

DR.SSA GEOLOGO ANNALISA BOVE  
Corso Piave, 49/3 – ALBA  
c.f.: BVO NLS 75A71 B111V – P.IVA: 00194108882

REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI CUNEO

# RELAZIONE GEOLOGICA RELAZIONE GEOTECNICA Studio di compatibilità geologica

Comune di Alba

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO

COMMITTENTE: BO S.R.L.

Febbraio 2017

IL TECNICO



*Annalisa Bove*

## **INDICE**

1. PREMESSA.....	2
2. UBICAZIONE.....	3
3. MODELLO GEOLOGICO .....	4
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	4
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	5
3.3 INDAGINI GEOLOGICHE e STRATRIGRAFIA.....	8
4. VINCOLI e PERICOLOSITÀ GEOLOGICA .....	10
4.1 VINCOLO SISMICO .....	10
4.2 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA.....	11
5. MODELLO GEOTECNICO .....	11
5.1 INDAGINE GEOTECNICA.....	11
5.2 INDAGINE SISMICA .....	14
6. ASPETTI SISMICI – Risposta Sismica Locale (RSL) .....	17
6.1 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA E PARAMETRI SISMICI DEL SITO.....	17
6.2 DETERMINAZIONE DELL’AZIONE SISMICA.....	19
6.3 VERIFICA A LIQUEFAZIONE .....	20
7. COMPATIBILITÀ GEOLOGICA e PRESCRIZIONI TECNICHE: CONCLUSIONI .....	20
ALLEGATI.....	24

**NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- D.M. 11/03/1988 n°47 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce...”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274 del 20/03/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Decreto Ministeriale 14/01/2008 Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Istruzioni per l’applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009,n.627.
- D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011 approvazione della D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 “Aggiornamento e adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico (O.P.C.M. 3074/2003 - O.P.C.M. 3519/2006)”; D.G.R. 21 maggio 2014, n. 65-7656.
- D.P.R. n.380/2001 e s.m.i. - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
- Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. Alba e relativi elaborati tecnici.

**1. PREMESSA**

La presente relazione, parte integrante della proposta di intervento in ambito di P.E.C., viene redatta al fine di caratterizzare dal punto di vista litologico e geotecnico il terreno di fondazione e, contestualmente, valutare la fattibilità dell’opera in progetto, che prevede la realizzazione di n.3 fabbricati residenziali, costituiti da 4 piani fuori terra ed uno interrato destinato ad autorimessa collettiva (fig.1).

L’indagine ricade nell’ambito dello studio di fattibilità geologica ai sensi degli artt.73-74-75 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. vigente e nonché delle direttive tecniche del D.M. 14/01/2008, che prevedono un approfondito studio di compatibilità degli interventi in progetto secondo criteri e modalità specifici di carattere geologico, geomorfologico e geotecnico del sito, in relazione a quanto prescritto nei piani territoriali ed urbanistici in essere.

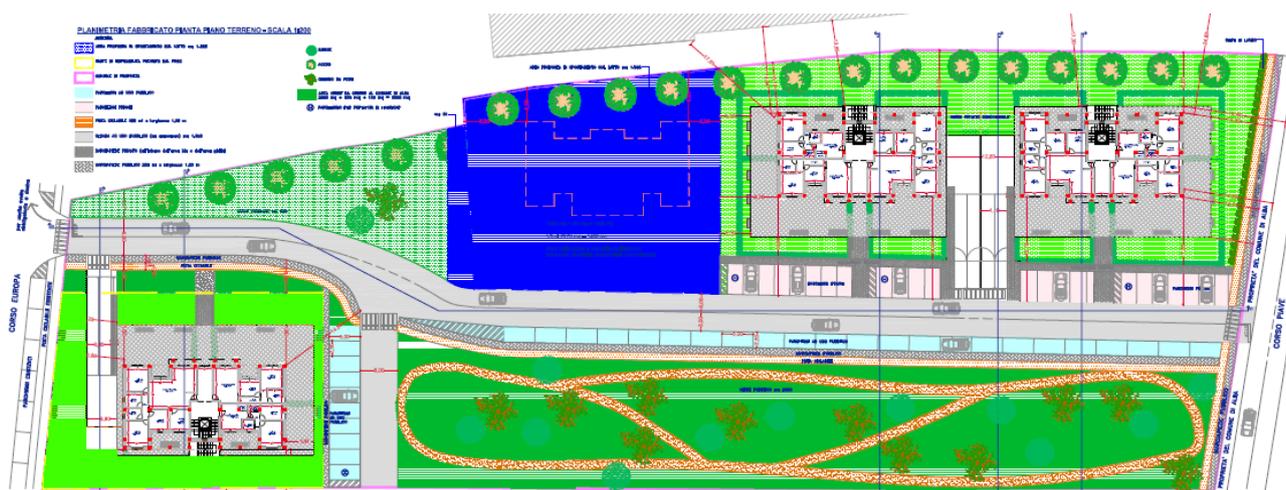


Figura 1 – Estratto tavola progetto planimetrico Tav.7.

L'indagine è stata condotta mediante:

- 1) ricerca e reperimento dati relativi al sito ed ai terreni caratterizzanti il sottosuolo ivi presenti;
- 2) rilevamento geomorfologico del sito;
- 3) realizzazione di n.3 prove penetrometriche dinamiche (SCPT) eseguite in corrispondenza dello sviluppo areale di ciascuna palazzina, con acquisizione di dati geotecnici relativi al terreno di fondazione;
- 4) esecuzione di n.3 indagini sismiche (n. 1 prova MASW, n. 1 indagine di sismica a rifrazione e n. 1 indagine sismica passiva HVSR), con lo scopo di definire la categoria di sottosuolo, attraverso la ricerca delle Vs30;
- 5) interpretazione dei dati complessivi ricavati dalle indagini effettuate.

## 2. UBICAZIONE

L'area in oggetto è ubicata nel territorio comunale di Alba, tra Corso Piave e Corso Europa (poco distante dalla zona San Cassiano) (fig.2), in un contesto fortemente urbanizzato, distante qualche chilometro dal centro storico, in direzione sud-ovest; risulta essere posizionata in destra orografica del fiume Tanaro e posta ad una quota topografica di circa 175 metri s.l.m..



Figura 2 - immagine aerea (Google maps) con indicazione dell'area di indagine.

Dal punto di vista cartografico-topografico, il territorio si colloca all'interno della tavoletta I.G.M. alla scala 1:25.000 n°69IIISW "Alba", della sezione n°193090 "Alba Sud" della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 (fig.3 formato BDTRE), censite al catasto al Foglio 35 mappale 158, ed inserita, dal punto di vista urbanistico, in area C21 "Zone Interstiziali" di P.R.G.C.



Figura 3 – Stralcio cartografico BDRE (Geoportale Arpa Piemonte) con indicazione dell'area di indagine.

### 3. MODELLO GEOLOGICO

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico il settore in esame ricade all'interno del Bacino Terziario Piemontese, nel Dominio Strutturale delle Langhe, caratterizzato da una potente successione oligo-miocenica di copertura delle unità alpine, a suo volta ammantata da depositi fluviali olocenici del fiume Tanaro e dei suoi principali affluenti. Per la definizione dei caratteri geologici dell'area si è fatto riferimento alla cartografia ufficiale, rappresentata dal Foglio n°69 "Asti" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 con relative note illustrative, che identifica il terreno di fondazione come *"alluvioni quaternarie prevalentemente argillose, appartenenti in parte alle alluvioni post-glaciali e in parte al Fluviale recente; ove presente un terrazzo questo separa le prime dalle seconde"* (fig.4 sx). La distribuzione di questi depositi segue l'andamento del fondovalle del corso d'acqua principale, che ha subito nel tempo divagazioni naturali e antropiche. A livello locale, di Piano Regolatore, la cartografia geologica di dettaglio (fig.4 dx) caratterizza i terreni del sottosuolo, appartenenti a depositi costituiti da *"alluvioni recenti del F.Tanaro costituite da*

prevalenti ghiaie e sabbie sciolte, con interdigitali livelli di ciottoli alla base (piana Inferiore)(Olocene medio)”, in accordo con la Carta Geologica d’Italia precedentemente descritta.

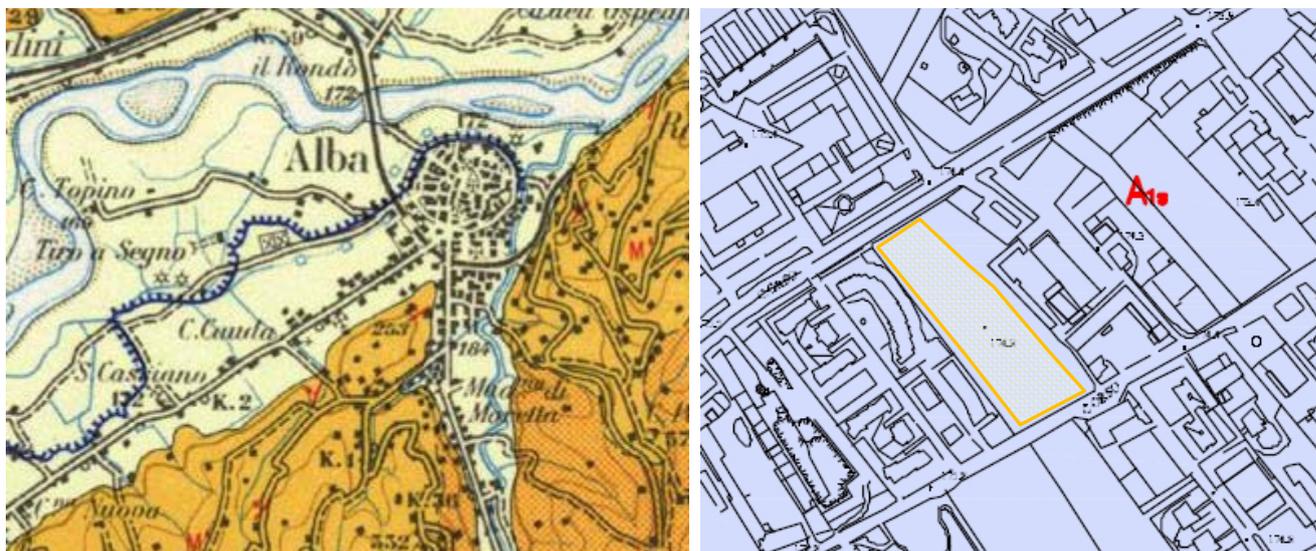


Figura 4 – A sx Estratto della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000 (Foglio n°69 “Asti”); a dx Estratto della Carta Geologica allegata al .P.R.G.C., con indicazione dell’area di indagine.

### 3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L’area in esame è compresa nella grande pianura alluvionale del fiume Tanaro con morfologia sub-pianeggiante (fig.5), posta ad una quota altimetrica di circa 175 metri e prospiciente ai rilievi collinari delle Langhe presenti a sud della stesa (fig.6); la morfologia è caratterizzata e conseguente alle diverse divagazioni del corso d’acqua principale, come testimoniano le diffuse tracce di modellamento fluviale e dalle varie modificazioni antropiche connesse all’urbanizzazione dell’area avvenute nel tempo (fig.7).



Figura 5 – Area di intervento.



Figura 6 – Andamento morfologico con rappresentazione delle curve di livello e di punti quotati, con indicazione dell'area di indagine.

L'analisi geomorfologica sul lotto è stata effettuata attraverso sopralluoghi effettuati nel mese di gennaio e la consultazione delle varie cartografie di settore, quali banca dati GEOS, Carta Evento Alluvionale 1994 (Regione Piemonte), "Carta dei processi di instabilità conseguenti all'evento alluvionale del 1994" (APAT), nonché la cartografia di dettaglio comunale di P.R.G.C. alla scala 10.000 "Carta Geomorfologica dei dissesti, della dinamica fluviale e del reticolo idrografico minore" (fig.7): in tutte la zona in esame è inserita in aree inondate in modo "indiretto" durante l'evento alluvionale del 1994.

#### PROCESSI GEOMORFOLOGICI INNESCATOSI DURANTE EVENTO ALLUVIONALE DEL NOVEMBRE 1994

A seguito dell'evento alluvionale del novembre 1994, il settore oggetto dell'intervento è stato coinvolto indirettamente dall'ondata di piena, in quanto l'area è stata interessata dalle acque di esondazione della rete idrica comunale verificatosi a seguito del collasso della rete fognaria delle acque bianche/grigie, che non è stata più in grado di contenere le stesse determinando così un rigurgito delle medesime (fig.7).

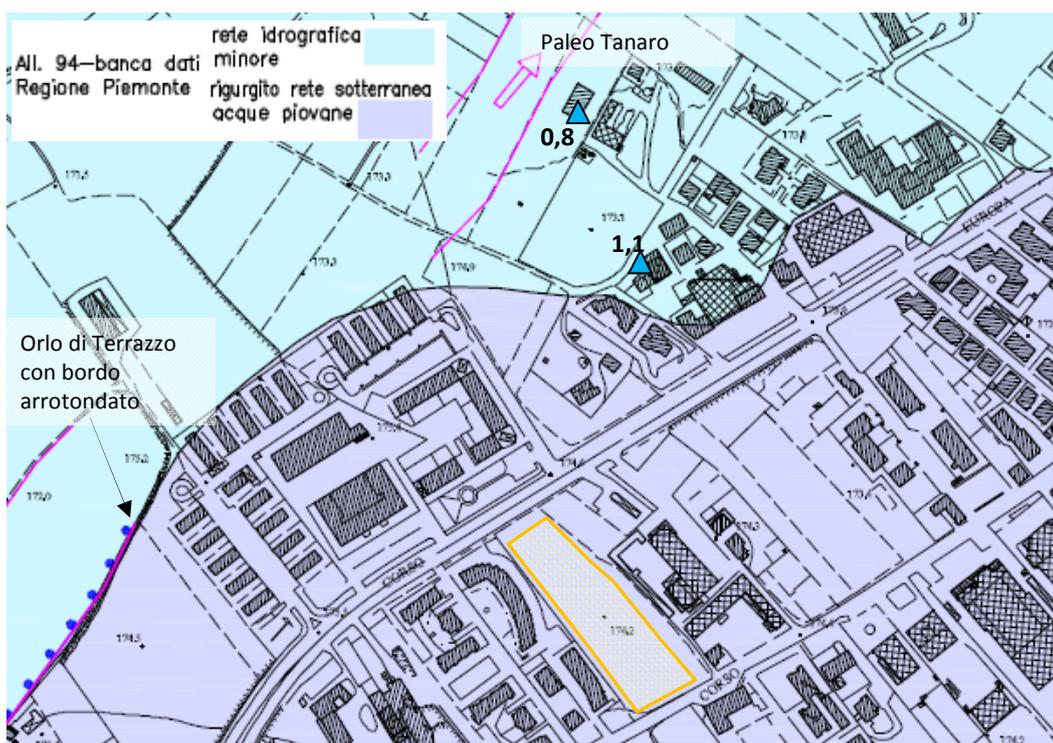


Figura 7 – Estratto carta geomorfologica dei dissesi allegata al P.R.G.C. modificata con dati Arpa-Piemonte ( altezza idrometrica ▲ espressa in mt, registrata durante l’evento), con indicazione dell’area di indagine.

Per la valutazione della pericolosità e la compatibilità geomorfologica, invece, si rimanda al paragrafo “Vincoli e Pericolosità Geologica”.

L’assetto idrogeologico della zona (secondo Bove *et. al.* in “*Idrogeologia della Pianura Piemontese*”, 2005 e P.R.G.C., 2013) è condizionato dalla natura litologica del substrato, costituito qui dal Complesso Idrogeologico Alluvionale Attuale (permeabile per porosità con conducibilità idraulica  $K= 10^{-5}-10^{-3}$  m/s), che ospita una falda idrica a superficie libera, alimentata direttamente dalla superficie per infiltrazione delle acque meteoriche e collegata idraulicamente con il reticolo idrografico.

Durante l’esecuzione delle indagini geologiche (12/01/2017), nei fori creati dalle prove penetrometriche è stata misurata tramite freatimetro graduato la soggiacenza della falda idrica (ovvero la profondità da piano campagna) (fig.8): questa si imposta ad una quota variabile tra i 5 e i 6 metri di profondità da p.c., misura in accordo con quanto determinato negli studi pregressi precedentemente menzionati relativi al 2005 e al 2013.

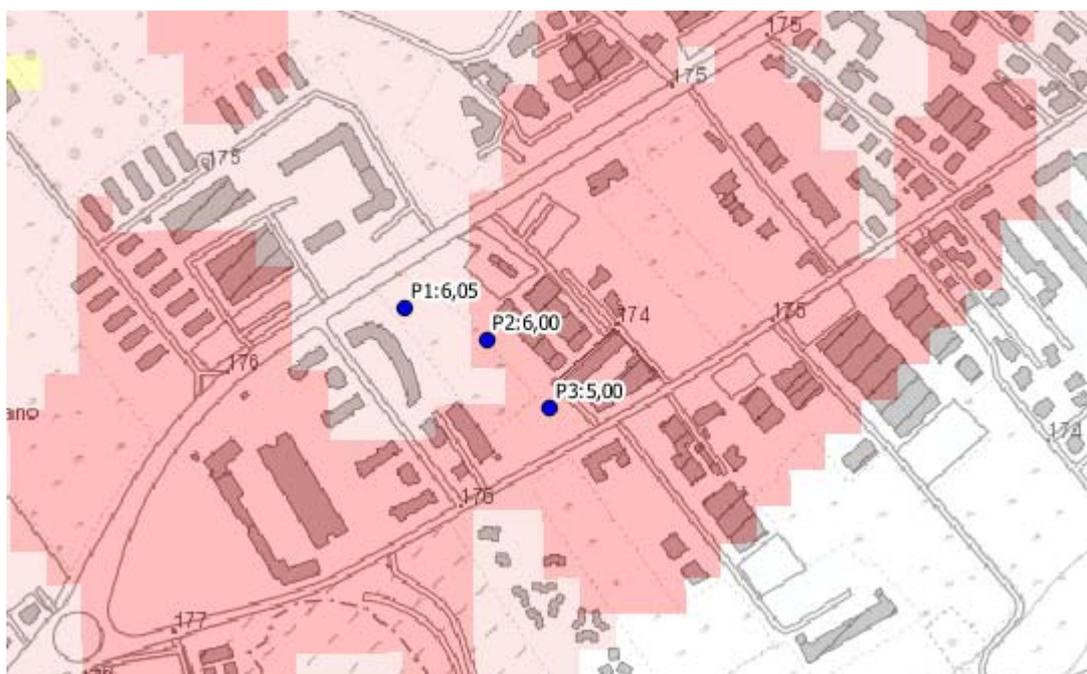


Figura 8 – Soggiacenza della falda idrica superficiale. In rosa i dati della campagna di misura della Regione Piemonte del 2002: rosa scuro classe di soggiacenza 0-5m; rosa chiaro classe di soggiacenza 5-10m. P1, P2 e P3: valori espressi in metri misurati in sito durante l'esecuzione delle prove geognostiche (gennaio 2017).

### 3.3 INDAGINI GEOLOGICHE e STRATRIGRAFIA

La ricostruzione litostratigrafica derivante dalle indagini geologiche, eseguite in corrispondenza dello sviluppo areale di ciascuna palazzina, ha consentito il raggiungimento di un'adeguata definizione del quadro litologico del sottosuolo in esame. Nella presente sezione sono descritte dettagliatamente le unità litotecniche individuate.

Il sottosuolo è stato indagato per mezzo dell'elaborazione dei risultati di indagini geognostiche e geofisiche (cfr. cap.5 e Allegati) svolte in situ; queste sono consistite nell'esecuzione di n.3 prove penetrometriche dinamiche, spinte sino alla profondità di circa 7 metri, le cui ubicazioni sono riportate in tabella 1 e in figura 9 e n.3 indagini geofisiche.

Tabella 1 - Coordinate geografiche delle prove realizzate.

<b>Coordinate Geografiche</b>		
<b>Identificativo</b>	<b>Latitudine</b>	<b>Longitudine</b>
SCPT1	44,687038°	8,009610°
SCPT2	44,686761°	8,010403°
SCPT3	44,686227°	8,011095°

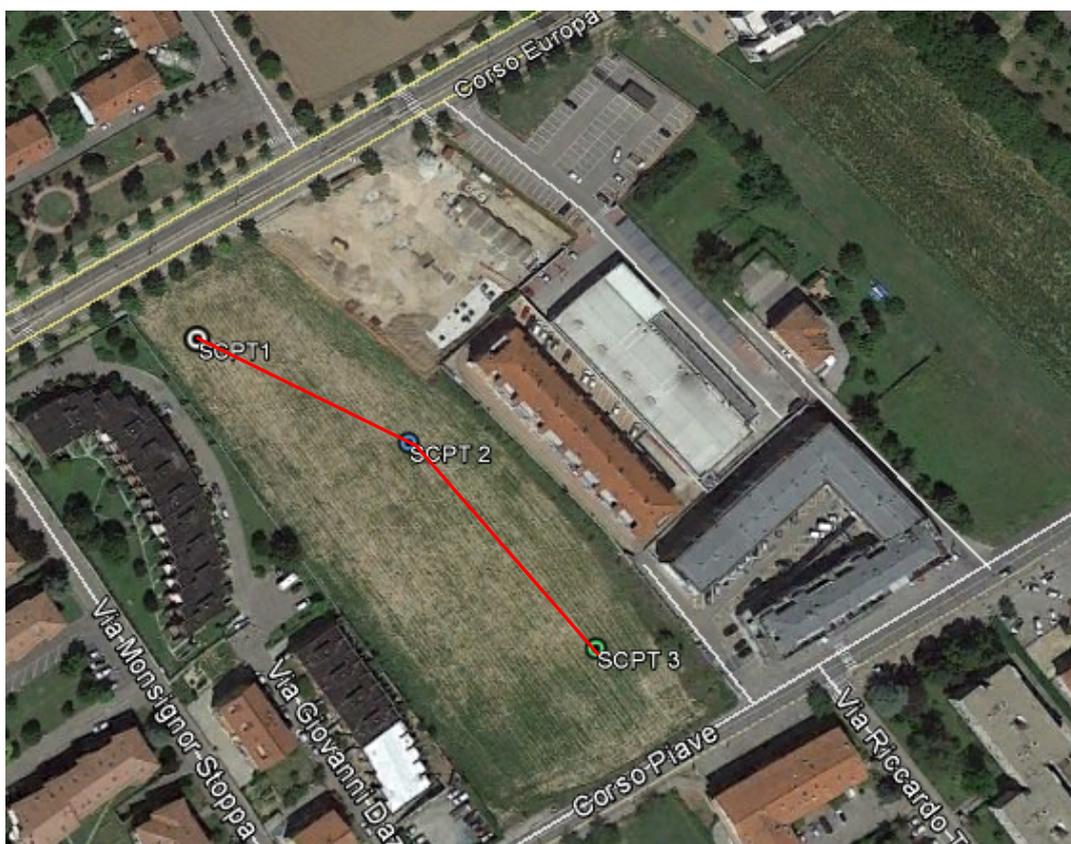


Figura 9 – Ubicazione prove penetrometriche e in rosso la traccia della sezione litostratigrafica interpretativa.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove penetrometriche, si è potuto ipotizzare la seguente successione litologica, rappresentata anche in figura 10 e caratterizzata da tre livelli litostratigrafici diversi:

- ✓ Livello 1: limo sabbioso debolmente argilloso, da sciolto a poco consistente, spessore variabile tra 4,00 e 4,60 metri;
- ✓ Livello2: sabbie con locale ghiaietto da poco a moderatamente addensate, spessore variabile da 0,40 metri a 2,20 metri;
- ✓ Livello 3: ghiaie sabbiose con ciottoli molto addensate.

Le litologie rinvenute risultano essere congruenti con il contesto geologico in cui si inserisce la zona. Durante l'estrazione delle aste dai fori, le stesse hanno evidenziato presenza di acqua appartenente alla falda idrica superficiale che si imposta all'interno dello strato sabbioso.

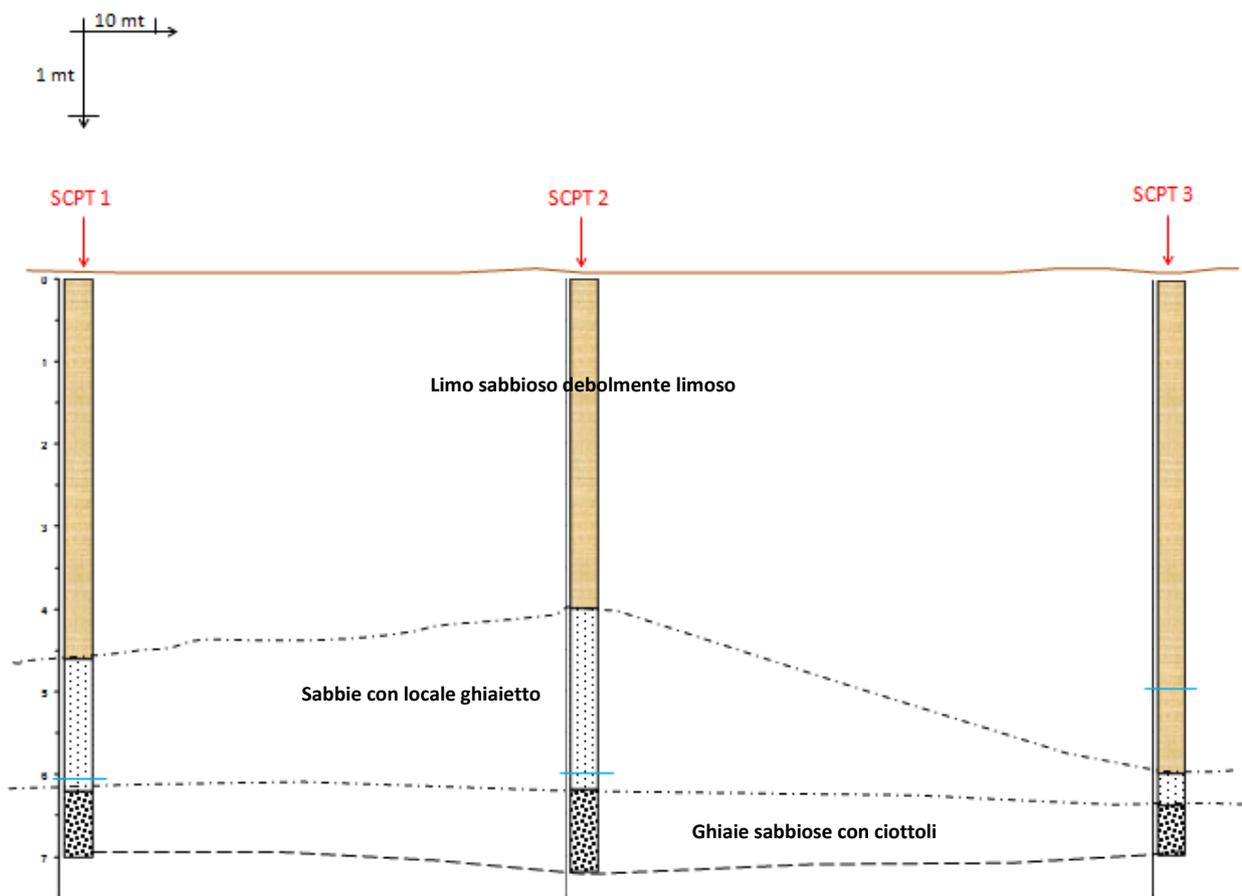


Figura 10 – Sezione litostratigrafica interpretativa (direzione sezione N-NW/S-SE), con indicazione della profondità della falda idrica misurata.

#### 4. VINCOLI e PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Per la definizione dei vincoli e della pericolosità geologica presenti sul lotto, si è fatto riferimento alla cartografica regionale relativa al rischio sismico, espresso dalla normativa nazionale e regionale, ed agli allegati tecnici di P.R.G.C..

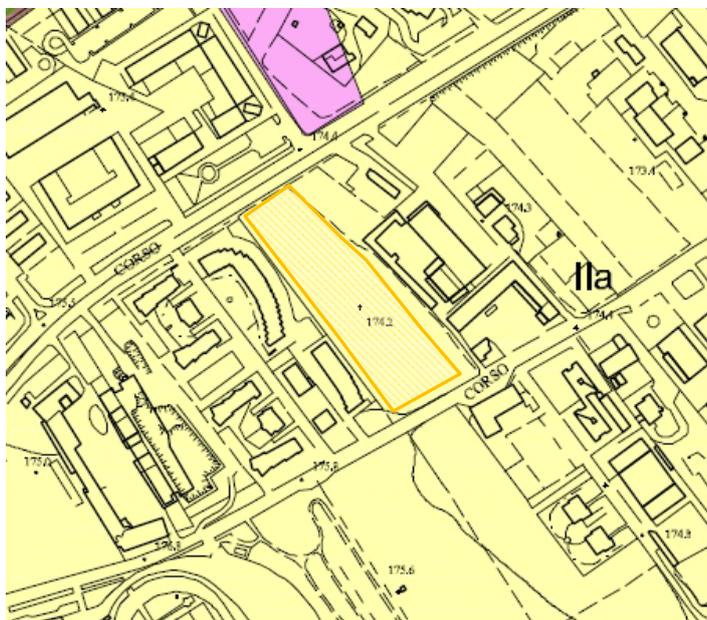
##### 4.1 VINCOLO SISMICO

Le O.P.C.M. n°3274/2003 e n.3519/2006, classificano il Comune di Alba in Zona 4 di rischio sismico con un'accelerazione orizzontale al suolo  $ag < 0,05$ ; la Regione Piemonte recepisce al normativa nazionale, attraverso la D.G.R. n.61-11017/2003 e la D.G.R. n.11-13058/2010. Sulla base del Rapporto conclusivo dell'I.N.G.V. a supporto dell'O.P.C.M. del 2003 e del 2006, il sito in esame non ricade in nessuna zona sismogenetica.

La caratterizzazione e la risposta sismica locale, con definizione dei parametri e coefficienti sismici, sono relazionati nel capitolo 6. "Aspetti Sismici" della presente relazione secondo quanto prescritto dal D.M. 14/01/2008.

## 4.2 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

La cartografia relativa al quadro dei dissesti sul territorio allegata al P.R.G.C vigente, a seguito degli studi e degli interventi strutturali e non strutturali eseguiti post-alluvione del novembre 1994, inserisce l'area in **Classe IIa** (*moderata pericolosità geomorfologia - ambito di pianura*), ossia in "Porzioni di territorio



*subpianeggianti, interessati da uno o più fattori penalizzanti quali acque di esondazione a bassa energia, prolungato ristagno delle acque meteoriche, scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura, eterogeneità dei terreni di fondazione"* (fig.11), in cui subordinatamente all'esito di indagini geognostiche, studi geologici e geotecnici, ed alla realizzazione di accorgimenti tecnici, sono consentiti tutti interventi di nuova costruzione.

Figura 11 – Stralcio della Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione urbanistica, con indicazione dell'area di indagine.

## 5. MODELLO GEOTECNICO

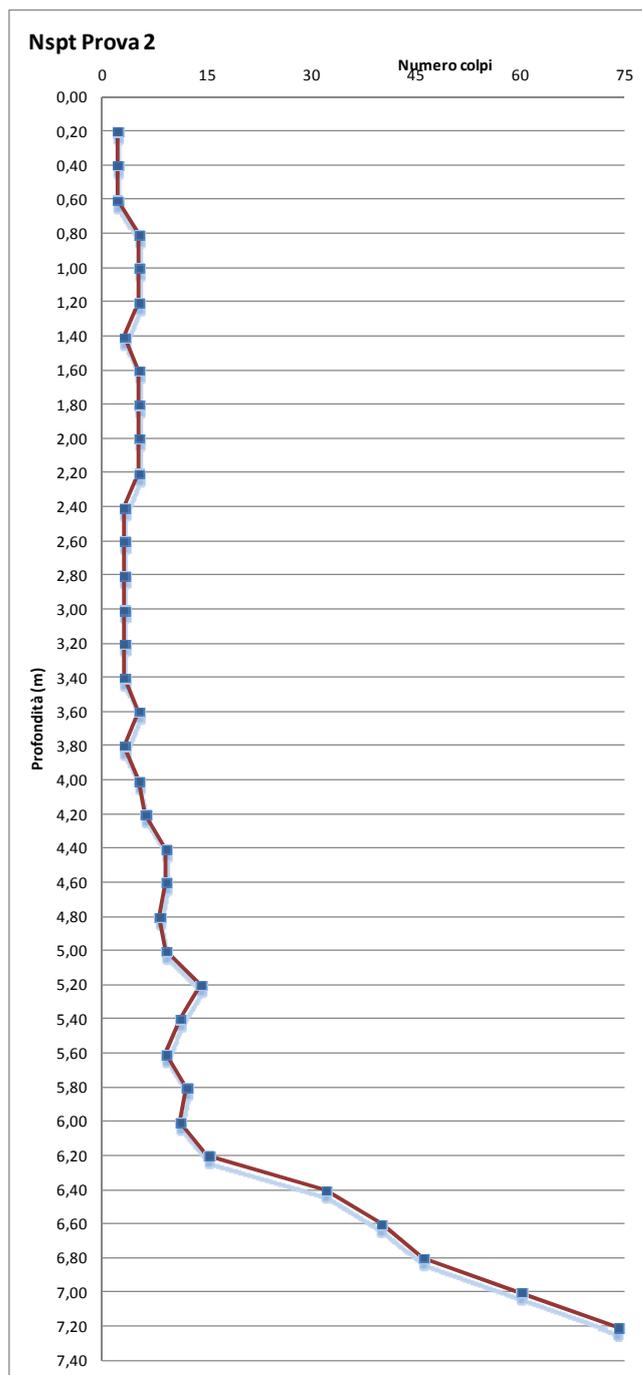
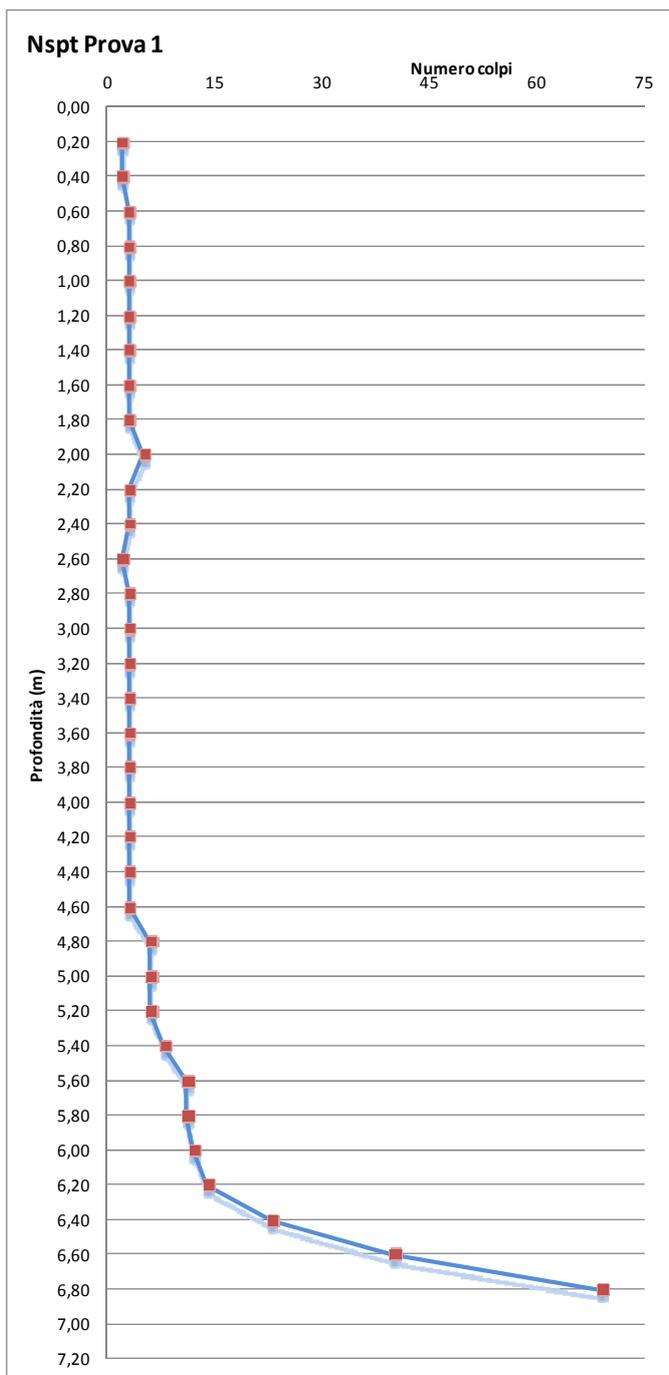
Il modello geotecnico è stato indagato e definito attraverso la realizzazione di n.3 prove penetrometriche dinamiche di tipo SCPT (Standard Cone Penetration Test) e l'esecuzione di n.3 indagini sismiche.

### 5.1 INDAGINE GEOTECNICA

Le prove SCPT sono realizzate attraverso l'infissione a percussione nel terreno di una punta conica per mezzo di un maglio di 63,5 Kg lasciato cadere da un'altezza di 0,75 m (cfr. Allegati). La prova penetrometrica dinamica è una prova nel corso della quale si misura la resistenza alla penetrazione ogni 20 cm di un utensile standardizzato. Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano il numero di colpi  $N_{spt}$ : pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ , tramite la correlazione  $N_{SCPT} = \beta_t * N_{20}$  (fig.12).

La profondità massima raggiunta è stata di 7,20 m dal p.c., durante l'esecuzione della prova n.2.

Le principali caratteristiche geotecniche dei terreni in sito, ricavate dalle indagini e riviste alla luce di nuove correlazioni, sono riassunte nella tabella 2 e nei certificati di esecuzione delle prove riportate in ALLEGATI (Prove penetrometriche dinamiche e relative elaborazioni).



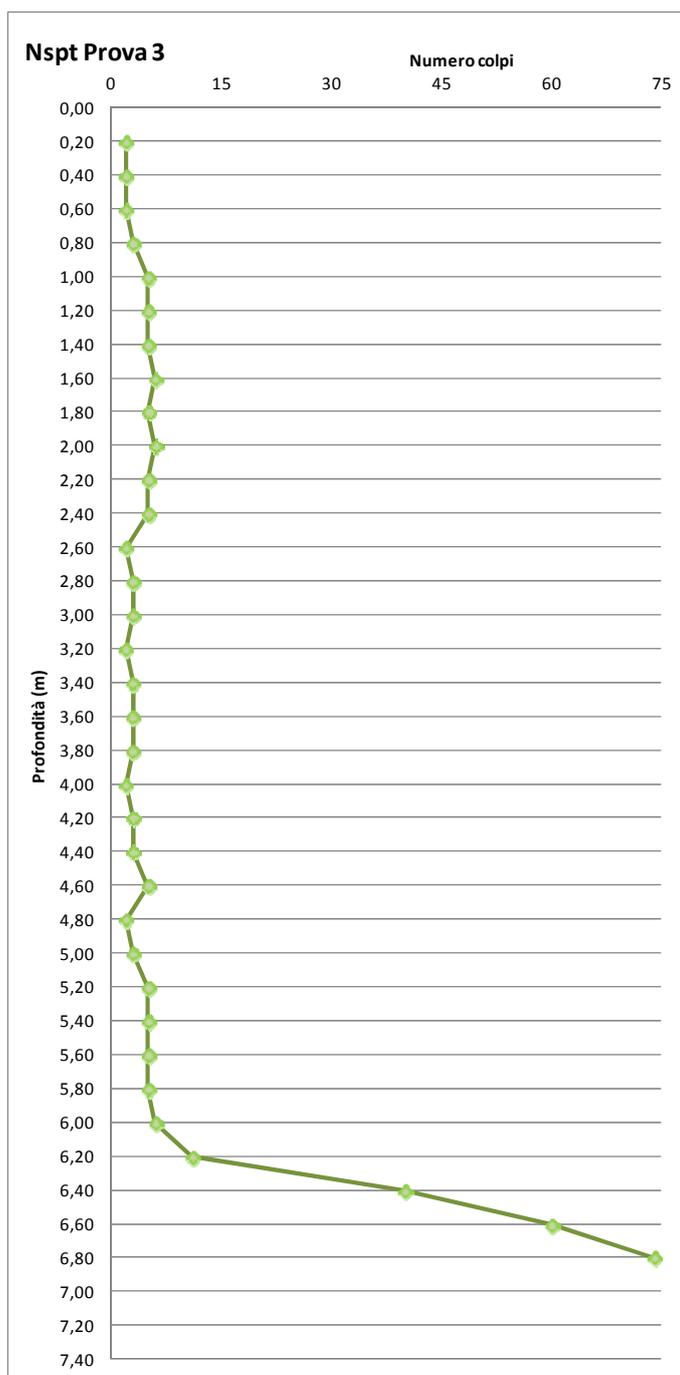


Figura 12 – Diagrammi Nspt delle 3 prove penetrometriche dinamiche SCPT.

Sulla base dei dati ottenuti si riscontrano tre orizzonti geotecnici: Orizzonte A corrispondente al livello litologico 1 (potenza circa 4,50 m), Orizzonte B corrispondente al livello litologico 2 (spessore variabile da 0,40 a 2mt) ed Orizzonte C corrispondente al livello litologico 3 precedentemente descritti.

In particolare si possono individuare i seguenti livelli litologici caratterizzati dai parametri geotecnici **nominali minimi** riassunti nella seguente tabella.

Tabella 2 – Principali parametri geomeccanici del terreno indagato estrapolati dalle prove eseguite in sito (valori nominali).

ORIZZONTE GEOTECNICO A								
$\phi$ (°)	$\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cmq)	Dr (%)	K0	Nspt medio	Modulo Winkler*	Ed (kg/cmq)
21	1,65	1,75	0,31	12,14	0,56	3	5	36
ORIZZONTE GEOTECNICO B								
$\phi$ (°)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cmq)	Dr (%)	K0	Nspt medio	Modulo Winkler*	Ed (kg/cmq)
23	1,70	1,84	/	23,95	9,37	9	10-20	46
ORIZZONTE GEOTECNICO C								
$\phi$ (°)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cmq)	Dr (%)	K0	Nspt medio	Modulo Winkler*	Ed (kg/cmq)
29,85	2,07	2,16	/	62,77	6,21	54	10-25	98

\*: da bibliografia.

## 5.2 INDAGINE SISMICA

Le prospezioni sismiche sono metodi di indagine geofisica basati sullo studio della propagazione delle onde sismiche sia naturali che generate artificialmente; esse dipendono dalle caratteristiche elastiche dei terreni: i principi di tale metodologia si basano per questo sulla teoria dell'elasticità. Le onde sismiche viaggiano nel sottosuolo a diverse velocità attraverso i diversi litotipi e subiscono sulle superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. La velocità di propagazione di un impulso sismico, può mutare anche nell'ambito di uno stesso litotipo perché, per variazioni di compattazione, fratturazione, porosità, ecc., cambiano le caratteristiche elastiche. I metodi di prospezione sismica utilizzati in questa campagna geofisica sono: 1 prova **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), finalizzata ad ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali Vs nei primi 30 m di sottosuolo da cui ricavare le onde sismiche legate ad un evento tellurico, n. 1 **indagine sismica a rifrazione** per una visualizzazione/sezione dei riflettori, i cui materiali geologici subiscono riflessioni e rifrazioni durante la loro propagazione, a causa delle eterogeneità cristalline, e n. 1 **indagine sismica passiva HVS**R per la determinazione della frequenza di risonanza del terreno. Nelle schede monografiche di dettaglio presenti in Allegato, sono riportate le descrizioni della 3 metodologie utilizzate e le relative elaborazioni effettuate.

### 5.2.1 Indagine geofisica tramite tecnica MASW

L'indagine sismica di tipo MASW (Multi Channel Analysis of Surface Waves) sfrutta le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza). Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs. L'acquisizione è stata quindi effettuata con un sismografo multicanale PASI GEA24 della

PASI S.r.l. a 24 canali dotato di convertitore analogico/digitale integrato con un computer portatile su cui è installato un apposito programma che gestisce la visualizzazione, l’analisi e la memorizzazione delle forme d’onda registrate. I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello Vs/profondità attendibile (fig.13).

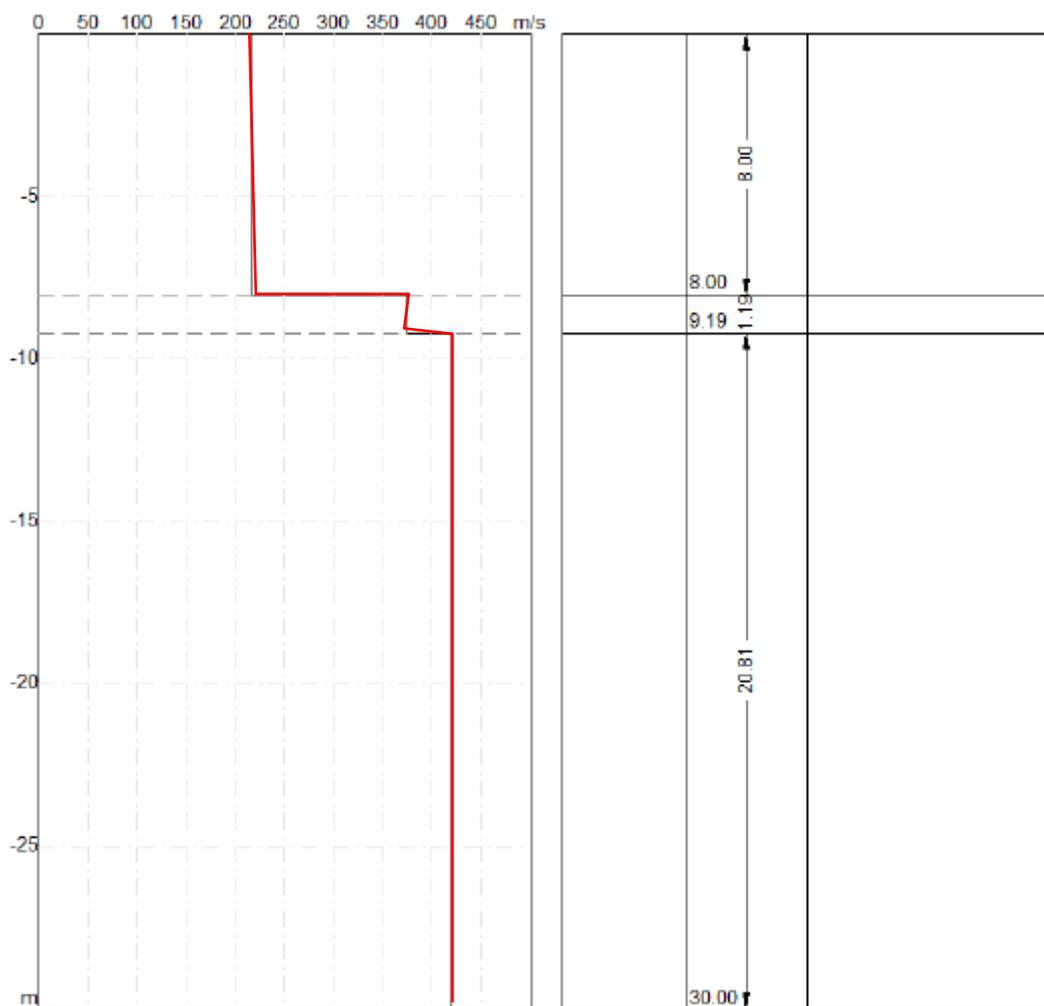


Figura 13 - Profilo di velocità delle onde tramite indagine MASW

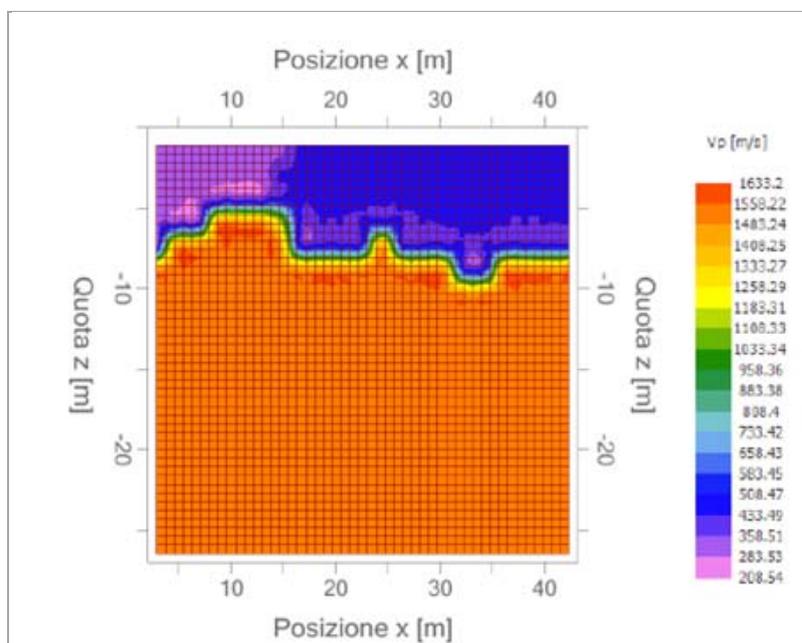
L’indagine eseguita ha permesso la determinazione dell’andamento della velocità delle Vs fino a circa 30 m di profondità e di conseguenza determinare la categoria di suolo ai sensi della tabella 3.2.II delle N.T.C. del D.M. 14/01/2008, nonché valutare in modo qualitativo alcuni parametri geomeccanici dei terreni attraversati dalle onde sismiche (coeff. Piosson, modulo deformazione taglio,...).

<b>Vs30 [m/sec]</b>	<b>334,26</b>
<b>Categoria del suolo</b>	<b>C</b>

### 5.2.2 Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione consiste nella registrazione dei tempi d'arrivo delle onde di compressione (onde P), create allo scopo tramite opportuna energizzazione e rifratte dalle superfici che costituiscono contrasti di impedenza del sottosuolo. La registrazione si realizza attraverso uno stendimento di geofoni disposti ad intervalli regolari lungo il profilo da indagare. L'equidistanza tra i geofoni ed il loro numero dipendono dal dettaglio e dal target (profondità di indagine). La misura dei tempi d'arrivo delle onde P ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità degli orizzonti rifrattori presenti nel sottosuolo e, nel caso di misura anche delle onde secondarie o di taglio (S), di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento dei riflettori circa nei primi 12 m di profondità, mantenendo la medesima configurazione della MASW, ed è stata analizzata ogni singola traccia per individuare gli strati con velocità differenti di propagazione delle onde sismiche. Lo strumento utilizzato è il sismografo PASI GEA24 a 24 canali; nello specifico è stato realizzato uno stendimento della lunghezza di 48,0 m, posizionando il primo geofono di riferimento (G1) in corrispondenza del punto avente coordinate x,y (0,0) e distanziando successivamente gli altri geofoni di 4,0 m (cfr. Allegati), discriminando orizzonti stratigrafici caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde sismiche  $V_p$  e  $V_s$  e ricavare una stratigrafia del sottosuolo rappresentante i terreni attraversati, per una profondità di indagine di circa 12 metri.



### 5.2.3 Indagine sismica passiva HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito e successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, per una durata non inferiore ai 20 minuti, registrando per ciascuna frequenza di rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire anche il profilo in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30 (cfr. Allegati).

## 6. ASPETTI SISMICI – Risposta Sismica Locale (RSL)

Come anticipato nel capitolo 3, il sito in esame ricade in Zona sismica 4 (fig.14); la definizione del grado di sismicità, con la quale è stato suddiviso il territorio nazionale, è riferito ai valori di accelerazione orizzontale al suolo ag, discendente dall'attuazione degli indirizzi europei sull'argomento, che per le zone 4 risulta essere minore o uguale di 0,05, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

### 6.1 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA E PARAMETRI SISMICI DEL SITO

Al fine di procedere con la determinazione dei parametri sismici, sono stati prima considerati i parametri relativi a vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento della struttura secondo quanto indicato nelle tabelle 2.4.I e 2.4.II del D.M. 14/01/2008.

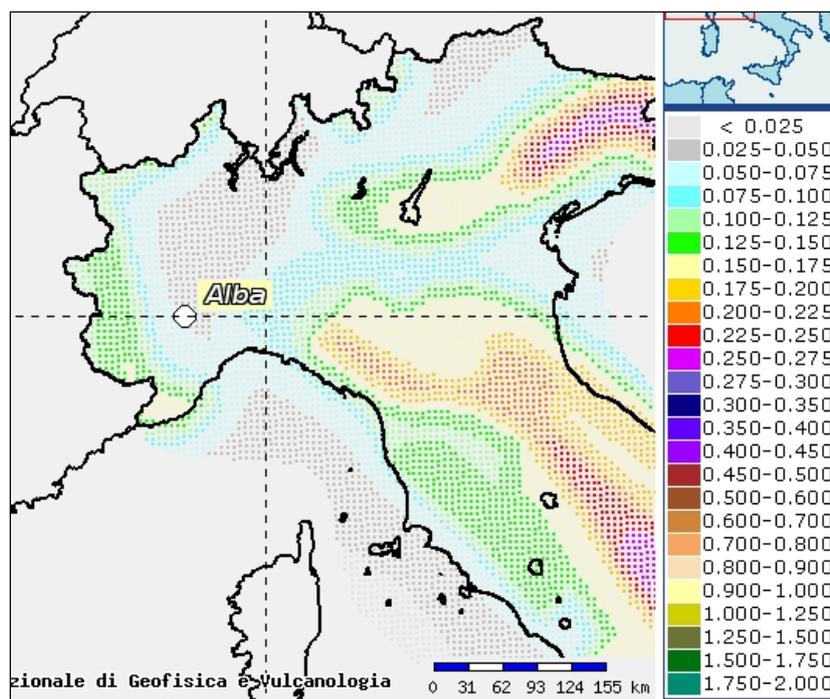


Figura 14 - Estratto mappa interattiva della pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale (tratta da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Vita della struttura

- Vita nominale           ⇒      $V_N = 50$  anni
- Classe d'uso            ⇒     II
- Coefficiente d'uso     ⇒      $C_u = 1$
- Vita di riferimento    ⇒      $V_R = V_N * C_u = 50$  anni

Successivamente attraverso i valori sopra riportati e la posizione geografica del sito, si sono ottenuti un valori di accelerazione  $a_g$  e relativi parametri associati per i diversi Stati Limite considerati, in funzione di un determinato periodo di riferimento (tab.2).

Tabella 2 – Parametri sismici dell'area (Edilus-MS).

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g/g$ [-]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
Operatività	30	0.019	2.603	0.160
Danno	50	0.024	2.588	0.190
Salvaguardia Vita	475	0.048	2.686	0.291
Prevenzione Collasso	975	0.057	2.793	0.306

$T_r$ : Periodo di ritorno dell'azione sismica. [t] = anni.

$a_g/g$ : Coefficiente di accelerazione al suolo.

$F_0$ : Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_c^*$ : Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

## 6.2 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La definizione dell'azione sismica di progetto, i valori precedentemente ottenuti devono essere corretti con parametri che tengano conto di alcune condizioni particolari del sito, quali:

- Categoria di Suolo (su cui insiste il fabbricato) tab.3.2.II delle NTC D.M. 14/01/2008
- Amplificazione Topografica tab.3.2.IV delle NTC D.M. 14/01/2008

### Categoria di Suolo

La classificazione della categoria di suolo è stata effettuata attraverso la misura della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio con la prova geofisica MASW, descritta nel capitolo precedente. Con la MASW (fig.13) si è ottenuto un valore di  $V_{s,30}$  di 334,26 m/s, permettendo di classificare dal punto di vista stratigrafico, il terreno nel profilo **C** (NTC D.M. 14/01/2008), ossia *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SP730} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)”*.

### Amplificazione Topografica

La categoria di superficie topografica è identificata in **T1** e per tener conto delle condizioni topografiche un coefficiente topografico **ST** pari a **1,00**, (cfr.tab. 3.2.VI-DM14/01/2008).

Riepilogando:

#### Caratteristiche sismiche terreno

Topografia	⇒	T1
Coeff. topografico	⇒	$S_T = 1,00$
Categoria suolo	⇒	C
Amplificazione strat.	⇒	$S_S = 1,50$

I parametri sismici relativi agli Stati Limite di Operatività (SLO), Danno (SLD), salvaguardia della Vita (SLV) e di prevenzione dal Collasso (SLC), per una categoria sottosuolo di tipo C, coefficiente topografico (T1), con periodo di riferimento di 50 anni e classe d'uso II, calcolati in funzione della presenza di fondazioni, sono sintetizzati nella tabella seguente.

Tabella 3 – Coefficienti sismici RSL (Geostru Ps).

COEFFICIENTI SISMICI					
Stato limite	Cc	kh	kv	Amax (m/sec <sup>2</sup> )	Beta
SLO	1,92	0,006	0,003	0,285	0,200
SLD	1,82	0,007	0,004	0,357	0,200
SLV	1,57	0,014	0,007	0,708	0,200
SLV	1,55	0,017	0,009	0,834	0,200

dove:

Cc ⇒ Coefficiente funzione Categoria sottosuolo.

Kh =Khk⇒ Coefficiente pseudo statico orizzontale di inerzia della struttura.

Kv ⇒ Coefficiente pseudo statico verticale di inerzia della struttura.

Amax ⇒ Accelerazione sismica orizzontale massima attesa sul sito in esame (ag\*St\*Ss\*g)

Beta ⇒ Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa sul sito in esame.

### 6.3 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

La Normativa prevede che la suddetta verifica possa essere omessa qualora si presenti almeno una condizione evidenziata nel paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC/2008. Nel caso in esame i principali elementi di esclusione sono:

- eventi sismici attesi di magnitudo *M* inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) inferiori a 0,1 g.

### 7. COMPATIBILITÀ GEOLOGICA e PRESCRIZIONI TECNICHE: CONCLUSIONI

Lo studio condotto e descritto nella presente relazione è stato svolto a supporto del progetto di un Piano Esecutivo Convenzionato da realizzarsi nel Comune di Alba, caratterizzato n.3 fabbricati residenziali, ciascuno dei quali composto da 4 piani fuori terra ed uno interrato. Al fine di valutare la fattibilità geologica dell'intervento e provvedere alle verifiche dettate dalla normativa, sono state eseguite n.3 prove penetrometriche dinamiche (S.C.P.T.) e n.3 indagini sismiche con l'acquisizione di dati geotecnici relativi al terreno di fondazione, la definizione della categoria di suolo attraverso la valutazione delle Vs30 e il contestuale modello geologico e geotecnico del sottosuolo, come richiesto da normativa vigente (D.M. 14/01/2008), rappresentato da tre livelli litologici sovrapposti (dal più superficiale): livello 1 limo sabbioso debolmente argilloso, da sciolto a poco consistente; livello2: sabbie con locale ghiaietto da poco a moderatamente addensate; livello 3: ghiaie sabbiose con ciottoli molto addensate.

Secondo gli elaborati cartografici del P.R.G.C., il sito è cartografato in Classe IIa di pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica (pericolosità moderata ambito di pianura); la documentazione prodotta dall'ente preposto alla pianificazione territoriale (Comune di Alba) mostra come il settore oggetto dell'intervento sia stato coinvolto indirettamente dall'ondata di piena durante l'evento alluviale del novembre1994, in quanto l'area è stata interessata dalle acque di rigurgito della rete idrica

comunale per effetto del collasso della stessa rete fognaria (acque bianche/grigie), che non è stata più in grado di contenere le stesse all'interno del proprio sistema di raccolta e smaltimento.

Secondo quanto previsto dalle linee progettuali e dalle considerazioni fin qui esposte, si può affermare che l'intervento previsto risulta essere geologicamente compatibile con l'assetto idrogeologico circostante in quanto:

- ✓ nella **Classe IIa** di pericolosità geomorfologica e all'utilizzazione urbanistica, secondo quanto prescritto dall' art.74 delle NTA di P.R.G.C., sono sempre ammessi interventi di nuova costruzione;
- ✓ Esaminando i documenti cartografici geomorfologici e dei dissesti (cfr. par. 3), si osserva come l'evento alluvionale del novembre 1994 sia stato uno scenario estremo ed anomalo rispetto a quelli passati e le acque, che hanno interessato il lotto edificabile furono conseguenti al collasso delle reti idrografica fognaria comunale e, pertanto, le opere in progetto risultano essere compatibili con l'evento in esame vista la messa in opera ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici da realizzarsi nell'ambito del singolo lotto edificatorio;
- ✓ La realizzazione delle palazzine, la parte del sito non oggetto di edificazione che sarà risistemata per la formazione di aree destinate a verde (circostanti i fabbricati) e la nuova strada, non andranno ad alterare in maniera gravosa gli equilibri geo-idrologici al contorno, in quanto è previsto il potenziamento del sistema di raccolta e regimazione delle acque meteoriche verso i collettori presenti lungo C.so Europa e preposti allo scopo.
- ✓ Il piano interrato in progetto non andrà ad alterare gli equilibri idrogeologici della falda idrica a superficie libera vista la profondità alla quale si attesta: la quota di progetto del piano finito del locale autorimessa risulta essere più superficiale rispetto a quella della falda misurata durante le indagini in sito.
- ✓ L'intervento non andrà ad incidere in maniera negativa sulla propensione edificatoria della zona limitrofa in quanto già fortemente urbanizzata e collaudata, né condizionarne la propensione all'utilizzo o alla futura edificazione dei lotti adiacenti.

**Operazioni di scavo.** Gli scavi in progetto saranno quelli necessari la realizzazione dei locali destinati ad autorimessa e cantine. Durante le operazioni di scavo, per la realizzazione dell'ingombro areale, è opportuno che il terreno non rimanga a contatto con le acque di precipitazione meteorica o di infiltrazione; occorrerà: -) realizzare un fosso di guardia lungo tutto il perimetro dell'area di cantiere allontanandole, e prevedendo eventualmente, opere di sostegno idonee per ridurre le spinte del terreno; -) qualora si verificassero precipitazioni si impone la copertura delle pareti di scavo con teli impermeabili.

Si consiglia durante la fase di cantiere di prevedere sostegni adeguati e/o pendenze delle pareti dello scavo tali da impedire qualunque tipo di smottamento di terreno verso l'interno scavo.

**Tipologia di fondazione.** Nel caso venga scelto l'impiego di una fondazione superficiale di tipo a platea, data la natura del terreno in sito negli strati più superficiali, molto fini e pseudo coerenti, si consiglia la "bonifica" del terreno di fondazione al fine di migliorare la capacità portante dello stesso attraverso la posa di uno strato drenante (es. ghiaia/ghiaietto grossolano) dello spessore di circa 20 cm al di sotto, previa compattazione del fondo scavo. È anche consigliabile di prevedere la creazione di un sistema di aereazione, tramite vespaio, al di sopra della fondazione.

Sarà cura dello strutturista portare a verifica le opere (struttura globale e terreno di fondazione) agli Stati Limite Ultimi e Stati Limite d'Esercizio, sulla base dei carichi totali applicati sul terreno secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

**Sistemazione idrogeologica.** Particolare cura dovrà essere posta nel corretto disciplinamento ed allontanamento delle acque di ruscellamento meteorico evitandone il più possibile l'infiltrazione nel sottosuolo e il ristagno in superficie; il conferimento delle acque stesse dovrà avvenire esclusivamente all'interno di sistemi di raccolta idonei allo smaltimento: in merito a ciò le acque meteoriche ricadenti sulle superficie impermeabili, quali tetti, gronde, terrazzi, balconi e aree asfaltate (marciapiedi, strada e rampe di accesso alle autorimesse, dovranno essere intercettate e incanalate esclusivamente all'interno di sistemi di raccolta idonei allo smaltimento, ispezionabili con pozzetti e griglie, senza portare aggravio sui terreni circostanti, e convogliate nel sistema di smaltimento comunale delle acque bianche/grigie già presente, andando a potenziare lo stesso attraverso ulteriori opere.

In merito all'apporto quantitativo idrologico e il relativo dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulle nuove coperture e/o superfici impermeabili, si rimanda allo studio idraulico e allo studio di compatibilità idraulica a firma dell'Ing. Donato.

Il piano terreno e la soglia di ingresso del piano seminterrato dovranno essere impermeabilizzati in modo tale da minimizzare eventuali risalite ed effetti della presenza di acqua di falda sulla stabilità complessiva del fabbricato.

In conformità a quanto descritto nei paragrafi precedenti e in relazione alle caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno di fondazione, è possibile rilevare che i risultati evidenziati e commentati nel testo della presente relazione geologica - geotecnica, rispecchiano quanto prescritto dalle Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. e del D.M. 14/01/2008, e permettono di accertare la fattibilità dell'intervento in progetto con l'assetto territoriale riscontrato, rispettando le prescrizioni fin qui descritte.

Alba, 06 febbraio 2017

**Il Tecnico Incaricato**



(Dr.ssa Geol. Annalisa Bove)

**ALLEGATI**

- Allegato fotografico prove penetrometriche
- Certificati, schemi ed elaborazioni geotecniche delle prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T.
- Elaborati Indagini Sismiche



Prova Penetrometrica SCPT 1



Prova Penetrometrica SCPT 2



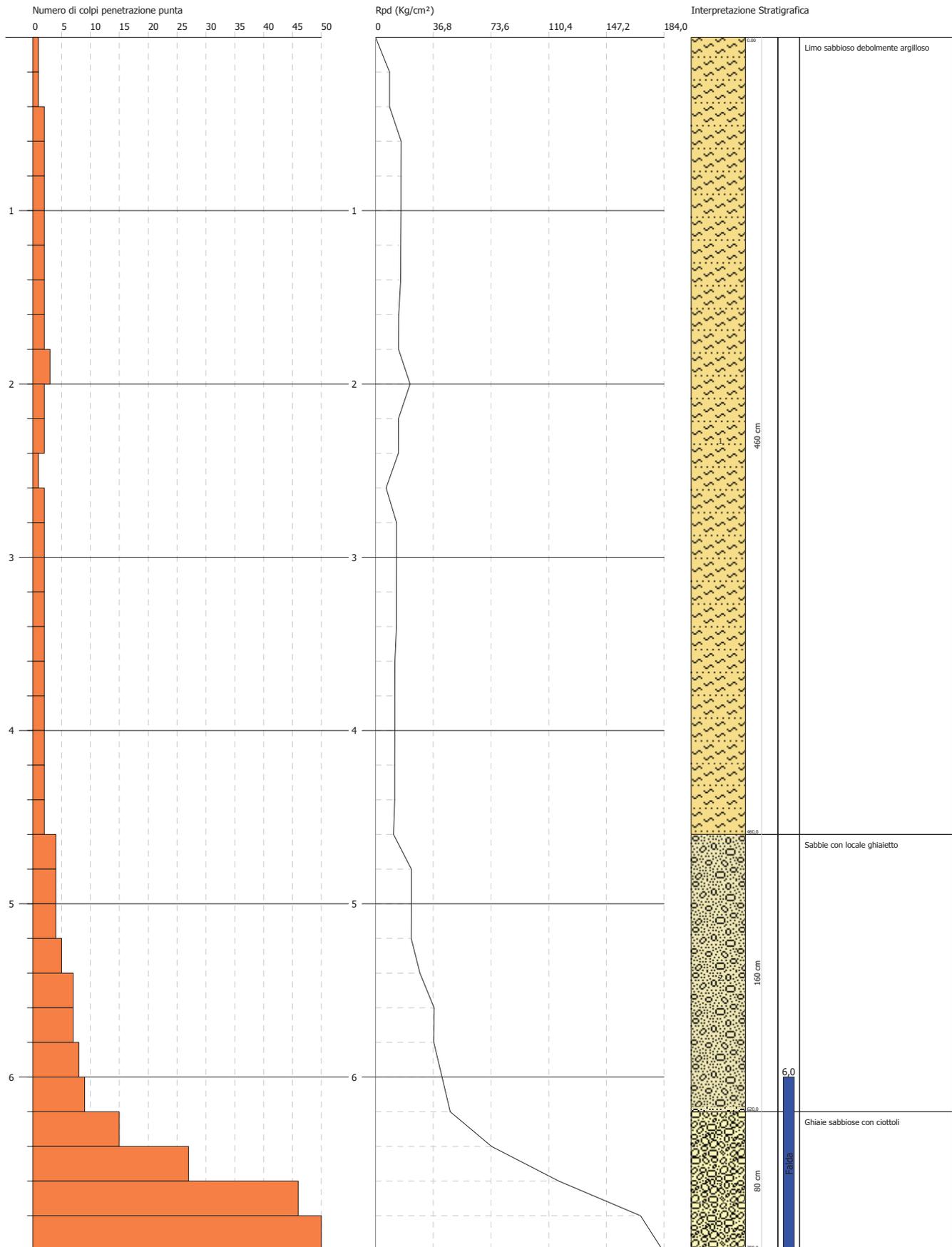
Prova Penetrometrica SCPT3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Dott. Geol. Annalisa Bove  
Cantiere: Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie  
Località: Corso Europa s.n. - Alba (CN)

Data: 12/01/2017

Scala 1:31

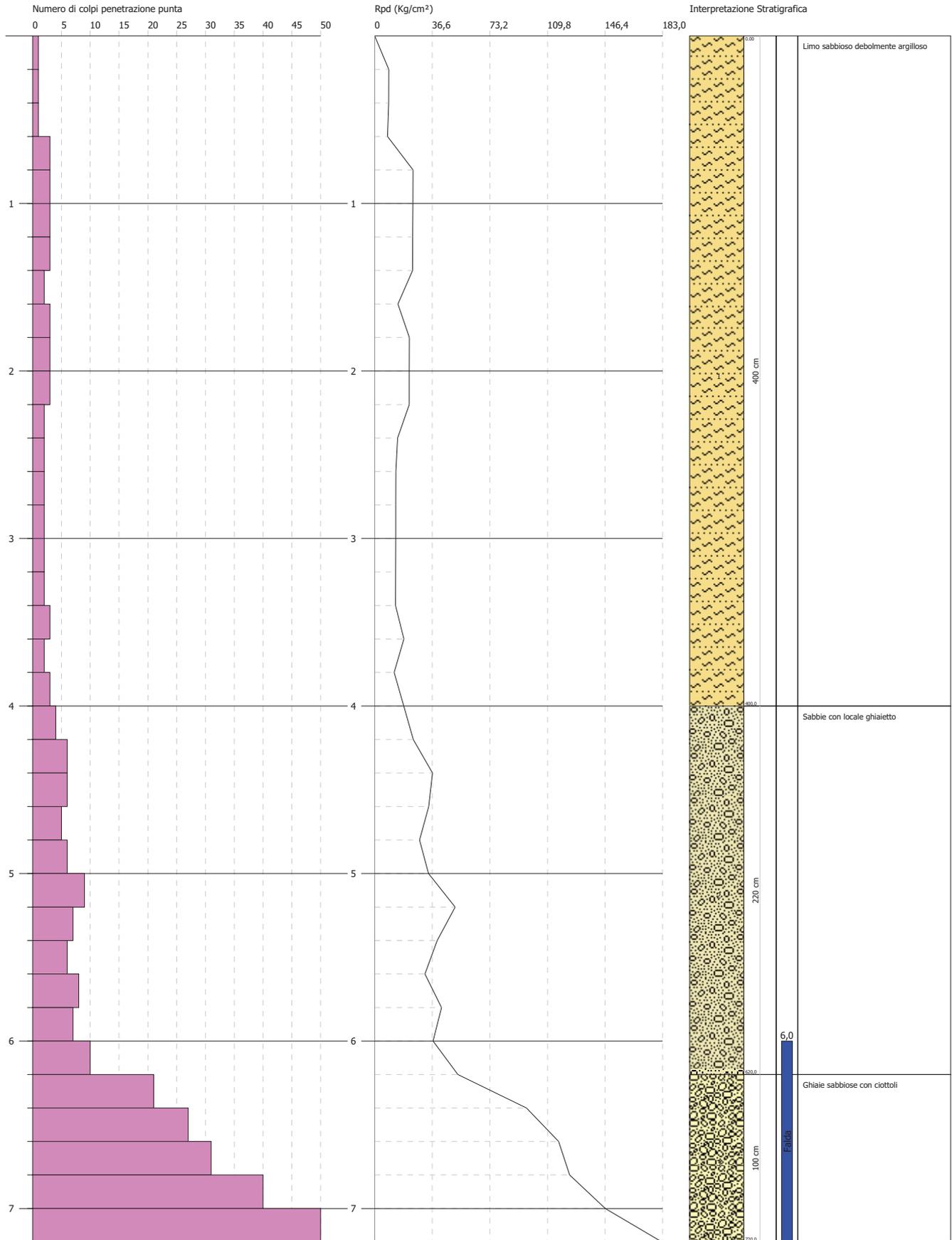


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Dott. Geol. Annalisa Bove  
Cantiere: Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie  
Località: Corso Europa s.n. - Alba (CN)

Data: 12/01/2017

Scala 1:32

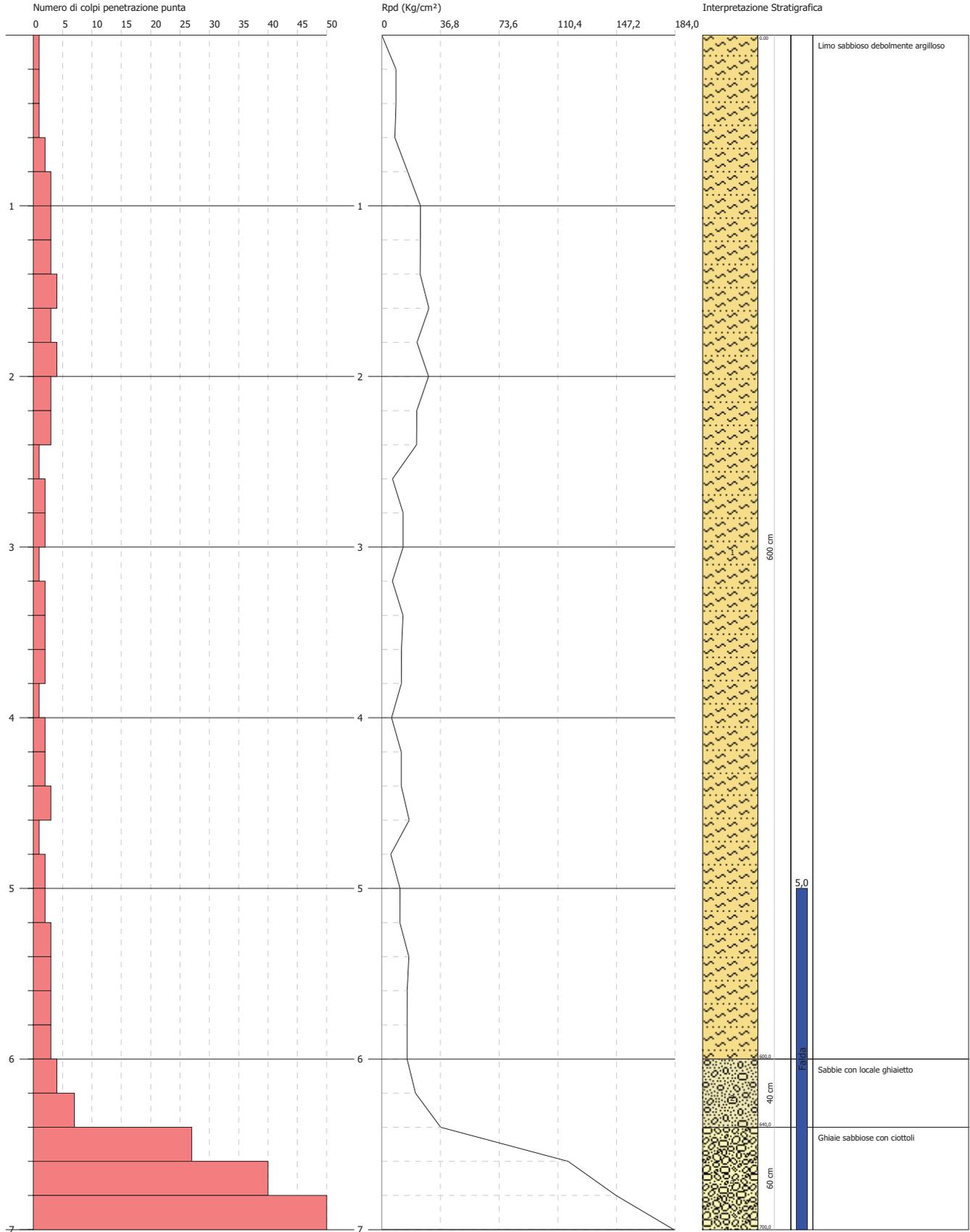


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Dott. Geol. Annalisa Bove  
Cantiere: Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie  
Località: Corso Europa s.n. - Alba (CN)

Data: 12/01/2017

Scala 1:32



**RELAZIONE DI CALCOLO GEOTECNICO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

Committente:

**Dott.ssa Geol. Annalisa Bove**

Cantiere:

**Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie**

Località:

**Corso Europa - Alba (CN)**



**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

GEO CONTESTI s.a.s.

Via E. Giovannelli, 28 - 14100 Asti (AT)  
Tel. e fax: 0141 351106 - Cell.: 393 9558998  
Massimo.castellaro@geologipiemonte.it  
www.GeoContest.it

Il procuratore  
Dott. Geol. Massimo Castellaro



**Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:**

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	M ≤ 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ≥ 60	25

**Penetrometri in uso in Italia**

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento δ=30 cm, punta conica

(α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**

**(DYNAMIC PROBING)**

**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

**Correlazione con Nspt**

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_1 \cdot N$$

Dove:

$$\beta_1 = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + P)}$$

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- δ passo di avanzamento.

**Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd**

Formula Olandese

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- Rpd resistenza dinamica punta (area A).
- e infissione media per colpo (δ/ N).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di  $(N_1)_{60}$ 

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa}{\sigma_{vo}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

$C_s$  parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

$C_d$  funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

$C_r$  parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

## Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

## Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

## Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda

$$N_{spt \text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

## Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

## Valutazioni statistiche e correlazioni

## Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

## Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

## Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

## Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

## Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

## Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

## Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

## Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

## Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

## Distribuzione normale R.C.

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

## Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

## Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

**Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

**Modulo Edometrico**

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

**Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

**Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
9

**Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

**Velocità onde di taglio Vs (m/s)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

**Modulo di deformazione di taglio (G)**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

**Modulo di reazione (K<sub>o</sub>)**

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q<sub>c</sub>)**

- Robertson (1983) - Q<sub>c</sub>

**Correlazioni geotecniche terreni coesivi****Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con N<sub>spt</sub> < 8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). Cu (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
10

- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con N<sub>c</sub> = 20 e Q<sub>c</sub>/N<sub>spt</sub> = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cm<sup>2</sup>), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q<sub>c</sub>)**

- Robertson (1983) - Q<sub>c</sub>

**Modulo Edometrico-Confinato (M<sub>o</sub>)**

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP < 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP < 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -M<sub>o</sub> (Ecd) (Kg/cm<sup>2</sup>)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Q<sub>c</sub>/N<sub>spt</sub>=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (N<sub>spt</sub> < 30) medie e molli ( N<sub>spt</sub> < 4) e argille sabbiose (N<sub>spt</sub> = 6-12).

**Modulo Di Young (E<sub>y</sub>)**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
11

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
12

## PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 12/01/2017  
 Profondità prova 7,00 mt  
 Falda rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	1	0,851	8,94	10,51	0,45	0,53
0,60	2	0,847	16,34	19,29	0,82	0,96
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	2	0,840	16,20	19,29	0,81	0,96
1,20	2	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,40	2	0,833	16,06	19,29	0,80	0,96
1,60	2	0,830	14,78	17,82	0,74	0,89
1,80	2	0,826	14,73	17,82	0,74	0,89
2,00	3	0,823	22,01	26,73	1,10	1,34
2,20	2	0,820	14,62	17,82	0,73	0,89
2,40	2	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,60	1	0,814	6,74	8,28	0,34	0,41
2,80	2	0,811	13,44	16,56	0,67	0,83
3,00	2	0,809	13,39	16,56	0,67	0,83
3,20	2	0,806	13,35	16,56	0,67	0,83
3,40	2	0,803	13,31	16,56	0,67	0,83
3,60	2	0,801	12,39	15,47	0,62	0,77
3,80	2	0,798	12,35	15,47	0,62	0,77
4,00	2	0,796	12,32	15,47	0,62	0,77
4,20	2	0,794	12,28	15,47	0,61	0,77
4,40	2	0,791	12,24	15,47	0,61	0,77
4,60	2	0,789	11,45	14,51	0,57	0,73
4,80	4	0,787	22,85	29,03	1,14	1,45
5,00	4	0,785	22,79	29,03	1,14	1,45
5,20	4	0,783	22,73	29,03	1,14	1,45
5,40	5	0,781	28,34	36,28	1,42	1,81
5,60	7	0,779	37,27	47,84	1,86	2,39
5,80	7	0,777	37,18	47,84	1,86	2,39
6,00	8	0,775	42,40	54,67	2,12	2,73
6,20	9	0,774	47,59	61,51	2,38	3,08
6,40	15	0,722	74,02	102,51	3,70	5,13
6,60	27	0,670	116,88	174,36	5,84	8,72
6,80	46	0,569	168,95	297,06	8,45	14,85
7,00	50	0,567	183,14	322,89	9,16	16,14

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
13

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	Meyerhof	1,62

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	Meyerhof	1,86

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	Ohya & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	96,18

## TERRENI INCOERENTI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Gibbs & Holtz 1957	10,61
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Gibbs & Holtz 1957	24,23
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Gibbs & Holtz 1957	61,72

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Meyerhof (1956)	20,81
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Meyerhof (1956)	22,58
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Meyerhof (1956)	29,59

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
15

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
4,6	1,91	16,6	Incoerente - coesivo	1,62	1,86	0,37	1,48	2,83	Limo sabbioso debolmente argilloso
6,2	6	41,9	Incoerente	1,7	1,91	0,88	1,5	9,02	Sabbie con locale ghiaietto
7	34,5	224,21	Incoerente	2,07	2,16	1,04	1,51	52,1	Ghiaie sabbiose con ciottoli

## Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	Liquefazione possibile al VIII <sup>o</sup> Mercalli
Strato 2	8,94	14,9	23,84	35,76	
Strato 3	9,3	15,5	24,8	37,2	

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

## TERRENI COESIVI

## Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	Schmertmann 1975	0,27

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	Robertson (1983)	5,66

## Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	Vesic (1970)	42,45

## Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	Apollonia	28,30

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
14

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Schmertmann (1978) (Sabbie)	22,64
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Schmertmann (1978) (Sabbie)	72,16
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Schmertmann (1978) (Sabbie)	268,40

## Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	33,28
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	45,99
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	96,38

## Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Classificazione A.G.I.	SCIOLTO
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Meyerhof ed altri	1,44
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Meyerhof ed altri	1,70
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Meyerhof ed altri	2,07

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
16



Peso unità di volume saturo					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,16

Modulo di Poisson					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	236,02
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	479,23
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1069,32

Velocità onde di taglio					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Ohta & Goto (1978) Limi	96,18
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Ohta & Goto (1978) Limi	138,59
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Ohta & Goto (1978) Limi	180,82

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
17



Liquefazione					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Seed e Idriss (1971)	>10

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Navfac 1971-1982	0,47
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Navfac 1971-1982	1,89
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Navfac 1971-1982	6,09

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	2,83	0,00-4,60	2,83	Robertson 1983	5,66
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	9,02	4,60-6,20	9,02	Robertson 1983	18,04
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	52,1	6,20-7,00	33,55	Robertson 1983	67,10

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
18



**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 12/01/2017  
 Profondità prova 7,20 mt  
 Falda rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	1	0,851	8,94	10,51	0,45	0,53
0,60	1	0,847	8,17	9,64	0,41	0,48
0,80	3	0,843	24,40	28,93	1,22	1,45
1,00	3	0,840	24,29	28,93	1,21	1,45
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	3	0,833	24,10	28,93	1,20	1,45
1,60	2	0,830	14,78	17,82	0,74	0,89
1,80	3	0,826	22,09	26,73	1,10	1,34
2,00	3	0,823	22,01	26,73	1,10	1,34
2,20	3	0,820	21,92	26,73	1,10	1,34
2,40	2	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,60	2	0,814	13,49	16,56	0,67	0,83
2,80	2	0,811	13,44	16,56	0,67	0,83
3,00	2	0,809	13,39	16,56	0,67	0,83
3,20	2	0,806	13,35	16,56	0,67	0,83
3,40	2	0,803	13,31	16,56	0,67	0,83
3,60	3	0,801	18,59	23,21	0,93	1,16
3,80	2	0,798	12,35	15,47	0,62	0,77
4,00	3	0,796	18,47	23,21	0,92	1,16
4,20	4	0,794	24,56	30,94	1,23	1,55
4,40	6	0,791	36,73	46,41	1,84	2,32
4,60	6	0,789	34,36	43,54	1,72	2,18
4,80	5	0,787	28,56	36,28	1,43	1,81
5,00	6	0,785	34,18	43,54	1,71	2,18
5,20	9	0,783	51,14	65,31	2,56	3,27
5,40	7	0,781	39,68	50,80	1,98	2,54
5,60	6	0,779	31,95	41,00	1,60	2,05
5,80	8	0,777	42,50	54,67	2,12	2,73
6,00	7	0,775	37,10	47,84	1,85	2,39
6,20	10	0,774	52,88	68,34	2,64	3,42
6,40	21	0,672	96,45	143,52	4,82	7,18
6,60	27	0,670	116,88	174,36	5,84	8,72
6,80	31	0,619	123,87	200,19	6,19	10,01
7,00	40	0,567	146,51	258,31	7,33	12,92
7,20	50	0,566	182,64	322,89	9,13	16,14

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
4	2,3	20,35	Incoerente - coesivo	1,66	1,86	0,33	1,47	3,39	Limo sabbioso debolmente argilloso
6,2	6,73	48,06	Incoerente	1,73	1,92	0,85	1,5	10,12	Sabbie con locale ghiaietto

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
19



7,2	33,8	219,86	Incoerente	2,06	2,16	1,08	1,51	51,04	Ghiaie sabbiose con ciottoli
-----	------	--------	------------	------	------	------	------	-------	------------------------------

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)					
Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	Liquefazione possibile al VIII <sup>o</sup> Mercalli
Strato 2	8,94	14,9	23,84	35,76	
Strato 3	9,39	15,65	25,04	37,56	

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata				
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	Schmertmann 1975	0,33

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)				
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	Robertson (1983)	6,78

Modulo Edometrico				
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	Vesic (1970)	50,85

Modulo di Young				
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	Apollonia	33,90

Classificazione AGI				
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume				
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	Meyerhof	1,66

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
20



Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	Meyerhof	1,86

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	96,59

**TERRENI INCOERENTI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Gibbs & Holtz 1957	14,08
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Gibbs & Holtz 1957	26,73
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Gibbs & Holtz 1957	60,6

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Meyerhof (1956)	20,97
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Meyerhof (1956)	22,89
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Meyerhof (1956)	29,43

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Schmertmann (1978) (Sabbie)	27,12
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Schmertmann (1978) (Sabbie)	80,96
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Schmertmann (1978) (Sabbie)	264,16

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
21



Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	34,43
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	48,25
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	95,29

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Classificazione A.G.1	SCIOLTO
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Classificazione A.G.1	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Classificazione A.G.1	MOLTO ADDENSATO

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Meyerhof ed altri	1,47
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Meyerhof ed altri	1,73
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Meyerhof ed altri	2,06

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,16

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
22



Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	(A.G.1)	0,35
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	(A.G.1)	0,33
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	(A.G.1)	0,29

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	263,55
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	514,13
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1058,97

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Ohta & Goto (1978) Limi	96,59
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Ohta & Goto (1978) Limi	139,82
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Ohta & Goto (1978) Limi	180,84

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Seed e Idriss (1971)	>10

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
23



Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Navfac 1971-1982	0,61
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Navfac 1971-1982	2,13
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Navfac 1971-1982	6,02

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,39	0,00-4,00	3,39	Robertson 1983	6,78
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	10,12	4,00-6,20	10,12	Robertson 1983	20,24
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	51,04	6,20-7,20	33,02	Robertson 1983	66,04

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
24



**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato... DPHS TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 12/01/2017  
 Profondità prova 7,00 mt  
 Falda rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	1	0,851	8,94	10,51	0,45	0,53
0,60	1	0,847	8,17	9,64	0,41	0,48
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	3	0,840	24,29	28,93	1,21	1,45
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	3	0,833	24,10	28,93	1,20	1,45
1,60	4	0,830	29,57	35,64	1,48	1,78
1,80	3	0,826	22,09	26,73	1,10	1,34
2,00	4	0,823	29,34	35,64	1,47	1,78
2,20	3	0,820	21,92	26,73	1,10	1,34
2,40	3	0,817	21,84	26,73	1,09	1,34
2,60	1	0,814	6,74	8,28	0,34	0,41
2,80	2	0,811	13,44	16,56	0,67	0,83
3,00	2	0,809	13,39	16,56	0,67	0,83
3,20	1	0,806	6,68	8,28	0,33	0,41
3,40	2	0,803	13,31	16,56	0,67	0,83
3,60	2	0,801	12,39	15,47	0,62	0,77
3,80	2	0,798	12,35	15,47	0,62	0,77
4,00	1	0,796	6,16	7,74	0,31	0,39
4,20	2	0,794	12,28	15,47	0,61	0,77
4,40	2	0,791	12,24	15,47	0,61	0,77
4,60	3	0,789	17,18	21,77	0,86	1,09
4,80	1	0,787	5,71	7,26	0,29	0,36
5,00	2	0,785	11,39	14,51	0,57	0,73
5,20	2	0,783	11,36	14,51	0,57	0,73
5,40	3	0,781	17,00	21,77	0,85	1,09
5,60	3	0,779	15,97	20,50	0,80	1,03
5,80	3	0,777	15,94	20,50	0,80	1,03
6,00	3	0,775	15,90	20,50	0,79	1,03
6,20	4	0,774	21,15	27,34	1,06	1,37
6,40	7	0,772	36,93	47,84	1,85	2,39
6,60	27	0,670	116,88	174,36	5,84	8,72
6,80	40	0,569	146,91	258,31	7,35	12,92
7,00	50	0,567	183,14	322,89	9,16	16,14

Prof. Strato (m)	NPDm	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
6	2,27	18,85	Incoerente - coesivo	1,66	1,86	0,5	1,48	3,36	Limo sabbioso debolmente argilloso
6,4	5,5	37,59	Incoerente	1,78	1,93	0,93	1,51	8,31	Sabbie con locale ghiaietto

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN) 25

7	39	251,86	Incoerente	2,09	2,18	0,99	1,51	58,89	Ghiaie sabbiose con ciottoli
---	----	--------	------------	------	------	------	------	-------	------------------------------

**Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)**

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	8,55	14,25	22,8	34,2	Liquefazione possibile al VII <sup>o</sup> Mercalli
Strato 2	8,73	14,55	23,28	34,92	Liquefazione possibile al VII <sup>o</sup> Mercalli
Strato 3	9	15	24	36	

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	Schmertmann 1975	0,33

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	Robertson (1983)	6,72

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	Vesic (1970)	50,40

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	Apollonia	33,60

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	Meyerhof	1,66

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN) 26



Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	Meyerhof	1,86

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	Ohya & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	104,29

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Gibbs & Holtz 1957	11,72
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Gibbs & Holtz 1957	22,12
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Gibbs & Holtz 1957	66

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Meyerhof (1956)	20,96
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Meyerhof (1956)	22,37
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Meyerhof (1956)	30,56

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Schmertmann (1978) (Sabbie)	26,88
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Schmertmann (1978) (Sabbie)	66,48
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Schmertmann (1978) (Sabbie)	295,56

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN) 27

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	34,37
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	44,53
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	103,35

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Classificazione A.G.I.	SCIOLTO
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Meyerhof ed altri	1,47
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Meyerhof ed altri	1,67
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Meyerhof ed altri	2,09

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,18

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie-Corso Europa s.n. - Alba (CN) 28

Modulo di Poisson					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	(A.G.L.)	0,35
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	(A.G.L.)	0,34
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	(A.G.L.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	262,12
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	455,81
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1134,19

Velocità onde di taglio					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Ohta & Goto (1978) Limi	104,29
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Ohta & Goto (1978) Limi	140,33
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Ohta & Goto (1978) Limi	184,39

Liquefazione					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Seed e Idriss (1971)	3,686
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Seed e Idriss (1971)	>10

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Navfac 1971-1982	0,60
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Navfac 1971-1982	1,74
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Navfac 1971-1982	6,52

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)					
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Limo sabbioso debolmente argilloso	3,36	0,00-6,00	3,36	Robertson 1983	6,72
Strato (2) Sabbie con locale ghiaietto	8,31	6,00-6,40	8,31	Robertson 1983	16,62
Strato (3) Ghiaie sabbiose con ciottoli	58,89	6,40-7,00	36,945	Robertson 1983	73,89



**Geo Contest s.a.s.**

**Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine  
e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie**



**Data: gennaio 2017**

**Cantiere: Alba - C.so Piave/C.so Europa**

**Operatore: Dr. Castellaro Massimo**

**INDAGINE GEOFISICA MASW**

## Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

### Modellizzazione

È possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

### Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a

contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

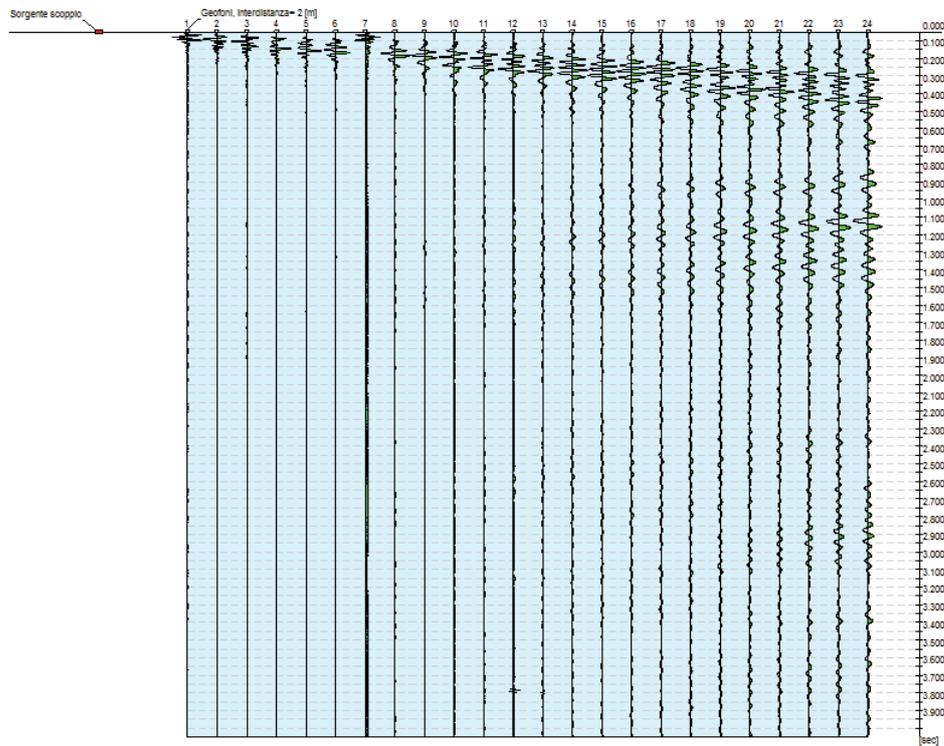
### Dati generali

<b>Committente</b>	Dott. Geol. Annalisa Bove
<b>Cantiere</b>	Realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie
<b>Località</b>	Corso Europa s.n. - Alba (CN)
<b>Data</b>	12/01/2017 05:12
<b>Latitudine</b>	44.6865
<b>Longitudine</b>	8.0105

### Tracce

<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	4000.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	0.25

Committente: Dott. Geol. Annalisa Bove  
 Cantiere: Realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie  
 Località: Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
 Data: 12/01/2017  
 Latitudine: 44.6865°, Longitudine: 8.0105°



### Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	45
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1

**Curva di dispersione**

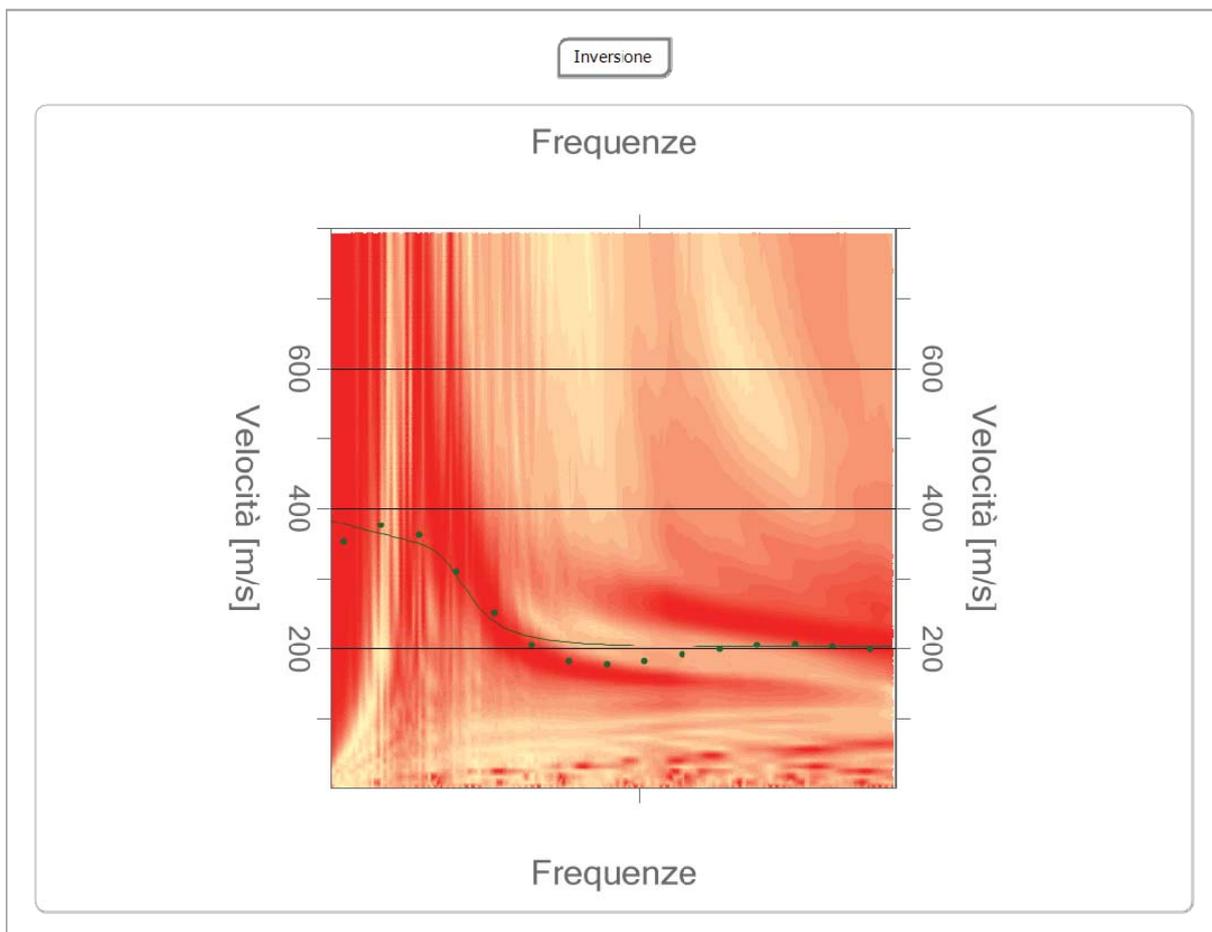
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1 2.0		353.1	0
2 4.9		376.1	0
3 7.8		361.4	0
4 10.8		310.3	0
5 13.7		250.3	0
6 16.6		205.4	0
7 19.6		181.4	0
8 22.5		177.3	0
9 25.4		182.5	0
10 28.3		191.2	0
11 31.3		199.8	0
12 34.2		205.4	0
13 37.1		206.4	0
14 40.1		203.4	0
15 43.0		199.1	0
16 45.9		198.7	0
17 48.9		209.7	0
18 51.8		241.7	0
19 54.7		306.3	0
20 57.6		416.4	0

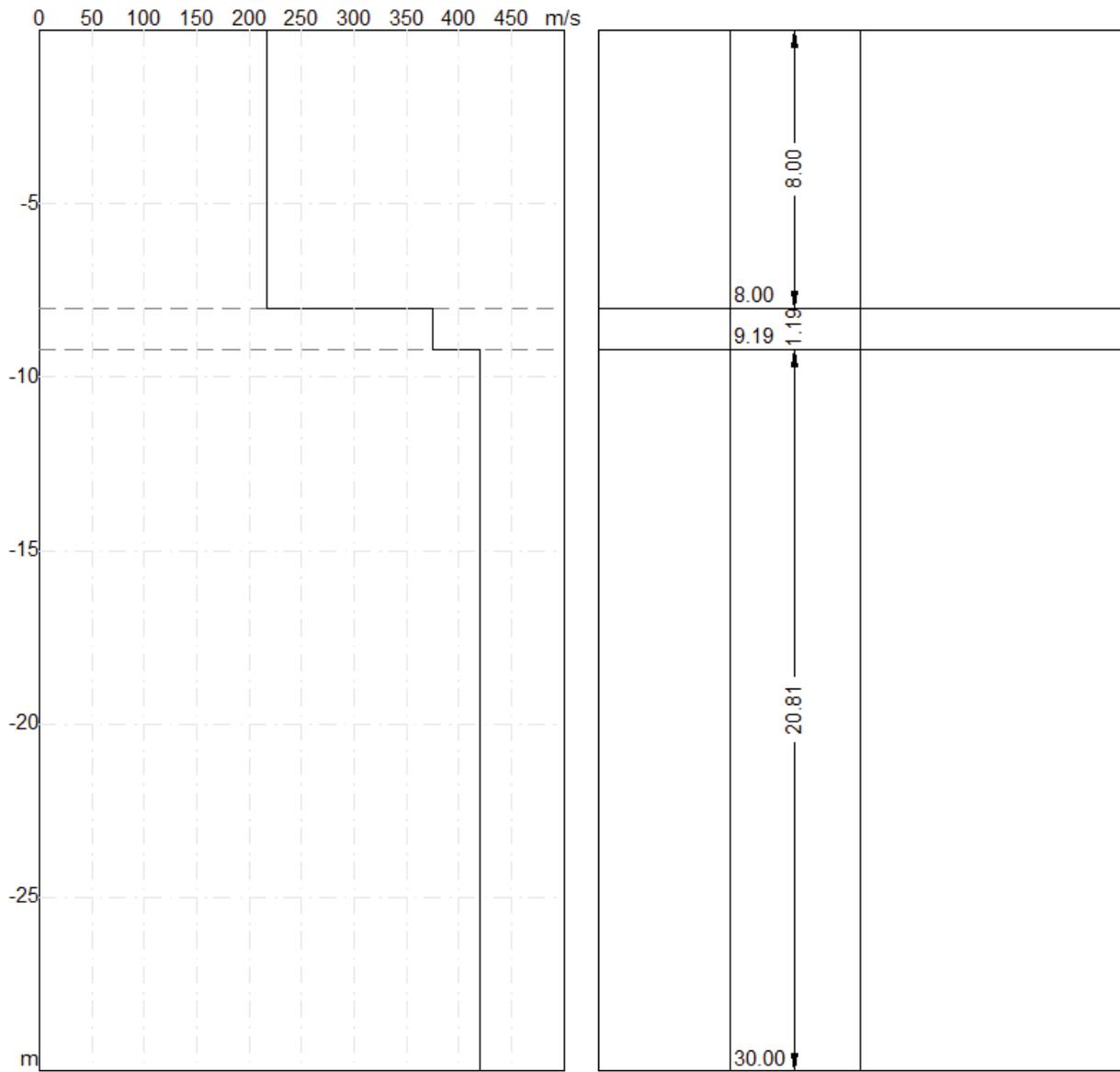
**Inversione**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	8.00	8.00	1800.0	0.4	No	450.0	216.2
2	9.19	1.19	1700.0	0.3	Si	761.9	375.1
3	oo	oo	2000.0	0.3	Si	771.9	419.8

Percentuale di errore 4.593 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.157





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs30 [m/sec]</b>	<b>334,26</b>
<b>Categoria del suolo</b>	C

### Suolo di tipo C:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < \text{NSPT}_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fine).

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]
1	8.00	8.00	216.17	449.99	1600	0.35	74.77
2	9.19	1.19	375.12	761.88	1900	0.34	267.36
3	oo	oo	419.81	771.93	2100	0.29	370.11

G0: Modulo di deformazione al taglio;



**Geo Contest s.a.s.**

**Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine  
e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie**



**Data: gennaio 2017**

**Cantiere: Alba - C.so Piave/C.so Europa**

**Operatore: Dr. Castellaro Massimo**

**INDAGINE GEOFISICA SISMICA RIFRAZIONE**

## Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

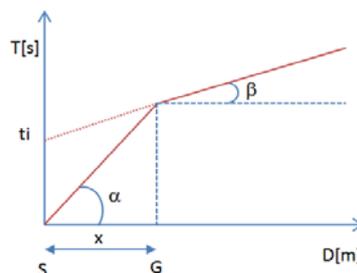
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

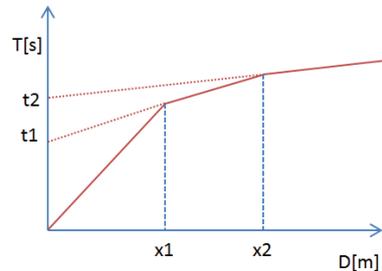
I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e

rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

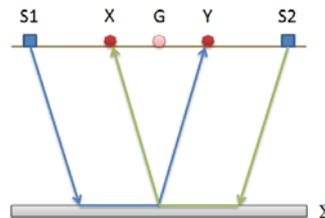


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

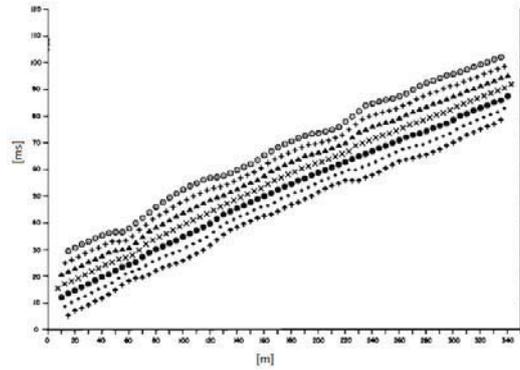
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifratore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifratore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare *la funzione velocità* secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



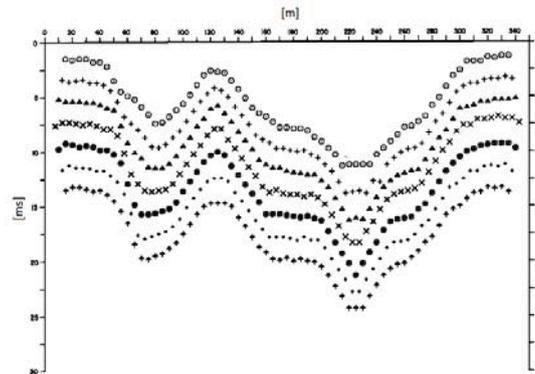
dove  $T_{S_1Y}$  e  $T_{S_2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S_1S_2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_V$  è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_V$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left( T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

## Dati generali

Descrizione:

Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie

Committente: Dott. Geol. Annalisa Bove

Data: 12/01/2017

Ubicazione: Corso Europa - Alba (CN)

Latitudine 44,69[°]

Longitudine 8,01[°]

Altitudine 175[m]

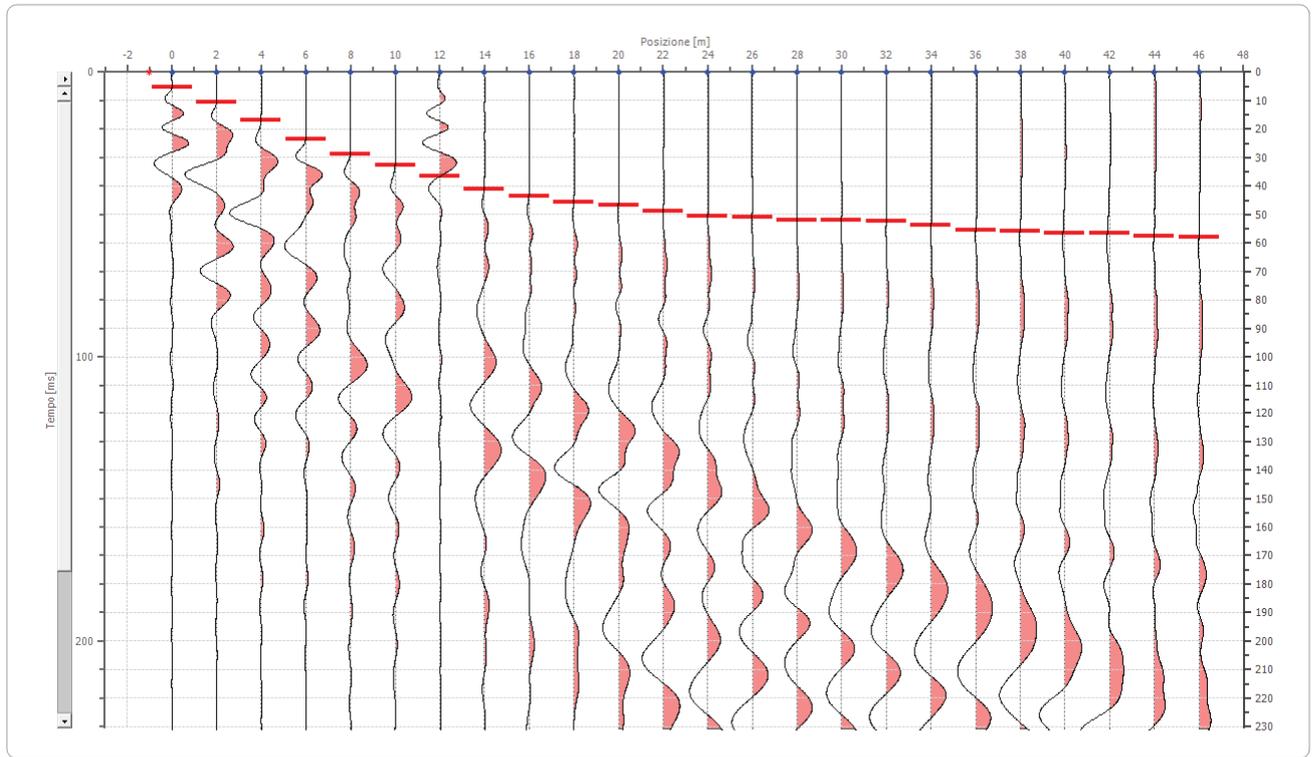
## Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0
17	32.0	0.0
18	34.0	0.0
19	36.0	0.0
20	38.0	0.0
21	40.0	0.0
22	42.0	0.0
23	44.0	0.0
24	46.0	0.0

**Dati battute**

**Battuta 1**

Posizione sorgente X      -1 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

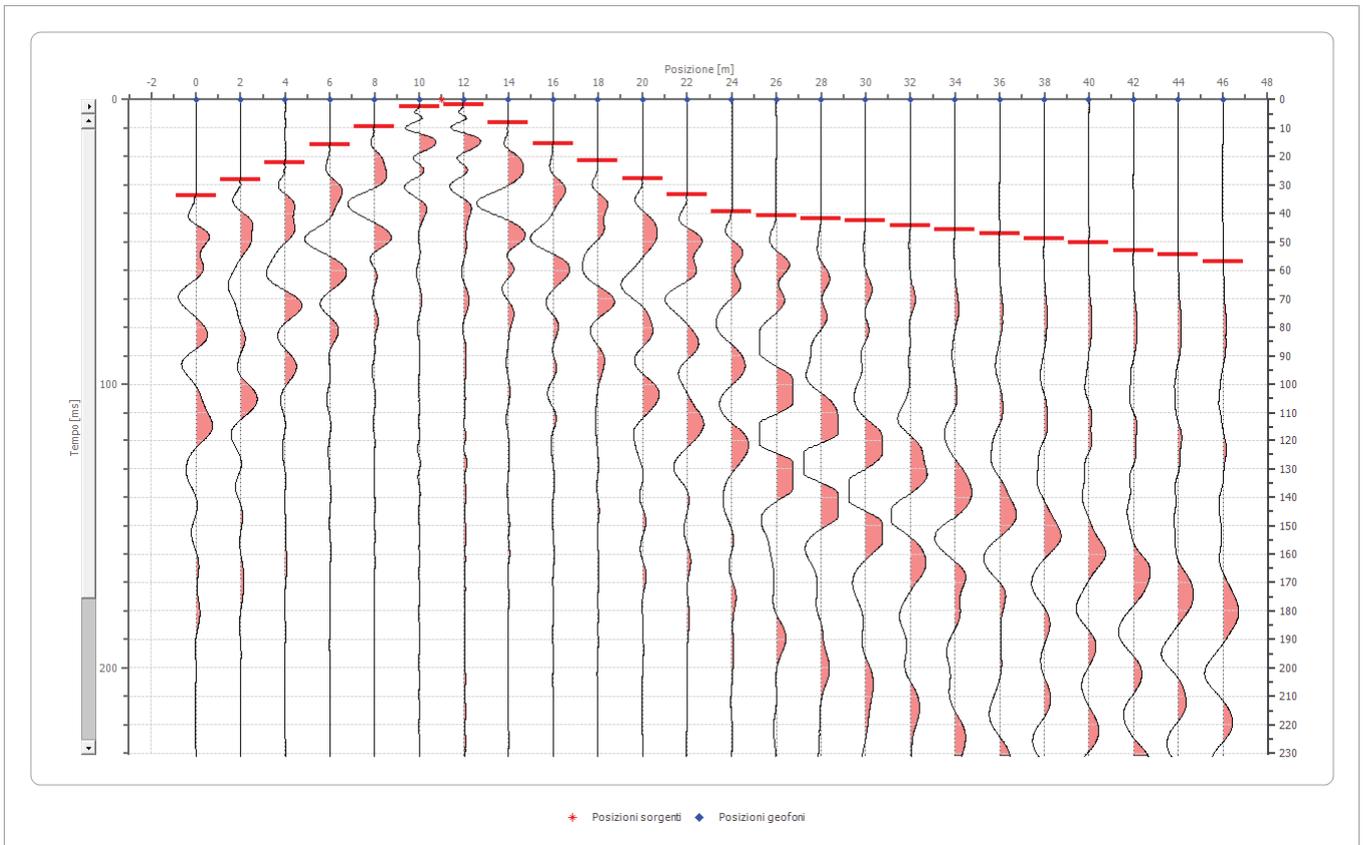


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	5.3299
2.0	10.6598
4.0	16.7511
6.0	23.6039
8.0	28.9338
10.0	32.7409
12.0	36.5479
14.0	41.1164
16.0	43.4007
18.0	45.6849
20.0	46.7158
22.0	48.8233
24.0	50.5796
26.0	51.0148
28.0	51.9845
30.0	51.9845
32.0	52.3358
34.0	53.7408

36.0	55.4970
38.0	55.8483
40.0	56.5508
42.0	56.5508
44.0	57.6045
46.0	57.9557

**Battuta 2**

Posizione sorgente X      11 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

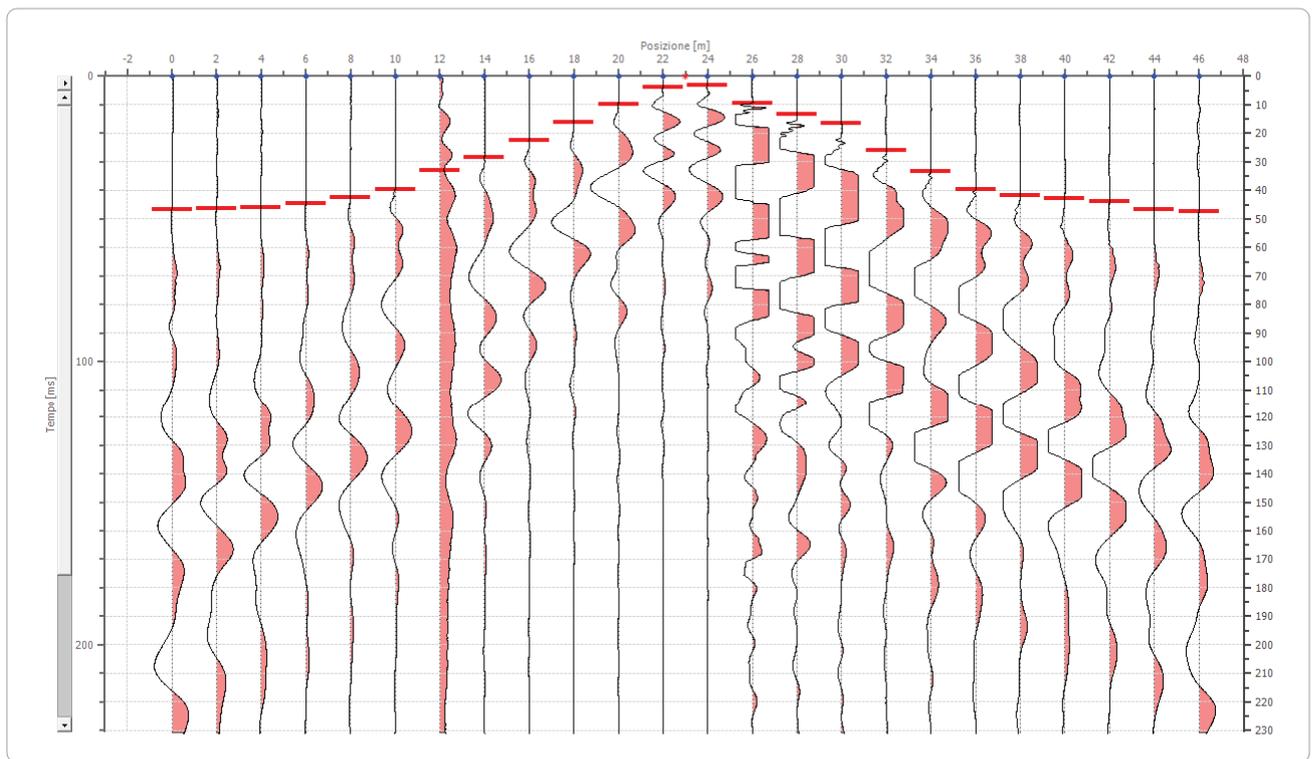


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	33.7197
2.0	28.0998
4.0	22.1286
6.0	15.8061
8.0	9.4837
10.0	2.4587
12.0	1.7562
14.0	8.0787
16.0	15.4549
18.0	21.4261
20.0	27.7485
22.0	33.3685

24.0	39.3397
26.0	40.7446
28.0	41.8779
30.0	42.5009
32.0	44.2571
34.0	45.6621
36.0	47.0671
38.0	48.8233
40.0	50.2283
42.0	53.0383
44.0	54.4433
46.0	56.9020

**Battuta 3**

Posizione sorgente X      23 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

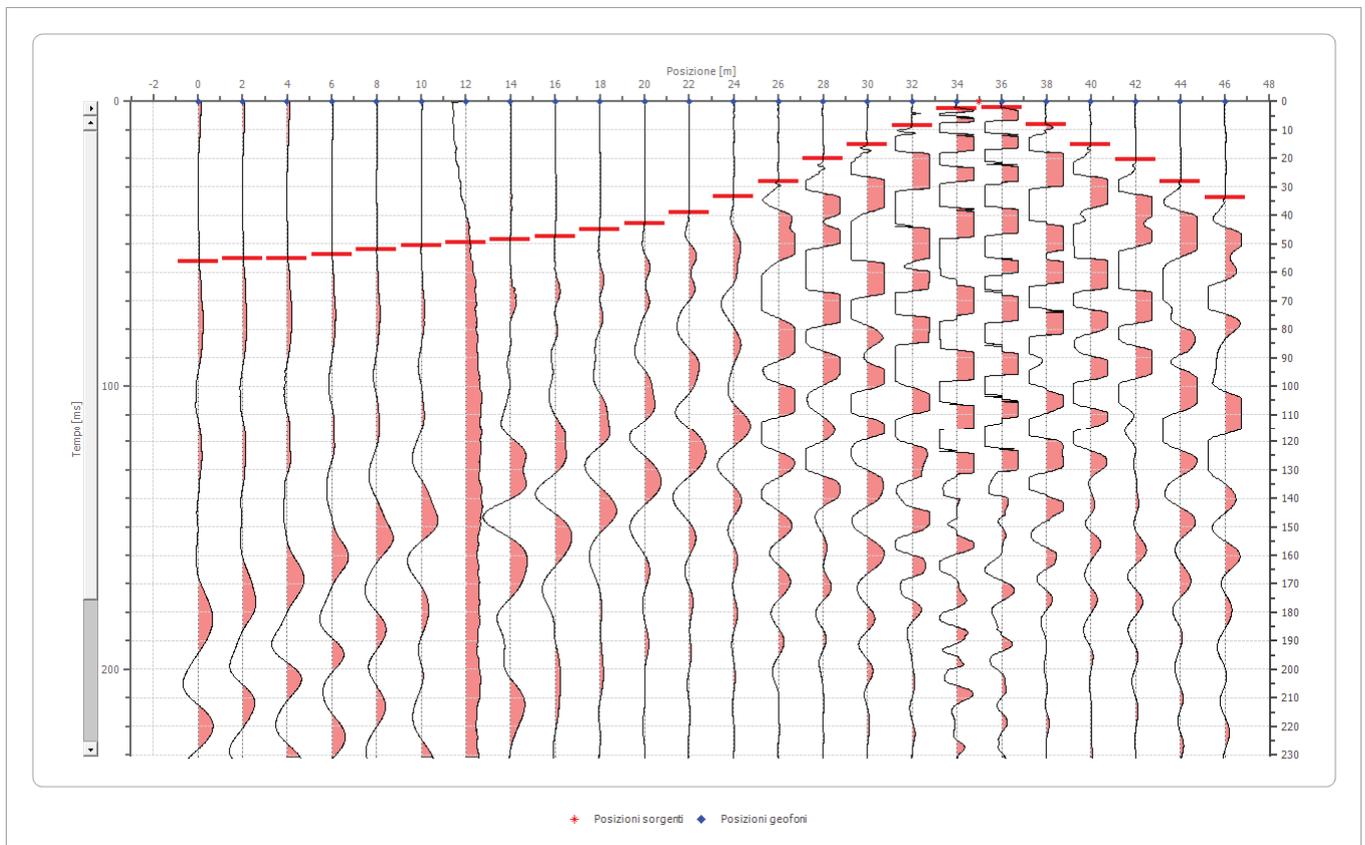


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	46.7158
2.0	46.3646
4.0	46.0133
6.0	44.6084
8.0	42.5009
10.0	39.6909

12.0	33.0172
14.0	28.4510
16.0	22.4798
18.0	16.1574
20.0	9.8349
22.0	3.8637
24.0	3.1612
26.0	9.4837
28.0	13.3474
30.0	16.5086
32.0	25.8881
34.0	33.3685
36.0	39.6909
38.0	41.7984
40.0	42.8521
42.0	43.9059
44.0	46.7158
46.0	47.4183

**Battuta 4**

Posizione sorgente X      35 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]



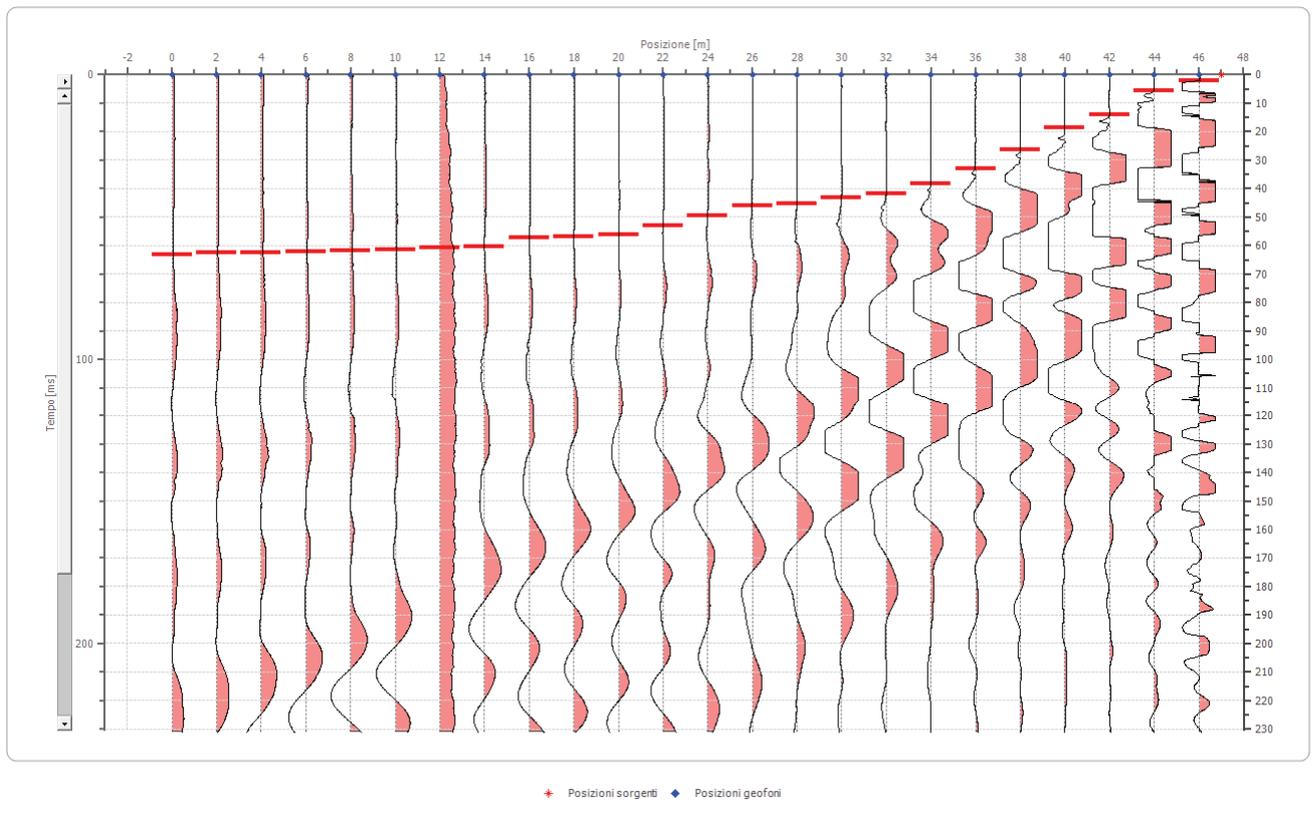
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	56.1995
2.0	55.1458
4.0	55.1458
6.0	53.7408
8.0	51.9845
10.0	50.5796
12.0	49.5258
14.0	48.4721
16.0	47.4183
18.0	44.9596
20.0	42.8521
22.0	38.9884
24.0	33.3685
26.0	28.0998
28.0	20.0211
30.0	15.1036
32.0	8.4299
34.0	2.4587
36.0	2.1075
38.0	8.0787
40.0	15.1036
42.0	20.3723
44.0	28.0998
46.0	33.7197

**Battuta 5**

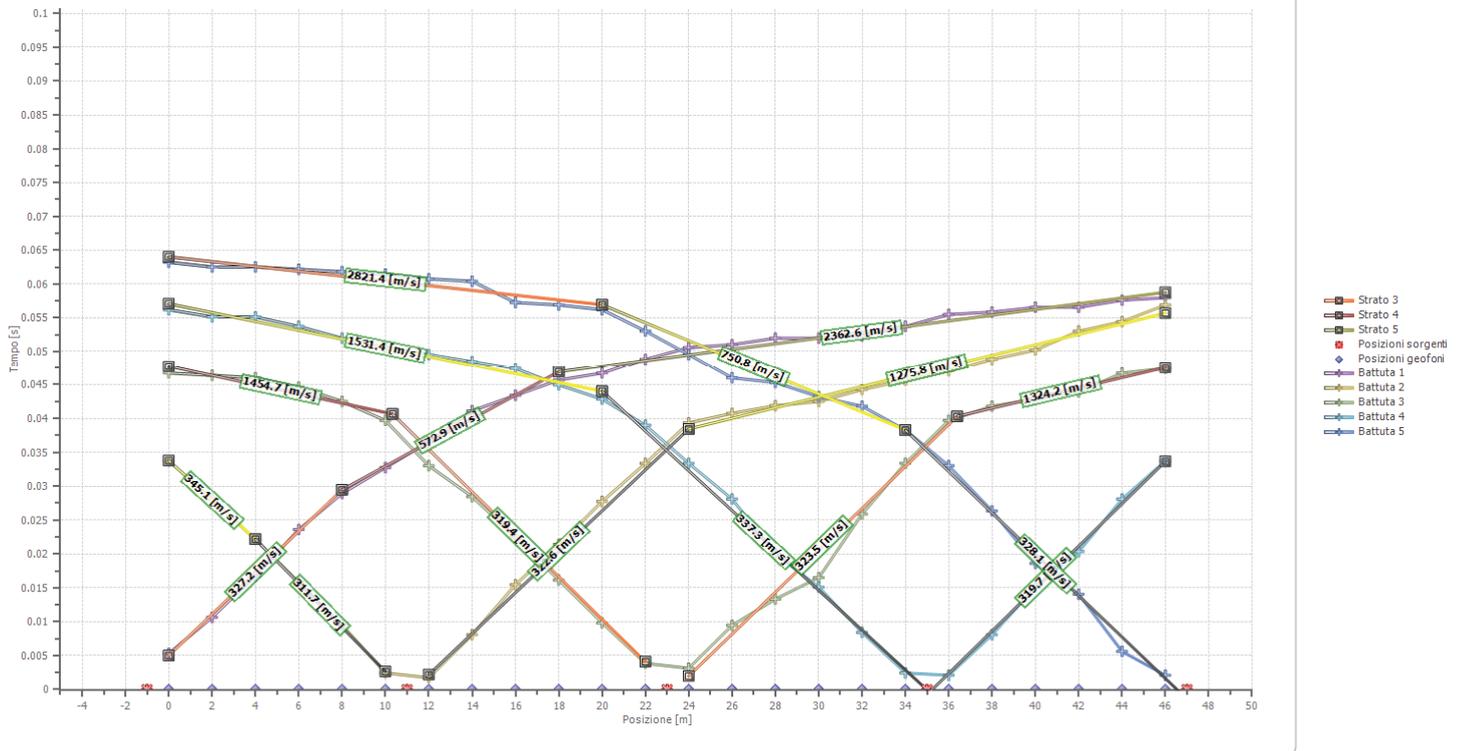
Posizione sorgente X      47 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	63.2244
2.0	62.5220
4.0	62.5220
6.0	62.1707
8.0	61.8195
10.0	61.4682
12.0	60.7657
14.0	60.4145
16.0	57.2533
18.0	56.9020
20.0	56.1995
22.0	53.0383
24.0	49.5258

26.0	46.0133
28.0	45.3109
30.0	43.2034
32.0	41.7984
34.0	38.2859
36.0	33.0172
38.0	26.3435
40.0	18.6161
42.0	14.0499
44.0	5.6200
46.0	2.1075



### Dromocrono



### Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

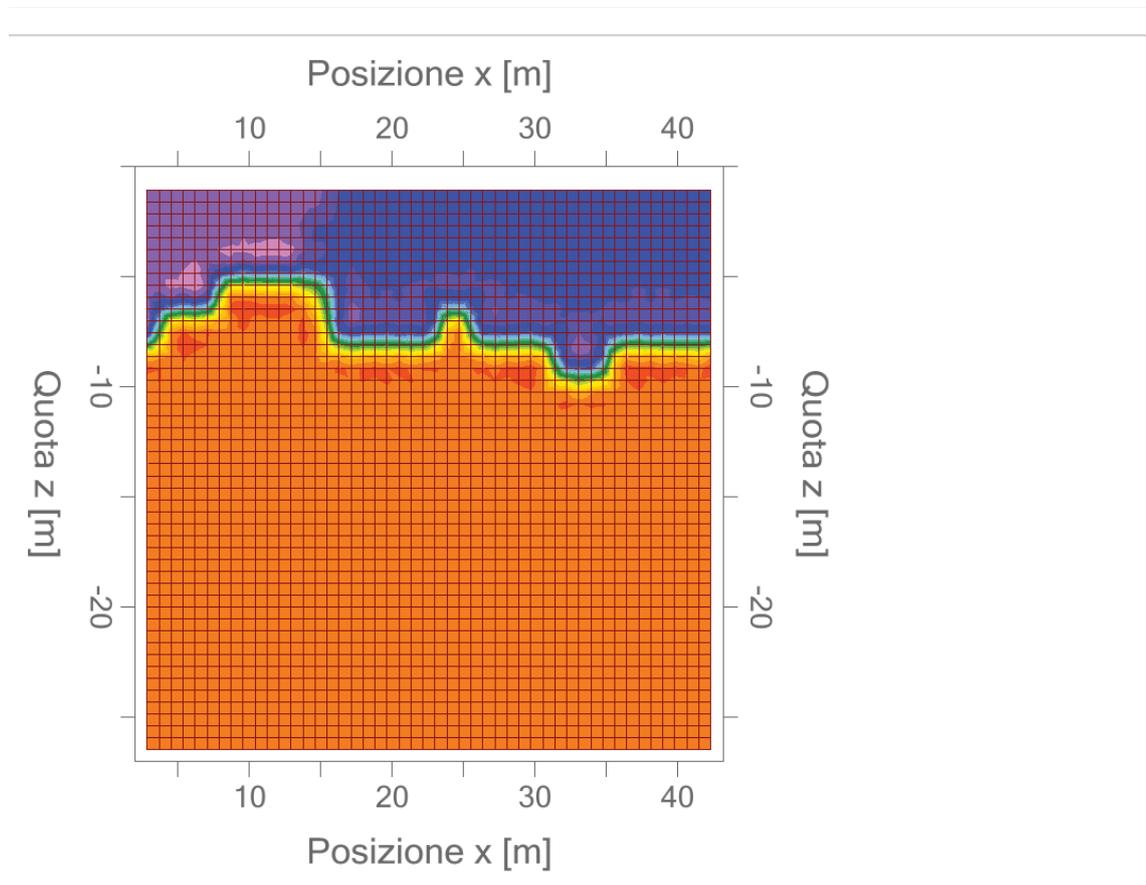
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	7.6	15.0	11.6
G= 2.0 [m]	7.3	16.0	10.5
G= 4.0 [m]	7.0	14.8	10.5
G= 6.0 [m]	3.2	12.5	7.8
G= 8.0 [m]	3.1	13.0	8.7
G= 10.0 [m]	3.2	10.3	10.3
G= 12.0 [m]	4.8	12.0	12.0
G= 14.0 [m]	4.6	12.1	12.1
G= 16.0 [m]	4.3	10.6	10.6
G= 18.0 [m]	3.8	10.5	10.5
G= 20.0 [m]	3.3	10.4	10.4
G= 22.0 [m]	2.9	10.3	10.3
G= 24.0 [m]	2.7	10.5	10.5
G= 26.0 [m]	2.3	10.5	10.5
G= 28.0 [m]	2.4	10.6	10.6
G= 30.0 [m]	2.1	8.9	8.9
G= 32.0 [m]	2.2	8.1	8.1
G= 34.0 [m]	1.8	7.0	7.0
G= 36.0 [m]	1.5	1.5	1.5
G= 38.0 [m]	1.3	1.3	1.3
G= 40.0 [m]	1.1	1.1	1.1
G= 42.0 [m]	1.0	1.0	1.0
G= 44.0 [m]	0.7	0.7	0.7

G= 46.0 [m]	0.7	0.7	0.7
Velocità [m/sec]	323.9	601.4	881.9

### Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	323.88	601.36	881.93
Vs [m/s]	155.59	288.88	423.67
G0 [MPa]	43.57	150.21	323.09

G0: Modulo di deformazione al taglio;





**Geo Contest s.a.s.**

**Nuovo P.E.C. per realizzazione di n°3 palazzine  
e relative opere di urbanizzazione primarie e secondarie**



**Data: gennaio 2017**

**Cantiere: Alba - C.so Piave/C.co Europa**

**Operatore: Dr. Castellaro Massimo**

**DAGINE GEOFICA HVSR**

## Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo  $V_{s30}$  attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di *windowing*, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del suddetto progetto SESAME tale dimensione, detta *Long Period*, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a *tapering* e/o lisciviazione secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione vertical e Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di *windowing*.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo  $V_{s30}$ .

## Dati generali

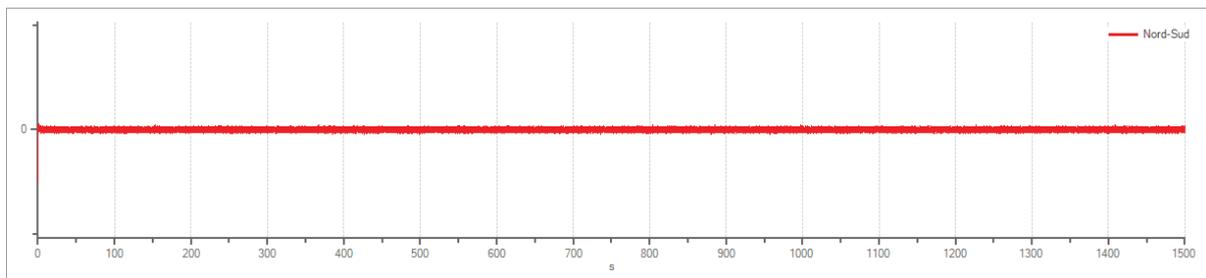
Nome progetto: Nuovo P.E.C.  
Committente: Dott. Geol. Annalisa Bove  
Cantiere: Realizzazione di n°3 palazzine e relative opere di urbanizzazione  
Località: Corso Europa s.n. - Alba (CN)  
Operatore:  
Responsabile:  
Data: 12/01/2017  
Zona:  
Latitudine: 44.686571179850354  
Longitudine: 8.010428428649913

## Tracce in input

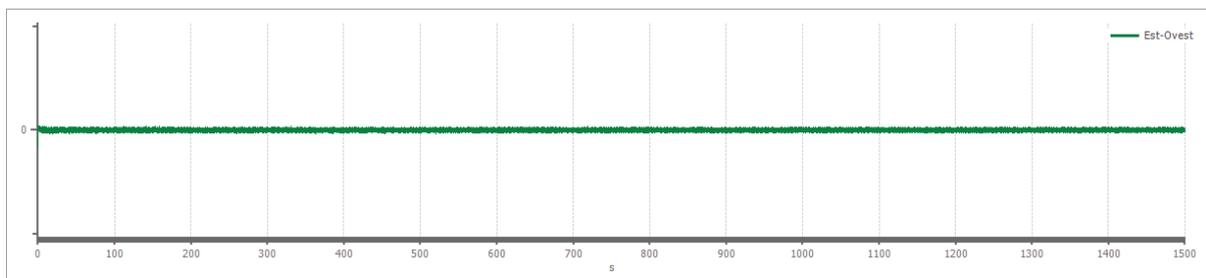
### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1500 s
Frequenza di campionamento:	250.00 Hz
Numero campioni:	375000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

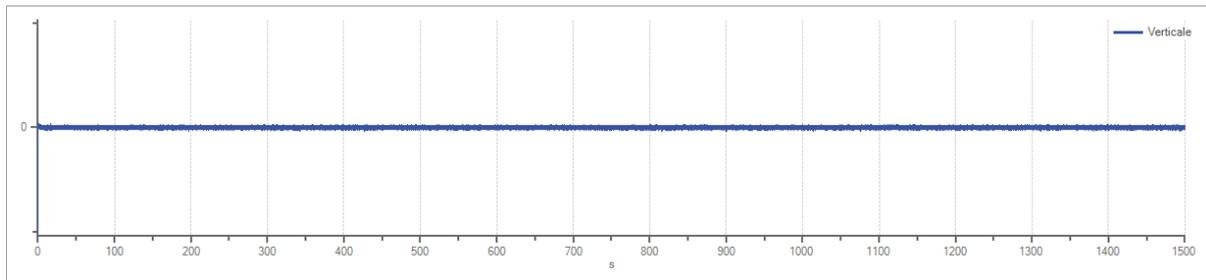
### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 74  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 74  
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
 Tipo di lisciamiento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamiento: 10.00 %

### Tabella finestre:

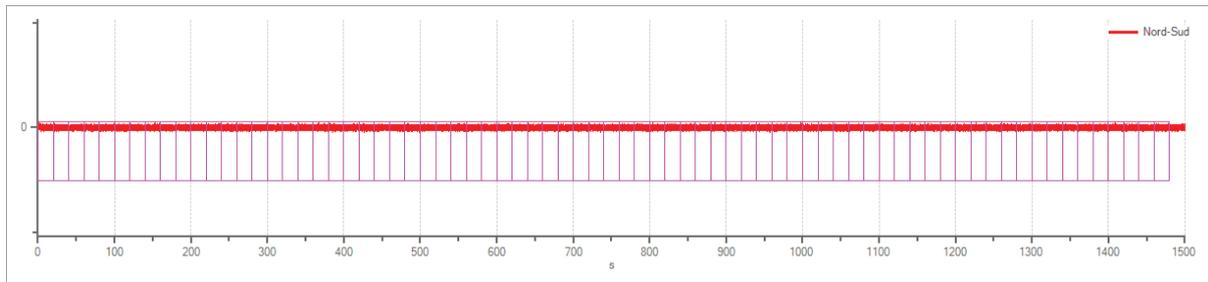
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1 0		20	Inclusa
2 20		40	Inclusa
3 40		60	Inclusa
4 60		80	Inclusa
5 80		100	Inclusa
6 100		120	Inclusa
7 120		140	Inclusa
8 140		160	Inclusa
9 160		180	Inclusa
10 180		200	Inclusa
11 200		220	Inclusa
12 220		240	Inclusa
13 240		260	Inclusa
14 260		280	Inclusa
15 280		300	Inclusa
16 300		320	Inclusa
17 320		340	Inclusa
18 340		360	Inclusa
19 360		380	Inclusa
20 380		400	Inclusa
21 400		420	Inclusa
22 420		440	Inclusa
23 440		460	Inclusa
24 460		480	Inclusa
25 480		500	Inclusa

---

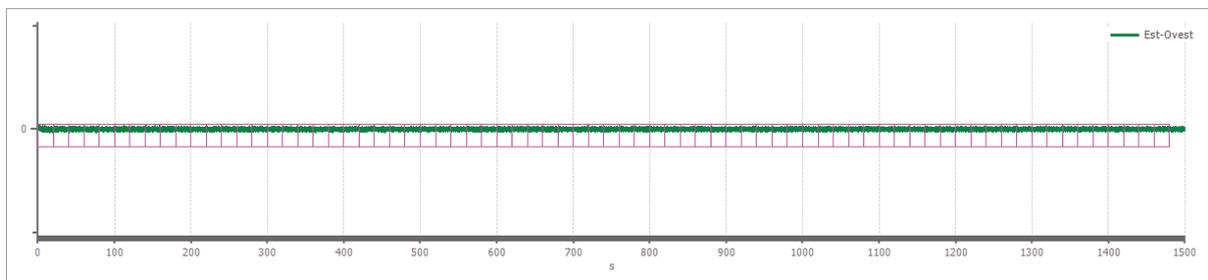
26 500		520	Inclusa
27 520		540	Inclusa
28 540		560	Inclusa
29 560		580	Inclusa
30 580		600	Inclusa
31 600		620	Inclusa
32 620		640	Inclusa
33 640		660	Inclusa
34 660		680	Inclusa
35 680		700	Inclusa
36 700		720	Inclusa
37 720		740	Inclusa
38 740		760	Inclusa
39 760		780	Inclusa
40 780		800	Inclusa
41 800		820	Inclusa
42 820		840	Inclusa
43 840		860	Inclusa
44 860		880	Inclusa
45 880		900	Inclusa
46 900		920	Inclusa
47 920		940	Inclusa
48 940		960	Inclusa
49 960		980	Inclusa
50 980		1000	Inclusa
51 1000		1020	Inclusa
52 1020		1040	Inclusa
53 1040		1060	Inclusa
54 1060		1080	Inclusa
55 1080		1100	Inclusa
56 1100		1120	Inclusa
57 1120		1140	Inclusa
58 1140		1160	Inclusa
59 1160		1180	Inclusa
60 1180		1200	Inclusa
61 1200		1220	Inclusa
62 1220		1240	Inclusa
63 1240		1260	Inclusa
64 1260		1280	Inclusa
65 1280		1300	Inclusa
66 1300		1320	Inclusa
67 1320		1340	Inclusa
68 1340		1360	Inclusa
69 1360		1380	Inclusa
70 1380		1400	Inclusa
71 1400		1420	Inclusa
72 1420		1440	Inclusa
73 1440		1460	Inclusa
74 1460		1480	Inclusa

---

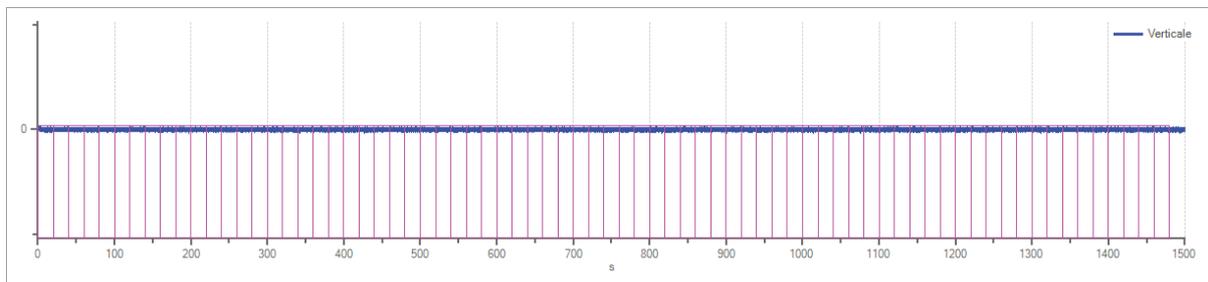
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

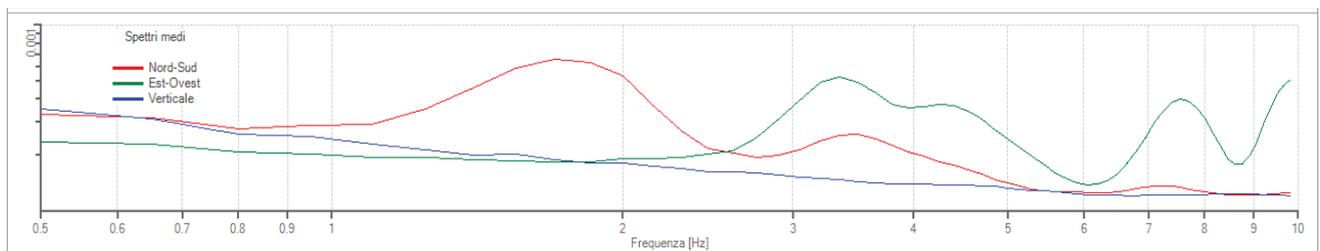


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

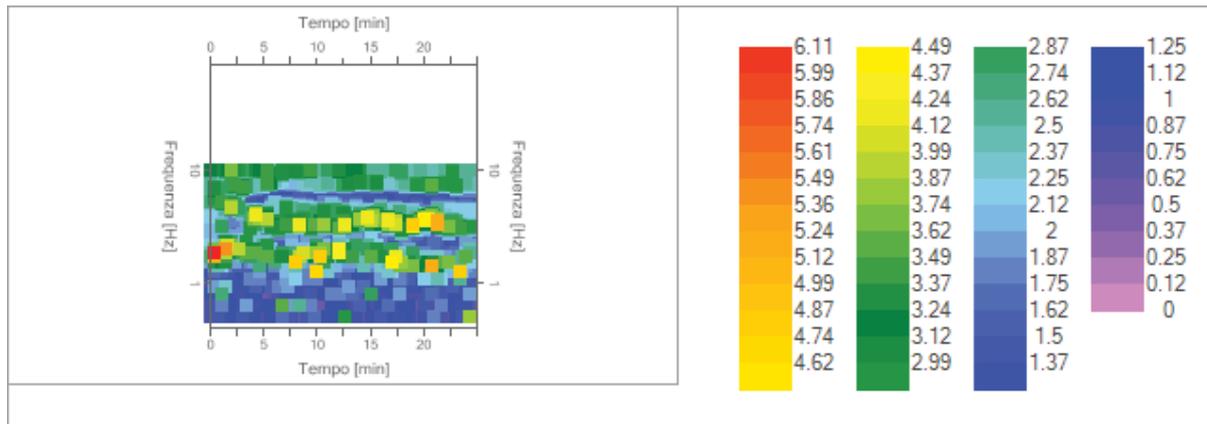


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

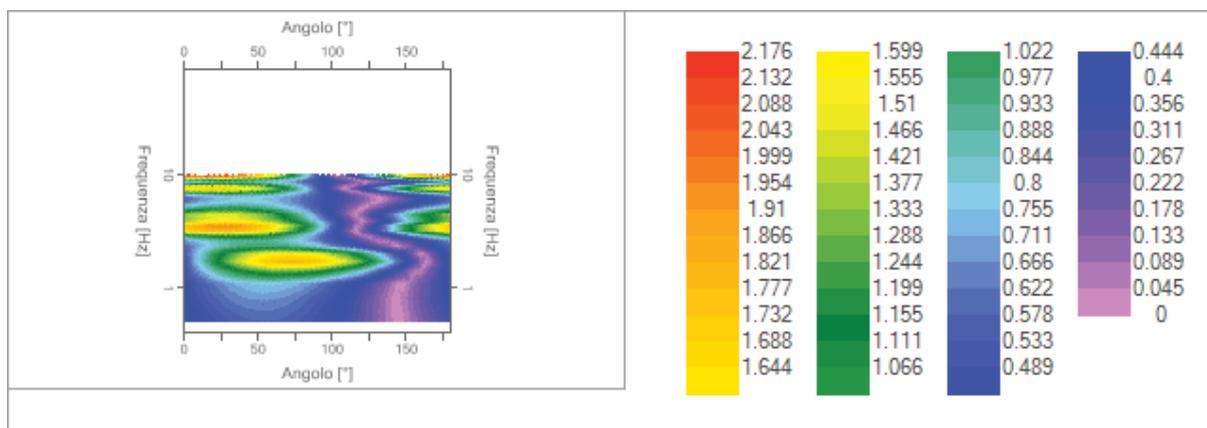
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

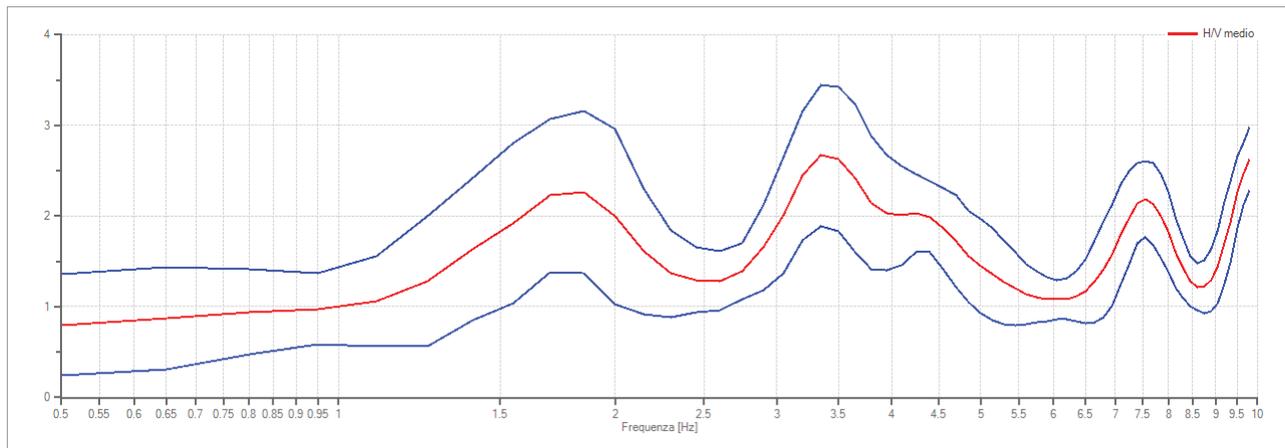
## Rapporto spettrale H/V

### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 10.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 0.15 Hz  
 Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 3.35 Hz  $\pm$ 0.29 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:**Verifica**

$$f_0 > 10/l_w$$

$$n_c(f_0) > 200$$

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H$$

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H$$

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

$$A_0 > 2$$

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

**Esito**

Ok

Ok

Ok

Ok

Ok

Ok

Non superato

Non superato

Ok