corrispondono ad un approfondimento di 15 cm. Per ottenere  $N_{SPT}$  occorre sommare gli ultimi due valori di ciascuna terna in quanto il primo valore può ritenersi disturbato per effetto del carotaggio.

stessi, come testimonia la presenza di clasti gneissici parzialmente disgregati a causa della caolinizzazione dei feldspati.

Per ulteriori ragguagli in merito ai risultati delle indagini geognostiche si vedano l'Allegato 5 (sondaggio a carotaggio continuo), l'Allegato 6 (sezioni stratigrafiche pozzetti esplorativi) e l'Allegato 7 (documentazione fotografica).

## **7. ANALISI SISMICA DELL'AREA OGGETTO D'INTERVENTO**

Secondo quanto prevede il Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture, riprendendo l'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., le azioni sismiche di progetto attese al suolo si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di intervento. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche che sono sostanzialmente controllate dall'assetto litostratigrafico locale e riconducibili al profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nel sottosuolo.

In primo luogo, il sopra citato decreto prevede che si proceda alla classificazione dei suoli di fondazione secondo i criteri definiti al punto 3.2.2 delle "Norme tecniche per le costruzioni" ad esso allegate.

A tale scopo, come anticipato, è stata condotta un'apposita indagine geofisica, ad opera della Techgea S.r.l. di Quart (AO)<sup>(9)</sup>. In particolare, è stato realizzato un profilo sismico di tipo MASW - Multichannel Analysis Surface Waves (lunghezza stendimento: 46 m).

In sintesi, alla luce dei risultati dell'indagine geofisica condotta, i depositi indagati sono stati assegnati alla categoria B dei suoli di fondazione di cui alla tabella 3.2.II delle "Norme tecniche per le costruzioni" allegate al decreto al quale si è fatto sopra riferimento (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 fra 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), infatti dal profilo MASW eseguito è stato ricavato un valore di  $V_{s,30}$  pari a **365 m/s**.

---

<sup>9</sup> 12 gennaio 2018.

Per maggiori ragguagli in merito alla metodologia d'indagine e ai risultati ottenuti si rimanda alla relazione illustrativa riportata nell'Allegato 8.

Si segnala che il risultato ottenuto è in accordo con quelli relativi ai due profili sismici cui si è fatto riferimento nel capitolo 4 che hanno fornito valori di  $V_{s,30}$  propri della categoria B, nonché con il quadro proposto nello studio geologico elaborato a supporto della variante strutturale per l'adeguamento del P.R.G.C. al PAI<sup>(10)</sup>.

Per quanto concerne le problematiche relative alla pericolosità sismica locale, alla luce dei risultati del presente studio, si possono escludere eventuali fenomeni di liquefazione dinamica di sabbie sotto falda. A tale proposito si rammenta che uno dei principali fattori che concorre all'innescio di tali fenomeni è costituito dalla profondità della falda. In particolare, secondo Juang & Elton (1991), quando la falda si attesta ad una profondità superiore ai 10,00 m dal piano campagna la suscettibilità alla liquefazione risulta essere molto bassa.

A partire dalla caratterizzazione geosismica dei terreni presenti nell'area in esame, è stato possibile definire l'azione sismica di progetto in termini di accelerazione di picco al suolo ( $a_{max}$ ).

In particolare, viste le caratteristiche dei fabbricati previsti nel P.E.C. in esame, si è assunta una vita nominale  $V_N$  pari a **50 anni**, per una classe d'uso **II** ed un coefficiente d'uso  $c_u$  pari a **1**. Adottando lo stato limite di **salvaguardia della vita SLV**, i parametri dello spettro di risposta orizzontale utilizzato per la conduzione dei calcoli in presenza degli effetti inerziali indotti dal sisma di progetto sono<sup>(11)</sup>:

- accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g = 0,123g$ ;
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  $F_0 = 2,463$ ;
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  $T'_c = 0,263s$  per un  $T_r = 475$  anni.

---

<sup>10</sup> Tav. GB06A "Carta degli elementi sismici condizionanti" a cura del Dott. Geol. Teresio BARBERO e del Dott. Geol. Nicola QUARANTA (luglio 2010).

<sup>11</sup> I parametri sismici ed i coefficienti sismici di riferimento sono stati determinati con il software **GeoStru PS** (<http://www.geostru.com/geoapp>).

Più precisamente, nel caso in esame l'accelerazione di picco al suolo risulta essere pari a:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 0,148g$$

dove:

- $S_s$  è un coefficiente di amplificazione dipendente dalla categoria di sottosuolo (B, nel caso specifico) e dal parametro  $F_0$  che insieme ad  $a_g$  ed a  $T'_c$  definisce la pericolosità sismica sul reticolo di riferimento rigido orizzontale:

$$S_s = 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g/g = 1,20$$

- $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica, nel caso in esame pari a 1 perché si è assunta una categoria topografica T1 (cfr. Tabella 3.2.VI della normativa di riferimento, D.M. 14/1/2008); a tal proposito si rammenta che ne è necessaria l'adozione solo in riferimento a strutture ubicate nelle vicinanze di pendii con inclinazione superiore a 15° sessagesimali e dislivello superiore a 30 m.

## **8. FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO**

Il progetto in esame prevede la costruzione di sette fabbricati a destinazione residenziale (2 piani f.t. + 1 piano interrato e sottotetto), previa la demolizione dell'edificio attualmente presente nell'area d'intervento. Per maggiori ragguagli in merito alle caratteristiche tecniche e plano-altimetriche degli interventi edilizi in esame si rimanda agli elaborati progettuali<sup>(12)</sup>.

Alla luce del quadro illustrato nel capitolo 5, si sottolinea che l'area oggetto d'indagine non presenta dei condizionamenti legati al rischio idrogeologico tali da pregiudicare la fattibilità degli interventi edilizi previsti nello strumento urbanistico esecutivo in esame. Al riguardo, si può escludere che l'attuazione di quest'ultimo possa modificare il quadro relativo alla pericolosità geologica locale. In particolare, si rimarca che l'area oggetto d'indagine non presenta problematiche legate a processi connessi al reticolo

---

<sup>12</sup> Ing. Marcello BRUERA (Pinerolo).

idrografico pertanto, in accordo con quanto previsto dall'art. 62, punto 5, delle Norme di Attuazione allegate al Progetto definitivo di Variante per l'adeguamento del P.R.G.C. al PAI<sup>(13)</sup>, non si è proceduto ad ulteriori studi idrologici-idraulici di dettaglio.

Per quanto riguarda le specifiche prescrizioni relative agli interventi edilizi da attuarsi in classe 2b si sottolinea quanto segue:

- il piano terreno dei fabbricati residenziali in progetto sarà rialzato di almeno 50-60 cm rispetto al piano campagna attuale;
- il piano interrato dei medesimi edifici sarà posizionato ad una profondità massima nell'ordine dei 2,50 m dal p.c. attuale, pertanto sarà garantito un franco ampiamente superiore ai 10,00 m rispetto al livello di massimo innalzamento della falda (definito sulla base dei dati piezometrici riportati nel capitolo 4).

In merito agli aspetti geotecnici, si sottolinea che il piano di fondazione delle strutture in progetto dovrà essere ricavato entro i depositi alluvionali grossolani descritti nei capitoli 4 e 6. Per maggiori ragguagli a tale proposito si rimanda al capitolo 10.

Per quanto concerne le opere accessorie, si raccomanda di prevedere la realizzazione di una adeguata rete di raccolta delle acque meteoriche onde evitare che, in occasione di precipitazioni intense e/o prolungate, si verifichino fenomeni di ristagno ed infiltrazione in prossimità dei fabbricati in progetto, a maggior ragione se si considera la bassa conducibilità idraulica che caratterizza i terreni presenti nell'area d'intervento. A questo proposito, per differire i tempi di accesso in rete delle portate meteoriche, potrà risultare utile l'adozione di appositi sistemi di accumulo. In particolare, si consiglia la realizzazione di serbatoi interrati dotati di troppo pieno, in direzione dei quali convogliare le acque intercettate nella rete di raccolta che potranno essere eventualmente utilizzate per l'irrigazione delle aree verdi pertinenziali. I dispositivi di stoccaggio in esame potranno essere realizzati in opera o mediante l'utilizzo di elementi prefabbricati (modulari o monoblocco). Indipendentemente dalla soluzione adottata, dovrà essere garantita la perfetta tenuta di questi manufatti al fine di evitare eventuali fenomeni di infiltrazione idrica concentrata. Si sottolinea che la rete di raccolta delle

---

<sup>13</sup> Variante strutturale al P.R.G.C. per l'adeguamento al piano per l'assetto idrogeologico (P.A.I.): approvazione progetto definitivo con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 36 del 4 settembre 2012.

acque meteoriche dovrà essere sottoposta a periodiche operazioni di manutenzione al fine di garantirne una corretta funzionalità.

In conclusione, in merito alle prescrizioni di carattere generale si sottolinea che gli scavi necessari per la realizzazione delle strutture in progetto dovranno essere mantenuti aperti solo per il tempo strettamente necessario all'esecuzione dei lavori e dovranno essere adeguatamente protetti con parapetti e cartelli indicatori, a maggior ragione se si considera che i depositi presenti nell'area d'intervento sono essenzialmente granulari. Inoltre, lungo il ciglio superiore degli scavi dovranno essere impediti il transito di automezzi, nonché lo stoccaggio di materiali. Infine, in caso di eventi meteorici intensi e/o prolungati, le scarpate di scavo dovranno essere protette mediante la posa di teli impermeabili, adeguatamente ancorati onde evitare che possa essere accidentalmente spostati o rimossi.

## **9. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA**

La parametrizzazione dei depositi grossolani (essenzialmente ghiaie eterometriche e ciottoli in matrice limosa) entro i quali dovrà essere ricavato il piano di appoggio delle fondazioni è stata effettuata a partire dai risultati delle indagini geognostiche illustrate nel capitolo 6, con particolare riferimento agli esiti delle prove SPT eseguite lungo la verticale del sondaggio a carotaggio continuo.

In particolare, è stato cautelativamente utilizzato il valore inferiore dei risultati delle prove SPT eseguite ( $N_{SPT} = 24$ ), sulla base del quale si è proceduto alla determinazione dell'angolo di attrito interno di picco ( $\varphi_{picco}$ ) mediante i seguenti metodi di correlazione: PECK-HANSON & THORNBURN, JAPANESE NATIONAL RAILWAY, OWASAKI & IWASAKI, SOWERS e ROAD BRIDGE SPECIFICATION. Secondo quanto proposto da BOLTON (1986), il valore medio dei risultati ricavati con i suddetti metodi di calcolo (pari a  $35^\circ$ ) è stato quindi corretto in funzione del valore della densità relativa  $D_r$  (indicativamente pari a 65%), ottenendo l'angolo di attrito residuo in condizioni assialsimmetriche ( $\varphi'_{as}$ ) da utilizzare nelle verifiche geotecniche.

Si segnala infine che, visto il carattere eterogranulare incoerente dei depositi considerati, non si è tenuto conto del contributo alla resistenza al taglio fornito dalle forze di coesione, adottando un modello geotecnico

controllato dalle tensioni efficaci. In sintesi i principali parametri geotecnici attribuiti ai terreni di fondazione, che devono essere riferiti ai depositi in condizioni indisturbate, sono i seguenti:

- $\gamma_n$  (peso volumico) = 18,0 kN/m<sup>3</sup> ( $\approx 1,80$  t/m<sup>3</sup>);
- $\varphi'_{as}$  (angolo di attrito interno) = 30°;
- $c$  (coesione) = 0,0 kN/m<sup>2</sup>.

## **10. VERIFICHE GEOTECNICHE**

A partire dal modello geotecnico definito nel capitolo precedente si è quindi proceduto alla valutazione della capacità portante dei terreni esaminati mediante la formula generale di BRINCH-HANSEN (1970), determinando la  $q_{lim,d}$  ( $R_d$ ) secondo l'approccio DA2 previsto dal D.M. 14/1/2008, per il quale i coefficienti parziali  $\gamma_M$  per i parametri geotecnici del terreno sono pari all'unità ed il coefficiente parziale  $\gamma_R$  per la verifica allo SLU (stato limite ultimo) della capacità portante di fondazioni superficiali è pari a 2,3.

La formula generale di BRINCH-HANSEN (1970) costituisce un'estensione dell'equazione di BUISMAN (1935) e TERZAGHI (1943) ottenuta dalla sovrapposizione di soluzioni relative a casi particolari, corretta per tenere conto degli effetti inerziali dovuti al sisma (il Comune di Pinerolo è classificato in Zona 3S ai sensi della D.G.R. 11/13058 del 19/1/2010):

$$Q_{lim} = cN_c s_c i_c b_c g_c z_c + \gamma_n D N_q s_q i_q b_q g_q z_q + \frac{1}{2} \gamma_n B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma}$$

nella quale:

### Parametri geotecnici:

- $c$  = coesione (t/m<sup>2</sup>);
- $\gamma_n$  = peso di volume del terreno (t/m<sup>3</sup>);

### Caratteristiche della fondazione:

- $D$  = profondità efficace del piano di appoggio delle fondazioni (m);
- $B$  = larghezza del lato minore della fondazione (m);

Coefficienti adimensionali:

- $N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio  $\varphi$ <sup>(14)</sup>;
- $s_c, s_q, s_\gamma$  = fattori di forma della fondazione<sup>(15)</sup>;
- $i_c, i_q, i_\gamma$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- $b_c, b_q, b_\gamma$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione;
- $g_c, g_q, g_\gamma$  = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;
- $z_c, z_q, z_\gamma$  = fattori correttivi che tengono conto degli effetti inerziali dovuti al sisma, funzione, in particolare, del coefficiente sismico pseudostatico  $k_h$ .

La verifica, in assenza del progetto strutturale, è stata condotta in riferimento a fondazioni nastriformi caratterizzate da una larghezza B pari a 0,70 m. Per quanto concerne il reinterro delle fondazioni (D), è stato adottato un valore minimo pari a 0,50 m; in sintesi si è ipotizzato che le fondazioni siano alloggiare per almeno 0,50 m entro i depositi alluvionali grossolani che caratterizzano l'area d'intervento. Si precisa inoltre che, alla luce del quadro idrogeologico delineato nei capitoli 4 e 6 (cui si rimanda), si possono escludere eventuali interferenze fra la falda freatica e le strutture di fondazione. I calcoli sono stati effettuati in condizioni statiche (assenza di sisma) ed in condizioni dinamiche, permettendo di valutare gli effetti inerziali dovuti al sisma. Nella tabella riportata qui di seguito sono sintetizzati i risultati ottenuti:

<b>Fondazione</b>	<b>Condizioni di verifica</b>	<b><math>Q_{jim}</math></b>	<b><math>Q_{jim,d}</math></b>
Nastriforme B=0,70 metri	statiche (SLU)	<b>3,27 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>1,42 kg/cm<sup>2</sup></b>
	dinamiche (SLV)	<b>2,95 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>1,28 kg/cm<sup>2</sup></b>

I tabulati relativi alle operazioni di calcolo sono riportati nell'Allegato 9. Si sottolinea che i risultati ottenuti mettono in evidenza che la fattibilità degli interventi edilizi previsti nel P.E.C. in progetto non mostra particolari condizionamenti di natura geotecnica. Si rammenta peraltro che le verifiche

<sup>14</sup> Per il calcolo di  $N_q, N_c$  ed  $N_\gamma$  si è fatto riferimento alla soluzione proposta da VESIC (1970) anziché a quella di BRINCH-HANSEN.

<sup>15</sup> Nella verifica non si è tenuto conto di eventuali eccentricità, trascurando la fondazione ridotta.

condotte sono di carattere preliminare, pertanto dovranno essere approfondite nell'ambito della progettazione strutturale.

In conclusione, si sottolinea che, in fase esecutiva, sarà necessario verificare la rispondenza del modello adottato per le verifiche geotecniche con la situazione reale. In particolare dovrà essere valutata con attenzione la litostratigrafia del sito evidenziando l'eventuale presenza di livelli aventi caratteristiche geotecniche scadenti.

## **11. CONCLUSIONI**

Alla luce dei risultati dello studio eseguito e nel rispetto delle note tecnico-esecutive illustrate nella presente relazione si può escludere che la fattibilità degli interventi edilizi previsti nello strumento urbanistico esecutivo in esame sia pregiudicata da particolari condizionamenti di natura geologico-tecnica.

In particolare, per quanto riguarda il quadro relativo alla pericolosità geologica locale, si ribadisce che l'area oggetto d'indagine non è interessata da processi di instabilità. Al riguardo si evidenzia che l'area in esame non mostra condizionamenti connessi alla dinamica del reticolo idrografico superficiale, pertanto si esclude la necessità di procedere alla redazione di una relazione idrologica-idraulica.

In merito alla classificazione sismica del settore considerato, sulla base dei risultati delle indagini geofisiche condotte, i terreni che caratterizzano il sito d'intervento sono stati assegnati alla categoria **B** dei suoli di fondazione di cui al D.M. 14/1/2008. Alla luce del presente studio, si possono inoltre escludere eventuali fenomeni di liquefazione dinamica di sabbie sotto falda.

Per quanto concerne gli aspetti geotecnici, dalle verifiche preliminari condotte nell'ambito del presente studio, risulta che le caratteristiche dei terreni di fondazione sono in grado di assicurare valori di  $R_d$  superiori alle risultanti delle azioni di progetto  $N_d$  prevedibili, pertanto, sulla base dei risultati ottenuti, risultano verificate le condizioni del sito necessarie ad orientare il Progettista nel corretto dimensionamento delle opere di fondazione atte a garantire la stabilità delle strutture in progetto.

E' altresì importante ribadire che, in fase esecutiva, sarà necessario verificare l'assetto litostratigrafico di tutta l'area durante l'esecuzione degli scavi, al fine di apportare eventuali modifiche al modello geotecnico adottato nelle verifiche.

Pinerolo, 13 febbraio 2018

  
Dott. Geol. Marco Barbero



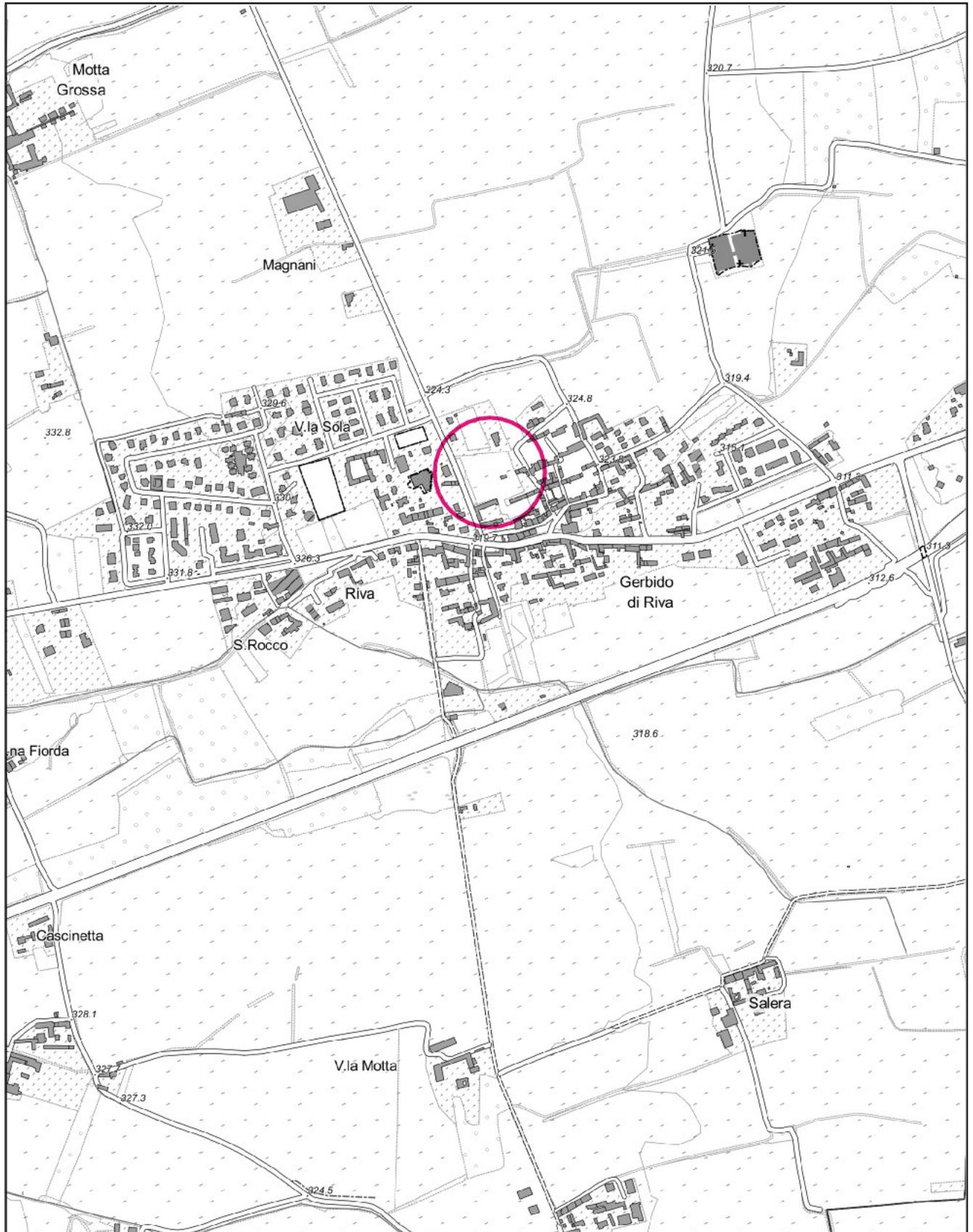
## **ALLEGATI**

- **Allegato 1 - Localizzazione geografica dell'area oggetto d'indagine**
- **Allegato 2 - Inquadramento geologico**
- **Allegato 3 - Dati geognostici di riferimento**
- **Allegato 4 - Ubicazione indagini geognostiche**
- **Allegato 5 - Sondaggio a carotaggio continuo: relazione illustrativa**
- **Allegato 6 - Sezioni stratigrafiche pozzetti esplorativi**
- **Allegato 7 - Documentazione fotografica pozzetti esplorativi**
- **Allegato 8 - Indagini geofisiche: relazione illustrativa**
- **Allegato 9 - Verifiche geotecniche: tabulati**

Allegato 1

Localizzazione geografica  
dell'area oggetto d'indagine  
(evidenziata con il cerchio rosso)

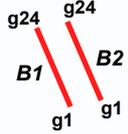
Scala 1:10.000



Allegato 2  
Inquadramento geologico  
Scala 1:5.000



**LEGENDA**

	<p>Depositi alluvionali recenti (Olocene).</p>
	<p>Depositi alluvionali antichi (Pleistocene medio parte inf.).</p>
	<p>Orlo di terrazzo fluviale avente altezza inferiore ai 5 metri.</p>
	<p>Sondaggio geognostico di riferimento.</p>
	<p>Tracce profili sismici di riferimento (P.E.C. area CE7.2).</p>
	<p>Area oggetto d'indagine.</p>

## **Allegato 3**

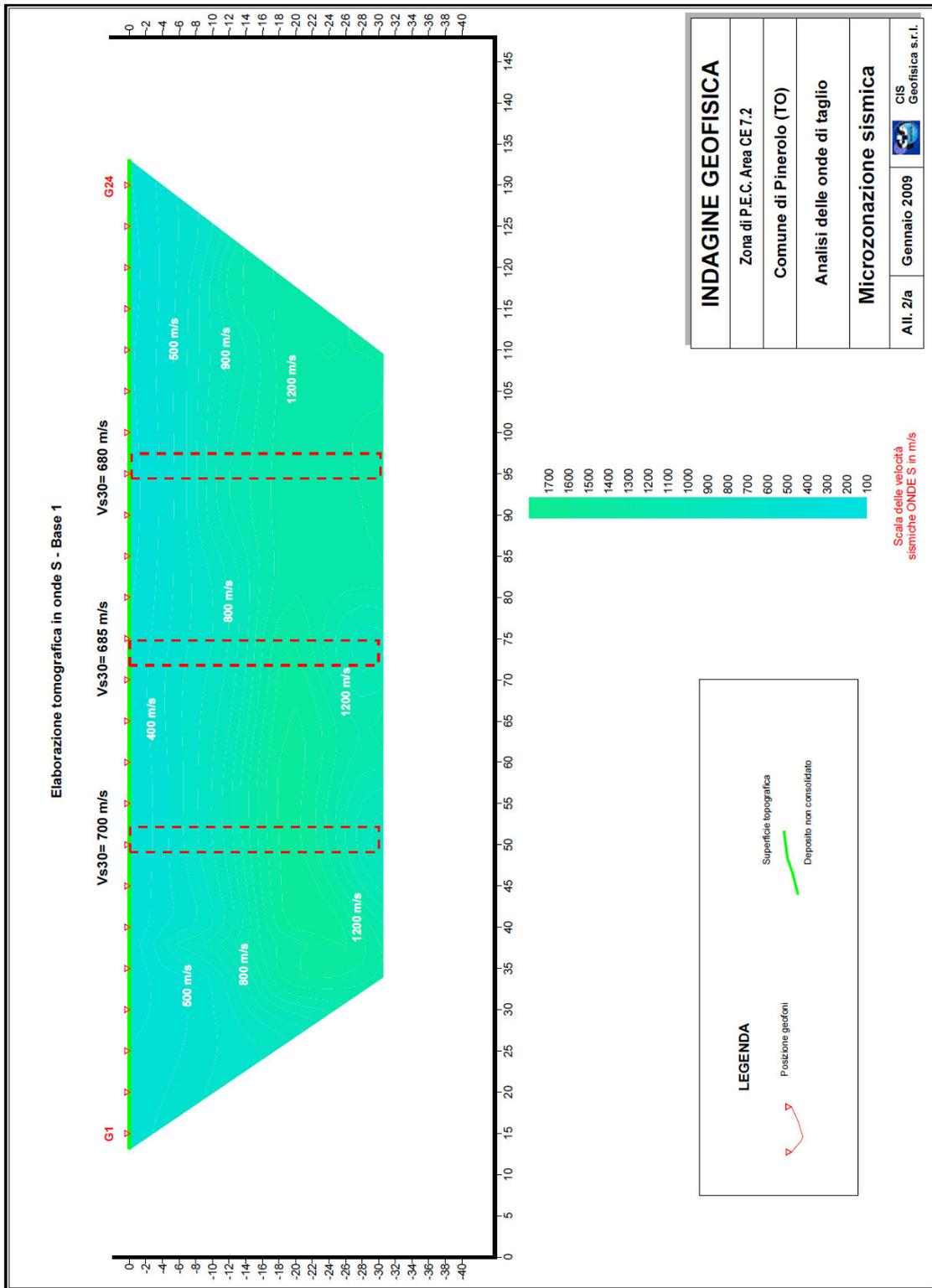
### **Dati geognostici di riferimento**

*Sondaggio a carotaggio continuo (S1)*

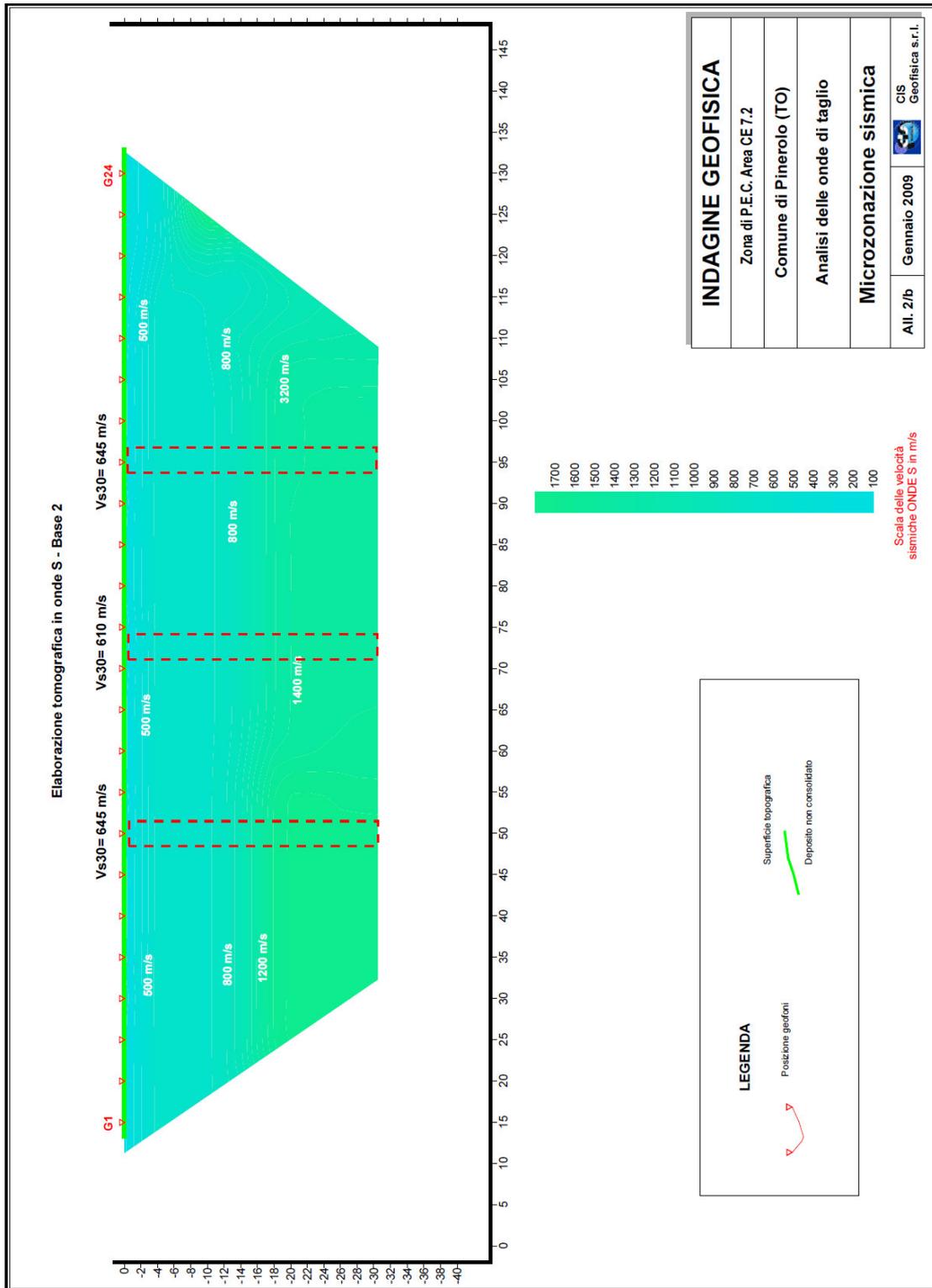
*Indagini geofisiche (Profilo B1 - Profilo B2)*



## Indagini geofisiche - Profilo B1



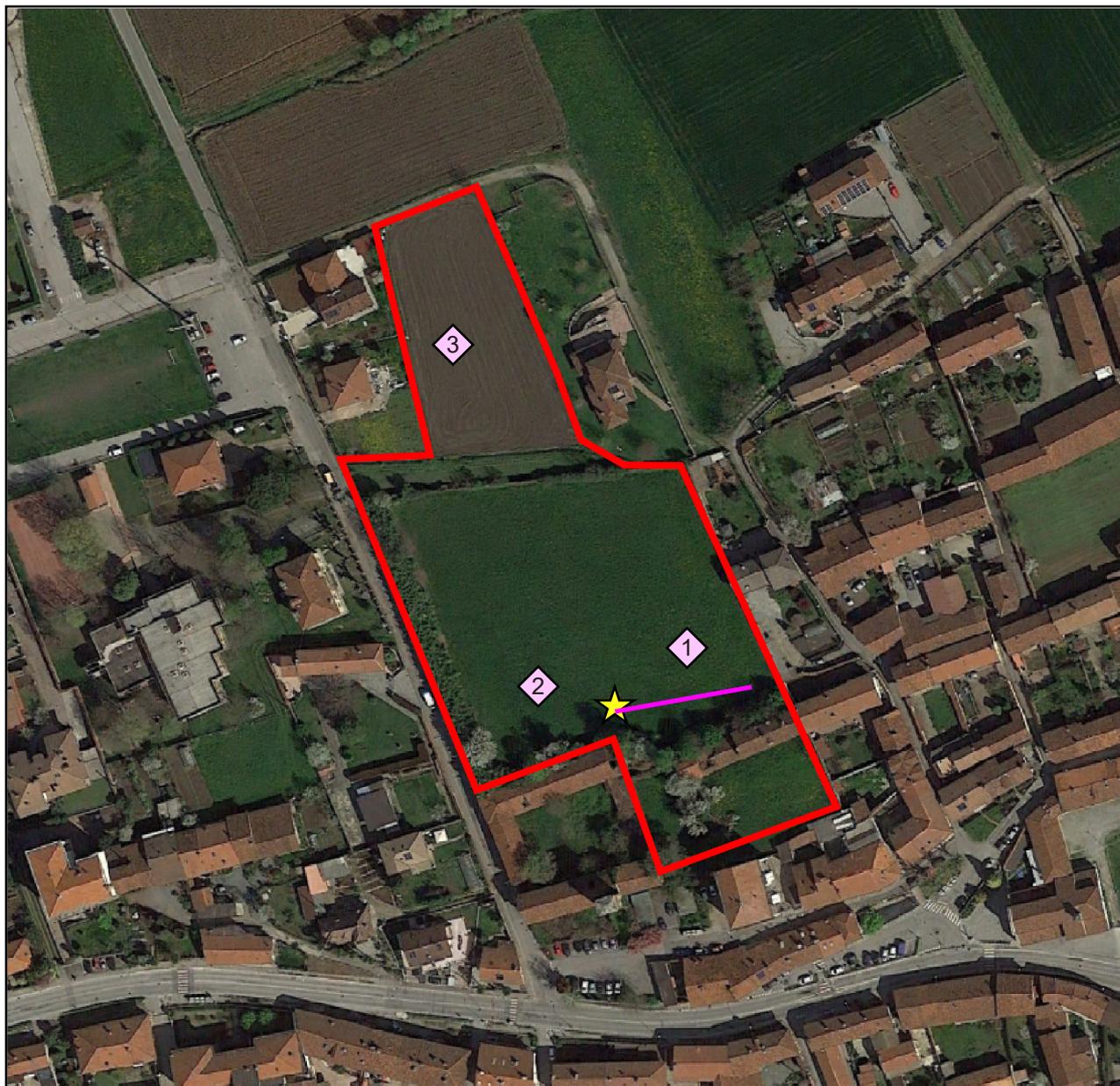
## Indagini geofisiche - Profilo B2



Allegato 4

Ubicazione indagini geognostiche

Scala 1:2.000



LEGENDA



Area oggetto d'intervento.



Sondaggio geognostico a carotaggio continuo (24/01/2018-25/01/2018).



Profilo sismico MASW (12/01/2018).



Pozzetti esplorativi (09/02/2018).

## **Allegato 5**

### **Sondaggio a carotaggio continuo: relazione illustrativa**

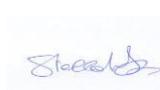
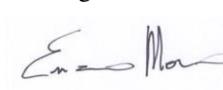
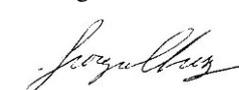


# Ing. Emilio Danesy

CANTIERE: AZZONAMENTO CE 7.2 SUB AREE "C" e "D" del PRGC  
FRAZIONE RIVA - PINEROLO (TO)

## INDAGINE GEOGNOSTICA

Note tecnico – esecutive

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
Ø	31/01/2018	dott. Stellato S. 	dott. geol. Mosso E. 	dott. geol. Chiesa G. 	Prima Emissione

## **Ing. Emilio Danesy**

### **INDAGINE GEOGNOSTICA**

#### **Frazione Riva – Pinerolo (TO)**

Su incarico dell'Ing. *Emilio Danesy* è stata eseguita, nelle giornate dal 24 al 25 gennaio 2018, una indagine geognostica costituita da n° 1 sondaggio, ubicato presso un lotto di terreno facente parte dell'Azzonamento CE 7.2 Sub aree "C" e "D" del PRGC sito in frazione Riva, nel territorio comunale di Pinerolo (TO) (Fig. 1 e 2); tale indagine aveva lo scopo di valutare l'assetto litostratigrafico e di acquisire i parametri geotecnici necessari alla progettazione di alcuni nuovi edifici residenziali.

#### **SONDAGGIO**

Il sondaggio è stato eseguito a rotazione con carotaggio continuo utilizzando una sonda idraulica tipo CMV "MK 600 D" montata su carro cingolato; per tutta la lunghezza si sono utilizzati carotieri semplici aventi  $\varnothing$  127 e 101 mm. Per stabilizzare in corso d'opera le pareti del foro sono stati impiegati rivestimenti metallici provvisori  $\varnothing$  127 mm.

Il sondaggio S1 è stato spinto fino alla profondità di m 15.00 dal piano campagna ed in corso d'opera sono state eseguite n° 7 prove SPT (Standard Penetration Test); le risultanze e le quote di esecuzione sono riportate nella stratigrafia allegata.

Durante l'esecuzione della perforazione di S1 (limitatamente alla profondità raggiunta) la falda è risultata assente.

I testimoni del carotaggio sono stati riposti in n° 3 cassette catalogatrici, opportunamente classificate e ricoverate in cantiere in cantiere, a disposizione della Committenza.

**Certificato n° 742 del 31/01/2018****PROVE IN FORO - SPT**

Le prove SPT sono state eseguite secondo le prescrizioni stabilite dalle specifiche AGI 1977 e approfondite dalla norma UNI EN ISO 22476-3:2012.

La sottostante **Tabella 1** riporta le caratteristiche del dispositivo di battuta con maglio a sganciamento automatico (tipo “Nenzi”) utilizzato per l’esecuzione delle prove in foro di tipo SPT:

<b>CARATTERISTICHE TECNICHE DEL MARTINO A SGANCIO AUTOMATICO (PROVE “SPT”)</b>	
Peso totale dispositivo di battitura	115,00 kg
Massa maglio	63,50 kg
Altezza di caduta libera	760,00 mm
Diametro esterno aste di infissione	50,00 mm
Peso aste di infissione (tipo B)	7,00 kg/m
Lunghezza campionatore Raymond (comprendente scarpa e raccordo per le aste)	813,00 mm
Diametro esterno campionatore Raymond	51,00 mm
Diametro interno campionatore Raymond	35,00 mm
Angolo di spoglia della punta aperta	20°
Angolo di apertura della punta conica	60°

**Tabella 1**

Le risultanze e le quote di esecuzione delle prove SPT eseguite sono riportate nelle stratigrafie allegate.

**RIEPILOGO SONDAGGI**

Le coordinate, la profondità di perforazione dei sondaggi ed il numero di prove SPT eseguite in ciascuno sono riepilogati nella **Tabella 2** seguente:

**Certificato n° 742 del 31/01/2018**

<b>Sondaggio n°</b>	<b>Coordinate del punto di indagine (GPS – gradi decimali)</b>	<b>Metodologia di perforazione</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>N° prove SPT</b>	<b>Campioni prelevati</b>	<b>Tipo di strumentazione</b>
<b>S1</b>	44.893122, 7.385526	Carotaggio continuo	15.00	7	-	-

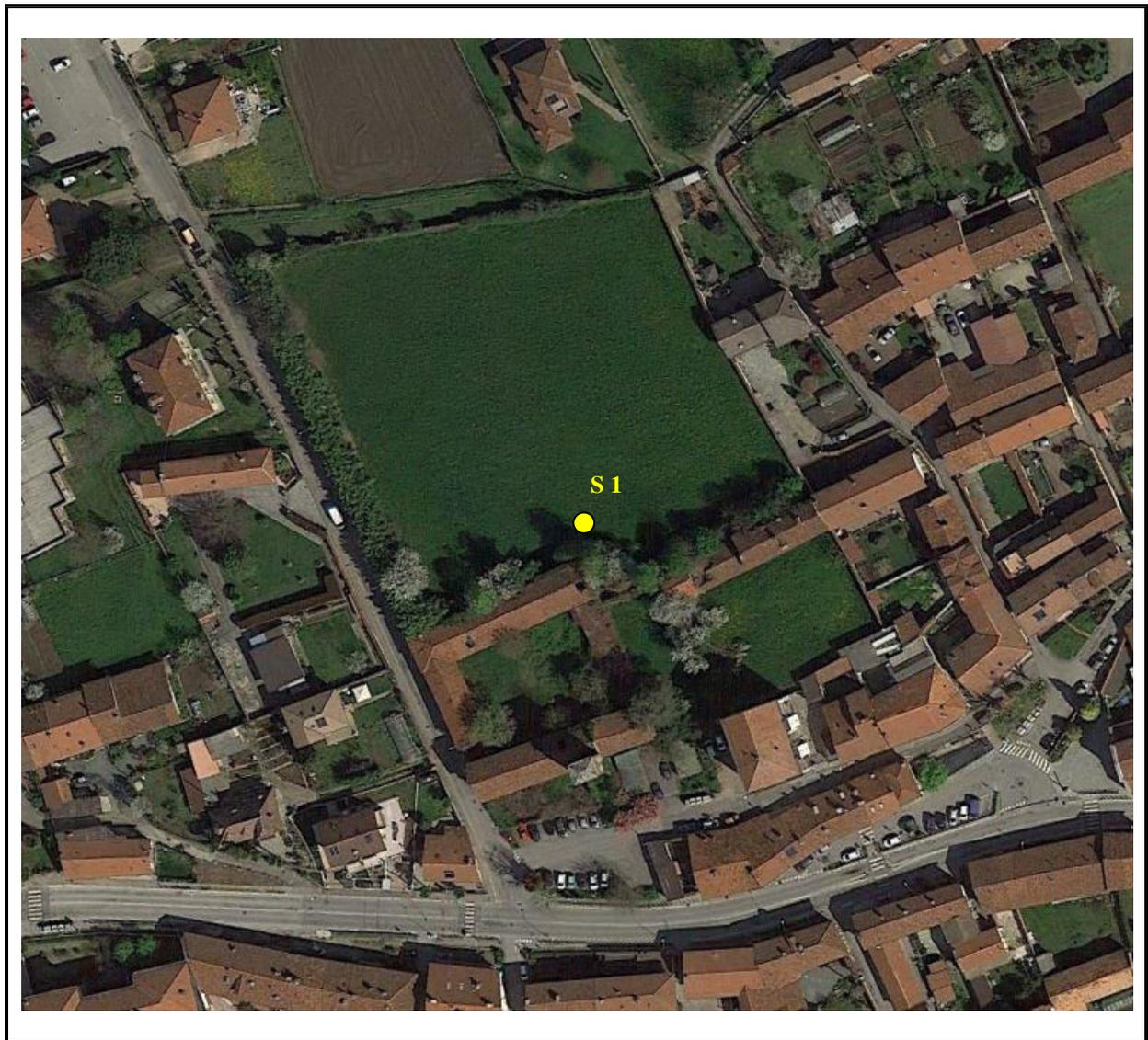
**Tabella 2**

Si trasmette in allegato la documentazione tecnica relativa all'indagine eseguita.



**Fig. 1:** Inquadramento area di indagine.

*(immagine satellitare estratta da Google Earth Pro)*



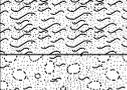
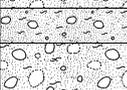
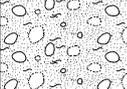
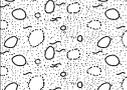
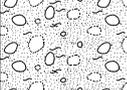
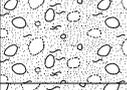
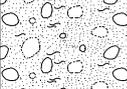
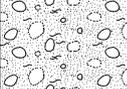
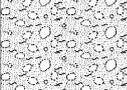
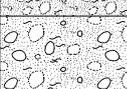
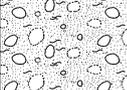
**Fig. 2:** Ubicazione delle indagini eseguite (in giallo).

*(immagine satellitare estratta da Google Earth Pro)*

**Allegato  
stratigrafico**

**Certificato n° 742 del 31/01/2018**

	Committente	Ing. Emilio Danesy	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Azzonamento CE 7.2 Sub aree "c" e "d" del PRGC	<b>S1</b>	<b>1/1</b>
	Località	Pinerolo (TO) - Loc. Riva	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	24/01/18	Data Fine	25/01/18

Profondita'	Potenza	Scala 1:75	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.30	0.30			Orizzonte vegetale includente rari frammenti subcentimetrici di laterizi.									
0.80	0.80	1		Limo da sabbioso a debolmente argilloso con presenza di intensi fenomeni di ossidazione; colore rosso ocraceo.		127							
1.10	0.50			Limo sabbioso con subordinata ghiaia eterometrica e rari ciottoli (diam. max 8-10 cm). Presenza di intensi fenomeni di ossidazione della matrice e di alterazione di taluni clasti. Colore rosso ocraceo.									
1.60	0.40	2		Sabbia, a tratti limosa con ghiaia medio fine (diam. max 2-3 cm); colore passante da bruno chiaro a bruno arancio.								3.00	
2.00				Sabbia eterometrica, a tratti limosa, addensata, con ghiaia eterometrica e rari ciottoli (diam. max 8-10 cm). Presenza di livelli fino a decimetrici ghiaioso sabbiosi e di fenomeni di alterazione di taluni clasti. Colore variabile da bruno chiaro a bruno.								11-12-12 p.a.	
	5.60	3										4.50	
												10-19-17 p.a.	
		4										6.00	
												17-19-15 p.a.	
		5										7.50	
												16-27-33 p.a.	
7.60	1.90	6		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa, a tratti debolmente limosa, addensata, con frequenti ciottoli (diam. max 12-15 cm). Presenza di moderati fenomeni di alterazione interessanti alcuni clasti. Colore variabile da bruno chiaro a grigio bruno.	101			90			9.30		
												20-26-31 p.c.	
		7		Sabbia eterometrica, a tratti limosa, addensata, con ghiaia eterometrica e rari ciottoli (diam. max 8-10 cm). Presenza di livelli fino a decimetrici ghiaioso sabbiosi e di fenomeni di alterazione di taluni clasti. Colore variabile da bruno chiaro a bruno.								10.50	
												18-R p.a.	
		8		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbiosa, a tratti debolmente limosa, addensata, con frequenti ciottoli (diam. max 12-15 cm). Presenza di moderati fenomeni di alterazione interessanti alcuni clasti. Colore variabile da bruno chiaro a grigio bruno.								12.00	
												24-31-37 p.a.	
		9		Sabbia eterometrica da debolmente limosa, addensata, con abbondante ghiaia medio fine (diam. max 3-4 cm). Presenza di moderati fenomeni di alterazione interessanti taluni clasti. Colore bruno.									
		10		Sabbia eterometrica, addensata, con rari ciottoli (diam. max 8-10 cm). Presenza di modesti fenomeni di alterazione di taluni clasti. Colore grigio bruno.									
		11											
		12											
		13											
		14											
		15											
15.00	2.00												

**Allegato  
fotografico**



**Foto 1:** Sondaggio S1 - cassa 1 - da 0.00 m a 5.00 m.



**Foto 2:** Sondaggio S1 - cassa 2 - da 5.00 m a 10.00 m.



**Foto 3:** Sondaggio S1 - cassa 3 - da 10.00 m a 15.00 m.



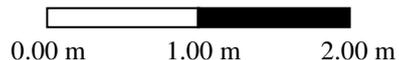
**Foto 4:** Posizionamento sondaggio S1.

**Allegato 6**  
**Sezioni stratigrafiche**  
**pozzetti esplorativi**

## SEZIONE STRATIGRAFICA POZZETTO ESPLORATIVO N. 1

Profondità Dal p.c.	Potenza del livello	Profondità della falda	Sezione stratigrafica	Descrizione litologica
0.00 m				
1.00m	1.00m			Terreno agrario di colore bruno in transizione a limi sabbioso-argillosi di colore ocraceo-rossastro.
3.00 m	2.00 m			Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa di colore ocraceo-rossastro alterata. Fenomeni di alterazione a carico della frazione grossolana (clasti gneissici caolinizzati). $\varnothing_{med}$ clasti = 10 - 15 cm. $\varnothing_{max}$ clasti = 40 cm.

Scala verticale 1:50



### Osservazioni:

Data: 9 febbraio 2018

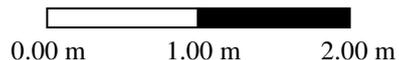
Metodo di scavo: escavatore meccanico a benna rovescia

Falda: assente

## SEZIONE STRATIGRAFICA POZZETTO ESPLORATIVO N. 2

Profondità Dal p.c.	Potenza del livello	Profondità della falda	Sezione stratigrafica	Descrizione litologica
0.00 m				
1.20m	1.20m			Terreno agrario di colore bruno in transizione a limi sabbioso-argillosi di colore ocraceo-rossastro.
3.00 m	1.80 m			Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa di colore ocraceo-rossastro alterata. Fenomeni di alterazione a carico della frazione grossolana (clasti gneissici caolinizzati). $\varnothing_{med}$ clasti = 10 - 15 cm. $\varnothing_{max}$ clasti = 40 cm.

Scala verticale 1:50



### Osservazioni:

Data: 9 febbraio 2018

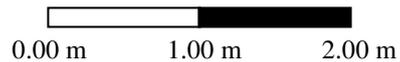
Metodo di scavo: escavatore meccanico a benna rovescia

Falda: assente

### SEZIONE STRATIGRAFICA POZZETTO ESPLORATIVO N. 3

Profondità Dal p.c.	Potenza del livello	Profondità della falda	Sezione stratigrafica	Descrizione litologica
0.00 m				
0.70m	0.70m			Terreno agrario di colore bruno.
1.50 m	0.80 m			Limi sabbioso-argillosi di colore ocraceo-rossastro.
3.00 m	1.5 m			Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa di colore ocraceo-rossastro alterata. Fenomeni di alterazione a carico della frazione grossolana (clasti gneissici caolinizzati). $\varnothing_{med}$ clasti = 10 - 15 cm. $\varnothing_{max}$ clasti = 40 cm.

Scala verticale 1:50



#### Osservazioni:

Data: 9 febbraio 2018

Metodo di scavo: escavatore meccanico a benna rovescia

Falda: assente

**Allegato 7**  
**Documentazione fotografica**  
**pozzetti esplorativi**



Fotografia n. 1

Il pozzetto esplorativo n. 1 (9 febbraio 2018).



Fotografia n. 2

Il materiale di scavo del pozzetto esplorativo n. 1 (9 febbraio 2018).



Fotografia n. 3

Il pozzetto esplorativo n. 2 (9 febbraio 2018).



Fotografia n. 4

Il materiale di scavo del pozzetto esplorativo n. 2 (9 febbraio 2018).



Fotografia n. 5

Il pozzetto esplorativo n. 3 (9 febbraio 2018).



Fotografia n. 6

Il materiale di scavo del pozzetto esplorativo n. 3 (9 febbraio 2018).

# **Allegato 8**

## **Indagini geofisiche: relazione illustrativa**

Ing. Emilio DANESY

Sito di indagine:

Azzonamento CE 7.2. sub aree "c" e "d" del PRGC – Frazione di Riva – Pinerolo (TO)



Indagine sismica con metodologia MASW finalizzata alla determinazione  
del parametro  $V_{s30}$  per la classificazione sismica dei suoli

## Relazione Tecnica

Relazione n.: 3874/17  
Revisione n.: 1  
Data: 12/01/18  
Redatto da: Dott. Geol. Paolo Zamparutti  
Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>pag. 1</b>
<b>2</b>	<b>Strumentazione utilizzata</b>	<b>pag. 1</b>
<b>3</b>	<b>Acquisizione ed elaborazione dati</b>	<b>pag. 1</b>
<b>4</b>	<b>Normativa sismica vigente</b>	<b>pag. 2</b>
<b>5</b>	<b>Risultati della prova MASW</b>	<b>pag. 4</b>

ALLEGATO A      Certificato esito prova MASW

ALLEGATO B      Cenni teorici sulla metodologia MASW

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate presso:

Sito:	Azzonamento CE 7.2. sub aree "c" e "d" del PRGC – Frazione di Riva – Pinerolo (TO)			Regione:	Piemonte
Norm. regione:	D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 e s.m.i.			Zona sismica:	3s
Progetto:	Nuovo fabbricato				
Coordinate GPS	Datum: WGS84	Proiezione: UTM	Zona: 32T	EST: 372533.89	NORD: 4972350.08

Scopo dell'indagine è definire il parametro  $V_{s30}$  per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti). In quanto segue si illustrano ed analizzano i risultati ottenuti.

## 2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link IV, Seismic Source Ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

Cenni relativi alla metodologia di indagine sono riportati in Appendice B.

## 3 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Come detto nel capitolo introduttivo, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW, la cui ubicazione viene riportata in Allegato A – pag. 1).

La prova, secondo quanto previsto dagli standard internazionali riportati nella Tabella 1 della pagina seguente, è stata eseguita con un set-up di acquisizione composto da:

<b>Geofoni</b>	Numero 24	Frequenza [Hz] 4.5	Interasse [m] 2	Lungh. linea [m] 46
<b>Energizzazioni</b>	Mazza [Kg] 10	Punti energ. [n°] 7	Max dist.da G1 [m] 12	Min dist.da G1 [m] 0

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici.

**Tabella 1 - Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine**

Depth ( $Z_{max}$ ) <sup>1</sup> (m)	Source (S) <sup>2</sup> (lb)	Receiver (R) <sup>3</sup> (Hz)	Receiver Spread (RS) (m)			
			Length <sup>4</sup> (D)	Source Offset <sup>5</sup> ( $X_1$ )	Receiver Spacing (dx)	
					24-ch*	48-ch
≤ 1.0	≤ 1 <b>(1)**</b>	4.5–100 <b>(40)</b>	1–3 <b>(2.0)</b>	0.2–3.0 <b>(0.4)</b>	0.05–0.1 <b>(0.1)</b>	0.02–0.05 <b>(0.05)</b>
1–5	1–5 <b>(5)</b>	4.5–40 <b>(10)</b>	1–15 <b>(10)</b>	0.2–15 <b>(2)</b>	0.05–0.6 <b>(0.5)</b>	0.02–0.3 <b>(0.25)</b>
5–10	5–10 <b>(10)</b>	≤ 10 <b>(4.5)</b>	5–30 <b>(20)</b>	1–30 <b>(4)</b>	0.2–1.2 <b>(1.0)</b>	0.1–0.6 <b>(0.5)</b>
10–20	≥ 10 <b>(20)</b>	≤ 10 <b>(4.5)</b>	10–60 <b>(30)</b>	2–60 <b>(10)</b>	0.4–2.5 <b>(1.5)</b>	0.2–1.2 <b>(1.0)</b>
20–30	≥ 10 <b>(20)</b>	≤ 4.5 <b>(4.5)</b>	20–90 <b>(50)</b>	4–90 <b>(10)</b>	0.8–3.8 <b>(2.0)</b>	0.4–1.9 <b>(1.5)</b>
30–50	≥ 10 <b>(20)</b> or passive	≤ 4.5 <b>(4.5)</b>	30–150 <b>(70)</b>	6–150 <b>(15)</b>	1.2–6.0 <b>(3.0)</b>	0.6–3.0 <b>(2.0)</b>
> 50	≥ 10 <b>(20)</b> or passive	≤ 4.5 <b>(4.5)</b>	> 50 <b>(150)</b>	> 10 <b>(30)</b>	> 2.0 <b>(6.0)</b>	> 1.0 <b>(4.0)</b>

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Surfseis V. 3.1.9 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

#### 4 NORMATIVA SISMICA VIGENTE

La normativa vigente individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano campagna ( $V_{s30}$ ) e viene calcolato mediante la formula:

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

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo (espresso in m)  
 $V_i$  = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ )  
 dello strato i-esimo (espresso in m/s)  
 $N$  = numero totale di strati presenti nei primi 30 m di suolo

Nella Tabella 2 riportata nella pagina seguente, si presenta la classificazione sismica prevista dal Decreto Ministeriale del 14.01.2008 (T.U. costruzioni).

**Tabella 2 - Classificazione del tipo di suolo secondo la vigente normativa sismica italiana**

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs <sub>30</sub> [m/s]	N <sub>SPT</sub>	Cu [kPa]
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m	> 800		
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50	> 250
<b>C</b>	Depositi 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	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati, o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 150	< 15	< 70
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs <sub>30</sub> > 800 m/sec)			
<b>S1</b>	Depositi di terreni 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	< 100		< 20 > 10
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti			

In merito alla categoria E, secondo quanto indicato nel *Quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 08* ad opera del Gruppo Interregionale dell'Ordine dei Geologi, appare poco cautelativo individuare nei suoli tipo C e D, aventi Vs<sub>30</sub> inferiori a 360 m/s, i terreni "pericolosi", senza un riferimento specifico al contrasto di rigidità sismica tra copertura e bedrock: coperture anche più "veloci" delle categorie C e D possono risultare ugualmente pericolose in funzione di una velocità del bedrock superiore agli 800 m/s. In quest'ottica possono risultare di grande aiuto anche le misure di rumore sismico ambientale a stazione singola.

Partendo dal presupposto che il contrasto minimo di velocità sismica per entrare in categoria di sottosuolo E vale  $V_{\text{contr}} = 800/360 \approx 2.2$ , è ragionevole assumere, in presenza di spessori della copertura  $\leq 20$  m anche con velocità superiore a 360 m/s ma con contrasto di velocità  $V_{\text{contr}} \geq 2.2$ , categoria di sottosuolo E.

## 5 RISULTATI DELLA PROVA MASW

L'analisi del profilo stratigrafico, riportato in Allegato A – pag. 2, evidenzia un assetto sismo-stratigrafico descritto nella tabella seguente.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 2.0	Livello superficiale costituito da coperture a bassa rigidità. Terreni agricoli in parte rimaneggiati	180 ÷ 185
2	2.1 ÷ 11	Livello intermedio costituito da depositi a rigidità crescente. Probabilmente depositi fluviali recenti.	237 ÷ 402
3	11 ÷ 30.0	Livello basale con velocità medie. Si assiste ad un aumento in corrispondenza dei 25 m dal p.c. Probabilmente depositi più grossolani e antichi	409 ÷ 496

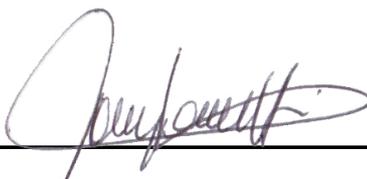
Il valore di Vs30 calcolato al piano campagna è pari a 365m/s. Pertanto, è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B".

Vs <sub>30</sub> [m/s]	Classe di suolo	Profilo stratigrafico
365	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Techgea S.r.l.

Relazione redatta da:

Dott. Geol. Paolo Zamparutti



Controllata da:

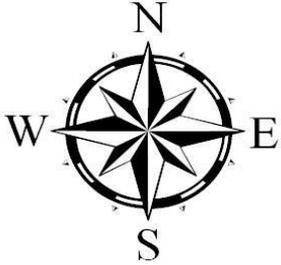
Dott. Geol. Mario Naldi



**ALLEGATO A**  
**Certificato esito prova MASW**

COMMITTENTE	Ing. Emilio DANESY	Azienda certificata UNI EN ISO 9001:2008 Certificato n. IT246983 Bureau Veritas Italia S.p.A.	
RELAZIONE	3874/17		
LOCALITA'	Azzonamento CE 7.2. sub aree "c" e "d" del PRGC – Frazione di Riva – Pinerolo (TO)		Pagina 1
DATA	12/01/2018		

**UBICAZIONE INDAGINE MASW**



**LEGENDA**

- Stendimento linea MASW
- Centro linea MASW  
Ubicaz. profilo Vs<sub>30</sub>

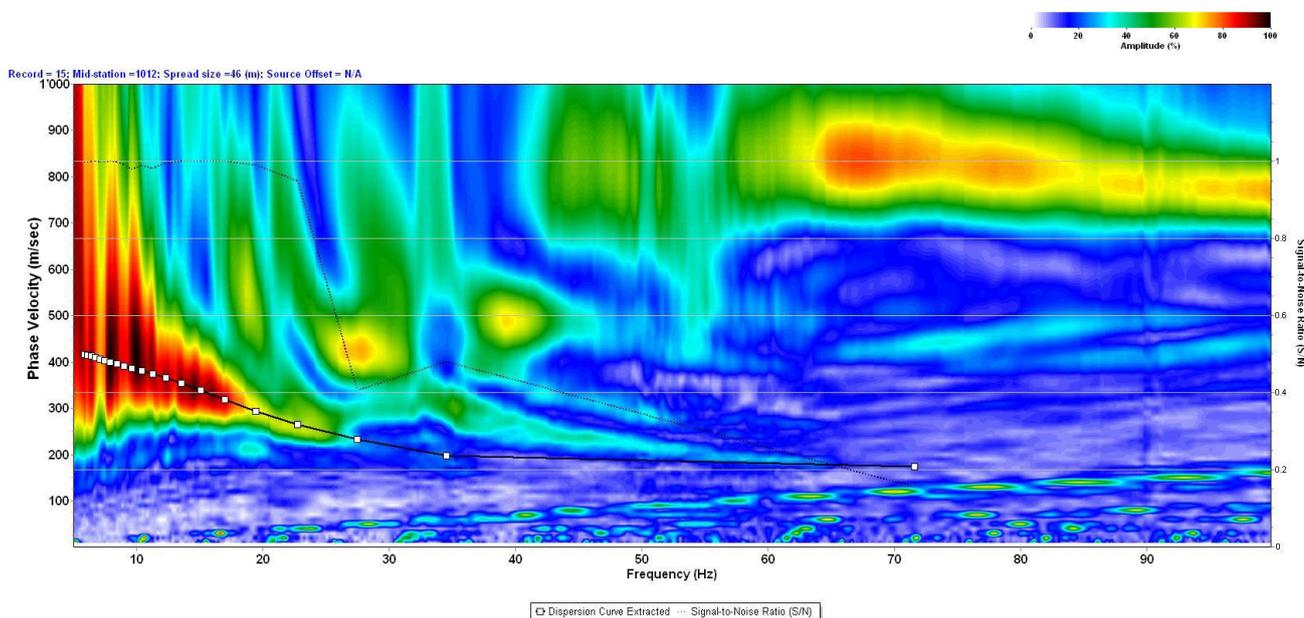
Ubicazione centro MASW	
Coordinate UTM WGS84	
Zona	32T
EST	372533.89
NORD	4972350.08

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

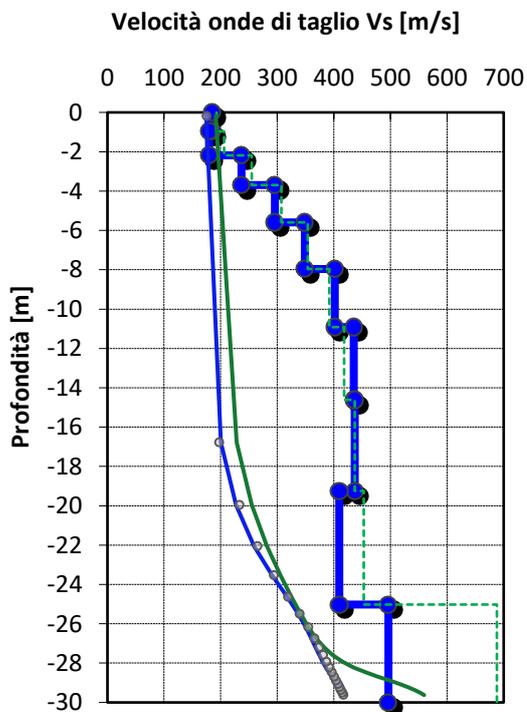


COMMITTENTE	Ing. Emilio DANESY	SISMOGRAFO	DAQ LINK III	
RELAZIONE	3874/17	GEOFONI	24 (freq. 4.5 Hz)	
LOCALITA'	Azzonamento CE 7.2. sub aree "c" e "d" del PRGC - Frazione di Riva - Pinerolo (TO)	ACQUISITION TIME	1.0 s	ALLEGATO A
		SAMPLE INTERVAL	0.250 ms	Pagina 2
DATA	12/01/2018			

PROVA MASW - SPETTRO IN FREQUENZA E CURVA DI DISPERSIONE ESTRATTA



PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



LEGENDA	
<b>Modello di velocità <math>V_s</math></b>	
—	$V_s$ iniziale
—●—	$V_s$ finale
<b>Curva di dispersione <math>V_{fase}/f</math></b>	
—	Curva di disp. iniziale
—	Curva di disp. Finale
○	Modo fond. misurato

MODELLO $V_s$ A 10 STRATI			
Strato	Profondità [m]		$V_s$ [m/s]
	da	a	
1	0.0	-1.0	185
2	-1.0	-2.2	180
3	-2.2	-3.7	237
4	-3.7	-5.6	296
5	-5.6	-8.0	349
6	-8.0	-10.9	402
7	-10.9	-14.6	435
8	-14.6	-19.2	437
9	-19.2	-25.0	409
10	-25.0	-30.0	496

Codice di calcolo: SurfSeis 5.3.1.9

SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	$V_{s30}$ [m/s]
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	365 (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30 m)

## **ALLEGATO B**

### **Cenni sulla metodologia MASW**

## CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA DI INDAGINE MASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multimodale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (Surface Waves Multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che, per i limiti indotti dal campionamento, non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato nelle Figure 1, 2 e 3, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione dati (Figura 1);
- 2) Elaborazione dati (Figura 2);
- 3) Inversione numerica (Figura 3).

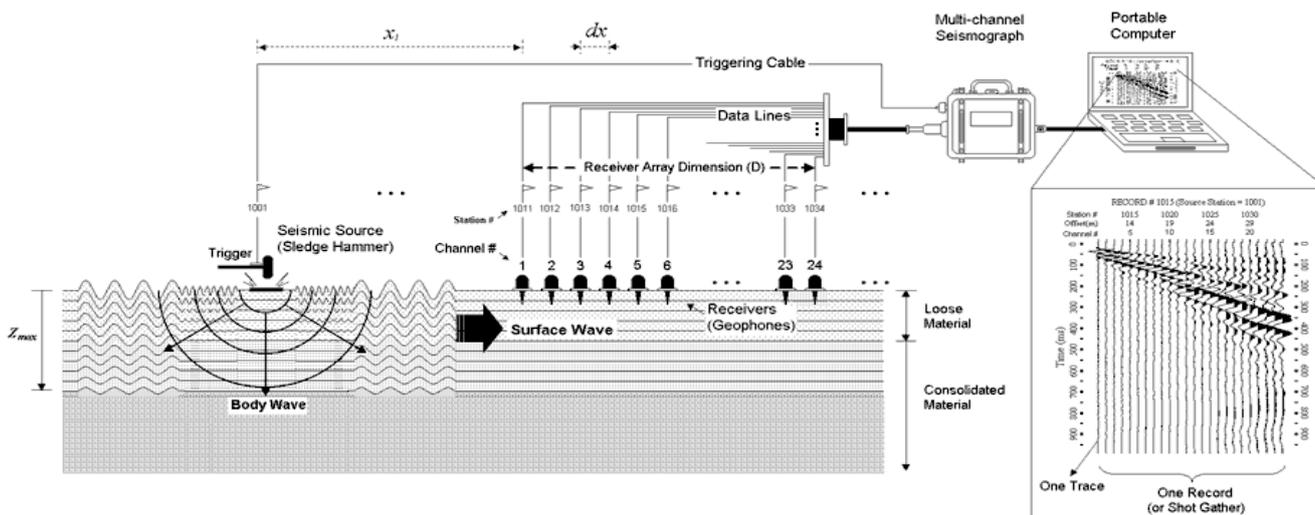


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis® versione 4.0.2, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere la curva di dispersione delle onde di Rayleigh, nell'ipotesi che, nell'intervallo di frequenze analizzato, le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali, nonchè un comportamento dispersivo delle stesse.

Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh  $V_R$ , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori ( $V_R, f$ ) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 2). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 3).

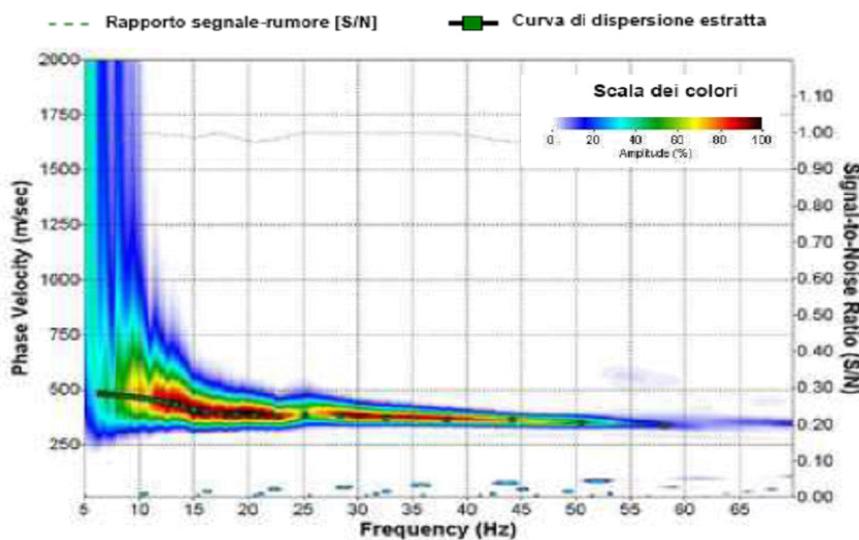


Figura 2 - Curva di dispersione della velocità  $V_s$  in funzione della frequenza e della velocità di fase

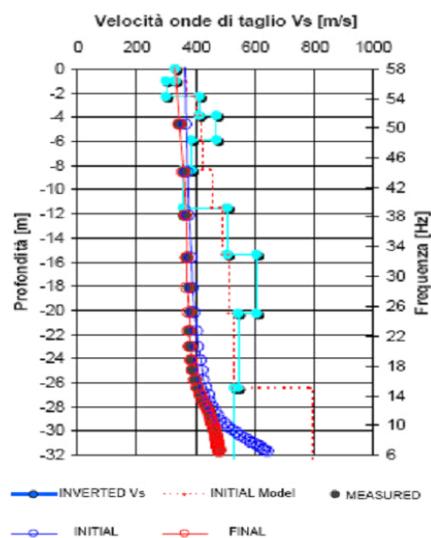


Figura 3 - Modello di propagazione delle velocità delle onde  $V_s$

# **Allegato 9**

## **Verifiche geotecniche: tabulati**

Fondazione nastriforme larghezza  $B = 0,70$  metri – Condizioni statiche

Formula generale di Brinch-Hansen (1970)

Verifica fondazioni dirette secondo il D.M. 14 gennaio 2008 - Approccio DA2

Analisi dei carichi			
Tensione [t/m <sup>2</sup> ]	Coesione [t/m <sup>2</sup> ]	Attrito [t/m <sup>2</sup> ]	Carico limite [t/m <sup>2</sup> ]
20,038822	0	12,658644	32,697466

$$q_{lim} = 32,697 \text{ t/m}^2$$

$$q_{lim,d} = 14,216 \text{ t/m}^2$$

Parametri Geotecnici

c' [t/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [t/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	Fattori di capacità portante		
			N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub><math>\gamma</math></sub>
0	1,8	30	18,401122	30,13963	20,093085
Peso di volume saturo $\gamma_{sat}$ [t/m <sup>3</sup> ]			2,4		

Dimensioni della fondazione

Tipologia: nastriforme

Eccentricità [m] : 0,00			Fattori di forma		
Br [m]	Lr [m]	B eff. [m]	S <sub>q</sub>	S <sub>c</sub>	S <sub><math>\gamma</math></sub>
0,7	1E+51	0,7	1,00	1,00	1,00

q' [t/m <sup>2</sup> ]	z (rinterro) [m]	D/B [-]	Fattori di correzione		
				d <sub>q</sub>	d <sub>c</sub>
0,9	0,5	0,71	<1	1,21	1,21
			>1	1,18	1,22

Effetti inerziali dovuti al sisma	
Zona sismica	3S
Accelerazione orizzontale massima	
Accelerazione di picco al suolo	0
Fattore S <sub>s</sub>	
Fattore S <sub>T</sub>	
Coefficiente sismico pseudostatico K <sub>h</sub>	0

z <sub>q</sub>	1
z <sub><math>\gamma</math></sub>	1
z <sub>c</sub>	1

Carichi		m= 2			$\phi'$ [r]	Funzioni trigonometriche	
Verticali [t]	Inclinati [t]	Fattori di correzione				sen	
		i <sub>q</sub>	i <sub>c</sub>	i <sub><math>\gamma</math></sub>	0,5235988	0,500000	
0,9	0	1,00	1,00	1,00		0,866025	
						0,577350	

Coefficiente parziale $\gamma_R$	2,3
----------------------------------	-----

Piano campagna inclinato				Fondazione con base inclinata			
$\omega$ [°]	Fattori di correzione			$\alpha$ [°]	Fattori di correzione		
	g <sub>q</sub>	g <sub>c</sub>	g <sub><math>\gamma</math></sub>		b <sub>q</sub>	b <sub>c</sub>	b <sub><math>\gamma</math></sub>
0	1,00	1,00	1,00	0	1,00	1,00	1,00

## Fondazione nastriforme larghezza $B = 0,70$ metri – Condizioni dinamiche

### Formula generale di Brinch-Hansen (1970)

Verifica fondazioni dirette secondo il D.M. 14 gennaio 2008 - Approccio DA2

Analisi dei carichi			
Tensione [t/m <sup>2</sup> ]	Coesione [t/m <sup>2</sup> ]	Attrito [t/m <sup>2</sup> ]	Carico limite [t/m <sup>2</sup> ]
18,071494	0	11,415871	29,487365

$$q_{lim} = 29,487 \text{ t/m}^2$$

$$q_{lim,d} = 12,821 \text{ t/m}^2$$

#### Parametri Geotecnici

c' [t/m <sup>2</sup> ]	γ [t/m <sup>3</sup> ]	φ' [°]	Fattori di capacità portante		
			N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>
0	1,8	30	18,401122	30,13963	20,093085
Peso di volume saturo γ <sub>sat</sub> [t/m <sup>3</sup> ]			2,4		

#### Dimensioni della fondazione

Tipologia: nastriforme

Eccentricità [m] : 0,00			Fattori di forma		
Br [m]	Lr [m]	B eff. [m]	S <sub>q</sub>	S <sub>c</sub>	S <sub>γ</sub>
0,7	1E+51	0,7	1,00	1,00	1,00

q' [t/m <sup>2</sup> ]	z (rinterro) [m]	D/B [-]	Fattori di correzione		
			<1	dq	dc
0,9	0,5	0,71	<1	1,21	1,21
			>1	1,18	1,22

#### Effetti inerziali dovuti al sisma

Zona sismica	3S
Accelerazione orizzontale massima	0,123
Accelerazione di picco al suolo	0,1476
Fattore S <sub>s</sub>	1,2
Fattore S <sub>T</sub>	1
Coefficiente sismico pseudostatico K <sub>h</sub>	0,1476

Carichi		m= 2			φ' [r]	Funzioni trigonometriche	
Verticali [t]	Inclinati [t]	Fattori di correzione				sen	cos
0,9	0	i <sub>q</sub>	i <sub>c</sub>	i <sub>γ</sub>	0,5235988	0,500000	0,866025
		1,00	1,00	1,00		0,577350	

$$z_q = 0,9018242$$

$$z_γ = 0,9018242$$

$$z_c = 0,952768$$

Coefficiente parziale γ <sub>R</sub>	2,3
--------------------------------------	-----

Piano campagna inclinato				Fondazione con base inclinata			
ω [°]	Fattori di correzione			α [°]	Fattori di correzione		
	g <sub>q</sub>	g <sub>c</sub>	g <sub>γ</sub>		b <sub>q</sub>	b <sub>c</sub>	b <sub>γ</sub>
0	1,00	1,00	1,00	0	1,00	1,00	1,00