



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

P.E.C. IN AREA CE I.2A

Foglio 12 sez. Abbadia Alpina, particelle nn. 31, 252, 503, 505 e 507

PROPRIETÀ:	VALTER MALANO	MARCELLO CHIABRANDO
	MARGHERITA FRAIRIA	BIANCA VAIRA
	ROBERTO CASTAGNO	PAOLA CHIABRANDO
	MARIO CASTAGNO	PIERINA CAMUSSO
	LAURA CASTAGNO	SILVIA CHIABRANDO

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

IL TECNICO INCARICATO

DOTT. GEOLOGO MARCO BARBERO

(DOCUMENTO INFORMATICO FIRMATO DIGITALMENTE)

APRILE 2020

 Via Saluzzo, 52 - 10064 Pinerolo (TO)

 Telefono / Fax +39 0121 375017

 info@gealpiconsulting.it

 www.gealpiconsulting.it

INDICE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
3. LINEAMENTI GEOLOGICO-MORFOLOGICI	2
4. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA	3
5. PERICOLOSITA' GEOLOGICA LOCALE	6
6. CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INTERVENTO	8
7. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	11
8. FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	12
9. VERIFICHE GEOTECNICHE	14
10. CONCLUSIONI	16

ALLEGATI

- Allegato 1 - Localizzazione geografica dell'area oggetto d'indagine
- Allegato 2 - Inquadramento geologico
- Allegato 3 - Dati geognostici di riferimento
- Allegato 4 - Verifiche geotecniche: tabulati

1. PREMESSA

In base all'incarico conferitomi è stata redatta la presente Relazione geologica-geotecnica che si riferisce al Piano Esecutivo Convenzionato che la proprietà richiedente intende attuare nell'azonamento CE 1.2A del P.R.G.C. di Pinerolo.

Più precisamente lo studio è stato condotto allo scopo di verificare la fattibilità degli interventi edilizi previsti nello strumento urbanistico esecutivo 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 un'apposita ricognizione.

I risultati delle indagini di terreno sono stati successivamente integrati ed approfonditi mediante la consultazione della documentazione bibliografica. In particolare, al fine di ricostruire l'assetto geologico ed idrogeologico del settore considerato, sono stati acquisiti i risultati delle indagini geognostiche condotte nell'intorno significativo dell'area considerata. Questi stessi dati sono stati utilizzati per la definizione della categoria a cui attribuire i suoli di fondazione, sulla base di quanto previsto dal §3.2.2 del D.M. 17/1/2018 (NTC18).

In ultimo, facendo riferimento alle caratteristiche tecniche dei lavori in progetto e alla natura dei terreni presenti nell'area considerata, è stato possibile fornire una valutazione circa la fattibilità geotecnica degli stessi. In riferimento 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. n. 6-887 del 30/12/2019).

Si precisa infine che il presente elaborato, che è stato redatto ai sensi del D.M. 11/3/1988 e del D.M. 17/1/2018, è comprensivo della Relazione geologica (§6.2.1 delle NTC18) e della Relazione geotecnica (§6.2.2 e §6.2.4 delle NTC18).

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto del presente studio è situata ad una quota di circa 390 metri s.l.m.⁽¹⁾ nel settore occidentale del territorio comunale di Pinerolo. Più in particolare essa è ubicata al margine sudorientale del nucleo frazionale di Abbadi Alpina ed insiste sulle particelle catastali nn. 31, 252, 503, 505 e 507 del Foglio 12 della sezione censuaria Abbazia Alpina (azzonamento CE 1.2A del P.R.G.C.).

Per maggiori ragguagli in merito alla localizzazione geografica del sito oggetto d'indagine si rimanda all'estratto della BDTRE Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti della Regione Piemonte in scala 1:10.000 (sezione n. 172120, allestimento cartografico 2019) riportato nell'Allegato 1.

3. LINEAMENTI GEOLOGICO-MORFOLOGICI

L'area oggetto d'indagine è parte integrante della pianura pedemontana pinerolese localizzata al piede dei primi rilievi montuosi presenti in prossimità dell'abitato di Pinerolo. In corrispondenza dello sbocco vallivo del torrente Chisone, questi rilievi, che rappresentano i primi contrafforti della catena alpina occidentale, 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 grafitico (la "Serie grafitica delle Alpi Cozie" Auct.), nonché da ortoderivati a chimismo acido (granitico e granodioritico) di probabile età tardo-ercinica. Nel dettaglio, in corrispondenza del settore collinare a monte degli abitati di Pinerolo e di Abbazia Alpina affiorano micascisti e gneiss minuti della "Serie grafitica". Si precisa che questi litotipi sono interpretati come il prodotto della trasformazione metamorfica legata al ciclo orogenetico alpino di originarie sequenze detritiche di età carbonifera.

¹ Piano quotato Carta Tecnica Regionale (CTR).

In particolare, l'area in esame insiste sulla pianura alluvionale recente geneticamente legata al torrente Chisone ed è caratterizzata dalla presenza di depositi che, nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Foglio n. 67 - Pinerolo), sono stati assegnati "Diluviale recente ed alluviale" ("Alluvioni recenti"), definizioni ormai considerate desuete e poco precise. Al riguardo si sottolinea che, sulla base di quanto riportato nella "Carta geologica del Piemonte" (GeoPiemonte Map, a cura del CNR IGG, Arpa Piemonte - 2016), i depositi in esame possono essere riferiti al Pleistocene medio-superiore (si veda la tavola d'inquadrimento geologico riportata nell'Allegato 2).

Dal punto di vista morfologico l'area si presenta da subpianeggiante a debolmente degradante verso Est e, come poc'anzi riferito, insiste sulla pianura alluvionale recente geneticamente legata al Chisone, il cui alveo scorre circa 500 m a SudEst dell'area oggetto d'intervento.

Dal punto di vista sedimentologico, i terreni presenti nell'area oggetto d'indagine sono dei depositi fluvio-torrentizi di natura essenzialmente grossolana e, a grande scala, sono caratterizzati da una certa omogeneità. Più precisamente essi sono costituiti da ghiaie eterometriche in matrice sabbioso-limosa. Peraltro non si può escludere la presenza di livelli a granulometria più fine (sabbie e limi) che possono dare origine a corpi lentiformi di varia potenza ed estensione laterale. I depositi grossolani poc'anzi descritti possono essere sormontati da sedimenti di natura sabbioso-limosa di potenza metrica che, di norma, costituiscono il "top" di una sequenza deposizionale di ambiente fluviale.

Infine, per quanto concerne gli aspetti pedologici, facendo riferimento al Foglio 172 della "Carta dei suoli" in scala 1:50.000 della Regione Piemonte (I.P.L.A., 2007), nel settore oggetto d'indagine si possono riconoscere degli "inceptisuoli di pianura ghiaiosi" (B3).

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 settore di pianura entro il quale ricade l'area d'intervento. In particolare sono stati presi in esame i dati relativi a sette sondaggi a carotaggio continuo perforati nell'ambito dell'attuazione di

interventi edilizi di natura privata⁽²⁾, ai quali si deve aggiungere il sondaggio eseguito a supporto della progettazione delle strutture scolastiche recentemente realizzate presso la frazione di Abbadia Alpina⁽³⁾. A questo proposito, si segnala che il foro di quest'ultimo sondaggio è stato attrezzato per l'effettuazione di una prova geofisica di tipo down-hole i cui risultati sono commentati nel capitolo 6.

Si precisa che, nell'ambito del presente studio, per le indagini di riferimento è stata adottata la medesima numerazione riportata nello studio geologico del P.R.G.C. di Pinerolo⁽⁴⁾, ad eccezione del sondaggio condotto nell'area delle nuove scuole di Abbadia Alpina (individuato con la sigla SA). La localizzazione dei dati di riferimento è indicata nella tavola d'inquadramento geologico riportata nell'Allegato 2.

L'assetto che emerge dai dati dei sondaggi presi in esame, che sono stati spinti a profondità comprese fra i 15,00 m e i 30,00 m dal piano campagna, è coerente con il quadro delineato nel precedente capitolo. In sintesi, dalle sezioni stratigrafiche degli stessi emerge che nel settore in esame il materasso alluvionale è essenzialmente caratterizzato da termini grossolani costituiti da ghiaie eterometriche con ciottoli in matrice sabbioso-limoso. In superficie, il materasso in esame può essere sigillato un orizzonte di terreno agrario e/o di sedimenti sabbioso-limosi. Si precisa altresì che in corrispondenza del tratto inferiore della verticale d'indagine SA è stata riscontrata la presenza di limi argilloso-sabbiosi addensati.

Al fine di valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni indagati, nel corso delle operazioni di perforazione in buona parte dei sondaggi presi in esame sono state eseguite delle prove penetrometriche SPT che hanno fornito i seguenti risultati⁽⁵⁾:

SONDAGGIO S27

- -1,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 45$ (ghiaie e sabbie);
- -3,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 65$ (ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa);
- -8,50 m dal p.c. → $N_{SPT} = 69$ (ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa).

² 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).

³ Fonte: archivio GEOALPI CONSULTING.

⁴ Si veda la nota 2.

⁵ Si precisa che i valori indicati nelle colonne stratigrafiche riportate nell'Allegato 3 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.

SONDAGGIO S120

- -3,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 14$ (limi argillosi);
- -6,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 20$ (ghiaie eterometriche);
- -9,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 51$ (ghiaie eterometriche).

SONDAGGIO S125

- -3,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = R$ (ghiaie e ciottoli);
- -6,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 38$ (ghiaie eterometriche);
- -9,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 22$ (ghiaie eterometriche);
- -12,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 33$ (ghiaie eterometriche).

SONDAGGIO S126

- -4,50 m dal p.c. → $N_{SPT} = 34$ (ghiaie eterometriche);
- -8,50 m dal p.c. → $N_{SPT} = 33$ (ghiaie eterometriche);
- -10,50 m dal p.c. → $N_{SPT} = 31$ (ghiaie eterometriche);
- -13,50 m dal p.c. → $N_{SPT} = 46$ (ghiaie eterometriche).

SONDAGGIO S127

- -3,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = R$ (sabbie e ghiaie);
- -6,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 41$ (ghiaie eterometriche);
- -9,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 36$ (ghiaie eterometriche);
- -12,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 36$ (ghiaie eterometriche).

SONDAGGIO S128

- -3,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = R$ (ghiaie e ciottoli);
- -6,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 42$ (ghiaie eterometriche);
- -9,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = 26$ (ghiaie eterometriche);
- -12,00 m dal p.c. → $N_{SPT} = R$ (ghiaie eterometriche).

SONDAGGIO S_A

- -1,50 m dal p.c. → $N_{SPT} = 51$ (ghiaie eterometriche con ciottoli);
- -15,50 m dal p.c. → $N_{SPT} = R$ (sabbie e ghiaie compatte).

In sintesi, i risultati sopra riportati mettono in evidenza che i depositi alluvionali grossolani riscontrati nei sondaggi presi in esame presentano un grado di addensamento piuttosto elevato.

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 NordOvest-SudEst. 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, nel corso delle operazioni di perforazione dei sondaggi di riferimento, la superficie libera della falda è stata intercettata ad una profondità compresa fra 6,10 m (SA) e 11,50 m dal p.c. (S28).

Il quadro appena illustrato è confermato anche dall'esame dello studio geologico elaborato a supporto del P.R.G.C. di Pinerolo. In particolare dall'esame della specifica carta⁶, emerge che nei pozzi P5, P8 e P9, posizionati nell'intorno significativo dell'area oggetto d'intervento (si veda la tavola d'inquadramento geologico riportata nell'Allegato 2), la superficie libera della falda presenta una soggiacenza che può oscillare indicativamente intorno ai 9,00-14,00 m dal p.c. (si veda la tabella riportata di seguito).

POZZO	MARZO 1988	MARZO 1989	DICEMBRE 1994	MAGGIO 2002	GIUGNO 2008
5	-13,50 m.	-14,00 m.	-13,70 m.	-13,00 m	-12,90 m
8	-9,70 m.	-9,00 m.	-8,80 m.	-	-
9	-10,60 m.	-10,00 m	-9,90 m	-9,50 m	-9,60 m

Per maggiori ragguagli in merito ai dati geognostici di riferimento si veda lo specifico fascicolo riportato nell'Allegato 3.

5. PERICOLOSITA' GEOLOGICA LOCALE

Per quanto concerne gli aspetti relativi alla pericolosità geologica locale,

⁶ Tav. 20a "Carta dei punti d'acqua censiti e delle isofreatiche" a cura del Dott. Geol. Guido PENNAZZATO (dicembre 2003).

si segnala che, nel corso delle indagini di terreno⁽⁷⁾, 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. Al riguardo si rimarca che il torrente Chisone scorre circa 500 m a SudEst rispetto all'area oggetto d'indagine e che nel settore di pianura considerato non sono presenti altri corsi d'acqua significativi ai fini del rischio idraulico.

Le osservazioni di terreno sono state successivamente approfondite mediante l'analisi delle carte tematiche della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte ("Carta delle aree inondabili" e "Carta dei tributari minori e delle conoidi potenzialmente attive"), del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ("Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici"), 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", aggiornamento 2015), dalle quali risulta che il sito oggetto d'indagine è posizionata esternamente ad aree interessate da dissesto.

Infine, analisi di maggiore dettaglio sono state ricavate dalla consultazione dello studio geologico elaborato a supporto della Variante strutturale per l'adeguamento del P.R.G.C. di Pinerolo al PAI⁽⁸⁾, il quale ha confermato che l'area in esame risulta essere esterna alla perimetrazione dei dissesti potenziali o in atto. Sulla base del quadro appena delineato, nella "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'uso urbanistico"⁽⁹⁾, l'area oggetto d'indagine è stata ascritta alla classe 1 ("porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono, di norma, consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88, del D.M. 14/01/08 e s.m.i.").

⁷ Sopralluogo condotto in data 15 aprile 2020.

⁸ 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).

⁹ Tav. GB07A, a cura del Dott. Geol. Teresio BARBERO e del Dott. Geol. Nicola QUARANTA (novembre 2010).

6. CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INTERVENTO

Secondo quanto prevede il Decreto 17/1/2018 del Ministero delle Infrastrutture (NTC18), 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, si deve procedere alla classificazione dei suoli di fondazione secondo i criteri definiti al punto 3.2.2 delle NTC18. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) e viene calcolato mediante l'espressione:

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

nella quale:

- h_i = spessore dello strato i -esimo (espresso in m);
- $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio dell' i -esimo strato (espressa in m/s);
- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800.

Si precisa che per depositi con profondità H del substrato superiore a 30,00 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$ ottenuto ponendo $H = 30,00$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Al riguardo si sottolinea che, dai dati stratigrafici presi in esame, emerge che il materasso alluvionale che caratterizza il settore di pianura su cui insiste l'area d'intervento presenta uno spessore non inferiore ai 30,00 m, pertanto la $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$.

Il modello sopra proposto è in sostanziale accordo con il quadro delineato negli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 e di livello 2 di cui

dispone il Comune di Pinerolo⁽¹⁰⁾. In particolare, si segnala che nella “Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica” (MOPS), elaborata nell’ambito dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1, il settore oggetto della presente indagine è stato assegnato alla categoria 3 delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, categoria che esclude la presenza del substrato rigido nei primi 30,00 m dal p.c.. Nella fattispecie il modello litostratigrafico proposto per la zona in esame prevede la presenza di un materasso alluvionale ghiaioso-sabbioso avente potenza nell’ordine dei 20,00 m e del substrato lapideo alterato di spessore indicativo di 30,00 m poggiante su substrato rigido. Al riguardo si ribadisce che dai dati stratigrafici esaminati emerge che nel settore in esame il materasso alluvionale presenta uno spessore sensibilmente maggiore e, comunque, non inferiore ai 30,00 m.

Per quanto concerne l’area oggetto d’intervento, la classificazione dei suoli è stata effettuata a partire dai risultati della prova down-hole eseguita nel foro del sondaggio S_A (si veda il capitolo 5), condotta in corrispondenza di un lotto impostato su terreni confrontabili a quelli oggetto del presente studio sia per età che per assetto litostratigrafico, che pertanto possono essere considerati rappresentativi anche per l’area in esame.

In sintesi, in ragione del fatto che la prova down-hole di riferimento ha fornito un valore di $V_{s,30}$ pari a **390 m/s**, i terreni che caratterizzano l’area oggetto d’intervento sono stati assegnati alla categoria **B** dei suoli di fondazione di cui alla tabella 3.2.II delle NTC18 (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 m/s e 800 m/s).

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), la suscettibilità alla liquefazione risulta essere bassa quando la falda si attesta ad una profondità compresa fra i 6,00 e i 10,00 m dal piano campagna.

¹⁰ A cura del Politecnico di Milano.

Indipendentemente dalle valutazioni in merito alla profondità della falda, facendo riferimento a quanto indicato al punto 7.11.3.4.2 del D.M. 17/1/2018, la verifica a liquefazione dei terreni di fondazione può essere omessa in ragione delle caratteristiche granulometriche degli stessi. Al riguardo, alla luce del quadro litostratigrafico delineato nel presente studio, è ragionevole ritenere che i depositi nei quali è ospitata la falda freatica, principalmente rappresentati da termini ghiaioso-ciottolosi, siano caratterizzati da una distribuzione granulometrica esterna alle zone critiche indicate nelle Figure 7.11.1(a) e 7.11.1(b) di cui al punto 7.11.3.4.2 del succitato decreto.

Al riguardo si deve tener conto che, al di là degli approcci analitici, i materiali liquefacibili sono individuati da sabbie fini e limi con granulometria uniforme ($U < 5$) e costituenti terreni deltizi, fluviali e marini recenti, meandri ecc... La letteratura specifica, inoltre, individua una bassa o molto bassa probabilità che si verifichino fenomeni di liquefazione a spese di sedimenti di età pleistocenica. Dal punto di vista geomorfologico, infine, sono improbabili fenomeni di liquefazione sui sedimenti terrazzati.

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 degli edifici in progetto, si è assunta una vita nominale V_N pari a **50 anni** (tabella 2.4.I delle NTC18), per una classe d'uso **II** (paragrafo 2.4.2 delle NTC18) ed un coefficiente d'uso c_u pari a **1** (tabella 2.4.II delle NTC18). 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⁽¹¹⁾:

- accelerazione orizzontale massima del terreno $a_g = 0,131g$;
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale $F_0 = 2,461$;
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale $T'_c = 0,263s$ per un $T_r = 475$ anni.

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

¹¹ I parametri sismici ed i coefficienti sismici di riferimento sono stati determinati con il software **GeoStru PS 2018** (<http://geoapp.eu/parametrisismici2018/>).

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 0,157g$$

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.III delle NTC18); 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.

7. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Alla luce del quadro litostratigrafico delineato nel presente studio, si raccomanda di ricavare il piano di fondazione delle strutture in progetto entro i depositi alluvionali grossolani che caratterizzano il settore di pianura su cui insiste l'area il sito d'intervento (essenzialmente ghiaie eterometriche e ciottoli in matrice sabbioso-limoso), previa la completa asportazione degli eventuali materiali superficiali scadenti riscontrati in corso d'opera (ad esempio terreno agrario, sedimenti fini e/o materiali di riporto).

La definizione dei principali parametri geotecnici dei depositi di cui sopra è stata effettuata a partire dai risultati delle prove penetrometriche SPT condotte nei sondaggi di riferimento (si veda il capitolo 4), in particolare è stato cautelativamente adottato il valore più basso ricavato nell'ambito di tali prove in corrispondenza dei depositi ghiaiosi ($N_{SPT} = 20$).

A partire da questo valore di N_{SPT} si è proceduto alla determinazione dell'angolo di attrito interno di picco (ϕ_{picco}) mediante i seguenti metodi di correlazione: PECK-HANSON & THORNBURN, JAPANESE NATIONAL RAILWAY, OWASAKI & IWASAKY, 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 33°) è stato quindi corretto in funzione del valore della densità relativa D_r (indicativamente pari a 55%), ottenendo l'angolo di attrito residuo in condizioni assialsimmetriche (φ'_{as}).

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 in esame, che devono essere riferiti ai depositi in condizioni indisturbate, sono i seguenti:

- γ_n (peso volumico) = 18,0 kN/m³ ($\approx 1,80$ t/m³);
- φ'_{as} (angolo di attrito interno) = 30°;
- c (coesione) = 0,0 kN/m².

In conclusione, si sottolinea che, in fase esecutiva, sarà necessario verificare la rispondenza del modello sopra illustrato con la situazione reale. In particolare dovrà essere valutata con attenzione la litostratigrafia di tutta l'area d'intervento.

8. FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Lo strumento urbanistico esecutivo in esame prevede la costruzione di due fabbricati residenziali plurifamiliari (3 piani f.t. + 1 piano interrato). Per maggiori ragguagli in merito alle caratteristiche tecniche e plano-altimetriche dell'intervento edilizio in esame si rimanda agli elaborati progettuali⁽¹²⁾.

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 merito agli aspetti geotecnici, si ribadisce che il piano di fondazione della struttura in progetto dovrà essere ricavato entro i depositi alluvionali

¹² Arch. Rita PELASSA e Geom. Aldo SUPPO (Pinerolo TO).

grossolani descritti nei capitoli 4 e 7, previa la completa asportazione dei materiali con caratteristiche geotecniche scadenti eventualmente riscontrati in superficie. Per maggiori ragguagli a tale proposito si rimanda al capitolo 9.

Alla luce del quadro geoidrologico tratteggiato nel presente studio si possono ragionevolmente escludere eventuali interferenze fra i locali del piano interrato e la falda. In ogni caso, si consiglia di prevedere un'adeguata impermeabilizzazione dei muri controterra per evitare interferenze in risposta ad eventuali processi di circolazione idrica di carattere ipodermico.

In relazione agli aspetti relativi alla gestione delle acque meteoriche, si raccomanda di prevedere la realizzazione di una adeguata rete di raccolta delle stesse 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 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 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 delle pareti di scavo dovranno essere impediti il transito di automezzi, nonché lo stoccaggio di materiali. In caso di eventi meteorici intensi e/o prolungati, queste ultime dovranno essere protette mediante la posa di teli impermeabili, adeguatamente ancorati lungo il ciglio superiore e lungo il piede delle pareti di scavo, onde evitare che possano

essere accidentalmente spostati o rimossi (ad esempio mediante l'infissione di picchetti sagomati a "U").

9. VERIFICHE GEOTECNICHE

A partire dal modello geotecnico definito nel capitolo 7 si è 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 2 combinazione A1+M1+R3 previsto dal D.M. 17/1/2018 (NTC18), per il quale i coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici del terreno sono pari all'unità ed il coefficiente parziale γ_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 stato riclassificato in Zona 3s ai sensi della D.G.R. n. 6-887 del 30/12/2019):

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

nella quale:

Parametri geotecnici:

- c = coesione (t/m^2);
- γ_n = peso di volume del terreno (t/m^3);

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_γ = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio φ ⁽¹³⁾;
- s_c, s_q, s_γ = fattori di forma della fondazione⁽¹⁴⁾;

¹³ Per il calcolo di N_q, N_c ed N_γ si è fatto riferimento alla soluzione proposta da VESIC (1970) anziché a quella di BRINCH-HANSEN.

¹⁴ Nella verifica non si è tenuto conto di eventuali eccentricità, trascurando la fondazione ridotta.

- i_c, i_q, i_γ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- b_c, b_q, b_γ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione;
- g_c, g_q, g_γ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;
- z_c, z_q, z_γ = fattori correttivi che tengono conto degli effetti inerziali dovuti al sisma, funzione, in particolare, del coefficiente sismico pseudostatico k_h .

La verifica, in assenza della progettazione strutturale, è stata condotta in via preliminare facendo riferimento ad uno schema costituito da un reticolo di travi collegate il cui comportamento sarà riconducibile a quello di una piastra nervata in grado di distribuire uniformemente le tensioni sul terreno (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 nel capitolo 4 (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 di seguito riportata sono sintetizzati i risultati ottenuti.

Fondazione	Condizioni di verifica	Q_{lim}	$Q_{lim,d}$
Nastriforme B = 0,70 m	statiche (SLU)	3,27 kg/cm²	1,42 kg/cm²
	dinamiche (SLV)	2,92 kg/cm²	1,27 kg/cm²

I tabulati relativi alle operazioni di calcolo sono riportati nell'Allegato 4. Si sottolinea che i risultati ottenuti mettono in evidenza che la fattibilità degli interventi edilizi in progetto non mostra particolari condizionamenti di natura geotecnica. Si rammenta peraltro che le verifiche condotte sono di carattere preliminare, pertanto dovranno essere approfondite nel corso della progettazione strutturale.

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

10. CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati dello studio effettuato e nel rispetto delle note tecnico-esecutive illustrate nella presente relazione si esclude che la fattibilità degli interventi edilizi previsti nello strumento urbanistico esecutivo in esame sia gravata da condizionamenti di natura geologica.

In particolare, per quanto riguarda il quadro relativo alla pericolosità geologica locale, si rimarca che l'area oggetto d'indagine non è interessata da processi di instabilità potenziali o in atto.

In merito alla classificazione sismica del settore considerato, i terreni che caratterizzano l'area d'intervento sono stati assegnati alla categoria **B** dei suoli di fondazione di cui alle NTC18. In relazione agli aspetti inerenti alla vulnerabilità sismica locale, sulla base del presente studio, si possono escludere 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 risultano verificate le condizioni del sito necessarie ad orientare il Progettista nel corretto dimensionamento delle strutture in progetto.

E' altresì importante rammentare che in fase esecutiva si dovrà accertare la rispondenza del modello delineato nel presente studio. In particolare, durante l'esecuzione degli scavi, sarà necessario verificare l'assetto litostratigrafico di tutta l'area d'intervento.

Pinerolo, 17 aprile 2020

Dott. Geol. Marco Barbero

(documento informatico firmato digitalmente)

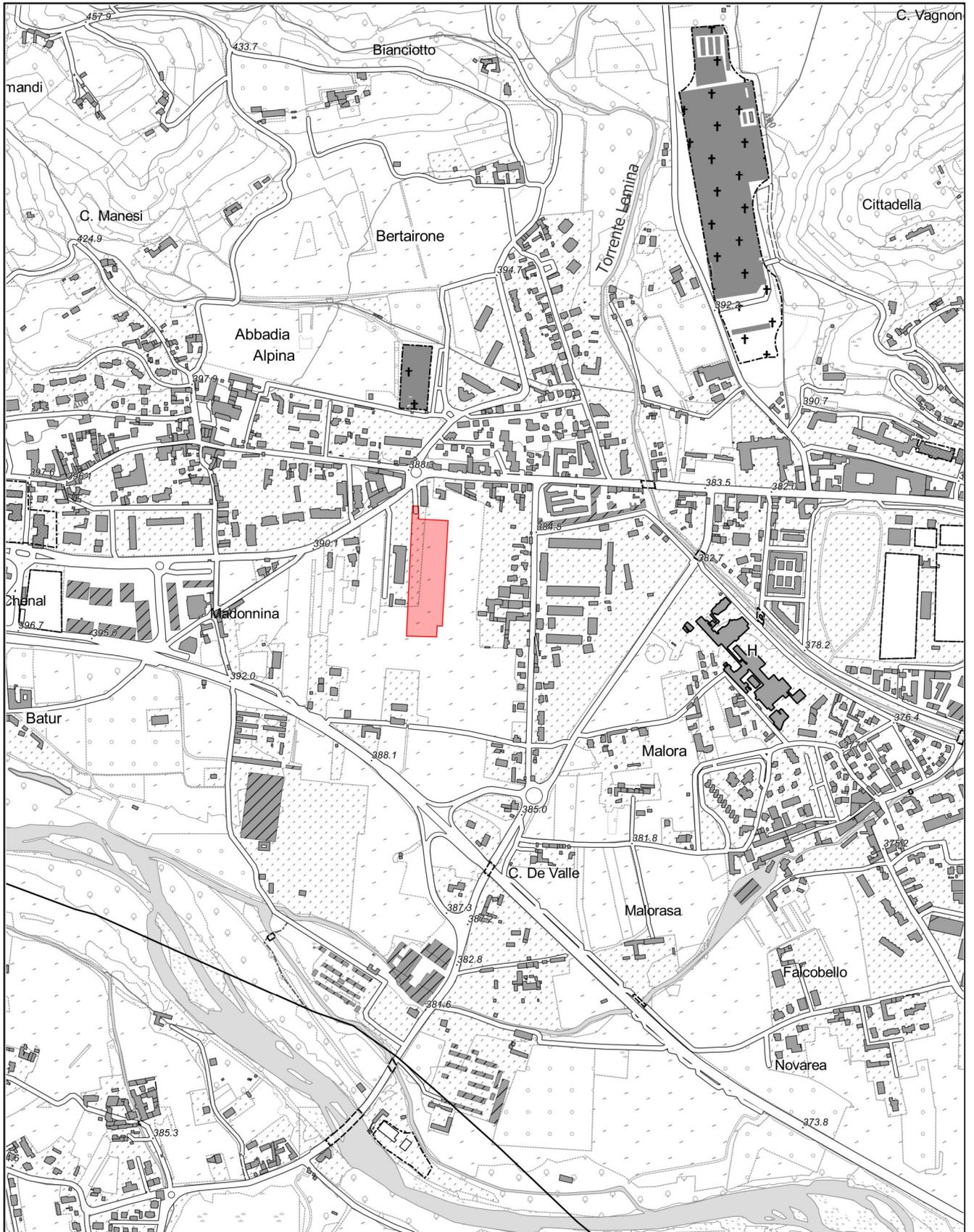
ALLEGATI

- **Allegato 1 - Localizzazione geografica dell'area oggetto d'indagine**
- **Allegato 2 - Inquadramento geologico**
- **Allegato 3 - Dati geognostici di riferimento**
- **Allegato 4 - Verifiche geotecniche: tabulati**

Allegato 1

Localizzazione geografica
dell'area oggetto d'indagine
(evidenziata in rosso)

Scala 1:10.000



Allegato 2
Inquadramento geologico
Scala 1:10.000

-  Depositi alluvionali recenti (Pleistocene medio-superiore).
-  Area oggetto d'intervento.
-  Sondaggi a carotaggio (fonte: P.R.G.C. Pinerolo).
-  Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per prova down-hole (fonte: archivio Geoalpi Consulting).
-  Punti di misura freatimetrica (fonte: P.R.G.C. Pinerolo).



Allegato 3
Dati geognostici di riferimento
Sondaggi a carotaggio continuo
Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per prova down-hole
Prova down-hole

Sondaggio a carotaggio continuo S27

diometri sistema		quote		sezione	potenza banchi	descrizione del terreno	campioni falde acquifere	pk vt	piezometri	inclinometri
ass.	rel.	ass.	rel.							
		-2.50	0.00							
		p.c.			4.00	Ghiaia media in abbondante sabbia grossolana				
			-1.00		3.00	Grossi blocchi (40-60 cm) ciottoli e ghiaia con sabbia grossa				-1.00 11-17-28
			-4.00		0.50	Sabbia e ghiaietto				-3.00 21-26-39
			-4.50		1.50	Blocchi e ciottoli con sabbia bruna				
			-6.00		1.20	Blocchi e ciottoli				
			-7.20		1.30	Ciottoli e ghiaia con sabbia bruna				-8.50 23-29-40
			-8.50		3.50	Ciottoli e ghiaia con sabbia bruna	H ₂ O -9.00			
			-12.00		3.00	Ghiaia a diversa pezza- tura con abbondante sabbia brunastra				
			-15.00							

ROTAZIONE Ø 128 - 100 %

27

COMMITTENTE Impresa GALLO - Pinerolo

LOCALITA' Abbadia Alpina - Via Circonvallazione

SONDAGGIO N° 1

Sondaggio a carotaggio continuo S28

diometri sistema		quote		sezione	potenza banchi	descrizione del terreno	campioni	faide acquisite	Pk/vt	piezometri	inclinometri
ass.	rel.										
		p.c.	0.00								
ROTAZIONE ϕ 128 - 100 $\frac{3}{4}$			-1.20		1.20	Sabbia limosa brunastra					
			-2.00		0.80	Ghiaia e sabbia					
			-5.00		3.00	Grossi blocchi (40-60 cm) ciottoli in sabbia grossa					
			-7.00		2.00	Ciottoli e ghiaia con sabbia					
			-11.00		4.00	Blocchi, ciottoli e ghiaia con abbondante sabbia					
			-15.00		4.00	Ciottoli e ghiaia con sabbia grossolana brunastra		H ₂ O -11.50			

28

GEOLOGIA • STUDI • PROGETTI

COMMITTENTE Impresa GALLO - Pinerolo
LOCALITA' Abbadia Alpina - Via Circonvallazione

SONDAGGIO N°2

Sondaggio a carotaggio continuo S120

	Committente	AIRAUDO S.p.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Via Nazionale, 24 - Abbazia Alpina	S1	1/1
	Località	Pinerolo (TO)	Il geologo	
	Inizio Perforazione	12/10/2005	Dott. S. Josa	
Scala	1:100	Fine Perforazione	14/10/2005	

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	felda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
1.50			Terreno di riporto prevalentemente ghiaioso-sabbioso con ciottoli e rari frammenti lateritici.												
1.50	1.70		Limo debolmente argilloso con rara ghiaia e ghiaietto sparsi, elevato grado di alterazione e ossidazione, moderatamente consistente, colore bruno ocra.		carotaggio con limo diam. 131mm					3.00 N: 7 - 5 - 9					
3.20	0.80		Come sopra, con aumento della frazione ghiaiosa, colore bruno.												
4.00	3.00		Ghiaia eterometrica con limo sabbioso a livelli prevalente, elevato grado di alterazione, debole ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore bruno-nocciola.				90-100 %			6.00 N: 10 - 8 - 12					
7.00	1.70		Ghiaia ciottolosa e blocchi (diam. max 30-35cm) con limo sabbioso, addensata, colore nocciola.												
8.70	0.50		Sabbia debolmente limosa con scarsa frazione ghiaiosa fine, moderatamente addensata, colore nocciola.							9.00 N: 21 - 28 - 23					
9.20			Ghiaia eterometrica con limo sabbioso a livelli prevalente, rari ciottoli, debole grado di alterazione e ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore bruno-nocciola.	11.20											
	7.00														
					carotaggio continuo diam. 101mm										
						127mm									
16.20	2.80		Ghiaia ciottolosa e blocchi (diam. max 20-25cm) con limo sabbioso, addensata, colore nocciola.												
19.00			Ghiaia eterometrica in abbondante e/o prevalente matrice fine limoso-sabbiosa, rari ciottoli, elevato grado di alterazione e discreto grado di ossidazione (ciottoli quasi completamente alterati e/o sfatti), addensata, colore bruno-bruno giallastro con evidenti screziature ocrae da ossidazione.												
	7.20														
26.20	3.30		Come sopra, con ciottoli e/o blocchi (diam. max 20-25cm), colore bruno-nocciola.												
29.50	0.50		Sabbia siltosa con raro ghiaietto sparso, addensata, colore bruno-giallastro.												
30.00															

DEPOSITO CASSETTE: presso il cantiere.

Il foro di sondaggio è attrezzato con tubo in PVC diam. 3" per indagine DOWN-HOLE.

Sondaggio a carotaggio continuo S125

	Committente		SONDAGGIO	FOLGLIO
	Cantiere	Via Sabotino - PEC Zona CE 4.1	S1	1/1
	Località	Pinerolo (TO)	Il geologo	
	Inizio Perforazione	28/03/2006	Dotl. S. Josa	
Scale	1:100	Fine Perforazione	29/03/2006	

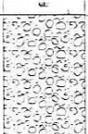
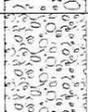
profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	tubazione per down hole	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00	0.40		Terreno di copertura vegetale.												
0.40	1.30		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana con sabbia debolmente limosa, moderatamente addensata, colore grigio-nocciola.		C-15 diam. 151mm					3.00 N. 31 - RIF.					
1.70	3.70		Ghiaia ciottolosa con trovanti (diam. max 25-27cm) in matrice sabbioso-limosa discretamente ossidata a fondo strato, da addensata a molto addensata con la profondità, colore da grigio-nocciola a nocciola-brunastro.							6.00 N. 13 - 21 - 17					
5.40	4.30		Ghiaia eterometrica con sabbia medio-fine a livelli limosa e talora abbondante, rari ciottoli, grado di alterazione e ossidazione da discreto a intenso con la profondità, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola-brunastro screziato.	6.60						9.00 N. 7 - 12 - 10					
9.70	1.00		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, intenso grado di alterazione e debole ossidazione, moderatamente addensata, colore grigiastro.							12.00 N. 9 - 16 - 15					
10.70	6.60		Ghiaia eterometrica con ciottoli e trovanti in abbondante matrice fine sabbioso-limosa a livelli prevalente, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola-brunastro screziato. Matrice fine con discreto grado di ossidazione, talora con porzioni dm intensamente alterate e ossidate.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm	127mm	80-100%								
17.30	8.00		Ghiaia eterometrica in abbondante e a tratti prevalente matrice fine sabbioso-limosa, intenso grado di ossidazione e alterazione con clasti talora completamente alterati e/o sfatti, moderatamente addensata, colore screziato da bruno a nocciola.												
25.30	4.70		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine limoso-sabbiosa, rari ciottoli, discreto grado di ossidazione e alterazione dei clasti, a tratti intensa, moderatamente addensata, colore nocciola screziato.												
30.00															

DEPOSITO CASSETTE: presso il magazzino della Committenza.

Il foro di sondaggio è attrezzato con tubo cieco in PVC diam. 3" per indagine geofisica Down-Hole.

Sondaggio a carotaggio continuo S126

	Committente	_____	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Via Sabolino - PEC Zona CE 4.1	S2	1/1
	Località	Pinerolo (TO)	Il geologo	
	Inizio Perforazione	30/03/2006	Fine Perforazione 31/03/2006	
Scala	1:100	Dott. S. Josa		

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00	0.40		Terreno di copertura vegetale.												
0.40	3.30		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana e ciottoli (diam. max 12-15cm) in scarsa matrice sabbioso-limosa, addensata, colore grigio.		c.c. diam. 113mm										
3.70	2.80		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, rari ciottoli e/o trovanti (diam. max 30-40cm), discreto grado di ossidazione, localmente intenso, da moderatamente addensata ad addensata, colore bruno-nocciola.							4.50 N: 12 - 18 - 16					
6.50	3.50		Ghiaia eterometrica con sabbia medio-fine debolmente limosa, talora abbondante, intensa ossidazione e discreta alterazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore screziato da bruno a nocciola.	8.50						7.50 N: 11 - 16 - 17					
10.00	3.70		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso-limosa a livelli prevalente, rari ciottoli, discreta ossidazione e alterazione a tratti intensa, moderatamente addensata, colore bruno-nocciola.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm	127mm	90-100%			10.50 N: 10 - 13 - 16					
13.70	6.30		Ghiaia eterometrica in matrice fine sabbioso-limosa e/o limoso-sabbiosa, rari ciottoli, intenso grado di ossidazione e discreta alterazione a tratti intensa, da moderatamente addensata ad addensata, colore screziato da bruno a nocciola.							13.50 N: 13 - 20 - 26					
20.00															

DEPOSITO CASSETTE: presso il magazzino della Committenza.

Sondaggio a carotaggio continuo S127

	Committente _____	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere <u>Via Sabotino - PEC Zona CE 4.1</u>	S3	1/1
	Località <u>Pinerolo (TO)</u>	Il geologo	
	Inizio Perforazione <u>03/04/2006</u> Fine Perforazione <u>04/04/2006</u>	Dott. S. Josa	
Scala <u>1:100</u>			

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00	0.40		Terreno di copertura vegetale.												
0.40	0.80		Limo sabbioso passante a sabbia fine limosa con la profondità, debole grado di ossidazione, poco consistente, colore bruno-nocciola.		5.5	diam. 113 mm									
0.80	2.10		Sabbia medio-fine con rari livelli siltosi a fondo strato, da poco addensata ad addensata con la profondità, colore nocciola.							3.00					
2.10	3.30		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine sabbioso-siltosa, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio.							N: 15 - 16 - RIF					
3.30	5.20		Ciottoli (diam. max 13-15cm) e ghiaia eterometrica in scarsa matrice sabbioso-limosa, addensata, colore grigio.							6.00					
5.20	6.20		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso-limosa, rari ciottoli, intenso grado di ossidazione e alterazione, moderatamente addensata, colore screziato da bruno a nocciola.							N: 26 - 22 - 15					
6.20	9.70		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso-limosa, rari ciottoli, intenso grado di ossidazione e alterazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore screziato da bruno a nocciola.	8.60						9.00					
9.70	13.30		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana con sabbia medio-fine debolmente limosa e ciottoli (diam. max 10-12cm), intenso grado di ossidazione e discreta alterazione, a tratti intensa, da moderatamente addensata ad addensata, colore screziato da bruno a nocciola.			127mm	90-100%			N: 9 - 23 - 13					
13.30	20.00		Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa a livelli prevalente, rari ciottoli, grado di ossidazione e alterazione da intenso a discreto, moderatamente addensata, colore screziato da bruno a nocciola.							12.00					
20.00										N: 13 - 16 - 20					

DEPOSITO CASSETTE: presso il magazzino della Committenza.

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 1.5".

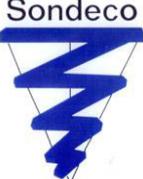
Sondaggio a carotaggio continuo S128

	Committente			SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Via Sabotino - PEC Zona CE 4.1		S4	1/1
	Località	Pinerolo (TO)		Il geologo	
	Inizio Perforazione	04/04/2006	Fine Perforazione	05/04/2006	
Scala	1:100		Dott. S. Josa		

profondità dal p.c. [m]	potenza dello stralo [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di caricaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [cm/s]
0.00	0.30		Terreno di copertura vegetale.												
0.30	1.10		Limo sabbioso, poco consistente, colore nocciola.												
1.40	0.70		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana con sabbia, debole grado di ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore da grigio a nocciola.							3.00					
2.10	1.30		Ciottoli (diam. max 12-15cm) con ghiaia eterometrica in scarsa matrice sabbioso-limosa, molto addensata, colore grigio.							N. 37 - RIF.					
3.40	8.10		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana e ciottoli in matrice sabbioso-siltosa a tratti abbondante, intenso grado di ossidazione e discreta alterazione, da addensata a moderatamente addensata con la profondità, colore screziato da nocciola a brunastro.							6.00					
										N. 14 - 23 - 19					
										9.00					
										N. 6 - 14 - 12					
11.60	0.30		Ghiaia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa, intenso grado di alterazione e ossidazione, moderatamente addensata, colore bruno-nocciola-rossiccio.							12.00					
11.80	5.70		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana e ciottoli con sabbia debolmente limosa a livelli prevalente. Grado di alterazione e ossidazione da debole a discreto, da moderatamente addensata ad addensata, colore screziato da nocciola a grigio.							N. 23 - RIF.					
17.50	2.50		Ghiaia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa a tratti abbondante, rari ciottoli, discreto grado di ossidazione e alterazione a tratti intensa, addensata, colore screziato da nocciola a brunastro.												
20.00															

DEPOSITO CASSETTE: presso il magazzino della Committenza.

Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per prova down-hole SA (1/2)

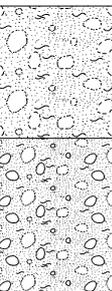
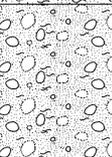
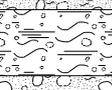
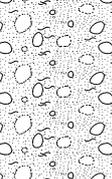
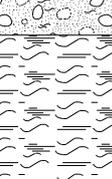
	Committente	Geolpi Consulting Studio Geologico Associato	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Scuole della Fraz. Abbazia Alpina	1	1/2
	Località	Pinerolo (TO)	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	21/11/2006	Data Fine	24/11/2006

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
0.20	0.20			Manto bituminoso e sottofondo ghiaioso.									
0.80	0.60	1		Ripporto ghiaioso sabbioso con ciottoli.									
1.60	0.80	2		Limi sabbiosi fini; colore bruno chiaro.									
		3		Ghiaie eterometriche con abbondanti ciottoli, trovanti e blocchi (diam. max 50-60 cm) in matrice sabbioso limosa; colore bruno.		131						1.50	
	3.90	4										4-18-33	
		5											
5.50		6		Ghiaie eterometriche con ciottoli in matrice sabbiosa grossolana; colore variabile da bruno rossastro a grigio scuro.	6.10								
	1.90	7											
7.40		8		Ghiaie eterometriche con rari ciottoli (diam. max 8-10 cm) e presenza di moderati fenomeni di alterazione; colore bruno chiaro.		127		90					
	3.20	9											
		10				101							
10.60		11		Sabbie e/o ghiaie sabbiose estremamente alterate eed argillificate; colore bruno rossastro. L'alterazione interessa sia i clasti che la matrice.									
	6.60	12											
		13											
		14											
		15											

Il foro è stato attrezzato con un tubo in pvc di diametro 3" cementato per l'esecuzione di prove Down rappresentato graficamente in colonna inclinometro.

Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per prova down-hole SA (2/2)

	Committente	Geolpi Consulting Studio Geologico Associato	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Scuole della Fraz. Abbadia Alpina	1	2/2
	Località	Pinerolo (TO)	Quota (p.c.)	
	Data Inizio	21/11/2006	Data Fine	24/11/2006

Profondita'	Potenza	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Perforazione	Rivestimento	% Carotaggio	RQD	Piezometro	Inclinometro	Prove S.P.T.	Campioni
17.20	6.60	16		Sabbie e/o ghiaie sabbiose estremamente alterate eed argillificate; colore bruno rossastro. L'alterazione interessa sia i clasti che la matrice.							15.50 25-37-R		
		17		Ghiaie sabbiose con sporadici ciottoli (diam. max 10-15 cm) e presenza di moderati fenomeni di alterazione di clasti e matrice; colore bruno giallastro.									
19.90	2.70	18		Ghiaie sabbiose con sporadici ciottoli (diam. max 10-15 cm) e presenza di moderati fenomeni di alterazione di clasti e matrice; colore bruno giallastro.									
		19		Argille limoso sabbiose con sporadica ghiaia (diam. max 7-8 cm). Presenza di intensi fenomeni di alterazione ed argillificazione dei clasti. Colore rosso ocreo con screziature nerastre.									
21.00	1.10	20		Ghiaie sabbiose con sporadici ciottoli (diam. max 8-10 cm) e presenza di moderati fenomeni di alterazione di clasti e matrice; colore bruno giallastro.		101	127	90					
		21		Limi da argillosi a debolmente sabbiosi addensati, con presenza di rarissimi clasti centimetrici; colore variabile da bruno verdastro a bruno ocreo con passate grigio nerastre.									
24.80	3.80	22		Ghiaie sabbiose con sporadici ciottoli (diam. max 8-10 cm) e presenza di moderati fenomeni di alterazione di clasti e matrice; colore bruno giallastro.									
		23		Limi da argillosi a debolmente sabbiosi addensati, con presenza di rarissimi clasti centimetrici; colore variabile da bruno verdastro a bruno ocreo con passate grigio nerastre.									
30.00	5.20	24		Limi da argillosi a debolmente sabbiosi addensati, con presenza di rarissimi clasti centimetrici; colore variabile da bruno verdastro a bruno ocreo con passate grigio nerastre.									
		25		Limi da argillosi a debolmente sabbiosi addensati, con presenza di rarissimi clasti centimetrici; colore variabile da bruno verdastro a bruno ocreo con passate grigio nerastre.									
		26		Limi da argillosi a debolmente sabbiosi addensati, con presenza di rarissimi clasti centimetrici; colore variabile da bruno verdastro a bruno ocreo con passate grigio nerastre.									
		27		Limi da argillosi a debolmente sabbiosi addensati, con presenza di rarissimi clasti centimetrici; colore variabile da bruno verdastro a bruno ocreo con passate grigio nerastre.									
		28		Limi da argillosi a debolmente sabbiosi addensati, con presenza di rarissimi clasti centimetrici; colore variabile da bruno verdastro a bruno ocreo con passate grigio nerastre.									
		29		Limi da argillosi a debolmente sabbiosi addensati, con presenza di rarissimi clasti centimetrici; colore variabile da bruno verdastro a bruno ocreo con passate grigio nerastre.									
		30											

Il foro è stato attrezzato con un tubo in pvc di diametro 3" cementato per l'esecuzione di prove Down rappresentato graficamente in colonna inclinometro.

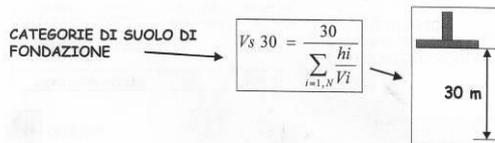
Prova down-hole eseguita nel sondaggio Sa

Località: Abbadia Alpina (To)											
Progetto:											
DOWN HOLE TEST DH1 Tabulato dei valori calcolati e misurati						Distanza energizz. Z da testa foro 150 cm Profondità del foro 29 m					
Profondità m	Distanza m	Tp ms	Ts ms	DVp m/s	DVs m/s	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E MPa	G MPa	r Ton/mc
1	1,80	4,4	7,4	410	244	1,7	0,59	0,23	262	107	1,8
3	3,35	7,6	17,0	485	333	1,5	0,69	0,05	421	200	1,8
5	5,22	9,2	20,4	1166	471	2,5	0,40	0,40	1118	399	1,8
7	7,16	10,4	22,8	1616	500	3,2	0,31	0,45	1302	450	1,8
9	9,12	11,6	25,4	1638	462	3,5	0,28	0,46	1117	383	1,8
11	11,10	12,8	28,2	1648	429	3,8	0,26	0,46	968	331	1,8
13	13,09	14,0	31,2	1654	400	4,1	0,24	0,47	846	288	1,8
15	15,07	15,1	33,9	1808	407	4,4	0,23	0,47	880	299	1,8
17	17,07	16,2	36,2	1810	478	3,8	0,26	0,46	1204	412	1,8
19	19,06	17,3	38,4	1812	500	3,6	0,28	0,46	1313	450	1,8
21	21,05	18,5	41,4	1662	400	4,2	0,24	0,47	846	288	1,8
23	23,05	19,6	43,6	1814	500	3,6	0,28	0,46	1313	450	1,8
25	25,04	20,7	46,2	1815	423	4,3	0,23	0,47	948	322	1,8
27	27,04	22,0	50,4	1536	310	5,0	0,20	0,48	510	172	1,8
29	29,04	23,2	53,5	1664	393	4,2	0,24	0,47	819	279	1,8

Profondità: profondità del geofono alla misura
Distanza: distanza dal punto di energizzazione al geofono
Tp: tempo di arrivo delle onde compressive in millisecondi
Ts: tempo di arrivo delle onde trasversali in millisecondi
DVp: velocità delle onde compressive (metri al secondo)

DVs: velocità delle onde trasversali (m/s)
v: coefficiente di Poisson
E: Modulo di elasticità dinamica (Mpa)
G: modulo di taglio in Mpa
r: densità relativa in ton/mc

Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate, è possibile valutare il valore di **Vs30** calcolato direttamente in sito secondo la formula sotto esplicitata.



Il parametro **Vs30** si è mostrato compreso nella categoria **B** dei suoli di **fondazione** (valori di velocità maggiori di 360 m/s e minori di 800 m/s) secondo la distinzione indicata dal O.P.C.M. 3274/03 (tipica di depositi quali sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti) con il valore di Vs30 misurato che è di circa **390 m/s**.

Allegato 4

Verifiche geotecniche: tabulati

Fondazione nastriforme larghezza $B = 0,70 \text{ m}$ – Condizioni statiche

Formula generale di Brinch-Hansen (1970)

Verifica fondazioni dirette secondo il D.M. 17 gennaio 2018 - Approccio DA2 - CONDIZIONI STATICHE

Analisi dei carichi			
Tensione [t/m ²]	Coesione [t/m ²]	Attrito [t/m ²]	Carico limite [t/m ²]
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 ²]	γ [t/m ³]	ϕ' [°]	Fattori di capacità portante		
			N _q	N _c	N _{γ}
0	1,8	30	18,401122	30,13963	20,093085
Peso di volume saturo γ_{sat} [t/m ³] 2,4					

Dimensioni della fondazione

Tipologia: nastriforme

Eccentricità [m] : 0,00			Fattori di forma		
Br [m]	Lr [m]	B eff. [m]	S _q	S _c	S _{γ}
0,7	1E+51	0,7	1,00	1,00	1,00

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

Effetti inerziali dovuti al sisma	
Zona sismica	3s
Accelerazione orizzontale massima	
Accelerazione di picco al suolo	0
Fattore S _S	
Fattore S _T	
Coefficiente sismico pseudostatico K _p	0

Carichi		m= 2			ϕ' [r]	Funzioni trigonometriche	
Verticali [t]	Inclinati [t]	Fattori di correzione				sen	
		i _q	i _c	i _{γ}	cos		
0,9	0	1,00	1,00	1,00	0,5235988	0,577350	

z _q	1
z _{γ}	1
z _c	1

Coefficiente parziale γ_R	2,3
----------------------------------	-----

Piano campagna inclinato				Fondazione con base inclinata			
ω [°]	Fattori di correzione			α [°]	Fattori di correzione		
	g _q	g _c	g _{γ}		b _q	b _c	b _{γ}
0	1,00	1,00	1,00	0	1,00	1,00	1,00

Fondazione nastriforme larghezza $B = 0,70 \text{ m}$ – Condizioni dinamiche

Formula generale di Brinch-Hansen (1970)

Verifica fondazioni dirette secondo il D.M. 17 gennaio 2018 - Approccio DA2 CONDIZIONI DINAMICHE

Analisi dei carichi			
Tensione [t/m ²]	Coesione [t/m ²]	Attrito [t/m ²]	Carico limite [t/m ²]
17,929164	0	11,32596	29,255124

$$q_{lim} = 29,255 \text{ t/m}^2$$

$$q_{lim,d} = 12,720 \text{ t/m}^2$$

Parametri Geotecnici

c' [t/m ²]	γ [t/m ³]	ϕ' [°]	Fattori di capacità portante		
			N _q	N _c	N _{γ}
0	1,8	30	18,401122	30,13963	20,093085
Peso di volume saturo γ_{sat} [t/m ³]			2,4		

Dimensioni della fondazione

Tipologia: nastriforme

Eccentricità [m] : 0,00			Fattori di forma		
Br [m]	Lr [m]	B eff. [m]	S _q	S _c	S _{γ}
0,7	1E+51	0,7	1,00	1,00	1,00

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

Effetti inerziali dovuti al sisma

Zona sismica	3s
Accelerazione orizzontale massima	0,131
Accelerazione di picco al suolo	0,1572
Fattore S _s	1,2
Fattore S _T	1
Coefficiente sismico pseudostatico K _n	0,1572

Carichi		m= 2			ϕ' [r]	Funzioni trigonometriche	
Verticali [t]	Inclinati [t]	Fattori di correzione				sen	cos
0,9	0	i _q 1,00	i _c 1,00	i _{γ} 1,00	0,5235988	0,500000	0,866025
						tan	0,577350

$$z_q = 0,8947214$$

$$z_\gamma = 0,8947214$$

$$z_c = 0,949696$$

Coefficiente parziale γ_B	2,3
----------------------------------	-----

Piano campagna inclinato				Fondazione con base inclinata			
ω [°]	Fattori di correzione			α [°]	Fattori di correzione		
	g _q	g _c	g _{γ}		b _q	b _c	b _{γ}
0	1,00	1,00	1,00	0	1,00	1,00	1,00