

Comune di Avigliana

Provincia di Torino

PIANO PARTICOLAREGGIATO

ai sensi dell'art. 38 della L.R. 56/1977 e s.m.i.

ZONA Cb28 DEL PRGC

Via Benetti - Via Don Menzio - Via Sant'Agostino

Progetto preliminare: DGC n° 49 del 17/03/2014

Progetto definitivo: DGC n° ____ del ____



Progetto:



in RTP con:
arch. Franco Ferrero
dott. geol. Luca Arione
arch. Paolo Rizzuto

Il Sindaco:

Il Segretario Generale:

Il Responsabile del Procedimento:

TAVOLA	TITOLO	SCALA
P01.5	RELAZIONE GEOLOGICA	
05	mar.2015	Progetto Definitivo
04	nov.2014	Integrazioni al Progetto Preliminare con proposta di Controdeduzione
03	lug.2014	Progetto Preliminare con proposta di Controdeduzione
02	feb.2014	Progetto Preliminare
01	dic.2013	Bozza di Progetto Preliminare (fase 2)
00	nov.2013	Bozza di Progetto Preliminare
Rev.	Data	Motivo modifica

INDICE

1. Premessa	2
2. Normativa di riferimento	3
3. Documentazione geologica di inquadramento	3
4. Inquadramento morfologico e geologico	3
5. Pianificazione comunale	5
6. Indagini geognostiche	7
6.1 Campagna di indagine 2013	7
6.2 Dati stratigrafici di bibliografia	7
7. Assetto litologico locale.....	7
8. Caratteristiche idrogeologiche	8
9. Caratteristiche geotecniche	9
9.1 Ghiaia con sabbia limosa.....	9
9.2 Limo	10
10. Caratterizzazione sismica	11
11. Stabilità globale dell'area	12
12. Problematiche geotecniche legate all'urbanizzazione dell'area	13
12.1 Verifica fattibilità fondazioni superficiali.....	14
APPENDICE A - Risultati indagini geognostiche	
APPENDICE B - Indagine sismica con metodologia HVSR	
APPENDICE C - Fattibilità fondazioni superficiali	

1. Premessa

La presente Relazione Geologica è redatta a corredo del Progetto Preliminare del Piano Particolareggiato “Zona Cb28 del P.R.G.C.” in Comune di Avigliana.

Gli studi, svolti tramite esame della bibliografia tecnica sull’area, sopralluoghi e rilievi sul terreno, visione di fotografie aeree, ricerca dei dati stratigrafici già disponibili sul territorio, esecuzione di una specifica campagna di indagine geognostica sul sito, hanno permesso di:

- definire l’assetto geomorfologico e geologico
- definire l’assetto idrogeologico locale e le caratteristiche della circolazione idrica sotterranea
- definire nel dettaglio la stratigrafia dei terreni
- valutare le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni
- valutare la stabilità del sito
- valutare le problematiche geotecniche legate alla realizzazione degli interventi, con verifiche preliminari della capacità portante e cedimenti dei terreni.

Le attività sul terreno e in studio sono state finalizzate, in particolare, a:

- acquisizione e revisione critica della cartografia e della bibliografia geologica disponibile per l’area;
- esame con i metodi dell’interpretazione aerofotogeologica delle riprese aeree eseguite in varie epoche;
- svolgimento di rilievi geologici e geomorfologici di terreno per inquadrare l’area nel contesto evolutivo del territorio;
- recupero e interpretazione alla luce del nuovo quadro conoscitivo delle indagini eseguite nell’intorno del sito;
- analisi ed interpretazione dei risultati delle nuove indagini geognostiche;
- schematizzazione stratigrafica e geotecnica del terreno di fondazione presente nell’area in esame;
- definizione della categoria sismica del terreno di fondazione.

Si specifica che la presente relazione è redatta a corredo del Piano Particolareggiato ed è di esclusiva responsabilità dei progettisti degli ulteriori livelli di progettazione dei futuri interventi (in particolare della progettazione delle strutture), di valutare la necessità di approfondimenti e definire il piano delle eventuali indagini integrative che si riterranno necessarie in funzione delle scelte tipologiche e strutturali adottate, al fine dell’individuazione dei più appropriati modelli geologici, geotecnici e sismici di sottosuolo e dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ad essi correlati.

2. Normativa di riferimento

La presente relazione è redatta nel rispetto delle prescrizioni contenute nella normativa vigente:

- **D.M. 14/1/2008** - *Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*
- **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617** - *Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.*

3. Documentazione geologica di inquadramento

E' stata consultata la seguente documentazione:

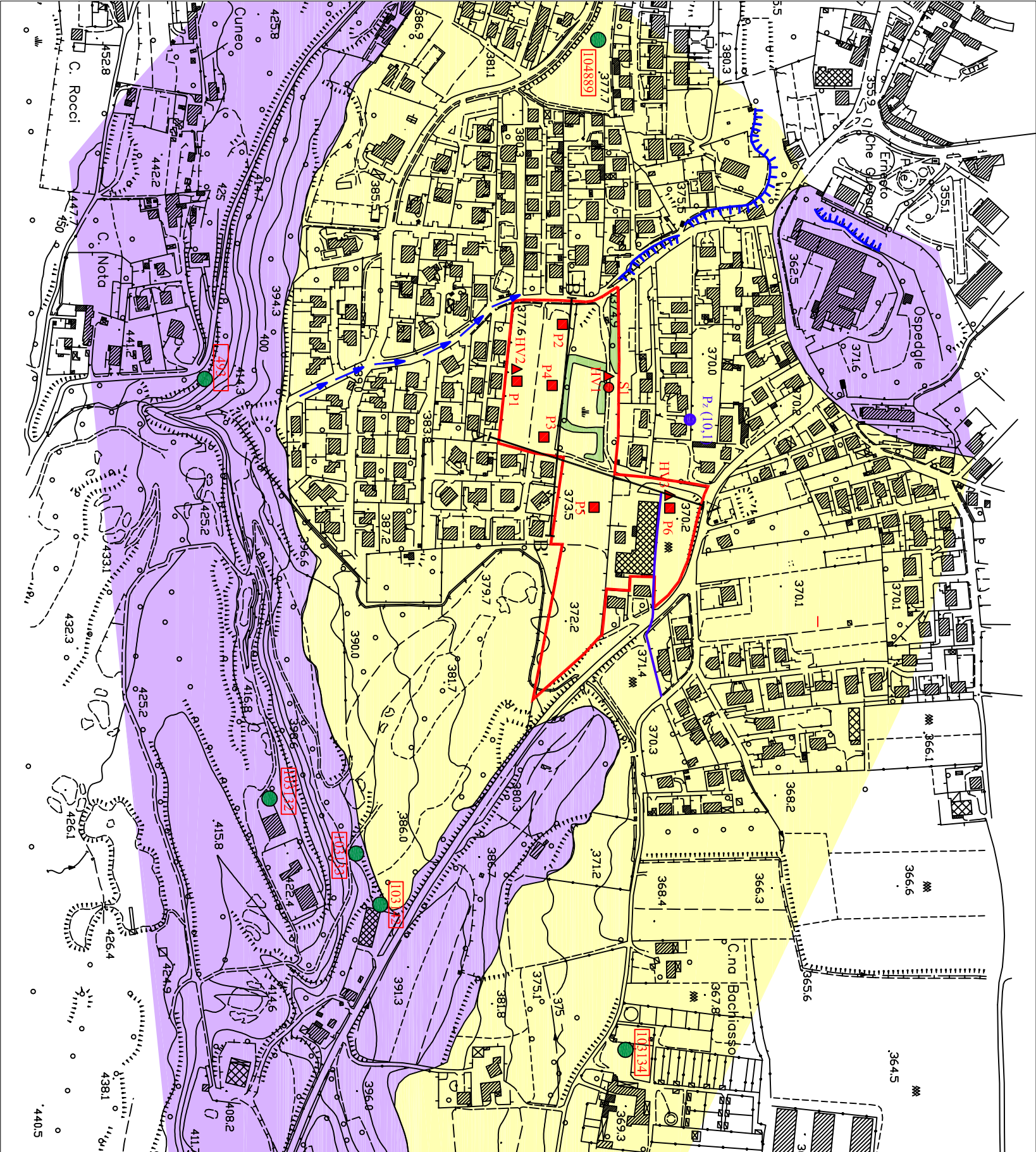
- F. 55 "Susa" della Carta Geologica d'Italia scala 1 : 100.000
- Progetto CARG F. 155 "Torino Ovest" Carta Geologica d'Italia scala 1 : 50.000
- Provincia di Torino - Catasto delle derivazioni e scarichi di acque reflue della Provincia di Torino - http://www.provincia.torino.it/ambiente/risorse_idriche
- Regione Piemonte - Piano di Tutela delle Acque, approvato con D.C.R. 117-10731 del 13/03/2007
- Arpa Piemonte – sistema informativo geografico on line - banca dati geotecnica
- Petrucci F., Bortolami G.C., Dal Piaz G.V. - Rilevamento geomorfologico dell'Anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana (Prov. di Torino) - Memorie Società Italiana di Scienze Naturali, v. XVIII f. III, Milano (1970)
- Comune di Avigliana – Variante n. 15 al P.R.G.C. vigente - documentazione geologica
- Comune di Avigliana – Variante n. 30 al P.R.G.C. vigente - documentazione geologica
- Comune di Avigliana – Variante Strutturale al P.R.G.C. vigente relativa al centro abitato - documentazione geologica

4. Inquadramento morfologico e geologico

L'area in esame è ubicata sui rilievi collinari, degradanti verso la piana del F. Dora Riparia, appartenenti all'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana (Figura 1 – Carta geomorfologica scala 1 : 5.000).

Nell'insieme l'assetto geomorfologico del territorio è improntato dai fenomeni di modellamento in ambiente continentale sviluppatisi nel corso del Quaternario medio-superiore (ultimi 700.000 anni) in concomitanza con l'alternarsi di fasi climatiche fredde e temperate. In diretta conseguenza di questa variabilità climatica si sono verificate infatti fasi di avanzata e regresso del grande ghiacciaio che

FIG. 1 - CARTA GEOMORFOLOGICA. SCALA 1:5000.



LEGENDA

- TERRENI DI RIPORTO -**
Materiali inerti provenienti da scavi nel territorio.
- DEPOSITI FLUVIOGLACIALI -**
Ghiaia con sabbia limosa (Pleistocene Sup.).
- DEPOSITI MORENICI -**
Ghiaia, ciottoli e blocchi in matrice limoso-sabbiosa (Pleistocene Sup.).
- ORLO DI SCARPATA DI TERRAZZO RIMODELLATA.**
- CANALE ARTIFICIALE MINORE.**
- TRATTO STRADALE CONVogliANTE LE ACQUE DI RUSCELLAMENTO IN OCCASIONE DI EVENTI METEOROLOGICI INTENSI.**
- TRACCIA SEZIONE LITOLOGICA.**
- PERIMETRO AREA PIANO PARTICOLAREGGIATO cb28.**
- DATI STRATIGRAFICI**
 - CAMPAGNA DI INDAGINE 2013**
 - SONDAGGIO A CAROTAGGIO.**
 - POZZETTO ESPLORATIVO.**
 - INDAGINE SISMICA HVSR.**
- DATI PREGRESSI**
 - SONDAGGIO CON STRATIGRAFIA (DA BANCA DATI GEOTECNICA ARPA PIEMONTE).**
 - SOGGIACENZA IN METRI DELLA FALDA DAL P.C. (DA CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA VARIANTE N.15 AL P.R.G.C.).**

occupava l'intera Val di Susa, giungendo con gli apparati morenici frontali sino all'altezza di Rivoli, alternate a periodi interglaciali improntati fondamentalmente dai fenomeni connessi alla dinamica del reticolo idrografico.

In tale quadro l'area in esame si colloca in un territorio caratterizzato da una serie di colline allungate secondo l'asse della valle, corrispondenti ai cordoni morenici sedimentati nei vari stadi di ritiro del fronte glaciale della Valle di Susa, rilievi intervallati da ripiani di ambiente di sedimentazione fluvioglaciale.

Nel dettaglio la morfologia dell'area è caratterizzata da un ripiano fluvioglaciale superiore a debole pendenza, collocato a quota di circa 377 – 375 m, seguito verso valle da un tratto di versante a moderata acclività che collega il ripiano superiore con un sottostante ripiano pianeggiante ubicato a quota di circa 370 m. La morfologia locale è stata parzialmente rimodellata dal passato uso del territorio, in particolare con realizzazione di cumuli di materiali provenienti da scavi nel territorio comunale di Avigliana.

L'esame della morfologia superficiale esclude la presenza di indizi morfologici riferibili a fenomeni di dissesto in atto o quiescenti.

Nell'area e nel territorio circostante non è presente una rete idrografica superficiale, si segnala unicamente un modesto fosso nel settore nord, al confine del capannone esistente. Le acque del versante sono in parte raccolte da Via Benetti, che con debole configurazione ad impluvio funge da parziale via di drenaggio delle acque superficiali.

L'assetto geologico locale è caratterizzato dalla presenza di depositi fluvioglaciali, seguiti a sud dai sedimenti morenici che costituiscono l'ossatura dei versanti collinari.

La cartografia geologica nazionale a scala 1 : 50.000 nel Foglio 155 "Torino Ovest" indica che in superficie nell'area sono presenti terreni appartenenti alla "*Successione Pliocenico – Quaternaria, Bacino del Fiume Dora Riparia, Sintema di Magnoletto – Subsintema di Torre di Buttigliera*". Litologicamente si tratta di "*ghiaie con matrice sabbioso-siltosa contenenti blocchi di diametro inferiore ad un metro (depositi fluvioglaciali) Pleistocene Sup.*".

I terreni fluvioglaciali presenti in superficie poggiano in discordanza su un substrato più antico di natura sedimentaria, e dunque l'assetto geologico dei terreni è così schematizzabile:

Depositi fluvioglaciali pleistocenici: l'area di intervento è impostata su questi terreni, che si rinvengono nelle ampie valli tra i cordoni morenici che costituiscono i rilievi collinari presenti

nell'area. Si tratta di ghiaia e ciottoli con matrice sabbioso limosa ricoperta da un suolo limoso di colore rosso-bruno.

Depositi morenici pleistocenici: costituiscono i cordoni morenici, presenti a sud dell'area di intervento ed a nord presso l'ospedale. A causa del particolare tipo di trasporto subito e delle modalità di deposizione, i depositi di questa unità sono caratteristicamente non stratificati e privi di selezione granulometrica. Appaiono quindi come un ammasso caotico di ciottoli, blocchi e ghiaia immersi in una matrice limosa o limoso - sabbiosa talora debolmente cementata.

Depositi villafranchiani: costituiscono la base d'appoggio dei depositi descritti sopra e corrispondono ad una potente successione di depositi di ambiente di transizione di età Villafranchiana. Si tratta di un'alternanza fra livelli a granulometria grossolana (ghiaia e sabbia di ambiente fluviale) ed a granulometria fine (limi e argille di ambiente lacustre).

5. Pianificazione comunale

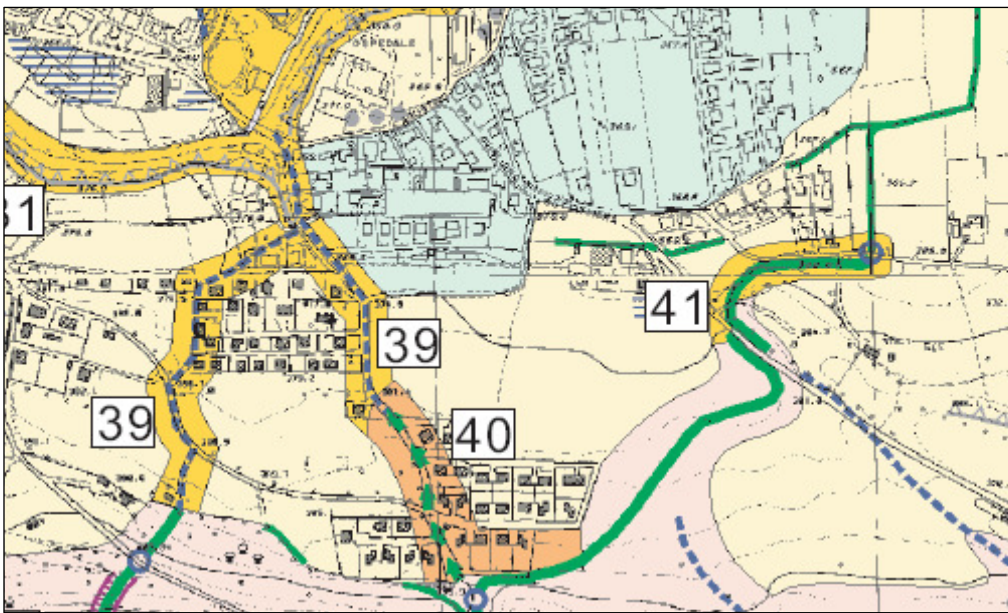
La documentazione geologica di base degli strumenti urbanistici comunali è costituita dagli elaborati redatti dal dr. Quagliolo a supporto della Variante n. 15 del P.R.G.C., approvata con D.G.R. 18-495 del 18/7/2005.

Dall'esame delle carte di analisi emerge che:

- nell'area non sono presenti fenomeni di dissesto gravitativo
- è riportata la piezometria di un pozzo situato immediatamente a nord dell'area, con soggiacenza di 10,1 m da p.c.
- Via Benetti è indicata come "tratto stradale convogliante le acque di ruscellamento in occasione di eventi meteorici intensi".

La "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" (un estratto è riportato in Figura 2) cartografa l'area prevalentemente in classe II ed una porzione nel settore nord-ovest in classe I.

Lungo Via Benetti, in funzione delle problematiche di ruscellamento superficiale, vi è una fascia in classe IIIB α (tratto superiore della strada) o IIIB β (tratto inferiore), dove non è ammessa l'edificabilità e dunque deve rimanere ad aree verdi o parcheggi.

**PERICOLOSITA' GEOLOGICA****IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA****ASPETTI PRESCRITTIVI**

Classe I: pericolosità geologica nulla o trascurabile.

Nessuna limitazione alle scelte urbanistiche.

- raccolta e adeguato smaltimento delle acque ricadenti all'interno del lotto, nel rispetto del reticolo idrografico esistente (fossi imghi e scolatori);
- rispetto delle prescrizioni di cui all'art. 12 del P.A.I. "Limiti alle portate scaricate dalle reti di drenaggio artificiale";

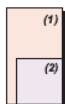


Classe II: pericolosità geologica moderata.

Aree caratterizzate da problematiche connesse allo smaltimento delle acque meteoriche, alla moderata pendenza del terreno e/o alla presenza di terreni di fondazione con caratteristiche geotecniche scadenti.

Interventi urbanistici consentiti a seguito dell'adozione di specifici accorgimenti tecnici nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intero significativo.

- interventi di manutenzione e pulizia del reticolo idrografico minore;
- raccolta e adeguato smaltimento delle acque ricadenti all'interno del lotto, nel rispetto del reticolo idrografico esistente (fossi imghi e scolatori);
- rispetto delle prescrizioni di cui all'art. 12 del P.A.I. "Limiti alle portate scaricate dalle reti di drenaggio artificiale";
- rispetto del D.M. 11/03/88, punti "C" (Opere di fondazione) e "G" (Stabilità dei pendii naturali e dei fronti di scavo);
- verifica puntuale delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione;



Classe III: pericolosità geologica da elevata a molto elevata.

Aree inondabili o allagabili o interessate dalla dinamica del reticolo idrografico, con problematiche di risalita della falda in concomitanza degli eventi alluvionali; aree sui versanti collinari dissestati o potenzialmente instabili; aree di conoidi attivi (1).

Porzioni di territorio inedificato generalmente inidonee all'utilizzazione urbanistica.

- interventi di manutenzione e pulizia del reticolo idrografico minore;
- obbligo di inserimento nel Piano Comunale di Protezione Civile;
- gli eventuali interventi di nuova edificazione in area agricola dovranno essere sottoposti ad uno studio di compatibilità geomorfologica, esteso anche all'eventuale via di accesso;

Porzioni di territorio collinare all'interno delle quali non si esclude la presenza di piccole aree caratterizzate da pericolosità geologica moderata (2).

Aree nelle quali non si esclude la presenza di limitate porzioni di territorio che presentano condizioni adatte all'edificazione.



Classe IIIb: pericolosità geologica elevata.

Aree edificate e lotti interclusi o di frangia allagabili in concomitanza di eventi alluvionali, con possibilità di risalita della falda in prossimità del p.c. o con problematiche di stabilità della scarpata.

Aree in gran parte edificate per le quali un'ulteriore utilizzazione urbanistica, in termini di limitate espansioni, è subordinata all'adozione di interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico volti alla riduzione del rischio. Sono ammessi interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente e modesti incrementi dello stesso, che tengano conto della possibile presenza di lame d'acqua e/o risalite delle falde acquifere, oppure di problematiche di deflussi idrici sui versanti e/o di stabilità.

- interventi di manutenzione e pulizia del reticolo idrografico minore;
- raccolta e adeguato smaltimento delle acque ricadenti all'interno del lotto, nel rispetto del reticolo idrografico esistente (fossi imghi e scolatori);
- rispetto delle prescrizioni di cui all'art. 12 del P.A.I. "Limiti alle portate scaricate dalle reti di drenaggio artificiale";
- nelle aree di fondovalle e lungo le principali direttrici di drenaggio è generalmente consigliata la realizzazione di locali interrati, ed ogni tipo di impianto tecnologico dovrà essere preferibilmente progettato in modo da non impegnare i primi 100 cm dal p.c.;
- obbligo di inserimento nel Piano Comunale di Protezione Civile;



Classe IIIb: pericolosità geologica elevata.

Aree edificate allagabili dal Fiume Dora Riparia od inondabili dal reticolo idrografico minore, con problemi di risalita della falda in prossimità del p.c. in concomitanza di eventi alluvionali; aree edificate con potenziali problematiche legate alla stabilità dei versanti collinari (1).

Aree in gran parte edificate per le quali un'ulteriore utilizzazione urbanistica, in termini di limitate espansioni, è subordinata all'adozione di interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico volti alla riduzione del rischio. Sono ammessi interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente e modesti incrementi dello stesso, che tengano conto della possibile presenza di lame d'acqua e/o risalite delle falde acquifere, oppure di problematiche di deflussi idrici sui versanti e/o di stabilità. Gli interventi di recupero ed i modesti incrementi non devono ostacolare, ma, al contrario, tendere a migliorare il deflusso delle acque, e possono essere attivati nel rispetto delle prescrizioni e/o realizzazione delle opere di difesa precisate nelle tabelle relative ad ogni singola area normativa.

- interventi di manutenzione e pulizia del reticolo idrografico minore;
- raccolta e adeguato smaltimento delle acque ricadenti all'interno del lotto, nel rispetto del reticolo idrografico esistente (fossi imghi e scolatori);
- nelle aree di fondovalle e lungo le principali direttrici di drenaggio è generalmente consigliata la realizzazione di locali interrati, ed ogni tipo di impianto tecnologico dovrà essere preferibilmente progettato in modo da non impegnare i primi 100 cm dal p.c.;
- obbligo di inserimento nel Piano Comunale di Protezione Civile;

Porzioni maggiormente esposte a fenomeni di allagamento e inondazione in relazione alla loro vicinanza ai corsi d'acqua e alle modalità di realizzazione e/o manutenzione delle opere di difesa (2).

Aree in gran parte edificate per le quali un'ulteriore utilizzazione urbanistica, in termini di limitate espansioni, è esclusa, anche con l'adozione di interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico volti alla riduzione del rischio, in quanto dette aree sono maggiormente esposte a fenomeni di allagamento e inondazione rispetto alle aree collocate in classe IIIb¹, in relazione alla loro vicinanza ai corsi d'acqua e alle modalità di realizzazione e/o manutenzione delle opere di difesa. Sono ammessi interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente, e modesti incrementi dello stesso, che tengano conto della possibile presenza di lame d'acqua per altezze di alcuni decimetri, anche ad energia superiore a quella riscontrabile nella classe IIIb¹, e/o risalite delle falde acquifere. Gli interventi di recupero ed i modesti incrementi non devono ostacolare, ma, al contrario, tendere a migliorare il deflusso delle acque, e possono essere attivati nel rispetto delle prescrizioni e/o realizzazione delle opere di difesa precisate nelle tabelle relative ad ogni singola area normativa. E' altresì ammessa la localizzazione di strutture pubbliche o di interesse pubblico non altrimenti localizzabili, subordinandone la realizzazione ad accorgimenti progettuali ed alla predisposizione di un quadro di opere di sistemazione che consenta di ridurre gli elementi della pericolosità locale anche nel lungo periodo.

Figura 2 – Estratto da “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica” Variante n. 15 al P.R.G.C.

6. Indagini geognostiche

6.1 Campagna di indagine 2013

Nei mesi di giugno - settembre 2013 è stata eseguita nell'ambito del sito in esame una campagna di indagine geognostica finalizzata alla ricostruzione dell'assetto litostratigrafico locale ed alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei materiali.

Sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1) spinto fino a profondità di 30 m da p.c., realizzato dalla Citiemme s.r.l.
- n° 6 prove SPT in foro di sondaggio
- n° 6 pozzetti esplorativi con escavatore meccanico
- n° 3 prove sismiche HVSR.

L'ubicazione dei punti di indagine è riportata in Figura 1 ed in Figura 3 mentre i dati stratigrafici sono illustrati in Appendice A.

6.2 Dati stratigrafici di bibliografia

La Banca Dati Geotecnica dell'Arpa Piemonte, consultabile on-line, riporta la stratigrafia di diversi sondaggi effettuati al contorno del territorio di intervento nell'ambito del progetto "Variante S.S. 589 dei Laghi di Avigliana". L'ubicazione dei punti di indagine è dettagliata in Figura 1 mentre la stratigrafia dei sondaggi è riportata in Appendice A.

7. Assetto litologico locale

I risultati della campagna di indagine geognostica, unitamente ai dati stratigrafici già disponibili sul territorio, hanno consentito di definire l'assetto litologico locale (illustrato in Figura 4 - Sezioni litologiche), mediamente caratterizzato da uno strato superficiale di suolo di copertura limoso, seguito in profondità da un substrato di depositi ghiaiosi con matrice sabbioso limosa o limosa sabbiosa:

- Suolo superficiale: la coltre di suolo superficiale, con spessore mediamente di 0,50 – 1,50 m, corrisponde a limo sabbioso color bruno – nocciola o bruno ocraceo. Solo in corrispondenza del pozzetto P6, situato nell'area pianeggiante a quota circa 370 m, la

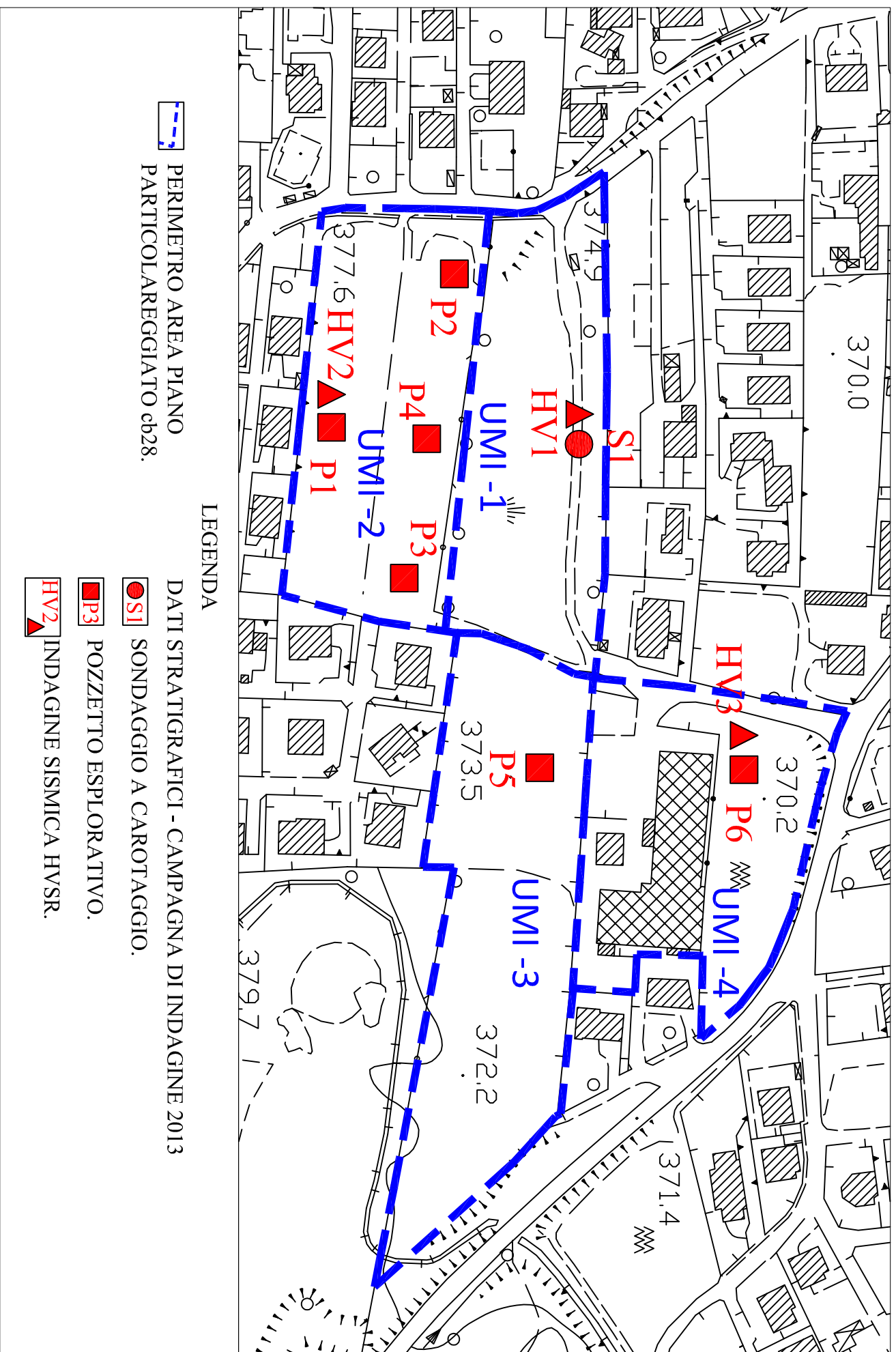


FIG. 3 - UBICAZIONI INDAGINI IN SITO 2013. SCALA 1:2000.

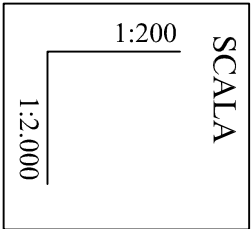
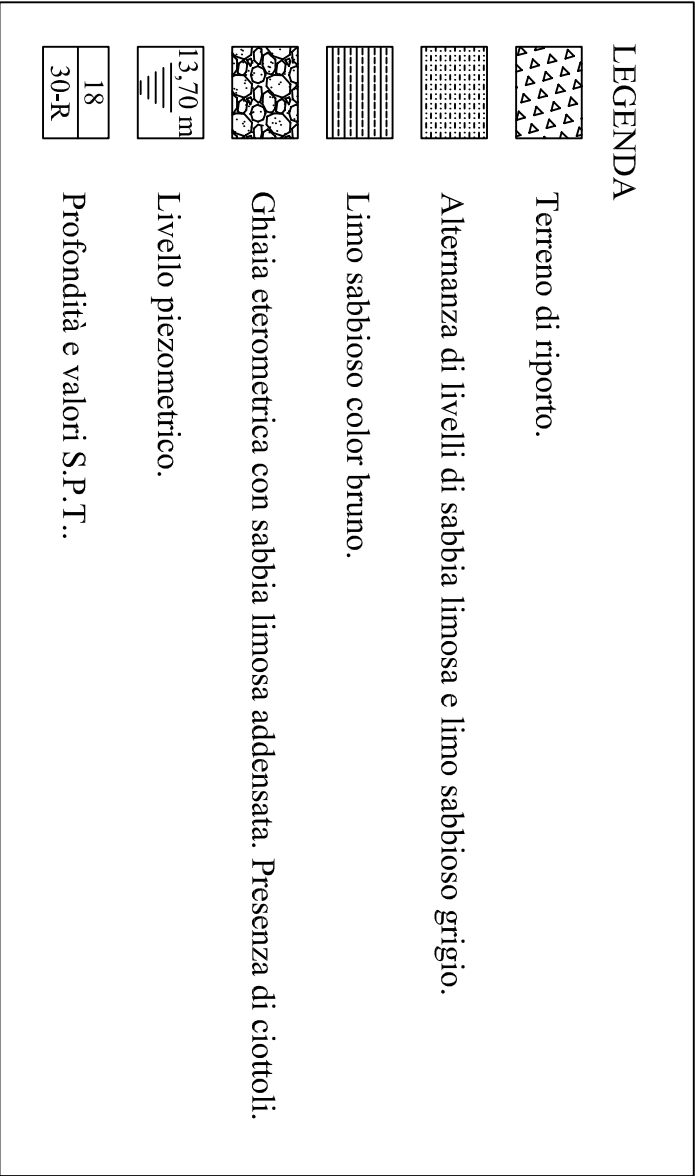
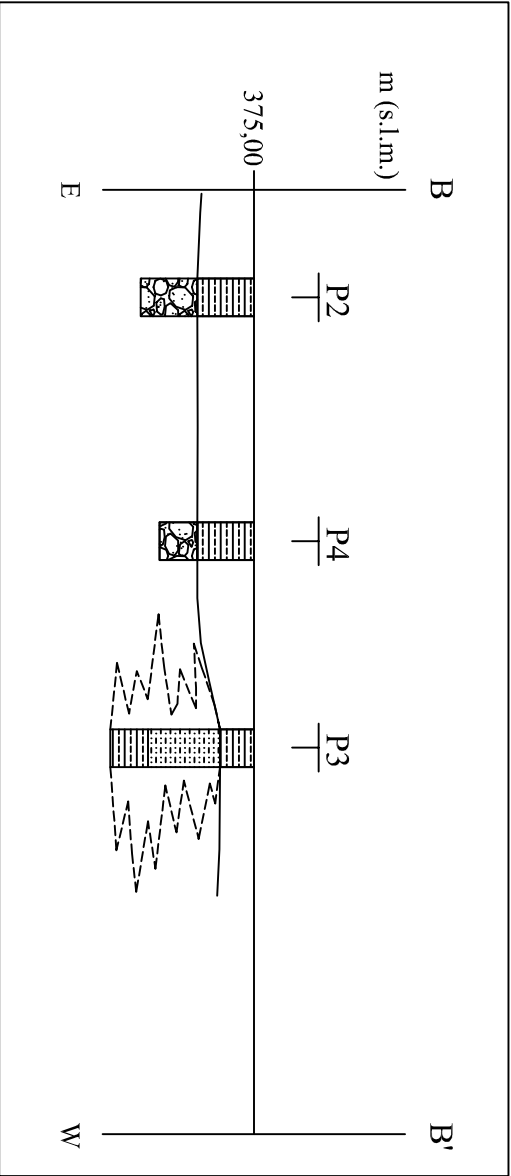
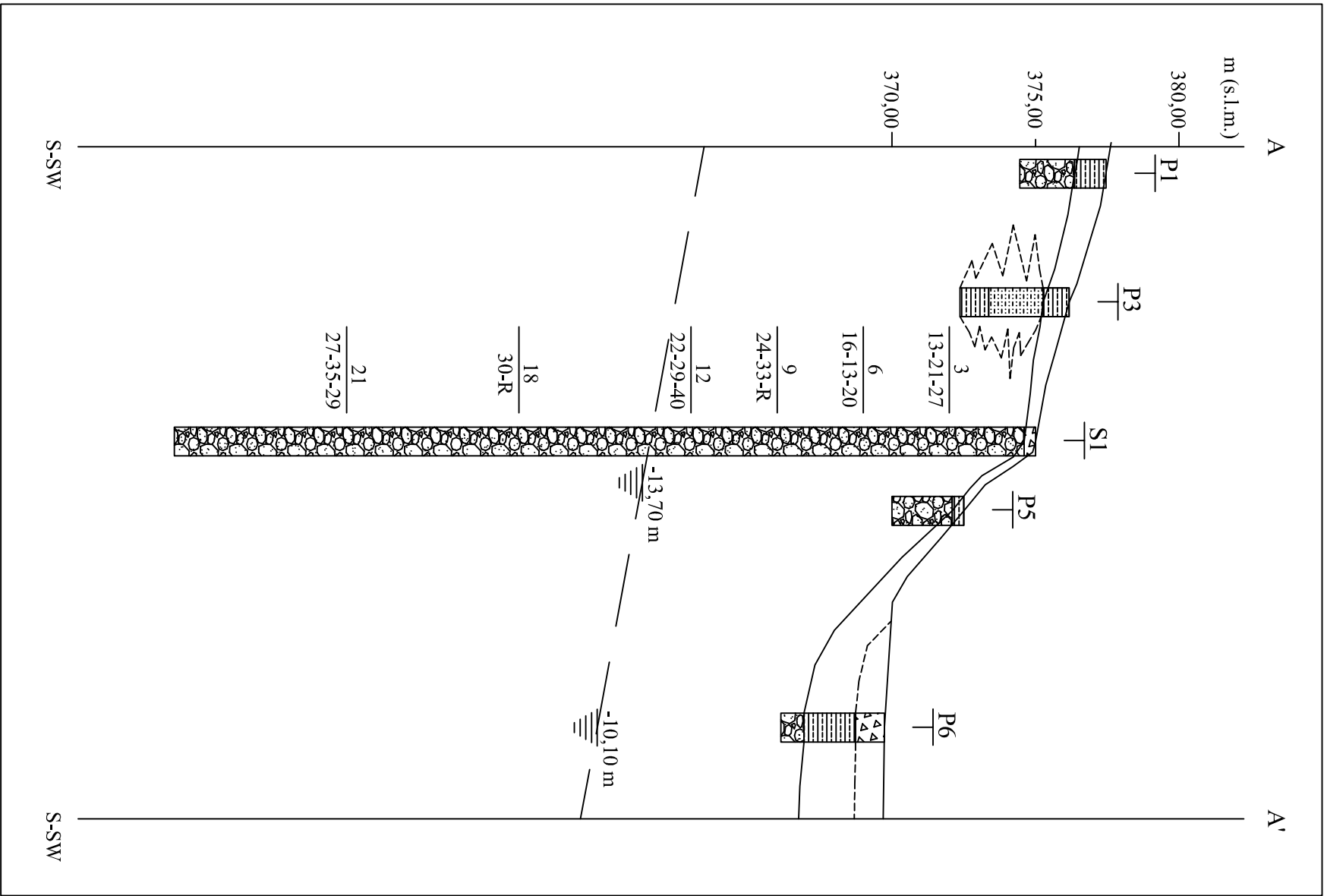


FIG. 4 - SEZIONI STRATIGRAFICHE.

coltre di suolo limoso si estende fino alla profondità di 2,80 m, con presenza in superficie di uno strato con spessore di circa 1 m di terreni di riporto (limo con ciottoli e rari frammenti di laterizi).

- Ghiaia con sabbia: inferiormente al suolo di copertura segue della ghiaia eterometrica con ciottoli, con matrice da sabbioso limosa a limoso sabbiosa color grigio o nocciola. Gli elementi lapidei sono a spigoli vivi con diametro massimo dell'ordine di 30 cm. Questi terreni sono stati intercettati per tutta la profondità di indagine (30 m da p.c.).
- Limo: esclusivamente in corrispondenza del pozzetto P3, al di sotto del suolo limoso è presente per tutta la profondità di indagine (3,80 m da p.c.) della sabbia limosa e limo sabbioso grigio passante in profondità a limo argilloso sabbioso grigio.

In sintesi la stratigrafia media dei terreni nel sito di interesse è così sintetizzabile (quote da piano campagna attuale):

PROFONDITÀ DA p.c. [m]	LITOLOGIA
0,00 – 0,50 / 1,50	limo sabbioso
0,50 / 1,50 – 30,00	ghiaia eterometrica con ciottoli, con matrice da sabbioso limosa a limoso sabbiosa color grigio o nocciola; localmente (pozzetto P3) presenza di sabbia limosa passante a limo

8. Caratteristiche idrogeologiche

In accordo con la geologia del territorio l'assetto idrogeologico dell'area è caratterizzato fino ad almeno la profondità di 30 m da p.c. da depositi ghiaiosi in matrice sabbioso limosa a limoso sabbiosa, con permeabilità variabile da mediocre a discreta in funzione della percentuale di limo nella matrice.

L'acquifero superficiale è sede in profondità della falda libera alimentata dall'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche dirette e dagli apporti dai retrostanti bacini collinari.

Sul territorio sono disponibili i seguenti dati piezometrici:

- Sondaggio S1: nel corso della perforazione, e nei giorni successivi con foro rimasto aperto, è stata misurata una soggiacenza da p.c. di 13,70 m.
- Sondaggio Banca Dati Geotecnica Arpa Piemonte Cod. 104889: la soggiacenza da p.c. è di 13 m.

- Elaborati geologi a supporto della Variante n. 15 del P.R.G.C.: è riportata la piezometria di un pozzo situato immediatamente a nord dell'area, sul ripiano a quota 370 m, con soggiacenza di 10,1 m da p.c..

Considerando che la falda presenta oscillazioni del livello piezometrico, sulla base dei dati disponibili è valutabile che la falda libera presenta nel sito di intervento soggiacenza minima dell'ordine di 10 metri rispetto al p.c..

9. Caratteristiche geotecniche

La successione stratigrafica dell'area è stata indagata direttamente mediante l'esecuzione di una campagna di indagine geognostica che ha evidenziato la presenza di uno strato superficiale di suolo di copertura limoso, seguito in profondità con omogeneità da un substrato di depositi ghiaiosi con matrice sabbioso limosa o limosa sabbiosa. Solo localmente in corrispondenza del pozzetto P3 al di sotto del suolo limoso è presente per tutta la profondità di indagine (3,80 m da p.c.) della sabbia limosa e limo sabbioso grigio passante in profondità a limo argilloso sabbioso grigio.

Trattandosi di terreni incoerenti la caratterizzazione è stata condotta con riferimento alle prove eseguite in sito ed in particolare alle prove SPT (Standard Penetration Test).

In funzione degli ulteriori livelli di progettazione (ed in particolare per la progettazione strutturale), dovrà essere valutata la necessità di approfondimenti e definito il piano delle indagini integrative che il progettista degli interventi riterrà necessarie al fine dell'individuazione dei più appropriati modelli geotecnici di sottosuolo e dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ad essi correlati.

9.1 Ghiaia con sabbia limosa

I parametri di resistenza e deformazione della ghiaia con sabbia limosa, presente al di sotto della coltre di suolo superficiale fino alla profondità di almeno 30 m da p.c., sono stati valutati sulla base dei risultati delle prove SPT effettuate nel sondaggio S1, mediante l'uso di collaudate correlazioni empiriche, valide per depositi incoerenti a granulometria sabbioso-ghiaiosa.

Innanzitutto i valori ottenuti dalla indagini sono stati opportunamente corretti, quando presente la falda, tramite la seguente correlazione:

$$\bullet N_{\text{SPT, corretto}} = 15 + 0,5(N_{\text{SPT}} - 15) \quad \text{con } N_{\text{SPT}} > 15$$

L'angolo di attrito è stato valutato applicando le seguenti correlazioni valide per sabbia grossolana e sabbia con ghiaia:

- Japanese National Railway $\varphi = 0,3 N_{SPT} + 27$
- Owasaki & Iwasaki $\varphi = \sqrt{20N_{SPT} + 15}$
- Sowers $\varphi = 28 + 0,28 N_{SPT}$

I parametri di deformabilità sono valutati applicando le correlazioni empiriche disponibili in letteratura. In particolare, per la stima del modulo di elasticità è stata utilizzata la correlazione di Bowles (1997):

$$- E = 1200 (N_{SPT} + 6) \quad \text{per ghiaia e sabbia ghiaiosa (kPa)}$$

I risultati dell'applicazione delle relazioni sopra riportate sono riepilogati in tabella 1.

Sond.	Profondità [m] da p.c.	n° colpi	N_{SPT}	N_{SPT} corretto falda	φ (°) (J.N.R.)	φ (°) (Owasaki & Iwasaki)	φ (°) (Sowers)	E (MPa) (Bowles)
S1	3	13-21-27	48	48	41	46	41	65
S1	6	16-13-20	33	33	37	40	37	47
S1	9	24-33-R						
S1	12	22-29-40	69	69	47	52	47	90
S1	18	30-R						
S1	24	27-35-39	74	44,5	40	44	40	60

Tabella 1 – risultati prove SPT

Il peso di volume è stimato sulla base dell'esperienza e dei dati di letteratura, in funzione della tipologia e dello stato di addensamento dei terreni.

Sulla base dell'analisi dei risultati delle prove SPT disponibili, dei dati di bibliografia ed in base all'esperienza acquisita dagli scriventi, è possibile giungere alla seguente definizione dei parametri geotecnici della ghiaia con sabbia limosa:

- peso di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione $c = 0$
- angolo di attrito $\varphi = 38^\circ$
- modulo elastico $E = 40 \text{ MPa}$

9.2 Limo

Localmente in corrispondenza del pozzetto P3 al di sotto del suolo limoso è presente della sabbia limosa e limo sabbioso grigio passante in profondità a limo grigio.

Sulla base dell'analisi dei dati di bibliografia ed in base all'esperienza acquisita dagli scriventi, è possibile giungere alla seguente definizione dei parametri geotecnici:

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| - peso di volume | $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ |
| - coesione | $c = 0$ |
| - angolo di attrito | $\varphi = 30^\circ$ |
| - modulo elastico | $E = 12 \text{ MPa}$ |

10. Caratterizzazione sismica

In riferimento alla normativa sismica l'area di interesse ricade nella **Zona 3** della classificazione sismica ai sensi della D.G.R. 19.01.2010 n. 11-13058.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende quindi necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale per mezzo di specifiche analisi, o in loro assenza, tramite un approccio semplificato, basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

A seguito della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, l'identificazione della categoria di sottosuolo viene svolta in base ai valori del parametro velocità equivalente V_{s30} , ottenuto attraverso il rilievo della propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. I rilievi geofisici costituiscono la procedura più affidabile, e fortemente raccomandata, di definizione della categoria di sottosuolo, in alternativa la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) N_{SPT30} nei terreni prevalentemente a granulometria grossolana e della resistenza non drenata equivalente c_{u30} nei terreni prevalentemente a granulometria fine.

Attraverso questi parametri si individuano cinque categorie principali di sottosuolo denominate A, B, C, D, E (D.M. 14/01/2008), oltre a due ulteriori sottosuoli S1 ed S2 per i quali composizione e caratteristiche geotecniche scadenti rendono necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

Per l'area di interesse è stata svolta un'ampia caratterizzazione geotecnica per il volume significativo di terreno e si è disposta una campagna di rilievi geofisici HVSR specificatamente condotti, i cui risultati sono illustrati nel dettaglio in Appendice B.

Tale complesso di dati sperimentali consente di svolgere, ai sensi del D.M. 14/01/2008, un'adeguata e completa definizione classificazione delle categorie di sottosuolo.

Le risultanze delle indagini HVSR hanno fornito un valore di $V_{s,30} = 530 - 570$ m/s.

Il ristretto campo di variabilità tra la $V_{s,30}$ ottenute sperimentalmente e la buona corrispondenza con il campo di variabilità degli altri parametri di interesse per la classificazione dei terreni a granulometria grossolana, consentono di individuare un'unica categoria di suolo di fondazione, riferibile alla **Categoria B** (D.M. 14/01/08, Tab. 3.2.II), comprendente:

“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina.”.

Il Coefficiente di amplificazione topografica, relativo alle condizioni morfo-topografiche verificate in sito, individua l'area di progetto come “superficie pianeggiante o pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ”, ovvero nella Categoria topografica T1. Per tale Categoria si applica il coefficiente di amplificazione topografica ST (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/08) = 1,0.

I parametri sismici del sito sono i seguenti:

- zona sismica 3
- opera ordinaria
- vita nominale 50 anni
- classe d'uso II

Tipo di combinazione di carico: SLV = Stato limite di salvaguardia della vita

$$a_g = 0,99 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$F_o = 2,52$$

$$T_c^* = 0,26 \text{ s}$$

11. Stabilità globale dell'area

E' stata esaminata la stabilità dell'area nel suo complesso.

Gli studi eseguiti hanno evidenziato che:

- L'esame della morfologia superficiale del versante nel suo complesso mostra che non vi sono evidenze di fenomeni di dissesto in atto o avvenuti in passato e potenzialmente riattivabili, anche in considerazione dell'acclività complessiva estremamente moderata

- La stabilità globale del versante è confermata dai dati di bibliografia, che confermano che sul sito di intervento e sui versanti che influiscono sulla stabilità dell'area non sono presenti fenomeni di dissesto gravitativo
- A modesta profondità da p.c. sono presenti depositi con ottime caratteristiche di resistenza
- L'unica problematica di stabilità è rappresentata da fenomeni di ruscellamento lungo Via Benetti in occasione di eventi meteorici intensi.
- In conseguenza dei dati sopra esposti la "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" del P.R.G.C. cartografa l'area prevalentemente in classe II ed una porzione nel settore nord-ovest in classe I. Lungo Via Benetti, in funzione delle problematiche di ruscellamento superficiale, vi è una fascia in classe IIIB α (tratto superiore della strada) o IIIB β (tratto inferiore).

Sulla base dei dati sopra esposti è possibile concludere che il sito di intervento presenta un buon grado di stabilità, compatibile con la sua edificabilità.

12. Problematiche geotecniche legate all'urbanizzazione dell'area

Le problematiche di tipo geotecnico connesse all'urbanizzazione dell'area consistono essenzialmente nella definizione della tipologia di fondazione dei futuri fabbricati, in quanto:

- La falda libera presenta soggiacenza minima da p.c. di circa 10 m e pertanto non sono da temersi problematiche di interferenza fra i nuovi interventi e la falda.
- I terreni non risultano suscettibili a liquefazione poiché la granulometria dei materiali è prevalentemente ghiaiosa e non sono presenti livelli sabbiosi saturi sciolti.
- Gli scavi saranno limitati a quanto necessario all'inserimento degli edifici e delle autorimesse e dunque prevedibilmente non superiori a circa 3 m dal p.c. attuale. In sede di progettazione esecutiva degli interventi, in funzione delle reali altezze di scavo, dovrà essere valutata la stabilità dei fronti, adottando angoli delle scarpate compatibili con la realizzazione dei lavori in condizioni di sicurezza (mediamente valutabili dell'ordine di 35°) o realizzando opere di contenimento provvisori.

Per quanto riguarda la tipologia fondazionale, stante il quadro conoscitivo disponibile, in considerazione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area, si ritengono idonee delle fondazioni dirette.

Infatti l'assetto geotecnico locale, caratterizzato mediamente dalla presenza inferiormente alla coltre di suolo superficiale di ghiaia con sabbia limosa con ottime caratteristiche di resistenza e deformabilità, suggerisce il ricorso a fondazioni dirette immorsate nei terreni ghiaiosi.

Ove le indagini geotecniche propedeutiche alle successive fasi di progetto riscontrassero localizzate situazioni di terreni particolarmente scadenti e/o in funzione della tipologia degli edifici fossero presenti elementi strutturali caratterizzati da limitata tolleranza nei riguardi dei cedimenti o carichi in fondazione particolarmente importanti, dovrà essere valutata la necessità di scegliere tipologie fondazionali più idonee.

12.1 Verifica fattibilità fondazioni superficiali

E' stata effettuata la verifica delle fattibilità di opere di fondazione superficiali degli edifici in progetto, con determinazione preliminare del carico limite dell'insieme fondazione terreno in condizioni di carico centrato. Le dimensioni delle fondazioni ed i carichi cui si fa riferimento non sono quelli di progetto, che saranno definiti nel corso dei progetti strutturali e le verifiche geotecniche definitive dovranno fare riferimento a questi ultimi. Le analisi di progetto dovranno dunque essere svolte nelle successive fasi di progettazione, sulla base degli approfondimenti sulla tipologia di fabbricato e di fondazione, sull'entità dei carichi trasmessi al terreno di fondazione e sulle prestazioni attese dell'opera.

La determinazione preliminare della pressione limite del terreno è stata eseguita con l'ausilio del programma di calcolo LoadCap, prodotto dalla Geostru Software sas.

La verifica del carico limite è stata effettuata secondo l'Approccio 1: - Combinazione 2: (A2+M2+R2) del D.M. 14/1/2008. Per ottenere gli specifici parametri di progetto sono stati quindi applicati ai parametri geotecnici caratteristici i coefficienti parziali correttivi γ_M riportati in tabella 6.2.II della citata normativa. Nel caso specifico sono stati applicati i coefficienti M2 relativi alla tangente dell'angolo di attrito ($\gamma_\phi=1,25$), ed al peso di volume ($\gamma_\gamma = 1$), secondo la seguente relazione: $X_d = X_k / \gamma_M$.

Il fattore di sicurezza richiesto in tale approccio è $F = 1.8$ (R2).

Per il calcolo della tensione di rottura del terreno si è fatto riferimento alla formula di Brinch Hansen (estensione della teoria di Terzaghi):

$$q_{lim} = 0,5 \gamma' B N_\gamma s_\gamma i_\gamma + c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q$$

in cui

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) e^{\pi \text{tg} \phi'}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2((N_q + 1) \text{tg} \phi')$$

$s_\gamma s_c s_q$ = fattori di forma della fondazione

$i_\gamma i_c i_q$ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico

q' = tensione verticale effettiva al piano di posa

γ' = peso di volume del terreno

c' = coesione

B = larghezza della fondazione

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Nelle verifiche in condizioni sismiche, per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del q_{lim} , vengono introdotti i fattori correttivi Z , proposti da Paolucci & Pecker:

$$Z_q = \{1 - k_h / \text{tg} \phi'\}^2$$

$$Z_c = 1 - 0,32 k_h$$

$$Z_\gamma = Z_q$$

Dove k_h è il coefficiente sismico orizzontale.

Sono quindi valutati i cedimenti. I calcoli sono eseguiti con riferimento alla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier (1951)). Ipotizzato il terreno isotropo e omogeneo, a partire dalla formula di Boussinesq è possibile valutare l'incremento di tensione verticale indotto dall'applicazione di un carico esterno, in quanto proporzionale al carico stesso secondo un coefficiente di proporzionalità che dipende dalle dimensioni dell'impronta e dalla profondità del punto in esame.

Quindi si valuta il cedimento:

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1 - \mu^2}{E_s} I_S I_F$$

Dove:

q_0 = Intensità della pressione di contatto

B' = Minima dimensione dell'area reagente

E, μ = Parametri elastici del terreno

I_S, I_F = Coefficienti di influenza dipendenti da: L/B' , spessore dello strato H , coefficiente di Poisson μ , profondità del piano di posa D .

Si sottolinea che le verifiche effettuate rappresentano unicamente una valutazione della fattibilità di opere di fondazione superficiali e non sostituiscono le verifiche geotecniche da effettuarsi nelle successive fasi di progettazione.

UMI 1 settore ovest - UMI 2 settore ovest - UMI 3 - UMI4

In questi settori la stratigrafia dei terreni è caratterizzata dalla presenza di una coltre di suolo limoso con spessore variabile fra circa 0,50 m (UMI 3) e 2,80 m (UMI 4) che ricopre la ghiaia con sabbia limosa con ottime caratteristiche di resistenza e deformabilità.

Le verifiche preliminari di fattibilità della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sono state effettuate nell'ipotesi di una fondazione a platea con pianta rettangolare con dimensioni 18 m x 10 m, immorsata nella ghiaia con sabbia limosa.

I risultati delle verifiche, riportati nelle schede di calcolo in Appendice C, indicano che in funzione delle dimensioni della fondazione e dell'assetto geotecnico il carico limite risulta estremamente elevato (superiore a 2000 kPa).

Pertanto in generale, data la natura dei terreni presenti, non sussisteranno problemi nel garantire l'esistenza di adeguati margini di sicurezza nei confronti dello stato limite ultimo e dunque la tensione massima effettivamente affidabile al terreno sarà determinata sulla base del cedimento ammissibile per la sovrastruttura.

Sono stati quindi valutati i cedimenti nell'ipotesi di adottare una pressione sul terreno di 150 kPa: i cedimenti risultano dell'ordine di 20 mm, valore compatibile con la stabilità delle opere in progetto, tenuto conto anche che data la natura dei terreni presenti al di sotto delle fondazioni questi saranno caratterizzati da una rapida evoluzione nel tempo.

Si raccomanda che nel corso della realizzazione degli scavi di fondazione sia esaminata con cura l'omogeneità del piano di fondazione. Ove, all'apertura degli scavi, al di sotto della quota di imposta di progetto, si rinvenisse una lente di materiale di scadenti caratteristiche meccaniche, si dovrà procedere ad un approfondimento dello scavo stesso ed all'esecuzione di un bonifico

UMI 1 settore est – UMI 2 settore est

In questi settori di intervento la stratigrafia locale dei terreni è differente da quella generale dell'area, in quanto essa è caratterizzata dalla presenza, inferiormente alla coltre di suolo, di sabbia limosa e limo sabbioso passante in profondità a limo argilloso sabbioso, esteso fino ad almeno la profondità 3,80 m da p.c..

In questa fase preliminare è stato cautelativamente considerato che lo strato di limo si estenda in profondità, benché sia presumibile esso sia seguito nell'ambito della profondità di influenza degli interventi dalla ghiaia con sabbia limosa. Nelle successive fasi progettuali dovrà essere valutata dai

progettisti la necessità di approfondimenti delle indagini geotecniche sulla base della tipologie strutturali e fondazionali adottate.

Le verifiche preliminari di fattibilità della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione sono state effettuate nell'ipotesi di una fondazione a platea con pianta rettangolare con dimensioni 18 m x 10 m, immersa nel limo argilloso sabbioso.

I risultati delle verifiche, riportati nelle schede di calcolo in Appendice C, indicano che in funzione delle dimensioni delle fondazioni il carico limite risulta elevato, dell'ordine di 700 kPa.

La tensione massima effettivamente affidabile al terreno sarà pertanto determinata sulla base del cedimento ammissibile per la sovrastruttura.

Sono stati quindi valutati i cedimenti nell'ipotesi di adottare una pressione sul terreno di 100 kPa: i cedimenti risultano dell'ordine di 24 mm, valore che in linea di massima risulta compatibile con la stabilità di opere ordinarie.

Si raccomanda che sia esaminata con cura l'omogeneità del piano di fondazione in particolare verificando l'eventuale passaggio laterale dal limo alla ghiaia con sabbia limosa. Ove si verificasse il passaggio fra le due unità litologiche, con dunque piano di fondazione collocato su terreni con caratteristiche geotecniche differenti, si dovranno effettuare gli opportuni approfondimenti geotecnici al fine di definire la più idonea tipologia di fondazione in funzione dei carichi di progetto e dei cedimenti ammissibili per la struttura, e valutare la necessità dell'esecuzione di un intervento di bonifica dei terreni.

APPENDICE A
RISULTATI INDAGINI GEOGNOSTICHE

INDAGINI GEOGNOSTICHE 2013

- Sondaggio a carotaggio**
- Pozzetti esplorativi**

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI TORINO
COMUNE DI AVIGLIANA

INDAGINE GEOGNOSTICA IN COMUNE DI AVIGLIANA
P.P. AREA CB28



RAPPORTO CERTIFICATIVO DELLE INDAGINI

CODICE ELABORATO

13001-33/ IG

COMMITTENTE

A4 PARTNERS
Corso Cairoli, 4
10123 - TORINO



COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl



Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Accettazione n.13001-33 del 21/06/2013

Dr. A. Cantù

Dr. A. Cantù

Dr.

GIUGNO 2013

Lo Sperimentatore

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

DATA EDIZIONE

REDATTO

CONTROLLATO

VALIDATO





REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI TORINO
COMUNE DI AVIGLIANA

INDAGINE GEOGNOSTICA IN COMUNE DI AVIGLIANA
P.P. AREA CB28

Rapporto certificativo delle indagini geognostiche

Giugno 2013

INDICE CERTIFICATI

13001-33/01 Rilievo stratigrafico di perforazione S1

13001-33/02 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio S1

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: A4 PARTNERS

Commessa: 13-001/33

Cantiere: Avigliana (TO) – P.P. Area CB28

Tra il 26/06/2013 e il 28/06/2013 sono è stato realizzato n.1 sondaggio a carotaggio continuo in Comune di Avigliana (TO) (Vedi corografia e Tav.01).

In particolare, si tratta del sondaggio:

- S1: profondo 30 m.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica GEOMARC G1000A montata su carro gommato Merlo, di cui nella tabella a seguire vengono presentate le principali caratteristiche:



Particolare fotografico della sonda utilizzata



SONDA PERFORATRICE IDRAULICA		
Modello: GEOMARC – 1000A		
Coppia max.	kgm	1100
Velocità di rotazione	rpm	12÷550
Spinta	kg	5800
Tiro	kg	8300
Velocità rapida risalita	m/min	22
Velocità rapida spinta	m/min	32
Tiro max. argano	kg	2000
Motore diesel Deutz	kw	78 F6L
<i>Dimensioni</i>		
Lunghezza	m	5.93
Larghezza	m	2.50
Altezza	m	3.80
Peso	kg	12080
Pompa a pistoncini Triplex 200 per fanghi		
Portata max.	l/min	200
Pressione max. esercizio	bar	40

METODOLOGIA DI PERFORAZIONE

Carotaggio continuo

La perforazione del sondaggio SI è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 131 mm e 101 mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni realizzata con carotiere semplice, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

RIVESTIMENTO

La natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire i fori per il sostegno delle pareti: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in

tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5 m e del diametro di 127 mm alla profondità indicata in stratigrafia.

Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

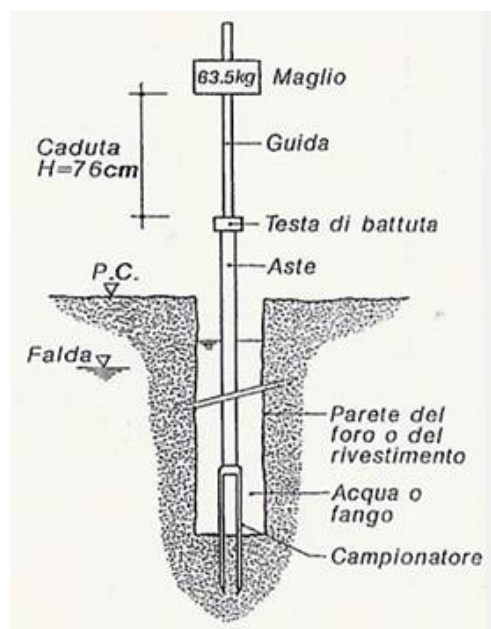
PROVE GEOTECNICHE IN FORO

PROVE S.P.T.

Nel foro di sondaggio S1 sono state eseguite n.6 prove S.P.T. ("Standard Penetration Test"), alle profondità indicate in stratigrafia.

La prova è di tipo discontinuo e viene eseguita nel corso della perforazione a carotaggio continuo, interrompendo l'avanzamento del sondaggio a intervalli regolari o prestabiliti; essa consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. si effettuano tramite l'infissione, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionatore a parete grossa tipo Raymond (diam. 51 mm, lunghezza utile 562 mm), collegato alla sonda da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (diam. 51 mm, peso 7.5 kg/m), per mezzo di un'apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5 kg con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey tipo Pilcon) dall'altezza prefissata di 760 mm. Il dispositivo di sollevamento è fornito dall'argano oleodinamico della sonda perforatrice.

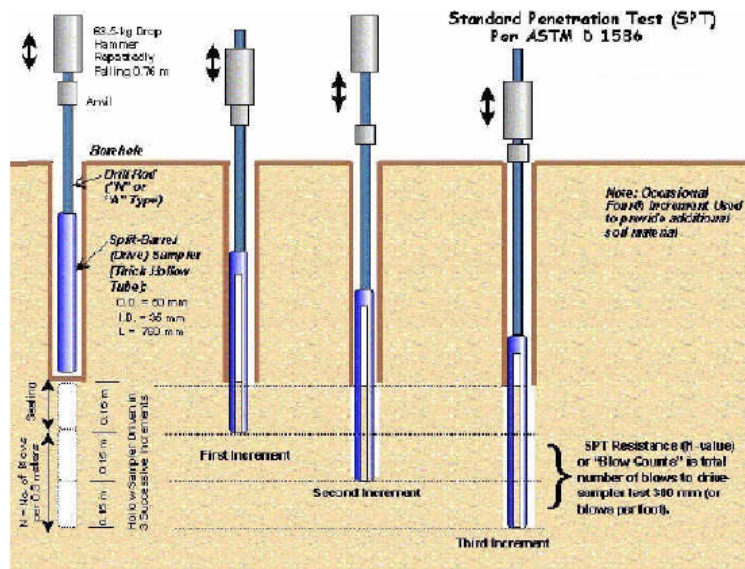


Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45 cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore di NSPT è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto.

La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.

Nei casi in cui non vi è pericolo di repentino collasso del foro, la prova viene eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

Per l'esecuzione della prova si veda lo schema a seguire:




In allegato vengono forniti la stratigrafia del sondaggio geognostico, i certificati delle prove eseguite e le fotografie delle carote prelevate.

[illegible]

Avigliana (TO) - P.P. Area CB28 - Tav. 01 - Ubicazione sondaggi



CERTIFICATI



Decreto di autorizzazione
n. 4965 del 04/06/2010
per esecuzione e certificazione di
indagini geognostiche e prove in sito
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE

UNI EN ISO 22475-1:2007
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente A4 Partners

Cantiere Indagine geognostica per Piano Particolareggiato

Località Avigliana (TO) - P.P. Zona CB 28

Perforazione inizio: 26/06/2013 fine: 28/06/2013 Sonda: Geom. G1000A Merlo

Coordinate: N= 45°04'26.00" E= 07°24'19.40" Scala 1:100

Accettazione n. 13001-33 Certificato n. 13001-33/01 del 03/07/2013

Commissa n. 13001-33

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola


SONDAGGIO

S1

Pagina 1 di 1

profondita' 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 [m/s]
0.00 0.10 0.50	0.10 0.40		Cotica erbosa.												
	2.50		Terreno di riporto ghiaioso-ciottoloso.		CC 131 mm S					3.00					
3.00			Ghiaia eterometrica in abbondante e/o prevalente matrice fine siltoso-sabbiosa, debole ossidazione, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio-nocciola.							13-21-27					
	6.00		Ghiaia eterometrica con sabbia medio fine limosa che tende a concentrarsi in livelli centimetrici, discreta ossidazione ed alterazione dei clasti, talora intense, generalmente addensata, colore nocciola con deboli screziature ocracee d'ossidazione.							6.00					
										16-13-20					
9.00			Ghiaia medio-grossolana con sabbia debolmente limosa e subordinati ciottoli, discreta ossidazione, molto addensata, colore grigio.							9.00					
9.70	0.70		Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa a livelli prevalenti, intensa ossidazione ed alterazione, generalmente addensata, colore nocciola-ocraceo.							24-33-R					
11.30	1.60		Sabbia prevalentemente medio fine con intercalate lamine siltose, intensa ossidazione, addensata, colore nocciola.							12.00					
12.00	0.70		Ghiaia medio-grossolana con sabbia limosa talora scarsa, intensa ossidazione e discreta alterazione, addensata, colore nocciola con deboli screziature ocracee d'ossidazione.	13.70						22-29-40					
13.60	1.60		Ghiaia eterometrica a tratti medio fine in matrice sabbioso-limosa che tende a concentrarsi in livelli centimetrici, subordinati ciottoli, intensa ossidazione ed alterazione, da addensata a molto addensata, colore nocciola con screziature ocracee d'ossidazione.		carotaggio continuo 101 mm semplice	127 mm	90-100 %			18.00					
	7.40									30-R					
21.00			Ghiaia eterometrica ciottolosa con sabbia debolmente limosa a tratti limosa a livelli prevalenti, discreta ossidazione ed alterazione, da addensata a molto addensata, colore nocciola con deboli screziature ocracee d'ossidazione.							24.00					
	9.00									27-35-39					
30.00															

Deposito cassette : magazzino comunale

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2012)		SONDAGGIO n. S1
	Mod. 7.5.13 rev. 01 Committente: <u>A4 Partners</u>		Eseguito il 26-28/06/2013
	Cantiere: <u>Indagine geognostica per Piano Particolareggiato</u> Località: <u>Avigliana (TO) – P.P. Zona CB 28</u> Coordinate: <u>N = 45° 04' 26.00"</u> <u>E = 07° 24' 19.40"</u>		
Accettazione n. 13001-33 - Certificato n. 13001-33/02 del 03/07/2013 - Commessa n. 13001-33			

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	3.00	13	21	27	
2	6.00	16	13	20	
3	9.00	24	33	R	
4	12.00	22	29	40	
5	18.00	30	R	-	
6	24.00	27	35	39	
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

Dr. A. Cantù

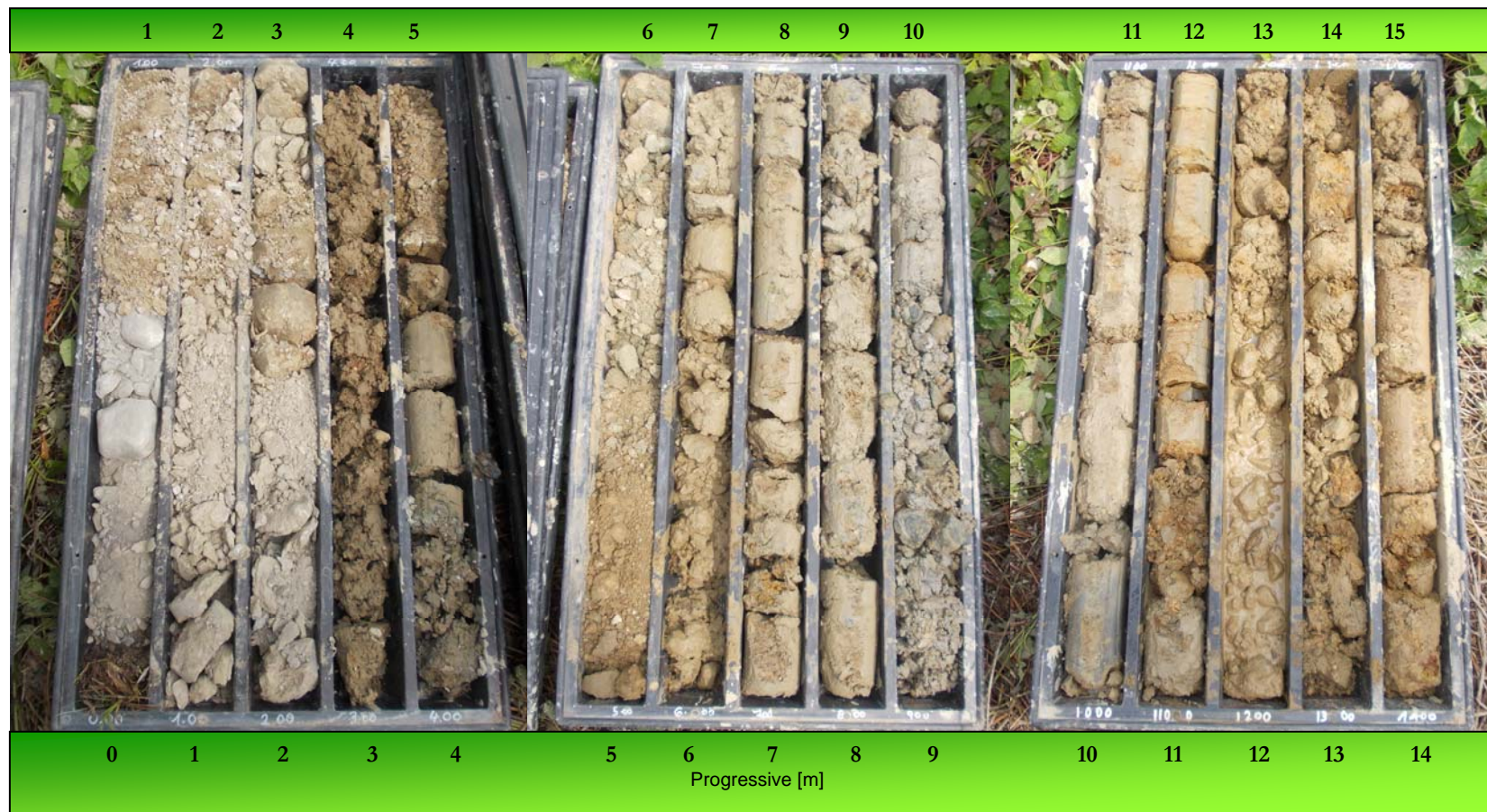
Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola



Pagina 1 di 1

FOTOGRAFIE CASSETTE

Avigliana (TO) – P.P. Area CB28 - Sondaggio SI (L=30.00m)



Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

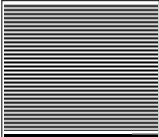
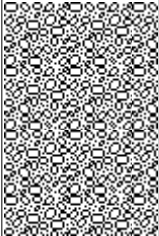
Avigliana (TO) – P.P. Area CB28 - Sondaggio SI (L=30.00m)



Cassette 4-6 da 15.00m a 30.00m da p.c.

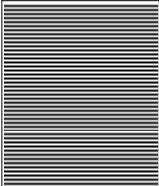
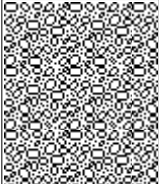
Dr Luca Arione geologo
Via Principe Tommaso 39 - 10125 Torino

Committente Comune di Avigliana	Cantiere Piano Particolareggiato Cb28	Indagine	
Numero pozzetto 1	Sondaggio pozzetto esplorativo	Inizio Esecuzione 3 settembre 2013	Termine Esecuzione 3 settembre 2013
Note FALDA ASSENTE			

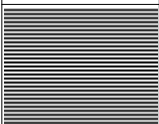
Litologia	Descrizione	Quota (m)	
	limo sabbioso color bruno nocciola	1.10	
	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa grigia; gli elementi lapidei hanno diametro massimo di circa 30 cm, sono a spigoli vivi e privi di processi di alterazione intensa	3.00	

Dr Luca Arione geologo
Via Principe Tommaso 39 - 10125 Torino

Committente Comune di Avigliana	Cantiere Piano Particolareggiato Cb28	Indagine	
Numero pozzetto 2	Sondaggio pozzetto esplorativo	Inizio Esecuzione 3 settembre 2013	Termine Esecuzione 3 settembre 2013
Note FALDA ASSENTE			

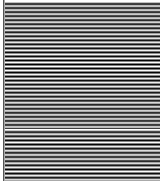
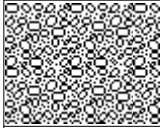
Litologia	Descrizione	Quota (m)	
	limo sabbioso color bruno ocraceo	1.50	
	ghiaia e ciottoli con limo sabbioso grigio; gli elementi lapidei hanno diametro massimo di circa 10 cm, sono a spigoli vivi e privi di processi di alterazione intensa	3.00	

Dr Luca Arione geologo
Via Principe Tommaso 39 - 10125 Torino

Committente Comune di Avigliana	Cantiere Piano Particolareggiato Cb28	Indagine	
Numero pozzetto 3	Sondaggio pozzetto esplorativo	Inizio Esecuzione 3 settembre 2013	Termine Esecuzione 3 settembre 2013
Note FALDA ASSENTE			
Litologia	Descrizione	Quota (m)	
	limo sabbioso color bruno ocraceo	0.90	
	alternanza di livelli di sabbia limosa e limo sabbioso grigio	2.80	
	limo argilloso sabbioso grigio	3.80	


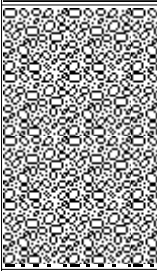
Dr Luca Arione geologo
Via Principe Tommaso 39 - 10125 Torino

Committente Comune di Avigliana	Cantiere Piano Particolareggiato Cb28	Indagine	
Numero pozzetto 4	Sondaggio pozzetto esplorativo	Inizio Esecuzione 3 settembre 2013	Termine Esecuzione 3 settembre 2013
Note FALDA ASSENTE			

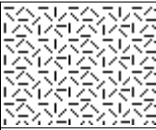
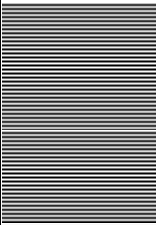
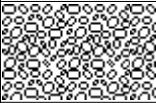
Litologia	Descrizione	Quota (m)	
	limo sabbioso color bruno ocraceo	1.50	
	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa grigia; gli elementi lapidei hanno diametro massimo di circa 20 cm, sono a spigoli vivi e privi di processi di alterazione intensa	2.50	

Dr Luca Arione geologo
Via Principe Tommaso 39 - 10125 Torino

Committente Comune di Avigliana	Cantiere Piano Particolareggiato Cb28	Indagine	
Numero pozzetto 5	Sondaggio pozzetto esplorativo	Inizio Esecuzione 3 settembre 2013	Termine Esecuzione 3 settembre 2013
Note FALDA ASSENTE			

Litologia	Descrizione	Quota (m)	
	limo sabbioso color bruno	0.40	
	ghiaia e ciottoli con sabbia limosa grigio-nocciola; gli elementi lapidei hanno diametro massimo di circa 10 cm, sono a spigoli vivi e privi di processi di alterazione intensa	2.50	

Dr Luca Arione geologo
Via Principe Tommaso 39 - 10125 Torino

Committente Comune di Avigliana	Cantiere Piano Particolareggiato Cb28	Indagine	
Numero pozzetto 6	Sondaggio pozzetto esplorativo	Inizio Esecuzione 3 settembre 2013	Termine Esecuzione 3 settembre 2013
Note FALDA ASSENTE			
Litologia	Descrizione	Quota (m)	
	terreno di riporto (limo con rari ciottoli e frammenti di laterizi)	1.00	
	limo sabbioso color bruno ocra	2.80	
	ghiaia e ciottoli con limo debolmente sabbioso grigio bruno; gli elementi lapidei hanno diametro massimo di 30 cm, sono a spigoli vivi e privi di processi di alterazione intensa	3.60	

DATI STRATIGRAFICI DI BIBLIOGRAFIA
(da Banca Dati Geotecnica Arpa Piemonte)

Stratigrafia semplificata

è divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o ap

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
493	1.00	terreno vegetale limoso sabbioso
493	18.00	limo sabbioso fine con frammenti litoidi etrovanti
493	20.50	terreno argilloso con frammenti litoidi
493	30.00	limo sabbioso con trovanti e frammenti litoidi
493	32.50	trovante
493	35.00	limo sabbioso con frammenti litoidi

Stratigrafia semplificata

zio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
103132	2.40	riporto sabbia medio fine e ghiaia eterometrica poligenica con presenza di frammenti laterizi e resti vegetali
103132	6.60	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia medio fine limosa addensata
103132	11.00	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia medio fine limosa rari ciottoli
103132	20.00	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia medio grossa limosa addensata
103132	20.50	ciottoli di roccia metamorfica
103132	25.00	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia medio grossa debolmente limosa molto addensata
103132	25.50	sabbia medio grossa debolmente limosa con ghiaia
103132	29.00	ghiaia eterometrica poligenica e sabbia medio grossa limosa rari ciottoli
103132	34.70	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia limosa molto addensata rari ciottoli
103132	35.00	limo con sabbia
103132	38.20	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia medio fine limosa molto addensata
103132	40.00	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia medio grossa debolmente limosa rari ciottoli

Stratigrafia semplificata

hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiente

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
103133	0.50	riporto ghiaia eterometrica poligenica ciottoli con sabbia medio grossa con presenza di frammenti laterizi
103133	2.90	limo con sabbia medio fine con tracce di ghiaia
103133	4.00	sabbia medio fine limosa con ghiaia moderatamente addensata
103133	9.20	ghiaia eterometrica poligenica alcuni ciottoli con sabbia medio fine limosa molto addensata
103133	10.00	blocco di roccia metamorfica scistosa
103133	10.40	ciottoli eterometrici poligenici
103133	12.00	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia medio grossa limosa rari ciottoli
103133	14.00	ghiaia eterometrica poligenica e sabbia limosa addensata
103133	15.00	sabbia medio fine limosa con ghiaia poligenica
103133	20.00	ghiaia eterometrica poligenica e sabbia medio grossa limosa addensata

Stratigrafia semplificata

hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiente

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
103134	0.40	terreno vegetale sabbia medio fine limosa con ghiaia eterometrica poligenica con presenza di resti vegetali
103134	1.00	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia medio fine debolmente limosa
103134	3.00	limo con sabbia medio fine
103134	5.00	sabbia medio fine limosa con ghiaia eterometrica poligenica moderatamente addensata
103134	10.20	ghiaia eterometrica poligenica e sabbia medio fine limosa localmente con limo moderatamente addensata
103134	11.50	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia limosa
103134	12.00	ghiaia eterometrica poligenica e sabbia medio grossa limosa
103134	13.20	sabbia medio grossa debolmente limosa con ghiaia eterometrica poligenica moderatamente addensata
103134	15.00	ghiaia eterometrica poligenica con sabbia medio grossa limosa

Stratigrafia semplificata

va e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
103142	1.20	terreno vegetale
103142	2.50	limo sabbioso con poca ghiaia
103142	14.00	ciottoli ghiaia e sabbia
103142	22.00	ghiaia con trovanti intercalati
103142	30.00	sabbia e limo con trovanti intercalati



Stratigrafia semplificata

servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti diff

Codice perforazione	Profondita` (m)	Descrizione
104889	0.80	terreno vegetale e/o rimaneggiato
104889	2.00	limi sabbiosi fini
104889	2.40	sabbie fini limose
104889	3.30	sabbie eterometriche con subordinata ghiaia medio fine
104889	4.00	limi sabbioso fini addensati con abbondante frazione ghiaiosa medio fine
104889	4.20	limi
104889	8.00	ghiaie eterometriche in abbondante matrice limoso sabbiosa addensata con ciottoli e piccoli trovanti
104889	9.30	sabbie eterometriche con abbondante frazione ghiaiosa medio fine
104889	12.50	ghiaie eterometriche in matrice sabbioso limosa addensata con ciottoli e trovanti
104889	20.00	ghiaie eterometriche in abbondante matrice sabbioso limosa addensata con presenza di alcuni ciottoli e piccoli trovanti

APPENDICE B
INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA HVSR

1. Premessa

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche eseguite presso l'area del Piano particolareggiato Cb28 in Comune di Avigliana.

Scopo dell'indagine è la definizione del parametro $V_{s,30}$ per la classificazione sismica dei suoli (in accordo alle NTC del DM 14.01.2008) mediante la realizzazione di n° 3 misure di microtremore ambientale (HVSr).

2. Indagine sismica passiva HVSr

In riferimento alla normativa sismica l'area di interesse ricade nella Zona 3 della classificazione sismica nazionale.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende quindi necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale per mezzo di specifiche analisi, o in loro assenza, tramite un approccio semplificato, basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

A seguito della caratterizzazione geotecnica dei terreni l'identificazione della categoria di sottosuolo viene svolta in base ai valori del parametro velocità equivalente $V_{s,30}$, ottenuto attraverso il rilievo della propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, che si ricava mediante la formula:

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

I rilievi geofisici costituiscono la procedura più affidabile, e fortemente raccomandata, di definizione della categoria di sottosuolo, in alternativa la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a granulometria grossolana e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a granulometria fine.

Attraverso questi parametri si individuano cinque categorie principali di sottosuolo denominate A, B, C, D, E (D.M. 14/01/2008), oltre a due ulteriori sottosuoli S1 ed S2 per i quali composizione e caratteristiche geotecniche scadenti rendono necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

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

Figura 1 – categorie sismiche di sottosuolo

Per l'area di interesse è stata disposta una campagna di rilievi geofisici specificatamente condotti che hanno consentito di svolgere, ai sensi del D.M. 14/01/2008, un'adeguata classificazione della categoria di sottosuolo.

L'indagine è consistita in n° 3 misure di microtremore ambientale (H/V-1, H/V-2, H/V-3) della durata di 20 minuti, per mezzo di tromografo digitale portatile progettato per il campionamento del rumore sismico.

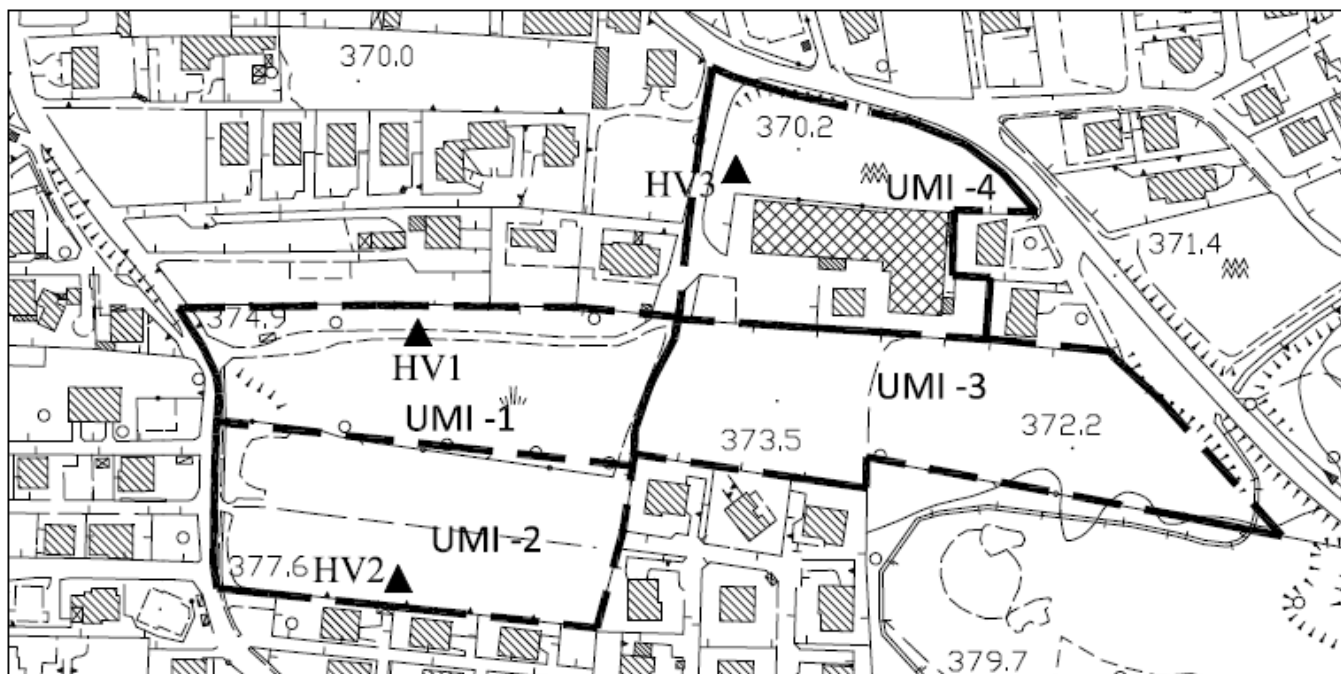


Figura 2 - ubicazione punti di misura sismica passiva (HV1, HV2, HV3) col metodo dei rapporti spettrali orizzontali e verticali HVSR a stazione singola

Secondo gli studi di Langston (1979) e Nakamura (1989), è possibile l'individuazione della categoria di suolo di fondazione, mediante metodi semplificati, tra cui la sismica passiva col metodo dei rapporti spettrali orizzontali e verticali HVSR. Tale tecnica, denominata anche "di Nakamura" è la metodologia più utilizzata per la stima della risposta sismica locale in termini di frequenza fondamentale e amplificazione, attraverso l'analisi dei microtremori (rumore sismico ambientale). La frequenza fondamentale e l'amplificazione sono caratteristiche che dipendono dalla struttura geologica e dalle proprietà geotecniche e geomeccaniche dei terreni e dalla stratigrafia del sito oggetto di studio.

Le indagini sismiche passive, al contrario di quelle attive, non utilizzano come sorgente di eccitazione un'energizzazione volontaria (mediante mazza o fucile sismico), bensì il rumore sismico diffuso, generato da sorgenti lontane e diffuse (moto ondoso, eventi meteorologici, vento....). Tali tecniche consentono di determinare una stratigrafia sismica in virtù del concetto di risonanza, dovuta al fenomeno fisico dell'intrappolamento delle onde sismiche all'interno di uno strato delimitato da due superfici che lo separano da altri strati caratterizzati da una diversa impedenza acustica (dove per impedenza acustica si intende il prodotto fra la velocità delle onde di taglio all'interno del mezzo di propagazione e la densità del mezzo stesso).

L'interpretazione dei dati ottenuti dall'acquisizione fornisce una stima attendibile della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo, nei primi 30 metri a partire dal piano di posa della fondazione, e pertanto del loro valore medio V_{S30} utilizzato per determinare la categoria di suolo.

3. Strumentazione utilizzata e procedura di analisi

Per le acquisizioni è stato utilizzato lo strumento “GEMINI-2” prodotto da PASI srl, geofono 3D da superficie, dotato di una terna di sensori con frequenza di risonanza 2Hz ortogonali fra loro (N-S, E-W e Up-Down).

Le caratteristiche tecniche dei sensori e della scheda acquisizione sono riportate in Figura 3.

Il campionamento del rumore sismico, amplificato e digitalizzato a 24 bit reali, è stato acquisito alla frequenza di 1KHz e ricampionato a 128 Hz.

La terna di geofoni ortogonali consente di acquisire le vibrazioni in tre direzioni, ricostruibili in una curva che esprime la differenza fra i movimenti orizzontali rispetto a quelli verticali espressa in termini di amplificazione.

Inizialmente le misure sono acquisite in dominio di tempo; successivamente, mediante una trasformazione di Fourier (FFT) vengono riproposte in dominio di frequenza, in modo da ottenere una rappresentazione grafica con asse x in Hertz (Hz) ed asse y in un rapporto fra l'amplificazione delle misure orizzontali rispetto a quelle verticali.

Le curve H/V sono state ricavate secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), con parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s;

- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale.

Infine le curve H/V sono state invertite creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare attendibile il modello teorico (synthetic H/V) più simile e confrontabile alle curve sperimentali (average H/V), secondo quanto dimostrato da Castellaro e Mulargia (2009), agganciandosi ad una discontinuità sismica (vincolo) precedentemente nota.

Specifiche scheda acquisizione:
Alimentazione: da porta USB
Conversione dati: A/D Sigma-Delta a 24 bit reali
Campionamento: freq.max.1KHz, simultaneo su 3 can.
Rapporto Segnale/Rumore: max. 117db
Banda passante a +/- 0.1 dB: 108Hz
Banda passante a -3dB: 212Hz
Specifiche sensore Gemini-2
Freq.Naturale di risonanza: 2 Hz +/-10%
Sensibilità: 2 V/cm•S ⁻¹ +/- 5%
Resistenza interna: 5.8kΩ +/-5%
Damping: 0.7 +/-10%
Distorsione armonica: ≤ 0.2%
Resistenza d'isolamento: ≥ 10 MΩ
Temp.funzionamento: da -25°C a + 55°C
Bloccaggio sensori: automatico per il trasporto
Dimensioni: diam.128mm, h.175mm
Peso: 2.15 kg

Figura 3 - Caratteristiche tecniche GEMINI -2

I softwares utilizzati per le elaborazioni sono winHVSR – ver.5.0 di EliaSoft e Software Microtremor (<http://nato.gfz.hr/SW.zip>) di Alberello D. & Lunedei E. (Lunedei E., Alberello D., 2009, On the seismic noise wavefield in a weakly dissipative layered Earth, Geophys. J. Int., 177, 1001-1014).

4. Frequenze di risonanza e definizione delle Vs30 e categoria di suolo

Attraverso l'indagine sismica passiva HVSR si definisce come richiesto dalla normativa vigente la Vs,30 al di sotto del piano di fondazione e la conseguente categoria sismica di suolo di fondazione, partendo dalla determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Sono state analizzate le tre acquisizioni. Nelle curve relative alle prove 1 e 2 è ben riconoscibile un picco a 1,2 Hz imputabile ad uno strato profondo fino a circa 140 metri e dunque legato presumibilmente al substrato dei terreni quaternari. Il medesimo picco è visibile anche nella prova 3, anche se meno chiaro e affidabile. Di seguito, nelle Figure 4 – 5 – 6, vengono riportate le curve H/V e le curve con l'andamento delle 3 componenti (N-S, E-W, U-D), prima del calcolo del rapporto H/V.

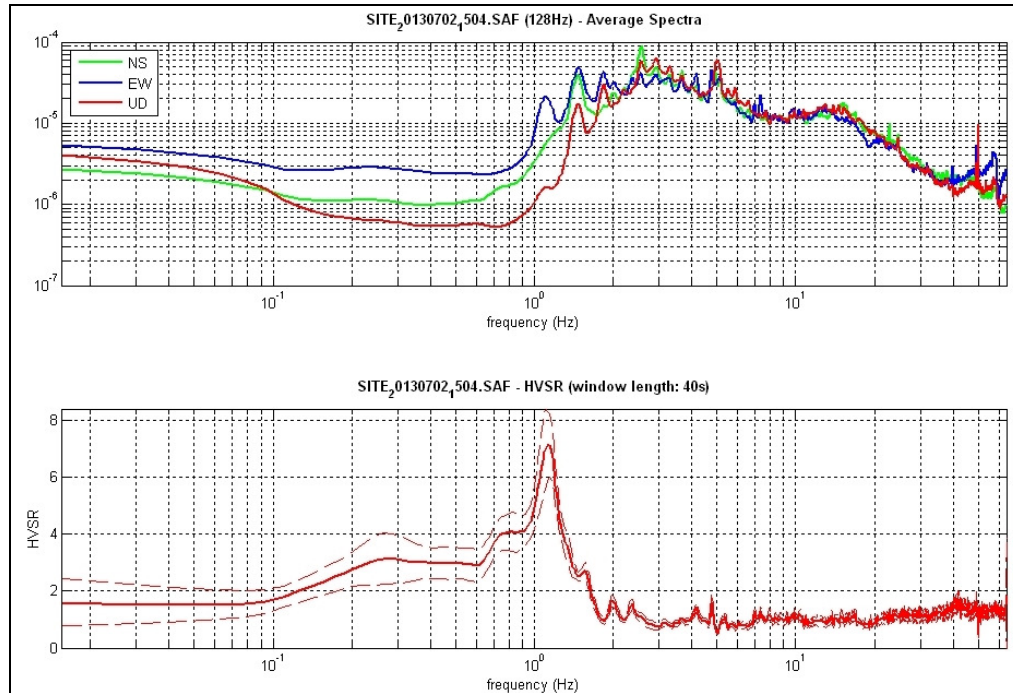


Figura 4 - Prova 1 - Curve H/V (in basso) e diagramma frequenze-ampiezze del segnale sulle tre componenti (in alto).

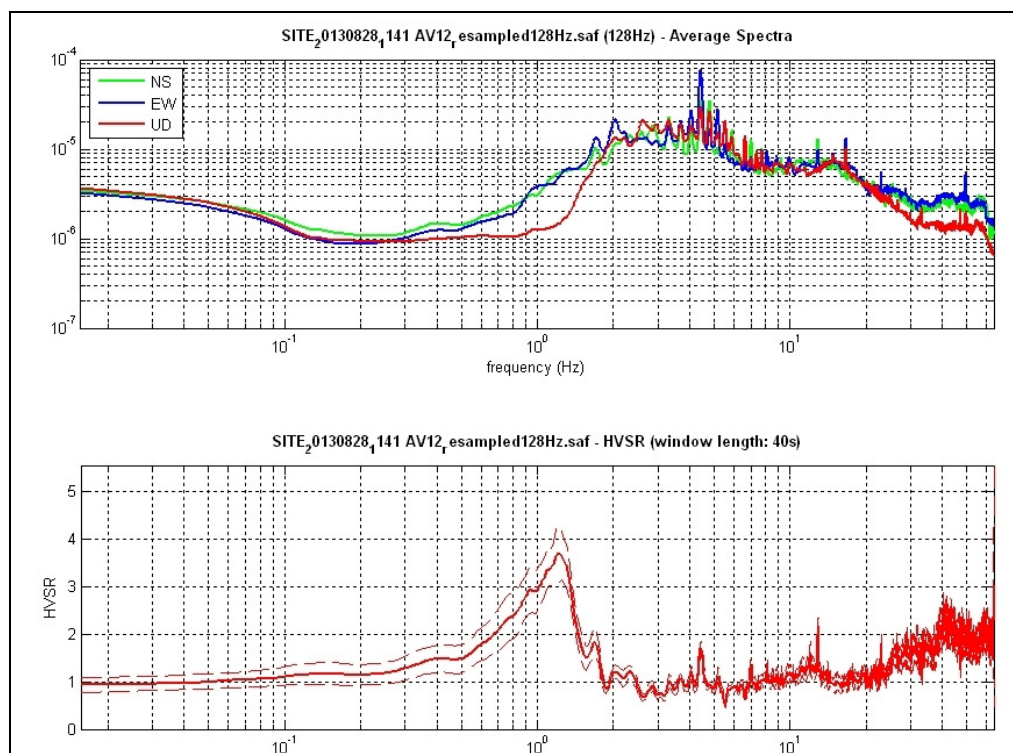


Figura 5 - Prova 2 - Curve H/V (in basso) e diagramma frequenze-ampiezze del segnale sulle tre componenti (in alto).

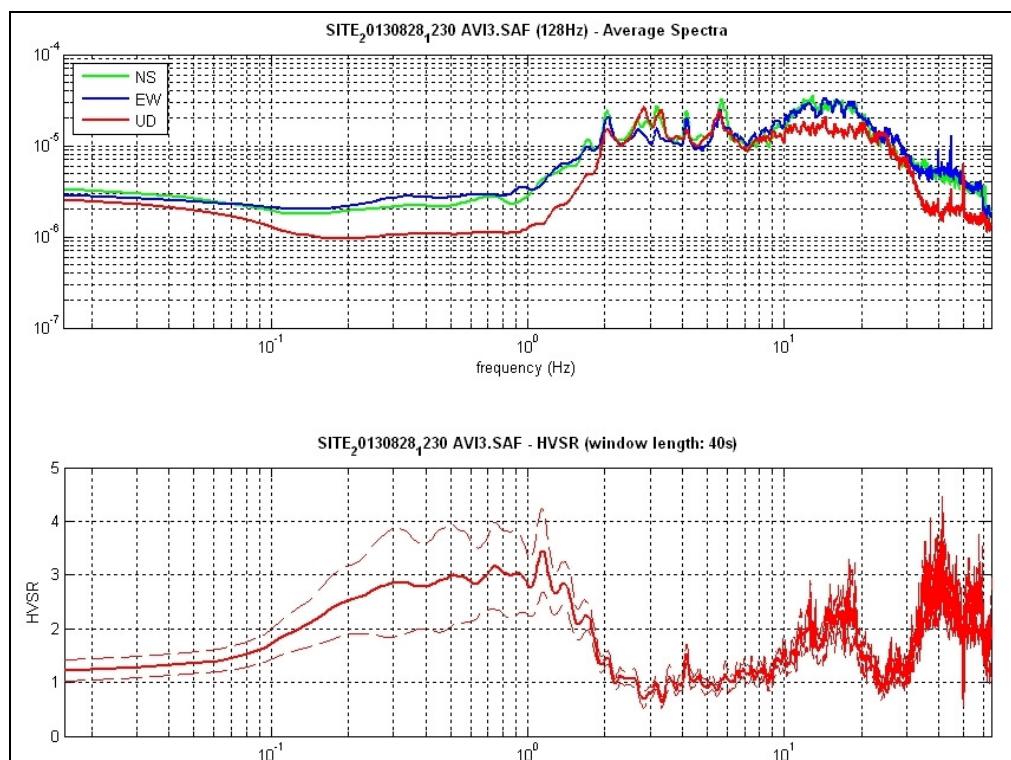


Figura 6 - Prova 3 - Curve H/V (in basso) e diagramma frequenze-ampiezze del segnale sulle tre componenti (in alto).

Nelle figure 7, 8 e 9 è riportata, per le tre prove, la sovrapposizione tra la average H/V e la syntethic H/V calcolata in base al modello.

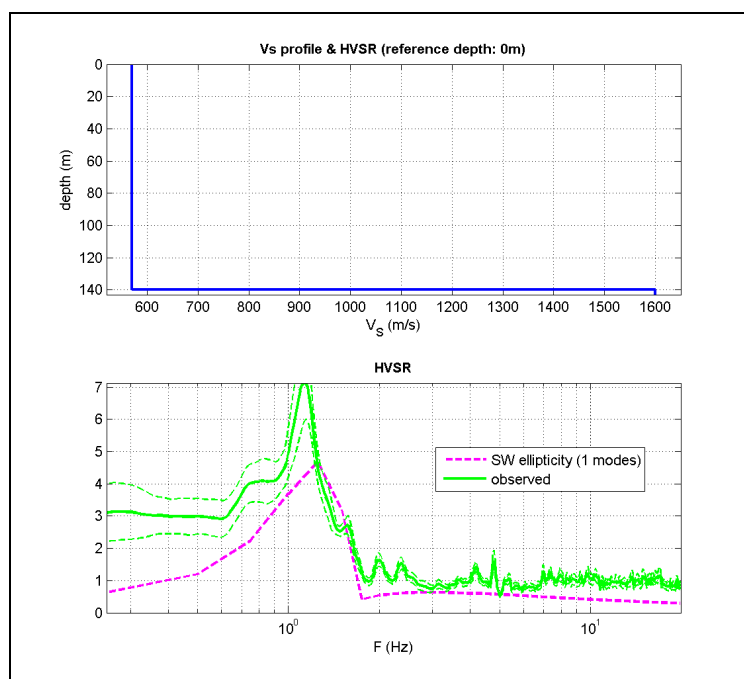


Figura 7 - prova 1 modellazione profilo Vs e confronto fra Syntethic H/V e Average H/V (observed)

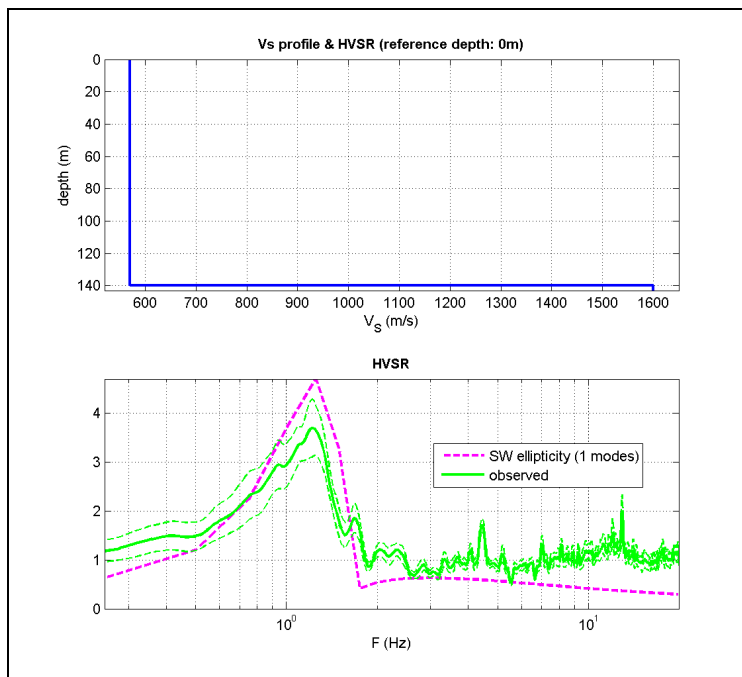


Figura 8 - prova 2 modellazione profilo Vs e confronto fra Syntethic H/V e Average H/V (observed).

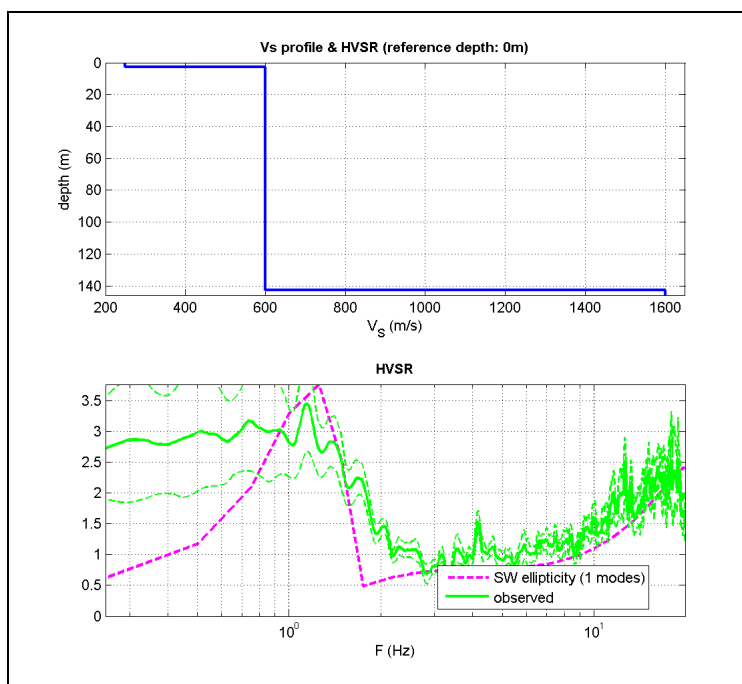


Figura 9 - prova 3 modellazione profilo Vs e confronto fra Syntethic H/V e Average H/V (observed).

I risultati ottenuti evidenziano che la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno (V_{s30}) risulta:

- prova 1: 570 m/s
- prova 2: 570 m/s
- prova 3: 530 m/s

In base ai risultati ottenuti, la velocità media delle onde nei primi 30 m di stratigrafia dalla base delle fondazioni (V_{s30}) risulta pari a 530 – 570 m/s ovvero suolo di categoria B:

Categoria B: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)”.

APPENDICE C
FATTIBILITA' FONDAZIONI SUPERFICIALI
CAPACITA' PORTANTE E CEDIMENTI

ZONA Cb28 AVIGLIANA**VERIFICHE PRELIMINARI****UMI 1 settore ovest - UMI 2 settore ovest - UMI 3 - UMI4****DATI GENERALI**

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	10,0 m
Lunghezza fondazione	18,0 m
Profondità piano di posa	3,0 m
Altezza di incastro	0,3 m
Profondità falda	10,0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,121
Effetto sismico secondo	Paolucci e Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0,0291

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,31	2,48	0,2
S.L.D.	50,0	0,39	2,53	0,22
S.L.V.	475,0	0,99	2,52	0,26
S.L.C.	975,0	1,27	2,52	0,27

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,372	0,2	0,0076	0,0038
S.L.D.	0,468	0,2	0,0095	0,0048
S.L.V.	1,188	0,24	0,0291	0,0145
S.L.C.	1,524	0,24	0,0373	0,0186

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo

Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
2,0	19,0	19,0	28,0	28	0,0	0,0	0,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30,0	20,0	21,0	38,0	38	0,0	0,0	0,0	40000,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazio ne	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A2+M2+R2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	Sisma	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. C apacità portante orizzontale
1	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
2	Si	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 2364,9 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 1313,83 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

```

=====
Fattore [Nq] 23,19
Fattore [Nc] 35,51
Fattore [Ng] 27,74
Fattore forma [Sc] 1,31
Fattore profondità [Dc] 1,09
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1,0
Fattore inclinazione base [Bc] 1,0
Fattore forma [Sq] 1,29
Fattore profondità [Dq] 1,08
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1,0
Fattore inclinazione base [Bq] 1,0
Fattore forma [Sg] 0,83
Fattore profondità [Dg] 1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1,0
Fattore inclinazione base [Bg] 1,0

```

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
=====	
Carico limite	2404,69 kN/m ²
Resistenza di progetto	1335,94 kN/m ²
=====	

Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	23,19
Fattore [Nc]	35,51
Fattore [Ng]	27,74
Fattore forma [Sc]	1,31
Fattore profondità [Dc]	1,09
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,29
Fattore profondità [Dq]	1,08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,83
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0,98
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,98
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0,99
=====	
Carico limite	2364,9 kN/m ²
Resistenza di progetto	1313,83 kN/m ²
=====	

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	150,0 kN/m ²
Spessore strato	30,0 m
Profondità substrato roccioso	30,0 m
Modulo Elastico	40000,0 kN/m ²
Coefficiente di Poisson	0,25
=====	
Coefficiente di influenza I1	0,55
Coefficiente di influenza I2	0,05
Coefficiente di influenza Is	0,58
=====	
Cedimento al centro della fondazione	20,07 mm
=====	
Coefficiente di influenza I1	0,4
Coefficiente di influenza I2	0,08
Coefficiente di influenza Is	0,45
Cedimento al bordo	7,81 mm

ZONA Cb28 AVIGLIANA
VERIFICHE PRELIMINARI
UMI 1 settore est - UMI 2 settore est

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	10,0 m
Lunghezza fondazione	18,0 m
Profondità piano di posa	3,0 m
Altezza di incastro	0,3 m
Profondità falda	10,0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,121
Effetto sismico secondo	Paolucci e Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0,0291

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,31	2,48	0,2
S.L.D.	50,0	0,39	2,53	0,22
S.L.V.	475,0	0,99	2,52	0,26
S.L.C.	975,0	1,27	2,52	0,27

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,372	0,2	0,0076	0,0038
S.L.D.	0,468	0,2	0,0095	0,0048
S.L.V.	1,188	0,24	0,0291	0,0145
S.L.C.	1,524	0,24	0,0373	0,0186

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo

Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria;
cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m ³]	Gams [kN/m ³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m ²]	c Corr. [kN/m ²]	cu [kN/m ²]	Ey [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
1,0	19,0	19,0	28,0	28	0,0	0,0	0,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30,0	19,0	19,0	30,0	30	0,0	0,0	0,0	12000,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazio ne	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A2+M2+R2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	Sisma	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.C apacità portante orizzontale
1	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
2	Si	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 739,71 kN/m²
Resistenza di progetto[Rd] 410,95 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

A2+M2+R2

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10,43
Fattore [Nc]	20,42
Fattore [Ng]	8,71
Fattore forma [Sc]	1,26
Fattore profondità [Dc]	1,1
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,23
Fattore profondità [Dq]	1,09
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,83
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	756,75 kN/m ²
Resistenza di progetto	420,42 kN/m ²
	Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	10,43
Fattore [Nc]	20,42
Fattore [Ng]	8,71
Fattore forma [Sc]	1,26
Fattore profondità [Dc]	1,1
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,23
Fattore profondità [Dq]	1,09
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,83
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0,98
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,98
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0,99
Carico limite	739,71 kN/m ²
Resistenza di progetto	410,95 kN/m ²

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	100,0 kN/m ²
Spessore strato	15,0 m
Profondità substrato roccioso	15,0 m
Modulo Elastico	12000,0 kN/m ²
Coefficiente di Poisson	0,25
Coefficiente di influenza I1	0,4
Coefficiente di influenza I2	0,08
Coefficiente di influenza Is	0,45
Cedimento al centro della fondazione	24,08 mm
Coefficiente di influenza I1	0,22
Coefficiente di influenza I2	0,11
Coefficiente di influenza Is	0,29
Cedimento al bordo	7,63 mm