

CITTA' DI PINEROLO
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO
ZONA CE4.1 DEL P.R.G.C.
SUB AREA B E VARIANTE SUB AREA A

Codice generale	Codice dell' opera	Livello di progettazione	Area di progettazione	Numero elaborato	Tipo documento	Versione
Bpin	269 BarPie	M	A	00E	rel.geo.	2-18

LA PROPRIETA':

TRE DI S.A.S. di Barra Pierluigi

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Valter Ripamonti



Studio Tecnico Dott. Ing. Valter Ripamonti - Via Tessore n° 25 - 10064 Pinerolo - (TO)
Tel 0121/77445 - Fax 0121/375733 - E-Mail :tecnico@ripamontistudio.com - segreteria@ripamontistudio.com

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

VERS.	MODIFICHE	DATA	REDATTORE	SCALA
0	1ª EMISSIONE	Giugno 2018	VR	
1				
2				
3				

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	7
2.1 – CARATTERI GENERALI.....	7
2.2 – ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE.....	7
2.3 – DINAMICA EVOLUTIVA DEL TORRENTE LEMINA.....	8
3. CAMPAGNA DELLE INDAGINI IN SITU.....	11
3.1 – SONDAGGI A CAROTAGGIO.....	11
3.2 - PROVE S.P.T. (Standard Penetration Test).....	12
3.2.1 – CORRELAZIONI CON I VALORI DI NSPT.....	13
4. ANALISI DI LABORATORIO.....	15
4.1 – ANALISI GRANULOMETRICHE ED AREOMETRICHE.....	15
4.2 – PROPRIETA' INDICI.....	16
5. MODELLO STRATIGRAFICO DEL SITO.....	17
5.1 – ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO.....	17
5.2 – ASSETTO LOCALE DELLA FALDA.....	18
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	19
6.1 - PARAMETRI DI RIFERIMENTO.....	19
6.2 – VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	22
7. PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....	27
7.1 – PROPRIETA' INDICI.....	27
7.2 – STATO DI ADDENSAMENTO.....	27
7.3 – ANGOLI DI RESISTENZA AL TAGLIO.....	29
7.4 – MODULO DI DEFORMAZIONE.....	30
8. CAPACITA' PORTANTE E CEDIMENTI DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	31
8.1 - PARAMETRI ADOTTATI NEI CALCOLI.....	31
8.2 - CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE.....	31

8.3 - CEDIMENTI DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	34
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	36

ALLEGATI

- TAVOLA DI UBICAZIONE INDAGINI
- CERTIFICATI DI LABORATORIO
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
- CARTA GEOLOGICA (scala 1:10.000)

1. PREMESSA

La presente relazione fornisce il quadro dell'assetto geologico, geomorfologico e geotecnico dei terreni interessati dalla prevista costruzione di edifici a destinazione abitativa e commerciale, con elevazione compresa fra 1 e 4 piani fuori terra.

L'area oggetto d'indagine è sita nel Comune di Pinerolo (Prov. di Torino) ed è indicativamente compresa fra Via Sabotino e lo Str. San Secondo.

Dai dati catastali si rileva che l'area di P.E.C. interessa, in parte o interamente, i mappali n° 690, 696, 697, 698, 592, 465, 707, 10, 163, 217 e 725 (Foglio n° 55).

Dall'esame della Carta di Sintesi, allegata al P.R.G.C. (variante di piano, adottata in data 06/03/06, per cui valgono le indicazioni contenute nell'art. 58 L.R. 56/77, relative alle misure di salvaguardia), si osserva che l'area è compresa fra le Classi I e IIIb2, di idoneità all'utilizzazione urbanistica.

Brevemente si ricordano i vincoli associati all'applicazione di dette classi:

Classe I: 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;

Classe IIIb2: porzioni di territorio edificate, nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente. In particolare questa sottoclasse si riferisce alle aree in cui in seguito alla realizzazione delle opere sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti (Classe IIIb s.s.).

Con l'intento di migliorare le conoscenze sui terreni della zona e di giungere quindi alla formulazione di un modello del terreno, si è fatto uso dei dati derivanti da una specifica campagna d'indagini geognostiche e indagine geofisica, eseguita dalla Soc. Citiemme S.r.l. di Torino, nel periodo marzo/aprile '06.

Si allega in copia alla presente relazione il rapporto d'indagine della Soc. Citiemme S.r.l. (Elab. 06019 – data aprile 2006), che contiene:

- stratigrafie dei quattro sondaggi a carotaggio;
- foto delle cassette di campionamento delle carote;
- elaborati relativi alla prova geofisica Down-Hole;
- foto delle prove e dei siti d'indagine.

Alla luce degli elementi acquisiti è stato possibile formulare una ricostruzione stratigrafica del sottosuolo (modello stratigrafico mediato del sito), oltre a permettere la caratterizzazione geotecnica dei litotipi rinvenuti.

Complessivamente le indagini sono state sviluppate sulla base dei seguenti punti:

- acquisizione della documentazione pregressa, presso l'ufficio tecnico del Comune, con particolare riguardo alle indicazioni contenute nel P.R.G.C. adottato;
- definizione della stratigrafia locale, sulla base dei dati acquisiti dai quattro sondaggi a carotaggio continuo (denominati S1, S2, S3 e S4), spinti a profondità comprese fra 20,0 e 30,0 m da p.c.;
- rilevazione del livello statico della prima falda, attraverso un piezometro del tipo a tubo aperto Ø 1½", con cui è stato strumentato il foro del sondaggio S3;
- acquisizione dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.), condotte sui sondaggi a carotaggio, a partire da -3,0 m di profondità e, con passo di 3,0 m, fino a

profondità comprese fra -12,0 m e -13,5 m da p.c.. Il numero complessivo di prove S.P.T. è dunque pari a 16;

- campionamento dei terreni prelevati dai fori di sondaggio (durante le varie fasi di avanzamento del carotaggio). Ai fini della determinazione del fuso granulometrico e delle proprietà indici sono stati esaminati, complessivamente, n° 8 campioni rimaneggiati.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1 – CARATTERI GENERALI

La conformazione geologica della zona in esame è quella tipica dei settori di pianura, il cui assetto deriva in particolar modo dalle frequenti divagazioni dei corsi d'acqua a carattere torrentizio, fra cui il T. Lemina (principale asta di drenaggio del bacino della Val Lemina).

Una ben più importante azione di modellamento geomorfologico può essere attribuita alle divagazioni d'alveo del T. Chisone, al quale spetta evidentemente la principale impronta morfologico-evolutiva locale.

L'intera porzione subpianeggiante, di competenza dei citati torrenti, risulta costituita dai depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi attribuibili alle alluvioni medio-recenti, caratterizzate da una composizione granulometrica alquanto grossolana.

La successione deposizionale quaternaria continua, alla base delle sequenze deposizionali ivi rinvenibili, con la presenza di alquanto simili terreni di natura sempre alluvionale, ma legati piuttosto alla genesi fluvio-glaciale, associata alle pulsazioni glaciali rissiana prima e wurmiana per ultima.

2.2 – ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

L'area in esame ed il suo intorno significativo sono inseriti in un ambito pianeggiante, pressochè interamente antropizzato ed urbanizzato.

Sulla base di tali premesse risulta alquanto improbabile definire con adeguata precisione i caratteri dell'assetto geomorfologico originario. La natura alluvionale, di questo settore di pianura, porta comunque a ritenere plausibile l'originaria presenza di forme di accumulo e di erosione fluviale quali i terrazzi, probabilmente associabili a forme di drenaggio relitto, non più legate alla

dinamica attuale (paleoalvei) ed a corpi di spandimento, verosimilmente di depositi fini, associabili a fasi di bassa energia o di ritiro al termine dei periodici episodi di alluvionamento.

Tale assetto evolutivo ha dato origine ad una certa stratificazione degli orizzonti di sedimentazione fluviale, giustificando dunque l'alternanza dei livelli a granulometria talora alquanto variabile, osservabili nelle colonne stratigrafiche dei sondaggi condotti in sito.

2.3 – DINAMICA EVOLUTIVA DEL TORRENTE LEMINA

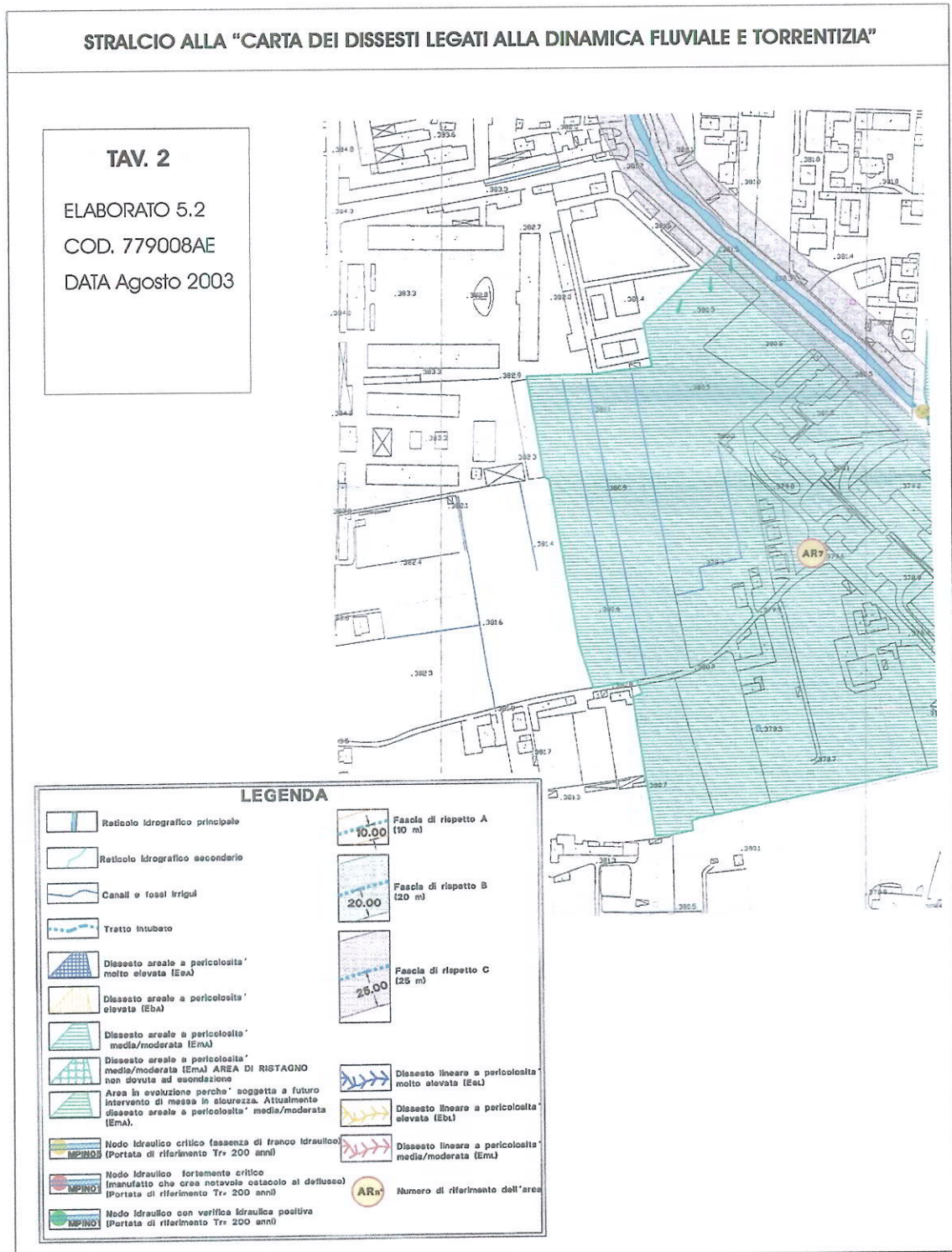
Il Torrente Lemina defluisce a Nord-Est dell'area d'intervento e per questo tratto scorre in corrispondenza di Via Brigata Cagliari, quindi ad una distanza di circa 250-300 m, rispetto al confine dell'area CE 4.1.

L'assetto idraulico di questo tratto del T. Lemina è stato oggetto di indagine da parte dello Studio Ass. Polithema (Torino), il quale ha prodotto la "**Carta dei dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia – Tav. 2'** (Elab. 5.2; cod. 779008AE; agosto 2003 – scala 1:2.000).

La citata cartografia pone in evidenza i seguenti aspetti:

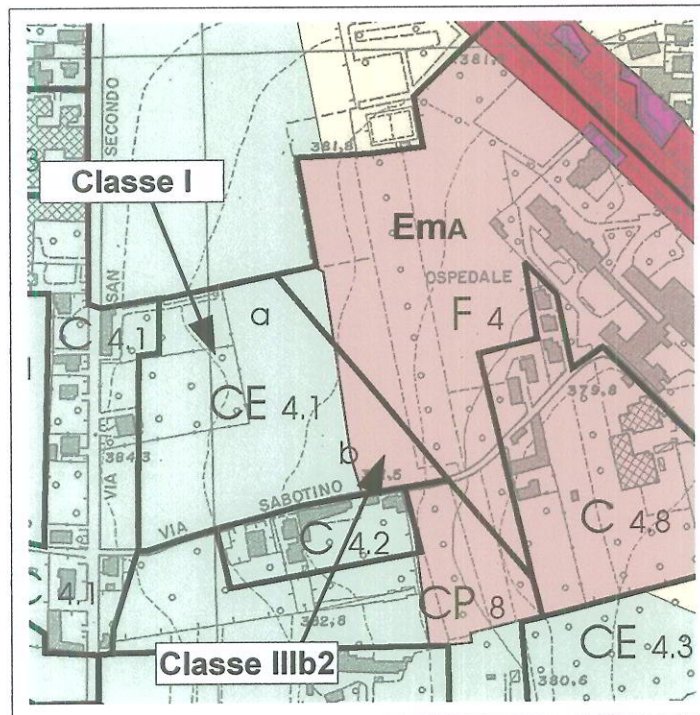
- **il settore Est dell'area urbanistica CE 4.1 è incluso entro un ambito soggetto a condizioni di dissesto areale (esondabilità), a pericolosità media/moderata (cod. Em_A). L'area di riferimento viene indicata come "AR7";**
- **alcuni nodi idraulici (attraversamenti/ponti), lungo il tracciato del T. Lemina, presentano condizioni critiche (assenza di franco idraulico) per portate di riferimento con tempi di ritorno di 200 anni. In particolare si segnala il nodo critico con codice MPIN08.**

Gli elementi esposti ai punti precedenti sono deducibili anche dall'osservazione dello stralcio alla succitata "Carta dei dissesti...", riportato di seguito. A tal proposito per un più accurato esame delle criticità idrauliche si faccia anche riferimento a quanto esplicitato nella "Relazione illustrativa" degli "Studi idraulici a supporto degli strumenti urbanistici" (Polithema – agosto 2003).



L'individuazione di tale criticità ha comportato, in sede di stesura della Carta di Sintesi (allegato al P.R.G.C. di Pinerolo), l'adozione della Classe IIIb2, accennata in premessa, limitatamente all'ambito individuato nella "Carta dei dissesti...", dello Studio Ass. Polithema.

Stralcio della Carta di Sintesi, allegata al P.R.G.C. (adozione in data 06/03/06)
Perimetrazione delle Classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica



3. CAMPAGNA DELLE INDAGINI IN SITU

3.1 – SONDAGGI A CAROTAGGIO

Per conoscere con maggiore dettaglio le caratteristiche del terreno interessato dagli interventi, nelle date fra il 28 marzo ed il 05 aprile '06 la Soc. Citiemme S.r.l. di Torino ha eseguito n° 4 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese fra 20,0 e 30,0 m da piano campagna.

I dati tecnici essenziali, della strumentazione di perforazione, sono:

Ø interno del rivestimento = 127 mm

Ø interno del carotiere = 101 mm

Lungh. carotiere = 150 cm

Liquido di perforazione: acqua

Standard di riferimento: secondo le modalità tecnologiche e norme di misurazione ANISIG

Attraverso i sondaggi è stato possibile acquisire le seguenti indicazioni:

- *Appurare l'esatta natura dei terreni e consentire la ricostruzione litostratigrafica, fino alle profondità di 20,0 e 30,0 m da p.c.;*
- *Valutare il grado di addensamento ed i parametri di resistenza al taglio, dei depositi incontrati;*
- *Verificare la presenza e la soggiacenza delle acque della falda freatica.*

La posizione esatta dei sondaggi è illustrata nella "Tavola di ubicazione indagini", allegata alla presente relazione.

In fase di perforazione su ciascun sondaggio sono state eseguite quattro prove penetrometriche dinamiche S.P.T., per un totale di n° 16 prove S.P.T., ciascuna delle quali finalizzata a fornire una prima indicazione riguardo la resistenza geomeccanica del terreno incontrato alle varie quote.

Il foro di sondaggio S3 (sviluppo 20,0 m) è stato successivamente strumentato con piezometro a tubo aperto di $\varnothing 1\frac{1}{2}$ ", per l'intera lunghezza del foro, onde consentire la lettura periodica del livello della prima falda.

In corso di avanzamento dei sondaggi sono stati inoltre prelevati, complessivamente, n° 16 campioni di terreno rimaneggiato.

Le quote di prelievo coincidono con le quote di prova S.P.T., quindi sono stati prelevati n° 4 campioni disturbati, per ciascun sondaggio.

Le analisi eseguite sui campioni di terreno vengono descritte nell'apposito capitolo 4 (Analisi di laboratorio).

3.2 - PROVE S.P.T. (Standard Penetration Test)

Come sopra accennato, nel corso dei sondaggi a carotaggio sono state eseguite n° 16 prove S.P.T. per ciascun foro; le profondità di prova sono intervallate fra loro di 3,0 m, partendo da -3,0 o -4,5 m da p.c., fino a -12,0 o -13,5 m da p.c.

Mediante tali prove è stato possibile acquisire i dati circa il grado di addensamento del terreno e della sua resistenza meccanica, desumendo la stessa dal valore di resistenza dinamica alla penetrazione di un tubo a punta chiusa (punta conica), infisso a percussione tramite un maglio del peso di 63,5 kg, con altezza di caduta di 76,2 cm.

Il parametro N_{SPT} (numero di colpi/30 cm) è il più efficace metodo a disposizione per ricavare, indirettamente, le caratteristiche meccaniche di un terreno, quali la capacità portante e la compressibilità.

Il numero di colpi, necessari all'avanzamento del penetrometro durante l'esecuzione delle prove, è indicato nei rapporti stratigrafici di cantiere della Ditta Citiemme S.r.l. (riportati nell'elab. n. 06019 – data aprile 2006; allegato in copia alla presente relazione).

I valori di N_{SPT} possono essere associati, mediante opportune correlazioni comunemente in uso in geotecnica, a parametri essenziali del terreno, quali $Dr\%$ (densità relativa), ϕ' (angolo di resistenza al taglio) ed E' (modulo di deformazione).

Va comunque precisato che tali correlazioni hanno significato soprattutto per i terreni a granulometria grossolana (sabbie e ghiaie), mentre per i terreni fini (sabbie limose, limi ed argille) esse devono essere considerate solo indicative.

3.2.1 – CORRELAZIONI CON I VALORI DI N_{SPT}

DENSITA' RELATIVA ($Dr\%$)

In base alle correlazioni di Bazaraa (1967) i valori di densità relativa ($Dr\%$), dei terreni di fondazione, possono essere determinati con le formule riportate di seguito.

a)

$$Dr\% = \sqrt{\frac{N_{spt}}{20 \cdot (1 + 4,1 \cdot \sigma'_{v0})}}$$

b)

$$Dr\% = \sqrt{\frac{N_{spt}}{20 \cdot (3,24 + 1,024 \cdot \sigma'_{v0})}}$$

dove:

N_{SPT} = numero di colpi per un avanzamento di 30 cm

σ'_{v0} = tensione verticale efficace, in kg/cm^2

Le dimensioni di σ'_{v0} discriminano l'impiego delle due formule, per cui per valori di tensione efficace minori di $0,732 kg/cm^2$ si utilizza *a)*, mentre per valori superiori si ricorre a *b)*.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI TERRENI

Nel caso dei terreni granulari la resistenza degli stessi viene espressa dall'angolo d'attrito interno, più propriamente definito angolo di resistenza al taglio, indicato in funzione degli sforzi efficaci (φ').

Il valore di φ' è stato desunto attraverso il parametro N_{SPT} , utilizzando a tal proposito il metodo proposto dal *Road Bridge Specification*, che prevede l'utilizzo della formula:

$$\varphi' = \sqrt{(15 \cdot N_{spt})} + 15$$

I valori calcolati sono da intendersi come valori di picco.

CARATTERISTICHE DI DEFORMAZIONE DEI TERRENI

La deformazione del terreno è indicata dal *modulo di deformazione* E' , calcolato alle varie profondità della prova. Il valore di E' può essere desunto sia dalla densità relativa $Dr\%$, sia dai valori di N_{SPT} .

Servendosi dei valori di N_{SPT} , secondo la correlazione più cautelativa di D'Apollonia (1970), che associa direttamente il valore di N_{SPT} al suddetto modulo di deformazione, nel caso di sabbie normalmente caricate si ottiene:

$$E' = 216 + 10,6 \cdot N_{SPT} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Il dimensionamento dei tre parametri, per le varie profondità di prova penetrometrica, è illustrato nel cap. 7 "Parametri geotecnici di progetto".

4. ANALISI DI LABORATORIO

Come indicato al § 3.1 nel corso dei sondaggi a carotaggio sono stati prelevati, complessivamente, n° 16 campioni di terreno, da sottoporre ad alcune prove di classificazione in laboratorio.

In tabella si riporta l'elenco completo delle profondità di campionamento. In rosso sono indicati i campioni sottoposti ad analisi, da ritenersi rappresentativi fra quelli osservati.

S1		S2		S3		S4	
Prof.	Camp.	Prof.	Camp.	Prof.	Camp.	Prof.	Camp.
3,0-3,5	C1	4,5-5,0	C1	3,0-3,5	C1	3,0-3,5	C1
6,0-6,5	C2	7,5-8,0	C2	6,0-6,5	C2	6,0-6,5	C2
9,0-9,5	C3	10,5-11,0	C3	9,0-9,5	C3	9,0-9,5	C3
12,0-12,5	C4	13,5-14,0	C4	12,0-12,5	C4	12,0-12,5	C4

Per ciascun campione sottoposto a prove sono state eseguite le analisi volte a definire il fuso granulometrico (prove granulometriche ed areometriche) e le principali proprietà indice (peso di volume naturale e secco e contenuto naturale d'acqua).

4.1 – ANALISI GRANULOMETRICHE ED AREOMETRICHE

Le analisi sono state condotte unicamente mediante vagliatura per via umida. Per i campioni che presentavano una percentuale di passante al vaglio n° 200 ASTM (apertura maglie = 0,074 mm) superiore al 15% è stata eseguita anche l'analisi areometrica.

Tramite l'areometria è possibile determinare i rapporti percentuali di limo e di argilla, contenuti in ciascun campione.

Quest'ultima analisi viene condotta per sedimentazione, su un campione di 50,0 g di passante al vaglio n° 200 ASTM. Le letture vengono eseguite, ad intervalli prefissati, lungo un lasso temporale pari a 24 h.

La scala dei valori ricavati permette di ricostruire il fuso granulometrico, pertanto attraverso quest'ultima operazione è possibile giungere alla determinazione percentuale di tutte le frazioni granulometriche, presenti nel dato campione di terra.

4.2 – PROPRIETA' INDICI

PESI DI VOLUME

La determinazione dei pesi di volume viene condotta in seguito al prelievo, mediante cilindro d'acciaio a bordo tagliente, di n° 2 provini per ciascun campione allo stato naturale.

I campioni vengono pesati sia prima, sia dopo l'essiccazione in forno a 105 °C. In tal modo è possibile determinare:

- il peso di volume allo stato naturale (γ_n);
- il peso di volume secco (γ_d);
- il contenuto d'acqua (U%)

Dai risultati del peso di volume secco è possibile risalire, attraverso formulazioni empiriche, al peso di volume immerso $\gamma' \approx 0,6 \cdot \gamma_d$

5. MODELLO STRATIGRAFICO DEL SITO

5.1 – ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

I dati stratigrafici ricavati dai sondaggi mettono in evidenza la sola presenza di successioni continue di natura alluvionale. Nonostante la vicinanza fra le varie verticali di sondaggio non si osserva però una costante uniformità distributiva dei vari livelli deposizionali.

In altri termini si può notare che il medesimo livello non conserva la medesima quota e la stessa potenza, da un sondaggio all'altro. Ciò suggerisce che le deposizioni abbiano una morfologia di tipo lenticolare, attribuibile certamente alle continue divagazioni d'alveo, del reticolo idrografico originario.

Quanto detto sopra ha un'utilità pratica, specialmente per quanto riguarda la definizione della natura deposizionale, del livello di suolo alla quota di fondazione.

Supponendo infatti di considerare quale livello utile, per il piano d'imposta delle fondazioni, quello compreso fra 3,0 e 4,0 m da p.c., da sondaggio a sondaggio si rilevano leggere differenze composizionali, con presenza di ghiaie ciottolose con trovanti (S1), oppure ghiaie eterometriche con sabbia (S2), passaggi da sabbia medio-fine a ghiaia in matrice sabbioso-limosa (S3) e passaggi da ciottoli con ghiaia a ghiaie grossolane (S4).

In via generale possono essere comunque individuati due specifici orizzonti, presenti con relativa costanza in tutti i quattro sondaggi esaminati.

Va precisato che questa distinzione risulta alquanto approssimata, in ragione delle forti analogie composizionali; tuttavia è pur vero che tale disuniformità è stata rilevata, con ragionevole approssimazione, in tutti i quattro siti di prova.

I citati orizzonti di riferimento sono:

- **orizzonte 1** (da p.c. a ca. -13 m): successione di livelli prevalentemente grossolani, con predominanza di ghiaie e ciottoli e scarsa matrice fine;
- **orizzonte 2** (da ca. -13 m a fondo foro): successione di livelli ghiaiosi, in matrice sabbioso-limosa generalmente prevalente.

Le risultanze dei sondaggi possono essere confrontate con le colonne stratigrafiche ricavate da precedenti indagini, condotte nelle aree urbanistiche CE 4.3 e CE 4.4.

Dal raffronto si è potuta constatare la presenza, sempre a partire da ca. 10 m da p.c., di un passaggio da terreni decisamente grossolani, con ghiaia e ciottoli prevalenti, a terreni ghiaiosi con matrice sabbioso-limosa o limoso-sabbiosa prevalente.

Verrebbe dunque confermata, seppur in via approssimata, la costante presenza dei due orizzonti deposizionali, sopra citati.

5.2 – ASSETTO LOCALE DELLA FALDA

Il livello locale della falda libera è stato determinato strumentando il foro di sondaggio S3 con un piezometro a tubo aperto, avente diametro pari a 1½".

La lettura del livello statico è stata condotta mediante un comune freatimetro, alcuni giorni dopo la posa in opera del tubo finestrato.

Da tale rilevazione, condotta dunque nei primi giorni di aprile, si è potuta registrare una **soggiacenza di 8,60 m dal piano campagna**.

Tale livello si approssima bene al valore di soggiacenza, indicato nei sondaggi delle aree urbanistiche CE 4.3 e CE 4.4. Infatti per il sondaggio in area CE 4.3 (Via Pasubio, data 05/03/2002) si registrava una soggiacenza di 8,10 m da p.c., mentre per il sondaggio in area CE 4.4 (Via Buffa, data 16/03/2001) si registrava un valore di soggiacenza di 9,20 m da p.c.

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

6.1 - PARAMETRI DI RIFERIMENTO

Il quadro sismico locale viene definito sulla base delle indicazioni contenute nell'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 (e successive modifiche, con l'O.P.C.M. n. 3431 del 03/05/2005).

Ai sensi della suddetta ordinanza il territorio del Comune di Pinerolo viene inserito in **Zona sismica 2**, per la quale si applica una accelerazione orizzontale massima al suolo, indicata come frazione dell'accelerazione di gravità "g", pari a 0,25g.

L'accelerazione di progetto sul terreno in sito "Sag" è invece definita dal prodotto fra la succitata accelerazione orizzontale massima (a_g , riferita al bedrock) ed un fattore (S) che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

La definizione della categoria di suolo viene affidata al calcolo della velocità delle onde di taglio per i primi 30 m dal p.c. La media pesata di tali velocità, rappresentata dal parametro $V_{s,30}$, è stata determinata ricorrendo alla metodologia geofisica di prova "Down Hole", la cui esecuzione è stata affidata alla Soc. Citiemme S.r.l. (Torino), nel mese di aprile 2006.

DETERMINAZIONE DI $V_{s,30}$

Ai fini della prova Down Hole il foro di sondaggio S1 è stato attrezzato con un tubo cieco in PVC Ø 3".

La prova ha interessato tutto il tratto carotato, ovvero i 30,0 m del sondaggio, ed è stata svolta determinando la velocità delle onde di taglio a passi di 1,0 m.

Di seguito si riporta la tabella, con la raccolta dei dati di prova, tratta dalla documentazione originale della Soc. Citiemme (documentazione tecnica – cod. 06019; data aprile 2006).

Estratto dalla "Documentazione indagini geognostiche e indagine geofisica Down-Hole"
(Soc. Citiemme S.r.l. - doc. tecnica cod. 06019).

citiemme
S.r.l.

CANTIERE Pinerolo - Via Sabotino

SONDAGGIO S1

DATA 07/04/06

Distanza sorgente: 1.40 m

Profondità	Distanza	Tp	Ts	Vpl	Vsl	Vp/Vs	ρ	Poisson	Edin	Gdin
1	1,720	8,40	11,00	204,82	156,41	1,31	1,8	-0,20	70,50	44,03
2	2,441	10,60	15,20	230,31	160,81	1,43	1,8	0,03	95,34	46,43
3	3,311	11,60	19,90	285,40	166,36	1,72	1,8	0,24	123,81	49,82
4	4,238	12,70	23,20	333,69	182,67	1,83	1,8	0,29	154,49	60,06
5	5,192	13,80	25,00	378,25	207,69	1,81	1,8	0,28	198,91	77,64
6	6,161	14,50	30,00	424,91	205,37	2,07	1,8	0,35	204,62	75,92
7	7,139	16,30	35,40	437,95	201,66	2,17	1,8	0,37	199,90	73,20
8	8,122	17,40	37,50	468,76	216,58	2,16	1,8	0,36	230,12	84,43
9	9,108	18,10	40,40	503,22	225,45	2,23	1,8	0,37	251,50	91,49
10	10,098	19,20	42,20	525,91	239,28	2,20	1,8	0,37	282,27	103,06
11	11,089	20,60	46,10	538,29	240,54	2,24	1,8	0,38	286,45	104,14
12	12,081	21,70	49,00	556,75	246,56	2,26	1,8	0,38	301,58	109,42
13	13,075	22,40	50,10	583,71	260,98	2,24	1,8	0,38	337,17	122,60
14	14,070	23,10	51,50	609,08	273,20	2,23	1,8	0,37	369,21	134,35
15	15,065	24,80	55,10	612,41	273,42	2,24	1,8	0,38	370,18	134,56
16	16,061	25,70	56,60	624,95	283,77	2,20	1,8	0,37	397,18	144,94
17	17,058	26,40	58,00	646,12	294,10	2,20	1,8	0,37	426,37	155,69
18	18,054	27,10	59,10	666,21	305,49	2,18	1,8	0,37	459,22	167,98
19	19,052	28,20	60,50	675,59	314,90	2,15	1,8	0,36	485,93	178,49
20	20,049	28,90	61,60	693,73	325,47	2,13	1,8	0,36	518,21	190,68
21	21,047	30,00	63,40	701,55	331,97	2,11	1,8	0,36	537,86	198,36
22	22,045	31,00	66,60	711,11	331,00	2,15	1,8	0,36	537,08	197,21
23	23,043	31,80	68,40	724,61	336,88	2,15	1,8	0,36	556,51	204,28
24	24,041	32,50	70,20	739,72	342,46	2,16	1,8	0,36	575,72	211,10
25	25,039	33,20	71,30	754,19	351,18	2,15	1,8	0,36	604,51	221,99
26	26,038	34,60	73,40	752,53	354,74	2,12	1,8	0,36	614,81	226,51
27	27,036	35,70	74,50	757,32	362,90	2,09	1,8	0,35	640,51	237,06
28	28,035	36,80	76,60	761,82	365,99	2,08	1,8	0,35	650,98	241,11
29	29,034	39,00	78,80	744,46	368,45	2,02	1,8	0,34	653,80	244,36
30	30,033	39,00	78,80	770,07	381,12	2,02	1,8	0,34	699,56	261,46
max		39,00	78,80	770	381	2,26		0,38	699,56	261,46
min		8,40	11,00	205	156	1,31		-0,20	70,50	44,03
media		24,50	51,65	580	277	2,07		0,32	394,48	146,41
dev. stand.		8,90	19,89	169	69	0,23		0,12	188,51	67,66

PARAMETRO	DEFINIZIONE	UNITA' DI MISURA
Tp	tempo di arrivo onde P	millisecondi
Ts	tempo di arrivo onde S	millisecondi
Vpl	velocità di intervallo onde P	m/sec
Vsl	velocità di intervallo onde S	m/sec
Vp/Vs	rapporto velocità P e velocità S	
ρ	densità	$1/m^3$
Edin	modulo di elasticità dinamico	Mpa
Gdin	modulo di taglio dinamico	Mpa

La media pesata, delle velocità di propagazione delle onde di taglio entro la profondità indagata, viene determinata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_1^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i rappresentano, rispettivamente, lo spessore in metri e la velocità (m/s) delle suddette onde in ciascun singolo livello.

Dalla prova si ricava una velocità equivalente $V_{s30} = 277$ m/s

La categoria di suolo di fondazione, così come definita nell'Allegato 2 all'O.P.C.M. n. 3274, che meglio si approssima alla tipologia dei terreni rinvenuti nei primi 30,0 metri di sondaggio, è dunque quella di tipo C: *depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$; $70 < C_u < 250$ kPa).*

Riepilogando, in tale ambito i parametri di riferimento hanno le seguenti dimensioni:

Accelerazione orizzontale massima a_g	Fattore S per lo spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali	Categoria di suolo
0,25g	1,25	C

L'accelerazione di progetto $S a_g$ risulta quindi pari a: 0,312.

6.2 – VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Nel metodo di **Seed & Idriss** il fattore di resistenza alla liquefazione assume la seguente espressione: $F_L = R/L$

Dove la resistenza alla liquefazione R è valutata in funzione della magnitudo del sisma, di N_{SPT} , di σ'_{v0} e della Dr, utilizzando le correlazioni delle figg. A e B, allegate al termine di questo capitolo, e dove:

$$L = 0,65 \cdot (a_{max}/g) \cdot r_d \cdot (\sigma_{v0}/\sigma'_{v0})$$

$$a_{max} = 0,312g$$

r_d = coefficiente riduttivo funzione della profondità

σ_{v0} = tensione litostatica del terreno

σ'_{v0} = tensione efficace del terreno

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui sia $F_L > 1,3$

Va precisato che la verifica è stata condotta facendo riferimento ai livelli più rappresentativi, scelti alle profondità di prova S.P.T. interferenti col livello di falda.

Riepilogando i livelli rappresentativi, su cui sono state eseguite le verifiche, sono:

Sondaggio S1

Prof. -9,0 m: $N_{SPT}=22$ $Dr=47\%$ $\varphi=33^\circ$

Prof. -12,0 m: $N_{SPT}=33$ $Dr=56\%$ $\varphi=37^\circ$

Sondaggio S2

Prof. -10,5 m: $N_{SPT}=29$ $Dr=53\%$ $\varphi=35^\circ$

Prof. -13,5 m: $N_{SPT}=46$ $Dr=65\%$ $\varphi=41^\circ$

CASI IN CUI SI PUO' OMETTERE LA VERIFICA A LIQUEFAZIONE

- Terreno sabbioso saturo a prof. > 15 m da p.c.
- Casi in cui $S_{a_g} < 0,15g$ e vengano soddisfatte le condizioni:
 - contenuto in argilla > 20%, con IP > 10;
 - contenuto di limo > 35% e resistenza $N_1(60) > 20$;
 - frazione fine trascurabile e resistenza $N_1(60) > 25$

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata

Va fatto osservare che nessuno di questi terreni è perfettamente assimilabile ad una sabbia sciolta. La valutazione cautelativa che ne è derivata tiene comunque conto della significativa presenza di sabbie, come confermano le diverse classificazioni di laboratorio.

VERIFICHE

LIVELLO A – 9,0 m da p.c.

$N_{SPT} = 22$ colpi/30 cm; $D_r = 47\%$; $\sigma_{v0} = 172,2$ kPa; $\sigma'_{v0} = 167,4$ kPa

Profondità di riferimento = 9,0 m = 29,53 piedi (1 piede = 0,3048 m)

Terremoto di progetto: $a_{max} = 0,312g$; $M = 6,4$

$r_d = 0,92$ (dalla fig. A)

$L = 0,192$

$C_N = 2/(1+\sigma'_{v0}/100) = 0,75$

$N_1 = C_N \cdot N_{SPT} = 16,45$

Dalla fig. B si ha che per un valore della magnitudo pari a $M = 6,4$ la resistenza alla liquefazione è $R \approx 0,22$.

Quindi, $F_L = R/L = 0,22/0,192 = 1,15$

Il rapporto F_L risulta superiore al valore unitario, per cui prevalgono le condizioni di resistenza alla liquefazione. Tuttavia il non raggiungimento del valore di sicurezza (1,3) individua un margine di potenziale rischio di liquefazione.

LIVELLO A – 10,5 m da p.c.

$N_{SPT} = 29$ colpi/30 cm; $Dr = 53\%$; $\sigma_{v0} = 205,2$ kPa; $\sigma'_{v0} = 182,4$ kPa

Profondità di riferimento = 10,5 m = 34,45 piedi (1 piede = 0,3048 m)

Terremoto di progetto: $a_{max} = 0,312g$; $M = 6,4$

$r_d = 0,90$ (dalla fig. A)

$L = 0,205$

$C_N = 2/(1+\sigma'_{v0}/100) = 0,71$

$N_1 = C_N \cdot N_{SPT} = 20,59$

Dalla fig. B si ha che per un valore della magnitudo pari a $M = 6,4$ la resistenza alla liquefazione è $R \approx 0,28$.

Quindi, $F_L = R/L = 0,28/0,205 = 1,36$

Essendo il rapporto F_L superiore al valore 1,3 si ricava che tale deposito non è potenzialmente liquefacibile.

LIVELLO A – 12,0 m da p.c.

$N_{SPT} = 33$ colpi/30 cm; $Dr = 56\%$; $\sigma_{v0} = 238,2$ kPa; $\sigma'_{v0} = 197,4$ kPa

Profondità di riferimento = 12,0 m = 39,37 piedi (1 piede = 0,3048 m)

Terremoto di progetto: $a_{max} = 0,312g$; $M = 6,4$

$r_d = 0,85$ (dalla fig. A)

$L = 0,208$

$C_N = 2/(1+\sigma'_{v0}/100) = 0,67$

$N_1 = C_N \cdot N_{SPT} = 22,11$

Dalla fig. B si ha che per un valore della magnitudo pari a $M = 6,4$ la resistenza alla liquefazione è $R \approx 0,28$.

Quindi, $F_L = R/L = 0,28/0,208 = 1,35$

Essendo il rapporto F_L superiore al valore 1,3 si ricava che tale deposito non è potenzialmente liquefacibile.

LIVELLO A – 13,5 m da p.c.

$N_{SPT} = 46$ colpi/30 cm; $D_r = 65\%$; $\sigma_{v0} = 271,2$ kPa; $\sigma'_{v0} = 212,4$ kPa
 Profondità di riferimento = 13,5 m = 44,29 piedi (1 piede = 0,3048 m)

Terremoto di progetto: $a_{max} = 0,312g$; $M = 6,4$

$r_d = 0,81$ (dalla fig. A)

$L = 0,210$

$C_N = 2/(1+\sigma'_{v0}/100) = 0,64$

$N_1 = C_N \cdot N_{SPT} = 29,44$

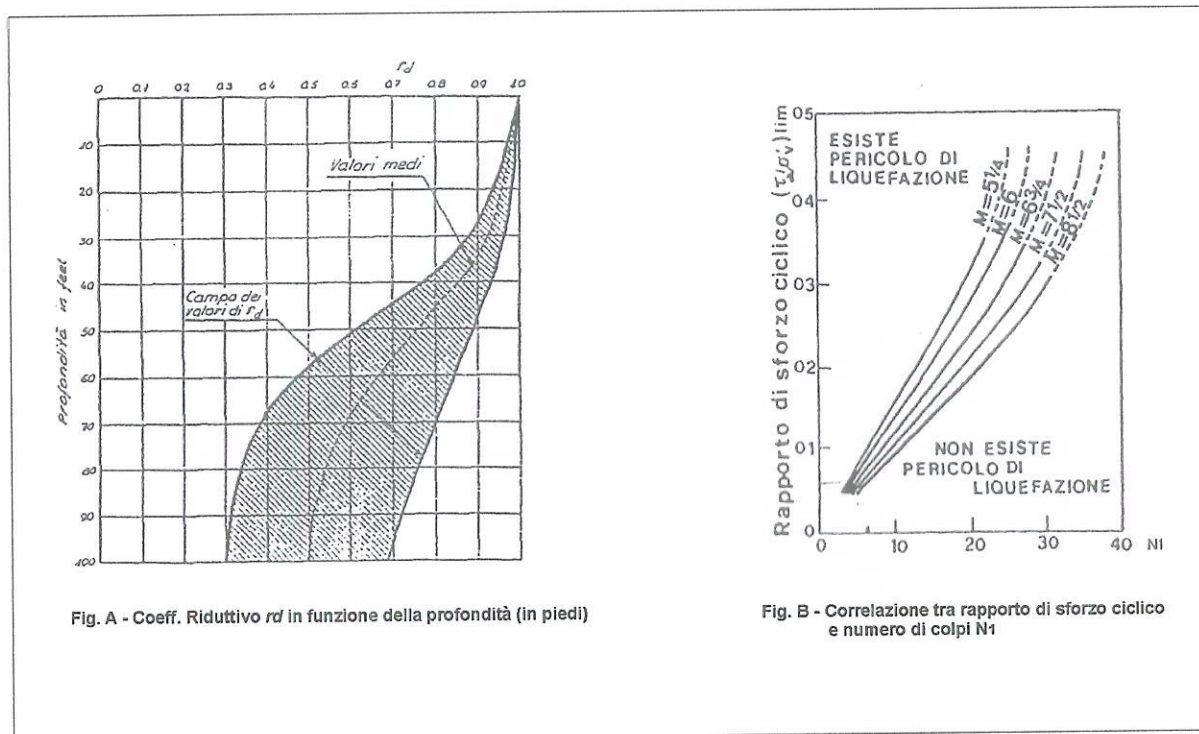
Dalla fig. B si ha che per un valore della magnitudo pari a $M = 6,4$ la resistenza alla liquefazione è $R \approx 0,40$.

Quindi, $F_L = R/L = 0,40/0,210 = 1,90$

Essendo il rapporto F_L superiore al valore 1,3 si ricava che tale deposito non è potenzialmente liquefacibile.

Nella seguente tabella si riassumono i risultati ottenuti.

Prof. (m)	Fattore di resistenza alla liquefazione (F_L)	LIQUEFACIBILE	CONDIZIONI LIMITE	NON LIQUEFACIBILE
9,0	1,15		X	
10,5	1,36			X
12,0	1,35			X
13,5	1,90			X



7. PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

7.1 – PROPRIETA' INDICI

I risultati delle varie prove di classificazione in laboratorio, relative ai n° 8 campioni rappresentativi esaminati, sono riepilogati nella tabella seguente.

SOND.	CAMP.	PROF. (m)	PASSANTE ASTM 200	PESI DI VOLUME (kN/m ³)		UMIDITA'	CLASSIFICAZIONE
				γ_n	γ_d	U%	
S1	C1	3,0-3,5	5,32%	18,64	18,06	3,21	GHIAIA DEBOLMENTE SABBIOSO-LIMOSA
	C2	6,0-6,5	14,35%	19,31	18,23	5,92	GHIAIA SABBIOSA, DEBOLMENTE LIMOSA
	C3	9,0-9,5	25,61%	19,29	17,68	9,11	GHIAIA CON SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA
	C4	12,0-12,5	10,64%	20,68	18,66	10,82	GHIAIA SABBIOSA, DEBOLMENTE LIMOSA
S2	C2	7,5-8,0	17,95%	19,43	18,80	3,35	GHIAIA CON SABBIA LIMOSA
S3	C1	3,0-3,5	28,53%	18,92	18,08	4,65	SABBIA LIMOSA
	C2	6,0-6,5	13,91%	20,21	19,02	6,26	GHIAIA SABBIOSA DEBOLMENTE LIMOSA
S4	C1	3,0-3,5	4,15%	20,87	19,48	7,13	GHIAIA DEBOLMENTE SABBIOSA

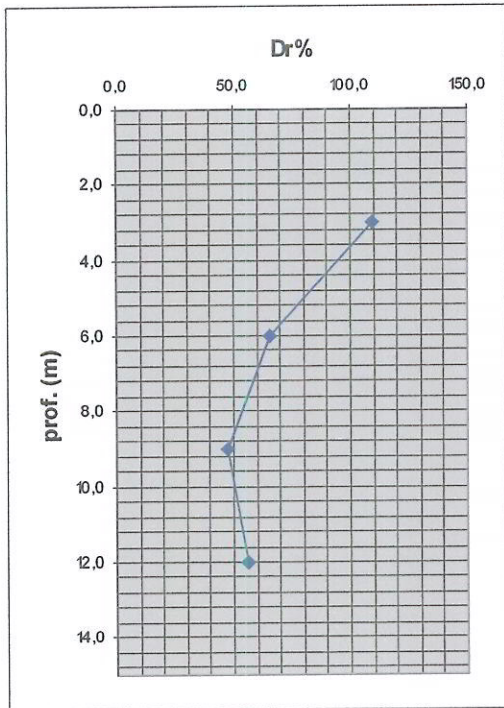
Come si può vedere dalla classificazione dei campioni, si tratta di terreni a prevalente concentrazione ghiaioso-sabbiosa, con percentuali subordinate di limo.

L'assenza di significative concentrazioni in depositi fini (limi e/o argille) non ha reso possibile, oltre che opportuna, l'analisi dei limiti di Atterberg, allo stato rimaneggiato.

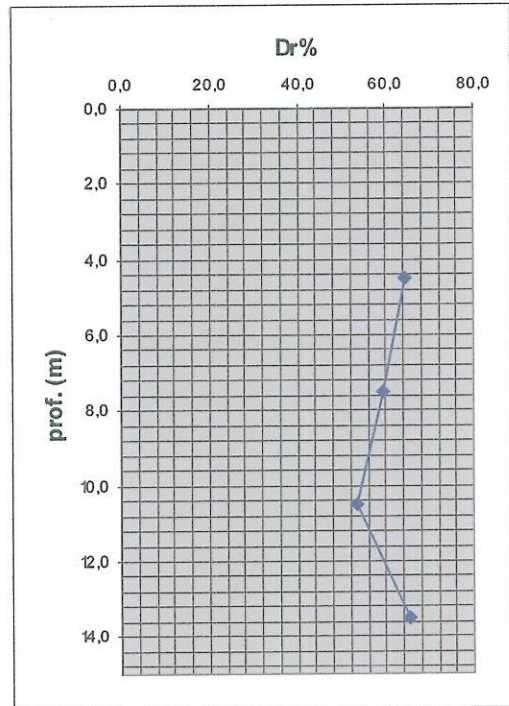
7.2 – STATO DI ADDENSAMENTO

L'addensamento del terreno viene espresso dalla densità relativa ($D_r\%$), il cui andamento può essere convenientemente rappresentato in forma grafica. I risultati provengono dalle varie prove S.P.T.

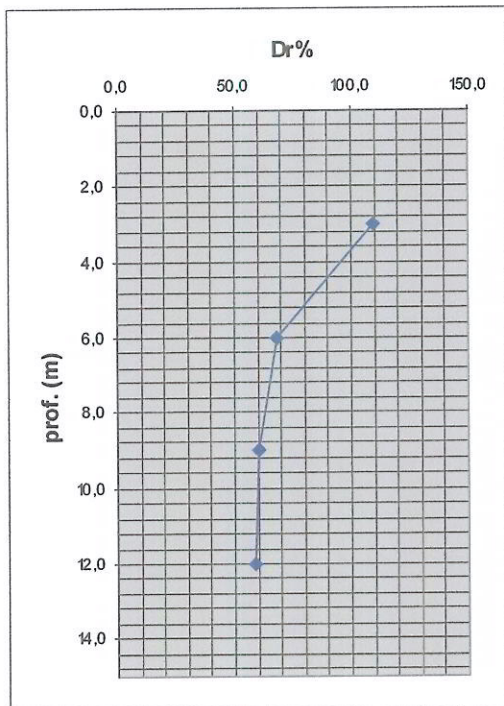
SONDAGGIO S1



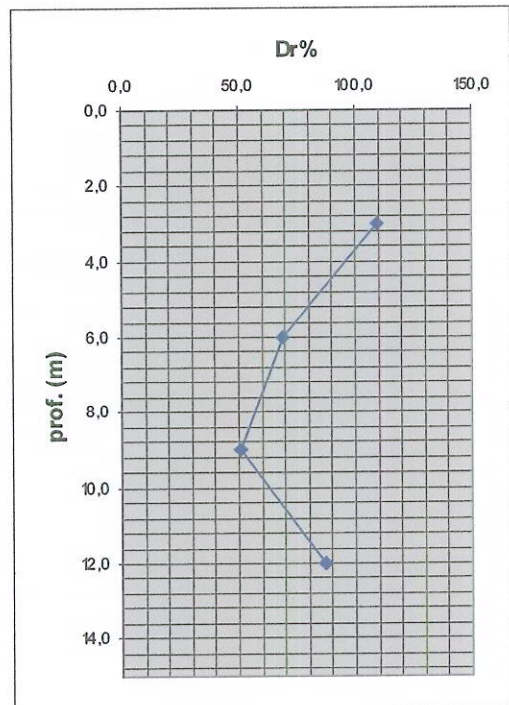
SONDAGGIO S2



SONDAGGIO S3



SONDAGGIO S4



Ad eccezione dei terreni per cui si registrano valori a rifiuto, nei restanti casi si osservano prevalentemente valori di D_r compresi fra 45% e 65%, a cui corrispondono **condizioni di medio addensamento**.

Dai diagrammi sopra esposti si osserva anche la tendenza, coerente con i valori di N_{SPT} , relativa ad un generale decremento dei valori di addensamento con la profondità.

Va precisato che i picchi di D_r superiori al 100% corrispondono a condizioni di rifiuto alla penetrazione dell'utensile di prova S.P.T.

7.3 – ANGOLI DI RESISTENZA AL TAGLIO

I valori sono ricavati dagli esiti delle prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.), utilizzando la correlazione proposta al § 3.2.1. In tabella si riassume l'andamento dei parametri con la profondità.

PROF. (m)	S1	S2	S3	S4	valor medio
	φ'	φ'	φ'	φ'	
3,0	49,6		49,6	49,6	---
4,5		37,6			37,6
6,0	38,9		39,8	40,1	39,6
7,5		37,2			37,2
9,0	33,2		38,2	34,7	35,3
10,5		35,9			35,9
12,0	37,2		38,2	49,6	37,7
13,5		41,3			41,3

I valori angolari più alti (49,6°) fanno riferimento agli esiti a rifiuto, delle prove S.P.T. Questi valori andranno evidentemente scartati ed in particolare quelli a -3,0 m da p.c., poiché è alquanto probabile che il rifiuto della prova sia imputabile unicamente alla presenza di ciottoli, ostacolanti l'avanzamento dell'utensile.

Nell'ultima colonna viene riportato il valore mediato, per le varie profondità di prova. Si può così osservare che, indipendentemente dalle profondità della prova S.P.T., la maggior parte delle misure angolari risulta compresa fra 35° e 37°.

Volendo adottare, a scopo puramente cautelativo, un valore di ϕ' compatibile con le differenti condizioni di terreno, si preferirà considerare il valore $\phi'=34^\circ$.

7.4 – MODULO DI DEFORMAZIONE

Analogamente il modulo di deformazione E' è stato ricavato dalle prove dinamiche S.P.T.

Si ricorda che la correlazione adottata è quella di D'Apollonia (1970) (ved. § 3.2.1).

In tabella viene riportata la serie di dati per le varie profondità.

PROF. (m)	S1 E' (Kg/cm ²)	S2 E' (Kg/cm ²)	S3 E' (Kg/cm ²)	S4 E' (Kg/cm ²)
3,0	1.064		1.064	1.064
4,5		576		
6,0	619		651	661
7,5		566		
9,0	449		598	492
10,5		523		
12,0	566		598	1.064
13,5		704		

Anche per questo parametro i valori più alti fanno riferimento agli esiti a rifiuto, delle prove S.P.T. Essi andranno dunque scartati, in particolare quelli a -3,0 m da p.c.

8. CAPACITA' PORTANTE E CEDIMENTI DEI TERRENI DI FONDAZIONE

8.1 - PARAMETRI ADOTTATI NEI CALCOLI

In conformità con quanto riportato nel cap. 7 sono stati utilizzati i parametri di resistenza al taglio ed il peso di volume, di seguito esposti, per la determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione.

a) Angolo di resistenza al taglio (φ)	:	34°
b) Coesione	:	0,0 kPa
c) Peso di volume naturale (γ)	:	19,0 kN/m ³

Al parametro della coesione è stato assegnato valore nullo, in ragione della natura incoerente di questi terreni, nonché in considerazione dell'elevato grado di rimaneggiamento degli stessi, derivante dall'esecuzione degli scavi per le fondazioni.

8.2 - CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

Per il calcolo della capacità portante dei terreni, nel caso di fondazioni dirette, si è fatto riferimento alla formula di *Brinch Hansen (1970)*.

Per la sua applicazione è stata fatta una serie di considerazioni a base di calcolo, con le quali si assume che la profondità d'ammorsamento delle fondazioni sia pari ad almeno 60 cm, che il carico agente sia verticale e che il piano d'imposta delle stesse sia orizzontale.

Pertanto si parte dal presupposto che il piano d'opera, per la gettata delle fondazioni, sia uniforme e che tutti i carichi agiscano verticalmente o, al limite, con uno scostamento fino a 5° dall'asse verticale, come effetto imputabile ad eventuali sollecitazioni sismiche.

Sulla base di tali considerazioni la formula è rappresentabile nel seguente modo:

$$Q_{lim} = \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma}$$

- I parametri N_q ed N_{γ} sono i fattori di capacità portante del terreno, dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio ϕ ;
- I parametri s_q ed s_{γ} sono i fattori di forma delle fondazioni;
- I parametri d_q e d_{γ} sono i fattori di profondità del piano di posa delle fondazioni;
- I parametri i_q e i_{γ} sono fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- I parametri b_q e b_{γ} sono fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione;
- Il parametro γ è il peso di volume naturale.

Si precisa inoltre che con D si indica la profondità del terreno ai lati della fondazione (ammorsamento), con B il lato minore della fondazione e con L il lato maggiore della stessa.

Nella formula è stato ommesso il restante fattore correttivo (inclinazione del piano campagna) in quanto in questo calcolo si assume che abbia valore unitario.

Il fattore di sicurezza, per la determinazione della tensione ammissibile (Q_{amm}) è pari a 3 (come stabilito dal D.M. 11/03/88).

Le geometrie fondazionali, per le quali sono stati eseguiti i calcoli, sono indicate in tab. 1.

Tab. 1

	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
Larghezza B (m)	1,20	1,50	1,80	2,00
Lunghezza L (m)	10,00			
Ammors. D (m)	0,60			

La lunghezza di fondazione ($L=10,0$ m) è da considerarsi quale dato fittizio, valido ai fini del dimensionamento in fase di calcolo.

Tab. 2 - Dimensionamento dei parametri di calcolo, per le TRAVI CONTINUE

Largh. B (m)	FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE		FATTORI DI FORMA		FATTORI DI PROFONDITA'		FATTORI DI INCLINAZIONE CARICO		FATTORI DI INCLIN. BASE FONDAZ.	
	Nq	N _γ	s _q	s _γ	d _q	d _γ	i _q	i _γ	b _q	b _γ
1,20	29,44	41,06	1,081	0,952	1,131	1,000	0,892	0,728	1,000	1,000
1,50	29,44	41,06	1,101	0,940	1,105	1,000	0,892	0,728	1,000	1,000
1,80	29,44	41,06	1,121	0,928	1,087	1,000	0,892	0,728	1,000	1,000
2,00	29,44	41,06	1,135	0,920	1,079	1,000	0,892	0,728	1,000	1,000

I valori di tensione limite (Q_{lim}) e della corrispondente tensione ammissibile (Q_{amm}) sono infine indicati in tabella 3.

Tab. 3

Largh. B (m)	TENSIONE LIMITE Q_{lim} (kN/m ²)	TENSIONE AMMISSIBILE Q_{amm} (kN/m ²) – (kg/cm ²)
1,20	690,19	230,06 – 2,30
1,50	764,34	254,78 – 2,55
1,80	839,06	279,69 – 2,80
2,00	888,62	296,21 – 2,96

8.3 - CEDIMENTI DEI TERRENI DI FONDAZIONE

L'effettiva capacità portante di un terreno di fondazione risulta, di fatto, condizionata dal cedimento per incremento di carico.

A seguito della verifica della tensione ammissibile sul terreno deve seguire, pertanto, la stima dei cedimenti attesi

Per la stima dei cedimenti è stato preso in considerazione il metodo di *Burland e Burbidge (1985)*, tarato su numerose tipologie di fondazione, in terreni a granulometria grossolana. La formula utilizzata viene riportata di seguito.

$$S = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot \left[\left(Q_{amm} - \frac{2}{3} \sigma'_{v0} \right) \cdot B^{0,7} \cdot I_c \right]$$

(S: cedimento in mm; C_1 : fattore di forma della fondazione; C_2 : coeff. correttivo per lo spessore dello strato deformabile; C_3 : coeff. di compressione secondaria (su un lasso di tempo di 30 anni); Q_{amm} : tensione ammissibile; σ'_{v0} : tensione efficace del terreno; B: larghezza fondazione; I_c : indice di compressibilità).

Ai fini del calcolo si assume che:

- il piano di fondazione sia posto ad una profondità di -3,50 m da p.c.;
- la tensione efficace (σ'_{v0}), alla profondità di -3,50 m, risulti pari a 66,50 kN/m²;
- per il dimensionamento dell'indice di compressibilità si assume prudenzialmente un valore di N_{SPT} pari a 22 colpi/30 cm (valore minore fra quelli registrati nel corso delle prove S.P.T.).

Dall'applicazione del metodo, per valori di carico ammissibile pari a quelli determinati col metodo di *Brinch Hansen* (ved. Tab. 3), si ottengono i valori riportati in tabella 4.

Tab. 4

B (m)	L (m)	C₁	C₂	C₃	Q_{amm} (kPa)	σ_{v0'} (kPa)	I_c	S (mm)
1,20	10,00	1,47	1,00	1,50	230,06	66,50	0,02252	10,50
1,50		1,45	1,00	1,50	254,78	66,50	0,02252	13,71
1,80		1,43	1,00	1,50	279,69	66,50	0,02252	17,17
2,00		1,42	1,00	1,50	296,21	66,50	0,02252	19,59

Dai risultati, di cui alla tabella 4, si rileva che i valori massimi di cedimento risultano sempre inferiori ai 25 mm, a cui si fa usualmente riferimento per fondazioni su terreni incoerenti, pertanto i valori di Q_{amm} , di cui alla tabella 3, sono da considerarsi idonei per il tipo di fondazioni considerate.

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le risultanze delle indagini, condotte nel sito d'intervento, portano a confermare la fattibilità delle opere in progetto.

In particolare non vengono evidenziate problematiche significative, di carattere geologico-morfologico ed idrogeologico per l'ambito ascritto alla Classe I di idoneità all'utilizzazione urbanistica.

Eventuali interventi edificatori, da realizzarsi nell'ambito ascritto alla Classe IIIb2, saranno invece consentiti solo ed esclusivamente a seguito dell'adozione delle misure di minimizzazione del rischio, indicate nelle apposite schede di cronoprogramma, allegate alla variante di adeguamento al P.R.G.C., adottata in marzo 2006.

Dalla relativa scheda di cronoprogramma (scheda n° 8 – area 9) si evince in particolare quanto segue: *l'area 9 è svincolabile con l'adeguamento delle sezioni del Torrente Lemina a monte del ponte di Via Agnelli e l'adeguamento dello stesso ponte con la demolizione e la ricostruzione dello stesso.*

Le risultanze delle indagini in sito (sondaggi a carotaggio e prova geofisica Down-Hole) permettono di evidenziare i punti seguenti:

- i terreni in situ sono rappresentati da successioni sedimentarie grossolane, ghiaioso-ciottoloso-sabbiose, con matrice sabbioso-limoso talora prevalente, specie nei livelli deposizionali a partire da ca. 10,0-13,0 m da p.c.;
- il livello della prima falda (falda freatica, a superficie libera) staziona a circa -8,6 m da p.c., come hanno testimoniato le letture al freatimetro, con cui è stato strumentato il foro di sondaggio S3;
- la media pesata delle velocità delle onde sismiche di taglio, espressa dal parametro Vs30, corrisponde a 277 m/s. **La categoria di suolo di fondazione, che ne deriva, è**

dunque quella di tipo C (rif. O.P.C.M. n. 3274 e successive modifiche, con l'O.P.C.M. n. 3431 del 03/05/2005). **L'accelerazione di progetto S_a , risulta quindi pari a 0,312;**

- le verifiche a liquefazione, sui livelli sotto falda di cui si dispone dei dati dalle prove S.P.T., non indicano condizioni di potenziale liquefazione. In corrispondenza del livello di terreno a -9,0 m da p.c. (sondaggio S1) si è tuttavia registrato un valore del fattore di resistenza alla liquefazione $F_L=1,15$, inferiore dunque ad 1,3. Tale risultato individua comunque un margine di potenziale rischio di liquefazione, derivante appunto dal mancato raggiungimento del valore minimo ($F_L=1,3$).

Il dimensionamento delle tensioni limite ed ammissibili è stato condotto in base alle geometrie fondazionali illustrate nel cap. 8 § 8.2 (Tab. 1), da cui si ottengono i seguenti risultati:

TENSIONI LIMITE Q_{lim} ED AMMISSIBILI Q_{amm}

FOND. CONTINUA: B=1,20 m; $Q_{lim}= 690,19 \text{ kN/m}^2$; $Q_{amm}= 230,06 \text{ kN/m}^2$ (2,30 kg/cm²)

FOND. CONTINUA: B=1,50 m; $Q_{lim}= 764,34 \text{ kN/m}^2$; $Q_{amm}= 254,78 \text{ kN/m}^2$ (2,55 kg/cm²)

FOND. CONTINUA: B=1,80 m; $Q_{lim}= 839,06 \text{ kN/m}^2$; $Q_{amm}= 279,69 \text{ kN/m}^2$ (2,80 kg/cm²)

FOND. CONTINUA: B=2,00 m; $Q_{lim}= 888,62 \text{ kN/m}^2$; $Q_{amm}= 296,21 \text{ kN/m}^2$ (2,96 kg/cm²)

Va precisato che, in coerenza con i limiti imposti dalla normativa antisismica, le strutture fondazionali, a travi continue, non dovranno essere costituite da elementi isolati, bensì da strutture fra loro vincolate. Si rammenta infine che i fronti di scavo, necessari alla realizzazione delle opere sotto il piano campagna, dovranno essere stabilizzati, mediante loro profilatura secondo l'angolo di natural declivio. Nel caso ciò non fosse possibile andrà sempre prevista la posa in opera di apposite strutture di sostegno.

Dott. Geol. Fabio GIANQUINTO



A L L E G A T I

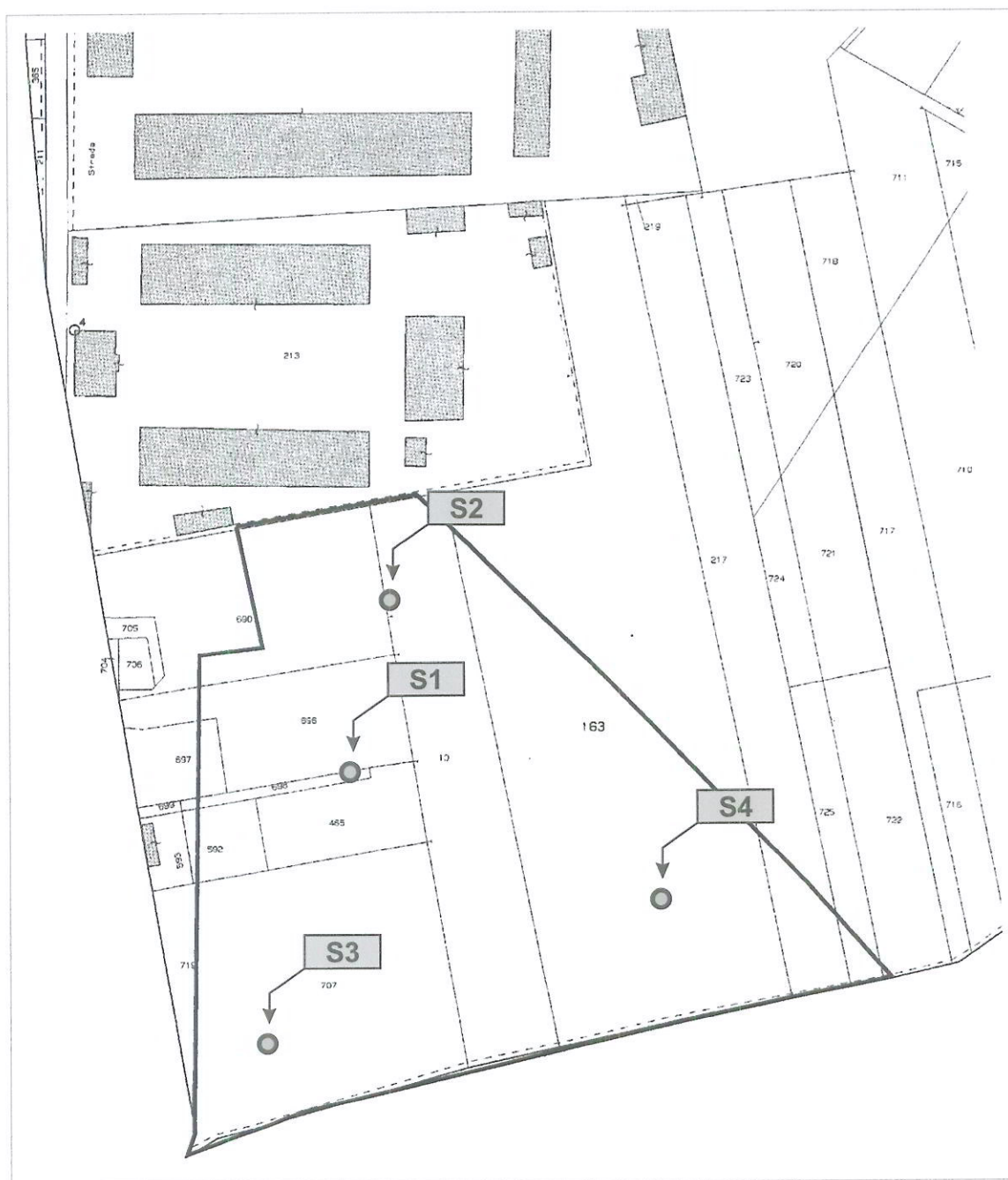
TAVOLA DI UBICAZIONE INDAGINI

Comune di Pinerolo (TO)

mappali n° 690, 696, 697, 698, 592, 465, 707, 10, 163, 217 e 725 (Foglio n° 55)

DELIMITAZIONE DELL'AREA IN ESAME ED UBICAZIONE DEI SITI D'INDAGINE GEOGNOSTICA

La documentazione d'indagine geognostica e geofisica è riportata integralmente nel rapporto della Soc. Citiemme S.r.l. (doc. tecnica cod. 06019 – data aprile 2006), che si allega in copia.



CERTIFICATI DI LABORATORIO

Dott. Guido PENNAZZATO

GEOLOGO

LABORATORIO TERRE

N° 88 ORDINE DEI GEOLOGI DEL PIEMONTE

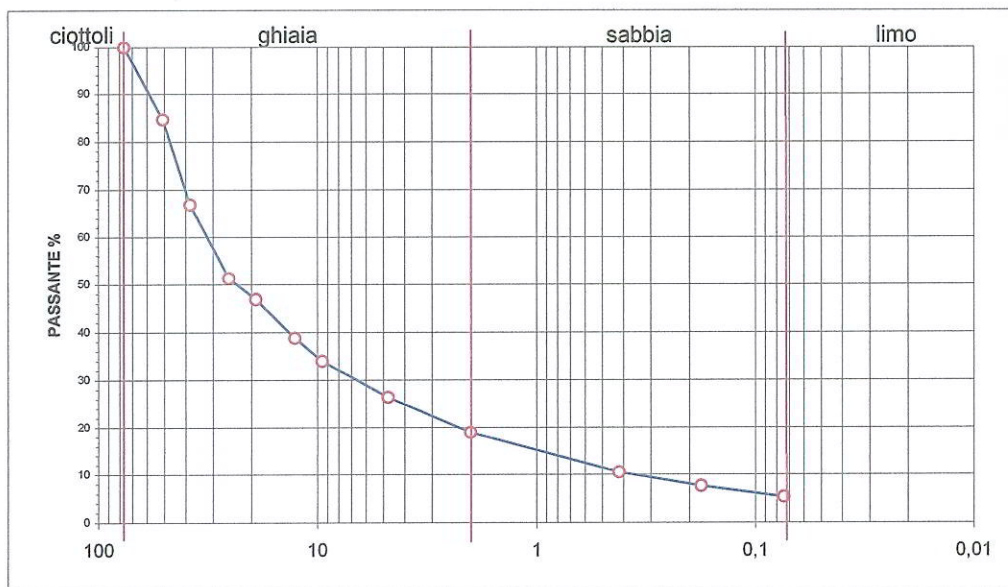
COMMITTENTE:

Studio: 10135TORINO
Via Bartoli, 8 - Tel. 011 618651

ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA

LOCALITA' : PINEROLO (TO) ZONA PRELIEVO : Area CE 4.1 del PRGC
DATA ANALISI : 18/04/2006 OPERATORE : dott. G. PENNAZZATO
SONDAGGIO : CAMP. : PROF. m :
PESO CAMP. (g) :

VAGLI A.S.T.M.	Apertura maglie (mm)	Peso trattenuto (g)	Trattenuto parziale %	Trattenuto totale %	PASSANTE %
→ 3"	76,200		0,00	0,00	100,00
2"	50,800	306,82	15,34	15,34	84,66
1" 1/2	38,100	353,64	17,68	33,02	66,98
1"	25,400	313,60	15,68	48,70	51,30
3/4"	19,100	87,68	4,38	53,09	46,91
1/2"	12,700	163,18	8,16	61,25	38,75
3/8"	9,520	95,14	4,76	66,00	34,00
Mesh 4	4,760	152,90	7,65	73,65	26,35
→ Mesh 10	2,000	147,96	7,40	81,05	18,95
Mesh 40	0,420	170,40	8,52	89,57	10,43
Mesh 80	0,177	56,46	2,82	92,39	7,61
→ Mesh 200 (FONDO)	0,074	45,92	2,30	94,69	5,32
		106,30	5,31	100,00	0,00



CLASSIFICAZIONE

CIOTTOLI	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
%	%	%	%
0,00	81,05	13,64	5,32

GHIAIA DEBOLMENTE SABBIOSO-LIMOSA

PESO DI VOLUME (kN/mc): 18,64

UMIDITA' (U%): 3,21

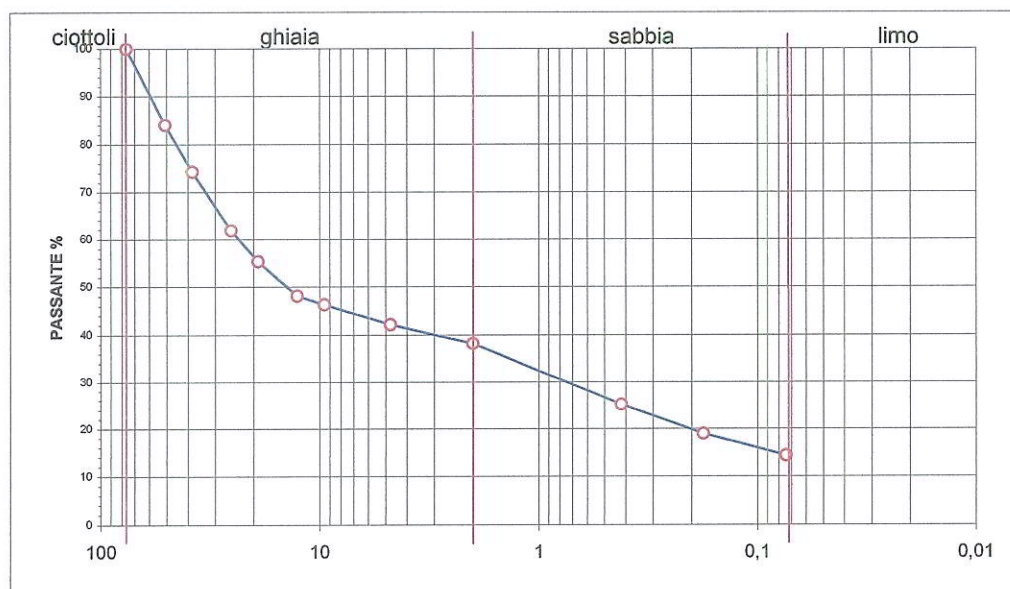
COMMITTENTE:

Studio: 10135TORINO
Via Bartoli, 8 - Tel. 011 618651

ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA

LOCALITA' : PINEROLO (TO) ZONA PRELIEVO : Area CE 4.1 del PRGC
 DATA ANALISI : 18/04/2006 OPERATORE : dott. G. PENNAZZATO
 SONDAGGIO : CAMP. : PROF. m :
 PESO CAMP. (g) :

VAGLI A.S.T.M.	Apertura maglie (mm)	Peso trattenuto (g)	Trattenuto parziale %	Trattenuto totale %	PASSANTE %
→ 3"	76,200		0,00	0,00	100,00
2"	50,800	238,86	15,92	15,92	84,08
1" 1/2	38,100	146,16	9,74	25,67	74,33
1"	25,400	186,84	12,46	38,12	61,88
3/4"	19,100	97,22	6,48	44,61	55,39
1/2"	12,700	109,20	7,28	51,89	48,11
3/8"	9,520	26,84	1,79	53,67	46,33
Mesh 4	4,760	62,92	4,19	57,87	42,13
→ Mesh 10	2,000	58,66	3,91	61,78	38,22
Mesh 40	0,420	194,86	12,99	74,77	25,23
Mesh 80	0,177	94,72	6,31	81,09	18,91
→ Mesh 200	0,074	68,54	4,57	85,65	14,35
(FONDO)		215,18	14,35	100,00	0,00



CLASSIFICAZIONE

CIOTTOLI	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
%	%	%	%
0,00	61,78	23,87	14,35

GHIAIA SABBIOSA, DEBOLMENTE LIMOSA

PESO DI VOLUME (kN/mc): 19,31 UMIDITA' (U%): 5,92

Studio: 10135 TORINO
Via M. Bartoli, 8 - Tel. 011 61.86.51

ANALISI GRANULOMETRICA COMPLETA

LOCALITA' : PINEROLO (TO) ZONA PRELIEVO: Area CE 4.1 del PRGC
DATA ANALISI : 18/04/2006 OPERATORE : dott. G. PENNAZZATO
SONDAGGIO : CAMP. : PROF. m :
PESO CAMP. (g) :

ANALISI MEDIANTE VAGLIATURA

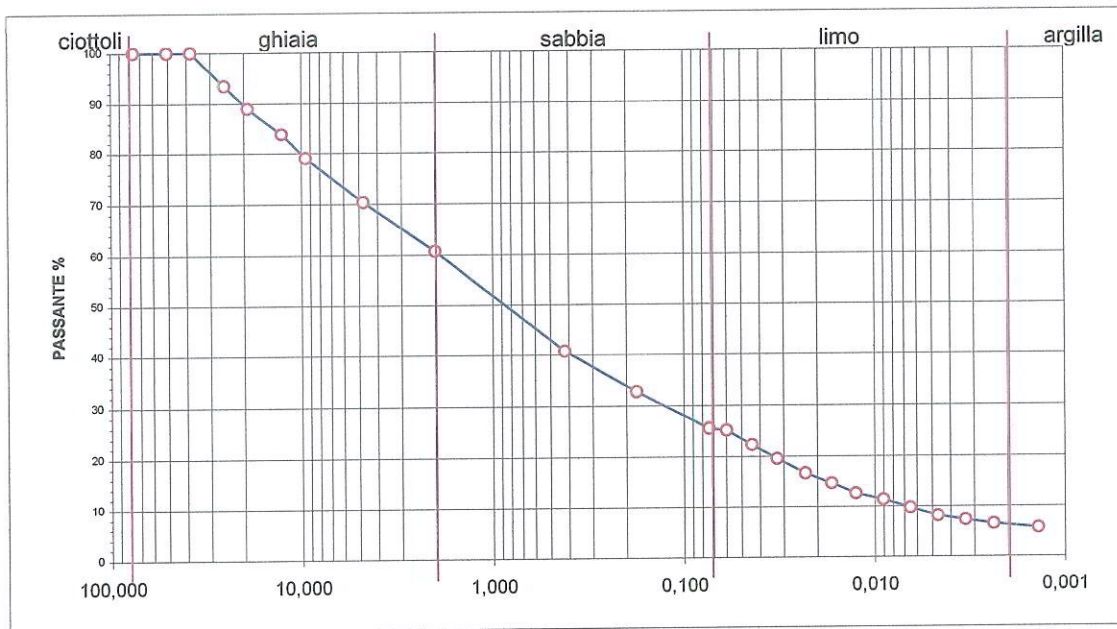
VAGLI A.S.T.M.	Apertura maglie (mm)	Peso trattenuto (g)	Trattenuto parziale %	Trattenuto totale %	PASSANTE %
→ 3"	76,200		0,00	0,00	100,00
2"	50,800		0,00	0,00	100,00
1" 1/2	38,100		0,00	0,00	100,00
1"	25,400	97,84	6,52	6,52	93,48
3/4"	19,100	66,68	4,45	10,97	89,03
1/2"	12,700	76,60	5,11	16,07	83,93
3/8"	9,520	72,76	4,85	20,93	79,07
Mesh 4	4,760	130,74	8,72	29,64	70,36
→ Mesh 10	2,000	144,60	9,64	39,28	60,72
Mesh 40	0,420	299,26	19,95	59,23	40,77
Mesh 80	0,177	120,04	8,00	67,23	32,77
→ Mesh 200	0,074	107,40	7,16	74,39	25,61
(FONDO)		384,08	25,61	100,00	0,00

ANALISI MEDIANTE SEDIMENTAZIONE

Dispersivo: *esametafosfato di Na 50/1000* Campione secco parziale (g) : 50,0
Correzione dispersivo 1,001 Peso specifico dei granuli (g/cm³) : 2,70
Correzione menisco -1,001 Volume sospensione (cc) : 1000,00
Correzione totale 0,000 Costante K 3176,471
Peso specifico del liquido 1,001 Temperatura media (°C) 20,0
Viscosità (mpoises) 10,09

Ora	Tempo	TOTALE secondi	Temperat.	Letture areometro	Letture corretta	μ	Diametro granuli	Passanti parziali %	Passanti totali %
	dt	t"	T°C	R	Zr	(C.G.S.)	D (mm)	N	
10:00	30"	30	20,00	1,0320	9,20	9,895	0,0598	98,47	25,21
	1'	60	20,00	1,0285	10,00	9,895	0,0441	87,35	22,37
	2'	120	20,00	1,0250	10,90	9,895	0,0325	76,24	19,52
	4'	240	20,00	1,0215	11,00	9,895	0,0231	65,12	16,67
	8'	480	20,00	1,0190	11,70	9,895	0,0169	57,18	14,64
	15'	900	20,00	1,0165	12,25	9,895	0,0126	49,24	12,61
	30'	1800	20,00	1,0150	12,60	9,895	0,0090	44,47	11,39
	60'	3600	20,00	1,0130	13,10	9,895	0,0065	38,12	9,76
	2 h	7200	20,00	1,0110	13,50	9,895	0,0047	31,76	8,13
	4 h	14400	20,00	1,0100	13,80	9,895	0,0033	28,59	7,32
	8 h	28800	20,00	1,0090	14,00	9,895	0,0024	25,41	6,51
10:00	24 h	86400	20,00	1,0080	14,25	9,895	0,0014	22,24	5,69

CURVA CUMULATIVA



RIEPILOGO

D (mm)	%
76,200	100,000
50,800	100,000
38,100	100,000
25,400	93,477
19,100	89,032
12,700	83,925
9,520	79,075
4,760	70,359
2,000	60,719
0,420	40,768
0,177	32,765
0,074	25,605
0,060	25,214
0,044	22,367
0,033	19,520
0,023	16,674
0,017	14,640
0,013	12,607
0,009	11,387
0,007	9,760
0,005	8,133
0,003	7,320
0,002	6,507
0,001	5,693

VAGLIATURA

SEDIMENTAZIONE

CLASSIFICAZIONE

CIOTTOLI	GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
%	%	%	%	%
0,00	39,28	35,11	19,10	6,51

PESO DI VOLUME (kN/mc) 19,29

UMIDITA' (U%) 9,11

GHIAIA CON SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA

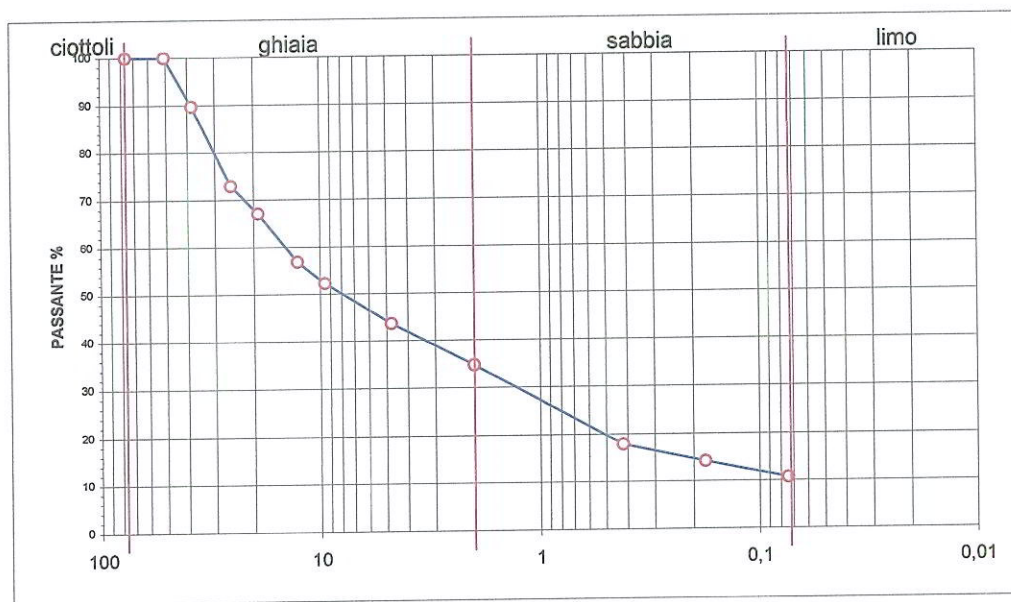
COMMITTENTE:

Studio: 10135TORINO
Via Bartoli, 8 - Tel. 011 618651

ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA

LOCALITA' : PINEROLO (TO) ZONA PRELIEVO : Area CE 4.1 del PRGC
 DATA ANALISI : 18/04/2006 OPERATORE : dott. G. PENNAZZATO
 SONDAGGIO : CAMP. : PROF. m :
 PESO CAMP. (g) :

VAGLI A.S.T.M.	Apertura maglie (mm)	Peso trattenuto (g)	Trattenuto parziale %	Trattenuto totale %	PASSANTE %
→ 3"	76,200		0,00	0,00	100,00
2"	50,800		0,00	0,00	100,00
1" 1/2	38,100	153,98	10,27	10,27	89,73
1"	25,400	251,74	16,78	27,05	72,95
3/4"	19,100	87,62	5,84	32,89	67,11
1/2"	12,700	153,42	10,23	43,12	56,88
3/8"	9,520	69,40	4,63	47,74	52,26
→ Mesh 4	4,760	130,12	8,67	56,42	43,58
→ Mesh 10	2,000	132,40	8,83	65,25	34,75
Mesh 40	0,420	253,38	16,89	82,14	17,86
Mesh 80	0,177	55,08	3,67	85,81	14,19
→ Mesh 200 (FONDO)	0,074	53,22	3,55	89,36	10,64
		159,64	10,64	100,00	0,00



CLASSIFICAZIONE

CIOTTOLI	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
%	%	%	%
0,00	65,25	24,11	10,64

GHIAIA SABBIOSA, DEBOLMENTE LIMOSA

PESO DI VOLUME (kN/mc): 20,68 UMIDITA' (U%): 10,82

Studio: 10135 TORINO
Via M. Bartoli, 8 - Tel. 011 61.86.51

ANALISI GRANULOMETRICA COMPLETA

LOCALITA' : PINEROLO (TO) ZONA PRELIEVO: Area CE 4.1 del PRGC
DATA ANALISI : 18/04/2006 OPERATORE : dott. G. PENNAZZATO
SONDAGGIO : 2 CAMP. : C2 PROF. m : 7,5-8,0
PESO CAMP. (g) : 1500,0

ANALISI MEDIANTE VAGLIATURA

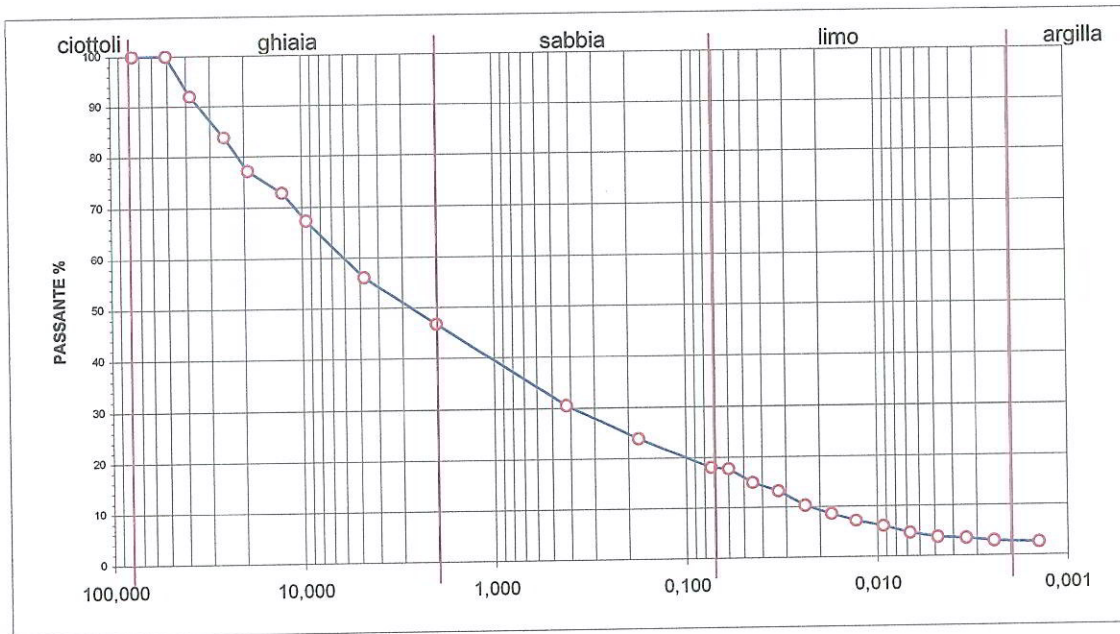
VAGLI A.S.T.M.	Apertura maglie (mm)	Peso trattenuto (g)	Trattenuto parziale %	Trattenuto totale %	PASSANTE %
3"	76,200		0,00	0,00	100,00
2"	50,800		0,00	0,00	100,00
1" 1/2	38,100	118,62	7,91	7,91	92,09
1"	25,400	123,56	8,24	16,15	83,85
3/4"	19,100	100,54	6,70	22,85	77,15
1/2"	12,700	64,12	4,27	27,12	72,88
3/8"	9,520	82,46	5,50	32,62	67,38
Mesh 4	4,760	170,30	11,35	43,97	56,03
Mesh 10	2,000	140,28	9,35	53,33	46,67
Mesh 40	0,420	242,64	16,18	69,50	30,50
Mesh 80	0,177	99,62	6,64	76,14	23,86
Mesh 200	0,074	88,54	5,90	82,05	17,95
(FONDO)		269,32	17,95	100,00	0,00

ANALISI MEDIANTE SEDIMENTAZIONE

Dispersivo: *esametafosfato di Na 50/1000* Campione secco parziale (g) : 50,0
Correzione dispersivo 1,001 Peso specifico dei granuli (g/cmc) : 2,70
Correzione menisco -1,001 Volume sospensione (cc) : 1000,00
Correzione totale 0,000 Costante K 3176,471
Peso specifico del liquido 1,001 Temperatura media (°C) 20,0
Viscosità (mpoises) 10,09

Ora	Tempo	TOTALE secondi	Temperat.	Lettura areometro	Lettura corretta	μ	Diametro granuli	Passanti parziali %	Passanti totali %
	dt	t''	T°C	R	Zr	(C.G.S.)	D (mm)	N	
10:00	30"	30	20,00	1,0320	9,20	9,895	0,0598	98,47	17,68
	1'	60	20,00	1,0270	10,40	9,895	0,0449	82,59	14,83
	2'	120	20,00	1,0240	11,15	9,895	0,0329	73,06	13,12
	4'	240	20,00	1,0190	11,70	9,895	0,0238	57,18	10,27
	8'	480	20,00	1,0160	12,40	9,895	0,0173	47,65	8,55
	15'	900	20,00	1,0135	12,90	9,895	0,0129	39,71	7,13
	30'	1800	20,00	1,0115	13,40	9,895	0,0093	33,35	5,99
	60'	3600	20,00	1,0090	14,00	9,895	0,0067	25,41	4,56
	2 h	7200	20,00	1,0075	14,40	9,895	0,0048	20,65	3,71
	4 h	14400	20,00	1,0070	14,50	9,895	0,0034	19,06	3,42
	8 h	28800	20,00	1,0060	14,75	9,895	0,0024	15,88	2,85
10:00	24 h	86400	20,00	1,0055	14,85	9,895	0,0014	14,29	2,57

CURVA CUMULATIVA



RIEPILOGO

D (mm)	%
76,200	100,000
50,800	100,000
38,100	92,092
25,400	83,855
19,100	77,152
12,700	72,877
9,520	67,380
4,760	56,027
2,000	46,675
0,420	30,499
0,177	23,857
0,074	17,955
0,060	17,680
0,045	14,828
0,033	13,117
0,024	10,266
0,017	8,555
0,013	7,129
0,009	5,988
0,007	4,563
0,005	3,707
0,003	3,422
0,002	2,852
0,001	2,566

VAGLIATURA

SEDIMENTAZIONE

CLASSIFICAZIONE

CIOTTOLI	GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
%	%	%	%	%
0,00	53,33	28,72	15,10	2,85

PESO DI VOLUME (kN/mc) 19,43

UMIDITA' (U%) 3,35

GHIAIA CON SABBIA LIMOSA

Dott. Guido PENNAZZATO

GEOLOGO

LABORATORIO TERRE

N° 88 ORDINE DEI GEOLOGI DEL PIEMONTE

COMMITTENTE :

Studio: 10135 TORINO
Via M. Bartoli, 8 - Tel. 011 61.86.51**ANALISI GRANULOMETRICA COMPLETA**

LOCALITA' : PINEROLO (TO) ZONA PRELIEVO: Area CE 4.1 del PRGC
 DATA ANALISI : 18/04/2006 OPERATORE : dott. G. PENNAZZATO
 SONDAGGIO : CAMP. : PROF. m :
 PESO CAMP. (g) :

ANALISI MEDIANTE VAGLIATURA

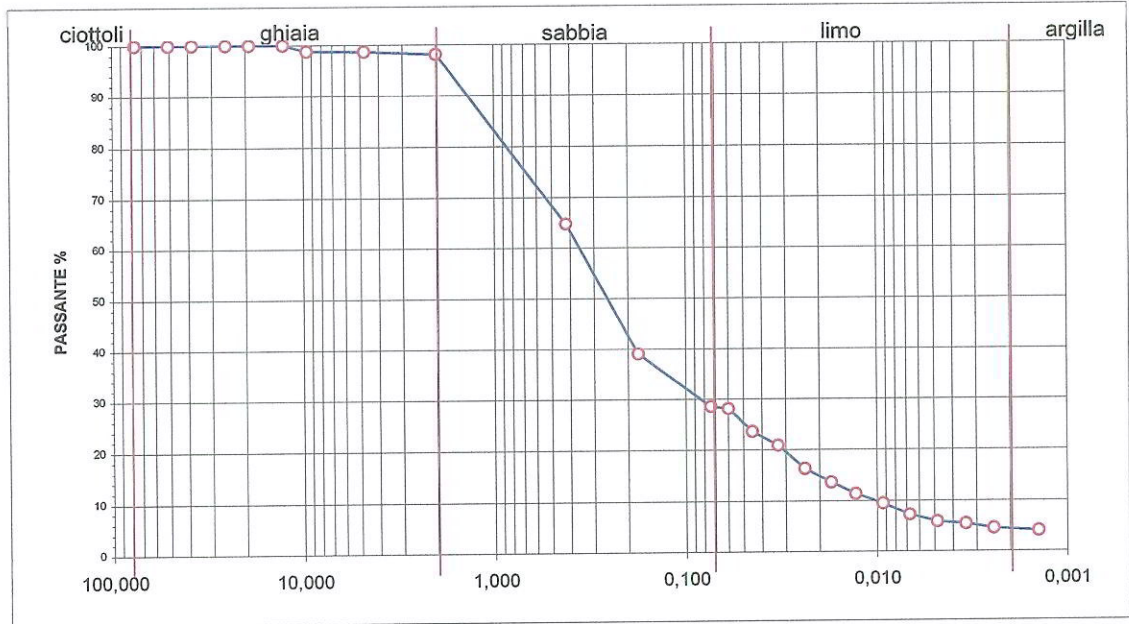
VAGLI A.S.T.M.	Apertura maglie (mm)	Peso trattenuto (g)	Trattenuto parziale %	Trattenuto totale %	PASSANTE %
→ 3"	76,200		0,00	0,00	100,00
2"	50,800		0,00	0,00	100,00
1" 1/2	38,100		0,00	0,00	100,00
1"	25,400		0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100		0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700		0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	11,70	1,17	1,17	98,83
Mesh 4	4,760	1,64	0,16	1,33	98,67
→ Mesh 10	2,000	5,22	0,52	1,86	98,14
Mesh 40	0,420	333,86	33,39	35,24	64,76
Mesh 80	0,177	256,74	25,67	60,92	39,08
→ Mesh 200	0,074	105,50	10,55	71,47	28,53
(FONDO)		285,34	28,53	100,00	0,00

ANALISI MEDIANTE SEDIMENTAZIONE

Dispersivo: *esametfosfato di Na 50/1000* Campione secco parziale (g) : 50,0
 Correzione dispersivo 1,001 Peso specifico dei granuli (g/cm³) : 2,70
 Correzione menisco -1,001 Volume sospensione (cc) : 1000,00
 Correzione totale 0,000 Costante K 3176,471
 Peso specifico del liquido 1,001 Temperatura media (°C) 20,0
 Viscosità (mpoise) 10,09

Ora	Tempo	TOTALE secondi	Temperat. T°C	Lettura areometro R	Lettura corretta Zr	μ (C.G.S.)	Diametro granuli D (mm)	Passanti parziali % N	Passanti totali %
	dt	t"	T°C	R	Zr	(C.G.S.)	D (mm)	N	
10:00	30"	30	20,00	1,0320	9,20	9,895	0,0598	98,47	28,10
	1'	60	20,00	1,0270	10,40	9,895	0,0449	82,59	23,57
	2'	120	20,00	1,0240	11,15	9,895	0,0329	73,06	20,85
	4'	240	20,00	1,0190	11,70	9,895	0,0238	57,18	16,31
	8'	480	20,00	1,0160	12,40	9,895	0,0173	47,65	13,60
	15'	900	20,00	1,0135	12,90	9,895	0,0129	39,71	11,33
	30'	1800	20,00	1,0115	13,40	9,895	0,0093	33,35	9,52
	60'	3600	20,00	1,0090	14,00	9,895	0,0067	25,41	7,25
	2 h	7200	20,00	1,0075	14,40	9,895	0,0048	20,65	5,89
	4 h	14400	20,00	1,0070	14,50	9,895	0,0034	19,06	5,44
	8 h	28800	20,00	1,0060	14,75	9,895	0,0024	15,88	4,53
10:00	24 h	86400	20,00	1,0055	14,85	9,895	0,0014	14,29	4,08

CURVA CUMULATIVA



RIEPILOGO

D (mm)	%
76,200	100,000
50,800	100,000
38,100	100,000
25,400	100,000
19,100	100,000
12,700	100,000
9,520	98,830
4,760	98,666
2,000	98,144
0,420	64,758
0,177	39,084
0,074	28,534
0,060	28,098
0,045	23,566
0,033	20,847
0,024	16,315
0,017	13,596
0,013	11,330
0,009	9,517
0,007	7,251
0,005	5,891
0,003	5,438
0,002	4,532
0,001	4,079

VAGLIATURA

SEDIMENTAZIONE

CLASSIFICAZIONE

CIOTTOLI	GHIAIA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
%	%	%	%	%
0,00	1,86	69,61	24,00	4,53

PESO DI VOLUME (kN/mc) 18,92

UMIDITA' (U%) 4,65

SABBIA LIMOSA

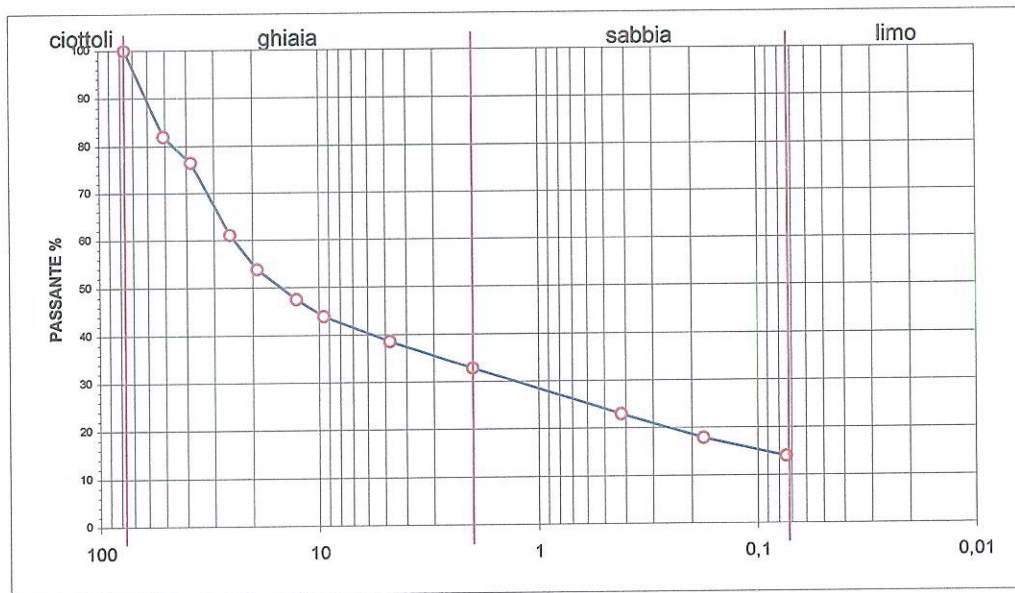
COMMITTENTE:

Studio: 10135TORINO
Via Bartoli, 8 - Tel. 011 618651

ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA

LOCALITA' : PINEROLO (TO) ZONA PRELIEVO : Area CE 4.1 del PRGC
 DATA ANALISI : 18/04/2006 OPERATORE : dott. G. PENNAZZATO
 SONDAGGIO : CAMP. : PROF. m :
 PESO CAMP. (g) :

VAGLI A.S.T.M.	Apertura maglie (mm)	Peso trattenuto (g)	Trattenuto parziale %	Trattenuto totale %	PASSANTE %
→ 3"	76,200		0,00	0,00	100,00
2"	50,800	269,82	17,99	17,99	82,01
1" 1/2	38,100	82,06	5,47	23,46	76,54
1"	25,400	231,80	15,45	38,91	61,09
3/4"	19,100	107,88	7,19	46,10	53,90
1/2"	12,700	95,42	6,36	52,47	47,53
3/8"	9,520	54,18	3,61	56,08	43,92
Mesh 4	4,760	80,32	5,35	61,43	38,57
→ Mesh 10	2,000	85,66	5,71	67,14	32,86
Mesh 40	0,420	149,12	9,94	77,08	22,92
Mesh 80	0,177	77,06	5,14	82,22	17,78
→ Mesh 200	0,074	57,98	3,87	86,09	13,91
(FONDO)		208,70	13,91	100,00	0,00



CLASSIFICAZIONE

CIOTTOLI	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
%	%	%	%
0,00	67,14	18,94	13,91

GHIAIA SABBIOSA DEBOLMENTE LIMOSA

PESO DI VOLUME (kN/mc): 20,21 UMIDITA' (U%): 6,26

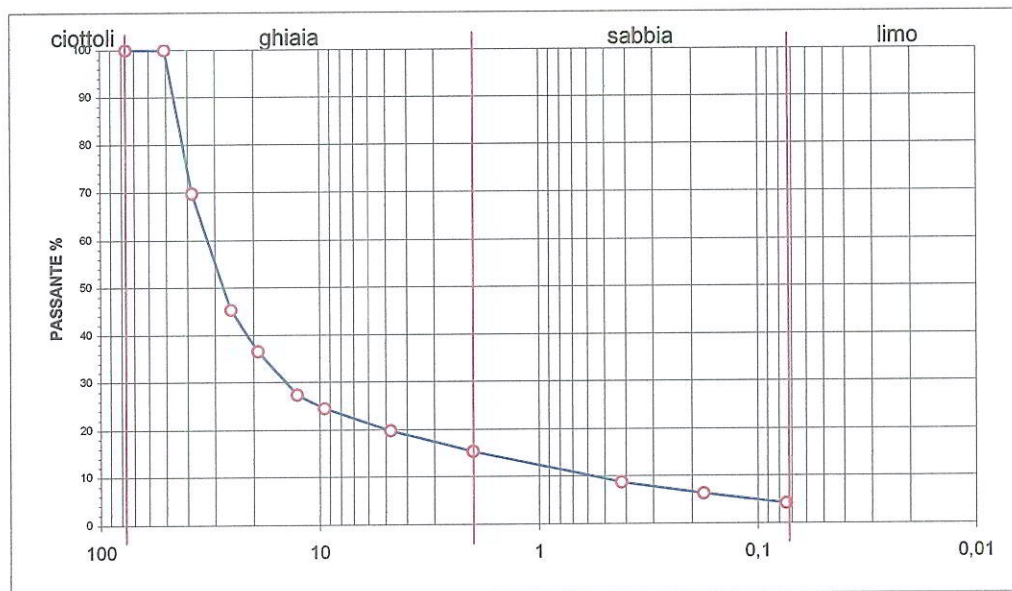
COMMITTENTE:

Studio: 10135TORINO
Via Bartoli, 8 - Tel. 011 618651

ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA

LOCALITA' : PINEROLO (TO) ZONA PRELIEVO : Area CE 4.1 del PRGC
 DATA ANALISI : 18/04/2006 OPERATORE : dott. G. PENNAZZATO
 SONDAGGIO : CAMP. : PROF. m :
 PESO CAMP. (g) :

VAGLI A.S.T.M.	Apertura maglie (mm)	Peso trattenuto (g)	Trattenuto parziale %	Trattenuto totale %	PASSANTE %
→ 3"	76,200		0,00	0,00	100,00
2"	50,800		0,00	0,00	100,00
1" 1/2	38,100	452,62	30,17	30,17	69,83
1"	25,400	367,88	24,53	54,70	45,30
3/4"	19,100	131,20	8,75	63,45	36,55
1/2"	12,700	137,26	9,15	72,60	27,40
3/8"	9,520	43,96	2,93	75,53	24,47
Mesh 4	4,760	69,98	4,67	80,19	19,81
→ Mesh 10	2,000	67,36	4,49	84,68	15,32
Mesh 40	0,420	99,78	6,65	91,34	8,66
Mesh 80	0,177	36,36	2,42	93,76	6,24
→ Mesh 200	0,074	31,40	2,09	95,85	4,15
(FONDO)		62,20	4,15	100,00	0,00



CLASSIFICAZIONE

CIOTTOLI	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
%	%	%	%
0,00	84,68	11,17	4,15

GHIAIA DEBOLMENTE SABBIOSA

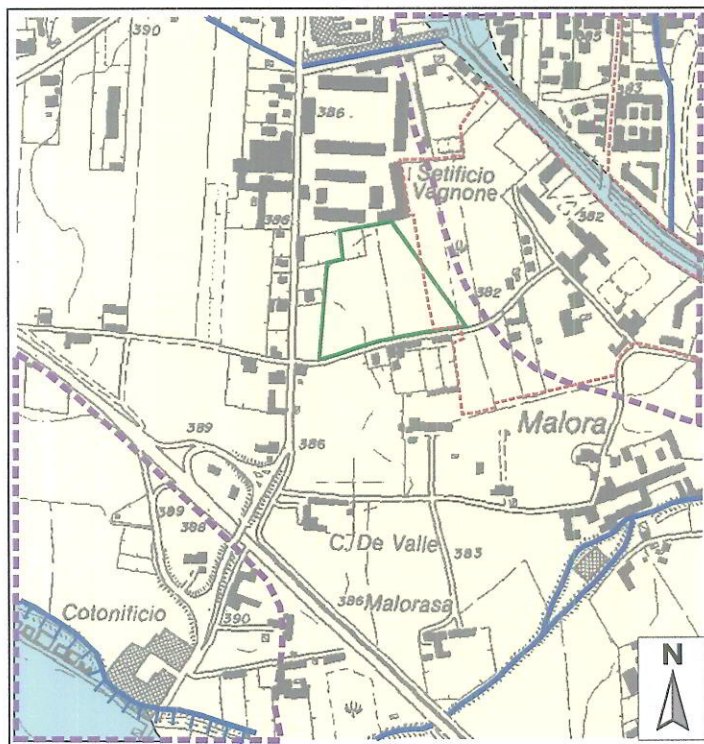
PESO DI VOLUME (kN/mc): 20,87 UMIDITA' (U%): 7,13

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

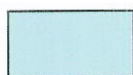


Viste d'insieme dei terreni che costituiscono l'area di P.E.C.

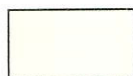
CARTA GEOLOGICA



LITOLOGIA

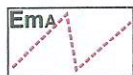


Depositi alluvionali attuali



Depositi alluvionali antichi e medio-recenti

DISSESTI LEGATI ALL'ATTIVITA' DEL RETICOLO IDROGRAFICO



Delimitazione delle aree soggette a dissesto areale a pericolosità media/moderata. (classif. EmA del P.A.I.). (Aree sottoposte a verifiche idrauliche dallo "Studio Polithema")

FENOMENI DI DINAMICA FLUVIALE



Zone depresse e/o paleovalvei di possibile competenza della dinamica fluviale, per eventi eccezionali



Orli di terrazzo di altezza compresa entro i 5 metri



Corsi d'acqua del reticolo idrografico minore



Perimetrazione indicativa dell'area di P.E.C.

Data: 05/05/2006



SCALA 1:10.000

REGIONE PIEMONTE
 PROVINCIA DI TORINO
 COMUNE DI PINEROLO

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICA PER PEC IN ZONA CE 4.1
 IN VIA SABOTINO



DOCUMENTAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E INDAGINE GEOFISICA DOWN - HOLE

CODICE

06019

COMMITTENTE

ESSEPIBI Costruzioni Sas
 C.so Orbassano, 336
 10137 TORINO

GRUPPO AIRAUDO SpA
 V. Bogliette, 3/C
 10064 PINEROLO (TO)



COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl

Silvia *Guizzetti* *M. Ferrari*

0	APRILE 2006	Edizione	Dott.S. Josa	Dott.D. Guizzetti	Dott.M. Ferrari
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI TORINO
COMUNE DI PINEROLO

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICA
PER PEC IN ZONA CE 4.1 IN VIA SABOTINO

Aprile 2006

SOMMARIO

PREMESSA.....	.....
INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	.....
INDAGINE GEOFISICA SISMICA CON METODOLOGIA DOWN-HOLE .....	.....
▪ DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI INDAGINE.....	.....
▪ CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE.....	.....
▪ STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	.....
▪ ELABORAZIONE DATI ACQUISITI.....	.....
▪ RISULTATI DEL RILIEVO.....	.....
▪ CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	.....
ALLEGATI .....	.....
▪ SONDAGGI GEOGNOSTICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	.....
▪ RISULTATI INDAGINE DOWN-HOLE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	.....



PREMESSA

Tra il 28/03/06 e il 05/04/06 sono stati eseguiti n.4 sondaggi geognostici quali indagini di supporto a un PEC in zona CE 4.1 lungo Via Sabotino in Comune di Pinerolo (TO).

Tra i sondaggi realizzati con rotazione a carotaggio continuo, uno (identificato con S1) è stato attrezzato con tubo cieco in PVC diam. 3" per consentire l'esecuzione un'indagine geofisica sismica di tipo Down-Hole e un altro (identificato con S3) è stato strumentato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 1.5", per consentire il rilievo della falda intercettata.

Il 07/04/06 in corrispondenza del sondaggio S1 è stata eseguita un'indagine sismica con metodo Down - Hole per stimare la velocità delle onde sismiche nei terreni attraversati dal foro, come previsto dall'OPCM n.3274 del 20/03/2003.

La prova è stata eseguita all'interno del foro di sondaggio appositamente realizzato e predisposto mediante installazione di un tubo di diametro idoneo a ospitare la terna geofonica e in maniera tale da rimanere pieno d'acqua per l'intera durata della prova.

L'indagine, spinta a tutta la profondità del perforo, ovvero a 30m dal locale piano di campagna, è stata effettuata allo scopo di determinare i tempi di arrivo dell'impulso delle onde compressionali P e delle onde di taglio S e consentire, di conseguenza, la caratterizzazione dal punto di vista sismico dei terreni indagati.

Le misurazioni Down-Hole usufruiscono di un solo foro di sondaggio, alle cui pareti viene ancorato un geofono tridimensionale. L'energia sismica viene prodotta in superficie, nei pressi della bocca del foro, secondo criteri tali da produrre anche le onde S. Misurando sui sismogrammi i tempi di transito relativi alle onde P ed S è possibile stimare l'andamento delle velocità intervallari V_p e V_s e i parametri elastici relativi ai terreni attraversati.

Di seguito vengono descritte le modalità di esecuzione delle indagini eseguite e in allegato si forniscono i risultati ottenuti.



**COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO GENERALE
DELL'AREA OGGETTO DI INDAGINI**
(Reg. Piemonte - C.T.R. Raster F172080/172120/173050/173090)





INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: ESSEPIBI COSTRUZIONI Sas, GRUPPO AIRAUDO SpA et al.

Commessa: 06019

Cantiere: Pinerolo (TO)

Tra il 28/03/06 e il 05/04/06 sono stati realizzati n.4 sondaggi geognostici per la verifica delle condizioni stratigrafiche del terreno, quali indagini di supporto a un PEC a Pinerolo (TO) in zona CE 4.1 lungo Via Sabotino (vedi Tav.01).

In particolare si tratta dei sondaggi:

- *S1*: profondo 30m, realizzati con rotazione a carotaggio continuo da 0.00m a 30.00m, attrezzato con tubo cieco in PVC diam.3", predisposto per eseguire un'indagine geofisica tipo Down-Hole;
- *S2, S4*: profondi 20m, realizzati con rotazione a carotaggio continuo da 0.00m a 20.00m;
- *S3*: profondo 20m, realizzato con rotazione a carotaggio continuo da 0.00m a 20.00m, attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 1.5", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -5.0m e -20.0m.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica GEOMARC – G2 montata su carro cingolato, di cui vengono presentate le principali caratteristiche nella tabella a seguire.

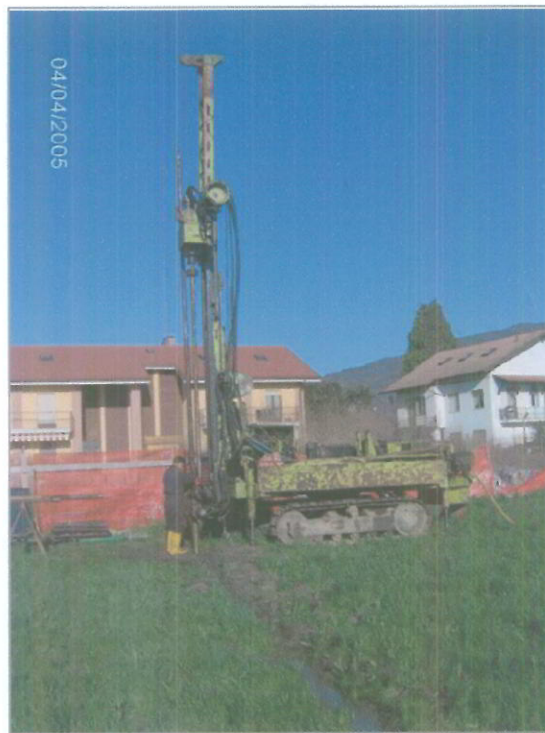
SONDA PERFORATRICE IDRAULICA		
Modello:	GEOMARC – G2	
coppia max.	kgm	1000
velocità di rotazione	rpm	12÷550
spinta	kg	5800
tiro	kg	8300
velocità risalita (min.-max.)	m/min	10÷42
velocità discesa (min.-max.)	m/min	14÷61
tiro max. argano	kg	3350
motore diesel Deutz	Hp	120
Pompa a pistoni Nenzi triplex 200 per fanghi		
portata max.	l/min	200
pressione max. esercizio	bar	80



Particolare fotografico della sonda utilizzata durante la terebrazione di S1



Particolare fotografico della sonda utilizzata durante la terebrazione di S2



Particolare fotografico della sonda utilizzata durante la terebrazione di S3



Particolare fotografico della sonda utilizzata durante la terebrazione di S4



Prove geotecniche in sito

Prove S.P.T.

Nei fori di sondaggio, alle profondità indicate in stratigrafia, sono state eseguite n.16 prove S.P.T. (“Standard Penetration Test”), n.4 per ogni sondaggio.

Si tratta di una prova di tipo discontinuo che viene eseguita nel corso della perforazione, interrompendo l’avanzamento del sondaggio a intervalli regolari o prestabiliti e che consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

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

Nei casi in cui non vi era pericolo di repentino collasso del foro, la prova è stata 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.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45cm, 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 15cm. 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 15cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l’infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.



Per l'esecuzione delle prove SPT nei terreni a granulometria fine (limoso-sabbiosa) si è utilizzato il campionatore Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta, la cui lunghezza standard è di 76mm.

Metodologia di perforazione

CAROTAGGIO CONTINUO

La perforazione nel sito di indagine è stata condotta a rotazione con carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro compreso tra 101mm e 131mm, 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, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

Rivestimento

Per il sostegno delle pareti del foro, la natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire il foro: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5m e del diametro di 127mm fino alle profondità indicate 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.



Strumentazione geotecnica

Piezometro a tubo aperto

Il foro di sondaggio identificato con S3 è stato attrezzato per il rilievo continuo della falda acquifera tramite la posa in opera di n.1 piezometro a tubo aperto.

Tale strumento è costituito da un tubo in PVC rigido, di diametro 1.5", opportunamente fessurato con finestratura continua nella parte in falda (tra -5.0m e -20.0m di profondità da p.c.) e cieco nel restante tratto.

Lo strumento è stato posto in opera nel foro predisposto con un rivestimento provvisorio.

L'intercapedine foro-tubo è stata riempita con apposito materiale granulare e il tratto filtrante è stato isolato con l'esecuzione di un tappo impermeabile formato da argilla bentonitica.

La tubazione è stata assemblata ponendo, a partire dal fondo foro:

- un fondello cieco munito di tappo di fondo;
- la parte microfessurata da fondo foro a -5.0m ca. da p.c.;
- la parte cieca nel restante tratto, fino a boccaforo.

Tubo per indagine Down-Hole

Al termine della perforazione nel foro di sondaggio identificato con S1 è stata installata un'apposita tubazione per alloggiare gli strumenti di misura delle prove geofisiche.

Lo strumento, posato nel foro appositamente predisposto, è costituito da un tubo PVC pesante diam. 80mm. Gli spezzoni, della lunghezza di 3m ciascuno, sono uniti tramite apposite giunzioni M/F a bicchiere. Per migliorare le condizioni di tenuta della tubazione, i filetti sono stati sigillati con silicone e nastrati.

Per rendere solidale la colonna al terreno, l'intercapedine è stata sigillata e cementata con miscela binaria acqua-cemento fino a rifluimento a piano campagna.

In superficie i fori di sondaggio strumentati sono stati sigillati e cementati, protetti da idoneo pozzetto metallico chiuso con lucchetto, le cui chiavi sono a disposizione del Committente.

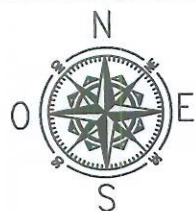
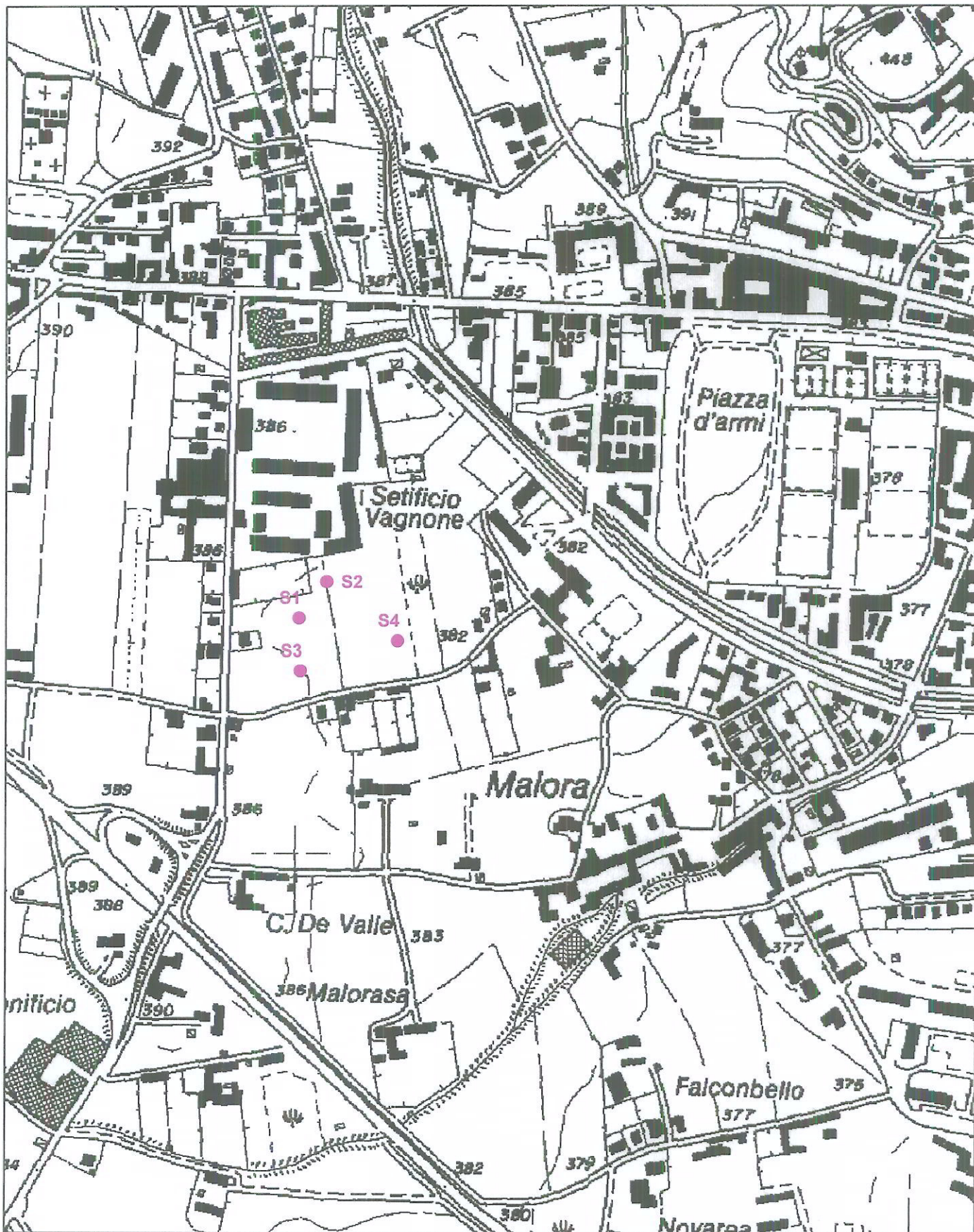


Particolare fotografico del terminale di protezione di S3

I campioni estratti durante la perforazione a carotaggio continuo sono conservati in apposite cassette catalogatrici in polietilene, opportunamente classificate con gli estremi identificativi del sondaggio.

~

In allegato si forniscono la tavola con l'ubicazione dei sondaggi eseguiti (Tav.01) e la descrizione stratigrafica degli orizzonti attraversati.



Scala 1:5.000

● Sondaggio geognostico

REGIONE PIEMONTE
 PROVINCIA DI TORINO
 COMUNE DI PINEROLO

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICA PER PEC IN ZONA CE 4.1
 IN VIA SABOTINO

File:
 06019\tavole\tav.01

UBICAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI

Tavola:

01

INDAGINE GEOFISICA DOWN-HOLE

Introduzione

In data 07/04/06 è stata condotta un'indagine sismica con metodologia Down – Hole in un foro di sondaggio profondo 30m, denominato S1. Il terreno indagato, come dimostra la stratigrafia del sondaggio a carotaggio continuo allegata al presente report, risulta essere costituito essenzialmente da ghiaie e sabbie.

L'indagine condotta è risultata necessaria per definire le velocità di propagazione delle onde sismiche in un'area sismica di Classe 2 (come specificato nell'*Allegato A – Classificazione sismica dei Comuni Italiani*), come disposto dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, in vista, nel caso specifico, della realizzazione di edifici a uso civile.

La Normativa Italiana (Ordinanza 3274), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura sia dello spessore della stessa. Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E a ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$ o coesione non drenata > 250 kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).

D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{sp} < 15$, $c_u < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di V_{s30} simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($IP > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.

DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI INDAGINE

Le indagini sismiche si basano sulla misura della velocità di propagazione delle onde elastiche in rocce e terreni. Le onde elastiche vengono create artificialmente per mezzo di esplosioni controllate o di altre tipologie di sorgenti e la loro propagazione viene rilevata in punti diversi, in superficie e/o in profondità, tramite trasduttori che generano un segnale elettrico misurabile corrispondente alla sollecitazione elastica del terreno nel punto di misura.

Se un corpo in equilibrio subisce una sollecitazione in un punto, esso tende a deformarsi in relazione alle caratteristiche elastiche del corpo stesso e dal tipo di sollecitazione. La propagazione della deformazione nei punti circostanti avviene come propagazione di onde la cui velocità dipende dalle caratteristiche elastiche del corpo (Godio et al., 2001).

Le onde sismiche (o onde elastiche) si generano e si propagano in un corpo quando questo viene sollecitato da uno sforzo impulsivo di piccola energia (cioè nel campo delle piccole tensioni e delle piccole deformazioni). Quando il corpo sollecitato si deforma nel campo elastico (campo di linearità della legge di Hooke) le sue particelle si spostano dalla loro posizione di equilibrio.

Al cessare della sollecitazione le particelle tendono a tornare alla loro posizione di equilibrio innescando un moto di oscillazione (vibrazione). Tale moto di oscillazione si propaga in tutte le direzioni alle particelle circostanti con velocità che dipende dalla facilità delle particelle ad abbandonare il loro stato di quiete, cioè dalle caratteristiche meccaniche del corpo.

Le onde elastiche così generate interessano tutto il volume del corpo (onde di volume), non sono dispersive (la velocità di propagazione non dipende dalla frequenza) e possono essere distinte in funzione della direzione di vibrazione rispetto alla direzione di propagazione.

Si hanno dunque:

- onde di compressione (onde P): longitudinali e primarie, si propagano ad alta velocità sia nei solidi che nei liquidi e sono caratterizzate da un moto delle particelle nella stessa direzione di propagazione dell'onda, con successive compressioni e rarefazioni;

- onde di taglio (onde S): trasversali e secondarie, si propagano più lentamente delle onde P e presentano un moto delle particelle perpendicolare alla direzione di propagazione; non si trasmettono nei fluidi;
- onde di Rayleigh: sono onde superficiali e determinano spostamenti ellittici delle particelle il cui moto avviene nel piano verticale e con verso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione stessa;
- onde di Love: sono onde superficiali che si sviluppano solo in presenza di uno strato a bassa velocità e non si trasmettono nei fluidi; gli spostamenti sono orizzontali e trasversali rispetto alla direzione di propagazione.

La metodologia Down-Hole consente la valutazione delle velocità sismiche delle onde P ed S (ossia compressionali e di taglio) lungo la verticale data da un foro di sondaggio opportunamente preparato.

L'esecuzione della prova DHT (Down-Hole Test) richiede la perforazione di un solo foro di sondaggio entro il quale vengono alloggiati i ricevitori (Vedi Fig.1). La sorgente è posta a piano campagna in una zona adiacente al foro.

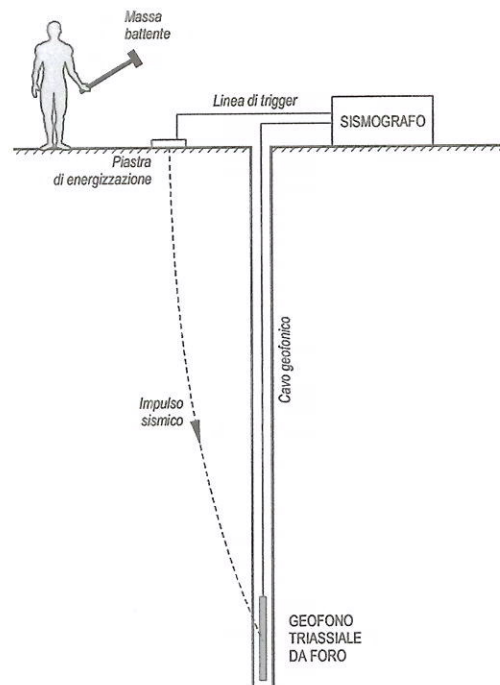


Fig. 1



I profili di velocità ottenuti dalle misure DHT rappresentano valori di velocità medi sullo spessore degli strati poiché sono calcolati lungo percorsi di raggi sismici inclinati.

A causa dell'attenuazione del segnale con la profondità e degli effetti di rifrazione/riflessione delle onde sismiche causate dalla eterogeneità del mezzo, risulta difficile eseguire la prova DHT a profondità maggiori di 60m.

L'attrezzatura della prova DHT comprende una sorgente di energia posta a piano campagna, un accelerometro situato in prossimità della sorgente per rilevare l'istante di energizzazione, almeno un ricevitore posto all'interno del foro di sondaggio, e un sistema di acquisizione dati per la raccolta e l'analisi dei segnali.

La generazione di energia avviene mediante percussione manuale con mazze o percussori idraulici (in direzione verticale per generare onde P, in direzione orizzontale per generare onde S) di un blocco (es. parallelepipedo ligneo) posto in prossimità del foro di sondaggio, a una distanza di 0.5÷3.0m.

Per quel che concerne i ricevitori, essi sono generalmente dei geofoni tridimensionali con un sensore atto a rilevare le onde verticali di compressione e almeno due sensori, posti ortogonalmente tra loro, per la misura delle onde di taglio.

Nel seguito vengono illustrate schematicamente le fasi che caratterizzano l'esecuzione della prova.

Modalità di esecuzione della prova

Nel foro di sondaggio appositamente attrezzato vengono alloggiati i ricevitori e preparati gli strumenti di registrazione.

La prova si sviluppa secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio, la sorgente viene collocata sulla superficie in prossimità del foro a una distanza dall'asse del foro in genere compresa tra *1m* e *5m* (da concordare con la direzione lavori) e orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro. Per la produzione di onde *P* si energizza con massa battente e impatto verticale; per la produzione di onde *SH* la sorgente (parallelepipedo, trave) viene fissata al terreno e su di essa viene applicato un carico statico.
2. Il sistema ricevente, costituito da due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo, viene calato alla profondità desiderata (a partire da p.c. di metro in metro) collegandolo alla superficie mediante un sistema che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie.
3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde *S* (viene così massimizzata l'ampiezza di ricezione ai ricevitori). A questo punto i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.
4. Viene attivata la registrazione (pre-trigger) delle vibrazioni rilevate dai trasduttori che costituiscono i ricevitori con un opportuno anticipo rispetto all'attivazione della sorgente (Vedi Fig.2). Tale fase può essere evitata nel caso che la strumentazione consenta la registrazione del segnale all'istante di time-break cioè all'attivazione del segnale stesso.
5. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, attivando il trigger, si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo *P* (Vedi Fig.2); in seguito si generano vibrazioni di tipo *S*, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Il tempo di registrazione deve essere tale da consentire la rappresentazione dei treni d'onda nella loro interezza. Poiché si debbono ricavare le onde *SH*, per la buona qualità dei dati si

debbono produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare le registrazioni di ogni singolo ricevitore, in modo da individuare meglio l'istante di primo arrivo (metodo *cross-over*). Detta operazione deve essere eseguita in campagna, in fase di acquisizione, se lo strumento prevede l'inversione di polarità. Può essere eseguita registrando separatamente i files battuta destra - battuta sinistra, ma in questo caso sarà necessario un bilanciamento spettrale prima di procedere alla differenza delle tracce. In ogni caso la lunghezza di registrazione deve essere non limitata al primo arrivo ma a tutto il segnale fino a un decadimento dell'ampiezza pari al 90% rispetto all'ampiezza massima.

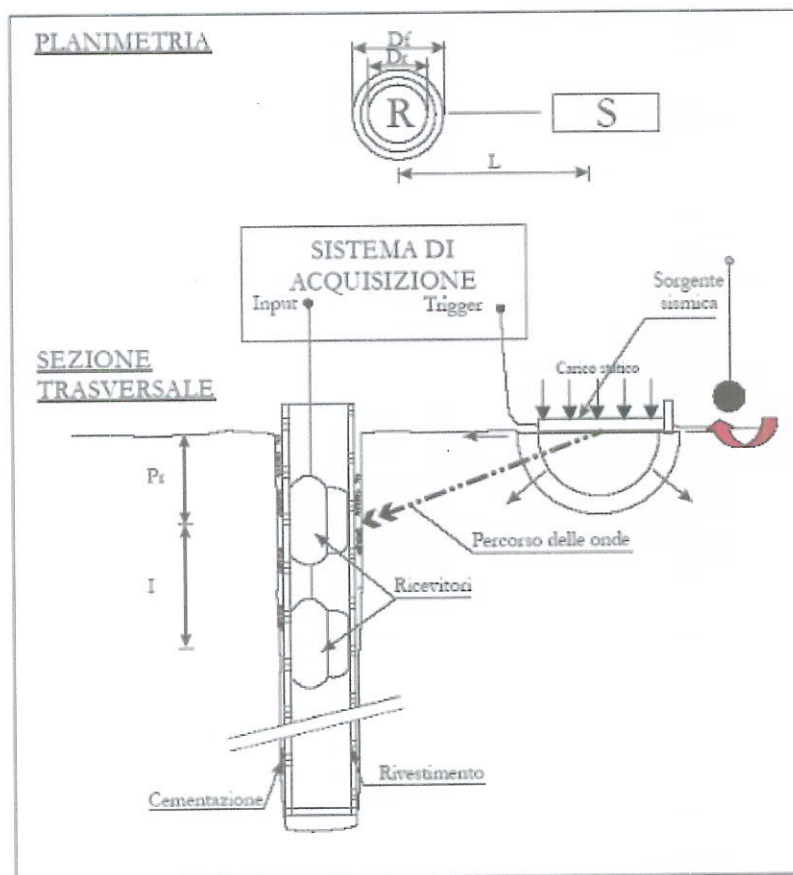


Fig.2

6. Viene riprodotta la sollecitazione e quindi ripetuta la prova a una profondità inferiore (o superiore se si procede dal basso verso l'alto) di non più di 1m, e non meno di 40-50cm abbassando (o sollevando) i ricevitori.

Determinazione delle velocità

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati registrati durante la prova per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche, esistono varie tecniche nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza; di seguito verrà illustrata quella più semplice e immediata, non escludendo però la possibilità di ricorrere ad altre tecniche, purché già collaudate e sperimentate. In tal caso è necessario che insieme ai risultati della prova venga esplicitamente dichiarato il metodo adottato per la determinazione delle velocità, nonché i passi successivi secondo cui è stato applicato e le registrazioni delle vibrazioni, accoppiate con quella del segnale di trigger, a partire dalle quali sono stati ricavati i valori di velocità.

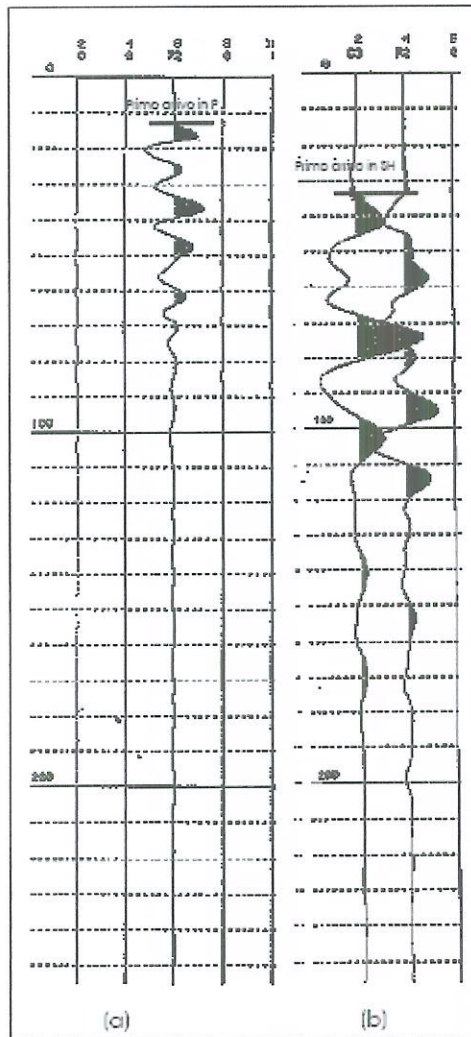


Fig.3 Primo arrivo in P (a) e in SH (b).

Per determinare il tempo di arrivo delle onde P e S ai ricevitori, si procede ad un'analisi visuale (i risultati sono analoghi a quelli riportati in Fig.3) delle registrazioni delle vibrazioni rilevate dai trasduttori del ricevitore confrontate con il segnale di trigger o inizio registrazione (t_0).

La procedura prevede di operare con il doppio sistema di energizzazione (vedi Fig.4), ovvero percussione verticale per le onde P e percussione orizzontale per le SH ; nelle registrazioni energizzate in verticale si valuterà il primo arrivo in P ; nelle registrazioni energizzate con percussione orizzontale, sottratte le registrazioni "battuta destra-battuta sinistra", il primo arrivo sarà costituito dalle onde di taglio SH poiché eventuali onde di compressione provocate durante l'energizzazione tenderanno, con la differenza "battuta destra-battuta sinistra", a ridursi in ampiezza laddove le SH (che invertono in polarità a seconda della direzione di battuta) tenderanno a sommarsi aumentando così d'ampiezza.

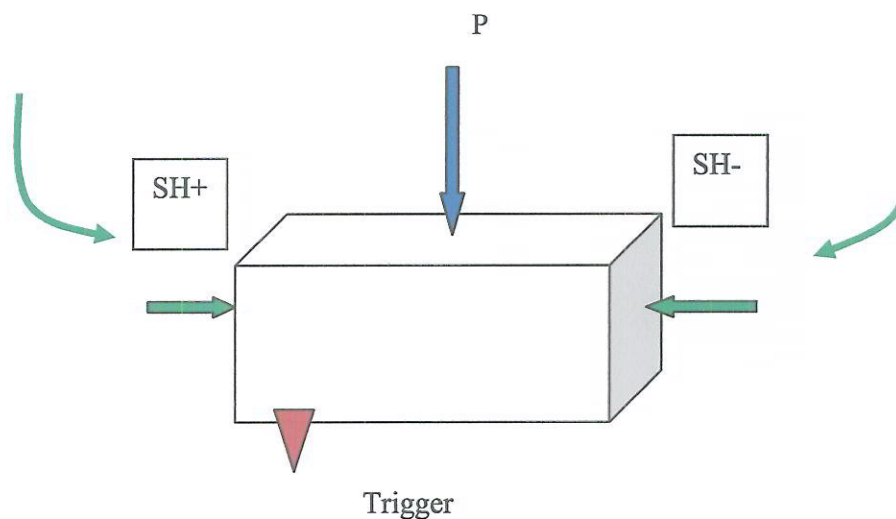


Fig.4 Modalità di attivazione della sorgente.

Si ipotizza che il percorso delle onde tra sorgente e ricevitori sia rettilineo, trascurando i fenomeni di rifrazione che ne modificano il percorso. Poiché le onde sismiche prodotte dalla sorgente non si propagano esattamente in direzione verticale rispetto ai ricevitori, data la posizione della sorgente, è necessario correggere i tempi di arrivo stimati per tenere conto dell'inclinazione del percorso effettivo. Indicata con z la profondità del ricevitore, con d la distanza effettiva tra sorgente e



ricevitore e con R la distanza superficiale tra sorgente e asse del foro, con t il tempo determinato dalle tracce di registrazione, il tempo corretto risulta:

$$t^* = (Z/d)t = [Z / (Z^2 + R^2)^{1/2}] t$$

Dividendo la profondità cui viene collocato il ricevitore per il tempo corretto si ricavano i valori di velocità per ciascuno dei ricevitori, in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate. E' anche possibile ricavare le velocità dividendo la differenza tra due profondità successive per la differenza tra i tempi determinati in corrispondenza di ciascuna delle profondità considerate e possono corrispondere allo stesso impulso (in tal caso le profondità corrispondono a quelle dei due o più ricevitori rigidamente collegati tra di loro e per cui le velocità si definiscono velocità d'intervallo), o a due impulsi successivi (per cui le profondità sono quelle d'avanzamento della prova e le velocità calcolate si definiscono velocità di pseudo-intervallo).

Va osservato che non sempre i tracciati registrati dai ricevitori sono chiari e univocamente interpretabili: ciò a causa della possibile presenza di rifratte di ampiezze non trascurabili che precedendo quelle dirette ingannano sui reali tempi d'arrivo indicando velocità intervallari anomale.

In profondità, infatti, l'istante di primo arrivo delle onde non è facilmente individuabile: sfruttando il fatto di disporre di più ricevitori, si può far riferimento ai tracciati registrati da ciascuno di essi ricercando dei punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo e riscontrabili su entrambi i segnali.

E' possibile, quindi, stimare il ritardo e ricavare la velocità d'intervallo (in tal caso affinché a ogni picco dell'una registrazione corrispondano rispettivamente i picchi o le valli dell'altra, è necessario che sia stato precedentemente stimato l'effetto dell'orientazione dei trasduttori rispetto alla direzione di propagazione delle onde e che sia noto se i trasduttori siano orientati in maniera concorde o discorde).



CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

Nel seguito si riportano le caratteristiche generali della strumentazione utilizzata e necessaria per la tipologia di indagine in esame.

Sorgente

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali). Per generare le onde di compressione P, si utilizzeranno i metodi classici quali caduta di un grave, cannoncino, mazza, etc..

Per generare le onde SH si è utilizzata una sorgente costituita da un corpo solido in legno (parallelepipedo), di forma tale da potere essere colpito lateralmente su entrambe le estremità con una massa battente (martello). E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno, sia al momento della battuta, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa.

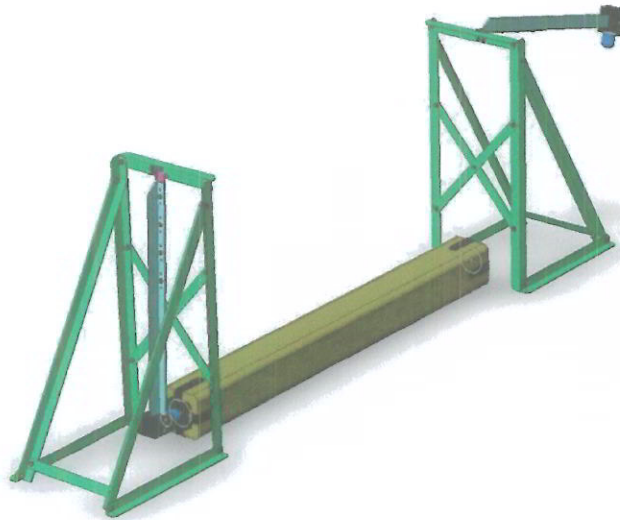
Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità nella polarizzazione e con generazione di onde P trascurabile. Inoltre, data l'entità di energia generalmente prodotta, le deformazioni indotte nel terreno in prossimità della superficie sono inferiori a 10-20 % e decrescono con la profondità.

E' necessario un buon accoppiamento fra massa di battuta e terreno, cosa che si ottiene facilmente in terreni a granulometria fine, ma in presenza di terreni a granulometria più grossolana sarà necessario approntare delle piazzole apposite, realizzando uno strato di materiale fine al contatto con il parallelepipedo energizzante. Sono da evitare come punti di energizzazione zone in cui affiorano rocce compatte e superfici bitumate.

Si ricordi, inoltre, che minore è la superficie di accoppiamento parallelepipedo – terreno, più il segnale sarà pulito e ricco in alte frequenze (d'altra parte, soprattutto con superfici di contatto ridotte, è necessario verificare che il parallelepipedo non si infossi nel terreno poiché in tal caso si produrrebbero onde di compressione).

Per una energizzazione valida e costante delle onde di taglio, in questo caso è stato approntato un sistema di battuta tale che il martello agisca, per mezzo di un cardine, colpendo il parallelepipedo sempre con la medesima angolazione e potenza, evitando errori di battuta e inutili ripetizioni.

Si riporta uno schema del sistema di energizzazione.



Sistema di ricezione

Tale sistema si deve comporre di due (o più) ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo le componenti di una terna cartesiana ortonormale. I ricevitori sono collocati all'interno di un unico contenitore (preferibilmente di forma cilindrica) di lunghezza non superiore a 450mm e disposti in modo che uno dei tre trasduttori sia orientato secondo la lunghezza del contenitore (trasduttore verticale) e gli altri siano a esso perpendicolari (trasduttori orizzontali). I trasduttori devono possedere appropriate caratteristiche di frequenza e sensitività tali da potere ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente.

La risposta in frequenza dei trasduttori non deve variare più del 5% su un campo di frequenze compreso tra metà e due volte la frequenza predominante del treno d'onde che si propaga all'interno del mezzo. I ricevitori devono essere collegati, secondo la loro lunghezza, in modo di fissarne la distanza verticale (compresa tra 1m e 3m) e l'orientazione relativa (i trasduttori orizzontali devono essere paralleli e concordi a due a due) e anche in modo tale da poter consentire dalla superficie il controllo dell'orientazione assoluta.



E' inoltre necessario accertarsi che i sistemi previsti per mantenere costanti le distanze e per garantire l'isorientazione dei geofoni non producano interazione sismica tra i due sensori e adottare un adeguato sistema di ancoraggio per garantire un buon accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento.

Trigger

In genere il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; così è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente (e di conseguenza la sollecitazione dinamica) viene attivata. L'attivazione del circuito per individuare l'istante di energizzazione deve, all'atto delle sollecitazioni ripetute, consentire una differenza di chiusura non superiore a 0.5msec.

Sistema di acquisizione dati

Si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare, in forma digitale e su ciascun canale, le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e al sensore del trigger e consente la registrazione in forma numerica e la visualizzazione "come traccia" su un apposito monitor delle vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger. Poiché è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra, è auspicabile una strumentazione che preveda la funzione "inversione di polarità".



STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per il rilievo sismico è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Sismografo 16 canali della MAE S.r.l.
- geofono da pozzo triassiale con sistema di fissaggio alle pareti del foro
- massa battente da 10 kg per energizzazione P e S provvisto di blocco di energizzazione e sistema di
- sistema di trigger
- batterie 12V
- set di connessioni d'uso

Specifiche Tecniche Sismica

- Da 1 a 16 canali
- 2048 campioni per canale
- Risoluzione 16 bit
- Campionamento 250, 1000, 2000, 5000, su 8 canali 10.000 c/s
- Guadagno 90 dB
- Sommatoria a software

Specifiche Unità Centrale

- CPU NS Geode GXLV 233MHz
- Memoria RAM 128 Mb PC100 Mhz
- Hard Disk 64 Mb on Compact Flash Disk Udma/33
- Batteria di riserva al Litio
- Monitoraggio Hardware Winbond W83781D
- Display LCD 6,4" Tft a colori, touch screen
- Controller Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
- Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 2Ah
- Valigia in copolimeri di polypropylene antischiacciamento
- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C
- Dimensioni e peso L280 X H220 X P170 mm, 3Kg



ELABORAZIONE DATI ACQUISITI

I dati acquisiti sono stati elaborati mediante il software Win Downhole della Geosoft.

Di seguito vengono riportate le fasi dell'elaborazione eseguita:

1. conversione dei file in formato seismic unix (SU)
2. definizione delle geometrie di rilievo
3. pulizia dei film sismici
4. picking dei primi arrivi sia per le onde P che per le S
5. analisi dati con determinazione delle velocità delle onde sismiche e dei moduli
6. iterazione dell'analisi fino al risultato soddisfacente

Una volta determinati i tempi di arrivo delle onde sismiche P ed S ai ricevitori a ogni profondità (nel caso in esame è stata eseguita una misura ogni metro), viene calcolata la velocità P ed S su tutto il percorso del raggio sismico; successivamente vengono calcolate le velocità intervallari (velocità sismiche del tratto corrispondente a due successive posizioni di misura); da ultimo vengono poi calcolati i parametri dinamici di elasticità e taglio ottenibili per correlazione dei dati di cui sopra.

I parametri dinamici prevedono ovviamente alcune approssimazioni relative soprattutto alle ipotesi circa la densità dei materiali investigati.

RISULTATI DEL RILIEVO

Il rilievo down-hole ha permesso la determinazione dei tempi di arrivo dell'impulso delle onde compressionali P e delle onde di taglio S. Dai tempi di arrivo è stata calcolata, nota la profondità del geofono, la velocità dell'impulso P ed S. Successivamente, dai parametri V_p e V_s stimata la densità del mezzo attraversato (ρ), è possibile definire i seguenti parametri:

$$\nu = \frac{0.5 \cdot \left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}{\left[\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right]}$$

dove ν rappresenta il coefficiente di Poisson

$$G = \rho \cdot V_s^2$$

dove G rappresenta il modulo di deformazione a taglio

$$E = 2\rho \cdot V_s^2 \cdot (1 + \nu)$$

dove E rappresenta il modulo di Young

Si noti che per quanto concerne i moduli si è dovuto ricorrere a una ipotesi del peso di volume del materiale ($\rho = 2.0 \text{ t/m}^3$).

Nelle tabelle allegate sono riportati i risultati del rilievo sismico Down-Hole e i parametri come sopra calcolati. Sempre in allegato sono illustrati i grafici della variazione di tali parametri con la profondità.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati della prova Down-Hole sono illustrati nelle tabelle e nei grafici allegati a seguire, in cui vengono riportati gli andamenti dei seguenti parametri con la profondità:

- V_{pi} – velocità intervallare onde P
- V_{si} – velocità intervallare onde S
- V_p/V_s – rapporto tra velocità onde compressionali e onde di taglio
- ν – modulo di Poisson
- E_{din} – modulo di elasticità dinamico
- G_{din} – modulo di taglio dinamico

Nella tabella si riportano anche i parametri statistici (minimo, massimo, media, deviazione standard) di ogni singolo parametro.

E' normale che tanto maggiore è l'incremento delle velocità P e soprattutto delle velocità S, tanto migliori saranno le caratteristiche meccaniche del mezzo indagato.

I moduli dinamici sono stati calcolati tramite le formule in precedenza descritte, utilizzando i parametri velocità e densità; è evidente, quindi, che alla possibile incertezza del parametro velocità calcolato si aggiunge l'incertezza del parametro densità, qui ipotizzato in un valore costante (anche in funzione dei materiali indicati in stratigrafia) proprio per non introdurre ulteriori incertezze nel calcolo.

Si noti come il parametro V_p raggiunge il valore massimo di 770m/s, con un rapporto V_p/V_s che varia entro un range relativamente limitato (da 1.31 a 2.26), mentre il valore di V_s varia tra 156m/s e 381m/s, con un valore medio di 277m/s.

La tipologia di indagine condotta è risultata necessaria per definire le velocità di propagazione delle onde sismiche e consentire l'inserimento del sito in esame in un'area sismica di Classe C, in riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 e nella successiva Ordinanza n. 3431 del 10 Maggio 2005, in vista, nel caso specifico, della realizzazione di edifici a uso civile.



Tale ordinanza definisce, infatti, per la Classe C:

C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < cu < 250$ kPa).

I valori dei moduli dinamici si attestano sui seguenti valori: per il parametro E_{din} (modulo di elasticità dinamico) si sono calcolati valori medi intorno a 400MPa, mentre per il parametro G_{din} (modulo di taglio dinamico) i valori medi sono intorno a 150MPa.

In allegato vengono presentati i risultati ottenuti.

ALLEGATI

SONDAGGI GEOGNOSTICI



Committente ESSEPIBI Costruzioni Sas, GRUPPO AIRAUDO SpA et al.

Cantiere Via Sabotino - PEC Zona CE 4.1

Località Pinerolo (TO)

Inizio Perforazione 28/03/2006

Fine Perforazione 29/03/2006

Scala 1:100

SONDAGGIO FOGLIO

S1 1/1

Il geologo

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	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.												
1.70	3.70		Ghiaia ciottolosa con trovanti (diam. max 25-30cm) in matrice sabbioso-limosa discretamente ossidata a fondo strato, da addensata a molto addensata con la profondità, colore da grigio-nocciola a nocciola-brunastro.		c.c. diam. 131mm					3.00 N: 31 - RIF.					
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.	8.60						6.00 N: 13 - 21 - 17					
9.70	1.00		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, intenso grado di alterazione e debole ossidazione, moderatamente addensata, colore grigiastro.							9.00 N: 7 - 12 - 10					
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.		rolazione con carotaggio continuo diam. 101mm	127mm	90-100%			12.00 N: 9 - 18 - 15					
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.



Committente ESSEPIBI Costruzioni Sas, GRUPPO AIRAUDO SpA et al.

Cantiere Via Sabotino - PEC Zona CE 4.1

Località Pinerolo (TO)

Inizio Perforazione 30/03/2006

Fine Perforazione 31/03/2006

Scala 1:100

SONDAGGIO FOGLIO

S2 1/1

Il geologo
Dott. S. Josa

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 [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. 131mm										
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.	8.60						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.



Committente ESSEPIBI Costruzioni Sas, GRUPPO AIRAUDO SpA et al.

Cantiere Via Sabotino - PEC Zona CE 4.1

Località Pinerolo (TO)

Inizio Perforazione 03/04/2006

Fine Perforazione 04/04/2006

Scala 1:100

SONDAGGIO FOGLIO

S3 1/1

Il geologo
Dott. S. Josa

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 [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.												
1.20	2.10		Sabbia medio-fine con rari livelli siltsosi a fondo strato, da poco addensata ad addensata con la profondità, colore nocciola.							3.00 N: 15 - 18 - RIF					
3.30	1.90		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine sabbioso-siltosa, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio.												
5.20	1.00		Ciottoli (diam. max 13-15cm) e ghiaia eterometrica in scarsa matrice sabbioso-limosa, addensata, colore grigio.							6.00 N: 28 - 22 - 19					
6.20	3.50		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbioso-limosa, rari ciottoli, intenso grado di ossidazione e alterazione, moderatamente addensata, colore screziato da bruno a nocciola.	8.60						9.00 N: 9 - 23 - 13					
9.70	3.60		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%			12.00 N: 13 - 16 - 20					
13.30	6.70		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.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm										
20.00															

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".



Committente ESSEPIBI Costruzioni Sas, GRUPPO AIRAUDO SpA et al.

Cantiere Via Sabotino - PEC Zona CE 4.1

Località Pinerolo (TO)

Inizio Perforazione 04/04/2006

Fine Perforazione 05/04/2006

Scala 1:100

SONDAGGIO FOGLIO

S4 1/1

Il geologo
Dott. S. Josa

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	permeabilita [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.												
2.10	1.30		Ciottoli (diam. max 12-15cm) con ghiaia eterometrica in scarsa matrice sabbioso-limosa, molto addensata, colore grigio.												
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.	8.60						3.00 N: 37 - RIF.					
11.50	0.30		Ghiaia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa, intenso grado di alterazione e ossidazione, moderatamente addensata, colore bruno-nocciola-rossiccio.							6.00 N: 14 - 23 - 19					
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.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101mm	127mm	90-100%			9.00 N: 8 - 14 - 12					
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.							12.00 N: 23 - RIF.					
20.00															

DEPOSITO CASSETTE: presso il magazzino della Committenza.



Pinerolo – Via Sabotino (TO) - Sondaggio S1 (L=30.00m)



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



Pinerolo – Via Sabotino (TO) - Sondaggio S1 (L=30.00m)



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



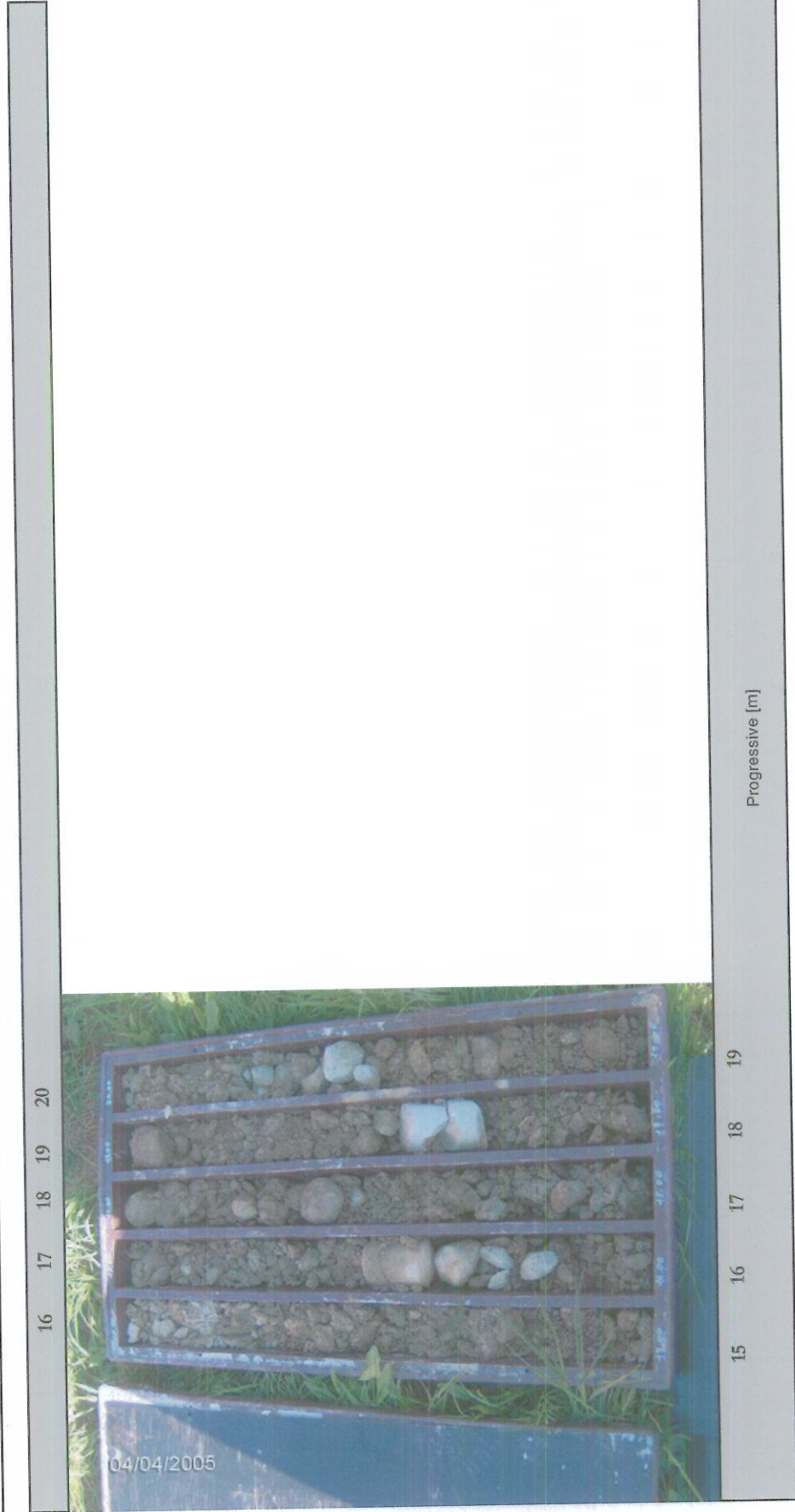
Pinerolo – Via Sabotino (TO) - Sondaggio S2 (L=20.00m)



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



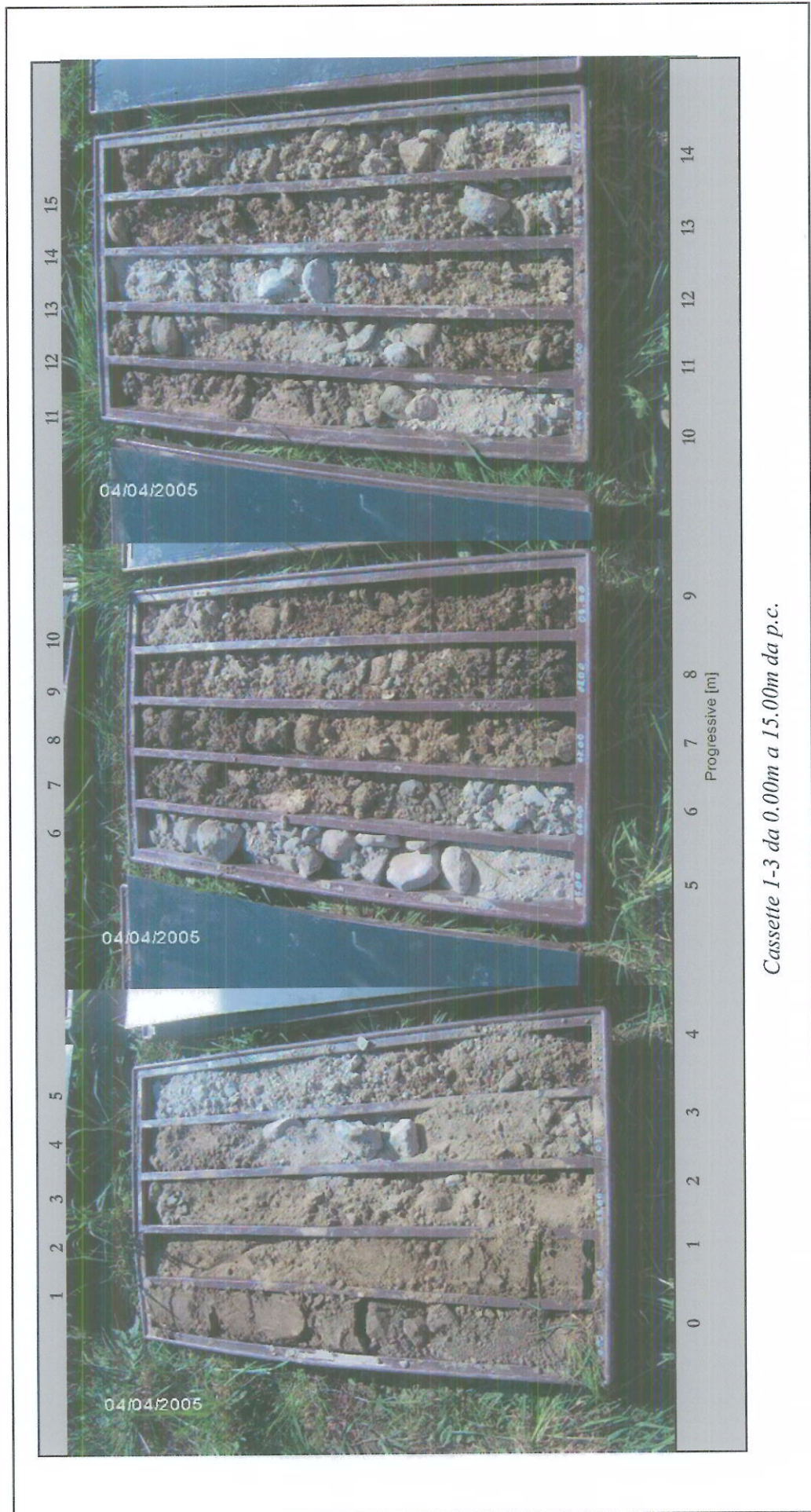
Pinerolo – Via Sabotino (TO) - Sondaggio S2 (L=20.00m)



Cassetta 4 da 15.00m a 20.00m da p.c.



Pinerolo – Via Sabotino (TO) - Sondaggio S3 (L=20.00m)



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



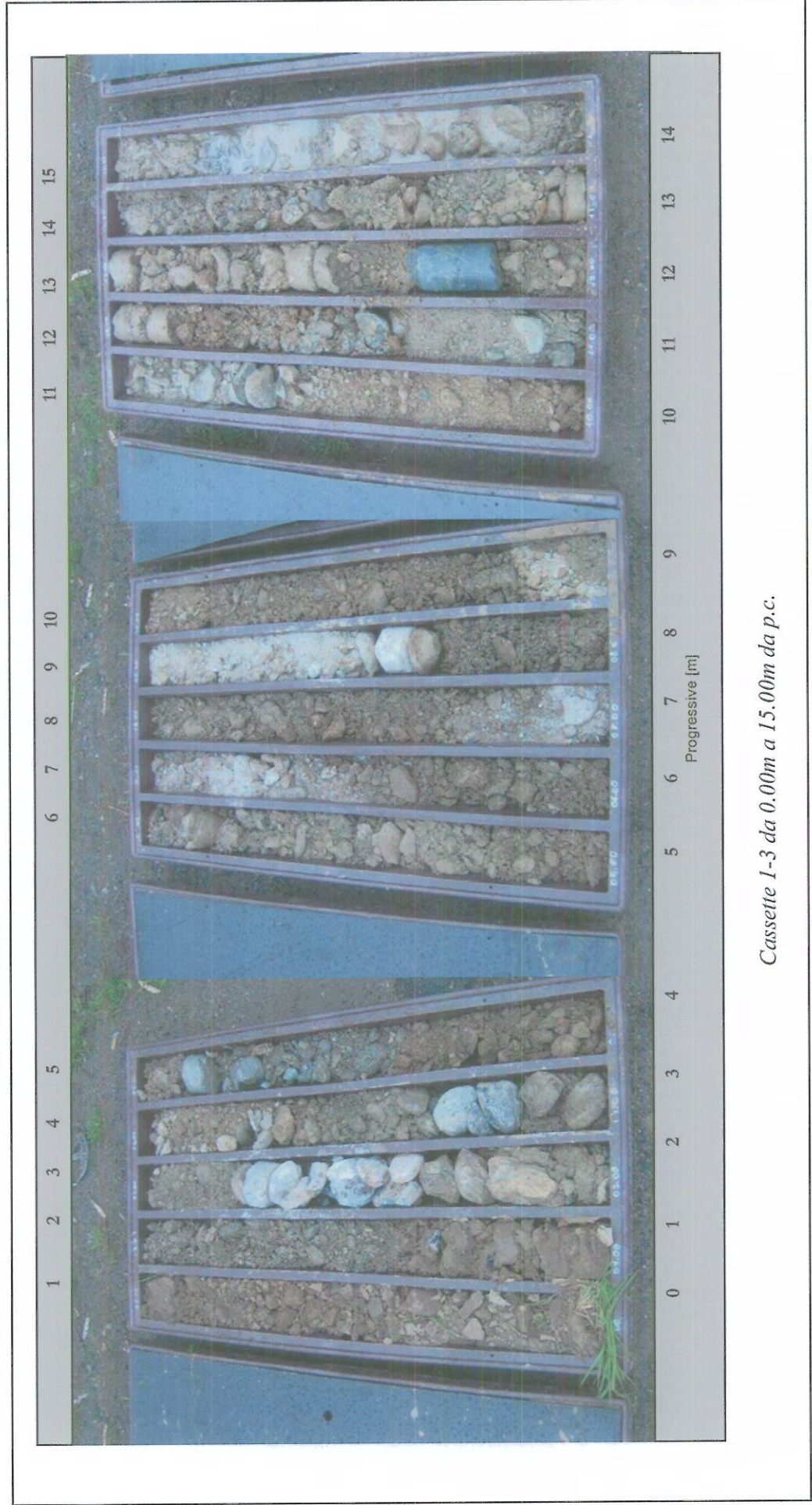
Pinerolo – Via Sabotino (TO) - Sondaggio S3 (L=20.00m)



Cassetta 4 da 15.00m a 20.00m da p.c.



Pinerolo – Via Sabotino (TO) - Sondaggio S4 (L=20.00m)



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



Pinerolo – Via Sabotino (TO) - Sondaggio S4 (L=20.00m)



Cassetta 4 da 15.00m a 20.00m da p.c.

INDAGINE GEOFISICA DOWN-HOLE



CANTIERE Pinerolo - Via Sabotino

SONDAGGIO S1

DATA 07/04/06

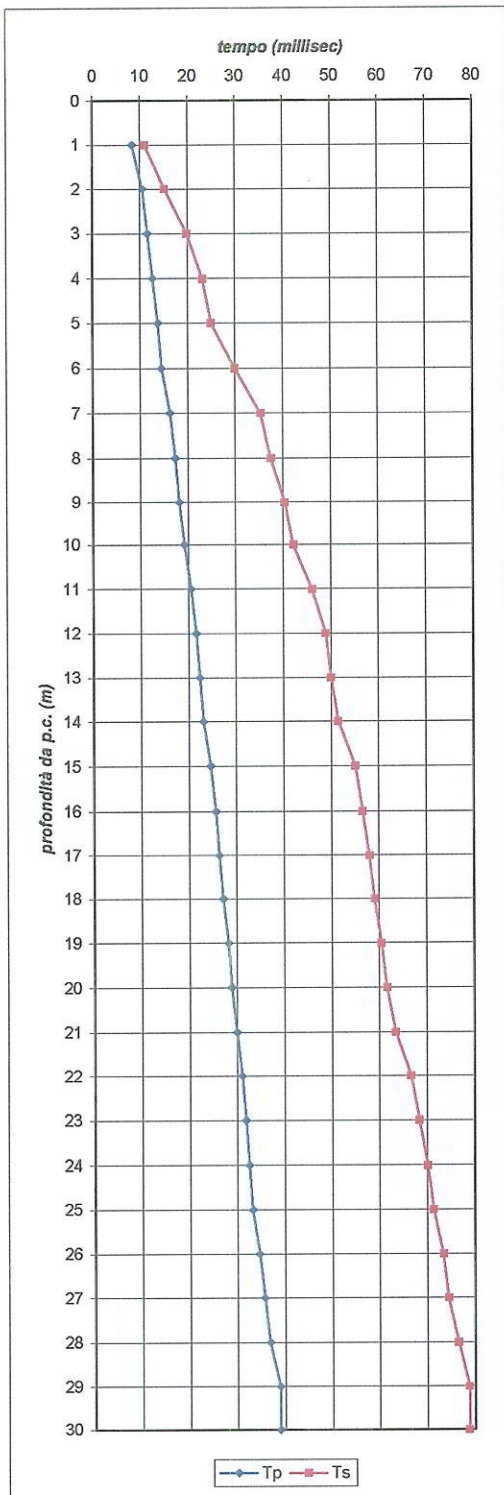
Distanza sorgente: 1.40 m

Profondità	Distanza	Tp	Ts	Vpi	Vsi	Vp/Vs	ρ	Poisson	Edin	Gdin
1	1,720	8,40	11,00	204,82	156,41	1,31	1,8	-0,20	70,50	44,03
2	2,441	10,60	15,20	230,31	160,61	1,43	1,8	0,03	95,34	46,43
3	3,311	11,60	19,90	285,40	166,36	1,72	1,8	0,24	123,81	49,82
4	4,238	12,70	23,20	333,69	182,67	1,83	1,8	0,29	154,49	60,06
5	5,192	13,80	25,00	376,25	207,69	1,81	1,8	0,28	198,91	77,64
6	6,161	14,50	30,00	424,91	205,37	2,07	1,8	0,35	204,62	75,92
7	7,139	16,30	35,40	437,95	201,66	2,17	1,8	0,37	199,90	73,20
8	8,122	17,40	37,50	466,76	216,58	2,16	1,8	0,36	230,12	84,43
9	9,108	18,10	40,40	503,22	225,45	2,23	1,8	0,37	251,50	91,49
10	10,098	19,20	42,20	525,91	239,28	2,20	1,8	0,37	282,27	103,06
11	11,089	20,60	46,10	538,29	240,54	2,24	1,8	0,38	286,45	104,14
12	12,081	21,70	49,00	556,75	246,56	2,26	1,8	0,38	301,58	109,42
13	13,075	22,40	50,10	583,71	260,98	2,24	1,8	0,38	337,17	122,60
14	14,070	23,10	51,50	609,08	273,20	2,23	1,8	0,37	369,21	134,35
15	15,065	24,60	55,10	612,41	273,42	2,24	1,8	0,38	370,18	134,56
16	16,061	25,70	56,60	624,95	283,77	2,20	1,8	0,37	397,18	144,94
17	17,058	26,40	58,00	646,12	294,10	2,20	1,8	0,37	426,37	155,69
18	18,054	27,10	59,10	666,21	305,49	2,18	1,8	0,37	459,22	167,98
19	19,052	28,20	60,50	675,59	314,90	2,15	1,8	0,36	485,93	178,49
20	20,049	28,90	61,60	693,73	325,47	2,13	1,8	0,36	518,21	190,68
21	21,047	30,00	63,40	701,55	331,97	2,11	1,8	0,36	537,86	198,36
22	22,045	31,00	66,60	711,11	331,00	2,15	1,8	0,36	537,08	197,21
23	23,043	31,80	68,40	724,61	336,88	2,15	1,8	0,36	556,51	204,28
24	24,041	32,50	70,20	739,72	342,46	2,16	1,8	0,36	575,72	211,10
25	25,039	33,20	71,30	754,19	351,18	2,15	1,8	0,36	604,51	221,99
26	26,038	34,60	73,40	752,53	354,74	2,12	1,8	0,36	614,81	226,51
27	27,036	35,70	74,50	757,32	362,90	2,09	1,8	0,35	640,51	237,06
28	28,035	36,80	76,60	761,82	365,99	2,08	1,8	0,35	650,98	241,11
29	29,034	39,00	78,80	744,46	368,45	2,02	1,8	0,34	653,80	244,36
30	30,033	39,00	78,80	770,07	381,12	2,02	1,8	0,34	699,56	261,46
max		39,00	78,80	770	381	2,26		0,38	699,56	261,46
min		8,40	11,00	205	156	1,31		-0,20	70,50	44,03
media		24,50	51,65	580	277	2,07		0,32	394,48	146,41
dev. stand.		8,90	19,89	169	69	0,23		0,12	188,51	67,86

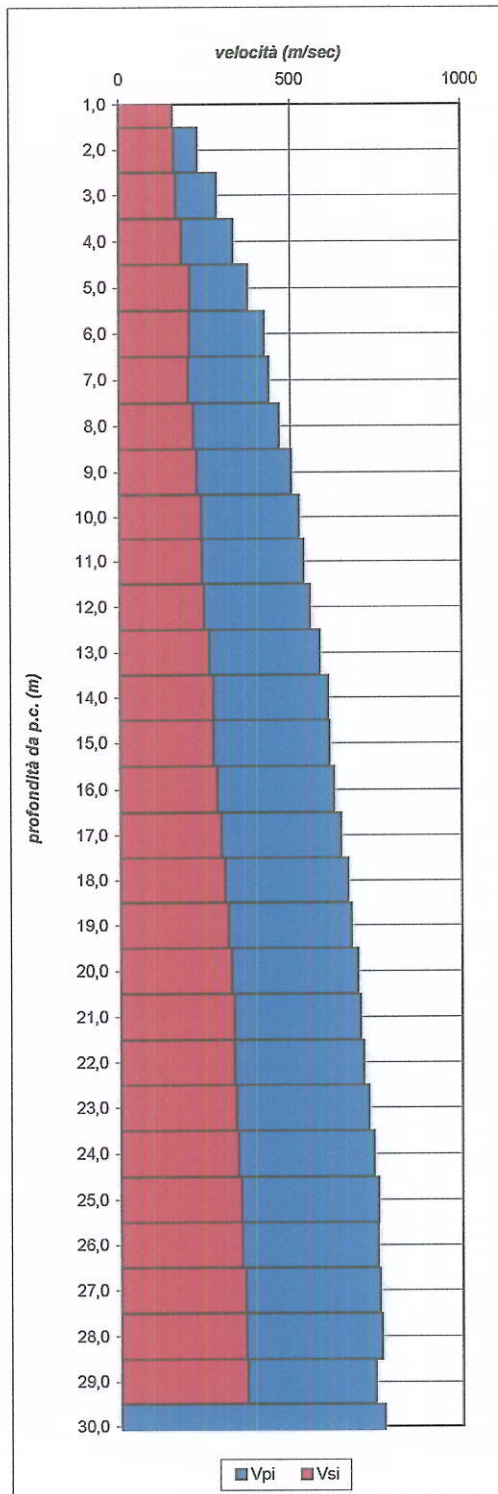
PARAMETRO	DEFINIZIONE	UNITA' DI MISURA
Tp	tempo di arrivo onde P	millisecondi
Ts	tempo di arrivo onde S	millisecondi
Vpi	velocità di intervallo onde P	m/sec
Vsi	velocità di intervallo onde S	m/sec
Vp/Vs	rapporto velocità P e velocità S	
ρ	densità	t/m ³
Edin	modulo di elasticità dinamico	Mpa
Gdin	modulo di taglio dinamico	Mpa

CANTIERE Pinerolo - Via Sabotino
SONDAGGIO S1
DATA 07/04/06
Distanza sorgente: 1.40 m

dromocrone

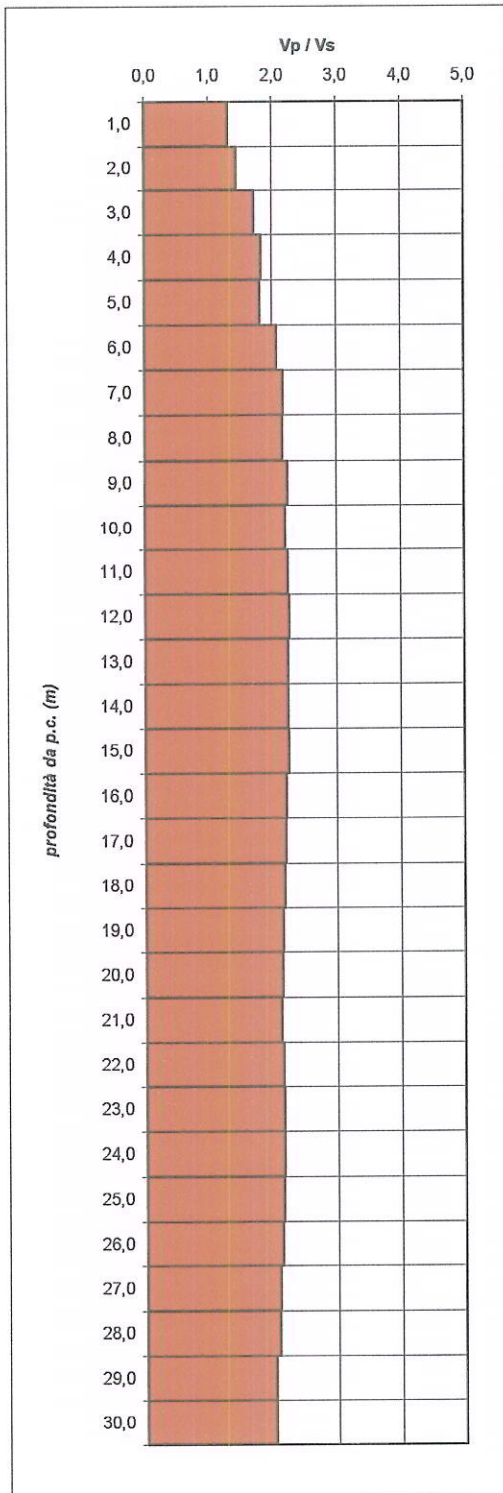


velocità intervallari

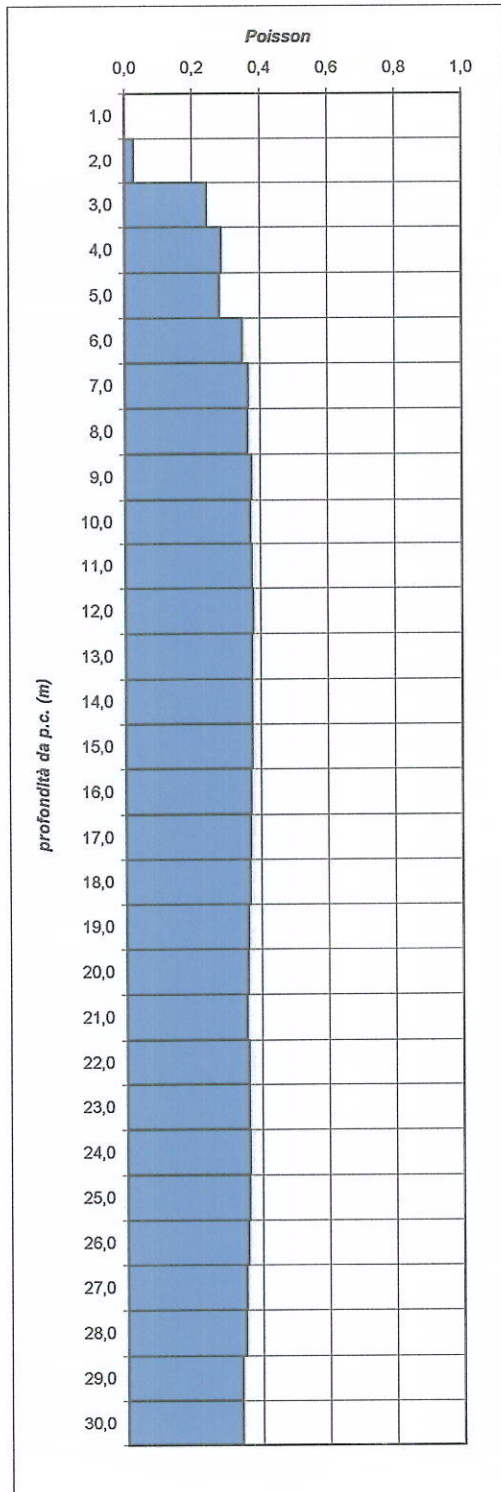


CANTIERE Pinerolo - Via Sabotino
SONDAGGIO S1
DATA 07/04/06
Distanza sorgente: 1.40 m

Rapporto Vp/Vs

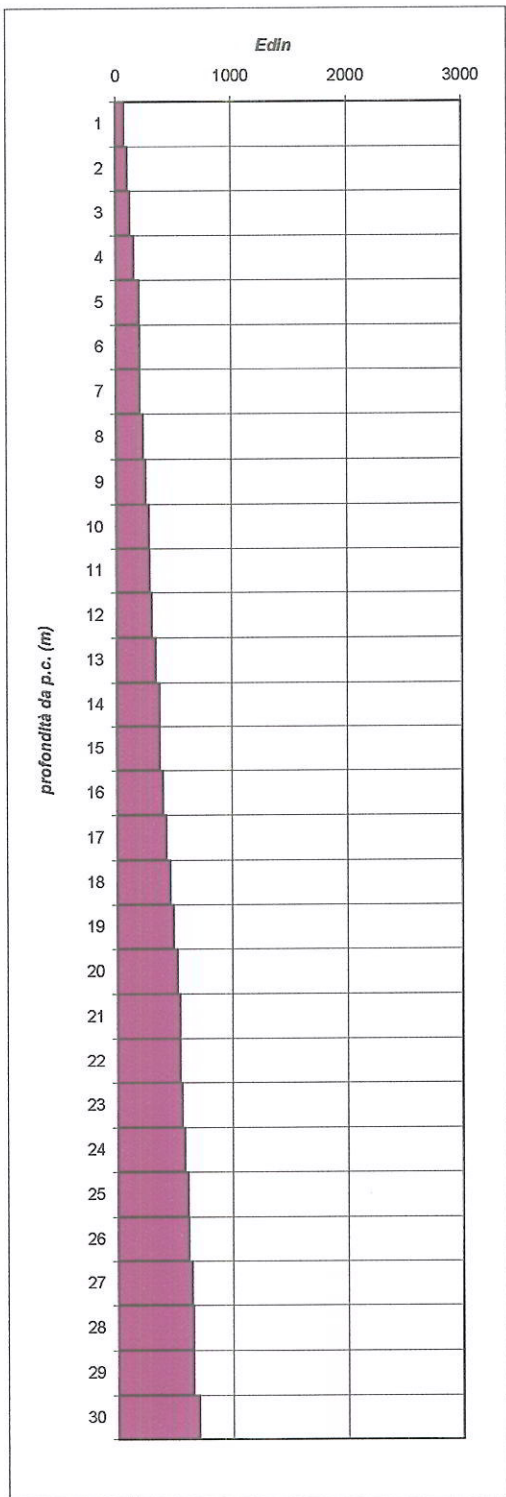


Modulo di Poisson



CANTIERE Pinerolo - Via Sabotino
SONDAGGIO S1
DATA 07/04/06
Distanza sorgente: 1.40 m

Modulo di elasticità dinamico



Modulo di taglio dinamico

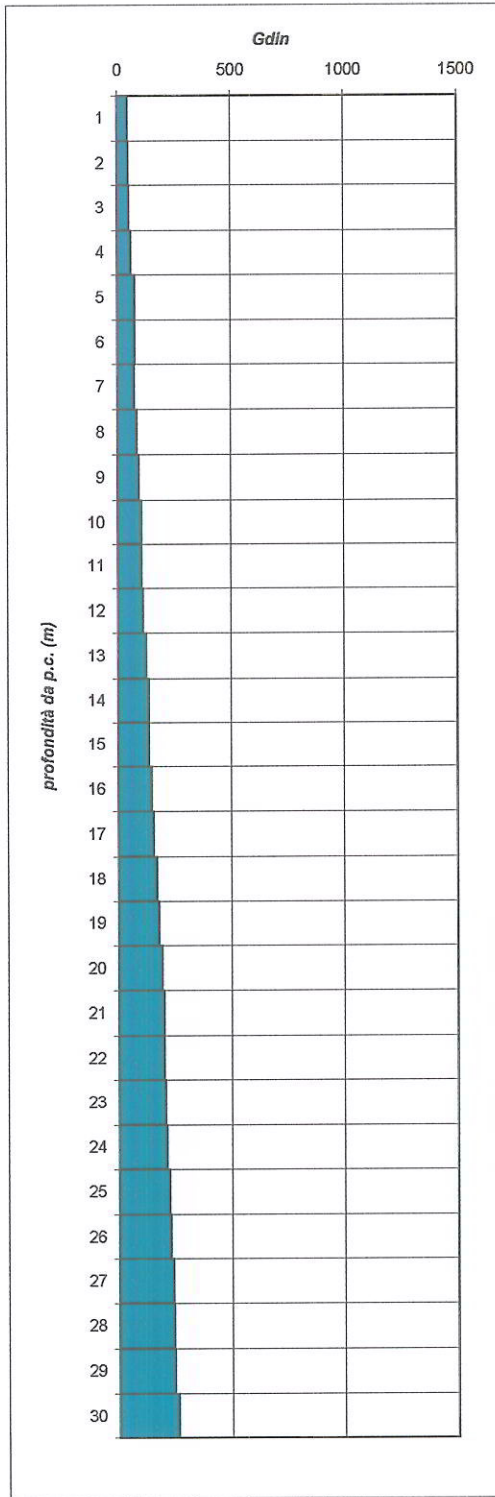




Foto 1: Preparazione della prova.

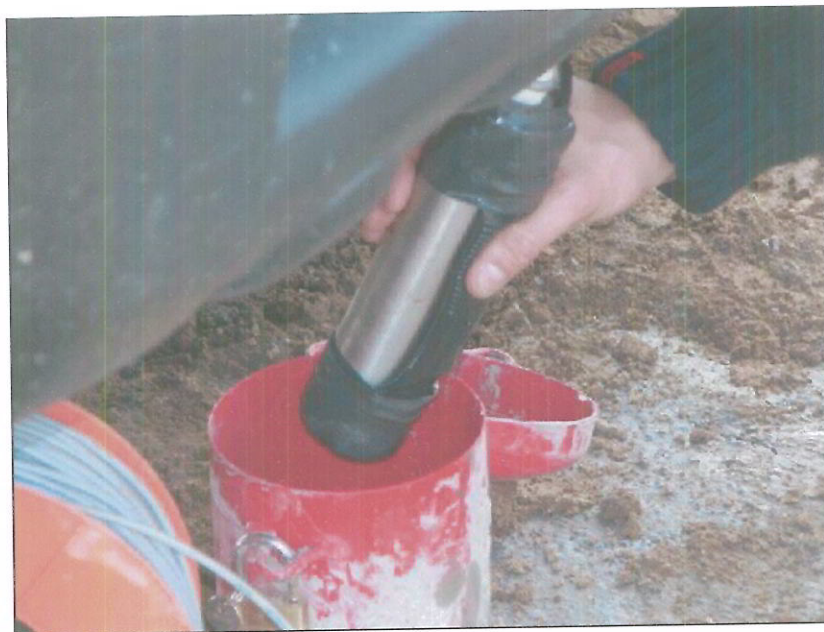


Foto 2: Inserimento della terna geofonica all'interno del foro



Foto 3: Energizzazione delle onde di taglio mediante apposita struttura.



Foto 4: Fase di energizzazione con massa battente in direzione verticale.