



COMUNE DI ALBANO LAZIALE

SETTORE V TECNICO - Servizio II Ufficio I
Lavori Pubblici

Piano di Recupero denominato "Cecchina" - Realizzazione Palestra

PROGETTO ESECUTIVO

CONTENUTO:

Relazione Geologica

Progettisti:

Ing. Roberto Felli

Collaboratori:

Numero elaborato :

R03

Sicurezza

Ing. Roberto Felli

Scala:

Direzione Lavori

Ing. Roberto Felli

Sindaco:

Dott. Nicola Marini

R.U.P.:

Arch. Patrizia Calcagni

Data:

Aggiornamenti:

COMUNE DI ALBANO LAZIALE (RM)

PROVINCIA DI ROMA



RELAZIONE GEOLOGICA

*Redatta ai fini della progettazione e costruzione di una palestra, da realizzare
sul territorio comunale di Albano Laziale in località Cecchina*

Roma, 1 settembre 2016

Geol. Marco Fiocco





INDICE

1. PREMESSA E LOCALIZZAZIONE DELL'AREA	4
2. GENERALITÀ SUGLI INTERVENTI DI PROGETTO	10
2.1. Realizzazione della palestra.....	10
2.2. Opere civili – Palestra.....	10
3. INDAGINI NUOVE	14
3.1. Sondaggio a carotaggio continuo	16
3.1.1. Strumentazione e metodologia d'indagine	16
3.1.2. Prove SPT (Standard Penetration Test).....	17
3.2. Prospezioni sismiche MASW	21
3.2.1. Cenni Teorici sul metodo MASW	22
3.2.2. Strumentazione adottata.....	24
3.2.3. Schema Array sismico	26
3.2.4. Acquisizione ed elaborazione dati.....	26
3.2.5. Interpretazione dei dati	29
3.3. Prospezioni sismiche HVSr	33
3.3.1. <i>Cenni teorici sul metodo d'indagine HVSr</i>	33
3.3.2. <i>Strumentazione adottata</i>	36
3.3.3. <i>Acquisizione ed interpretazione dati</i>	38
4. INDAGINI PREGRESSE.....	44
4.1. Sondaggi a carotaggio continuo	46
4.1.1. Prove SPT (Standard Penetration Test)	47
4.1.2. Prelievo dei campioni nel sondaggio	47
4.1.3. Prove di laboratorio geotecnico	47
4.2. Prospezioni sismiche in foro Down-Hole.....	48
4.1. Prove Penetrometriche Dinamiche – DPSH	51
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	57
5.1. <i>Elementi geomorfologici dell'area d'indagine</i>	57
5.2. L'area d'indagine nell'ambito del PAI.....	59
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	61
6.1. Il vulcano dei Colli Albani.....	61
6.2. Assetto stratigrafico dell'area d'indagine	63
7. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	66
8. SISMICITA'.....	71



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

8.1. Evoluzione della normativa recente in materia antisismica.	71
8.2. Sismicità dell'area in esame	74
8.2.1. Classificazione sismica	76
8.3. Pericolosità sismica	79
9. PARAMETRIZZAZIONE DEI TERRENI D'IMPOSTA DELLE FONDAZIONI	82
9.1. Parametrizzazione fisico-meccanica	82
9.2. Parametrizzazione sismica.....	84
9.2.1. Classificazione dei terreni in termini di V_{s30}	84
9.2.2. Coefficiente topografico	87
10. ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE MONODIMENSIONALE	88
10.1. Definizione del modello di sottosuolo	88
10.2. Scelta dell'input sismico.....	89
10.3. Procedura di calcolo	94
10.4. Spettri di risposta elastici (sle) per gli stati limite SLV - SLD – SLO - SLC	103
11. CONCLUSIONI	115

ALLEGATI

1. Carta geologica
2. Sezione geologica
3. Documentazione indagini in situ - “indagine nuove”
4. Documentazione indagini in situ - “indagine pregresse”



1. PREMESSA E LOCALIZZAZIONE DELL'AREA

Su incarico dell'ing. Roberto Felli è stato eseguito il presente studio geologico-tecnico a supporto della progettazione di una palestra, da realizzare, nell'ambito del *PIANO DI RECUPERO DEL CONTRATTO DI QUARTIERE 2* di cui al Decreto del Ministro delle Infrastrutture e Trasporti prot. NP/148/05 del 13/05/2005, in un'area localizzata all'interno del territorio comunale di Albano Laziale e precisamente in località Cecchina.

Si evidenzia che lo studio è stato condotto in ottemperanza a quanto disciplinato dalla DGR del Lazio n. 375 del 5 luglio 2016, concernente: *"Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica. Abrogazione del regolamento regionale 7 febbraio 2012, n. 2 (Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico)"*. Si fa presente, inoltre, che con riferimento all'Allegato C del suddetto Regolamento Regionale, l'opera di progetto è caratterizzata da un Livello di Vulnerabilità "Alto".

Il suddetto studio ha permesso di definire le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area d'indagine, nonché le principali caratteristiche fisico-meccaniche e simiche dei terreni d'imposta dell'opera in oggetto. A tal proposito si specifica che per la definizione delle suddette caratteristiche fisico-meccaniche, è stato fatto riferimento a dati sperimentali reperiti tramite l'esecuzione di una campagna geognostica e di una campagna di indagini sismiche, appositamente programmata, integrati da dati sperimentali ottenuti da campagne di indagini pregresse e riportati sulla seguente documentazione tecnica:

- Realizzazione palestra – Progetto Definitivo - Relazione Geologica/Geotecnica; redatta dal dott. geol. Valerio Facchinelli;
- Complesso scolastico con verde pubblico e impianti sportivi – Progetto Esecutivo – Relazione geologica-geofisica conclusiva ed indagini geognostiche; redatta dal dott. geol. Attilio Vitali;
- Complesso scolastico con verde pubblico e impianti sportivi – Progetto Esecutivo – Relazione geologica-geofisica conclusiva ed indagini geognostiche - Integrazione; redatta dal dott. geol. Attilio Vitali.

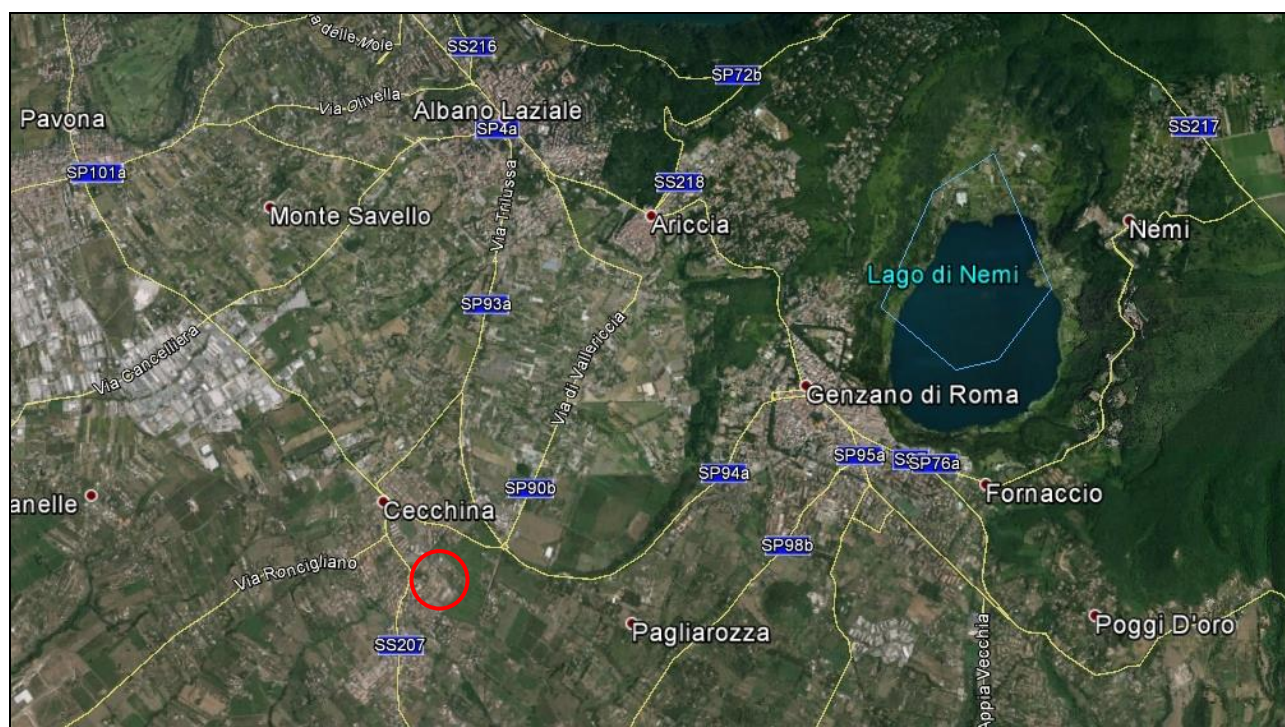
Si specifica che la suddetta documentazione è stata fornita al sottoscritto dal **COMUNE DI ALBANO - SETTORE V TECNICO - SERVIZIO II UFFICIO I - LAVORI PUBBLICI**, tramite il Committente del presente studio in qualità di progettista incaricato.

Per il completamento dell'incarico, inoltre, è stato eseguito un rilevamento geologico dell'area, integrato, oltre che con i dati ottenuti dalla campagna indagini, anche da dati disponibili in letteratura.

Dal punto di vista geografico l'area d'intervento si colloca sul versante sud-occidentale dell'apparato vulcanico dei Colli Albani (Figura 1.1), ed è individuata nella Sezione CTR della Regione Lazio n. 387120 alla scala 1:10.000.

Dal punto di vista fisiografico, invece, l'area ricade all'interno del bacino idrografico del F. Incastro o Fosso Grande, il quale è ricompreso nel territorio di competenza dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio (vedi Figura 5.1).

Figura 1.1 – Ubicazione della proprietà oggetto dell'intervento.



COORDINATE GEOGRAFICHE (<i>datum</i> WGS84)		
Latitudine	Longitudine	Quota media (s.l.m.)
41°41'41.23"N	12°39'8.98"E	240 m

All'interno della relazione sono state allegate le seguenti tavole esplicative:

- TAVOLA 1 - UBICAZIONE DELL'AREA
- TAVOLA 2 - COROGRAFIA DELL'AREA



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

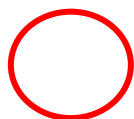
-
- TAVOLA 3 - PLANIMETRIA CATASTALE
 - TAVOLA 4 - PLANIMETRIA UBICATIVA INDAGINI NUOVE
 - TAVOLA 5 - PLANIMETRIA UBICATIVA INDAGINI PREGRESSE
 - TAVOLA 6 - PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
 - TAVOLA 7 - GEOLOGIA DELL'AREA
 - TAVOLA 8 - IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Sono di seguito esplicitati gli esiti del presente studio, condotto secondo quanto normato dalla D.G.R. del Lazio n. 375 del 5 luglio 2016 e dal D.M. del 14 gennaio 2008 (NTC 2008).

TAVOLA 1 – UBICAZIONE DELL'AREA

IMMAGINE DA SATELLITE

Copyright: GOOGLE MAPS

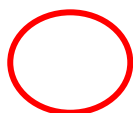
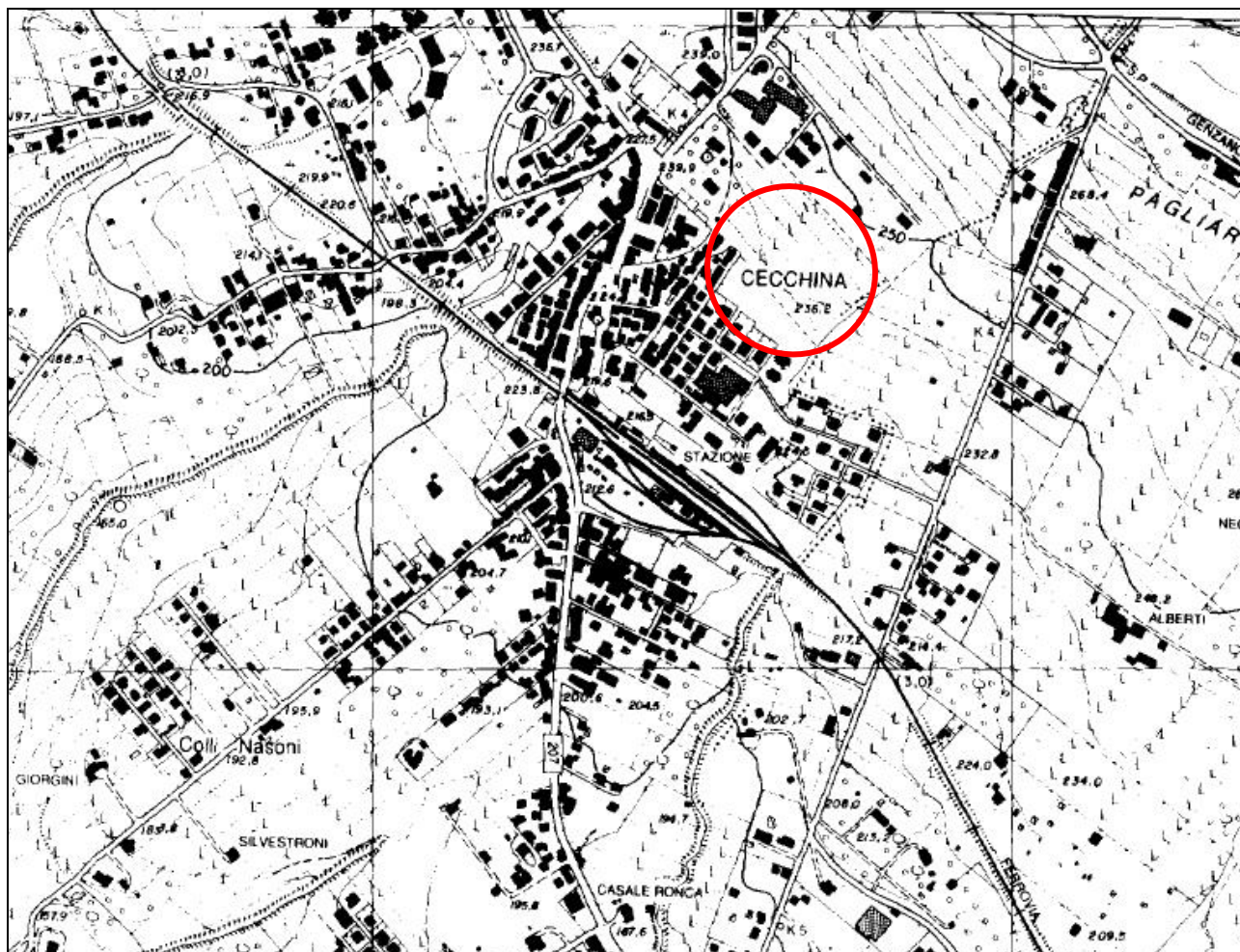


Area d'intervento

TAVOLA 2 – COROGRAFIA DELL'AREA

STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

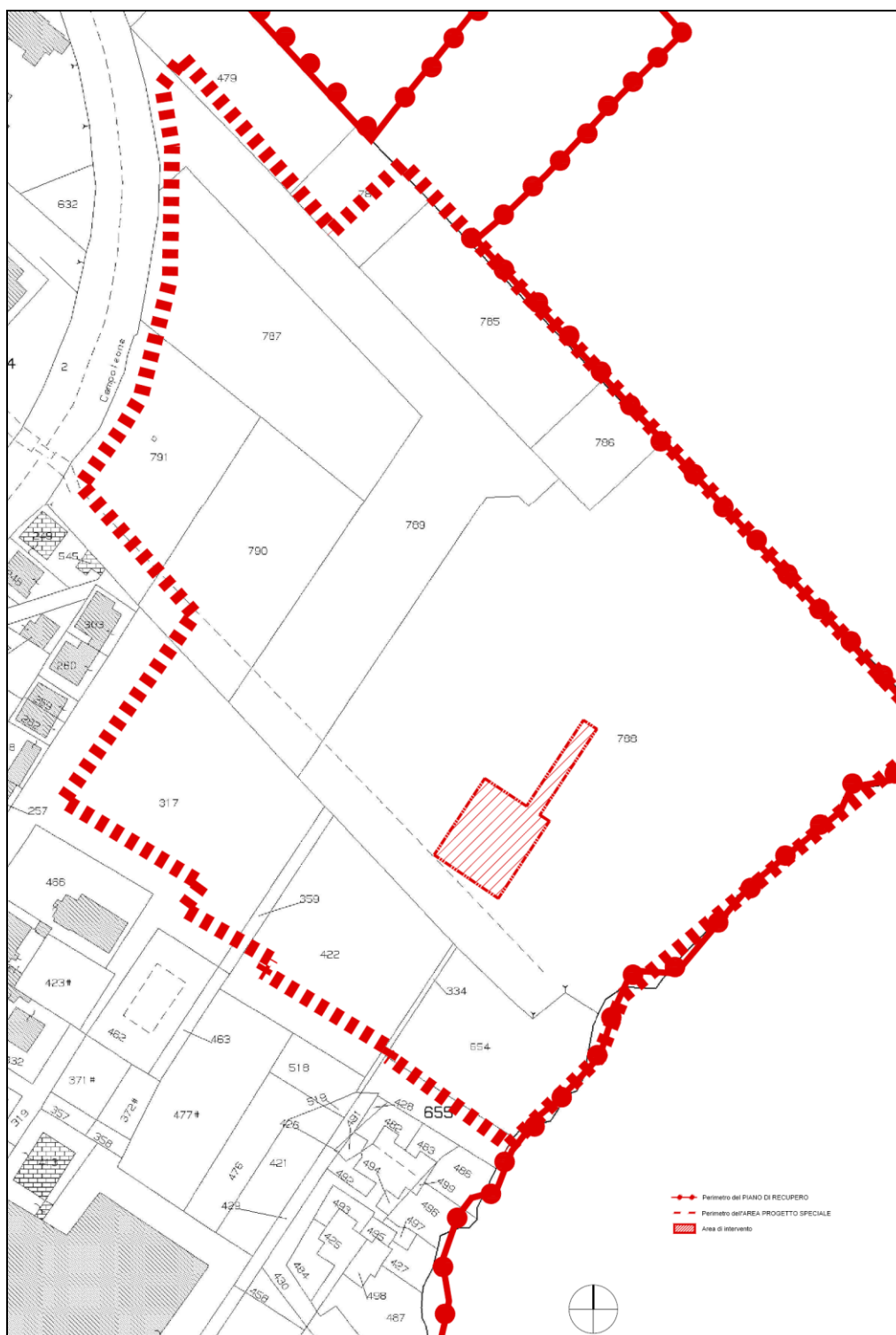
Sezione 387120 – Scala originaria 1:10.000 (immagine ingrandita)



Area d'intervento

TAVOLA 3 – PLANIMETRIA CATASTALE

STRALCIO PLANIMETRIA CATASTALE



2. GENERALITÀ SUGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Di seguito si riportano i principali dati dimensionali relativi all'Area di intervento.

La struttura oggetto della presente relazione è stata concepita per rapportarsi architettonicamente e funzionalmente sia con le volumetrie della scuola elementare (progetto del CdQ 2) che con il complesso della mensa/auditorium (altro progetto ricompreso nel PLUS).

L'intervento consiste nel realizzare:

- al piano terra, a livello del piazzale il locale principale della palestra e l'accesso ai servizi igienici e hai già realizzati spogliatoi
- ai piani superiori un locale per gli insegnanti, il locale tecnico atto ad ospitare la centrale termica.

L'accesso a tale struttura avviene sia dall'accesso al plesso scolastico a quota 248.80 s.l.m.

2.1. Realizzazione della palestra

I principali dati dimensionali della palestra sono i seguenti:

- SUL complessiva: 1.050 mq circa
- Volumetria: 10.000 mc circa
- Superficie utile area sportiva palestra 630 mq

Al piano terra la superficie complessiva è di circa 730,00 mq, ed è suddivisa in ingresso, spazio palestra, area spettatori, area bar, depositi servizi igienici. L'accesso avviene direttamente a livello del piano terra sia del piazzate che dall'atrio della scuola elementare.

Il complesso nel suo insieme è rifinito con le seguenti peculiarità:

- Rivestimento esterno ed interno in intonaco di cemento retinato a due strati;
- Rivestimento interno (soffitti) in intonaco pronto premiscelato in leganti speciali;
- Tinteggiatura esterna ed interna con idropittura lavabile;
- Rivestimenti interni per i servizi in piastrelle di ceramica smaltata;
- Pavimenti mensa e auditorium in linoleum;
- Rivestimento della scala interna in legno;
- Infissi esterni in pvc e vetrata termoacustica;

2.2. Opere civili – Palestra

Le opere consistono in:



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

- scavo a sezione aperta dell'area interessata dalla realizzazione della palestra;
- scavi a sezione obbligata per la realizzazione degli impianti di progetto;
- trasporti a scarica autorizzata dei materiali di risulta non utilizzati nei rinterri e nei rilevati;
- lavorazione e posa ferri di armatura per le strutture in fondazione;
- realizzazione della carpenteria per le strutture in fondazione;
- getto in calcestruzzo per le strutture in elevazione;
- lavorazione e posa ferri di armatura per le strutture in elevazione;
- realizzazione della carpenteria per le strutture in elevazione;
- getto in calcestruzzo per le strutture in elevazione;
- lavorazione e posa ferri di armatura per solaio in c.a.;
- realizzazione di solaio in c.a.;
- realizzazione scala in c.a.;
- realizzazione di tamponamenti esterni costituiti da murature in blocchi isolanti a giunto sottile dello spessore di 30cm;
- realizzazione del vespaio di sottofondo in scheggioni di cava su massetto;
- formazione di soletta in calcestruzzo per il solaio contro terra sp. 10cm;
- realizzazione del solai piani intermedi;
- realizzazione di manto impermeabilizzante solaio di copertura;
- formazione di massetto delle pendenze per la copertura in calcestruzzo cellulare alleggerito sp. 5cm;
- realizzazione massetto con impianto a pannelli radianti a pavimento solaio contro terra e del solaio di interpiano sp. 5cm;
- realizzazioni delle pareti divisorie interne in blocchi forati di cls sp. 8cm;
- realizzazione degli impianti di distribuzione e terminali per impianto termico;
- realizzazione di impianto idrico sanitario;
- realizzazione della dell'impianto elettrico interno
- fornitura e posa della pavimentazione esterna sul solaio di copertura in ghiaia;
- formazioni di intonaci interni;
- fornitura e posa di pavimentazione per interni in linoleum;
- fornitura e posa di battiscopa in linoleum fissato con idoneo collante;
- fornitura e posa di pavimentazione e rivestimento servizi e per i locali tecnici in piastrelle di ceramica;
- formazione degli intonaci esterni;



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

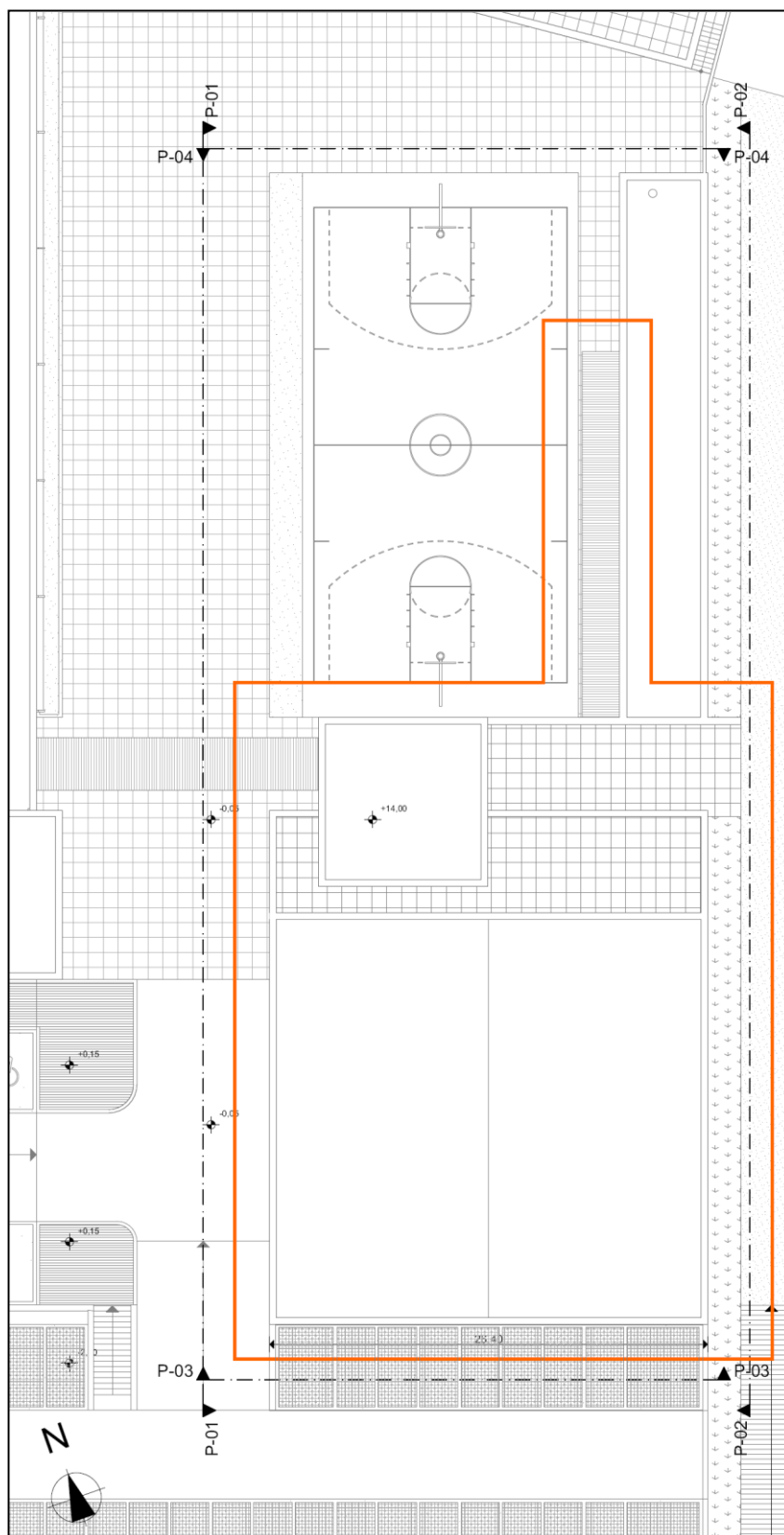
Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

- serramenti interni in alluminio;
- serramenti esterni in PVC con vetro termoacustico;
- tinteggiatura superfici interne con idropittura lavabile;
- tinteggiatura superfici esterne con idropittura lavabile;
- allacciamenti definitivi degli impianti alla rete dei pubblici servizi.

In Figura 2.1 si riporta uno stralcio della tavola di progetto in cui sono sintetizzati i lavori da eseguire. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati progettuali.

Figura 2.1 – Stralcio planimetrico di progetto.





3. INDAGINI NUOVE

Al fine dell'accertamento delle caratteristiche fisico-meccaniche, dei litotipi costituenti il terreno di fondazione del fabbricato in oggetto, nonché della ricostruzione della stratigrafia, ci si è affidati ai dati ottenuti da una campagna di indagini geognostiche così costituita:

- esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di 10 mt dal p.c., completo di prove in foro SPT, eseguito al fine della ricostruzione dell'assetto stratigrafico dell'area d'intervento;
- esecuzione di n.2 prospezioni sismiche tipo MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves), eseguite allo scopo di definire la V_{s30} , secondo quanto disciplinato dalla normativa vigente;
- esecuzione di n. 2 prospezioni sismiche tipo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), eseguite al fine della stima della frequenza di risonanza delle coperture e della risposta sismica locale, se espressamente richiesta dai progettisti.

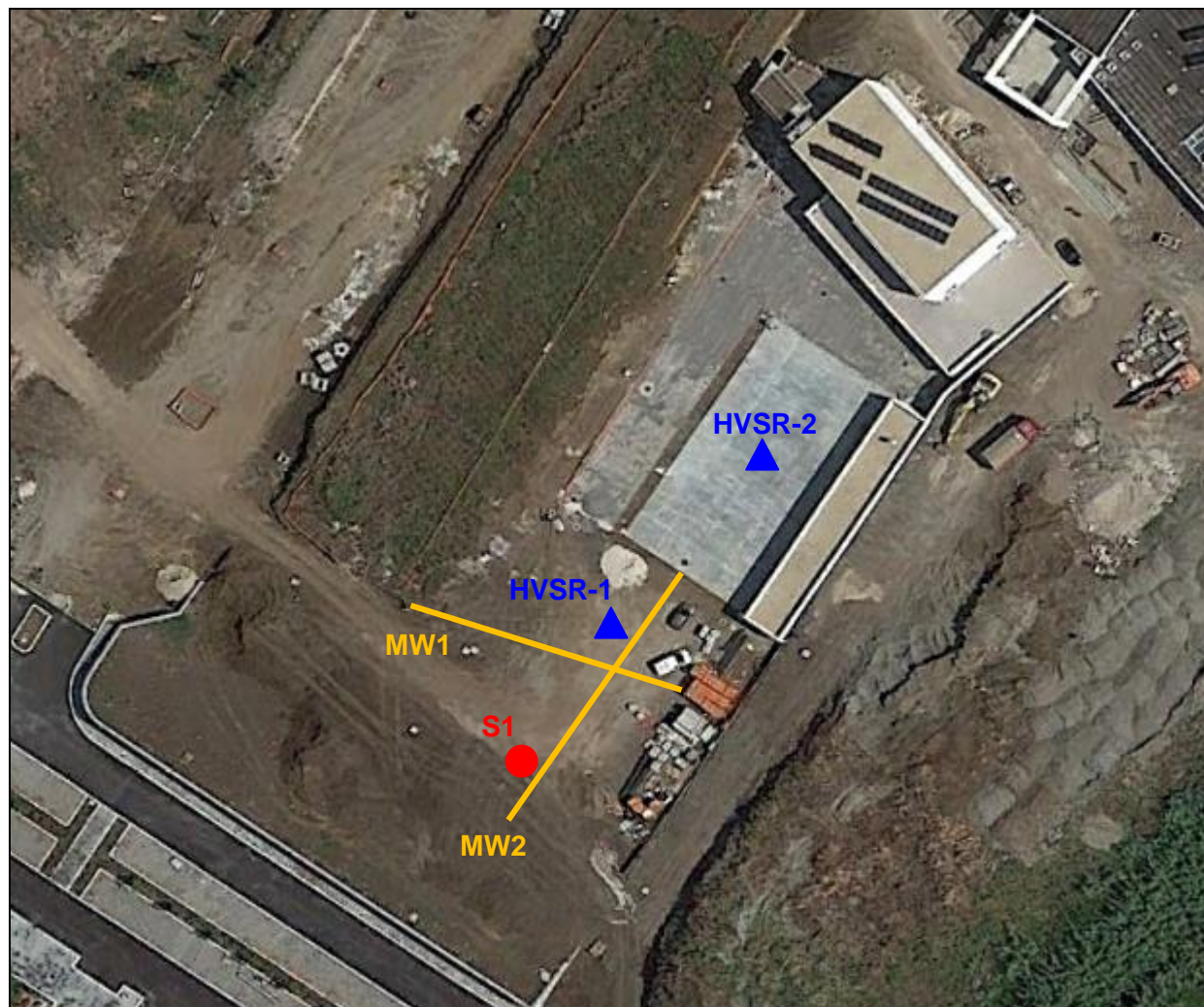
Si specifica che le attività di indagini e analisi, di cui sopra, sono state affidate alla ditta TECNOGEO S.r.l. e che queste sono state eseguite, dalla suddetta, in ottemperanza alla normativa vigente in materia.

Nel presente capitolo vengono definiti i criteri ed i vantaggi delle tipologie di indagini effettuate, descrivendo le metodologie d'indagine e le attrezzature utilizzate.

TAVOLA 4 – PLANIMETRIA UBICATIVA INDAGINI NUOVE

IMMAGINE DA SATELLITE

Copyright: GOOGLE MAPS



Sondaggio geognostico



Prospezioni tomografiche HVS



Prospezioni sismiche MASW

3.1. Sondaggio a carotaggio continuo

3.1.1. Strumentazione e metodologia d'indagine

Per la caratterizzazione litostratigrafica e tecnica dei terreni presenti nell'area d'intervento è stato eseguito n° 1 sondaggio a carotaggio continuo, contraddistinto dalla sigla S1, utilizzando la metodologia a rotazione con aste e carotiere semplice a circolazione diretta di acqua. Il sondaggio è stato spinto fino alla profondità di 10 mt dal p.c.;

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una sonda tipo CMV MK 420 montata su carro cingolato e munita delle seguenti caratteristiche tecniche:

- velocità di rotazione variabile tra 0 e 500 giri/min;
- spinta > 4000 kg;
- tiro > 4000 kg;
- coppia max = 400 - 750 kmg.

Gli utensili di perforazione hanno permesso il carotaggio integrale del terreno attraversato.

La perforazione a carotaggio continuo è stata realizzata utilizzando un carotiere semplice di diametro 101 mm munito di corona in widia.

Tale metodologia, evitando di dilavare il materiale, ha consentito di ottenere la massima percentuale di carotaggio e di recuperare tutte le varie frazioni costituenti il terreno.

Il rivestimento del foro è stato effettuato con una tubazione metallica di diametro 127 mm e di spessore e resistenza idonea a sostenere le pareti.

Inoltre, la sonda è stata dotata di tutti gli accessori necessari per la corretta esecuzione del lavoro e degli utensili per la riparazione dei guasti d'ordinaria natura.

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in plastica munite di setti separatori, successivamente fotografate.

L'esame delle carote recuperate dai sondaggi ha permesso l'identificazione di intervalli della successione stratigrafica macroscopicamente omogenei (strati), costituiti cioè o da un tipo di terreno predominante o da alternanze più o meno regolari di terreni differenti.

Nell'ambito dei sondaggi sono state eseguite le seguenti prove:

- esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in situ tipo S.P.T., a punta chiusa, e determinazione del grado di addensamento/consistenza;

In seguito ai risultati ottenuti dalla campagna di indagini geognostiche, è stata definita la successione stratigrafica e la parametrizzazione fisco-meccanica dei terreni d'imposta delle fondazioni, in accordo con le specifiche tecniche e le Raccomandazioni AGI (1977). È stato, inoltre, possibile dare una descrizione dell'assetto geologico dell'area d'intervento.

3.1.2. Prove SPT (Standard Penetration Test)

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite n° 4 prove SPT nel sondaggio S1 e n° 2 prove SPT nel sondaggio S2. Queste sono state eseguite con una punta chiusa.

L'attrezzatura impiegata, in accordo alle Raccomandazioni AGI, è costituita da un maglio del peso di 63.5 kg, predisposto per la caduta da un'altezza di 76 cm. Le aste di collegamento del maglio al campionatore terminale hanno un peso proprio pari a 7.2 kg/m.

L'esecuzione della prova è avvenuta secondo le seguenti modalità:

- perforazione a carotaggio;
- estrazione della batteria di perforazione;
- stabilizzazione delle pareti del foro con tubi di rivestimento metallico, con arresto della corona ad una quota superiore di circa 10 cm rispetto a quella prevista, di inizio prova;
- discesa nel foro della batteria di aste con annesso campionatore;
- controllo della quota di arresto della batteria di prova;
- identificazione di 3 tratti contigui, di 15 cm ciascuno, lungo la porzione di batteria sporgente in superficie;
- collegamento del dispositivo di percussione (maglio) alla batteria di prova;
- inizio della prova vera e propria: il campionatore viene infisso nel terreno per mezzo di colpi impressi con la massa battente, ad un ritmo di percussione prossimo a 25 colpi al minuto. I colpi vengono contati in successione, avendo cura di separare il numero di colpi necessari per l'avanzamento del campionatore per i tre tratti consecutivi di 15 cm.

Il valore di N_{SPT} è dato dalla somma dei colpi ottenuti nel 2° e 3° tratto (ultimi 30 cm), che vengono annotati nel rapporto di prova.

Nella tabella seguente vengono schematizzati i rapporti tra il valore di N_{SPT} , per orizzonti granulari e coesivi, e le qualità meccaniche dei terreni.

TERRENI GRANULARI SCHEMA DELLE RELAZIONI N_{SPT}/ADDENSAMENTO	
N_{SPT}	Stato di addensamento
0 – 4	Sciolto
4 – 10	Poco addensato

10 – 30	Moderatamente addensato
30 – 50	Addensato
> 50	Molto addensato

TERRENI COESIVI SCHEMA DELLE RELAZIONI N_{SPT} /CONSISTENZA	
N_{SPT}	Consistenza
< 2	Privo di consistenza
2 – 4	Poco consistente
4 – 8	Moderatamente consistente
8 – 15	Consistente
15 – 30	Molto consistente
> 30	Estremamente consistente

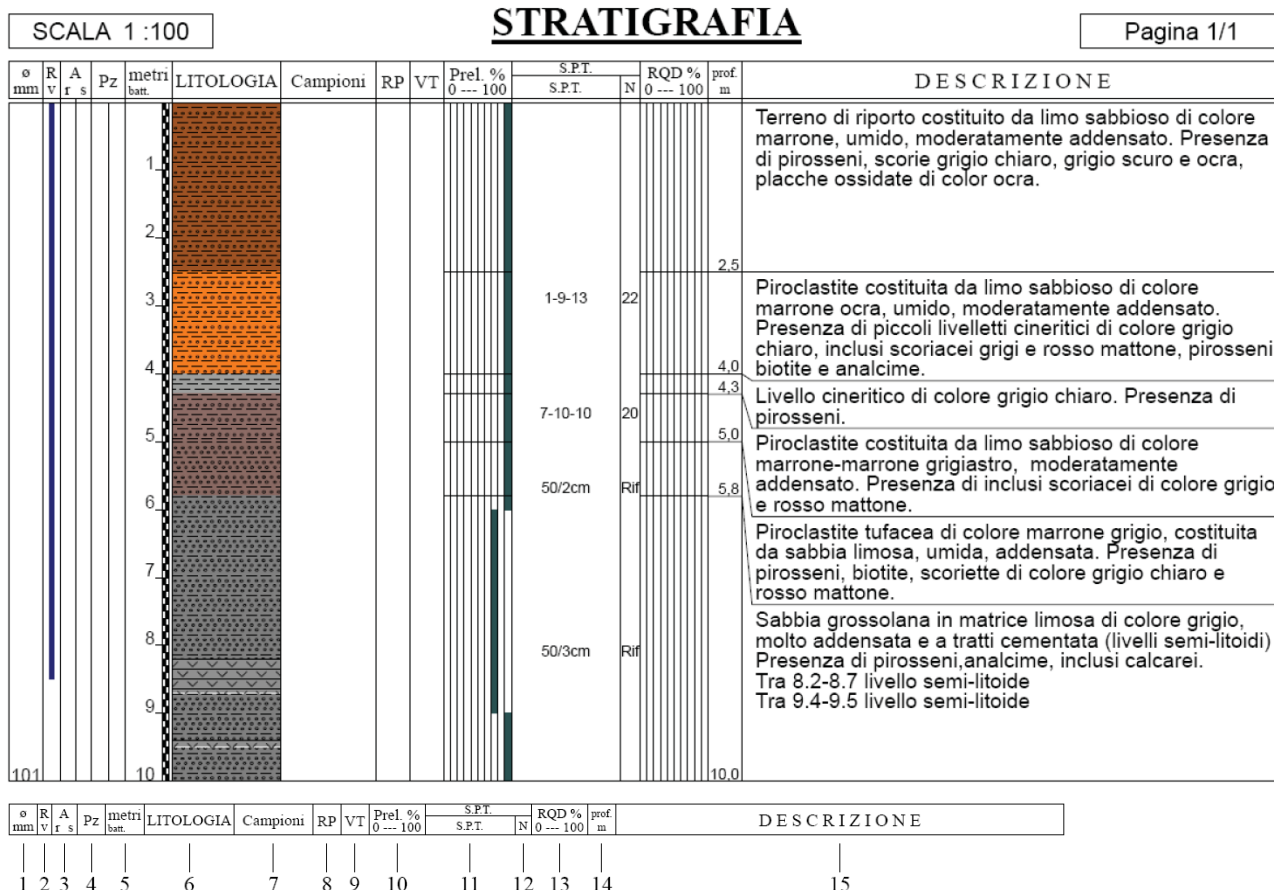
Nelle tabella successiva sono riassunti i dati relativi alle prove S.P.T. eseguite in sondaggio, in correlazione con le qualità meccaniche dei terreni sopra indicate:

Tabella 3.1 – Tabella riassuntiva delle prove SPT eseguite.

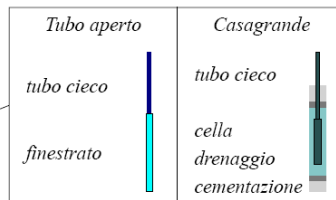
SCHEMA RIASSUNTIVO PROVE SPT						
Sondaggio (sigla)	SPT (n°)	Profondità (m)	Litotipo	N_{spt}	Consistenza	Tipo Punta
S1	1	3.1	Limo sabbioso	22	Moderatamente addensato	C
S1	2	4.8	Limo sabbioso	20	Moderatamente addensato	C
S1	3	5.9	Piroclastite tufacea	Rif.	Molto addensato	C
S1	4	8.3	Piroclastite tufacea	Rif.	Molto addensato	C

Figura 3.1 – Stratigrafia rinvenuta nel sondaggio S1.

Committente: Ing. Roberto Felli	Sondaggio: S1
Riferimento: Albano Laziale - loc. Cecchina - Palestra	Data: 26/10/2015
Coordinate: 41°41'41.23"N - 12°39'8.98"E	Quota: 240
Perforazione: Carotaggio continuo	



- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT

Foto 3.1 - Posizionamento sondaggio S1.



Foto 3.2 – Cassetta 1: 0,00-5,00 m.



Foto 3.3 - Cassetta 2: 5,00-10,00 m



3.2. *Prospezioni sismiche MASW*

Al fine di ricostruire una stratigrafia sismica dell'area e classificare sismicamente il suolo, ossia definire la categoria di suolo di fondazione secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008), sono state effettuate n. 2 prospezioni sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Figura 3.2 - Vista della preparazione degli array sismici.

3.2.1. Cenni Teorici sul metodo MASW

Lo scopo della prova MASW consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie (Rayleigh VR e Love VSH) e un successivo processo di inversione, attraverso il quale viene fornita una stima indiretta della distribuzione delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).

La prova si applica quando la profondità delle coperture da esplorare è compresa tra i 10 e i 50 m, presentando una maggiore attendibilità per profondità indagate inferiori ai 20 m. Si rende necessaria soprattutto quando interessano dati medi relativi ad ampi volumi di terreno e quando i risultati da ottenere devono essere di qualità e precisione buone.

Per l'esecuzione della prova è necessaria una superficie pianeggiante più o meno ampia in relazione alla profondità di indagine.



Si suppone che il volume di terreno interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo e isotropo.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze, opportunamente regolabile e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di rigidezza può scomporsi in due fasi fondamentali:

- deduzione della curva di dispersione (velocità di fase delle onde di Rayleigh e di Love in funzione della frequenza) caratteristica del sito in esame;
- processo di inversione, finalizzato a ottenere partendo dalla curva suddetta una stima del profilo di rigidezza a essa associato.

Ai fini di questa prova, di tutte le componenti di moto prodotte nel terreno dalla sorgente, interessano quelle che si trasmettono lungo la superficie (onde superficiali) e di queste quelle di Rayleigh, polarizzate sul piano verticale e caratterizzate da componenti sia longitudinali sia trasversali.

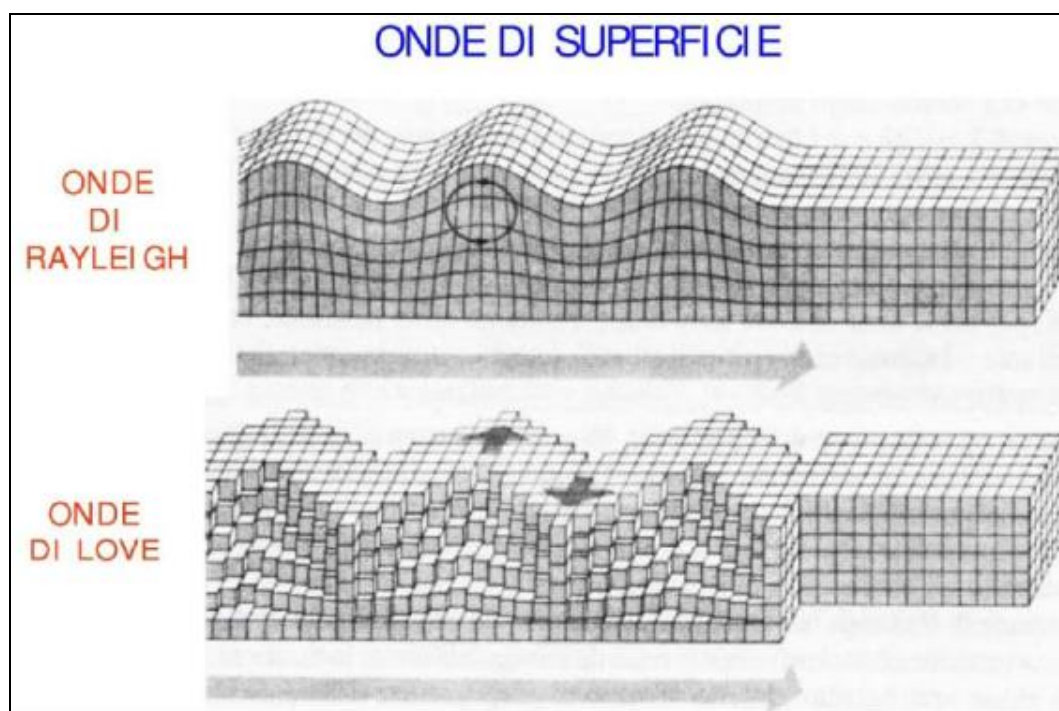
Tali onde si propagano lungo fronti d'onda cilindrici, coassiali rispetto alla sorgente, con attenuazione proporzionale all'inverso della radice di r (dove r è la distanza dalla sorgente) inferiore all'attenuazione delle onde di volume (proporzionale invece a $1/r$) e perciò già a distanze non molto grandi le onde di superficie tendono a prevalere nettamente su quelle di volume (Figura 3.3).

La componente verticale del moto indotta dalle onde di Rayleigh è predominante su quella orizzontale e si attenua con la profondità rapidamente fino a diventare insignificante a una quota di poco superiore alla lunghezza d'onda λ della sollecitazione indotta. Perciò per indagare profondità sempre maggiori e ricavare la velocità caratteristica delle onde di Rayleigh è opportuno aumentare progressivamente la lunghezza d'onda della sollecitazione prodotta dalla sorgente, costruendo così una curva in cui sia riportata al variare della lunghezza d'onda λ , e quindi della profondità investigata, la velocità delle onde di Rayleigh calcolata (curva di dispersione). Al contrario le onde di Love sono polarizzate orizzontalmente, cioè il moto delle particelle appartiene al piano orizzontale (Figura 3.3)

La velocità V_R risulta sperimentalmente assai prossima a quella delle onde di taglio V_s (variando in funzione del coefficiente di Poisson tra 0.86 e 0.95), tramite la quale si possono ricavare le caratteristiche meccaniche del terreno per mezzo delle relazioni precedentemente citate.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone di un *sistema sorgente - sistema di ricezione - sistema di acquisizione dati* (Figura 3.5).

Figura 3.3 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh e di Love



3.2.2. Strumentazione adottata

L'analisi delle onde superficiali è stata effettuata utilizzando un sismografo a trasmissione digitale (DoReMi) di concezione totalmente nuova, progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali (Re.Mi. - M.A.S.W. - S.A.S.W. – SPAC - ESAC).

Il DoReMi (Figura 3.4) è composto da un cavo di trasmissione digitale dati lungo il quale sono disposti i moduli di amplificazione/digitalizzazione collegati ai sensori (comunemente geofoni). Il sistema si connette ad un PC portatile per l'impostazione dei parametri di acquisizione, per il salvataggio dei dati e la loro preanalisi (Figura 3.5).

Figura 3.4 - Sismografo a trasmissione digitale Do.Re.Mi.

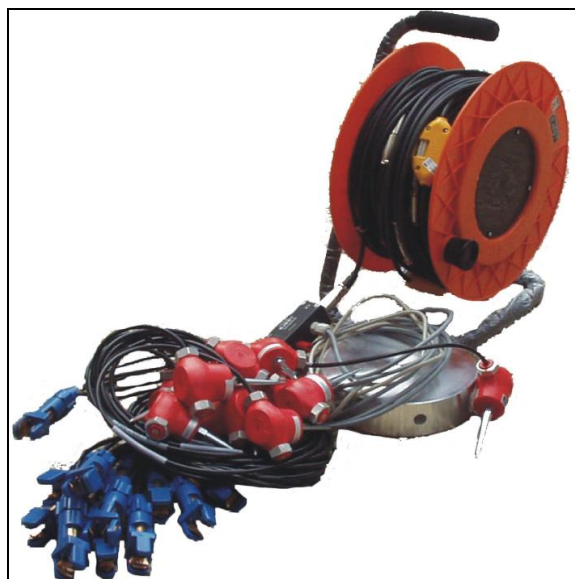
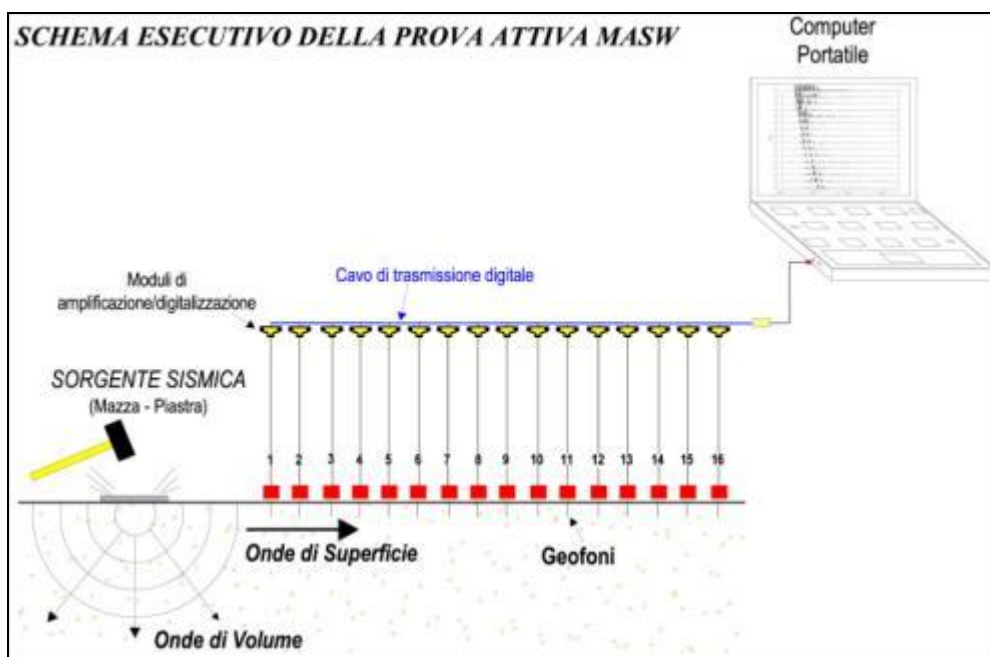


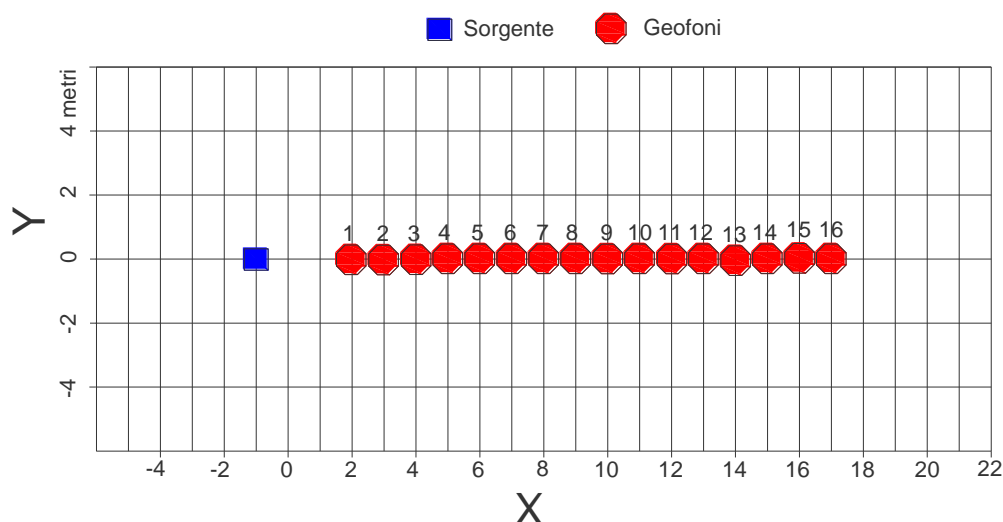
Figura 3.5 - Schema esecutivo della prova attiva MASW eseguita



3.2.3. Schema Array sismico

Le prospezioni sismiche MASW sono state eseguite con stendimenti geofonici di 33 m, disposti sul terreno secondo n. 2 *array* lineari costituiti da 16 geofoni con interasse pari a 2,0 m. La sorgente è stata posta ad una distanza di 3 m dal primo geofono (Figura 3.6)..

Figura 3.6 - Schema di posizionamento array.



3.2.4. Acquisizione ed elaborazione dati

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante il software DoReMi V.1.1.45 della SARA ELECTRONIC INSTRUMENTS S.r.l., che è lo strumento che permette di impostare i parametri di acquisizione, di visualizzare i tracciati e di effettuarne una prima analisi.

Le impostazioni dei parametri di acquisizione degli *array* in oggetto sono:

- Settaggio Gain = 30 db
- Frequenza di campionamento = 500 Hz
- Durata totale di acquisizione del segnale = 2 secondi

Successivamente è stato creato un'*Average* di tutte le energizzazioni effettuate scegliendo le migliori (Figura 3.7 e Figura 3.8).

Figura 3.7 - Sismogramma relativo alla stesa sismica MASW n.1.

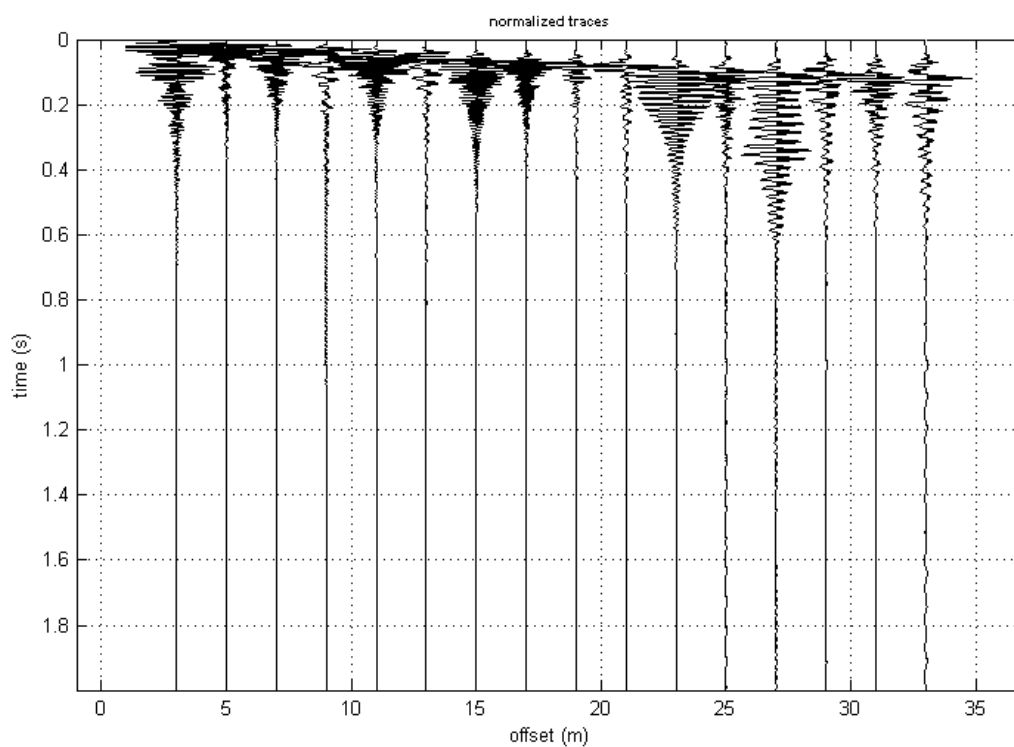
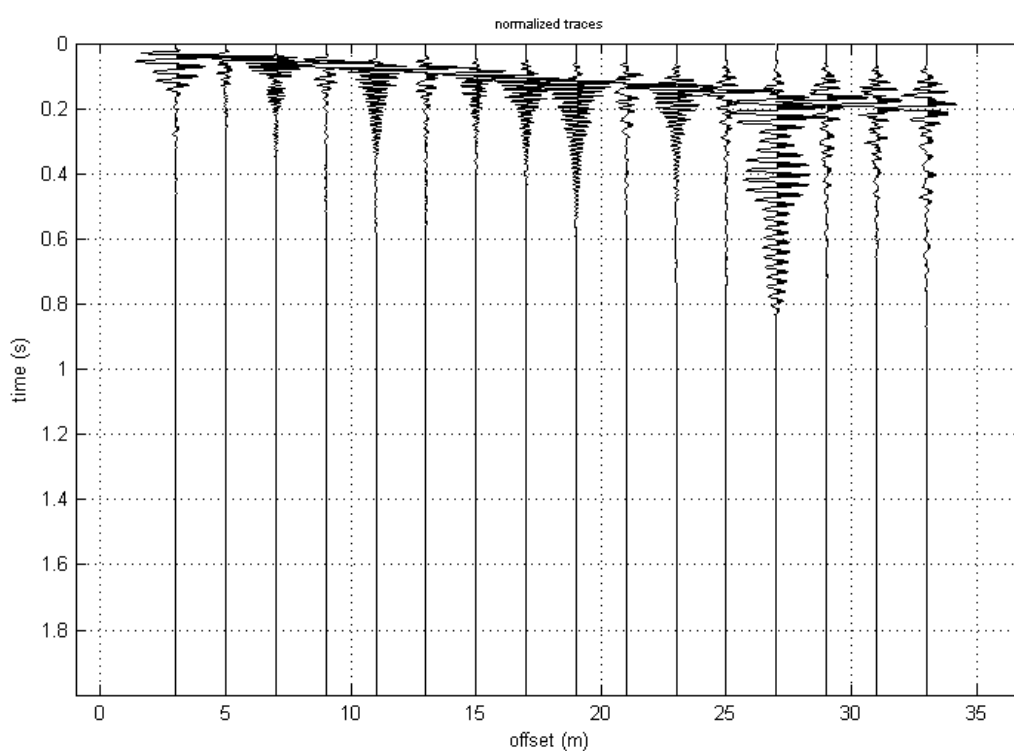


Figura 3.8 - Sismogramma relativo alla stesa sismica MASW n.2.



I dati MASW sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s). I dati sperimentali, acquisiti e pre-elaborati sono stati importati nel programma WinMasw 5.0 (Eliosoft), il quale permette l'archiviazione dei tracciati acquisiti con DoReMi e contiene un modulo per il calcolo degli spettri di velocità di fase delle onde di superficie e la modellazione di curve di dispersione teoriche nel modo fondamentale e superiori.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “*phase velocity-frequency*” che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Nel suddetto spettro è possibile distinguere il “modo fondamentale” delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Sullo *phase velocity spectra* ottenuto è stato eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (Figura 3.9 e Figura 3.10). Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma velocità di fase - frequenza per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Figura 3.9 - Phase velocity spectra con picking ottenuto dalla MASW-1.

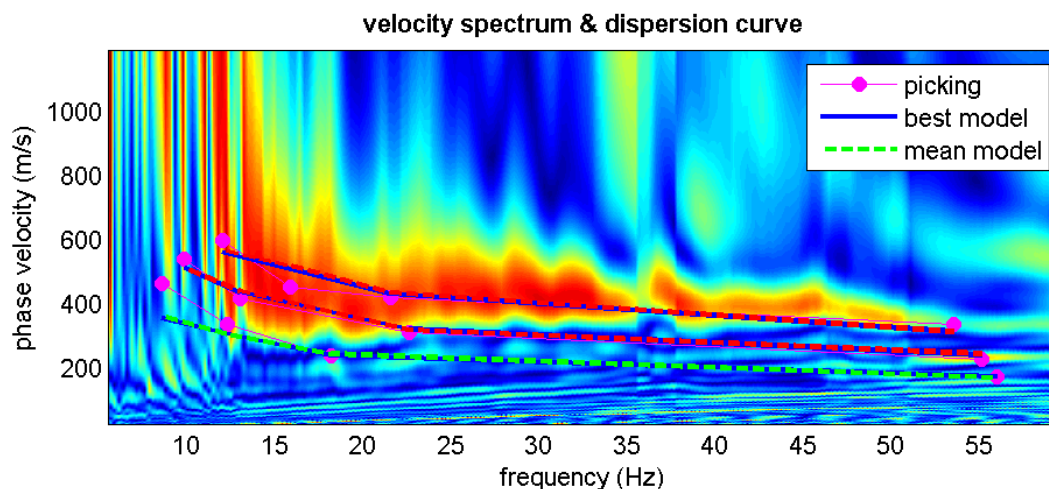
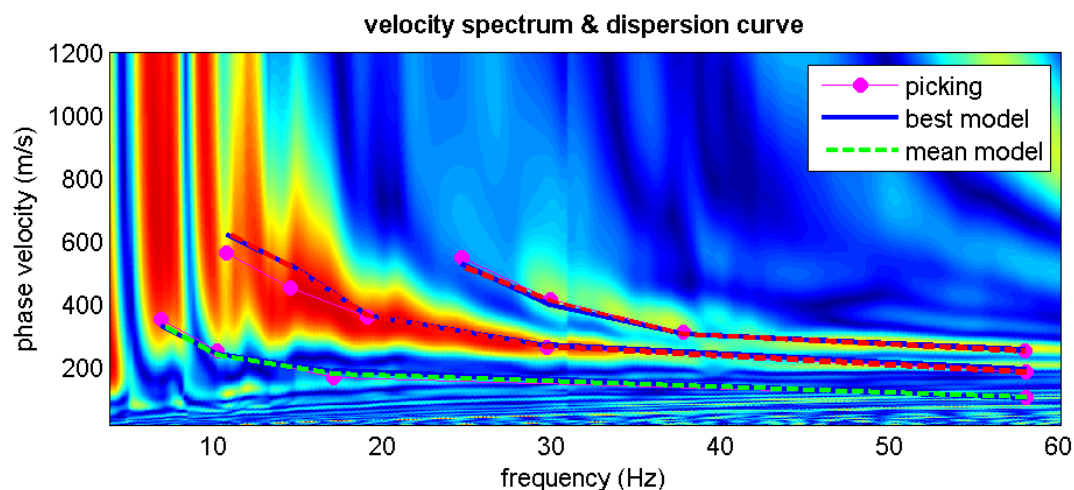


Figura 3.10 - Phase velocity spectra con picking ottenuto dalla MASW-2.



In particolare, l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s viene ottenuto modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali (Figura 3.9 e Figura 3.10).

3.2.5. Interpretazione dei dati

L'analisi del phase velocity spectra consente di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, Figura 3.11, Tabella 3.3 e Figura 3.12), rappresentativo dell'area investigata.

Tabella 3.2 - Modello medio di velocità delle onde sismiche MASW-1.

Strato	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1	1.2	1.2	190
2	3.7	2.5	174
3	9.2	5.5	333
4	15.5	6.3	366
5	23.5	8.0	425
6	inf.	inf.	591

Figura 3.11 - Profilo verticale 1D delle Vs ottenuto dall'inversione della curva di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali – MASW-1.

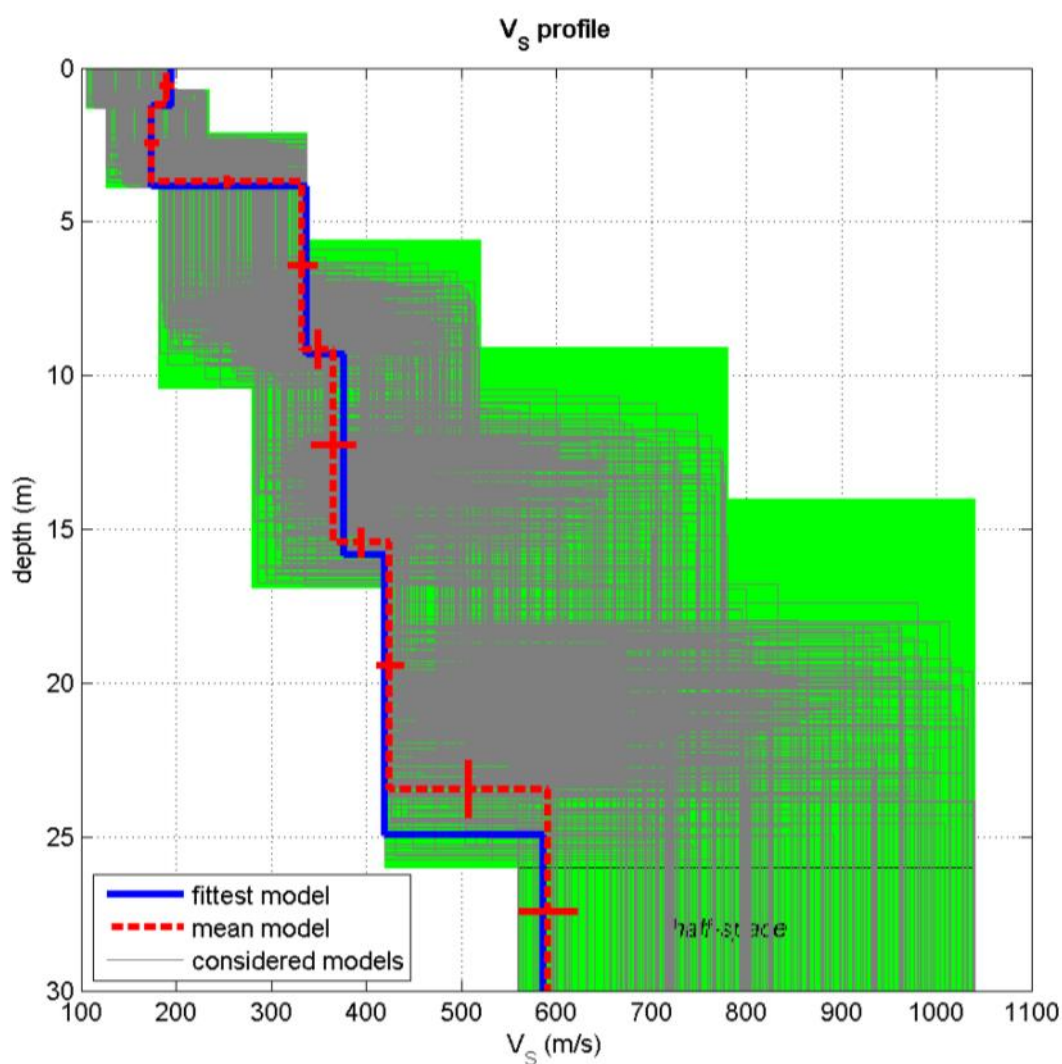
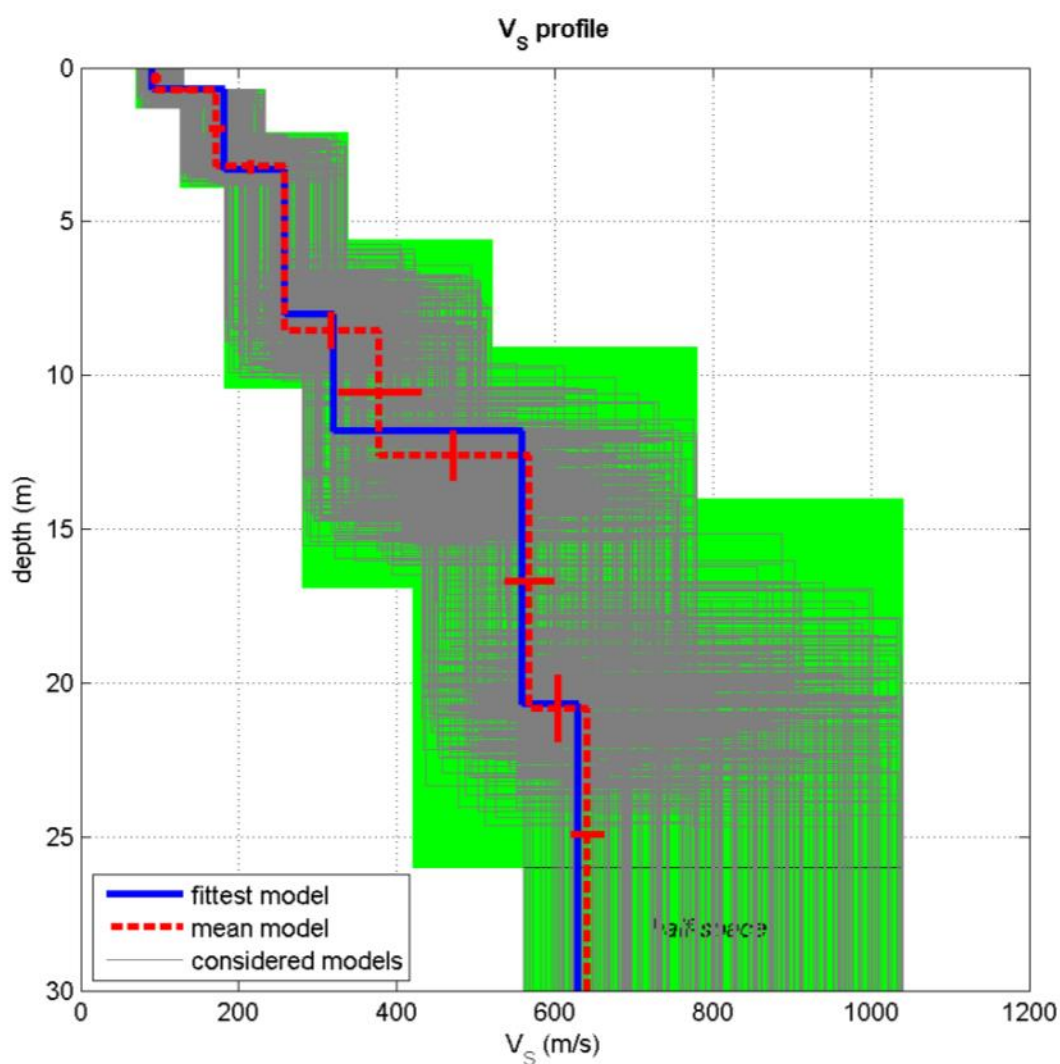


Tabella 3.3 - Modello medio di velocità delle onde sismiche MASW-2.

Strato	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1	0.7	0.7	95
2	3.2	2.5	172
3	8.5	5.3	258
4	12.6	4.1	378
5	20.8	8.2	567
6	inf.	inf.	641

Figura 3.12 - Profilo verticale 1D delle Vs ottenuto dall'inversione della curva di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali – MASW-2.



A partire dal modello sismico monodimensionale, è possibile calcolare il valore delle V_{s30} , che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità dal piano di posa della fondazione.

Per il calcolo delle V_{s30} si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“*Norme tecniche per le costruzioni*”):

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

Dove:

h_i è lo spessore dello strato i -esimo

V_i è la velocità dello strato i -esimo

Utilizzando la formula sopra riportata e ipotizzando che le fondazioni saranno impostate ad una profondità di circa 2 m dal p.c., si ottiene il seguente valore:

MASW n. 1 = 391 m/s

MASW n. 2 = 427 m/s

MASW media - V_{s30} = 409 m/s

Substrato sismico ($V_{s30} > 800$) > 30 metri di profondità

In Tabella 3.4 vengono riportati i valori delle V_{s30} relativi a diverse profondità del piano d’imposta delle fondazioni.

Tabella 3.4 - Valori delle V_{s30} a diverse profondità.

V_{s30} e categoria di sottosuolo			
Profondità piano di fondazione (m)	V_{s30} MASW-1 (m/s)	V_{s30} MASW-2 (m/s)	Media MW-1/MW-2 (m/s)
p.c.	356	365	360
-1	372	402	387
-2	391	427	409
-3	413	454	433
-4	432	474	453
-5	440	492	466

3.3. *Prospezioni sismiche HVSR*

Nell'ambito delle campagne indagini è stata realizzata anche una misurazione dei microtremori, mediante prospezioni sismiche tipo HVSR. Tale metodologia d'indagine fu resa popolare principalmente da Nakamura (1989), come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale, ed è ampiamente riconosciuto che questa è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Le teorie sulla tecnica HVSR, si basano sulla misurazione del rumore sismico ambientale (Castellaro *et alii*, 2005).

3.3.1. *Cenni teorici sul metodo d'indagine HVSR*

Il rumore sismico ambientale viene prodotto da cause naturali come onde oceaniche, perturbazioni atmosferiche, venti, o da vibrazioni di origine antropica che possono essere rappresentate principalmente da traffico veicolare o da attività industriale.

I microtremori che sono prodotti da fenomeni naturali a grande distanza, sono in genere caratterizzati da frequenze molto basse (<0.5 Hz) e stabili che si compongono principalmente in onde superficiali.

Alle frequenze comprese tra 0.5 e 1 Hz appartengono le vibrazioni indotte da cause naturali a più breve distanza o da alcuni tipi di attività umane; la stabilità è molto minore rispetto alle precedenti ed il contenuto in onde superficiali estremamente variabile.

Le vibrazioni generate a frequenza maggiore di 1 Hz, sono prodotte localmente e sono fortemente instabili in ampiezza e in termini di rapporto di energia tra onde di volume e onde superficiali.

Il rumore sismico ambientale possiede una struttura complessa composta da molteplici fasi sismiche, in cui però il contributo relativo alle onde superficiali, possiede statisticamente maggiore coerenza e persistenza e viene perciò utilizzato nelle principali metodologie sperimentali.

Le onde superficiali contenute nei microtremori ambientali sono costituite da onde di Love e di Rayleigh, le cui velocità dipendono esclusivamente dalle proprietà sismiche del sottosuolo, al contrario della proporzione tra i due diversi modi di vibrazione che sono invece legate alla struttura del sottosuolo ed alla tipologia della sorgente.

La natura essenzialmente stocastica dei microtremori, permette d'altra parte di assumere che essi siano generati da una distribuzione di sorgenti casuali e non coordinate tra loro, consentendo quindi di ipotizzarne la dipendenza prevalentemente dalla struttura del sottosuolo.



La metodologia HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), detta anche Metodo di Nakamura si basa sulla misura dei rapporti fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale dei microtremori ambientali e sull'individuazione di massimi in frequenza della funzione H/V così ottenuta.

Il principio teorico alla base del metodo prevede che il rapporto H/V consente di eliminare il contributo della sorgente locale, che dovrebbe essere confrontabile nelle sue componenti orizzontali e verticale.

L'ampiezza dei massimi della funzione H/V è proporzionale, anche se non linearmente, all'entità del contrasto di impedenza sismica tra lo strato di base, ad elevata velocità sismica (generalmente con $V_s > 800$ m/s) e la sovrastante copertura a velocità sismica più bassa.

L'esistenza di tale contrasto infatti può generare l'instaurarsi di frequenze proprie negli strati geologici sedimentari, che giocano un ruolo assai importante negli studi di microzonazione sismica, in particolar modo per i problemi di interazione terreno/struttura.

La tecnica si basa su misure del rumore sismico, eseguite in superficie, in un intervallo di tempo opportunamente lungo (dell'ordine di circa 20 minuti), in modo da registrare le proprietà medie di un campo di onde sismiche generato da una molteplicità di sorgenti differenti, sia naturali che superficiali, distribuite casualmente attorno ad un punto di misura. In tal modo il campo d'onda generato, generalmente composto dalla combinazione delle diverse tipologie di onde sismiche di volume, P ed S, e di superficie, Rayleigh e Love, tende ad avere un andamento che non dipende dalle singole sorgenti ma dalle caratteristiche fisiche del mezzo attraversato.

L'esistenza di un forte contrasto di impedenza sismica tra due mezzi fa sì che il rapporto tra le componenti spettrali delle onde orizzontali e di quelle verticali, delle onde di volume e di quelle superficiali, abbia dei massimi in funzione delle frequenze di risonanza delle onde S, dato che le componenti verticali tendono ad annullarsi.

Al contrario, in assenza di contrasti di impedenza sismica alla base della copertura sedimentaria, la curva H/V non presenta dei massimi evidenti.

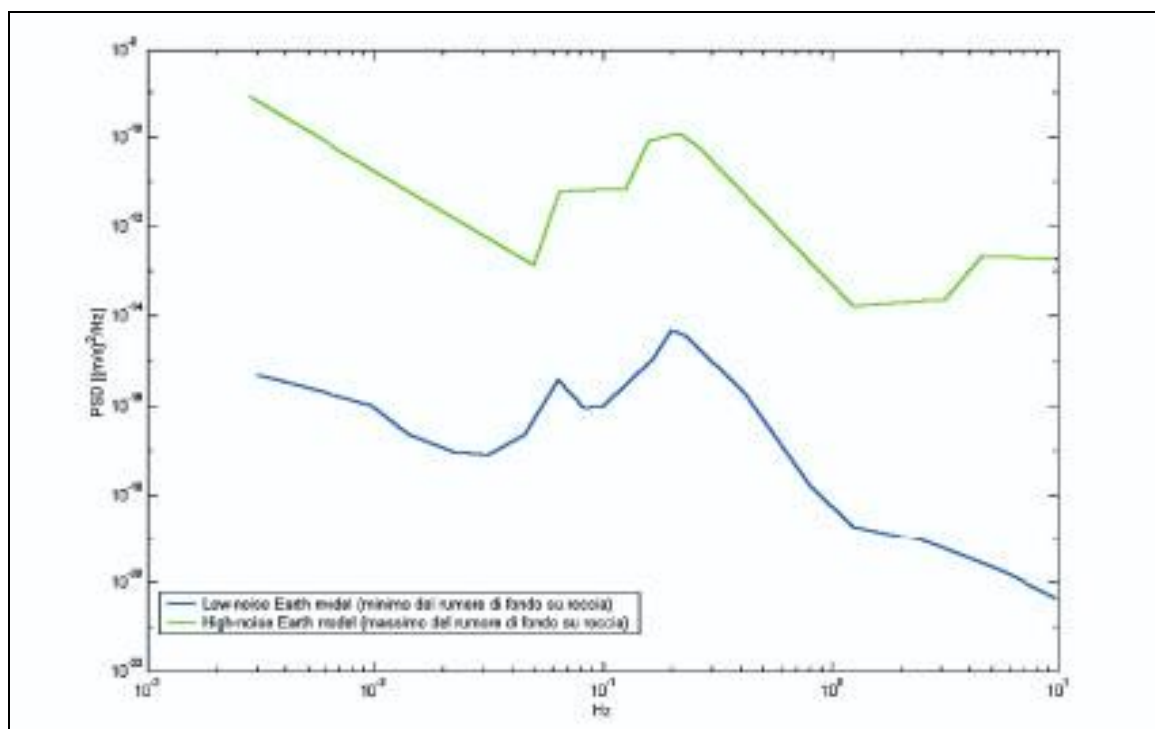
Se il rapporto spettrale presenta invece dei massimi, si può dimostrare teoricamente che, in caso di basamento sismico orizzontale, la frequenza di risonanza individuata è pari al rapporto tra la media delle V_s nella copertura e il quadruplo dello spessore della stessa.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato di terreno N relativa alle relative alle onde S è:

$$f_r = V_s / 4h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Figura 3.13 - Spettro del rumore sismico (in termini di velocità, componente verticale del moto) minimo e massimo secondo i modelli standard del servizio geologico USA (USGS) (J. Peterson, Observations and modelling of background seismic noise, Open-file report 93-322, USGS, 1993).



Il segnale registrato nelle tre componenti viene processato dividendolo in finestre temporali di uguale grandezza. Su tali finestre temporali vengono calcolati gli spettri di risposta e successivamente la componente H viene ricavata dalla media tra le due componenti NS ed EW.

Vengono ricavati i rapporti spettrali H/V per ciascuna finestra ed infine, dopo un confronto tra le varie finestre per verificare la continuità nel tempo del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali e la verticale, si ottiene per media la curva H/V del sito.

Attraverso un confronto tra i singoli spettri di risposta, sia tra quelli delle componenti orizzontali che tra questi e quello della componente verticale, e attraverso il confronto tra il rapporto spettrale H/V e quello della componente verticale, vengono escluse quelle frequenze dipendenti da cause non correlabili alle caratteristiche fisiche del mezzo, come ad esempio quelle provenienti da cause artificiali attive, vicine e monodirezionali o passive (trasmissione dinamica delle frequenze modali di un edificio), oppure quelle causate da rumore elettromagnetico.

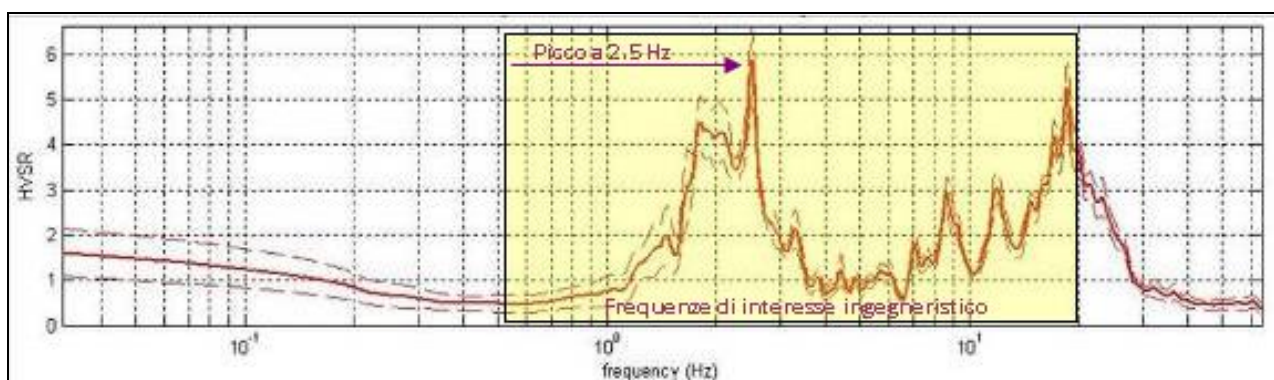
Per verificare l'attendibilità delle frequenze rilevate viene infine ricavata la funzione di coerenza della cross-correlazione tra i segnali provenienti dalle due componenti orizzontali.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati avviene secondo quanto previsto dal protocollo del progetto SESAME (SESAME European project, 2005), secondo il quale si ricavano i valori del rapporto H/V in funzione della frequenza, la stazionarietà del segnale, cioè la valutazione della stabilità nel tempo della curva H/V, e la sua variazione in funzione della frequenza e della direzione di provenienza.

Le frequenze di interesse ingegneristico sono ampiamente contenute nell'intervallo 0.5÷20 Hz.

Di seguito si riporta a titolo d'esempio l'elaborazione di una curva HVSR.

Figura 3.14 – Esempio di curva HVSR.



3.3.2. Strumentazione adottata

L'acquisizione dei microtremori esplicitati nel presente studio, è stata effettuata mediante l'ausilio del tromografo digitale Micromed TROMINO®. Si tratta di un apparecchio portatile compatto di circa 10 x 7 x 14 cm e 1 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza alcun cavo esterno (vedi Figura 3.15)

L'archiviazione ed elaborazione dati è stata effettuata attraverso il software *Grilla*, il quale permette di suddividere ognuna delle 3 componenti del segnale registrato in finestre temporali di lunghezza L (nel presente caso $L=20$ s), per ognuna delle quali viene calcolato il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, vengono lisciati con una funzione di *smoothing* (nel presente caso è stato effettuato un liscio secondo finestre triangolari con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale) e vengono mediati al fine di limitare i disturbi indotti da rumori transitori.

Nella figura seguente si riporta la curva di rumore di "Tromino" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

Figura 3.15 – tromografo digitale Micromed TROMINO®.



Figura 3.16 - Misura HVSR-1.



Figura 3.17 - Misura HVSR-2.

3.3.3. *Acquisizione ed interpretazione dati*

Le indagini condotte in merito alla valutazione dei microtrempi, hanno evidenziato quanto segue. Restrungendo il campo d'indagine all'intervallo in cui ricadono le frequenze di interesse ingegneristico, ossia tra 0.5-20 Hz, si evince che le frequenze di amplificazione sismica al suolo sono comprese tra 13.6-14.0 Hz.

Di seguito vengono sintetizzati i tabulati e i grafici ricavati dall'interpretazione delle misurazioni effettuate nell'ambito della campana di indagini sismiche.

TROMINO 1

Instrument: TRS-0006/00-06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

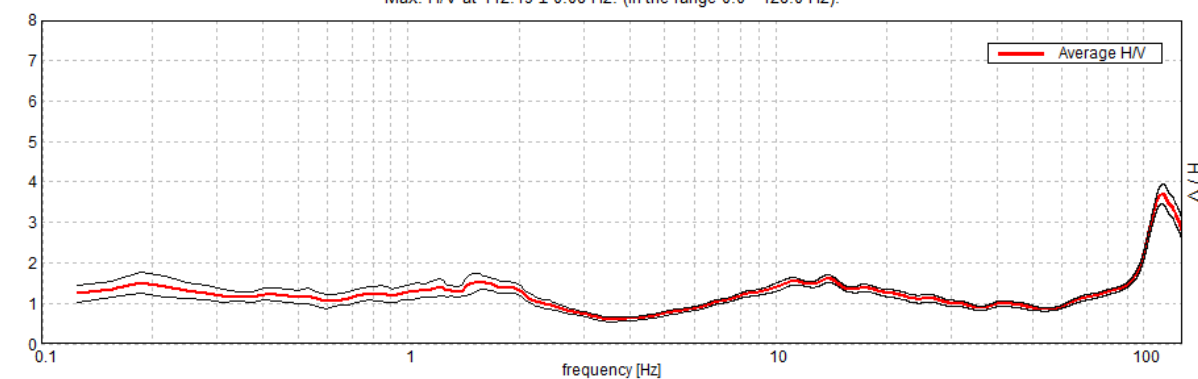
Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 256 Hz

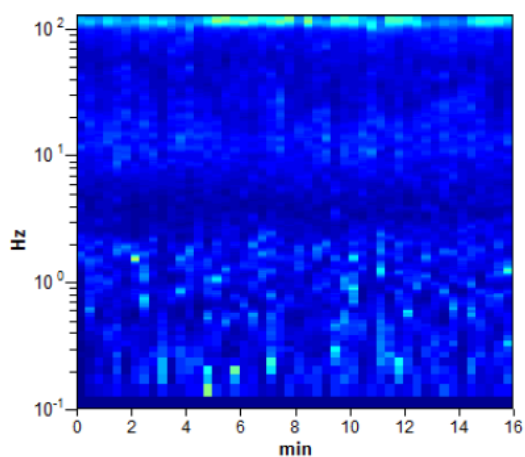
Window size: 20 s - Smoothing window: Triangular window - Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

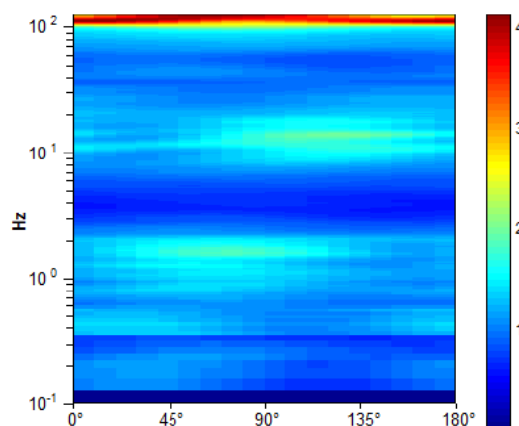
Max. H/V at 112.19 ± 0.08 Hz. (In the range 0.0 - 128.0 Hz).



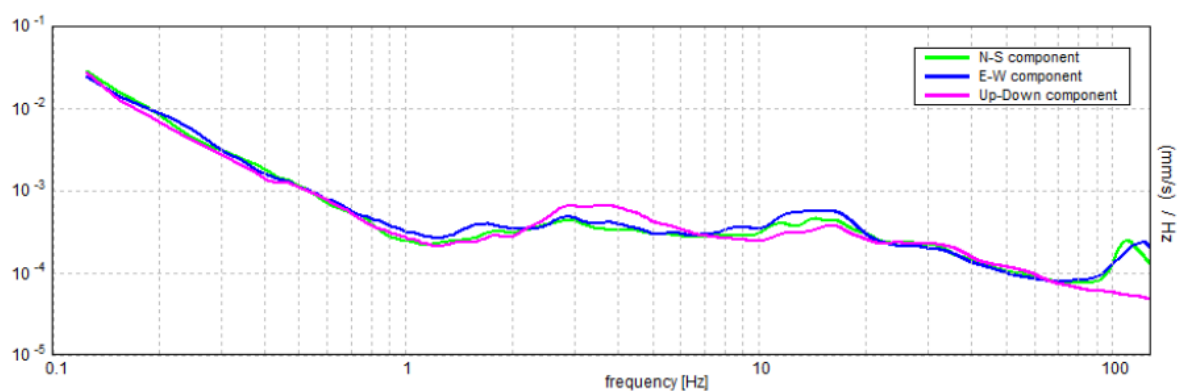
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 112.19 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 128.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	112.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	107700.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 2302 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	97.031 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	3.69 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00037 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.04118 < 5.60938	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1197 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

TROMINO 2

Instrument: TRS-0006/00-06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

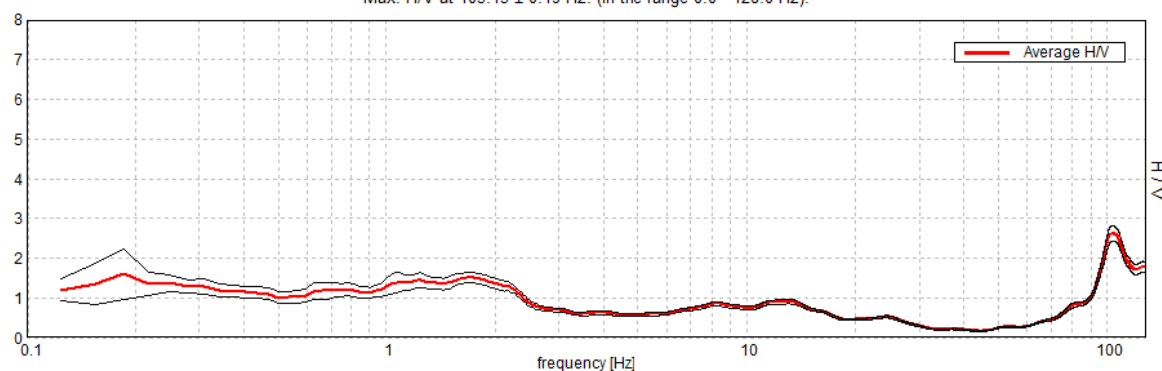
Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 256 Hz

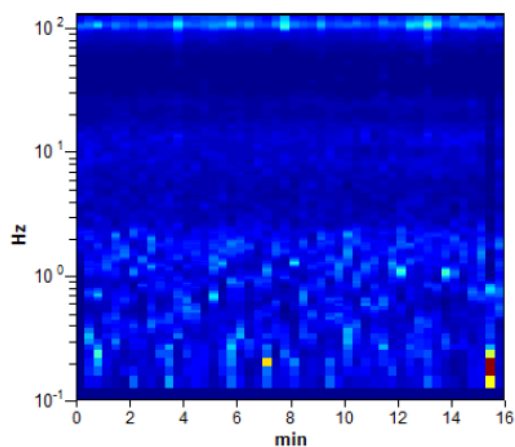
Window size: 20 s - Smoothing window: Triangular window - Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

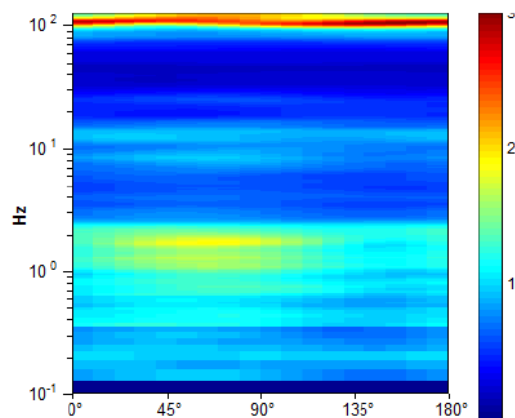
Max. H/V at 103.13 ± 0.19 Hz. (In the range 0.0 - 128.0 Hz).



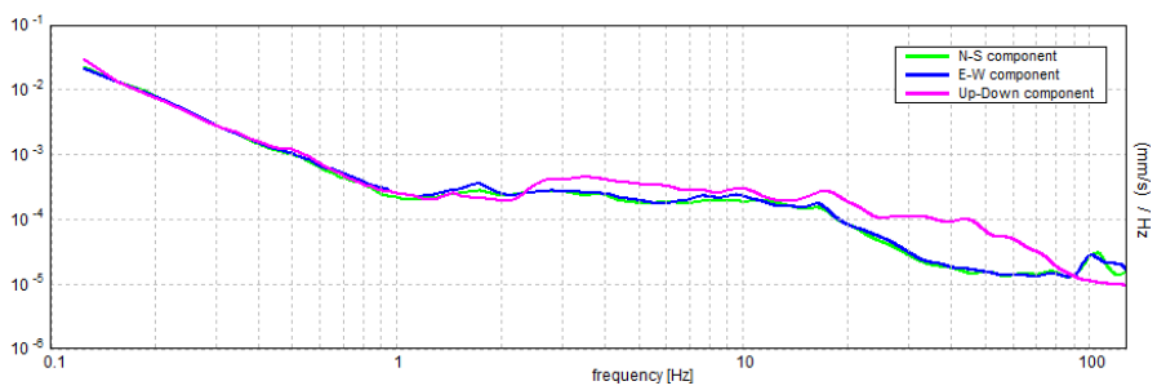
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 103.13 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 128.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	103.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	99000.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 2447 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	93.063 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	2.61 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00092 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.09457 < 5.15625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0963 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Figura 3.18 – Spettri delle componenti.

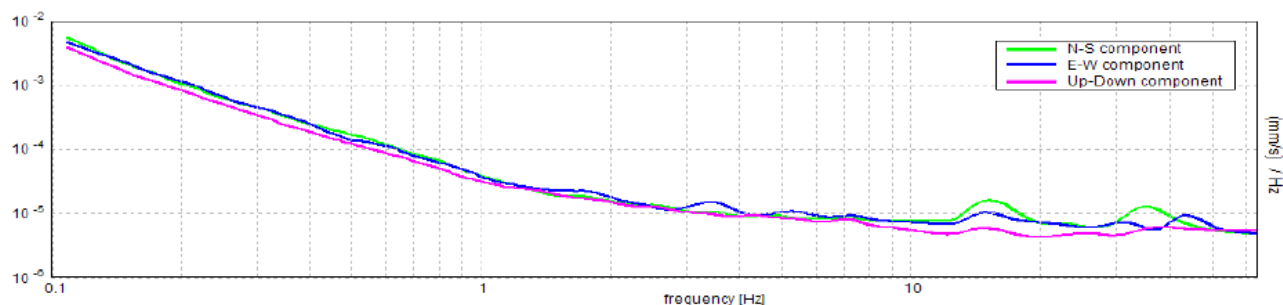
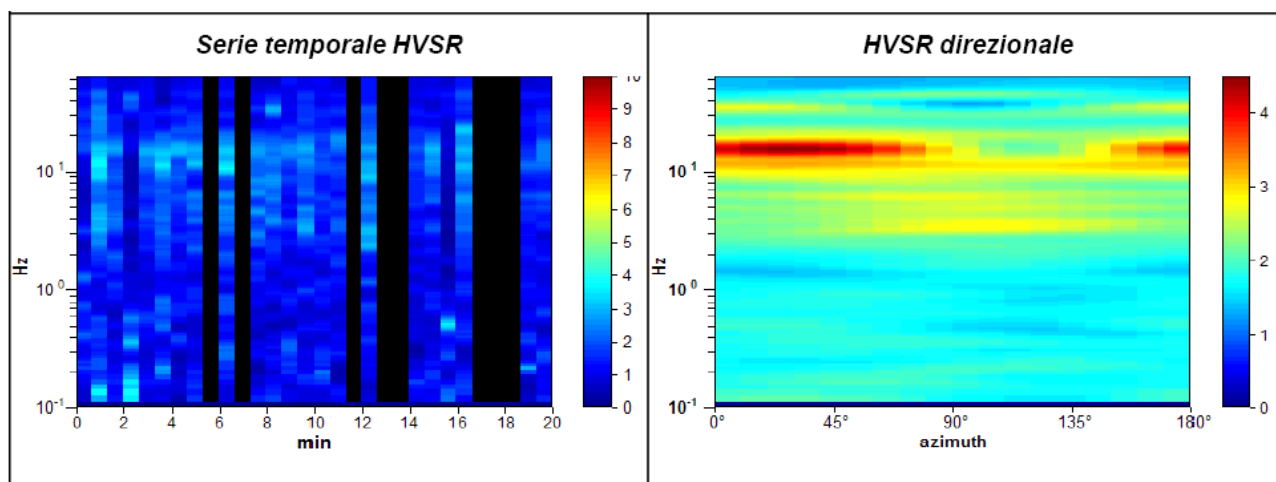
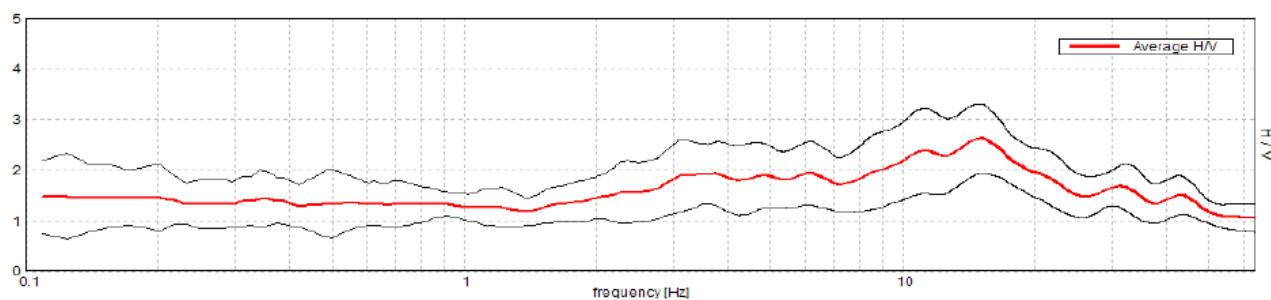


Figura 3.19 – HVSr.





4. INDAGINI PREGRESSE

Come già evidenziato in premessa, ai fini della caratterizzazione geologica e sismica del sito d'intervento, sono stati utilizzati dei dati reperiti da campagne di indagini pregresse.

Di seguito si inserisce una planimetria riportante l'ubicazione delle suddette indagini. Per maggiori dettagli in merito alla documentazione tecnica, invece, si rimanda agli elaborati di pertinenza allegati presente documento.

TAVOLA 5 – PLANIMETRIA UBICATIVA INDAGINI PREGRESSE

IMMAGINE DA SATELLITE

Copyright: GOOGLE MAPS



Sondaggio geognostico



Prove penetrometriche DPSH

4.1. Sondaggi a carotaggio continuo

Nelle tabelle seguenti si sintetizzano le stratigrafie risultanti dai sondaggi, rimandando agli elaborati in allegato per maggiori dettagli.

Tabella 4.1 – Sondaggio S1.

Profondità (m)	Descrizione
0.0-1.1	Terreno di riporto
1.1-1.8	Terreno vegetale
1.8-3.1	Piroclastite limosa
3.1-10.3	Piroclastite sabbioso-limoso
10.3-24.1	Peperino litoide
24.1-25.4	Argilla limosa
25.4-30.0	Piroclastite limoso-sabbiosa

Tabella 4.2 – Sondaggio S2.

Profondità (m)	Descrizione
0.0-0.7	Terreno vegetale
0.7-1.5	Piroclastite limosa
1.5-4.0	Piroclastite limoso-sabbiosa
4.0-11.8	Piroclastite sabbioso-limoso
11.8-26.3	Peperino litoide
26.3-28.0	Argilla limosa
28.0-30.0	Piroclastite limoso-sabbiosa

Tabella 4.3 – Sondaggio S3.

Profondità (m)	Descrizione
0.0-0.5	Terreno vegetale
0.5-3.6	Piroclastite limosa
3.6-7.0	Piroclastite sabbioso-limoso
7.0-27.5	Peperino litoide
27.5-28.4	Argilla limosa
28.4-30.0	Piroclastite limoso-sabbiosa

4.1.1. Prove SPT (Standard Penetration Test)

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite n° 3 prove SPT, rispettivamente una per ogni sondaggio.

Nelle tabella successiva sono riassunti i dati relativi alle prove S.P.T. eseguite in sondaggio, in correlazione con le qualità meccaniche dei terreni in base al valore di N_{SPT} .

Tabella 4.4 – Tabella riassuntiva delle prove SPT eseguite.

	SCHEMA RIASSUNTIVO PROVE SPT					
Sondaggio (sigla)	SPT (n°)	Profondità (m)	Litotipo	N_{spt}	Consistenza	Tipo Punta
S1	1	26.6	Piroclastite limoso-sabbiosa	45	Addensato	C
S2	1	27.8	Argilla limosa	35	Estremamente consistente	C
S3	1	3.7	Piroclastite loimosa	79	Molto addensato	C

4.1.2. Prelievo dei campioni nel sondaggio

I campioni indisturbati, di seguito contraddistinti con la sigla "CI", sono stati prelevati con campionatori a pareti sottili tipo Shelby.

La tabella seguente riporta le profondità dei campioni prelevati nei sondaggi.

Tabella 4.5 – Tabella riassuntiva dei campioni prelevati.

Sondaggio (sigla)	Campione (sigla)	Quota (m)	Campionatore (tipo)
S1	CI1	3.00-3.40	Shelby
S2	CI1	1.50-2.00	Shelby
S3	CI1	2.30-2.70	Shelby

4.1.3. Prove di laboratorio geotecnico

I campioni prelevati nell'ambito della campagna indagini, sono stati sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio. Le analisi sono consistite nella determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche compatibilmente con la qualità del campione.

Le prove di laboratorio sono state eseguite presso il laboratorio geotecnico GEORES S.r.l. di Frosinone.

Sui campioni indisturbati sono state eseguite le prove di riconoscimento fisico, l'analisi granulometrica, una prova di consolidazione Edometrica (dove possibile) e una prova di taglio diretto alla scatola di Casagrande in condizioni consolidate-lente.

Nella tabella seguente, si espongono alcuni dei risultati delle prove di laboratorio effettuate sul campione prelevato in sondaggio. Per maggiori dettagli in merito alle tipologie di analisi eseguite e ai risultati ottenuti, si rimanda ai certificati di laboratorio allegati al presente elaborato.

Tabella 4.6 – Tabella di sintesi dei dati di laboratorio

Sondaggio	Campione	Profondità dal p.c.	Contenuto di H ₂ O	Peso di Volume	Modulo edometrico per $\sigma = 100-200$ Kpa	Modulo edometrico per $\sigma = 400-800$ Kpa	Prova di Taglio diretto CD	
(n.)	(n.)	(m)	Wn (%)	PV (kN/m ³)	E (kPa)	E (kPa)	ϕ (°)	C (kPa)
S1	CI1	3,0-3,4	22,2	19,2			31,7	12,8
S2	CI1	1,5-2,0	53,7	15,9	5.605	10.325	28,9	8,8
S3	CI1	2,3-2,7	29,3	17,2			30,1	15,7

Sondaggio	Campione	Litotipo
S1	CI1	Sabbia debolmente ghiaiosa limo-argillosa
S2	CI1	Limo con sabbia argilloso
S3	CI1	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e argillosa

4.2. *Prospezioni sismiche in foro Down-Hole*

Allo scopo di ottenere una misura delle velocità delle onde S lungo l'asse dei sondaggi geognostici, sono state eseguite n.3 prove Down-Hole nei fori di sondaggio appositamente attrezzati. Le prove sono state eseguite dalla GEORES S.r.l.

Le prove sono state eseguite fino a fondo foro, ad eccezione della DH-S2 che, a causa di un'ostruzione rilevata alla profondità di -18.50 mt da p.c., è stata interrotta a quota -18.0 mt da p.c.

Tabella 4.7 – Tabella riassuntiva dei dati ottenuti dalle prospezioni sismiche Down-Hole.

D-H (sigla)	Profondità da p.c. (m)	Valore Vs ₃₀ (m/s)
S1	30.0	392,7
S2	18.0	326,3
S3	30.0	385,4

Figura 4.1 - – Quadro di sintesi della prova Down-Hole eseguita nel sondaggio S1.

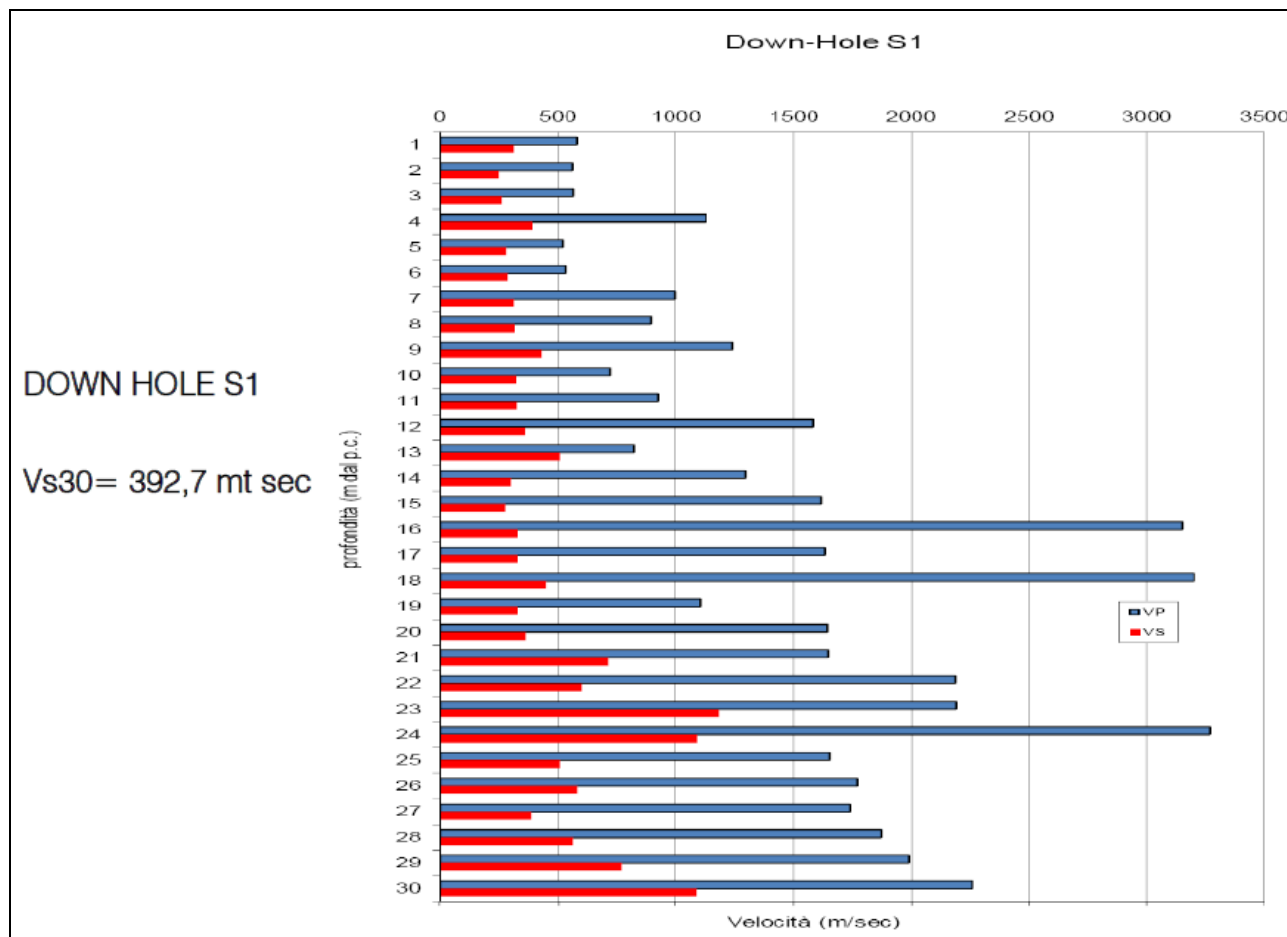


Figura 4.2 – Quadro di sintesi della prova Down-Hole eseguita nel sondaggio S2.

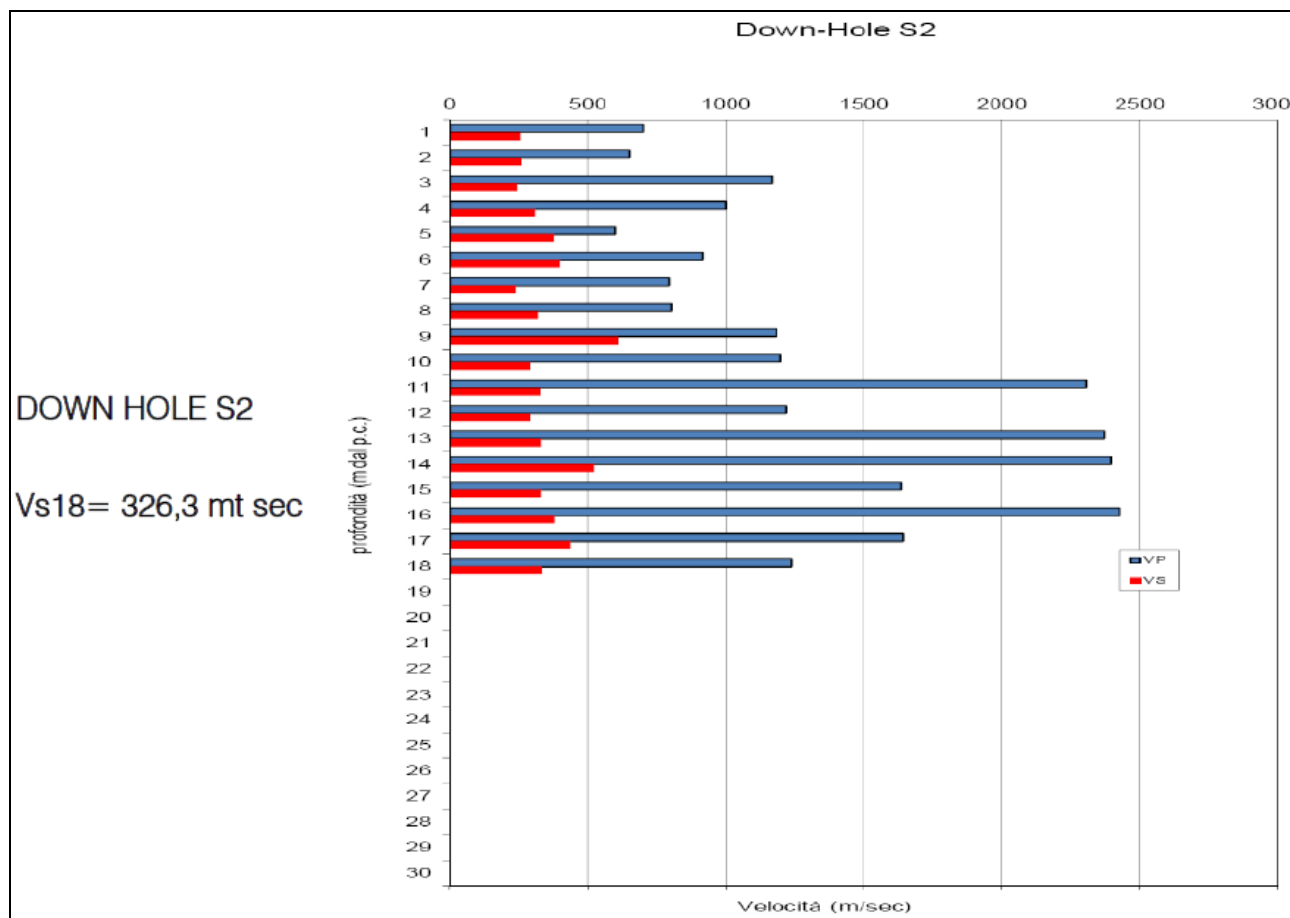
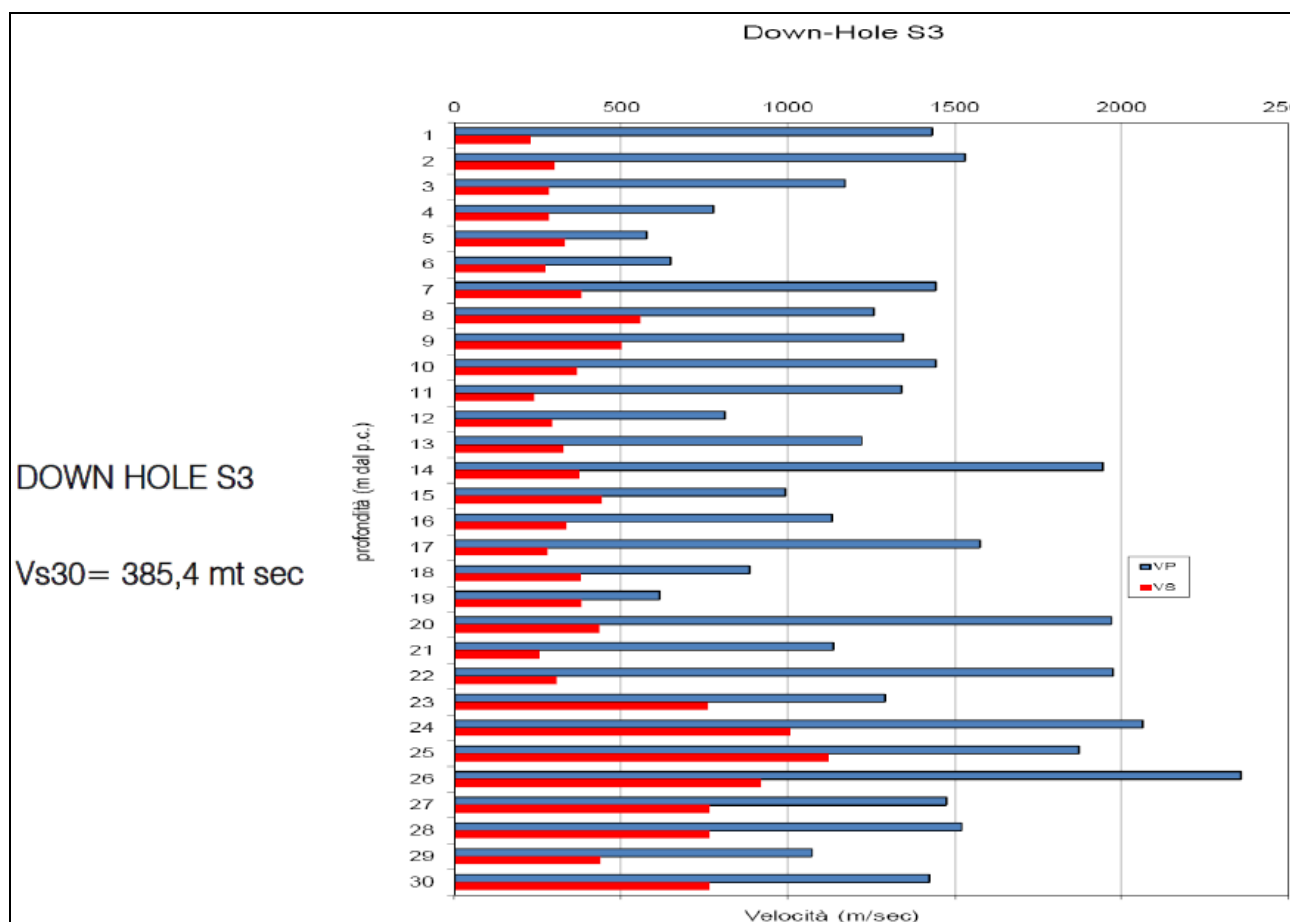


Figura 4.3 - Quadro di sintesi della prova Down-Hole eseguita nel sondaggio S3.



4.1. Prove Penetrometriche Dinamiche – DPSH

Ai fini del presente studio sono state prese in considerazione le prove penetrometriche contraddistinte dalle sigle DPSH-2 e DPSH-2C, in quanto le più significative per l'analisi in oggetto. A tal proposito si riporta di seguito copia dei tabulati tecnici delle suddette prove, rimandando alla documentazione allegata per maggiori dettagli in merito alle altre prove penetrometriche eseguite nell'area.

Dall'interpretazione dei suddetti tabulati si evince che l'area in esame è caratterizzata da uno strato con scarse caratteristiche fisico-meccaniche, il quale si riscontra fino ad una profondità di circa 1,60 m dal p.c., costituito in parte da terreno vegetale e in parte da piroclastite argillificata. In seguito, in continuità stratigrafica, si rinviene uno strato con caratteristiche fisico-meccaniche discrete, che migliorano con la profondità. Tale strato è costituito da una piroclastite mediamente sabbioso-limosa.

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

- cantiere :	PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina	- data prova :	26/02/2013
- lavoro :	Prove Penetrometriche DPSH	- quota inizio :	245,33 mt slm
- località :	Cecchina di Albano Laziale	- prof. falda :	Falda non rilevata
		- data emiss. :	07/03/2013

- note :

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 - 0.80	Terreno vegetale molto sciolto	----	----	26.0	191	1.83	1.33	----	1.60	68	1.833
2	0.80 - 1.60	Piroclastite argillificata sciolta	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
3	1.60 - 2.60	Piroclast sabb-limosa med add	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	2.60 - 4.20	Piroclastite sabb med addens	27	60.5	35.1	399	2.03	1.66	1.69	2.10	20	0.539
5	4.20 - 4.60	Livello piroclast med coerente	79	95.9	44.5	800	2.21	1.95	4.94	2.73	-01	-0.020

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- cantiere :	PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina	- data prova :	26/02/2013
- lavoro :	Prove Penetrometriche DPSH	- quota inizio :	245,33 mt slm
- località :	Cecchina di Albano Laziale	- prof. falda :	Falda non rilevata
		- data emiss. :	07/03/2013

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,20	----	----	1	2,40 - 2,60	10	64,3	3
0,20 - 0,40	----	----	1	2,60 - 2,80	15	96,5	3
0,40 - 0,60	----	----	1	2,80 - 3,00	19	114,5	4
0,60 - 0,80	2	14,9	1	3,00 - 3,20	16	96,4	4
0,80 - 1,00	5	34,5	2	3,20 - 3,40	14	84,3	4
1,00 - 1,20	6	41,4	2	3,40 - 3,60	10	60,2	4
1,20 - 1,40	5	34,5	2	3,60 - 3,80	13	78,3	4
1,40 - 1,60	6	41,4	2	3,80 - 4,00	34	192,6	5
1,60 - 1,80	8	55,2	2	4,00 - 4,20	21	118,9	5
1,80 - 2,00	6	38,6	3	4,20 - 4,40	50	283,2	5
2,00 - 2,20	6	38,6	3	4,40 - 4,60	55	311,5	5
2,20 - 2,40	8	51,5	3				

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

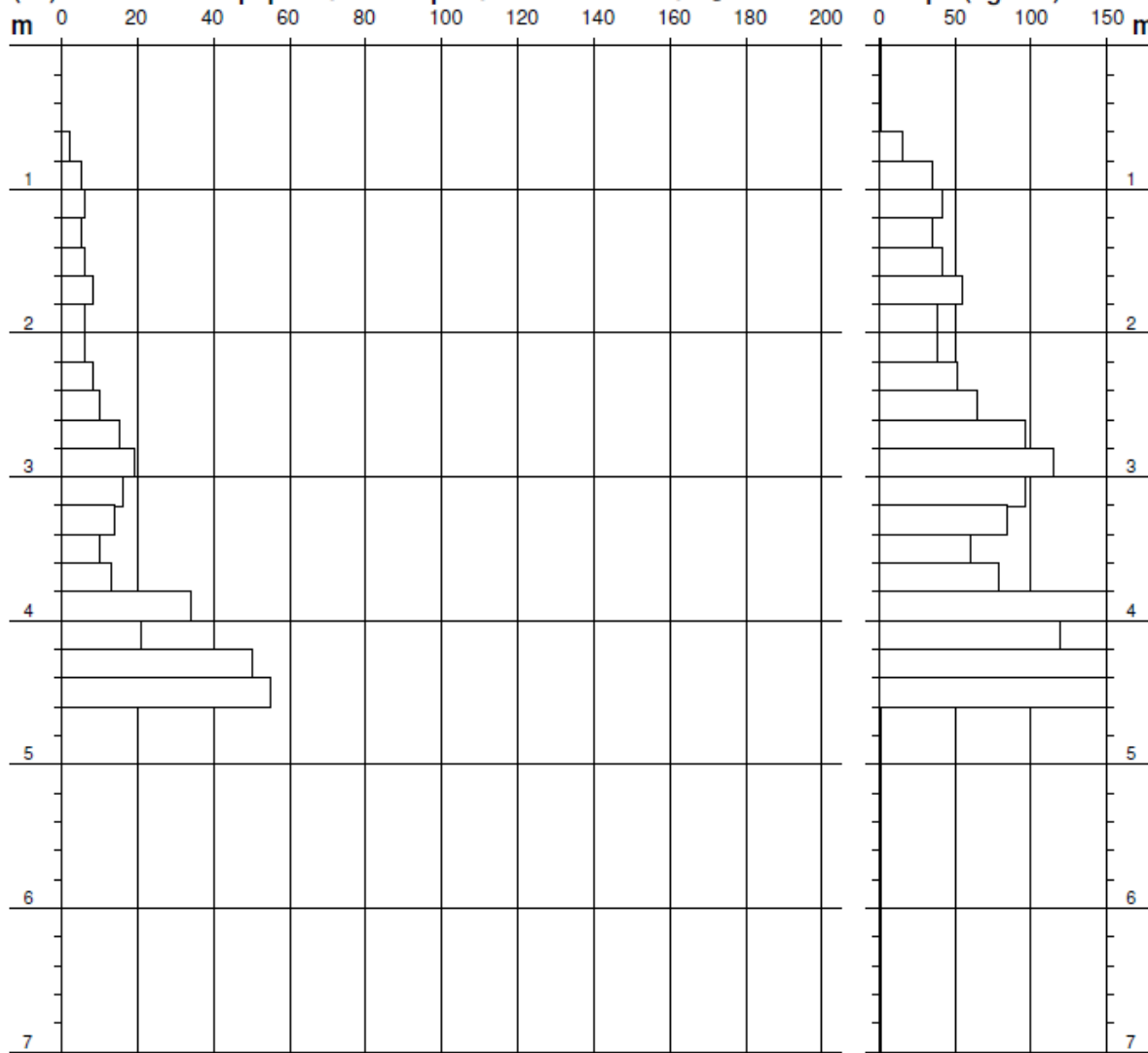
- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 245,33 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)





STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2C

- cantiere :	Scuola. Elementare Via Danimarca	- data prova :	14/01/2014
- lavoro :	Prove Penetrometriche Integrative DPSH	- quota inizio :	147,18 mt slm
- località :	Cecchina di Albano Laziale RM	- prof. falda :	Falda non rilevata
		- data emiss. :	14/01/2014

- note :

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 - 0.80	Terreno vegetale molto sciolto	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.80 - 1.40	Piroclastite argillificata sciolta	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	1.40 - 2.20	Piroclast sabb-limosa med add	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	2.20 - 5.40	Piroclastite sabb med addens	26	59.0	34.8	392	2.03	1.65	1.63	2.09	21	0.556
5	5.40 - 5.80	Livello piroclast med coerente	103	100.0	45.0	985	2.24	1.99	6.44	3.03	-06	-0.161

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2C

- cantiere :	Scuola. Elementare Via Danimarca	- data prova :	14/01/2014
- lavoro :	Prove Penetrometriche Integrative DPSH	- quota inizio :	147,18 mt slm
- località :	Cecchina di Albano Laziale RM	- prof. falda :	Falda non rilevata
		- data emiss. :	14/01/2014

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,20	3	22,3	1	3,00 - 3,20	14	84,3	4
0,20 - 0,40	2	14,9	1	3,20 - 3,40	11	66,3	4
0,40 - 0,60	1	7,4	1	3,40 - 3,60	20	120,5	4
0,60 - 0,80	2	14,9	1	3,60 - 3,80	14	84,3	4
0,80 - 1,00	4	27,6	2	3,80 - 4,00	12	68,0	5
1,00 - 1,20	5	34,5	2	4,00 - 4,20	10	56,6	5
1,20 - 1,40	4	27,6	2	4,20 - 4,40	14	79,3	5
1,40 - 1,60	6	41,4	2	4,40 - 4,60	14	79,3	5
1,60 - 1,80	7	48,3	2	4,60 - 4,80	16	90,6	5
1,80 - 2,00	9	57,9	3	4,80 - 5,00	27	144,3	6
2,00 - 2,20	10	64,3	3	5,00 - 5,20	27	144,3	6
2,20 - 2,40	14	90,1	3	5,20 - 5,40	36	192,4	6
2,40 - 2,60	17	109,4	3	5,40 - 5,60	66	352,6	6
2,60 - 2,80	17	109,4	3	5,60 - 5,80	70	374,0	6
2,80 - 3,00	15	90,4	4				

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2C

Scala 1: 50

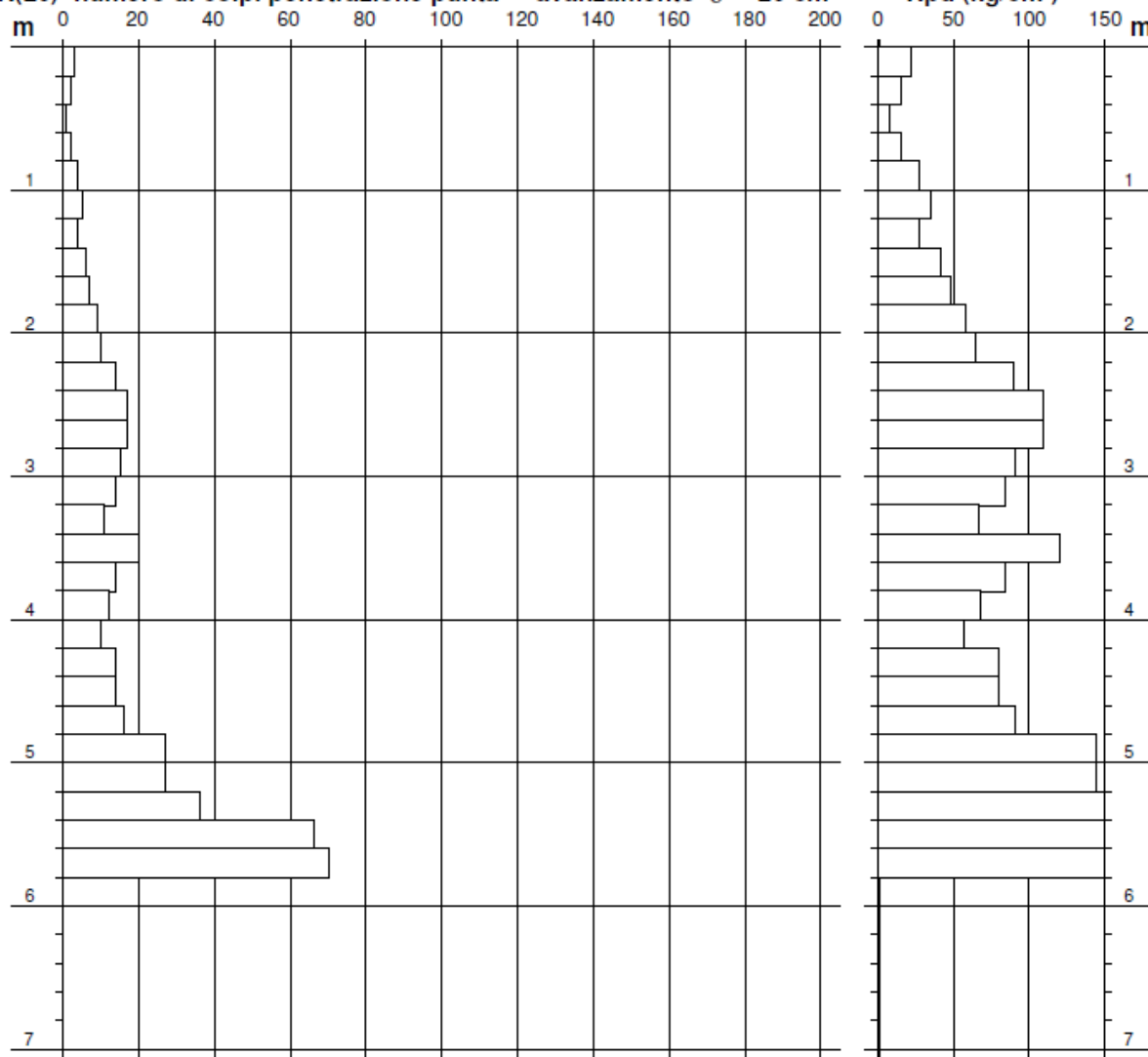
- cantiere : Scuola. Elementare Via Danimarca
- lavoro : Prove Penetrometriche Integrative DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale RM

- data prova : 14/01/2014
- quota inizio : 147,18 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 14/01/2014

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm

Rpd (kg/cm²)





5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

I lineamenti morfologici dell'area in esame sono condizionati dal contesto geologico del distretto vulcanico dei Colli Albani. Questi sono caratterizzati dalla presenza di forme collinari con quote che degradano dai 400 m ai 200 m s.l.m., interrotte dalla presenza di coni di scorie, su cui sorgono alcuni centri abitati (come per esempio Monte Porzio Catone e Monte Compatri), e crateri in cui si sono impostati i vari laghi (lago di Albano e lago di Nemi).

5.1. Elementi geomorfologici dell'area d'indagine

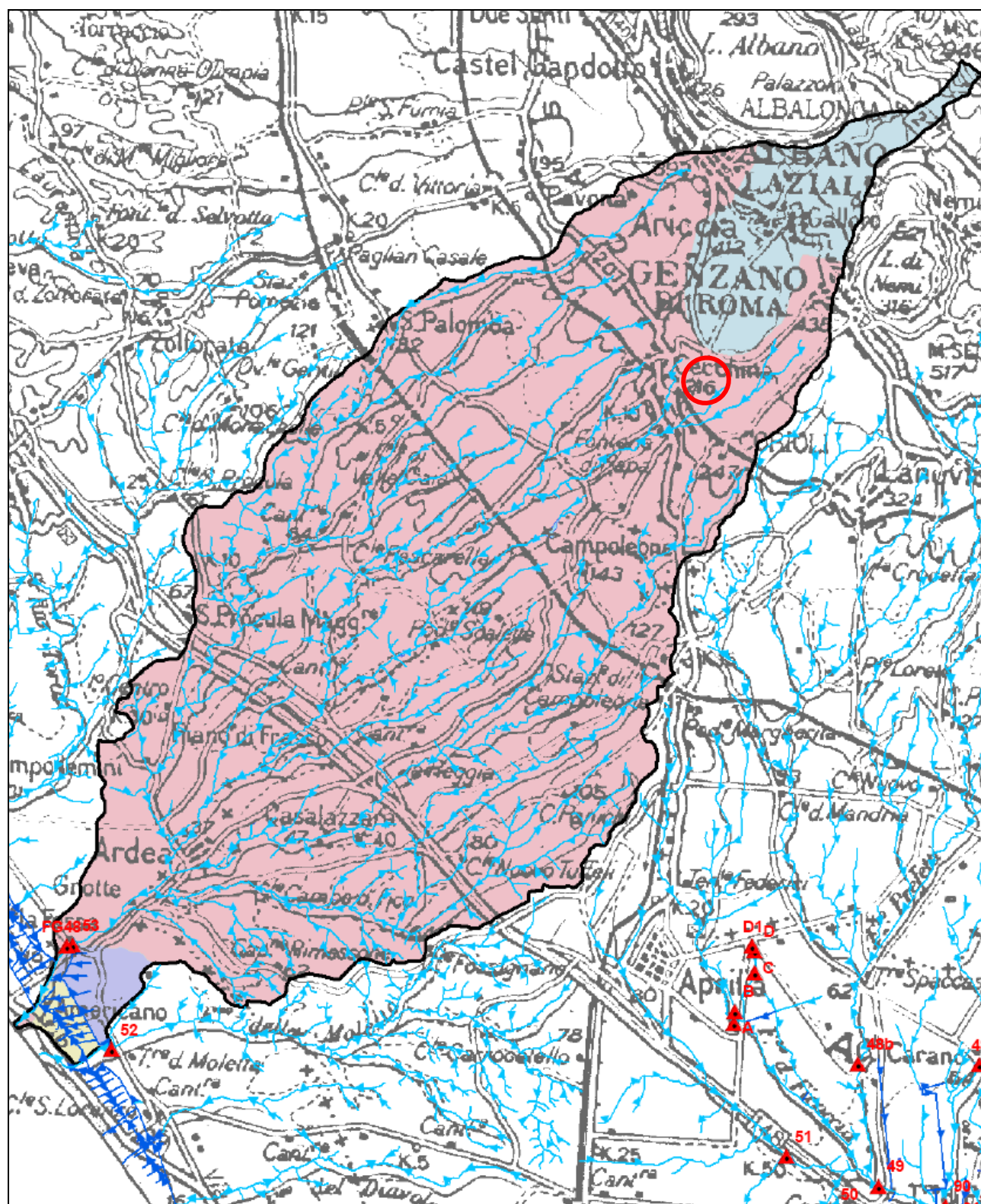
In particolare l'area in esame si inserisce sul versante sud occidentale della struttura vulcanica del Lago di Albano, presentando una morfologia poco acclive con una pendenza media non superiore ai 5°.

Le quote topografiche medie del lotto in esame sono comprese fra i 240 ed i 245 m s.l.m.

Dal punto di vista idrografico, l'area ricade all'interno del bacino idrografico del F. Incastro o Fosso Grande (vedi Figura 5.1).

Il drenaggio superficiale dell'area è garantito dalla presenza di impluvi naturali che confluiscono nel Fosso Emissario del lago di Nemi che, a sua volta, confluisce in sinistra idrografica del Fosso della Pescherella. Dalla confluenza di questo con il Fosso Campoleone, pressappoco all'altezza del Consorzio Pian Frasso, si forma il Fosso della Mola. Nei pressi del Museo Manzù di Ardea il Fosso della Mola e il Fosso della Muratella formano il Fosso Grande. Quest'ultimo, con direzione di deflusso all'incirca NE-SW, sfocia nel Tirreno sul lungo mare di Ardea.

Figura 5.1 – Stralcio della carta del bacino idrografico del F. Incastro o Fosso Grande (fonte: Atlante dei bacini idrografici della Provincia di Latina “Progetto monitoraggio acque superficiali interne e costiere”).



5.2. L'area d'indagine nell'ambito del PAI

Nell'ambito dell'attività di redazione della presente relazione, è stata realizzata una ricerca su base bibliografica dei potenziali dissesti idrogeologici presenti nell'area. A tal proposito sono stati analizzati gli elaborati del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), redatto dall'AdB dei Bacini Regionali del Lazio, e le informazioni riportate nell'IFFI (Inventario dei fenomeni franosi in Italia), realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome.

Dall'analisi dei dati disponibili in letteratura non sono stati rinvenuti situazioni di dissesto che abbiano interessato, e/o interessano, l'area in esame, come si evince dallo stralcio della carta dei dissesti edita dall'IFFI (Figura 5.2) e dallo stralcio della carta del PAI, "TAVOLA 6 – PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO", di seguito riportata.

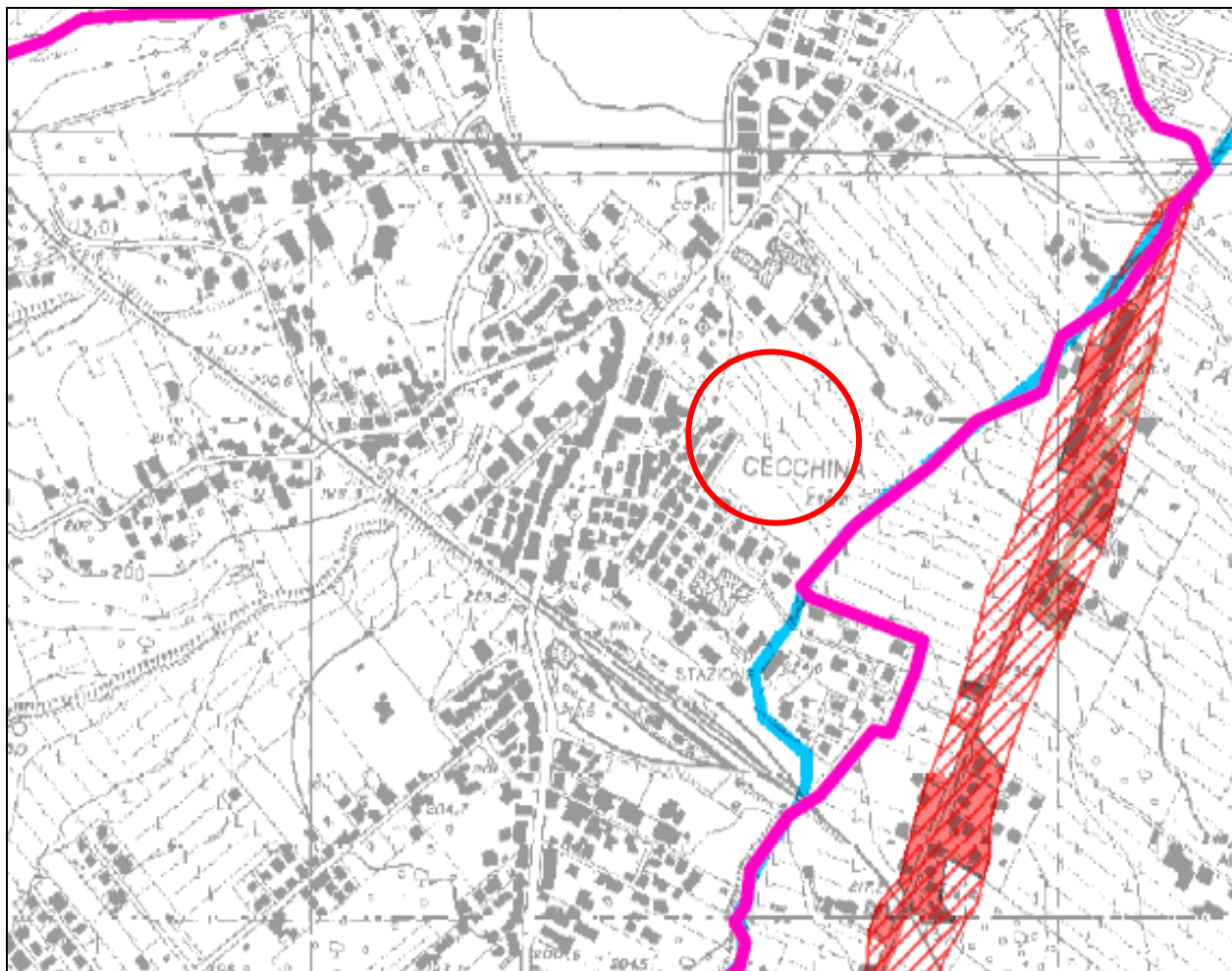
Figura 5.2 – Stralcio dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (PROGETTO IFFI). In rosso l'area d'intervento.



TAVOLA 6 – PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

STRALCIO CARTA “AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER DISSESTO IDROGEOLOGICO”

AbB dei Bacini Regionali del Lazio - PAI - Scala originaria 1:25.000 (immagine ingrandita)



Area d'intervento

Aree sottoposte a tutela per pericolo d'inondazione - (artt. 7 - 23 - 24 - 25 - 26)



Aree a Pericolo A1 (c. 2 art. 7 e art. 23)

Livelli di rischio in funzione della pericolosità e del valore esposto - (art. 8 comma 5)



R4

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

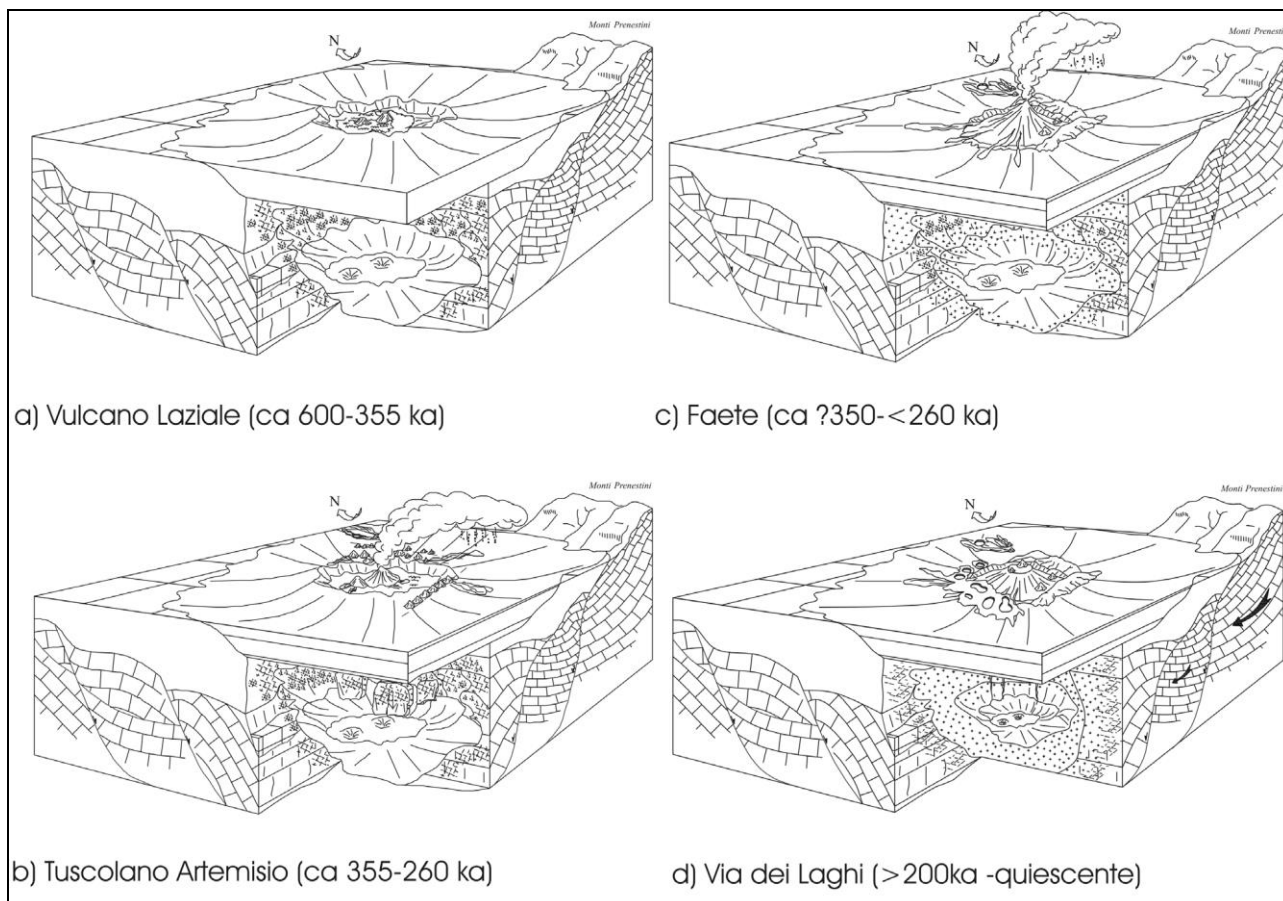
Come già evidenziato, l'elemento caratterizzante l'area di studio è rappresentato dal distretto vulcanico dei Colli Albani.

6.1. *Il vulcano dei Colli Albani*

Il Vulcano dei Colli Albani è un apparato centrale complesso, quiescente, caratterizzato nel corso della sua evoluzione da importanti cambiamenti nello stile e nei tassi eruttivi. L'attività vulcanica nell'area dei Colli Albani inizia a circa 600 ka (De Rita et al., 1995) e si protrae fino all'Olocene come attività freatica associata al maar di Albano (Funciello et al., 2003). Le composizioni chimiche sono sempre relative alla serie ultrapotassica HKS (Trigila et al., 1995). La prima monografia di tipo moderno edita da Fornaseri et al. (1963), proponeva una suddivisione in "Prodotti dell'attività iniziale", che comprendeva essenzialmente i prodotti freatopliniani ed i grandi espandimenti lavici fino alle lave di Vallerano, seguito dal "Complesso dei Tufi inferiori", che includeva le Pozzolane rosse, nere, la formazione di Villa Senni, seguito ancora dall'"Attività del periodo Tuscolano-Artemisio", in cui si costruiva il bastione di scorie e lave pericalderiche, ed infine l'"Ultimo periodo dell'attività centrale" relativo alla messa in posto dell'edificio delle Faete, seguito dall'attività degli Apparati eccentrici di Nemi, Albano, Ariccia, Valle Marciana ecc. Questo schema stratigrafico nelle sue grandi linee è rimasto pressoché immutato. De Rita et al. (1988, 1995) hanno accorpato tutta l'attività iniziale nella "Fase Tuscolano-Artemisia", introducendo una suddivisione di tipo temporale piuttosto che stratigrafica, caratterizzata dalle grandi eruzioni ignimbriche e dai collassi calderici, con oltre 280 kmc di materiali eruttati tra 600 ka e 350 ka, seguita dalla "Fase delle Faete" con la costruzione dell'edificio intracalderico delle Faete e dunque dalla "Fase idromagmatica finale" con una ulteriore riduzione dei volumi emessi.

Di seguito viene illustrata una ricostruzione in litosomi o edifici, basata sulle evidenze morfologiche, genetiche e strutturali delle successioni vulcaniche riconosciute.

Figura 6.1 - Ricostruzione della storia del vulcano dei Colli Albani, attraverso la formazione successiva dei quattro litosomi, a) il Litosoma Vulcano Laziale, b) il Litosoma Tuscolano Artemisio, c) il Litosoma Faete, d) il Litosoma Via dei Laghi (da GIORDANO et alii, 2006a).



6.2. Assetto stratigrafico dell'area d'indagine

L'area d'indagine è caratterizzata dalla presenza in affioramento delle piroclastiti dell'Unità di Ariccia (ICA), come evidenziato nella "Tavola 7 – Geologia dell'area". Tale unità, oltre che in affioramento, è riscontrata ad una profondità che va ben oltre la quota d'imposta delle fondazioni del fabbricato oggetto della presente relazione. Dalle indagini effettuate, dai rilievi di campo e dai dati di letteratura si presume che, nell'area d'intervento, quest'unità superi i 10 m di spessore a partire dal piano campagna.

UNITA' DI ARICCIA (ICA)

Deposito piroclastico grigio composto da livelli cineritici e lapillosi a stratificazione incrociata e pianoparallela con bombe laviche ed impronte da impatto, passante verso l'alto a deposito caotico e massivo, a granulometria prevalente cineritica, con abbondanti xenoliti intrusivi, lavici e sedimentari, litoide per zeolitizzazione nella facies prossimale. L'unità è riferibile all'eruzione fratomagmatica del *maar* di Ariccia con meccanismi di deposizione da ricaduta, da *base surge* e da colata piroclastica. Spessore massimo 30-40 m. "Tufo di Ariccia" *Auctt.*; "Peperino di Cecchina" *Auctt. p.p.*

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

Figura 6.2 – Schema dei rapporti stratigrafici nell'area in esame.

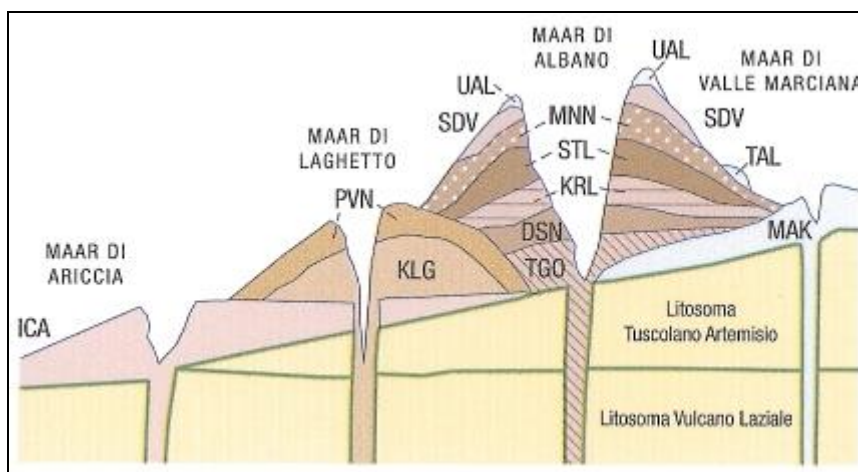


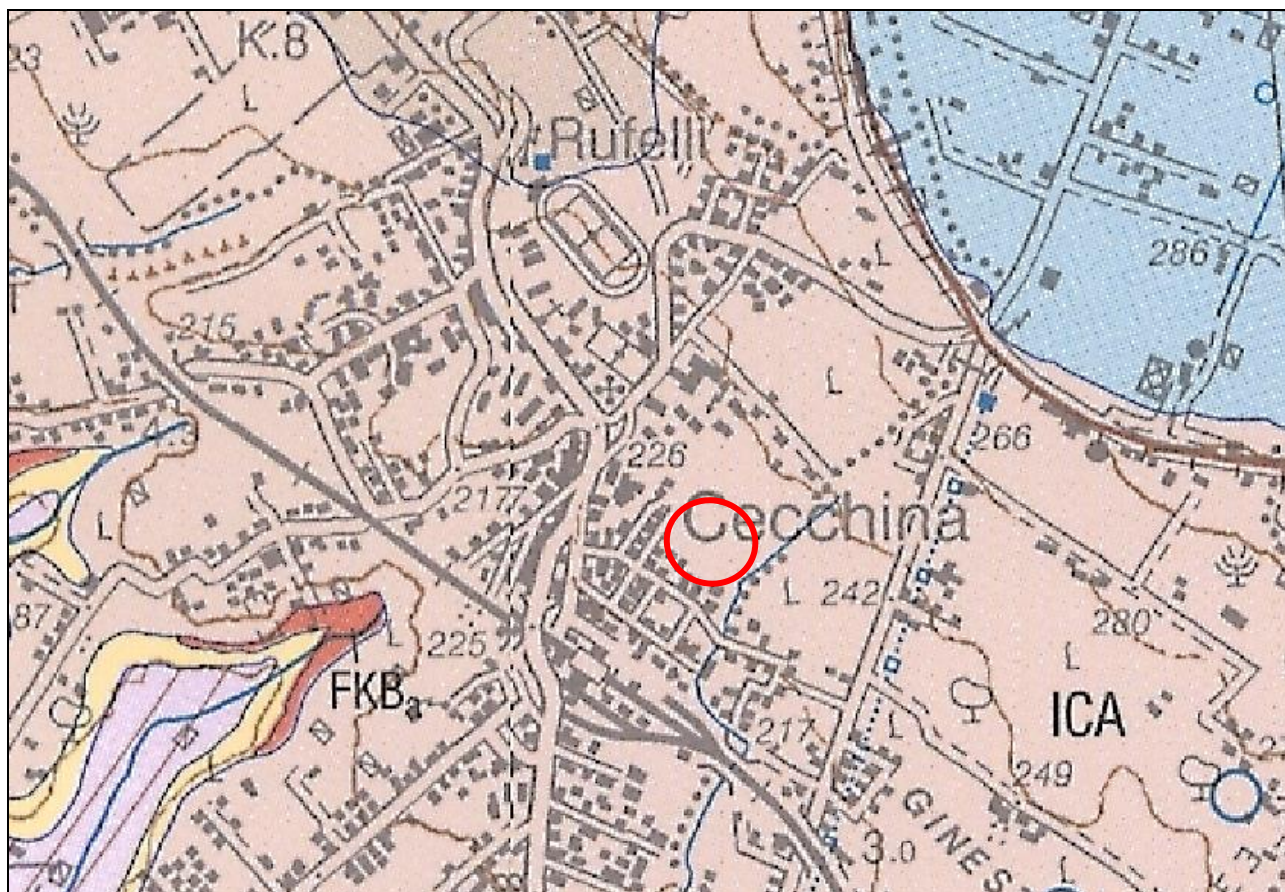
Figura 6.3 – Affioramento dell'Unità di Ariccia nell'area d'intervento.



TAVOLA 7 – GEOLOGIA DELL'AREA

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - FOGLIO 387 ALBANO LAZIALE

Scala originaria 1:50.000 (immagine ingrandita)



ICA

Unità di Ariccia

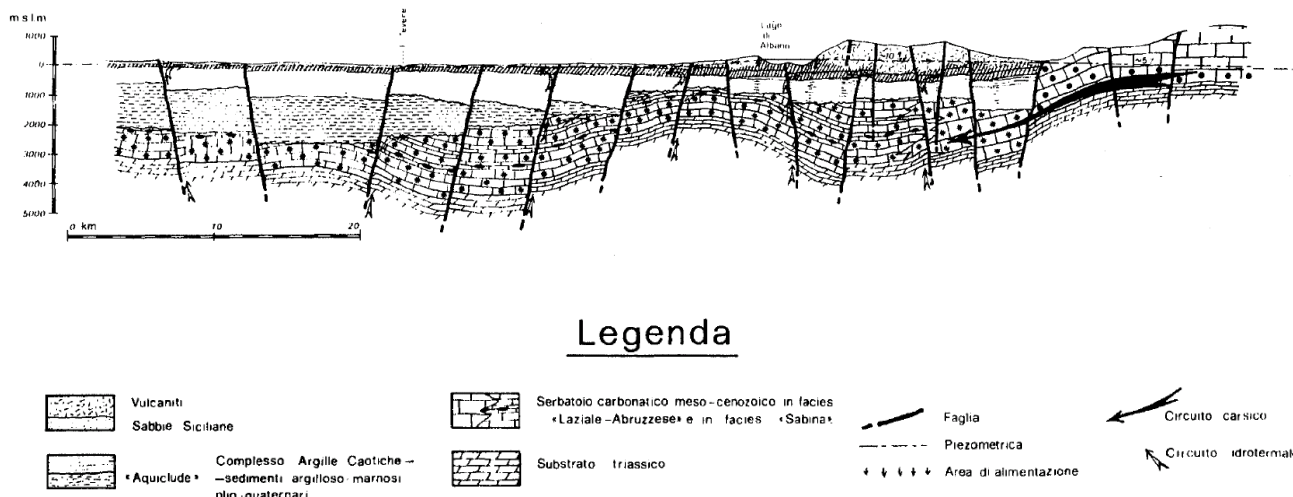
7. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'Unità idrogeologica Albana è costituita da una coltre di depositi vulcanici estesa su circa 1.400 kmq, riferibili all'intensa attività eruttiva del sistema laziale, manifestatasi a partire dal Pleistocene. I numerosi sondaggi realizzati per ricerche idriche ed i risultati delle ricerche geofisiche condotte mettono in evidenza come lo spessore dei terreni vulcanici vada progressivamente riducendosi verso la periferia dell'apparato centrale che, di più recente formazione, risulta anche orograficamente più rilevato, sino a raggiungere a M. te Cavo la quota di 949 m. (Figura 7.2).

L'area albana fa parte dell'estesa regione peritirrenica che dalla Toscana sud-occidentale alla Campania è stata interessata, nel Plio-Pleistocene, da un'intensa attività magmatica; i sondaggi esistenti nell'area in esame, benché numerosi, sono in generale poco profondi e raggiungono al più i depositi sedimentari plio-pleistocenici argilloso-sabbiosi, sepolti dalle vulcaniti albane. Il contatto tra le vulcaniti ed i depositi terrigeni neogenico-aternari si sviluppa secondo una superficie irregolare, a profondità che oscilla indicativamente tra -70 e +100 metri sul livello del mare.

Una fitta rete di corsi d'acqua, a regime prevalentemente temporaneo, incide con direzioni radiali le pendici del vulcano ed alimenta, alla periferia del sistema, corsi d'acqua perenni come il Tevere a nord-ovest, il Sacco a sud-est, il canale delle Acque Alte a sud, mentre a sud-ovest il reticolo idrografico drena direttamente verso mare. Le principali sorgenti sono: Acqua Vergine, Squarciarelli e Acqua Felice (Figura 7.1); sono presenti, inoltre, innumerevoli manifestazioni termali e sulfuree e diversi incrementi delle portate negli alvei dei principali torrenti che si irradiano dalle pendici dei rilievi vulcanici.

Figura 7.2 - Sezione idrogeologica schematica dell'unità idrogeologica Albana (NW-SE).



È da segnalare, infine, la presenza di particolari orizzonti produttivi, rappresentati dalle lave sovrastanti la terza colata piroclastica della fase tuscolano-artemisina. La notevole fratturazione ed il loro incassamento in paleovalli fa sì che questi corpi costituiscano un orizzonte preferenziale per il deflusso di grandi quantitativi di acqua.

L'Unità Idrogeologica dei Colli Albani alimenta quattro bacini idrogeologici:

1. Bacino idrogeologico dei corsi d'acqua del versante meridionale (n. 1).
2. Bacino idrogeologico dei corsi d'acqua del versante occidentale (n. 2).
3. Bacino idrogeologico dei corsi d'acqua del versante nord-orientale (n. 3).
4. Bacino idrogeologico dei corsi d'acqua del versante nord-occidentale (n. 4).

L'area in esame ricade nel bacino idrogeologico n. 2, ossia quello corrispondente al versante occidentale dell'Unità; questo bacino possiede le seguenti caratteristiche:

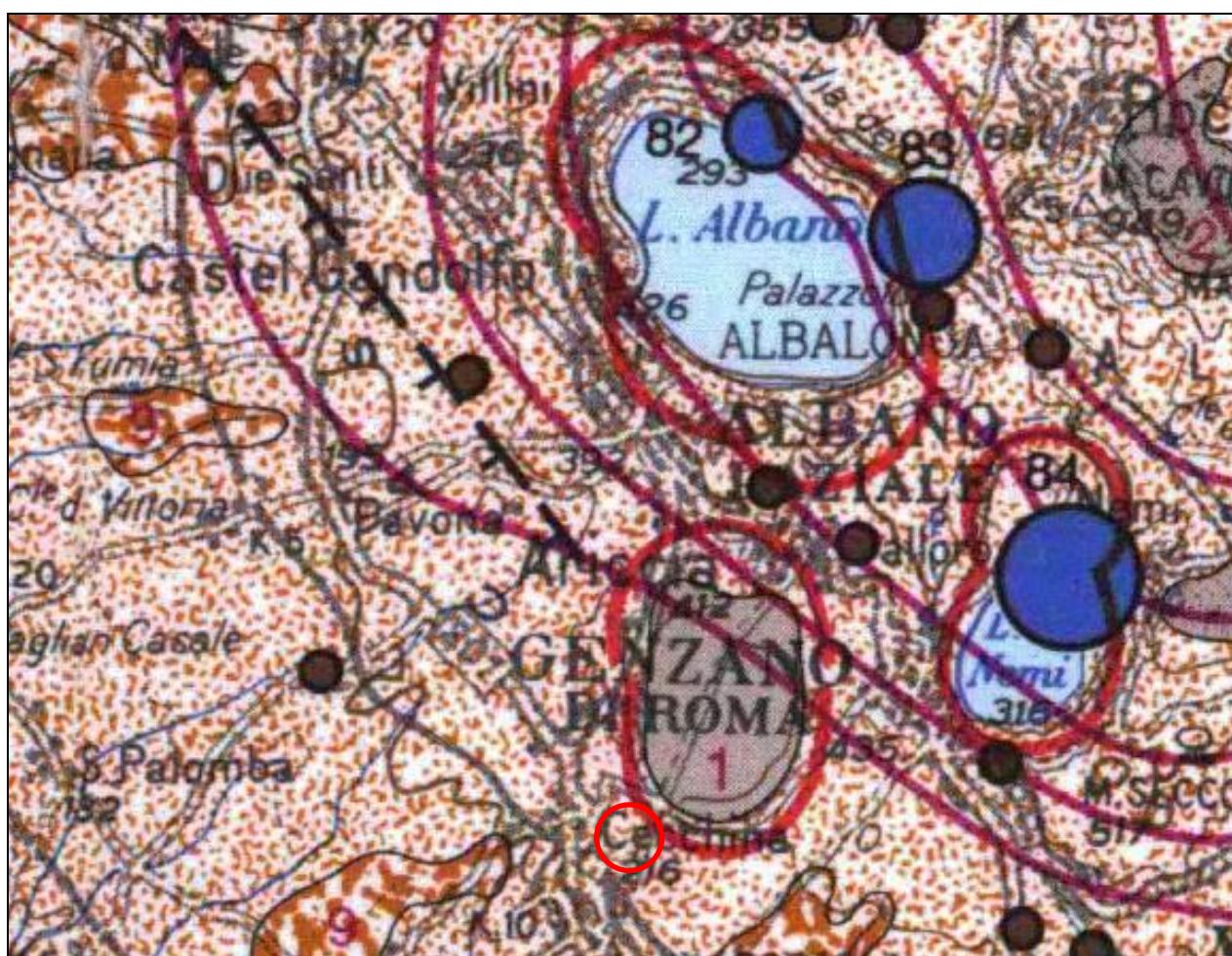
- Bacino idrogeologico dei corsi d'acqua del versante occidentale. Dal Maschio dell'Artemisio, posto nel settore centrale della struttura, si estende fino alla costa tirrenica, dalla foce del Fosso Grande al promontorio di Anzio.

Comprende il lago di Nemi e si estende principalmente sui territori dei Comuni di Nemi, Genzano, Velletri, Pomezia, Lanuvio, Ardea, Aprilia ed Anzio. Il contributo degli acquiferi al reticolo di superficie e al lago è, attualmente, ridotto. La piezometria presenta importanti depressioni piezometriche dinamiche, tra cui ricordiamo quella di Campoleone-Aprilia e quella a SE di Lanuvio. Nei settori costieri, a Sud di Ardea, la piezometria raggiunge valori negativi.

Dai dati di letteratura, si evince che l'area in esame è interessata dalla presenza di una falda di base avente direzione di deflusso NE-SW, la quale si stabilizza ad una profondità stimata intorno ai 200 m s.l.m., ossia ad una profondità di circa 40-45 m dal p.c.

Come si evince dalla Figura 7.3, l'area d'intervento ricade nel Complesso delle piroclastiti.

Figura 7.3 - Stralcio della CARTA IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE LAZIO. In rosso è delimitata l'area d'intervento.



Complesso delle piroclastiti

Prodotti piroclastici indifferenziati (PLIOCENE-PLEISTOCENE).

Tufi litoidi, colate piroclastiche, tufi scoriacei e cineritici con spessori variabili da pochi metri ad un migliaio di metri.

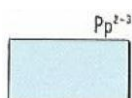
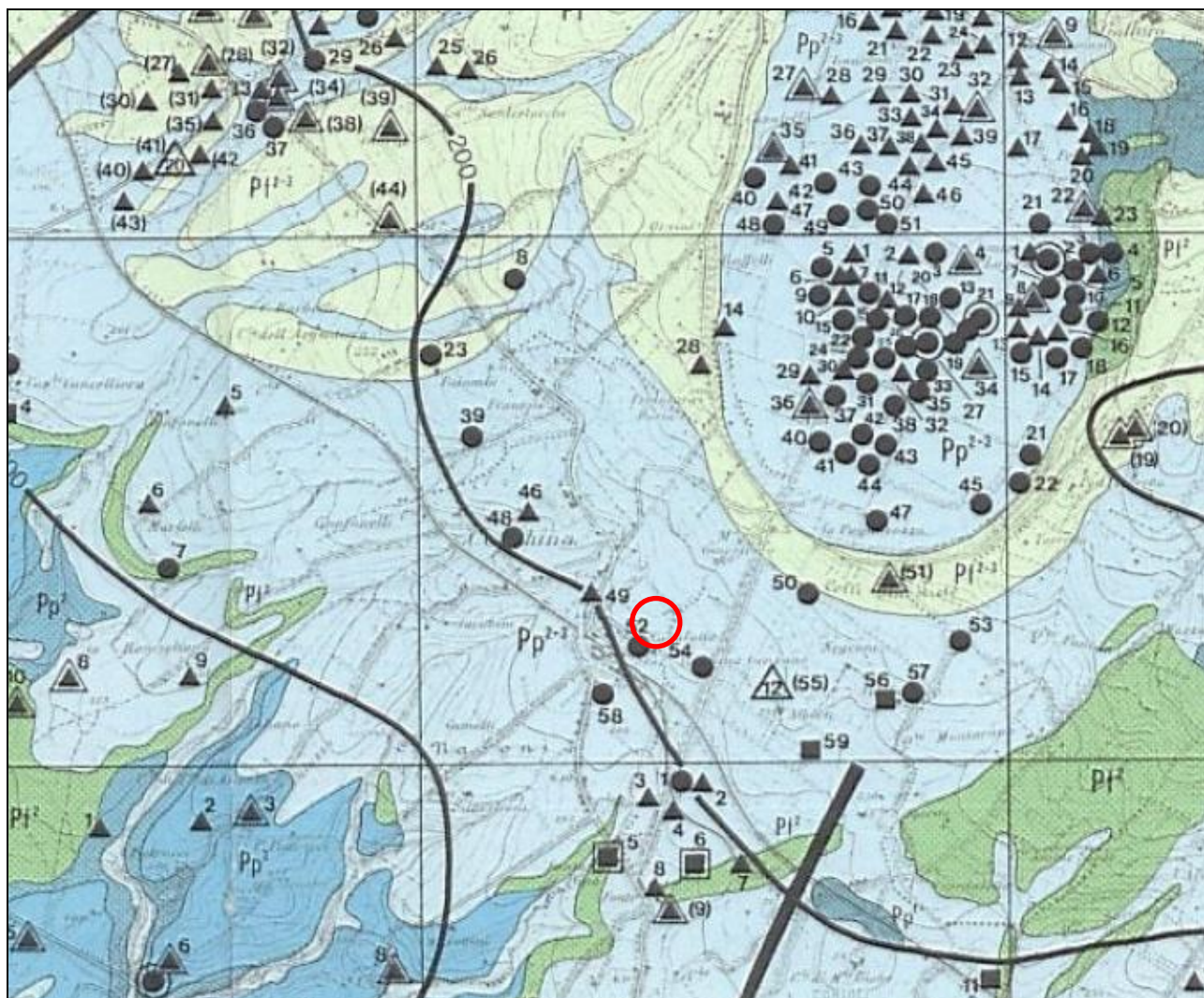
Questo complesso ha, nel suo insieme, buona permeabilità e capacità di immagazzinamento e contiene falde di notevole importanza nell'economia idrogeologica regionale. In ogni edificio vulcanico una falda molto estesa alimenta il lago principale, che occupa la depressione centrale, numerose sorgenti e tutti i corsi d'acqua perenni che solcano le pendici degli apparati. Sopra la falda basale si possono trovare falde sospese generalmente di limitata estensione.

Le piroclastiti del Lazio assorbono in media ogni anno circa 300 mm di pioggia. La qualità dell'acqua è generalmente buona per il ridotto contenuto salino; si trovano tuttavia, localmente, acque molto mineralizzate, con concentrazioni anomale di particolari elementi e con notevole contenuto gassoso, prodotte da residua attività idrotermale.

TAVOLA 8 – IDROGEOLOGIA DELL'AREA

STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI ROMA (U. VENTRIGLIA)

Scala originaria 1:50.000 (immagine ingrandita)



Rocce sciolte permeabili per porosità – da mediamente a poco permeabili



Area d'indagine

8. SISMICITA'

8.1. *Evoluzione della normativa recente in materia antisismica.*

O.P.C.M. n.3274 del 2003

Il recente riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base al parametro V_{s30} .

NTC 23 settembre 2005

Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le nuove NTC, che contengono tutta la normativa italiana relativa alla progettazione degli edifici.

È previsto che le nuove NTC entrino in vigore il 23 ottobre 2005; per la precisione in tale data inizia un periodo di 18 mesi di applicazione sperimentale durante il quale è possibile far riferimento alla vecchia normativa (legge 1086/1971, legge 64/1974).

O.P.C.M. 3519 del 2006

Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza (OPCM 3519/2006) ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 (vedi Figura 8.1) quale riferimento ufficiale, e ha definito i criteri che le Regioni devono seguire per aggiornare le afferenze dei Comuni alle 4 zone sismiche.

Tuttavia, questa Ordinanza non obbliga le Regioni a aggiornare tali afferenze.

DM 14 gennaio 2008

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il *DM 14 gennaio 2008* contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, la cui entrata in vigore era prevista per il 5 marzo 2008. Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

A fine gennaio 2008 una Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC.



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

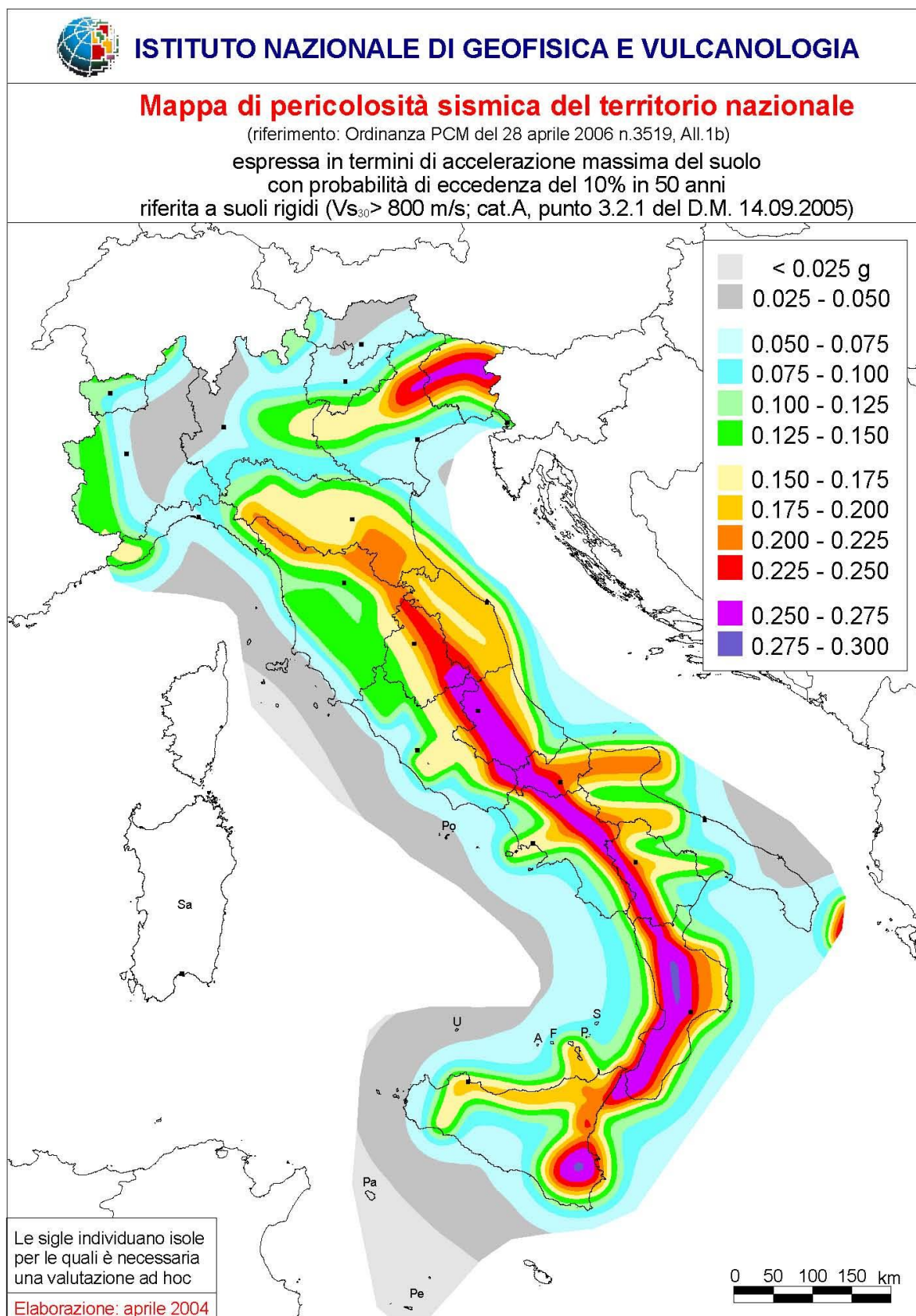
La proroga assegnate al decreto non si applica alle verifiche tecniche e alle nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici di interesse strategico e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

Lo stesso vale per gli edifici e le opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008, che rappresenta – ha spiegato il Ministero – “la più avanzata espressione normativa a tutela della pubblica incolumità nel settore delle costruzioni”.

L'8 aprile del 2009 la Commissione Ambiente della Camera ha impegnato il Governo a rendere nel più breve tempo possibile obbligatoria l'applicazione del DM 14 gennaio 2008, abrogando la proroga al 30 giugno 2010.

Figura 8.1 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06)





8.2. Sismicità dell'area in esame

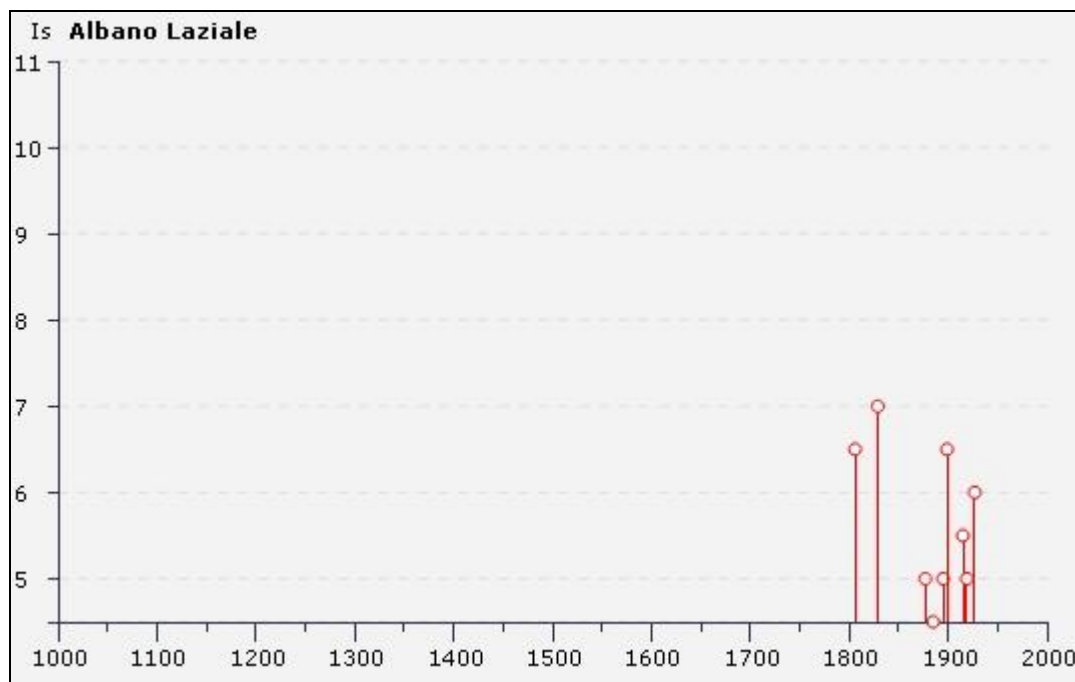
Come è noto, un terremoto può trasmettere sia sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale, che dare luogo a fenomeni di instabilità dinamica con cedimenti, liquefazione e frane. Pertanto in fase di progettazione di opere in zone sismiche, è necessario partire dall'ipotesi di un "terremoto di progetto", basato sulla conoscenza della sismicità della zona.

Dall'analisi del Catalogo Parametrico dei terremoti italiani, redatto dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (GNDT), ora inserito nell'ambito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), si deduce che il territorio di Albano Laziale è stato interessato da almeno 20 eventi sismici in epoca storica, a partire dal 1806, come riportato nella Figura 8.2. Tale dato si evince, inoltre, dalla Figura 8.3, nella quale spiccano gli effetti risentiti in occasione del terremoto in Basilicata del 16 dicembre 1857 e del terremoto di Avezzano del 13 gennaio 1915.

Figura 8.2 - Estrazione dal catalogo macrosismico DBM04 degli eventi sismici storici che hanno interessato il territorio comunale di Albano Laziale.

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
6-7	1806	08	26	07	35	Colli Albani	35	8	5.47
7	1829	06	01	09		Colli Albani	25	7	5.17
NF	1857	12	16	21	15	Basilicata	337	11	6.96
4	1874	12	06	15	50	Monti della Meta	43	8	5.47
3	1877	08	16	12	24	ROCCA DI PAPA	15	6	4.63
5	1877	08	24	02	45	Lazio meridionale	54	7	5.29
F	1883	09	02	07	03	FRASCATI	27	5-6	4.63
3	1884	02	06	23	30	ALBANO	4	7	5.17
4-5	1885	04	10	01	44	M. SIMBRUINI	43	D	4.63
4	1886	01	17	07	10	ALBANO	6	7	5.17
5	1895	11	01			CASTELPORZIANO	98	6-7	4.83
4	1898	06	27	23	38	RIETI	186	8	5.48
6-7	1899	07	19	13	18	Colli Albani	123	7	5.18
5-6	1915	01	13	06	52	AVEZZANO	1040	11	6.99
5	1919	10	22	06	10	ANZIO	142	7	5.53
3	1922	12	29	12	22	SORA	102	7	5.60
3	1927	10	11	14	45	MARSICA	77	7	5.27
6	1927	12	26	15	06	Colli Albani	38	8	5.02
4	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
NF	1990	05	05	07	21	POTENTINO	1374	7-8	5.84

Figura 8.3 - Diagramma dei terremoti storici di massima intensità



8.2.1. Classificazione sismica

Negli studi per la valutazione delle azioni sismiche è indispensabile considerare la pericolosità sismica di base, intesa come la probabilità che un evento sismico di una certa Magnitudo avvenga in un'area secondo un determinato periodo di ritorno.

La Pericolosità sismica di base è definita calcolando il valore atteso di uno o più parametri che descrivono il terremoto su terreno rigido e compatto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito), ed attraverso tali valori è possibile predisporre una classificazione sismica del territorio, finalizzata alla pianificazione territoriale e/o dell'emergenza ed alla programmazione delle attività di prevenzione.

Quello che viene studiato su area vasta o regionale può essere trasferito per studi a scala di dettaglio o locale, definendo la Risposta Sismica Locale (RSL), che è legata a specifiche condizioni geomorfologiche dei siti che possono influenzare significativamente la risposta sismica locale. Ai fini pianificatori è quindi fondamentale identificare qualitativamente e/o quantitativamente tale valore attraverso studi di Microzonazione Sismica (MS) che, partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base, analizzano i caratteri sismici (terremoto di riferimento), i caratteri geologici (eterogeneità dei terreni, sia in senso orizzontale che verticale), geomorfologici

(irregolarità morfologiche superficiali e sepolte) e geologico-tecnici (comportamento non lineare e dissipativo dei terreni) del sito.

Con l'OPCM 3519/06 l'intero territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Gli intervalli di accelerazione (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/06 (Figura 8.4).

Figura 8.4 - Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido.

ZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Per aggiornare e riclassificare sismicamente il territorio laziale, la Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i Popoli, tramite l'Area Difesa del Suolo, ha avviato nel 2007 una convenzione con l'ENEA per l'elaborazione della Pericolosità Sismica regionale di base, dalla quale in seguito si è partiti, congiuntamente all'elaborato di riferimento emanato con l'OPCM 3519/06, per predisporre una nuova proposta di classificazione sismica.

Questa attività si è conclusa nell'Aprile 2008 con la consegna della Relazione Finale ENEA alla quale ha fatto seguito un'attività di revisione da parte dell'Area Difesa del Suolo, volta principale ad omogeneizzare ed uniformare i Cluster ENEA secondo zone di sismicità ed, in seguito, rapportare queste classi di sismicità ai valori corrispondenti di accelerazione di picco in base all'OPCM 3519/06 ed al DM Infrastrutture 14/01/2008. Da questa analisi di post-produzione è scaturita la nuova classificazione sismica della Regione Lazio.

Ai fini della nuova classificazione sismica della Regione Lazio, si è operato suddividendo il territorio regionale in fasce di accelerazione caratterizzate da intervalli di 0,05g, in quanto non si è ritenuto conveniente e utile frammentare il territorio in innumerevoli sottoclassi, anche alla luce delle nuove disposizioni normative che indicano la classificazione sismica come solo strumento di tipo amministrativo.

La nuova riclassificazione si basa soltanto su 3 Zone Sismiche a differenza delle quattro della precedente classificazione del 2003, con la creazione di sottozone che hanno interessato esclusivamente le zone sismiche 2 e 3 (Figura 8.5).

Figura 8.5 - Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

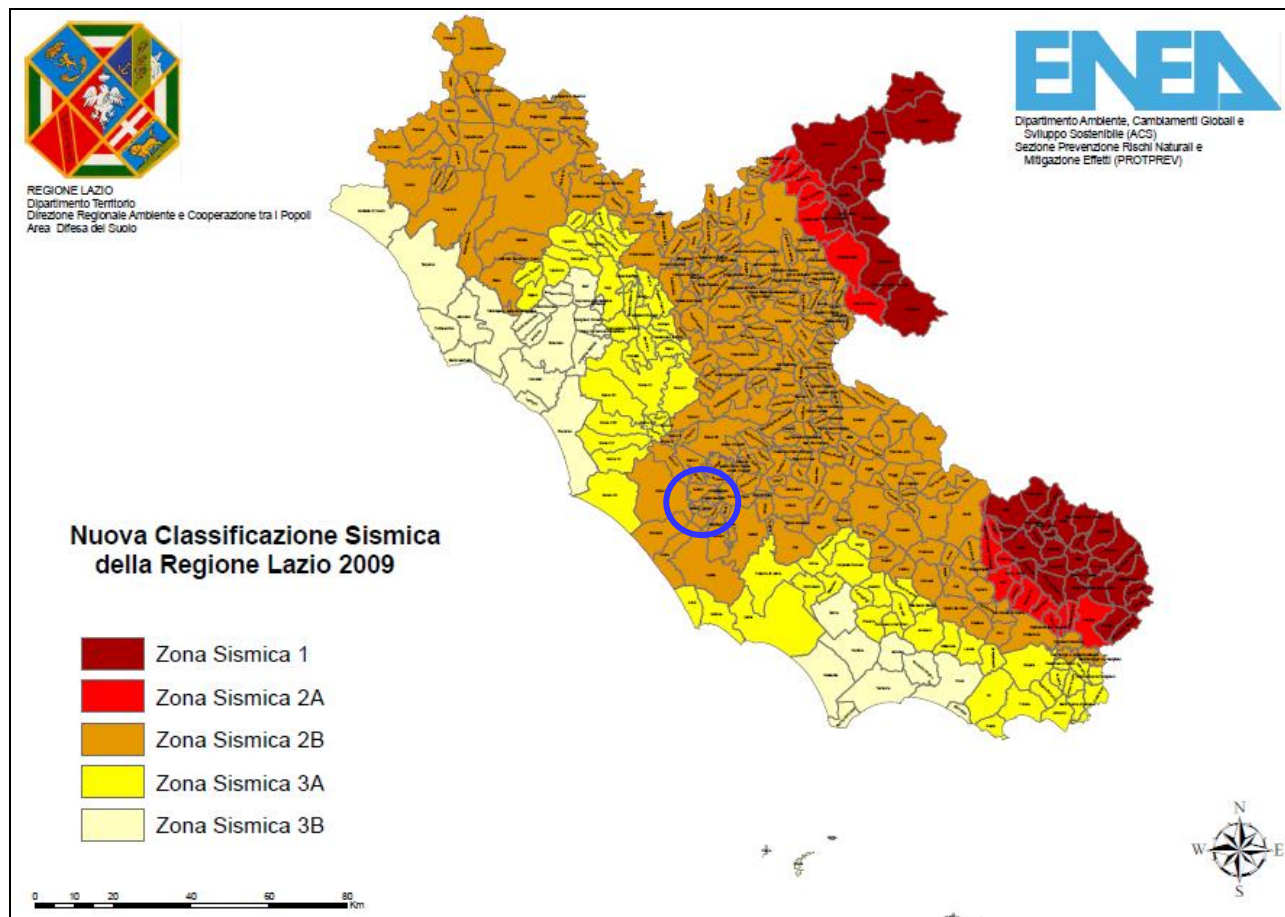
ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

In riferimento al D.G.R. 387/2009 “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio” si evidenzia che il comune di Albano Laziale (RM), ricade in una zona identificata come “zona 2B” (vedi Tabella 8.1).

Tabella 8.1 – Estratto da “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio”.

Cod_Istat	Regione	Provincia	Comune	Nuova Zona sismica DGR 387/09 e DGR 835/09	Sottozona sismica DGR 387/09 e DGR 835/09
12058003	Lazio	Roma	Albano Laziale	2	B

Figura 8.6 – Nuova classificazione sismica della Regione Lazio. In azzurro è delimitata l'area d'interesse.



8.3. *Pericolosità sismica*

La valutazione della pericolosità sismica di un sito è stata approfondita in un recente studio della Regione Lazio, Università La Sapienza ed Enea, in cui la pericolosità di base di un sito è stata definita partendo dai valori di accelerazione di picco su suoli rigidi.

La pericolosità sismica della Regione Lazio è costituita da nove fasce di accelerazione di picco. L'area in esame ricade in una fascia caratterizzata da valori di accelerazione massima compresi fra 0,15 e 0,175, i quali conferiscono all'area una pericolosità sismica media (Figura 8.7).

Combinando in maniera parametrica la pericolosità sismica di base con gli elementi geologici e morfologici è stata ricostruita la "Carta della pericolosità sismica della Regione Lazio combinata con elementi geologici e morfologici".

L'area in esame ricade, inoltre, in un settore caratterizzato da una pericolosità sismica combinata con elementi geologici e morfologici di grado medio (Figura 8.8).

Figura 8.7 – Carta della pericolosità sismica di base. In rosso è delimitata l'area d'interesse.

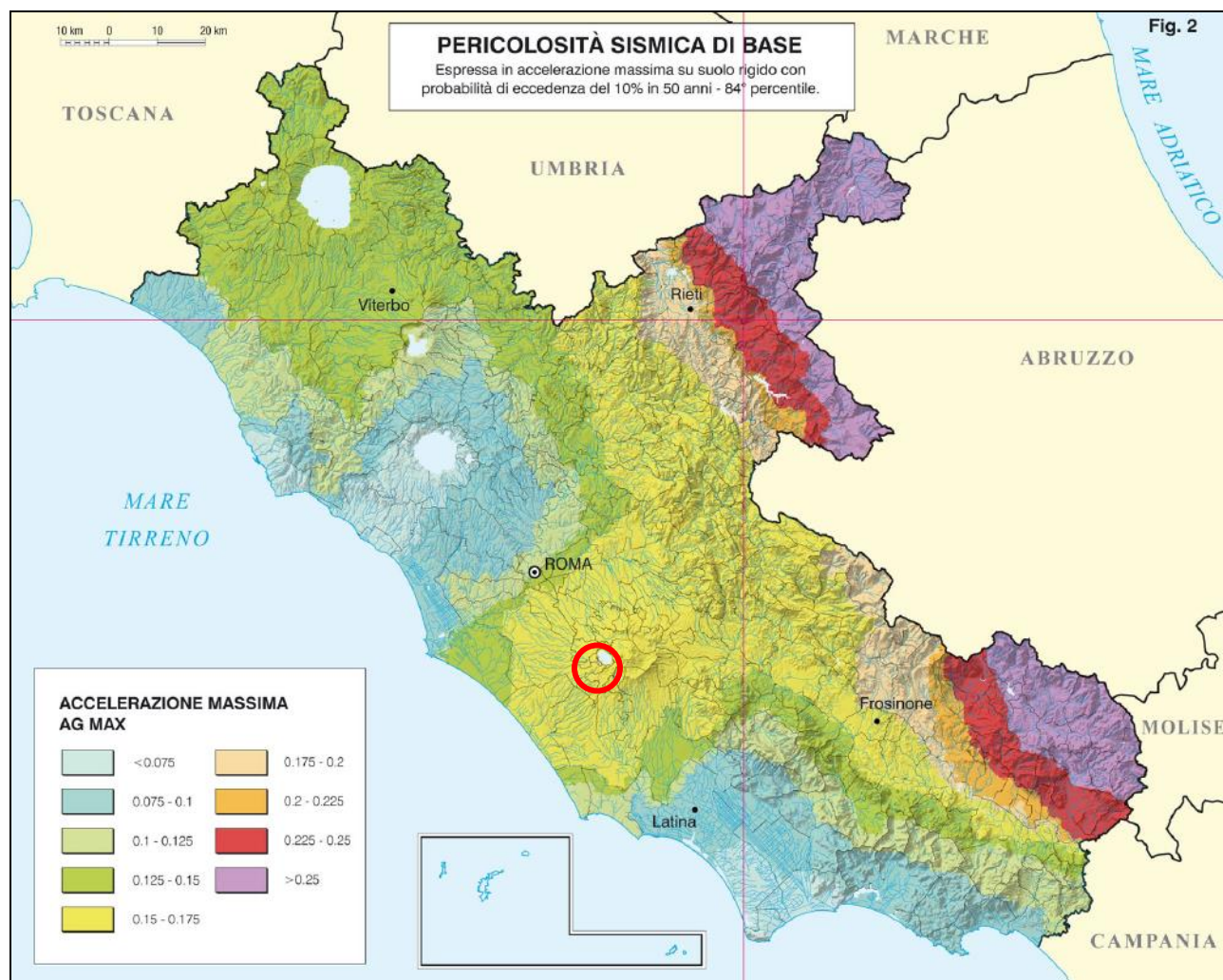
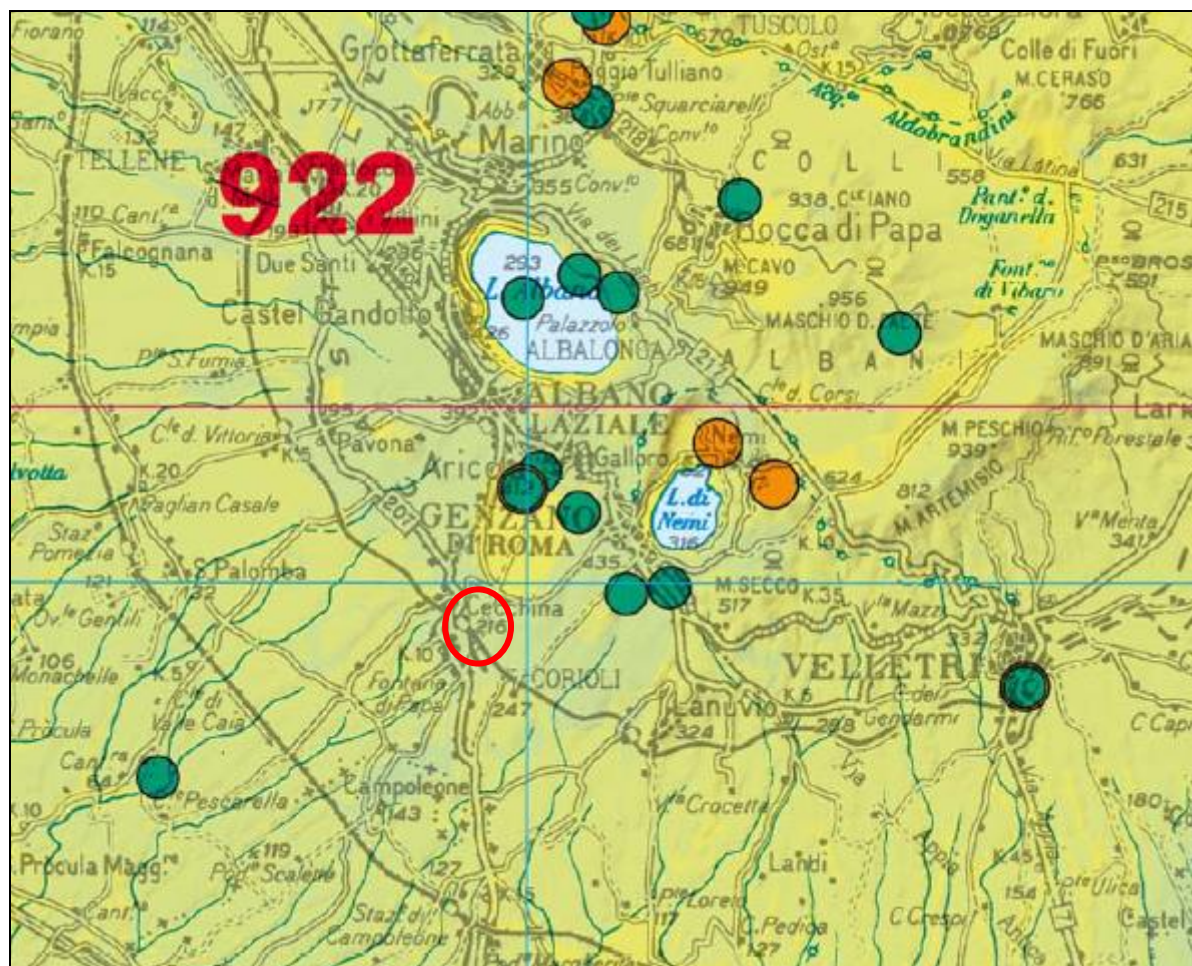


Figura 8.8 – Stralcio della Carta della pericolosità sismica della Regione Lazio combinata con elementi geologici e morfologici



PERICOLOSITÀ SISMICA COMBINATA CON ELEMENTI GEOLOGICI E MORFOLOGICI



TERREMOTI (Magnitudo) da CPTI11 - INGV



Zone sismogenetiche e loro codice (ZS9)



9. PARAMETRIZZAZIONE DEI TERRENI D'IMPOSTA DELLE FONDAZIONI

Nel presente capitolo saranno esplicitati i principali parametri fisico-meccanici e sismici inerenti ai terreni d'imposta delle fondazioni dell'opera di progetto.

Come già evidenziato in premessa, si ribadisce che i parametri fisico-meccanici sono stati ottenuti dall'interpretazione dei dati pervenuti dalla campagna di indagini geognostiche e di indagini sismiche, appositamente programmata e di cui al paragrafo "3. Indagini ", integrati da dati sperimentali, ottenuti da campagne di indagini pregresse, riportati sulla seguente documentazione tecnica, che è stata fornita al sottoscritto dal *COMUNE DI ALBANO - SETTORE V TECNICO - SERVIZIO II UFFICIO I - LAVORI PUBBLICI*, tramite il Committente del presente studio in qualità di progettista incaricato:

- Realizzazione palestra – Progetto Definitivo - Relazione Geologica/Geotecnica; redatta dal dott. geol. Valerio Facchinelli;
- Complesso scolastico con verde pubblico e impianti sportivi – Progetto Esecutivo – Relazione geologica-geofisica conclusiva ed indagini geognostiche; redatta dal dott. geol. Attilio Vitali;
- Complesso scolastico con verde pubblico e impianti sportivi – Progetto Esecutivo – Relazione geologica-geofisica conclusiva ed indagini geognostiche - Integrazione; redatta dal dott. geol. Attilio Vitali.

Si specifica che i dati sperimentali inerenti alle campagne indagini pregresse, riportati nella documentazione tecnica di cui sopra, si riferiscono principalmente alle seguenti tipologie di indagini: prospezioni sismiche in foro Down-Hole, prove penetrometriche DPSH e prove di laboratorio su campioni prelevati in foro.

9.1. Parametrizzazione fisico-meccanica

Di seguito si descrive il comportamento fisico-meccanico, mediante l'esposizione dei principali parametri caratteristici, delle unità stratigrafiche evidenziate dalle indagini. I suddetti parametri sono stati stimati dall'interpretazione delle prove *in situ* effettuate nell'ambito dell'esecuzione delle campagne di indagini geognostiche ("indagini nuove" e "indagini pregresse"), nell'area d'imposta delle fondazioni dell'opera di progetto.

Come già evidenziato nei capitoli precedenti i litotipi affioranti appartengono all'*Unità di Ariccia*. Si tratta di un'unità costituita da un deposito piroclastico composto da alternanze di livelli cineritici e

lapillosi con stratificazione incrociata e piano parallela, passanti verso l'alto a deposito caotico e massivo. Nell'area d'intervento il suddetto deposito presenta un comportamento geotecnico prevalentemente di tipo attritivo.

Le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza di tre strati, in continuità stratigrafica, aventi diverse caratteristiche fisico-meccaniche.

- Strato-1: è costituito da terreno di riporto limoso sabbioso moderatamente addensato e con caratteristiche fisico-meccaniche mediocri. Nel punto d'indagine si presenta con uno spessore compreso tra 2,0-2,5 m misurati a partire dal p.c.;
- Strato-2: è costituito da un terreno limoso sabbioso moderatamente addensato e con discrete caratteristiche fisico-meccaniche. Nel punto d'indagine si presenta con uno spessore di circa 3,5 m e si riscontra ad una profondità compresa tra 2,5-5,8 m a partire dal p.c.;
- Strato-3: è costituito da un terreno prevalentemente sabbioso molto addensato e con buone caratteristiche fisico-meccaniche. Nel punto d'indagine questo si riscontra in continuità con lo strato superiore almeno fino alla profondità di 10,0 m misurati a partire dal p.c.

L'interpretazione dei dati ottenuti mediante le prove in foro, effettuate nell'ambito dello svolgimento della campagna di indagini geognostiche, ha consentito di stimare i parametri fisico-meccanici caratteristici dei terreni d'imposta delle fondazioni del fabbricato in esame, come riportati in Tabella 9.1.

Tabella 9.1 - Parametri geotecnici dei terreni presenti nell'area d'imposta del fabbricato.

Strato	Descrizione	Densità relativa Dr (%)	Coesione c_u (Kg/cm²)	Angolo di attrito φ (°)	Modulo edometrico E_{ed} (Kg/cm²)
Stato-1	Riporto	30	-	25	120
Stato-2	Piroclastite	30	0,8	28	120
Stato-3	Piroclastite	45	1,0	32	696

Si specifica che i valori riportati in Tabella 9.1 rappresentano un valore medio ragionato, valido per tutto l'ammasso, effettuato sulla base dell'esperienza dello scrivente e di dati sperimentali. A tal proposito si specifica che i suddetti parametri potrebbero subire variazioni puntuali apprezzabili, dovuti al rapporto sabbia/argilla contenuta nella matrice limosa.

Dal punto di vista geotecnico, gli strati di cui alla Tabella 9.1 presentano un comportamento prevalentemente di tipo attritivo.

Si specifica, inoltre, che nell'ambito delle perforazioni di sondaggio non è stato riscontrato nessun livello di falda, ma che potrebbero riscontrarsi circolazioni d'acqua localizzate a carattere stagionale, in grado di conferire, ai terreni che caratterizzano l'area d'intervento, un peggioramento delle caratteristiche geotecniche.

9.2. Parametrizzazione sismica

Per quel che concerne la parametrizzazione sismica dei terreni d'imposta delle fondazioni dell'opera di progetto, sono state prese in considerazione sia i dati inerenti alla campagna di indagini sismiche eseguita nell'ambito del presente studio, che i dati inerenti a campagne indagini eseguite nell'ambito di altri lavori e/o di fasi progettuali pregresse come già evidenziato in premessa e ritenute attualmente valide.

9.2.1. Classificazione dei terreni in termini di V_{s30}

La nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopracitate normative. Il profilo delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità è possibile determinare una velocità equivalente V_{s30} rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito come suolo di tipo A, B, C, D, E, S1, S2 secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8 (vedi Tabella 9.2).

Tabella 9.2 - Classificazione dei suoli secondo la NTC 2008

Classificazione del tipo di suolo secondo la nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 – NTC 14/01/2008		
Suolo	Descrizione geotecnica	V_{s30} (m/s)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m	>800
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360÷800
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri	180÷360
D	Depositi granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti	<180
E	Strati superficiali allentati (5 – 20 m) tipo C e D soprastanti substrato tipo A	
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($IP > 40$) e contenuto d'acqua	<100
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	<50

Il calcolo viene sviluppato utilizzando la stratigrafia V_s e la seguente formula:

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

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

In relazione ai dati riportati nel paragrafo “3.2 - Prospezioni sismiche MASW”, inerenti alla campagna di “indagini nuove”, si assume un valore di **V_{s30} pari a 409 m/s** e che in riferimento alla classificazione del tipo di suolo secondo la NTC 2008 (Tabella 9.2), i terreni caratterizzanti l'area d'intervento rientrano nella **classe di suolo B**

In Tabella 9.3 vengono riportati i valori delle V_{s30} relativi a diverse profondità del piano d'imposta delle fondazioni. Dall'analisi dei dati ottenuti si evince che, nel presente caso, aumentando la profondità d'imposta della fondazione fino ad una profondità di 5 metri dal p.c., non si hanno

variazioni della categoria di suolo, che resta sempre pari a B.

Tabella 9.3 - Valori delle V_{s30} e della categoria di sottosuolo a diverse profondità.

V_{s30} e categoria di sottosuolo				
Profondità piano di fondazione (m)	V_{s30} MASW-1 (m/s)	V_{s30} MASW-2 (m/s)	Media MW-1/MW-2	Categoria di sottosuolo (D.M. 14.01.2008)
0	356	365	360	B
-1	372	402	387	B
-2	391	427	409	B
-3	413	454	433	B
-4	432	474	453	B
-5	440	492	466	B

In relazione ai dati riportati nel paragrafo “4.2 - Prospezioni sismiche in foro Down-Hole, inerenti alla campagna di “indagini pregresse”, si assumono i seguenti valori di V_{s30} :

- **D-H S1** **392,7 m/s**
- **D-H S2** **326,3 m/s**
- **D-H S3** **385,4 m/s**

Ricordando che il valore di V_{s30} del D-H S2 è stato ottenuto da una prova eseguita ad profondità dal p.c. di 18,0 m per problemi di carattere tecnico, si ritiene, in questa sede, di poterlo scartare in quanto non rappresentativo.

Si evidenzia, che in riferimento alla classificazione del tipo di suolo secondo la NTC 2008 (Tabella 9.2), anche in questo caso i terreni caratterizzanti l'area d'intervento rientrano nella **classe di suolo B**

Tabella 9.4 – Valore delle V_{s30} e classificazione dei terreni secondo le NTC 2008.

Prospezione sismica	V_{s30}	Classificazione suolo (NTC 14/01/2008)
MASW	$V_{s30} = 409$ m/s	B
D-H S1	$V_{s30} = 393$ m/s	B
D-H S3	$V_{s30} = 385$ m/s	B



9.2.2. Coefficiente topografico

La normativa vigente prevede che per condizioni topografiche complesse debbano essere predisposte specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le su descritte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste e dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza superiore a 30 m.

Per l'area in esame si riconosce una **categoria topografica T1**, corrispondente ad un ambiente avente pendii con inclinazione media $\leq 15^\circ$.



10. ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE MONODIMENSIONALE

Si riportano di seguito dell'analisi di risposta sismica locale relativa al sito d'intervento di cui in oggetto.

Al fine della valutazione degli effetti sismici di sito sono state svolte le seguenti attività:

- Definizione del modello geotecnico del sottosuolo attraverso indagini dirette (indagini geognostiche) e indirette (indagini sismiche).
- Scelta dell'input sismico.
- Stima dell'amplificazione del moto in superficie rispetto al *bedrock*, in funzione della frequenza.
- Stima degli spettri di risposta elastici (smorzamento assunto pari al 5%) per gli Stati Limite (SLV – SLD – SLO - SLC).

10.1. Definizione del modello di sottosuolo

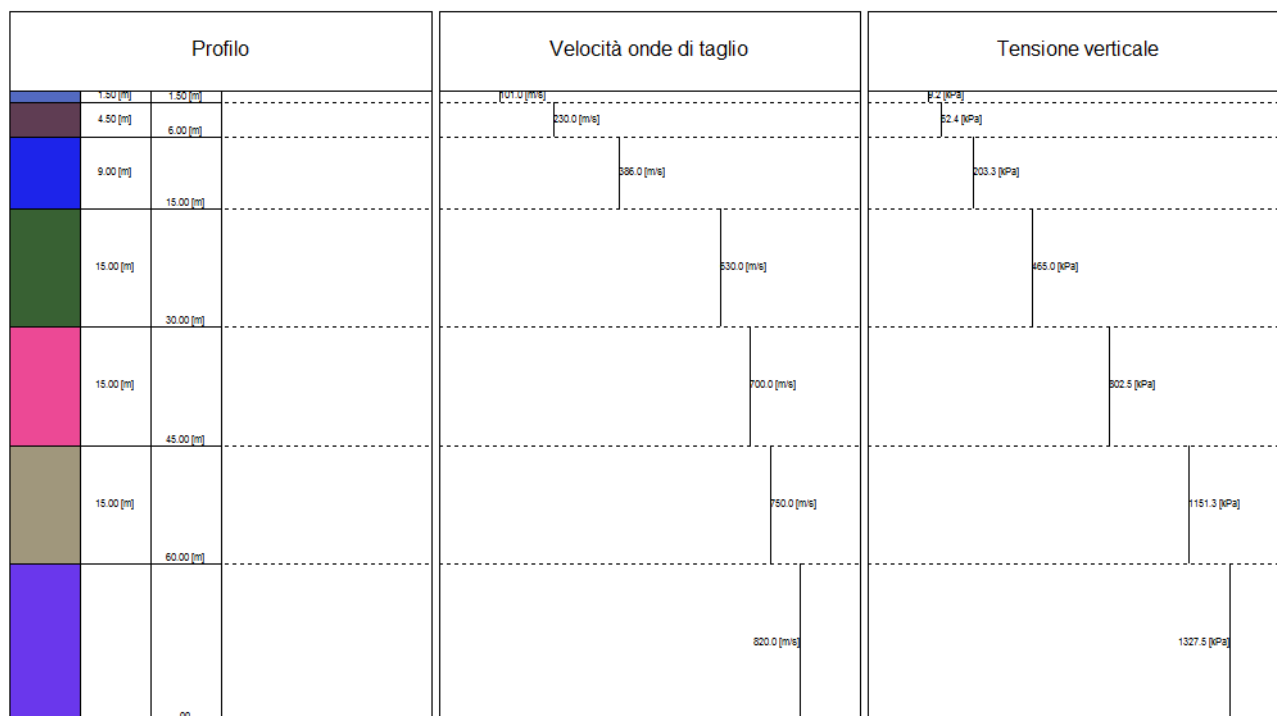
Il modello geologico del sottosuolo dell'area di studio è stato ricavato dall'interpolazione dei dati reperiti da letteratura, da una campagna indagini, appositamente programmata e realizzata, e da campagne indagini pregresse (vedi quanto già specificato in premessa).

In riferimento alle suddette campagne geognostiche, quindi, ci si è potuti avvalere di dati ottenuti da sondaggi geognostici, prove di laboratorio su campioni prelevati in sondaggio, prove penetrometriche DPSH, prospezioni sismiche MASW e prospezioni sismiche tomografiche HVSR. Le indagini effettuate correlate al modello geologico dell'area in esame, hanno permesso di collocare il *bedrock* sismico ($V_s > 800$ m/s) ad una profondità di circa 60 metri dal piano campagna.

Per quanto riguarda la caratterizzazione della geologia di sottosuolo, si è fatto riferimento alle stratigrafie ricavate dai sondaggi geognostici, mentre le restanti formazioni e litotipi sottostanti sono state desunte dall'assetto geologico al contorno. Per tale motivazioni si evidenzia che per i primi 30 m di profondità si è in possesso di un dettaglio maggiore che si riflette anche nel modello sismico, mentre nella porzione più profonda è stata ipotizzata la stratigrafia in base alle conoscenze geologiche dello scrivente, a dati di bibliografia e in funzione dell'andamento delle V_s . Tutti i calcoli che seguono si riferiscono ad una profondità di imposta delle fondazioni ipotizzata a - 2.0 m rispetto al piano campagna attuale. Il profilo di sottosuolo medio utilizzato per quest'analisi è riportato in Tabella 10.1 e Figura 10.1

Tabella 10.1 – Modello medio di sottosuolo.

LITOTIPO	PROFONDITÀ ALLA BASE DELLO STRATO [m]	SPESSORE [m]	Vs [m/s]
Terreni di riporto eterogenei	2.0	2.0	190
Piroclastite limoso-sabbiosa	12.0	10.0	330
Peperino e piroclastiti compatte	30.0	13.0	550
Tufo	55.0	25.0	700
Bedrock	inf.	inf.	850

Figura 10.1 - Profilo di vs semplificato impiegato per la modellazione del sito in esame.


Una volta definito il modello di sottosuolo, sono state scelte le curve di decadimento associabili ai litotipi del modello di sottosuolo, di volta in volta, in funzione delle differenti caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi analizzati, si sono adottate differenti curve.

10.2. Scelta dell'input sismico

Una volta determinato il modello di sottosuolo si è passati alla definizione dell'input in termini di eventi sismici da sottoporre a simulazione. Il primo passo compiuto è stato la stima

dell'accelerazione di base (a_g) effettuata utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la stima dell'azione sismica di progetto (Tabella 10.2), utilizzando una $V_N=50$ anni e un Coefficiente d'uso della costruzione $C_u=1.5$, come fornito dai progettisti.

Tabella 10.2 - Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0.068	2.350	0.264
SLD	75	0.086	2.397	0.266
SLV	712	0.188	2.569	0.276
SLC	1462	0.234	2.523	0.285

Successivamente visto che l'estrazione degli accelerogrammi di input prevede la determinazione di altri parametri sismologici, oltre il valore di a_g . In particolare, bisognerà conoscere per il sito in esame i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza), questi sono stati desunti dalla pagina del sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano <http://esse1-gis.mi.ingv.it> dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale (Tabella 10.3).

A questo punto, mediante l'utilizzo dei dati sopra menzionati, è stata avviata l'estrazione degli accelerogrammi di input. mediante il software Rexel 3.5 beta, messo a punto dalla ReLUI di Napoli (Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E.) (Figura 10.2).

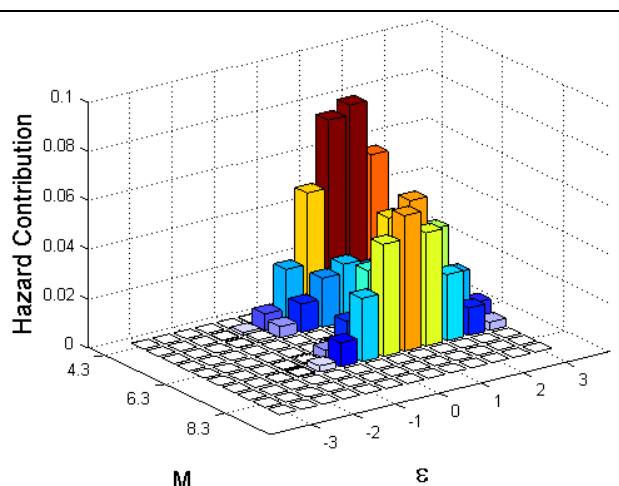
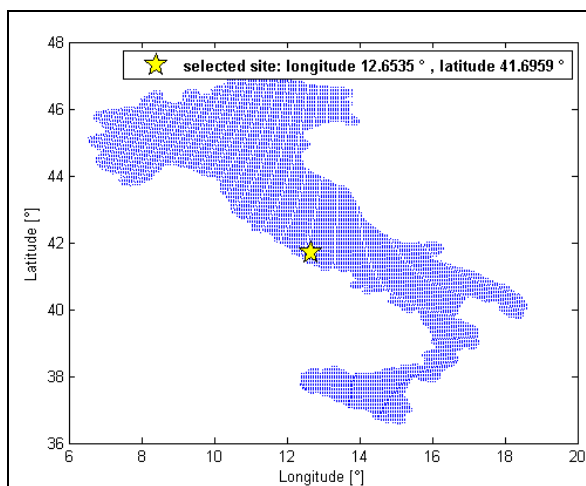
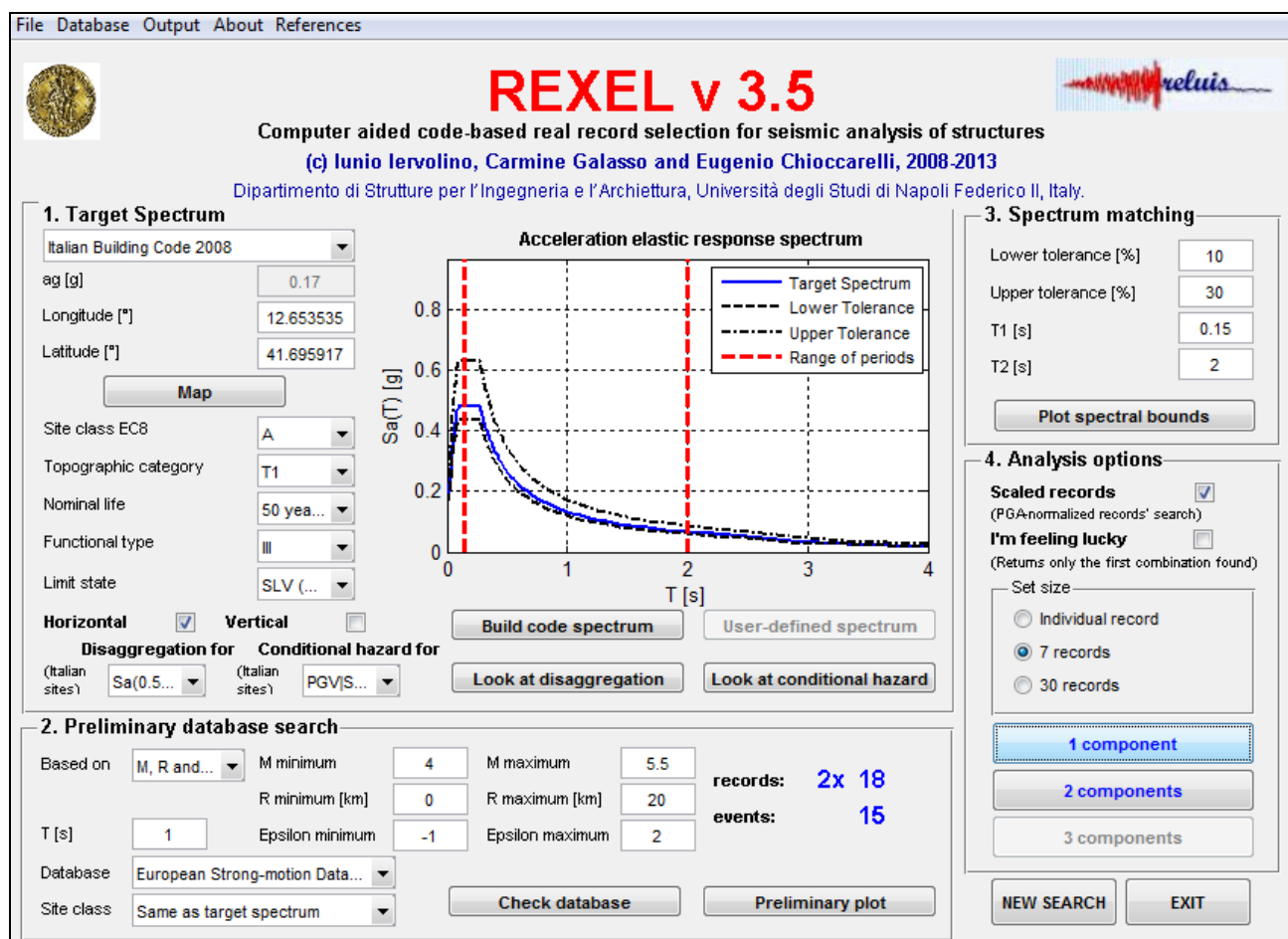
Il suddetto software permette l'estrazione di accelerogrammi di input naturali per applicazioni ingegneristiche da più banche dati; quella utilizzata per questa analisi è la banca dati europea ESD (Ambraseys et al., 2004) da cui sono stati estratti 7 accelerogrammi per ogni stato limite (Figura 10.3).

Tabella 10.3 – Disaggregazione del valore ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 41.7321, lon: 12.6863, ID: 29181)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	30.800	44.600	9.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.200	8.610	2.930	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.147	0.204	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.031	0.042	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.054	0.102	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.077	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.044	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.670	6.310	1.100

Figura 10.2 - Generazione accelerogrammi SLV.



Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E. – Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362,2010

DOI 10.1007/s10518-009-9146-1

Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B. – European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme (2002)

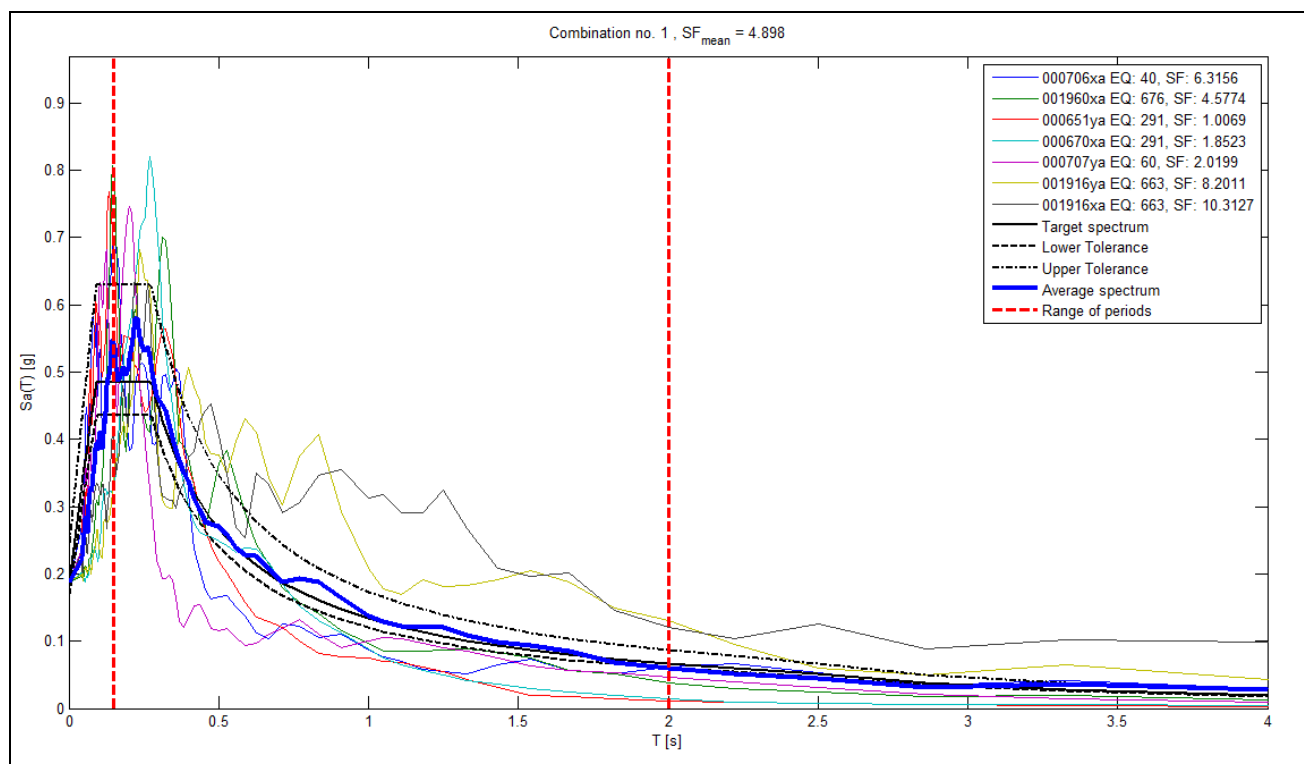
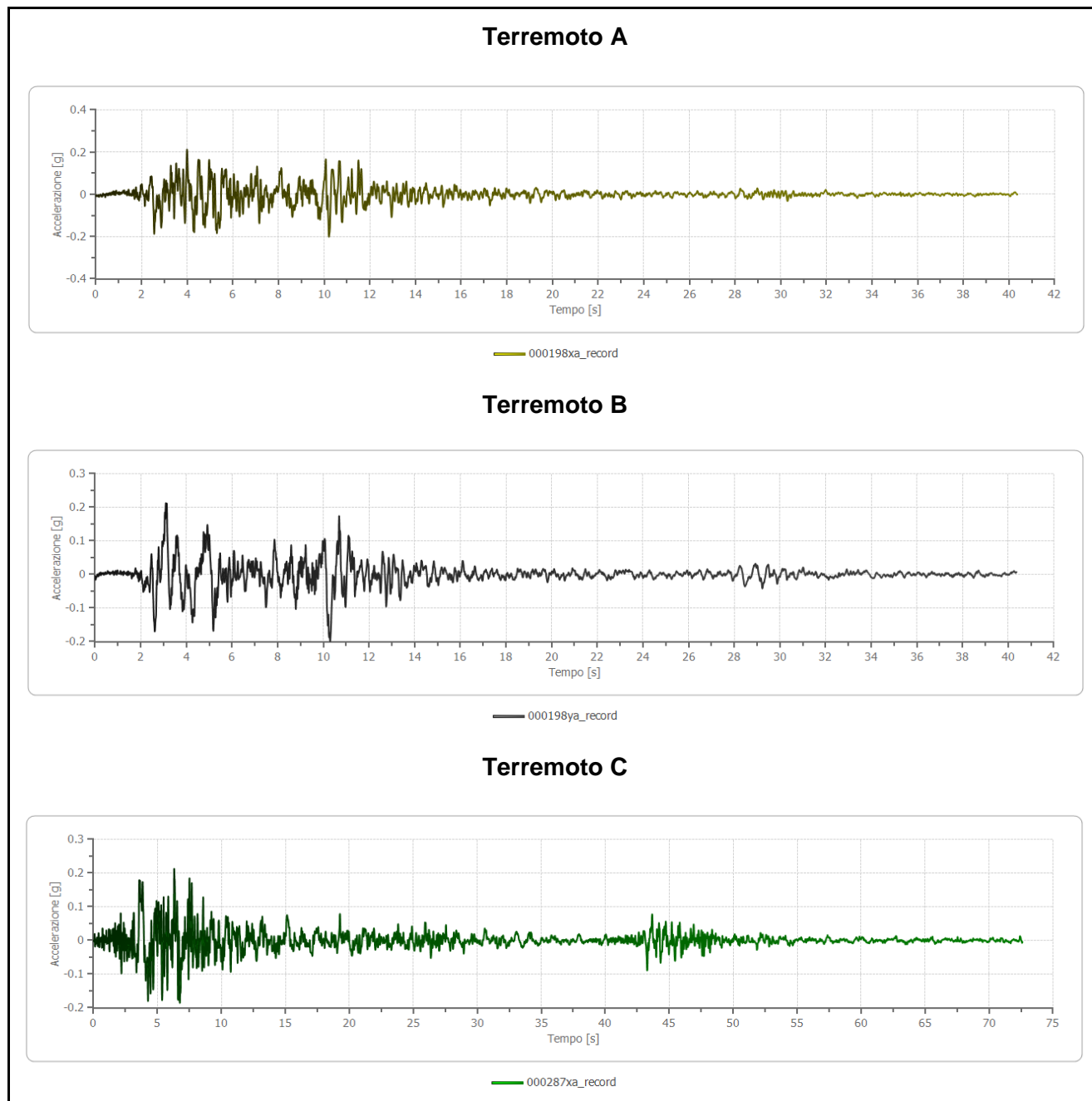


Figura 10.3 - Esempio di tre Accelerogrammi dei 7 di input (al bedrock) - SLV |PGA0| = 0.098 g.



10.3. *Procedura di calcolo*

La procedura di calcolo adoperata da RSL della Geostru software, la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di

risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

- Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
- Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
- Stima della funzione di trasferimento;
- Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
- Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato.

Le operazioni sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;

Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l'N-esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi

che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial z \partial t} \right]$, la

propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

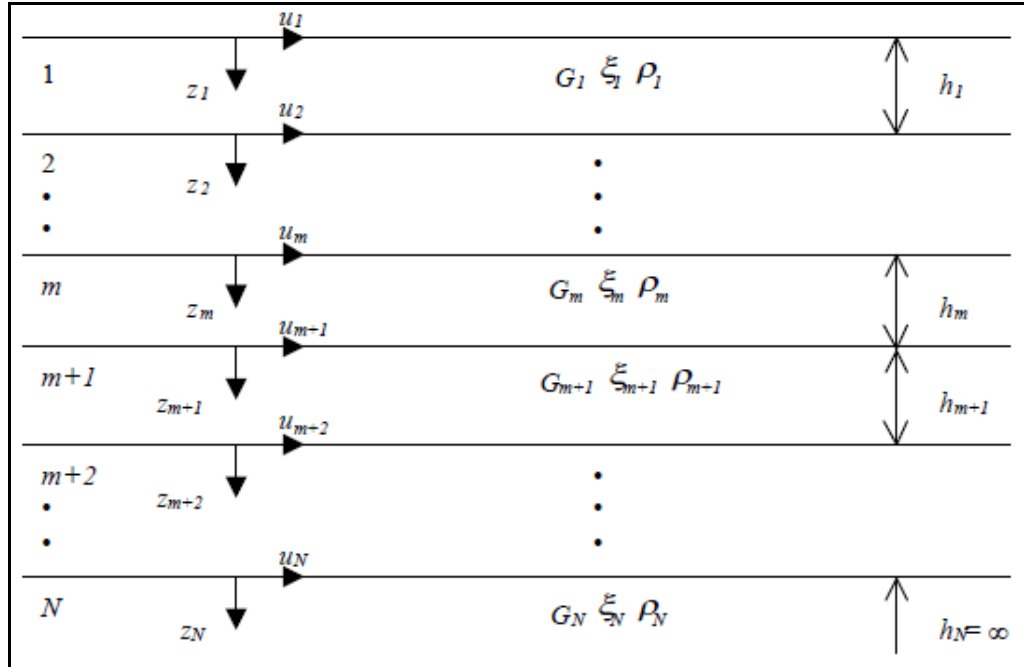
avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

Figura 10.4 - Esempio di stratigrafia per riferimento.



dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = \left(E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \right) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

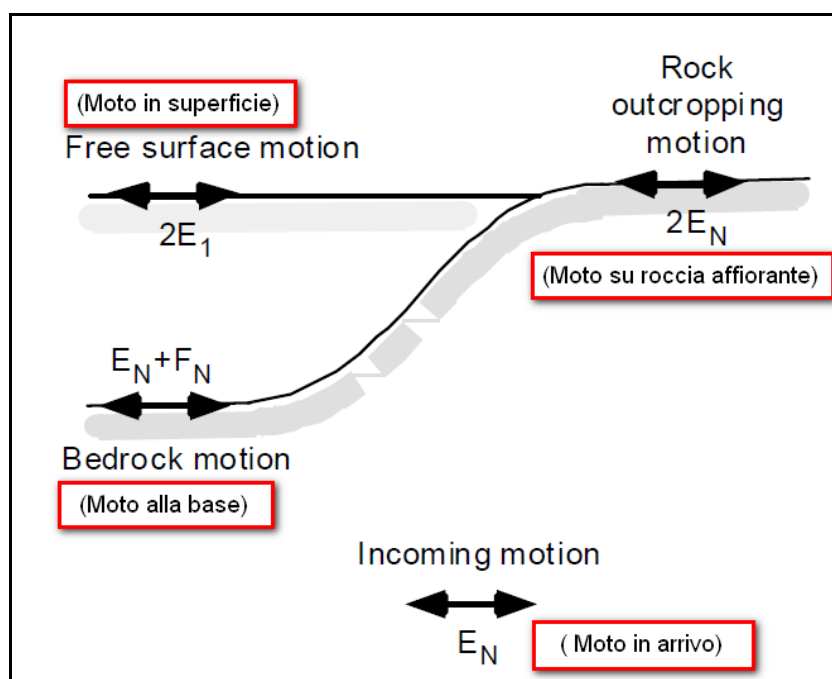
$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z,t) = G^* \gamma(z,t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 10.5 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

Figura 10.5 - Schema di riferimento e terminologia utilizzata.



Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

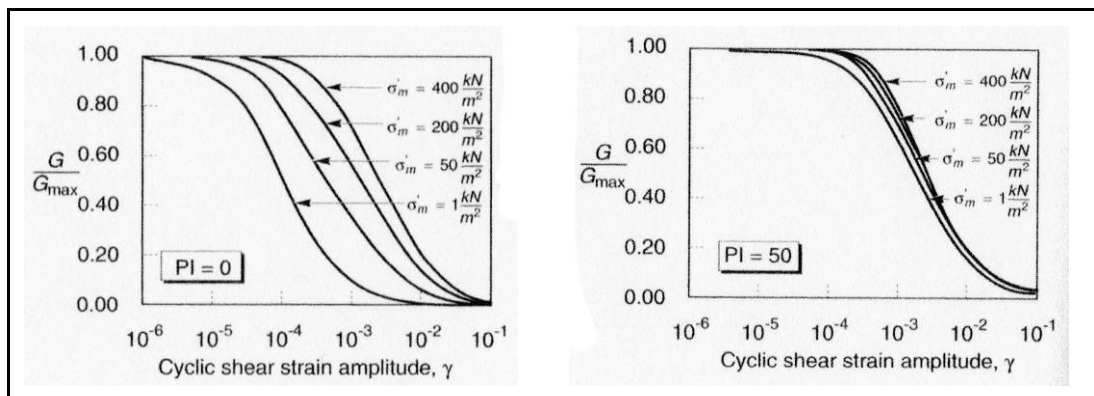
$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

Figura 10.6 - Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

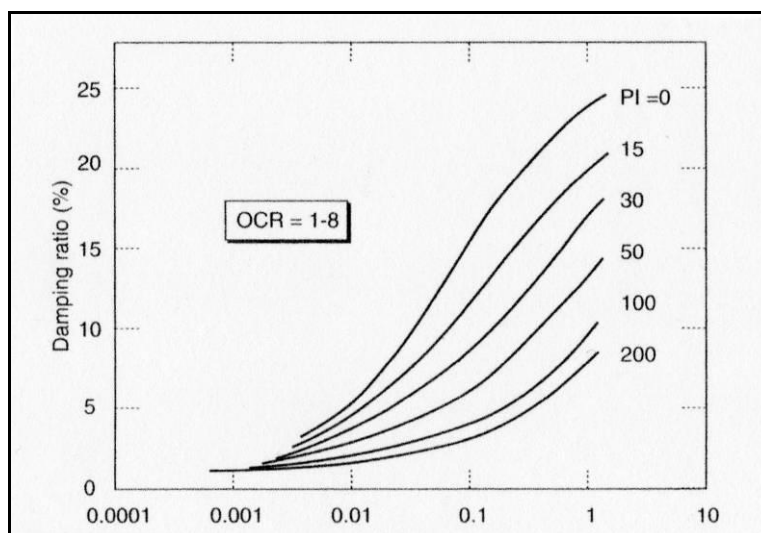


Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.3})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

Figura 10.7 - Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.





10.4. Spettri di risposta elastici (sle) per gli stati limite SLV - SLD – SLO - SLC

Per il calcolo del moto atteso in superficie si è partiti dai 7 accelerogrammi reali di input (componente orizzontale del moto; 7 per ogni stato limite) relativi ad un sito in roccia (A) con valore di accelerazione di picco $a_g = 0.188$ g per SLV. Tale valore di a_g deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il sito di studio, scalato per un coefficiente d'uso 1.5 che corrisponde ad una classe d'uso III, vita nominale = 50 anni, secondo lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

Il risultato della risposta sismica locale sono gli spettri di risposta elastici per uno smorzamento tipico del 5%, ottenuti a partire dagli accelerogrammi prescelti ed il loro valore medio (Figura 10.8, Figura 10.10, Figura 10.12 e Figura 10.14). Gli spettri di risposta medi sono dati in forma numerica in Tabella 10.4 ed in forma grafica nella Figura 10.9, Figura 10.11, Figura 10.13 e Figura 10.15 confrontati con gli spettri di risposta relativi alla categoria di sottosuolo B e C per gli stessi Stati Limite (SLV – SLD – SLO - SLC) per una categoria topografica T1.

Figura 10.8 - Spettri di risposta ottenuti da 7 accelerogrammi di input e la loro media (rosso) – SLV.

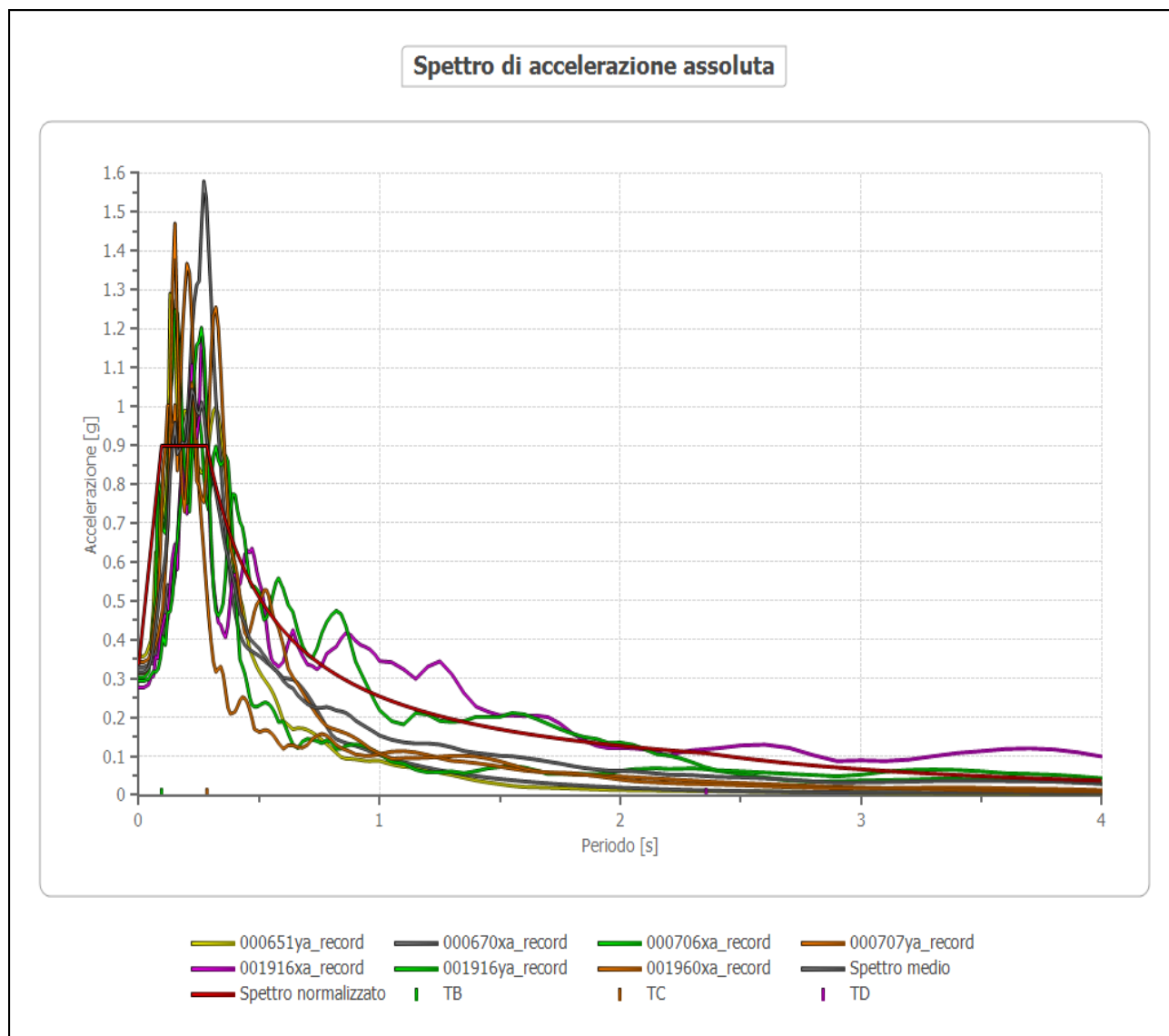


Figura 10.9 - Confronto tra lo spettro di risposta medio ottenuto dai 7 accelerogrammi di input e lo spettro secondo l'approccio semplificato di normativa (NTC, 2008) per la categoria B (TC-verde) per gli SLV.

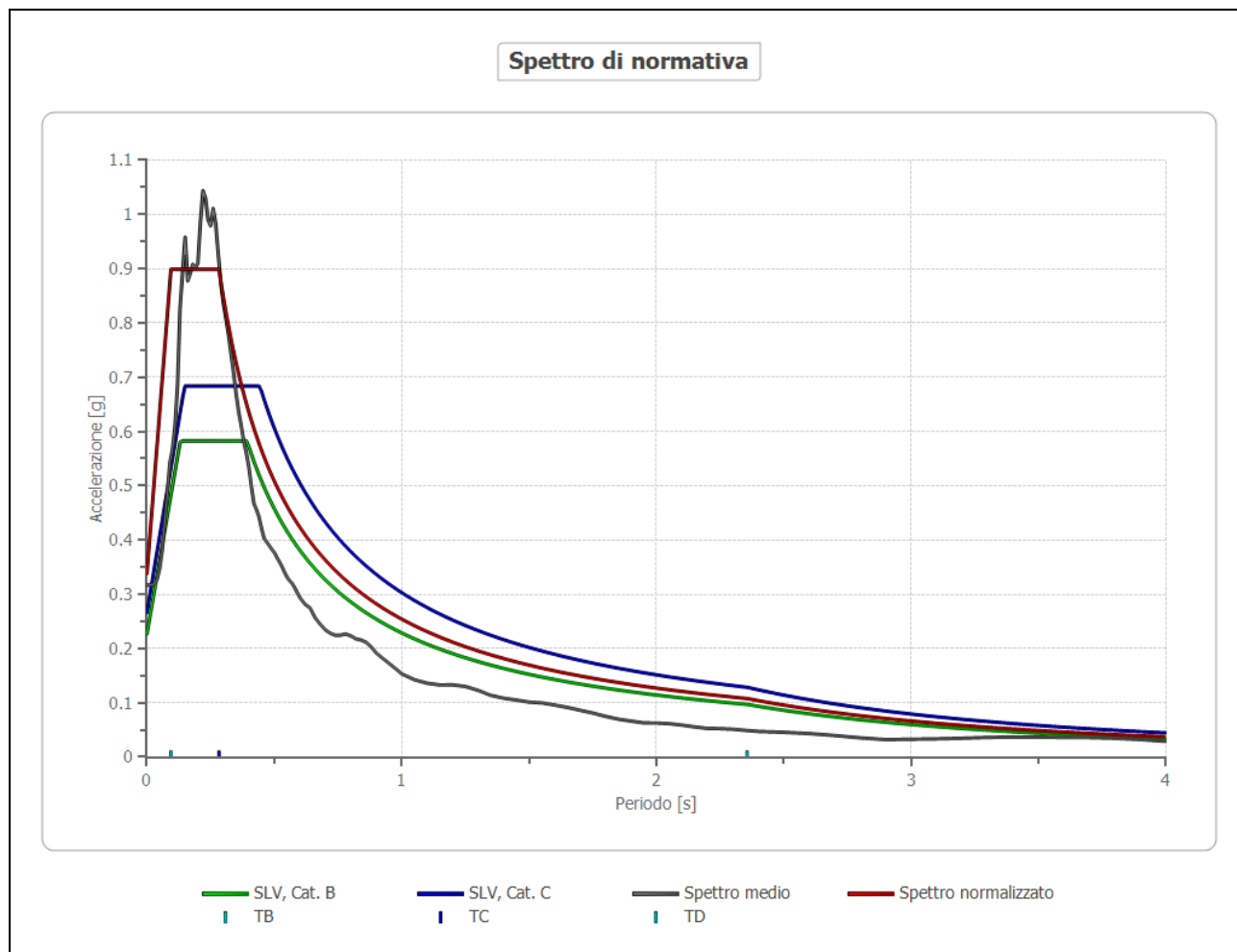


Figura 10.10 - Spettri di risposta ottenuti da 7 accelerogrammi di input e la loro media (rosso) – SLD.

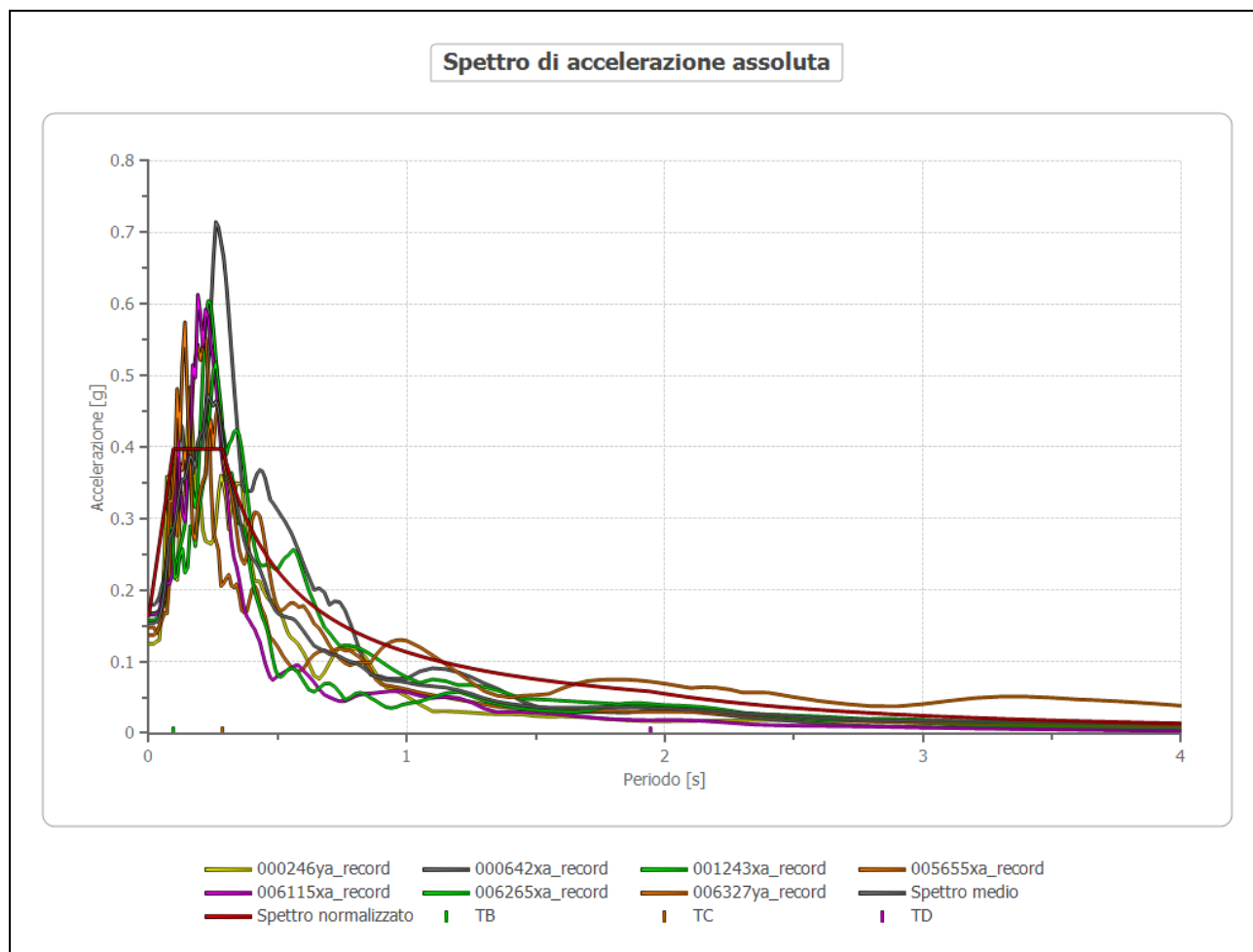


Figura 10.11 - Confronto tra lo spettro di risposta medio ottenuto dai 7 accelerogrammi di input e lo spettro secondo l'approccio semplificato di normativa (NTC, 2008) per le categoria B (TC in verde) per gli SLD.

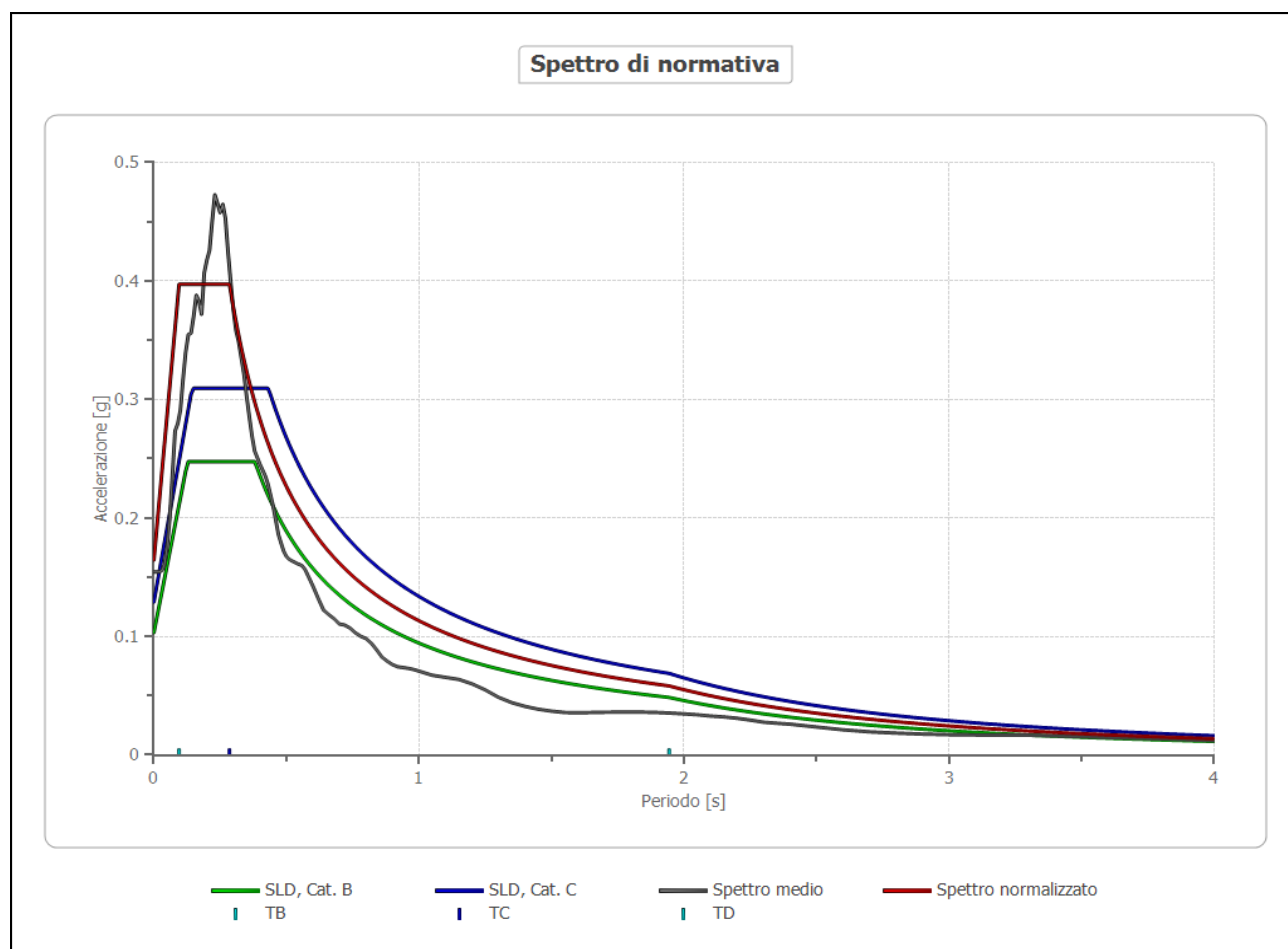


Figura 10.12 - Spettri di risposta ottenuti da 7 accelerogrammi di input e la loro media (rosso) – SLO.

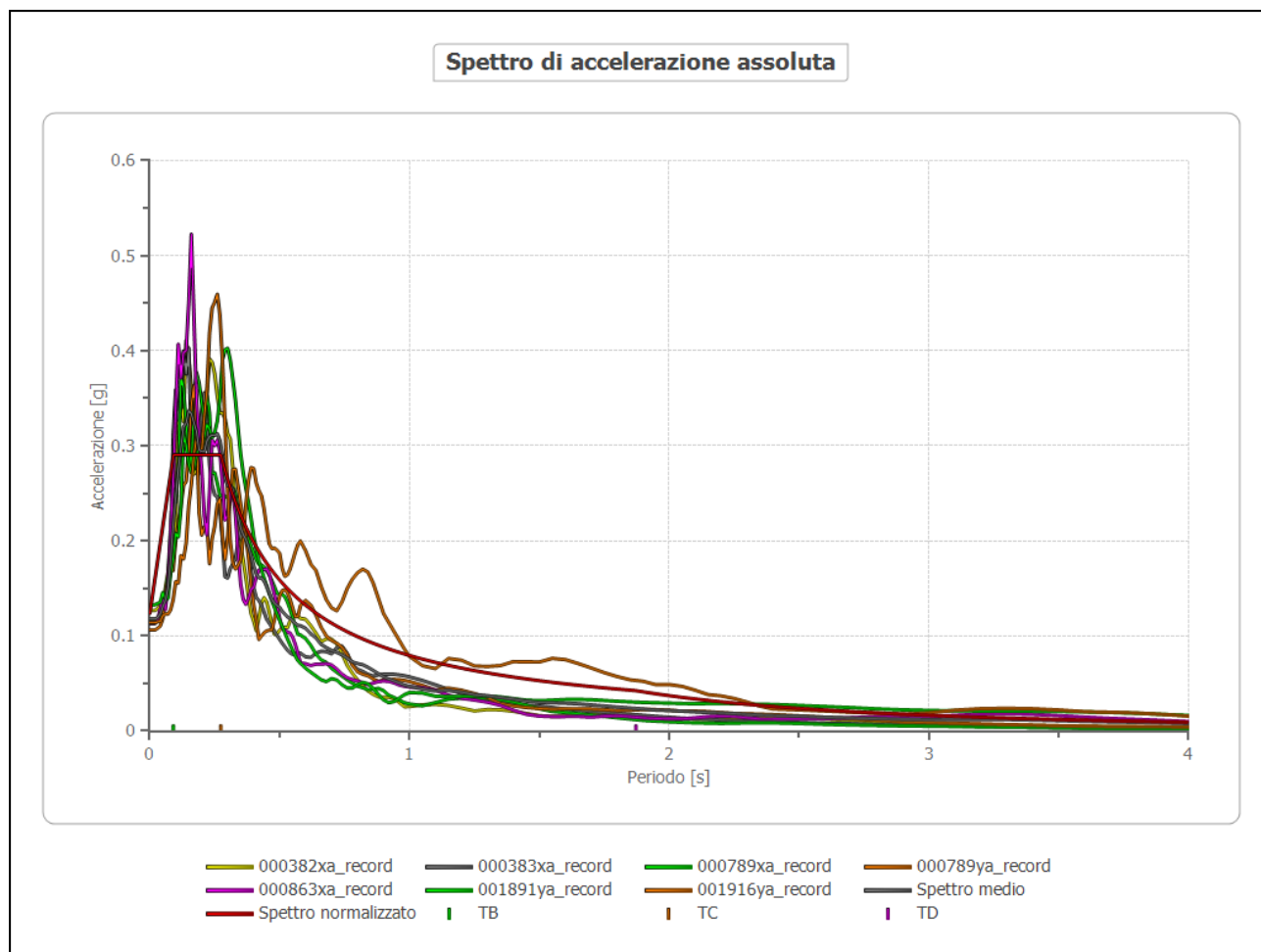


Figura 10.13 - Confronto tra lo spettro di risposta medio ottenuto dai 7 accelerogrammi di input e lo spettro secondo l'approccio semplificato di normativa (NTC, 2008) B (TC in verde) per gli (SLO).

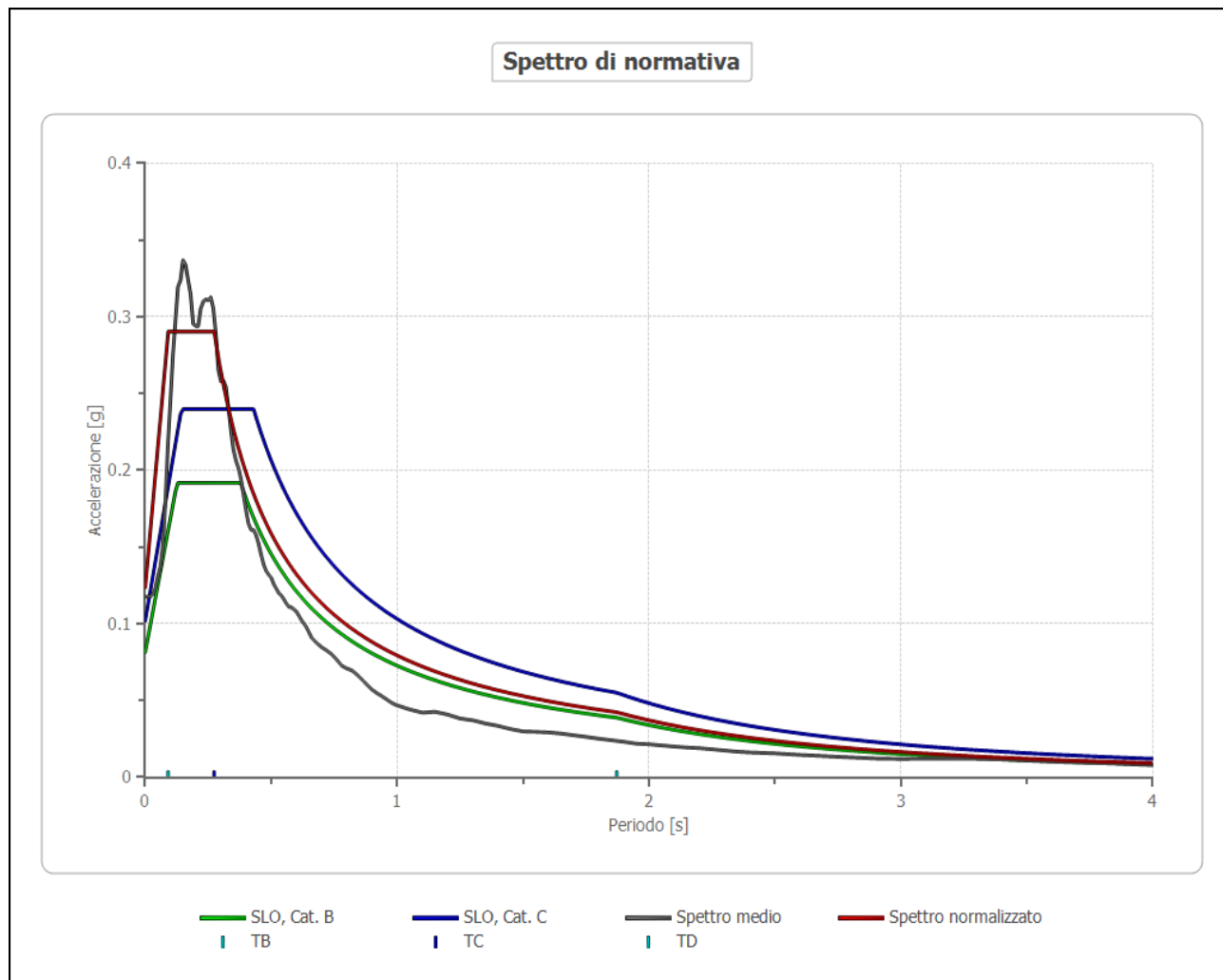


Figura 10.14 - Spettri di risposta ottenuti da 7 accelerogrammi di input e la loro media (rosso) – SLC.

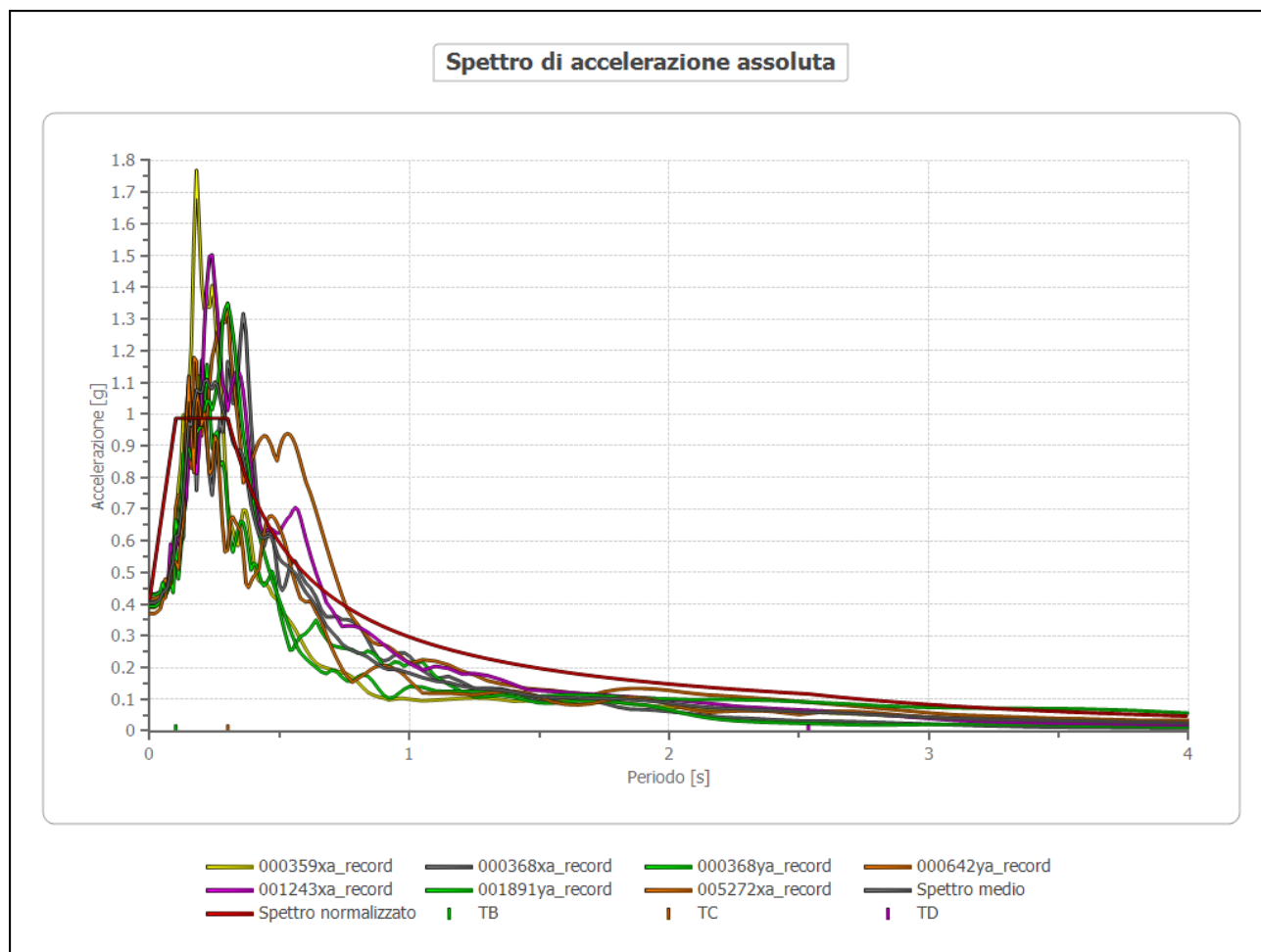


Figura 10.15 - Confronto tra lo spettro di risposta medio ottenuto dai 7 accelerogrammi di input e lo spettro secondo l'approccio semplificato di normativa (NTC, 2008) B (linea verde) per gli (SLC).

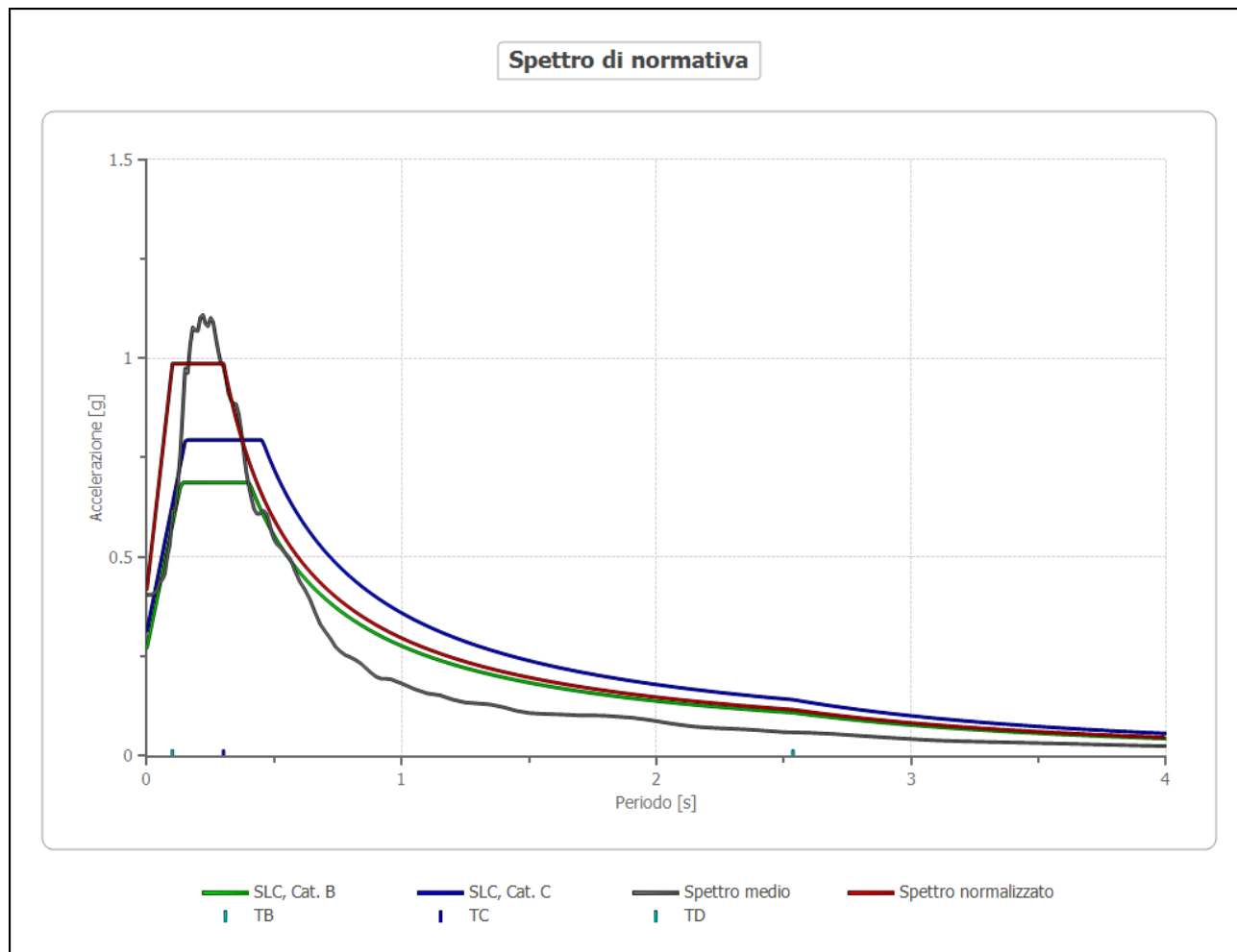


Tabella 10.4 – Spettri di risposta medi calcolati per il sito.

Periodo (s)	Spettro di risposta medio (g) SLV	Spettro di risposta medio (g) SLD	Spettro di risposta medio (g) SLO	Spettro di risposta medio (g) SLC
0.00	0.3384	0.1645	0.1238	0.4199
0.01	0.3978	0.1889	0.1420	0.4764
0.02	0.4572	0.2134	0.1603	0.5329
0.03	0.5167	0.2379	0.1786	0.5894
0.04	0.5761	0.2623	0.1969	0.6459
0.05	0.6355	0.2868	0.2152	0.7024
0.06	0.6950	0.3113	0.2334	0.7589



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

0.07	0.7544	0.3357	0.2517	0.8155
0.08	0.8139	0.3602	0.2700	0.8720
0.09	0.8733	0.3847	0.2883	0.9285
0.10	0.8989	0.3971	0.2904	0.9850
0.11	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.12	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.13	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.14	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.15	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.16	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.17	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.18	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.19	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.20	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.21	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.22	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.23	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.24	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.25	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.26	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.27	0.8989	0.3971	0.2904	0.9864
0.28	0.8989	0.3971	0.2836	0.9864
0.29	0.8770	0.3907	0.2739	0.9864
0.30	0.8478	0.3776	0.2647	0.9864
0.31	0.8204	0.3655	0.2562	0.9569
0.32	0.7948	0.3540	0.2482	0.9270
0.33	0.7707	0.3433	0.2407	0.8989
0.34	0.7480	0.3332	0.2336	0.8725
0.35	0.7267	0.3237	0.2269	0.8476
0.36	0.7065	0.3147	0.2206	0.8240
0.37	0.6874	0.3062	0.2147	0.8018
0.38	0.6693	0.2981	0.2090	0.7807
0.39	0.6521	0.2905	0.2036	0.7606
0.40	0.6358	0.2832	0.1986	0.7416
0.41	0.6203	0.2763	0.1937	0.7235
0.42	0.6056	0.2697	0.1891	0.7063
0.43	0.5915	0.2635	0.1847	0.6899
0.44	0.5780	0.2575	0.1805	0.6742
0.45	0.5652	0.2518	0.1765	0.6592
0.46	0.5529	0.2463	0.1727	0.6449
0.47	0.5411	0.2410	0.1690	0.6312
0.48	0.5299	0.2360	0.1655	0.6180
0.49	0.5190	0.2312	0.1621	0.6054
0.50	0.5087	0.2266	0.1588	0.5933
0.51	0.4987	0.2221	0.1557	0.5817
0.52	0.4891	0.2179	0.1527	0.5705
0.53	0.4799	0.2138	0.1499	0.5597



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

0.54	0.4710	0.2098	0.1471	0.5494
0.55	0.4624	0.2060	0.1444	0.5394
0.56	0.4542	0.2023	0.1418	0.5297
0.57	0.4462	0.1988	0.1393	0.5204
0.58	0.4385	0.1953	0.1369	0.5115
0.60	0.4239	0.1888	0.1324	0.4944
0.62	0.4102	0.1827	0.1281	0.4785
0.64	0.3974	0.1770	0.1241	0.4635
0.66	0.3854	0.1717	0.1203	0.4495
0.68	0.3740	0.1666	0.1168	0.4362
0.70	0.3633	0.1618	0.1135	0.4238
0.72	0.3532	0.1573	0.1103	0.4120
0.74	0.3437	0.1531	0.1073	0.4009
0.76	0.3346	0.1491	0.1045	0.3903
0.78	0.3261	0.1452	0.1018	0.3803
0.80	0.3179	0.1416	0.0993	0.3708
0.82	0.3102	0.1382	0.0969	0.3618
0.84	0.3028	0.1349	0.0945	0.3532
0.86	0.2957	0.1317	0.0924	0.3449
0.88	0.2890	0.1287	0.0903	0.3371
0.90	0.2826	0.1259	0.0882	0.3296
0.92	0.2764	0.1231	0.0863	0.3224
0.94	0.2706	0.1205	0.0845	0.3156
0.96	0.2649	0.1180	0.0827	0.3090
0.98	0.2595	0.1156	0.0810	0.3027
1.00	0.2543	0.1133	0.0794	0.2966
1.05	0.2422	0.1079	0.0756	0.2825
1.10	0.2312	0.1030	0.0722	0.2697
1.15	0.2212	0.0985	0.0691	0.2580
1.20	0.2119	0.0944	0.0662	0.2472
1.25	0.2035	0.0906	0.0635	0.2373
1.30	0.1956	0.0871	0.0611	0.2282
1.35	0.1884	0.0839	0.0588	0.2197
1.40	0.1817	0.0809	0.0567	0.2119
1.45	0.1754	0.0781	0.0548	0.2046
1.50	0.1696	0.0755	0.0529	0.1978
1.55	0.1641	0.0731	0.0512	0.1914
1.60	0.1590	0.0708	0.0496	0.1854
1.65	0.1541	0.0687	0.0481	0.1798
1.70	0.1496	0.0666	0.0467	0.1745
1.75	0.1453	0.0647	0.0454	0.1695
1.80	0.1413	0.0629	0.0441	0.1648
1.85	0.1375	0.0612	0.0429	0.1604
1.90	0.1339	0.0596	0.0418	0.1561
1.95	0.1304	0.0581	0.0407	0.1521
2.00	0.1272	0.0566	0.0397	0.1483
2.05	0.1241	0.0553	0.0387	0.1447



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

2.10	0.1211	0.0539	0.0378	0.1413
2.15	0.1183	0.0527	0.0369	0.1380
2.20	0.1156	0.0515	0.0361	0.1348
2.25	0.1130	0.0504	0.0353	0.1318
2.30	0.1106	0.0493	0.0345	0.1290
2.35	0.1082	0.0482	0.0338	0.1262
2.40	0.1060	0.0472	0.0331	0.1236
2.50	0.1017	0.0453	0.0318	0.1187
2.60	0.0978	0.0436	0.0305	0.1141
2.70	0.0942	0.0420	0.0294	0.1099
2.80	0.0908	0.0405	0.0284	0.1059
2.90	0.0877	0.0391	0.0274	0.1023
3.00	0.0848	0.0378	0.0265	0.0989
3.10	0.0820	0.0365	0.0256	0.0957
3.20	0.0795	0.0354	0.0248	0.0927
3.30	0.0771	0.0343	0.0241	0.0899
3.40	0.0748	0.0333	0.0234	0.0872
3.50	0.0727	0.0324	0.0227	0.0848
3.60	0.0706	0.0315	0.0221	0.0824
3.70	0.0687	0.0306	0.0215	0.0802
3.80	0.0669	0.0298	0.0209	0.0781
3.90	0.0652	0.0290	0.0204	0.0761
4.00	0.0636	0.0283	0.0199	0.0742



11. CONCLUSIONI

Il presente studio ha consentito di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geomeccaniche e sismiche dell'area d'intervento.

Lo studio è stato basato sia su dati di letteratura che su dati sperimentali, confermati da un rilevamento geologico-tecnico di campagna.

Dal suddetto studio è emerso quanto segue:

- Dal punto di vista morfologico l'area in esame si inserisce sul versante sud occidentale della struttura vulcanica del Lago di Albano, presentando una morfologia poco acclive con una pendenza inferiori ai 5°. Le quote topografiche medie sono comprese fra i 240 ed i 245 m s.l.m. Il drenaggio superficiale dell'area è garantito dalla presenza di impluvi naturali, i quali hanno un recapito finale nel Fosso Grande. Dall'analisi dei dati bibliografici non sono stati riscontrati dissesti morfologici in atto;
- Dal punto di vista geologico l'area d'intervento risulta essere caratterizzata dall'affioramento dei depositi piroclastici dell'UNITA' DI ARICCIA, che è costituita da un deposito piroclastico composto da alternanze di livelli cineritici e lapillosi con stratificazione incrociata e piano parallela, passanti verso l'alto a deposito caotico e massivo. Tali piroclastiti si riscontrano anche a profondità che vanno ben oltre la quota di imposta delle fondazioni del fabbricato in esame.
- Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame rientra nel *Complesso idrogeologico delle piroclastiti*, costituito complessivamente da buona permeabilità e capacità di immagazzinamento a livello regionale, ma a livello locale l'area d'intervento si imposta su piroclastiti con permeabilità medio-bassa.
Si stima la presenza di una falda basale ad una profondità dal p.c. di circa 45 m. Sopra la falda basale si possono rinvenire falde sospese generalmente di limitata estensione.
- In relazione alla pericolosità geomorfologica, nell'area d'interesse non sono stati riscontrati dissesti in atto, come evidenziato nel data base dell'IFFI e dagli elaborati del PAI.
- Dal punto di vista geotecnico, nell'area d'imposta delle fondazione del fabbricato in esame, si evidenzia la presenza di tre strati, in continuità stratigrafica, aventi diverse caratteristiche fisico-meccaniche.

- Strato-1: è costituito da terreno di riporto limoso sabbioso moderatamente addensato e con scadenti caratteristiche fisico-meccaniche. Nel punto d'indagine si presenta con uno spessore compreso tra 2,0-2,5 m misurati a partire dal p.c.;
- Strato-2: è costituito da un terreno limoso sabbioso poco addensato e con discrete caratteristiche fisico-meccaniche. Nel punto d'indagine si presenta con uno spessore di circa 3,5 m e si riscontra ad una profondità compresa tra 2,5-5,8 m a partire dal p.c.;
- Strato-3: è costituito da un terreno prevalentemente sabbioso molto addensato e con buone caratteristiche fisico-meccaniche. Questo si riscontra in continuità con lo strato superiore almeno fino alla profondità massima raggiunta dal sondaggio, ossia 10,0 m misurati a partire dal p.c.

Tabella 11.1 - Parametri geotecnici dei terreni presenti nell'area d'imposta del fabbricato.

Strato	Descrizione	Densità relativa D_r (%)	Coesione c_u (Kg/cm ²)	Angolo di attrito ϕ (°)	Modulo edometrico E_{ed} (Kg/cm ²)
Stato-1	Riporto	30	-	25	120
Stato-2	Piroclastite	30	0,8	28	120
Stato-3	Piroclastite	45	1,0	32	696

- Dal punto di vista della classificazione sismica si rileva che il territorio comunale di Albano Laziale ricade in una zona con livello di rischio sismico 2B.

Cod_Istat	Regione	Provincia	Comune	Nuova Zona sismica DGR 387/09 e DGR 835/09	Sottozona sismica DGR 387/09 e DGR 835/09
12058003	Lazio	Roma	Albano Laziale	2	B

- Le indagini condotte in merito alla valutazione dei microtremori, hanno evidenziato una frequenza di amplificazione sismica al suolo compresa tra 13.6-14.0 Hz.



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002

www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

Vengono di seguito sintetizzati i parametri caratteristici del sito d'intervento:

Regione	Lazio
Comune di riferimento	Albano Laziale
Zona sismica	2B
Categoria suolo	B
Categoria topografica	T1
Coordinate	41°41'41.23"N - 12°39'8.98"E



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002
www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

Roma, 1 settembre 2016

Geol. Marco Fiocco





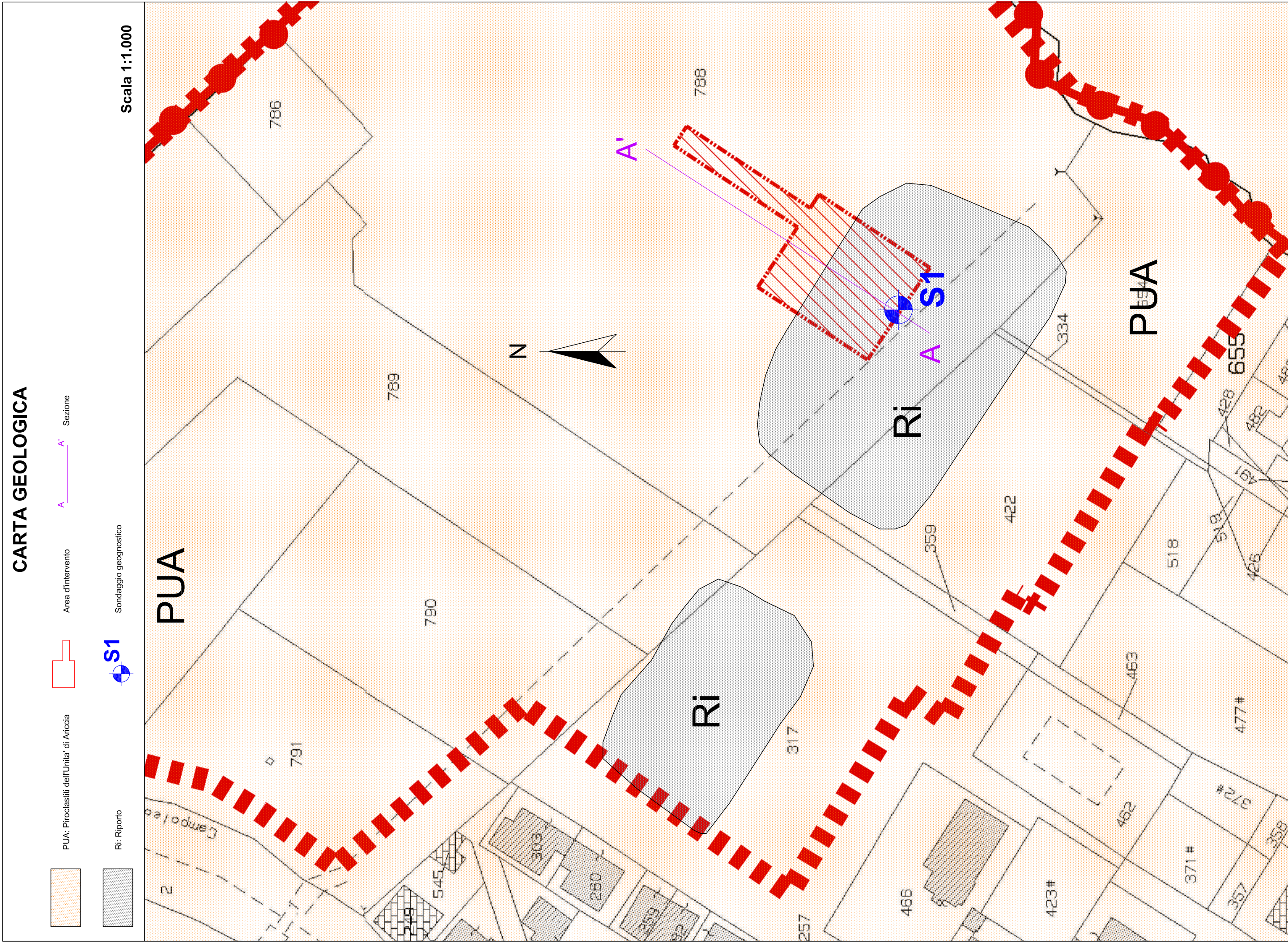
STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002
www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

ALLEGATO 1

Carta geologica





STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002
www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

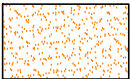
ALLEGATO 2

Sezione geologica

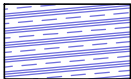
SEZIONE GEOLOGICA



Ri: Riporto



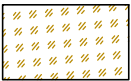
PUA: Piroclastiti dell'Unità di Ariccia.
Sabbia limosa grigia con livelli cementati
(piroclastite)



Argilla limosa



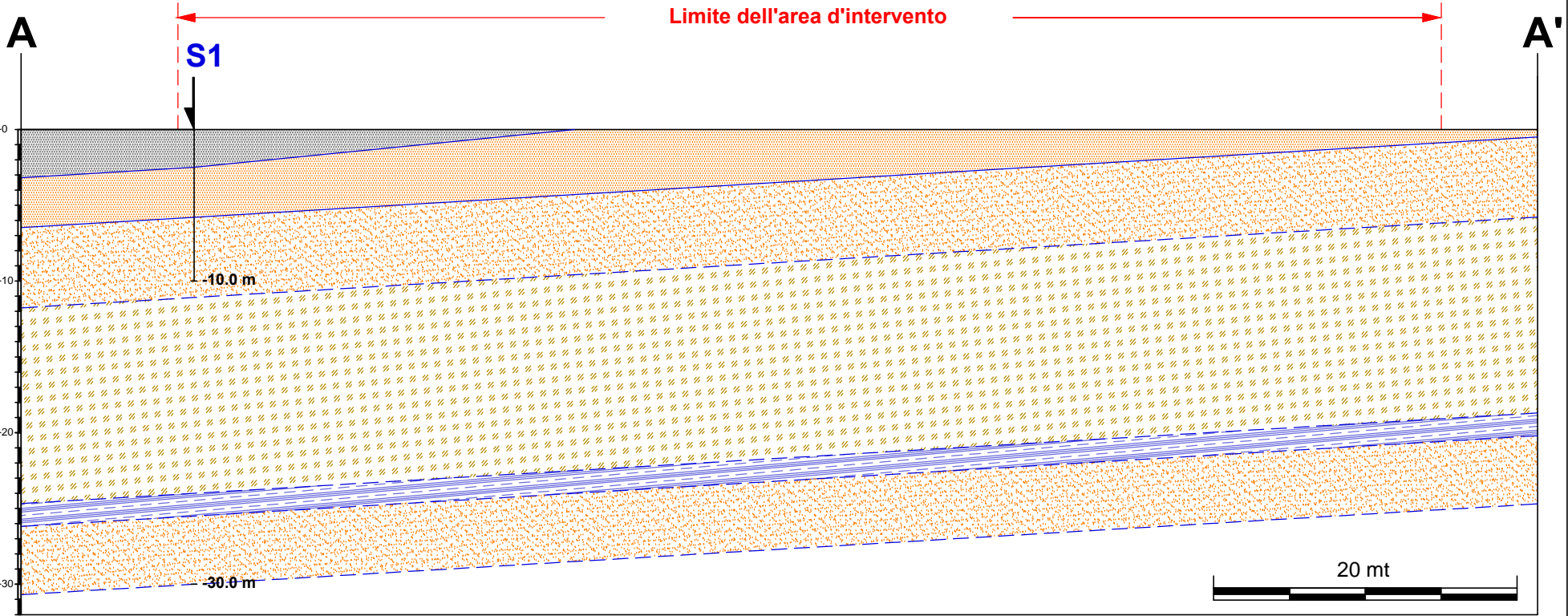
PUA: Piroclastiti dell'Unità di Ariccia.
limo sabbioso marrone (piroclastite)



PUA: Piroclastiti dell'Unità di Ariccia.
Peperino litoide contenente livelli sabbiosi

S1

Sondaggio geognostico





STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002
www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

ALLEGATO 3

Documentazione indagini *in situ* – “indagini nuove”

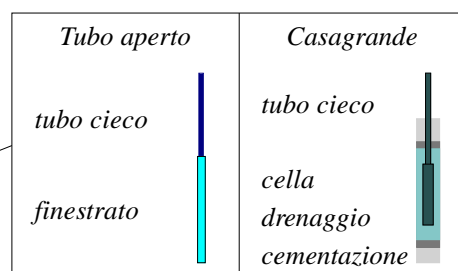


Certificato n° 258 del 01/09/2016	Acceptance note n° 63 del 14/10/2015	Commessa: 00105
Committente: Ing. Roberto Felli		Sondaggio: S1
Riferimento: Albano Laziale - loc. Cecchina - Palestra		Data: 26/10/2015
Coordinate: 41°41'41.23"N - 12°39'8.98"E		Quota: 240
Perforazione: Carotaggio continuo		

LEGENDA STRATIGRAFIA

ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT



Certificato n° 258 del 01/09/2016

Acceptance note n° 63 del 14/10/2015

Commessa: 00105

Committente: Ing. Roberto Felli

Sondaggio: S1

Riferimento: Albano Laziale - loc. Cecchina - Palestra

Data: 26/10/2015

Coordinate: 41°41'41.23"N - 12°39'8.98"E

Quota: 240

Perforazione: Carotaggio continuo

SCALA 1 :50

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T. batt.	N			
					1										Terreno di riporto costituito da limo sabbioso di colore marrone, umido, moderatamente addensato. Presenza di pirosseni, scorie grigio chiaro, grigio scuro e ocra, placche ossidate di color ocra.
					2										
					3						1-9-13	22		2.5	Piroclastite costituita da limo sabbioso di colore marrone ocra, umido, moderatamente addensato. Presenza di piccoli livelletti cineritici di colore grigio chiaro, inclusi scoriacei grigi e rosso mattone, pirosseni, biotite e analcime.
					4									4.0	
														4.3	Livello cineritico di colore grigio chiaro. Presenza di pirosseni.
					5						7-10-10	20		5.0	Piroclastite costituita da limo sabbioso di colore marrone-marrone grigiastro, moderatamente addensato. Presenza di inclusi scoriacei di colore grigio e rosso mattone.
					6						50/2cm	Rif		5.8	Piroclastite tufacea di colore marrone grigio, costituita da sabbia limosa, umida, addensata. Presenza di pirosseni, biotite, scoriette di colore grigio chiaro e rosso mattone.
					7										
					8						50/3cm	Rif			Sabbia grossolana in matrice limosa di colore grigio, molto addensata e a tratti cementata (livelli semi-litoidi) Presenza di pirosseni, analcime, inclusi calcarei. Tra 8.2-8.7 livello semi-litoide Tra 9.4-9.5 livello semi-litoide
					9										
101					10									10.0	

Il Responsabile di sito
Geol. Marco Fiocco

Il Direttore
Geol. Norman Abballe



Cassetta n° 1 - profondità da m 0.00 a m 5.00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5.00 a m 10.00



Postazione Sonda Hydra Joy 3

1. DETERMINAZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO PROSPEZIONI SISMICHE MASW

Nell'area oggetto di studio al fine di classificare sismicamente il suolo, ossia definire la categoria di sottosuolo secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008 – Allegato C Regolamento Regionale n. 2 /2012), sono state effettuate due prospezioni sismiche di tipo attivo M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves* ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali) (fig. 1 e foto 1).

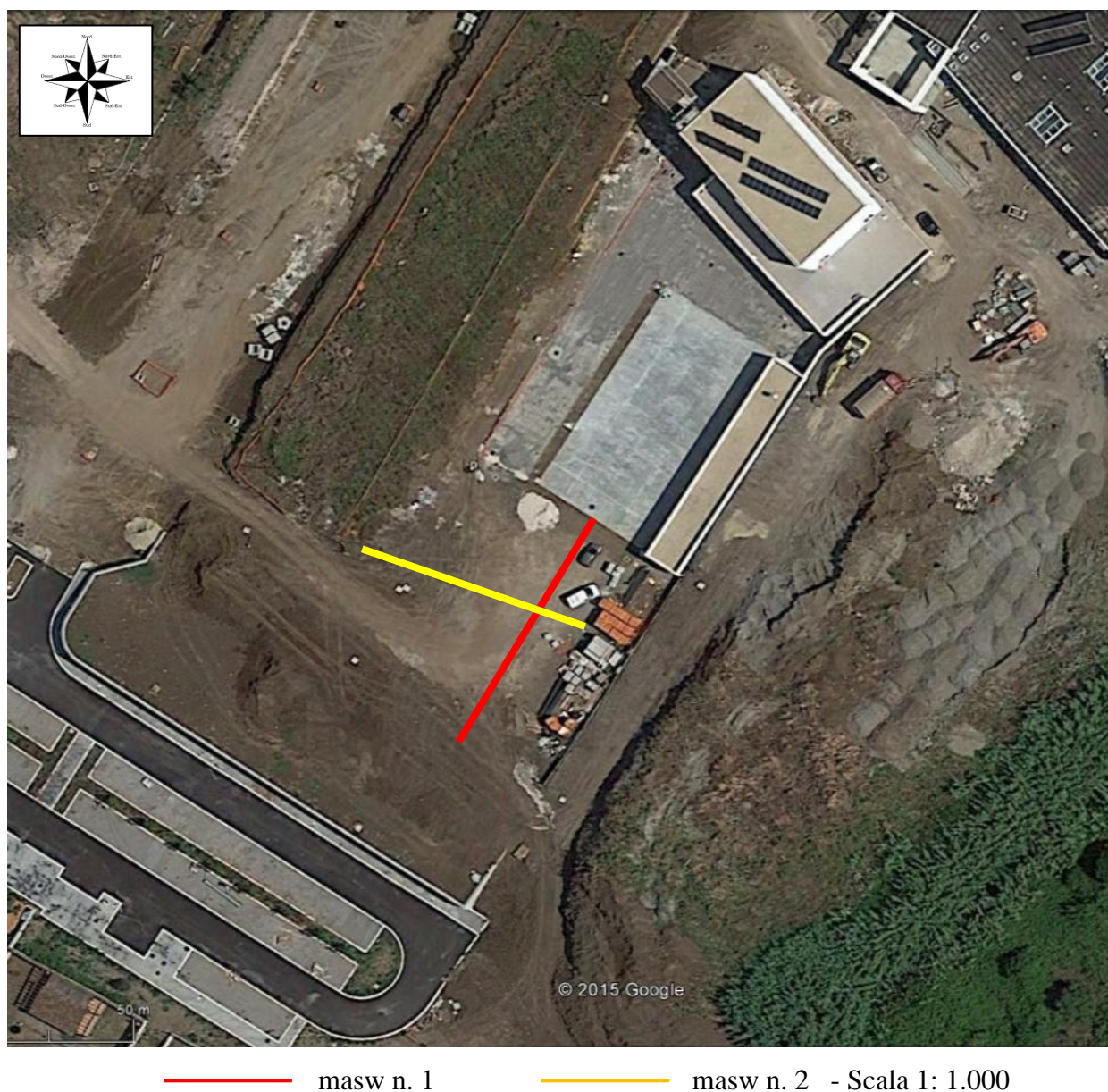


Fig 1 – Immagine satellitare con ubicazione delle prove sismiche masw effettuate



Foto 2 – Vista della preparazione degli array sismici

1.1 CENNI TEORICI SUL METODO MASW

Lo scopo della prova MASW consiste nel determinare il profilo di rigidezza del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie e un successivo processo di inversione, attraverso il quale viene fornita una stima indiretta della distribuzione delle V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio).

La prova si applica quando la profondità delle coperture da esplorare è compresa tra i 10 e i 50 m, presentando una maggiore attendibilità per profondità indagate inferiori ai 20 m. Si rende necessaria soprattutto quando interessano dati medi relativi ad ampi volumi di terreno e quando i risultati da ottenere devono essere di qualità e precisione buone.

Per l'esecuzione della prova è necessaria una superficie pianeggiante più o meno ampia in relazione alla profondità di indagine.

Si suppone che il volume di terreno interessato dalle indagini sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno si possa considerare elastico, omogeneo e isotropo.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze,

opportunamente regolabile e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di rigidezza può scomporsi in due fasi fondamentali:

- ✓ deduzione della curva di dispersione (velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza) caratteristica del sito in esame;
- ✓ processo di inversione, finalizzato a ottenere partendo dalla curva suddetta una stima del profilo di rigidezza a essa associato.

Ai fini di questa prova, di tutte le componenti di moto prodotte nel terreno dalla sorgente, interessano quelle che si trasmettono lungo la superficie (onde superficiali) e di queste quelle di Rayleigh, polarizzate sul piano verticale e caratterizzate da componenti sia longitudinali sia trasversali.

Tali onde si propagano lungo fronti d'onda cilindrici, coassiali rispetto alla sorgente, con attenuazione proporzionale all'inverso della radice di r (dove r è la distanza dalla sorgente) inferiore all'attenuazione delle onde di volume (proporzionale invece a $1/r$) e perciò già a distanze non molto grandi le onde di superficie tendono a prevalere nettamente su quelle di volume (fig. 2).

La componente verticale del moto indotta dalle onde di Rayleigh è predominante su quella orizzontale e si attenua con la profondità rapidamente fino a diventare insignificante a una quota di poco superiore alla lunghezza d'onda λ della sollecitazione indotta. Perciò per indagare profondità sempre maggiori e ricavare la velocità caratteristica delle onde di Rayleigh è opportuno aumentare progressivamente la lunghezza d'onda della sollecitazione prodotta dalla sorgente, costruendo così una curva in cui sia riportata al variare della lunghezza d'onda λ , e quindi della profondità investigata, la velocità delle onde di Rayleigh calcolata (curva di dispersione). La velocità V_R risulta sperimentalmente assai prossima a quella delle onde di taglio V_S (variando in funzione del coefficiente di Poisson tra 0.86 e 0.95), tramite la quale si possono ricavare le caratteristiche meccaniche del terreno per mezzo delle relazioni precedentemente citate.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone di un *sistema sorgente* - *sistema di ricezione* - *sistema di acquisizione dati* (fig. 4).

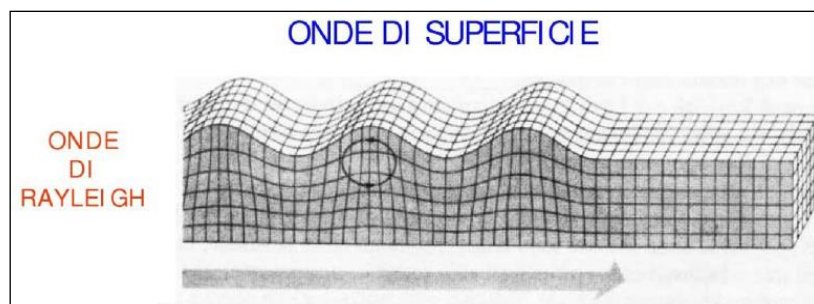


Fig. 2 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

1.2 Strumentazione adottata

L'analisi delle onde superficiali è stata effettuata utilizzando un sismografo a trasmissione digitale (DoReMi) di concezione totalmente nuova, progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali (Re.Mi. - M.A.S.W. - S.A.S.W. – SPAC - ESAC).

Il DoReMi (fig. 3) è composto da un cavo di trasmissione digitale dati lungo il quale sono disposti i moduli di amplificazione/digitalizzazione collegati ai sensori (comunemente geofoni). Il sistema si connette ad un PC portatile per l'impostazione dei parametri di acquisizione, per il salvataggio dei dati e la loro preanalisi (fig. 4).

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza sono stati utilizzati geofoni orizzontali da 4.5 Hz (tipo Geospace).

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico (fig. 4); quando la battuta sulla superficie della piastra non risultava netta o veniva colpita due volte erroneamente, la prova veniva ripetuta. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking*).



Fig. 3 – Sismografo a trasmissione digitale DoReMi.

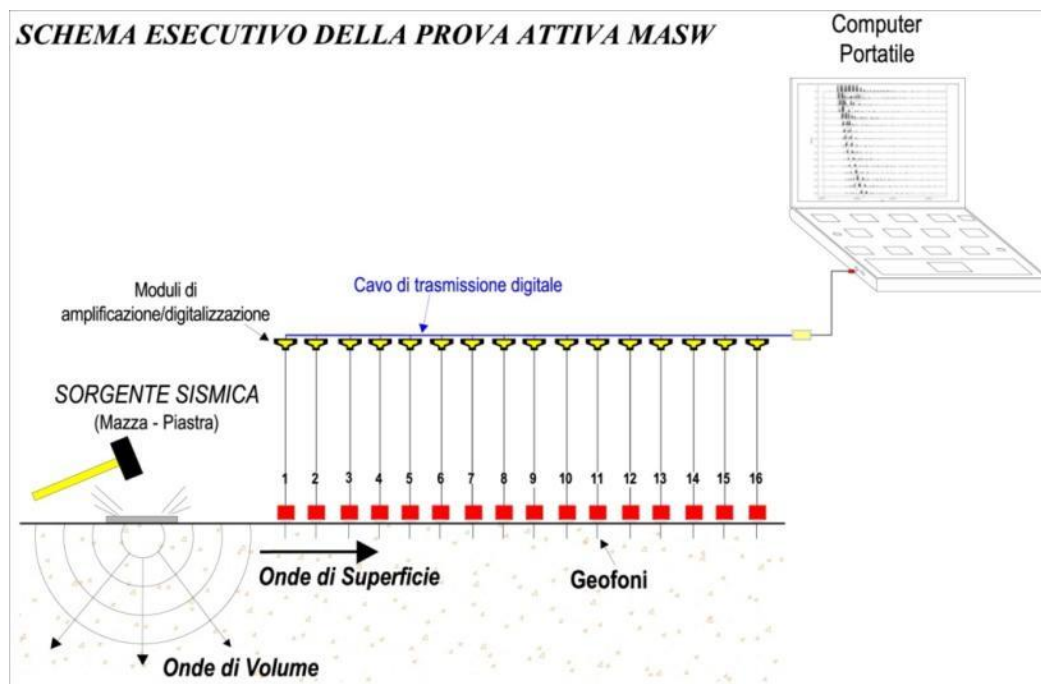


Fig. 4 – Schema esecutivo della prova attiva Masw eseguita.

1.3 Schema Array sismico

Le prospezioni sismiche masw sono state eseguite con stendimenti geofonici di 33 m, disposti sul terreno secondo n. 2 array lineari costituiti da 16 geofoni con interasse pari a 2,0 m. La sorgente è stata posta ad una distanza di 3,0 m dal primo geofono (Fig. 5).

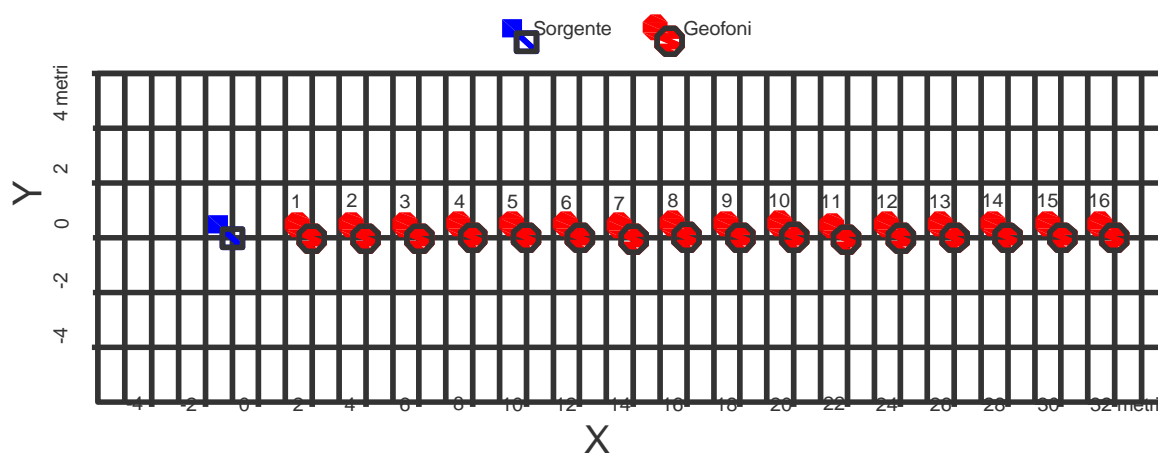


Fig. 5 – Schema array sismici

5.4 Acquisizione ed elaborazione dati

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante il software DoReMi V.1.1.45 della Sara electronic instruments S.r.L. che è lo strumento che permette di impostare i parametri di acquisizione, di visualizzare i tracciati e di effettuarne una prima analisi.

Le impostazioni dei parametri di acquisizione degli *array* in oggetto sono:

Settaggio Gain = 30 db

Frequenza di campionamento = 500 Hz

Durata totale di acquisizione del segnale = 2 secondi

Successivamente è stato creato un'Average di tutte le energizzazioni effettuate scegliendo le migliori (fig. 6, 7).

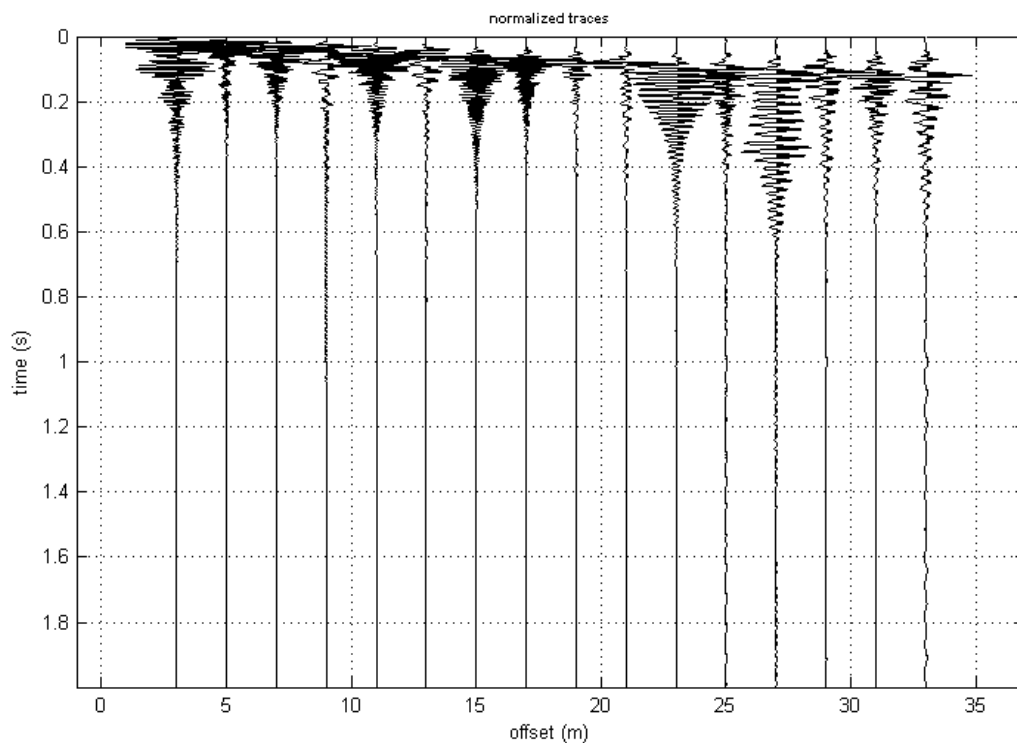


Fig. 6 – Sismogramma relativo all'indagine Sismica MASW n.1

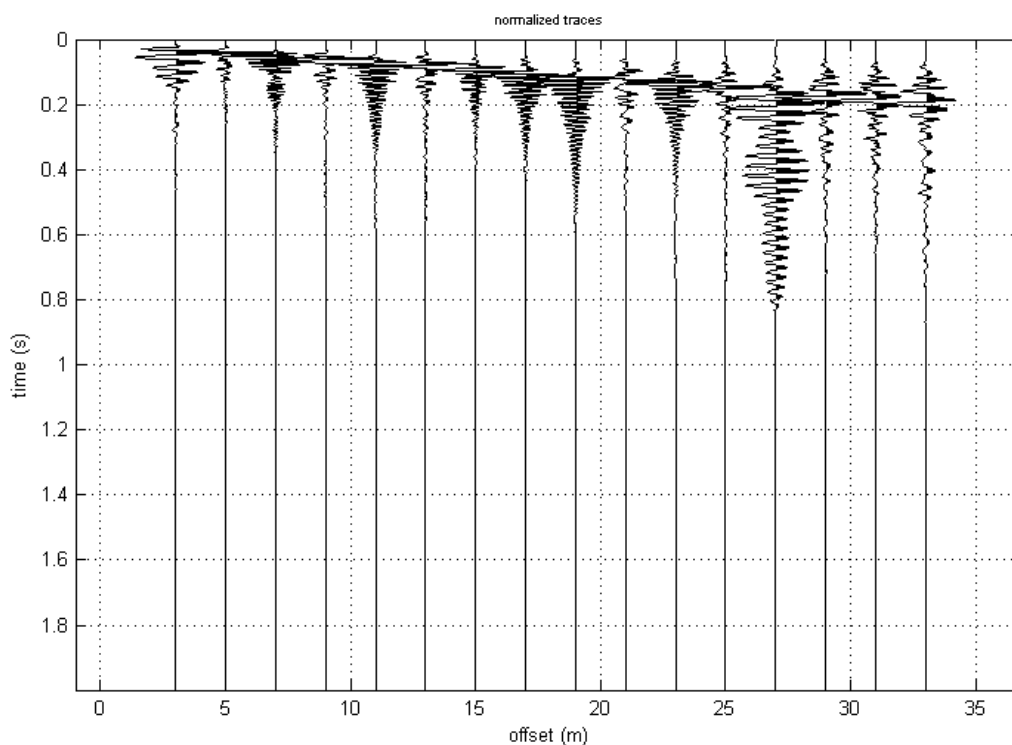


Fig. 7 – Sismogramma relativo all’indagine Sismica MASW n.2

I dati *MASW* sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s). I dati sperimentali, acquisiti e pre-elaborati sono stati importati nel programma WinMasw 5.0 (Eliosoft), il quale permette l’archiviazione dei tracciati acquisiti con DoReMi e contiene un modulo per il calcolo degli spettri di velocità di fase delle onde di superficie e la modellazione di curve di dispersione teoriche nel modo fondamentale e superiori. L’analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “*phase velocity-frequency*” che analizza l’energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica (fig. 8, 9).

Nell’immagine seguente è possibile distinguere il “modo fondamentale” delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Sullo *phase velocity spectra* ottenuto è stato eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (fig. 8, 9). Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma velocità di fase - frequenza per l’analisi della curva di dispersione e l’ottimizzazione di un modello interpretativo.

In particolare, l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s viene ottenuto modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali (fig. 8, 9).

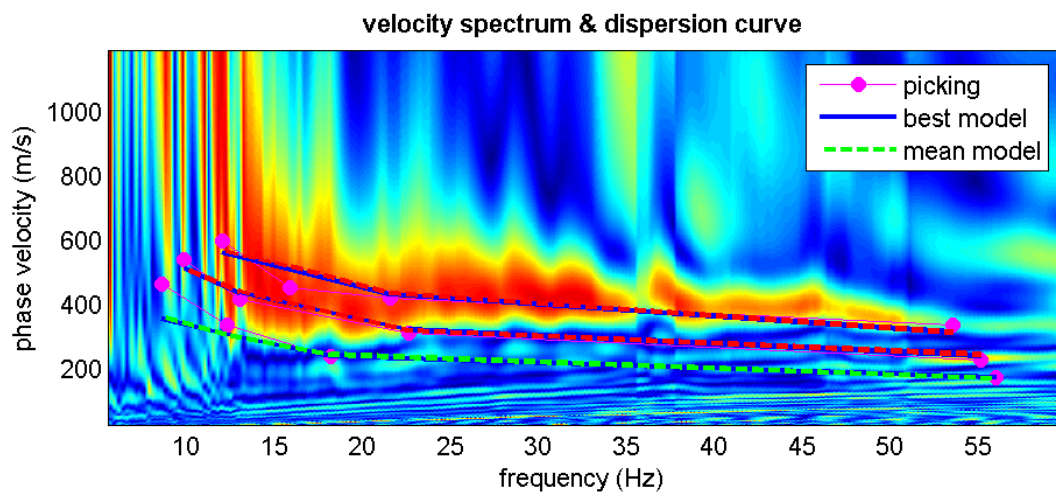


Fig. 8 - Phase velocity spectra con picking ottenuto dalla masw n. 1.

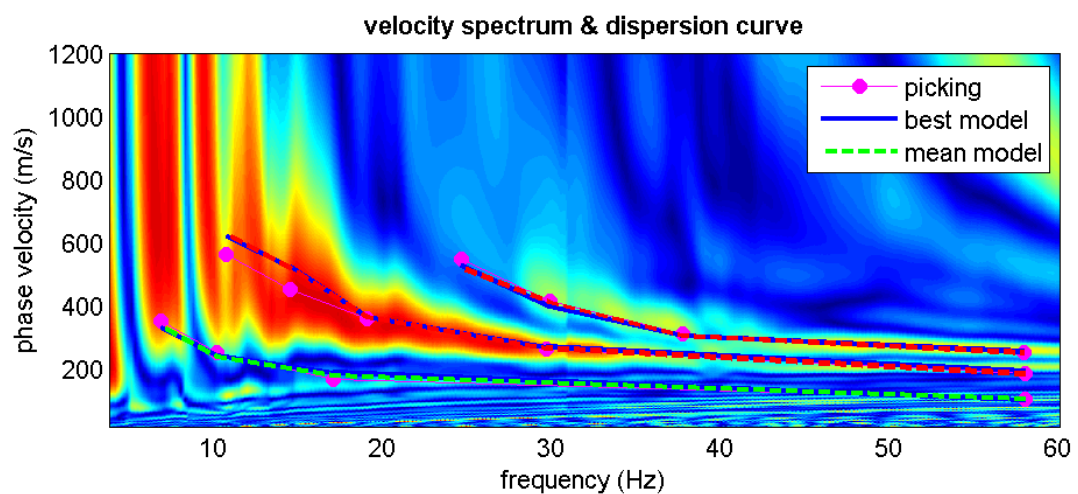


Fig. 9 - Phase velocity spectra con picking ottenuto dalla masw n. 2.

L'analisi del *phase velocity spectra* consente di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (tab. 1 fig. 10, tab. 2 fig. 11), rappresentativo dell'area investigata.

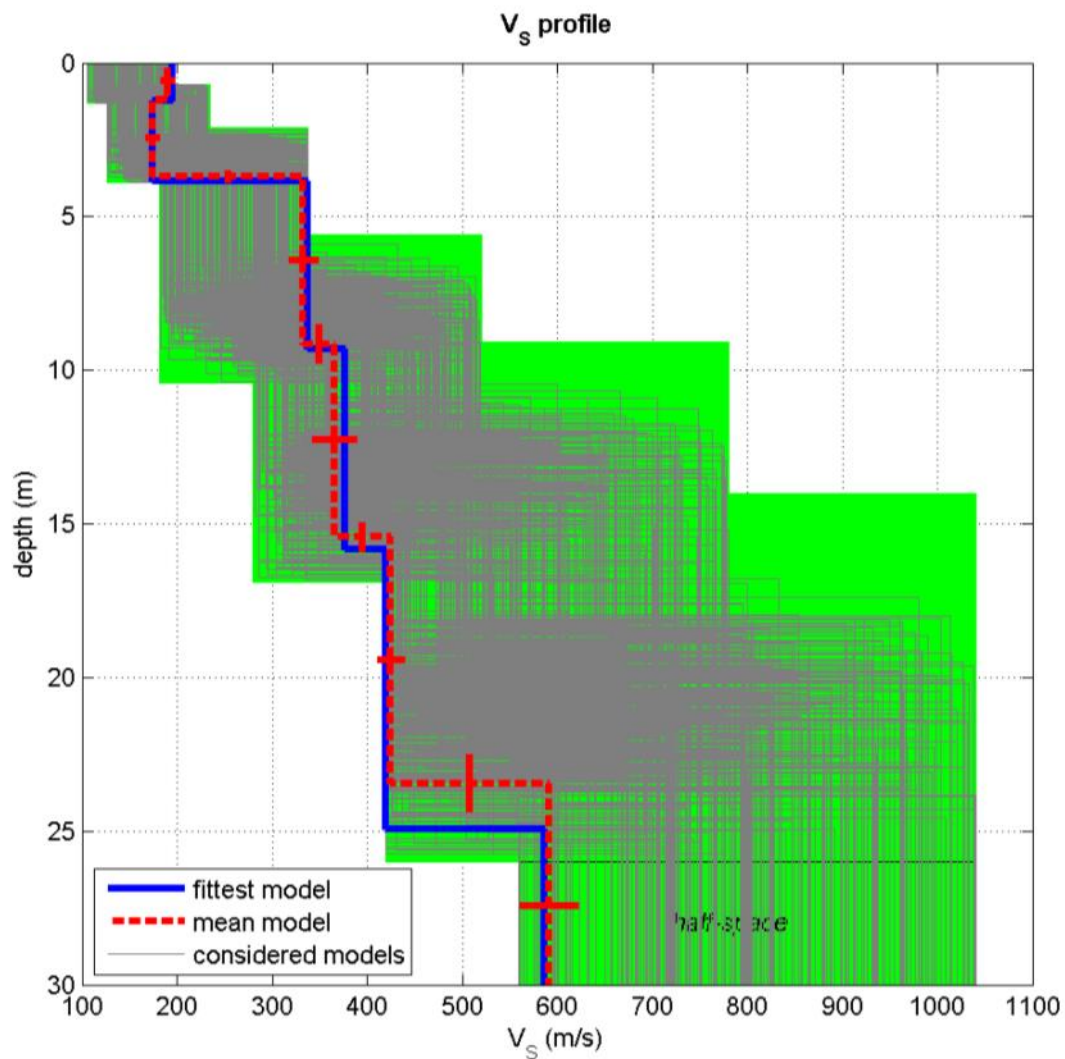


Fig. 10 - Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali masw n. 1.

Tab.1 - MODELLO MEDIO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE – masw n. 1

Strato	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1	1.2	1.2	190
2	3.7	2.5	174
3	9.2	5.5	333
4	15.5	6.3	366
5	23.5	8.0	425
6	inf.	inf.	591

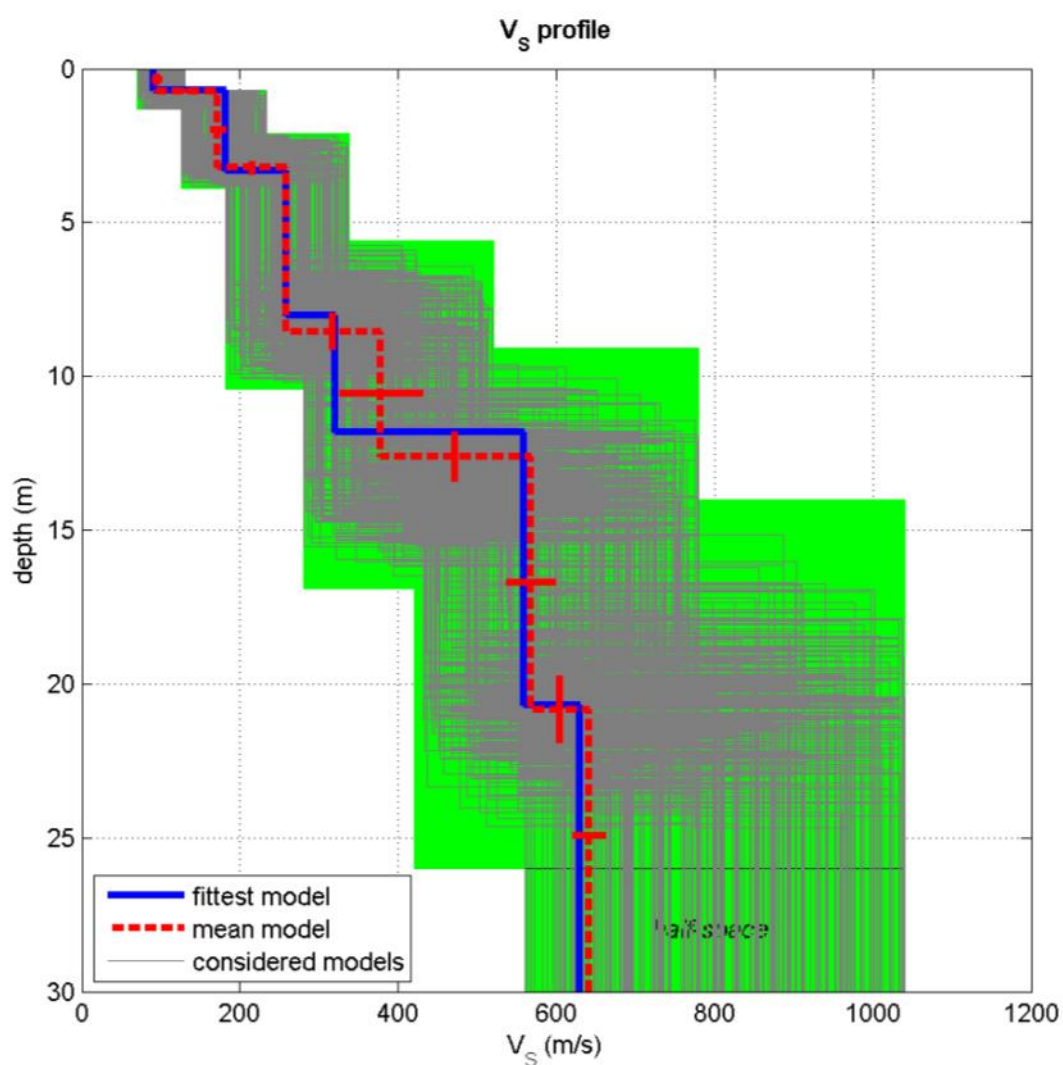


Fig. 11 - Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali masw n. 2.

Tab.2 - MODELLO MEDIO DI VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE – masw n. 2

Strato	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1	0.7	0.7	95
2	3.2	2.5	172
3	8.5	5.3	258
4	12.6	4.1	378
5	20.8	8.2	567
6	inf.	inf.	641

A partire dal modello sismico monodimensionale, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità dal piano di posa della fondazione.

Per il calcolo delle Vs₃₀ si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“*Norme tecniche per le costruzioni*”):

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

Dove:

h_i è lo spessore dello strato i-esimo

V_i è la velocità dello strato i-esimo

Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori:

Vs30 e categoria di sottosuolo				
Profondità piano fondazione (in metri)	Vs30 masw 1 (m/s)	Vs30 masw 2 (m/s)	Media mw1/mw2	Categoria di sottosuolo (D.M. 14.01.2008)
0	356	365	360	B
1	372	402	387	B
2	391	427	409	B
3	413	454	433	B
4	432	474	453	B
5	440	492	466	B

Substrato sismico (Vs30 > 800 m/s) > 30 metri di profondità

a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo B**.

CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	
Categoria	Descrizione
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

MISURE TROMOGRAFICHE HVSR

1. CENNI SULLA TIPOLOGIA D'INDAGINE

Nel presente lavoro sono riportati i risultati di un indagine geologica-tecnica commissionata per individuare le caratteristiche geostratigrafiche e geotecniche del terreno; in tale lotto sono state eseguite le misure tromografiche (tecnica HVSR) denominata 1-2. Le basi teoriche della tecnica HVSR si basano sul rumore sismico ambientale (CASTELLARO *et alii*, 2005) che, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche *microtremore* in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ($10-15 \text{ [m/s}^2\text{]}^2$ in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in fig. 1, dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda.

A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

Il metodo in questione fu reso popolare principalmente da NAKAMURA (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale ed è ampiamente riconosciuto che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli, informazione che è comunque di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato di terreno N relativa alle onde S è:

$$f_r = V_s / 4 h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati. Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per

- a) il contenuto in frequenza,
- b) la risposta strumentale
- c) l'ampiezza del segnale

quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

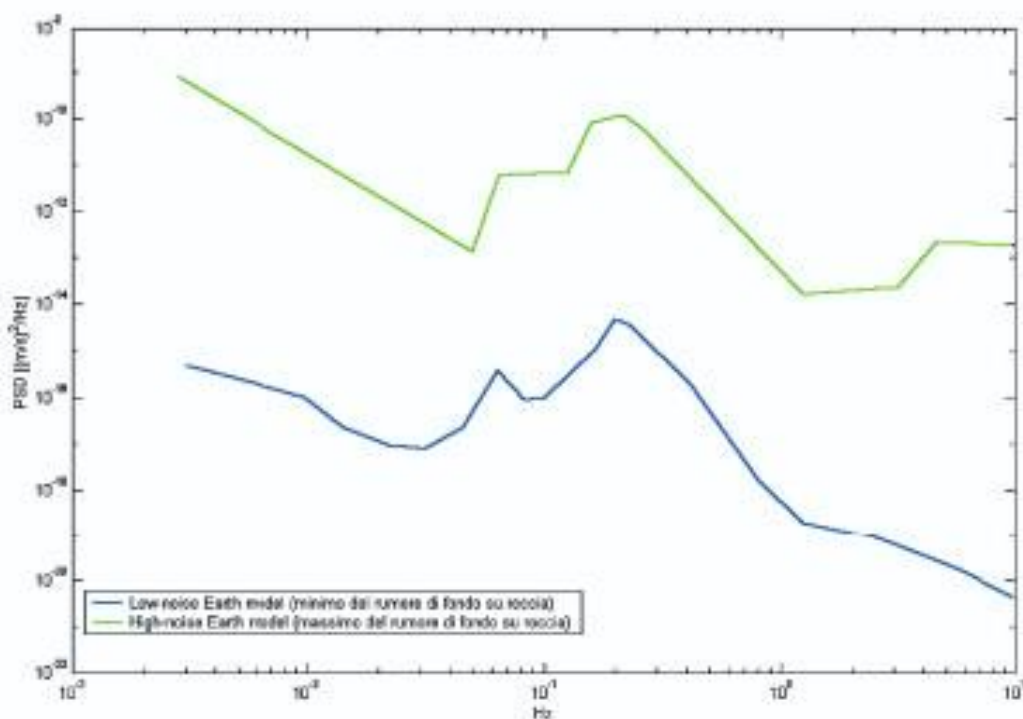


Fig. 1 - Spettro del rumore sismico (in termini di velocità, componente verticale del moto) minimo e massimo secondo i modelli standard del servizio geologico USA (USGS) (J. Peterson, Observations and modelling of background seismic noise, Open-file report 93-322, USGS, 1993).

Quindi, l'applicazione di questa tecnica è tipica e molto efficace nel caso geologico di coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi (IBS-VON SEHT & WOHLBERG, 1999).

Tutte le registrazioni dei microtremitri presentate in questo studio sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO che è uno strumento progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Si tratta di un apparecchio portatile compatto di circa 10 x 7 x 14 cm e 1 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza alcun cavo esterno (fig. 2).

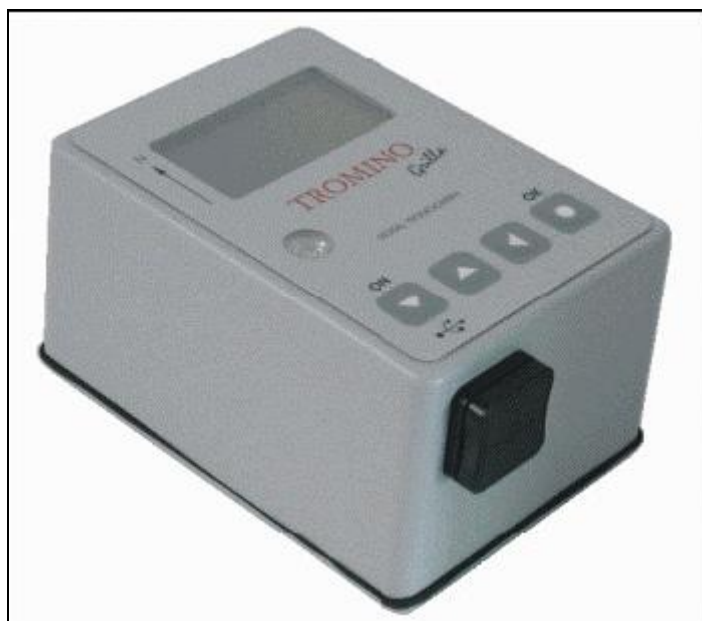


Fig. 2 – Vista del tromografo digitale TROMINO

I risultati di ciascuna analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti col software Grilla in dotazione a Tromino. In sintesi, il segnale dei velocimetri è acquisito in ciascun sito per un tempo t (20 min), e digitalizzato a 24 bit.

Il software Grilla, per ciascuna delle 3 componenti del moto:

1. divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 30 s),
2. elimina il trend da ciascuna finestra,
3. ne fa il “taper” con una finestra Bartlett,
4. fa il “pad” di ciascuna finestra con degli zero,
5. calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra,
6. calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra,
7. liscia lo spettro di ogni finestra secondo la funzione di lisciamiento f ,

e calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra. Per produrre l'HVSR finale le componenti orizzontali sono mediate tra loro con la media quadratica e vengono poi divise per la componente verticale.

Tutti i grafici presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con lisciamento secondo finestre triangolari con ampiezza pari al 5% della frequenza centrale.

2. REPORT DELLE ANALISI EFFETTUATE

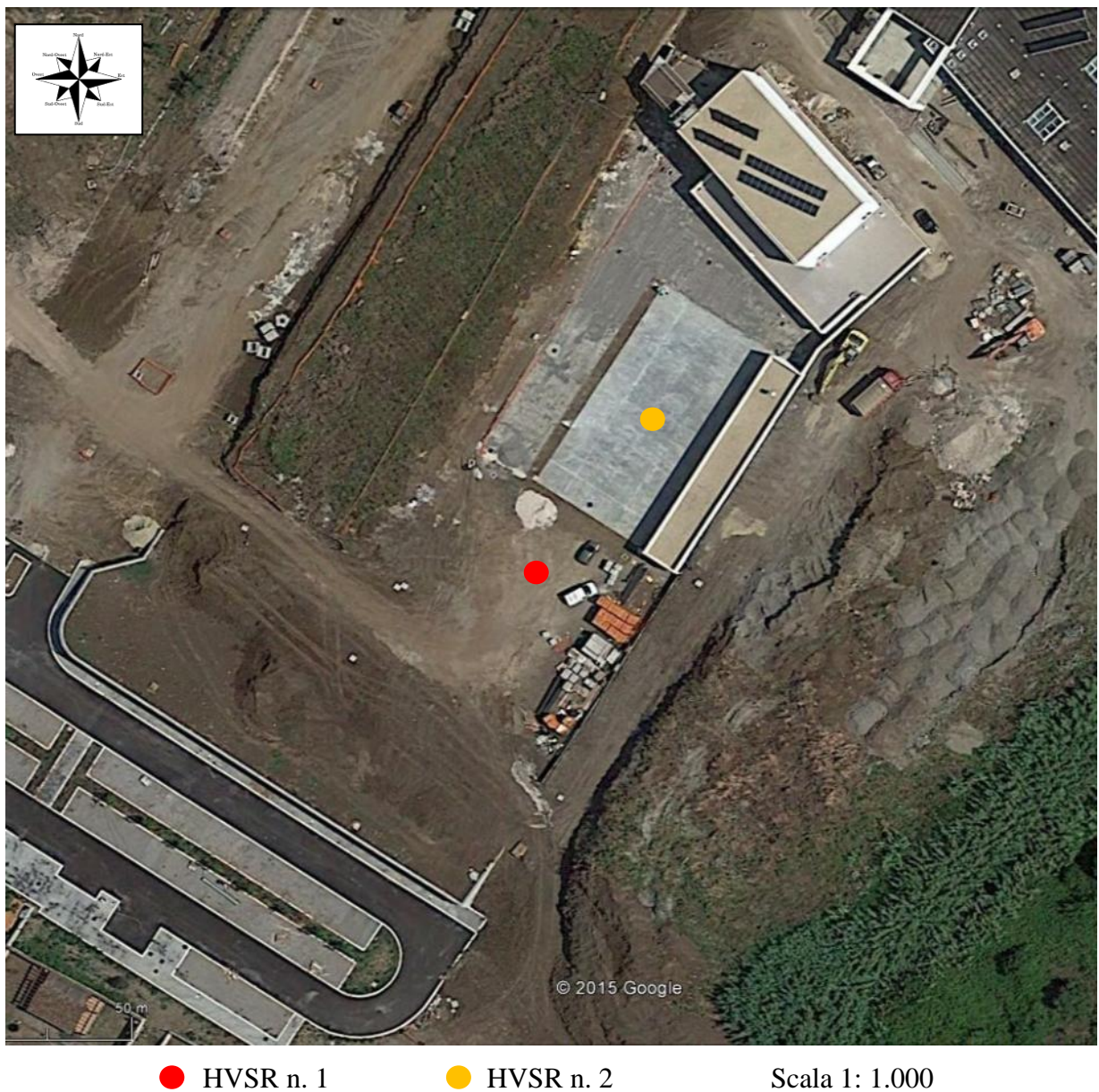


Fig 1 – Immagine satellitare con ubicazione delle prove effettuate



Foto 1 – Misura HVSR n. 1



Foto 2 – Misura HVSR n. 2

TROMINO 1

Instrument: TRS-0006/00-06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

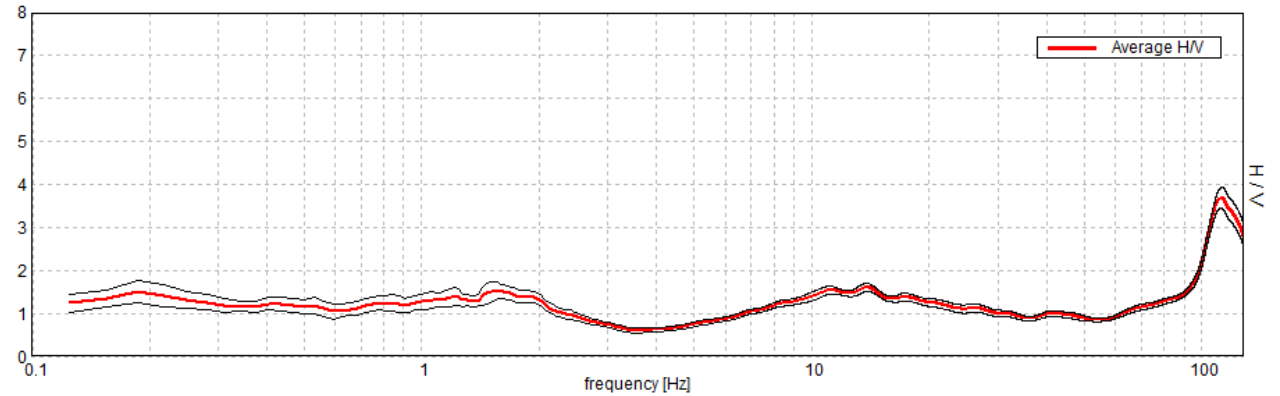
Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 256 Hz

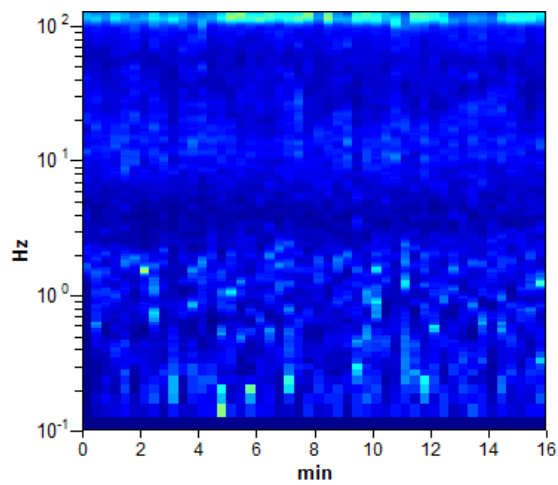
Window size: 20 s - Smoothing window: Triangular window - Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

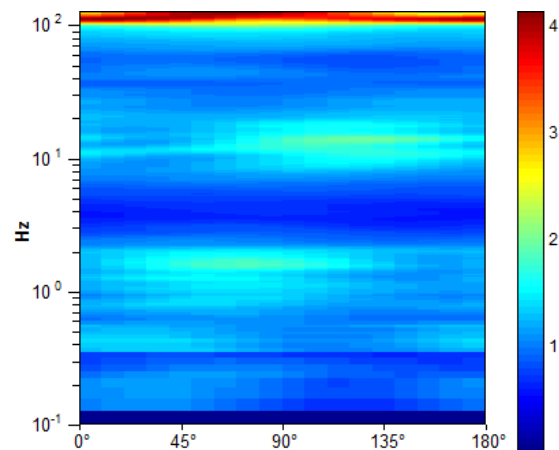
Max. H/V at 112.19 ± 0.08 Hz. (In the range 0.0 - 128.0 Hz).



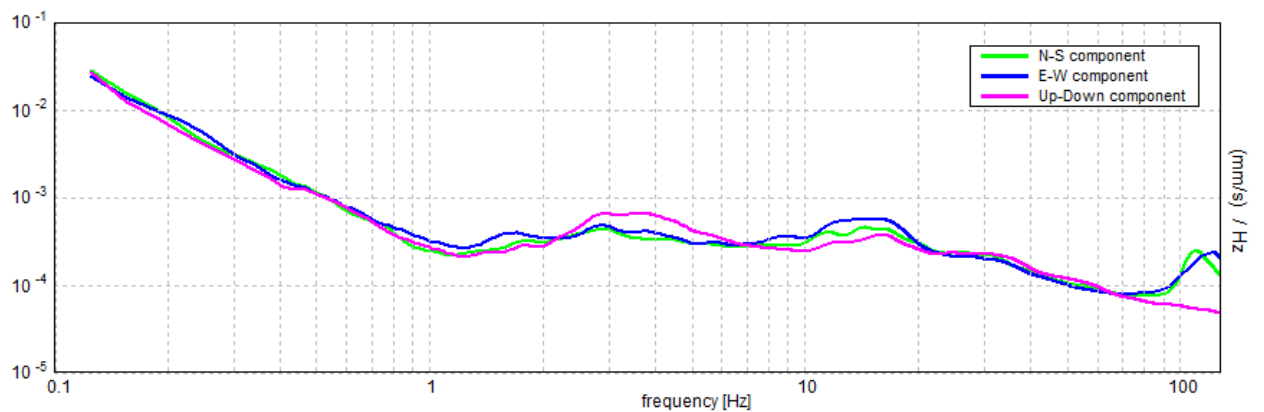
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 112.19 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 128.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	112.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	107700.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 2302 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	97.031 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	3.69 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00037 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.04118 < 5.60938	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1197 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

TROMINO 2

Instrument: TRS-0006/00-06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

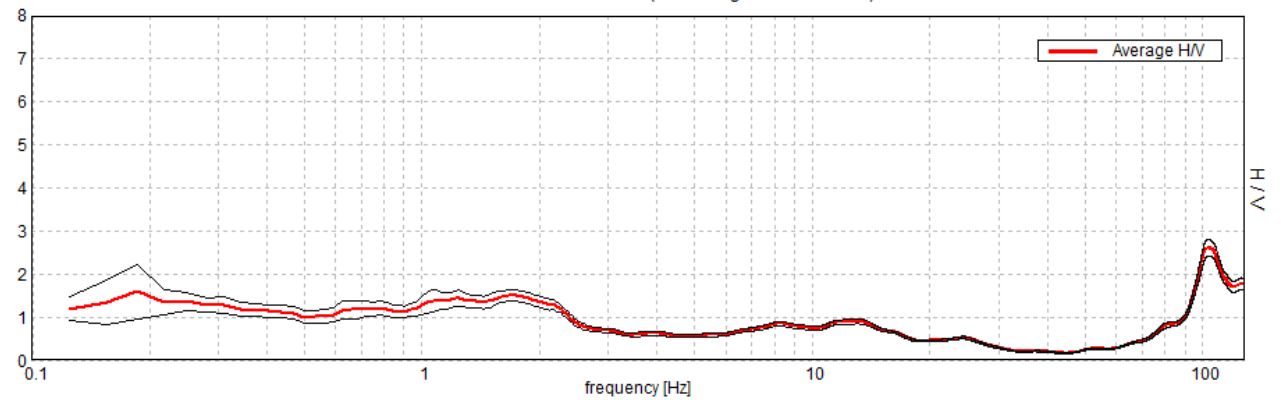
Trace length: 0h16'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 256 Hz

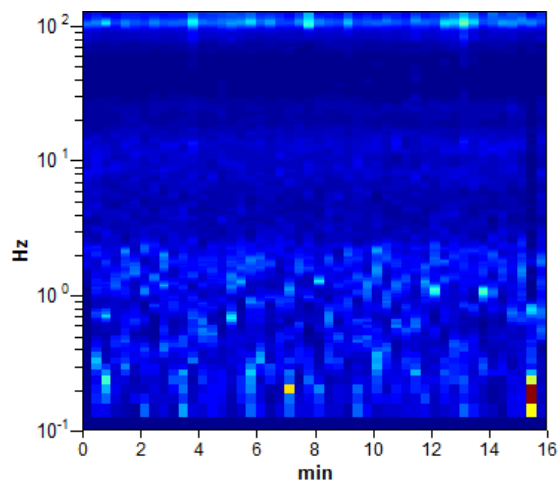
Window size: 20 s - Smoothing window: Triangular window - Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

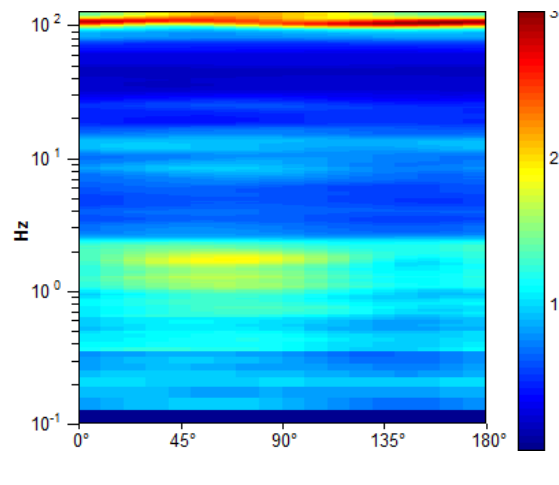
Max. H/V at 103.13 ± 0.19 Hz. (In the range 0.0 - 128.0 Hz).



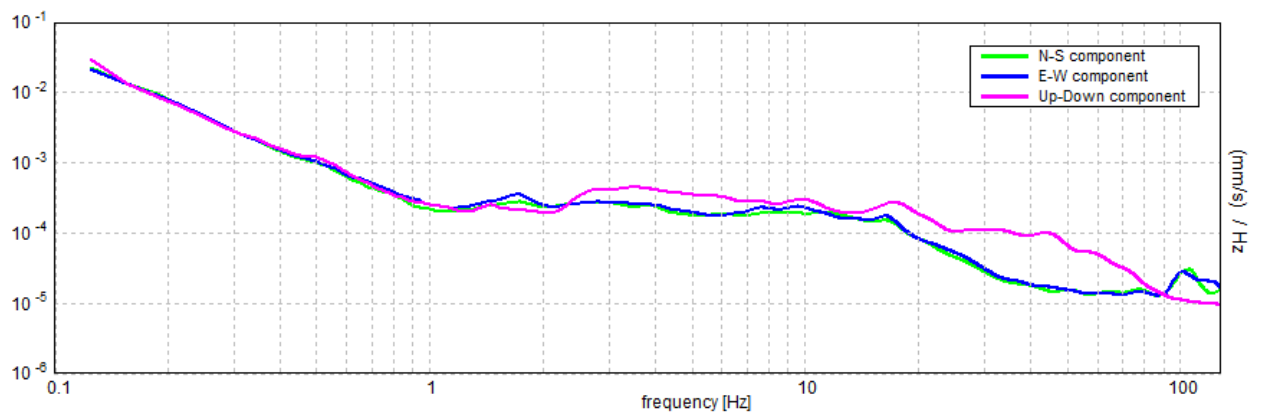
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 103.13 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 128.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	103.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	99000.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 2447 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	93.063 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$		OK	
$A_0 > 2$	2.61 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00092 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.09457 < 5.15625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0963 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Fiocco

Ordine dei Geologi del Lazio n. 1703 sez. A – P. IVA 09331721002
www.studiogeologia.com – m.fiocco@studiogeologia.com

ALLEGATO 4

Documentazione indagini *in situ* – “indagini pregresse”

STRATIGRAFIA - 1

SCALA 1 : 62

Pagina 1/3

Riferimento: Cantiere: PLUS INNOVALBA CECCHINA DI ALBANO L. - Via Danimarca	Sondaggio: 1
Località: CECCHINA DI ALBANO LAZIALE RM	Quota: 245,60 mt slm
Impresa esecutrice: F.R.S. sas	Data: 25/03/2012
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Attilio Vitali
Perforazione: A rotazione e carotaggio continuo	

[illegible]

Riferimento: Cantiere: PLUS INNOVALBA CECCHINA DI ALBANO L. - Via Danimarca	Sondaggio: 1
Località: CECCHINA DI ALBANO LAZIALE RM	Quota: 245,60 mt slm
Impresa esecutrice: F.R.S. sas	Data: 25/03/2012
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Attilio Vitali
Perforazione: A rotazione e carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
					16										Peperino litoide contenente livelli e banchi sabbiosi (5-20 cm) da debolmente coerenti a coerenti (da -13 a -15 mt presenza di un banco coerente). La porzione litoide è caratterizzata dalla presenza di inclusi litici eterogenei e frammenti di cristalli.
					17										
					18										
					19										
					20										
					21										
					22										
					23										
					24										
					24			2						24,1	
					25			2,5							Argilla limosa nerastra mediamente addensata, contenente rari frammenti di cristalli e materiale vulcanico submillimetrici.
					25			2							
					25			1,8							Piroclastite pedogenizzata compatta, a granulometria limoso-sabbiosa e colore marrone rossiccio contenente un livello sabbioso-limoso alterato di colore giallastro forse per presenza di limonite. La porzione superficiale (1 mt circa) presenta evidenti fenomeni di ossidazione con rare croste ferruginose.
					26			2							
					26			1,8			14-21-24	45			Tufo coerente grigiastro con abbondante leucite analcimizzata.
					27										
					28										
					29										
					29									29,3	Tufo coerente grigiastro con abbondante leucite analcimizzata.
					30									30,0	

STRATIGRAFIA - 2

SCALA 1 : 62

Pagina 1/3

Riferimento: Cantiere: PLUS INNOVALBA CECCHINA DI ALBANO L. - Via Danimarca	Sondaggio: 2
Località: CECCHINA DI ALBANO LAZIALE RM	Quota: 249,28 mt slm
Impresa esecutrice: F.R.S. sas	Data: 28/03/2012
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Attilio Vitali
Perforazione: A rotazione e carotaggio continuo	

[illegible]

Riferimento: Cantiere: PLUS INNOVALBA CECCHINA DI ALBANO L. - Via Danimarca	Sondaggio: 2
Località: CECCHINA DI ALBANO LAZIALE RM	Quota: 249,28 mt slm
Impresa esecutrice: F.R.S. sas	Data: 28/03/2012
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Attilio Vitali
Perforazione: A rotazione e carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
					16										Peperino litoide contenente livelli e banchi sabbiosi (5-20 cm) da debolmente coerenti a coerenti. La porzione litoide è caratterizzata dalla presenza di inclusi litici eterogenei e frammenti di cristalli.
					17										
					18										
					19										
					20										
					21										
					22										
					23										
					24										
					25										
					26									26,3	Argilla limosa nerastra molto consistente, contenente rari frammenti di cristalli e materiale vulcanico submillimetrici.
					27			2							
								2,5							
								2,5							Piroclastite pedogenizzata compatta, a granulometria limoso-sabbiosa e colore marrone rossiccio contenente un livello sabbioso-limoso alterato di colore giallastro forse per presenza di limonite. La porzione superficiale (1 mt circa) presenta evidenti fenomeni di ossidazione con croste ferruginose.
					28			2							
								25							
					29						10-14-21	35		28,0	
					30									30,0	

STRATIGRAFIA - 3

SCALA 1 : 62

Pagina 2/3

Riferimento: Cantiere: PLUS INNOVALBA CECCHINA DI ALBANO L. - Via Danimarca	Sondaggio: 3
Località: CECCHINA DI ALBANO LAZIALE RM	Quota: 250,59 mt slm
Impresa esecutrice: F.R.S. sas	Data: 28/03/2012
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Attilio Vitali
Perforazione: A rotazione e carotaggio continuo	

[illegible]



SONDAGGIO S1



SONDAGGIO S2

SONDAGGIO S3

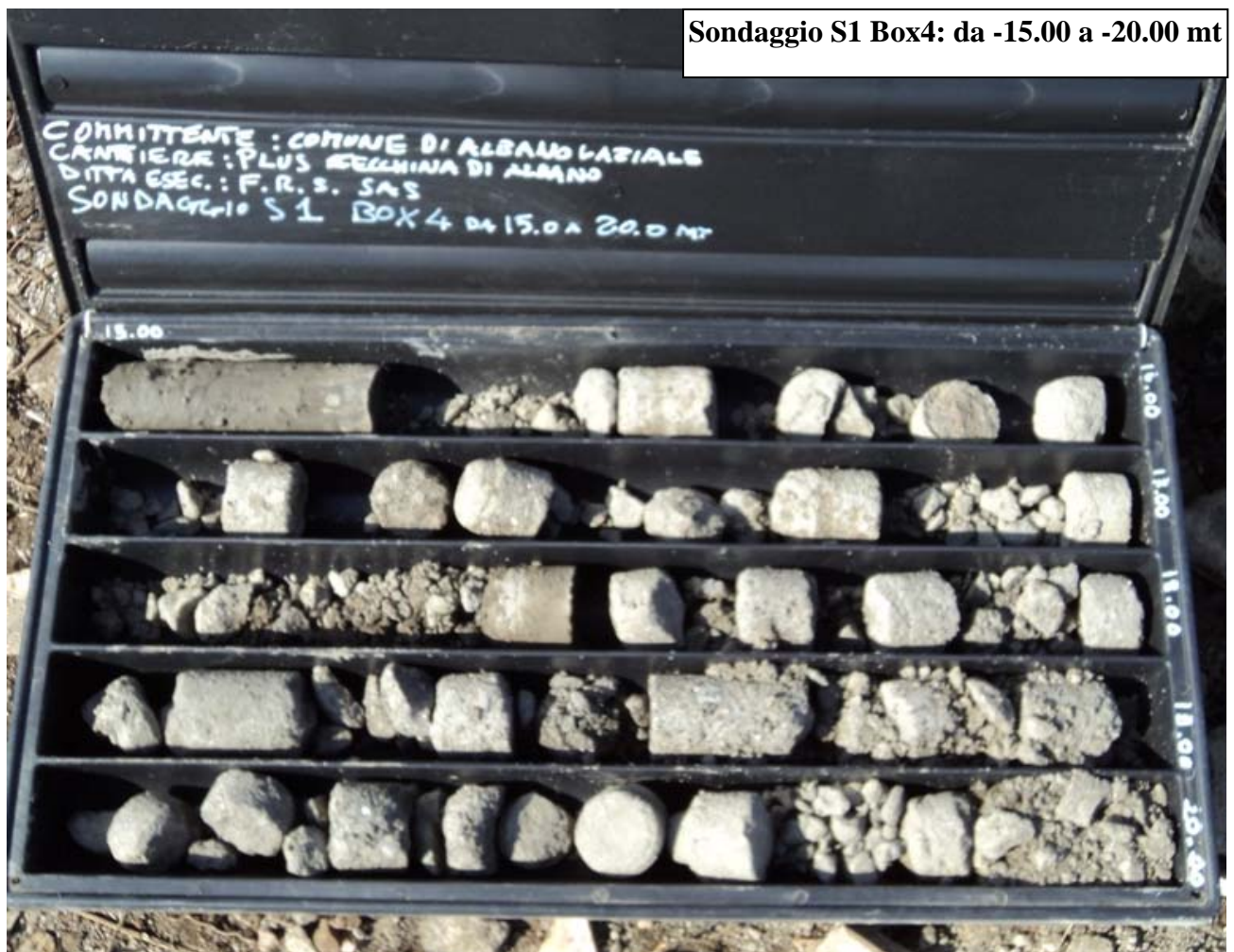




Sondaggio S1 Box3: da -10.00 a -15.00 mt



Sondaggio S1 Box4: da -15.00 a -20.00 mt



Sondaggio S1 Box5: da -20.00 a -25.00 mt



Sondaggio S1 Box6: da 25.00 a -30.00 mt





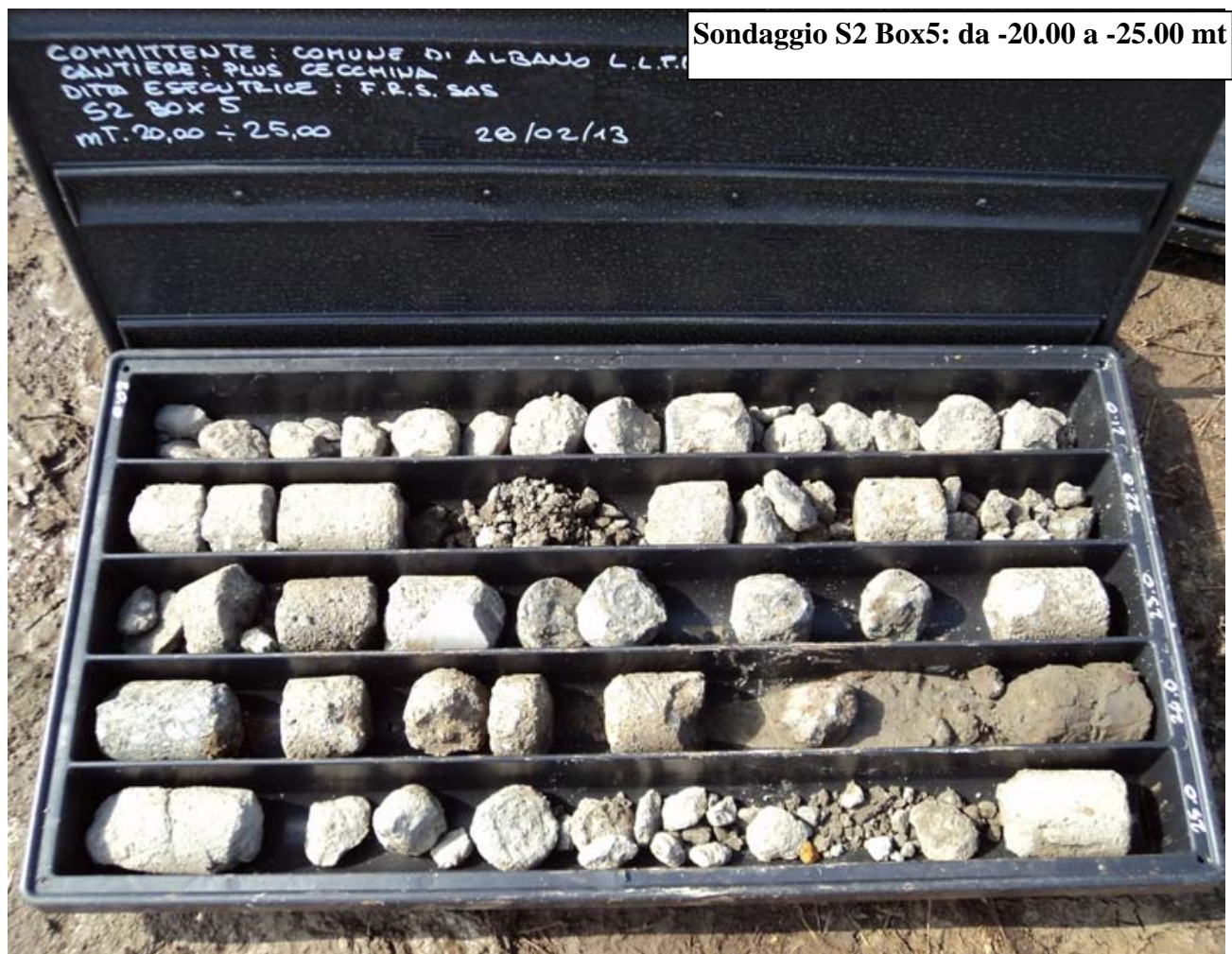
Sondaggio S2 Box3: da -10.00 a -15.00 mt



Sondaggio S2 Box4: da -15.00 a -20.00 mt



Sondaggio S2 Box5: da -20.00 a -25.00 mt



Sondaggio S2 Box6: da -25.00 a -30.00 mt



Sondaggio S3 Box1: da 0.00 a -5.00 mt



Sondaggio S3 Box2: da -5.00 a -10.00 mt



Sondaggio S3 Box3: da -10.00 a -15.00 mt



Sondaggio S3 Box4: da -15.00 a -20.00 mt



Sondaggio S3 Box5: da -20.00 a -25.00 mt



Sondaggio S3 Box6: da -25.00 a -30.00 mt



COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.0-3.4

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	22.2	%
Peso di volume	19.2	kN/m ³
Peso di volume secco	15.7	kN/m ³
Peso di volume saturo	19.7	kN/m ³
Peso specifico	2.70	
Indice dei vuoti	0.689	
Porosità	40.8	%
Grado di saturazione	87.0	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
Classif. CNR-UNI		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	12.7	%
Sabbia	43.8	%
Limo-Argilla	43.5	%
D 10		mm
D 50	0.105570	mm
D 60	0.172419	mm
D 90	2.943166	mm
Passante set. 10	87.3	%
Passante set. 40	70.6	%
Passante set. 200	43.5	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ_{Rim}	kPa
----------	-----	-----------------------	-----

SCISSOMETRO

τ	kPa	τ	kPa
--------	-----	--------	-----

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c	12.8	kPa	ϕ 31.7 °
c Res		kPa	ϕ Res °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Sabbia debolmente ghiaiosa limo-argillosa di colore grigio scuro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 160/19-04-2011 - DPR 246/1993 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05197	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 06/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13		Apertura campione: 06/03/13	Fine analisi: 07/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	3.0-3.4

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 22.2 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Sabbia debolmente ghiaiosa limo-argillosa di colore grigio scuro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 160/19-04-2011 - DPR 246/1993 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05198	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 06/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 06/03/13	Fine analisi: 06/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	3.0-3.4

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19.2 kN/m³

Sabbia debolmente ghiaiosa limo-argillosa di colore grigio scuro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 160/19-04-2011 - DPR 246/1993 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05199	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 12/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 06/03/13	Fine analisi: 13/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	3.0-3.4

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

 γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2.70 γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2.70Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21.0 °C

Sabbia debolmente ghiaiosa limo-argillosa di colore grigio scuro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05200 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 08/03/13

Apertura campione: 06/03/13

Fine analisi: 11/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S1

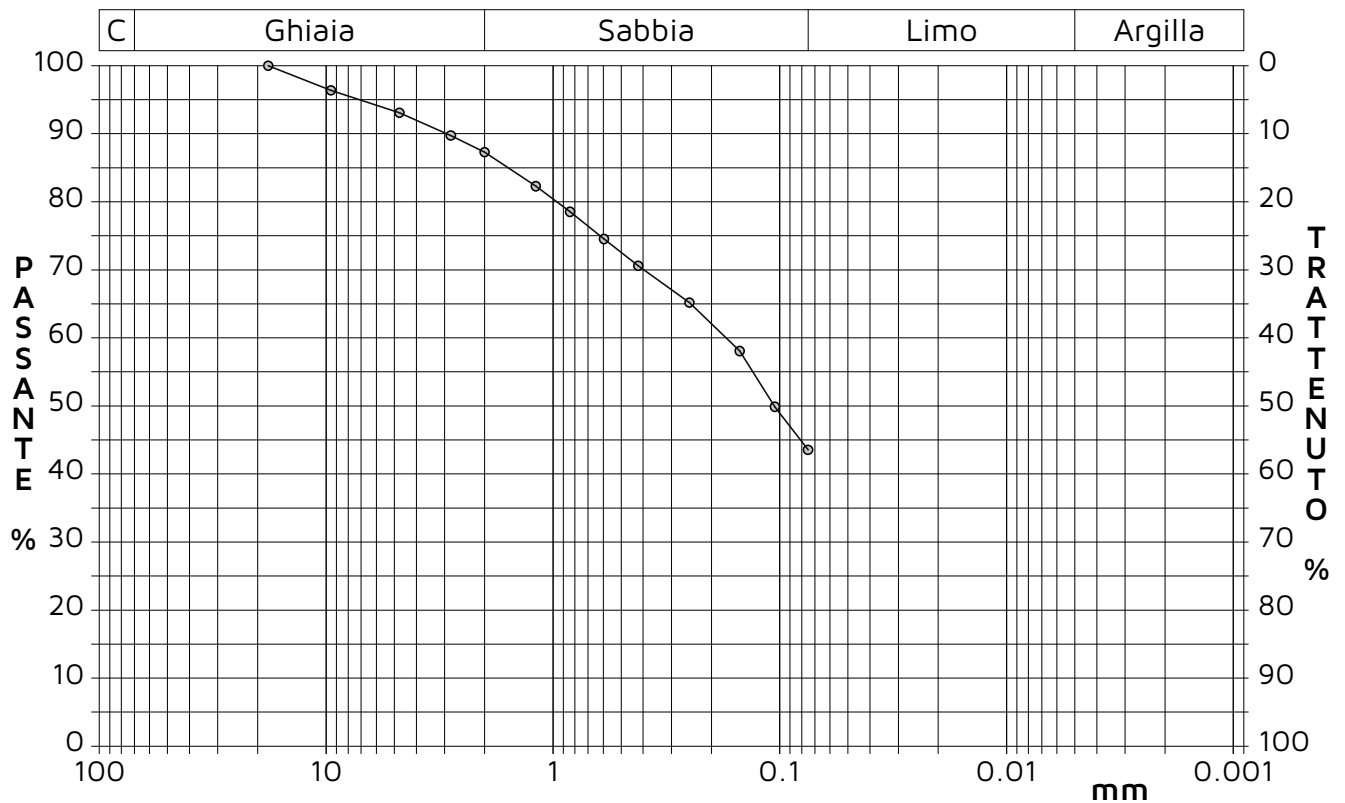
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.0-3.4

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	12.7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	87.3 %	D10	---	mm
Sabbia	43.8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	70.6 %	D30	---	mm
Limo-Argilla	43.5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	43.5 %	D50	0.10557	mm
				D60	0.17242	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	---	D90	2.94317 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
18.0000	100.00	1.1900	82.29	0.1500	58.06				
9.5200	96.35	0.8410	78.52	0.1050	49.88				
4.7500	93.06	0.5950	74.52	0.0750	43.53				
2.8200	89.73	0.4200	70.61						
2.0000	87.30	0.2500	65.18						

Sabbia debolmente ghiaiosa limo-argillosa di colore grigio scuro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05201 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 06/03/13

Apertura campione: 06/03/13

Fine analisi: 08/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.0-3.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Umidità iniziale e umidità finale (%):	21.7 18.8	22.5 17.5	22.4 18.7
Peso di volume (kN/m³):	19.1	19.1	19.3
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0.020 mm / min	

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

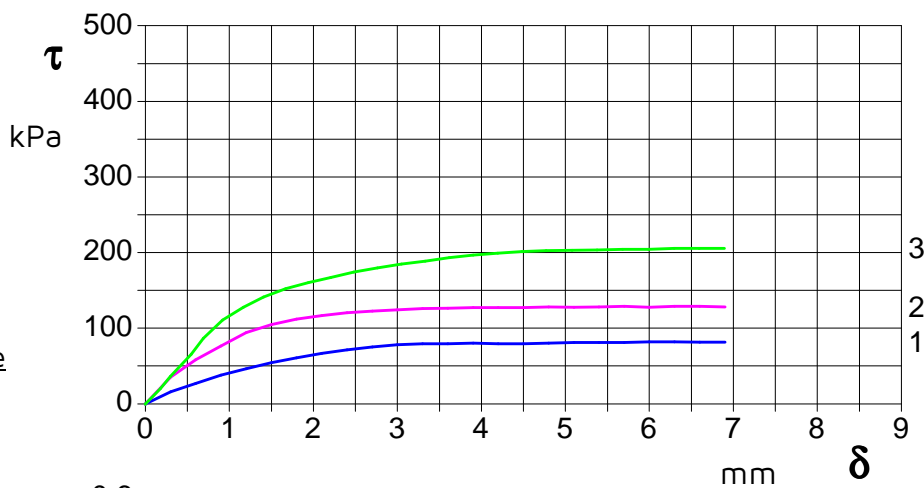
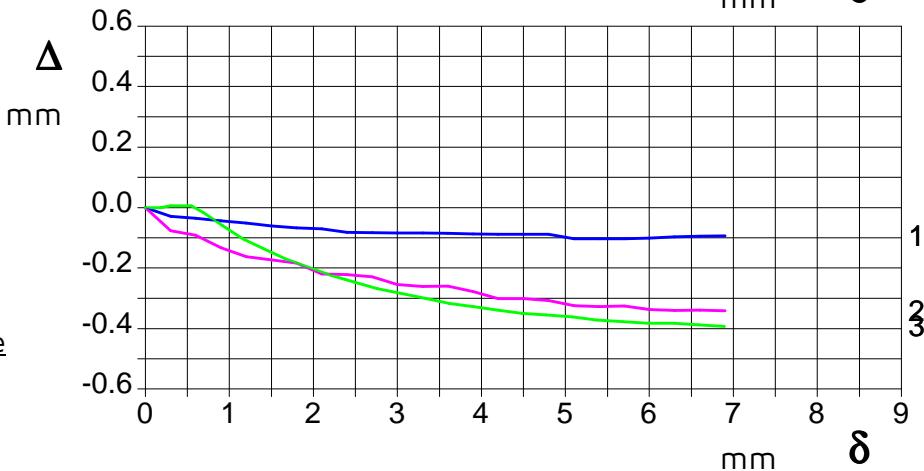


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Sabbia debolmente ghiaiosa limo-argillosa di colore grigio scuro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05201	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 06/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 06/03/13	Fine analisi: 08/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	3.0-3.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 06/03/13

Apertura campione: 06/03/13

Fine analisi: 08/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 3.0-3.4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	82	129	206
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	6.00	6.60	6.59
Deformazione verticale a rottura (mm):	-0.10	-0.34	-0.39
Umidità iniziale e umidità finale (%):	21.7 18.8	22.5 17.5	22.4 18.7
Peso di volume (kN/m³):	19.1	19.1	19.3

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 12.8 kPa

Angolo di attrito interno: 31.7 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0.020 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

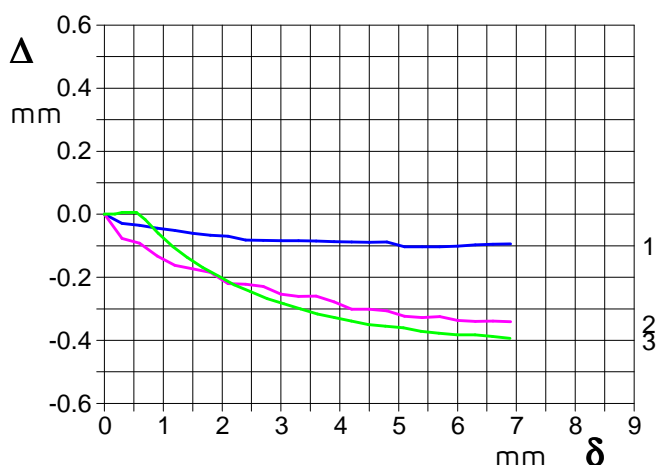
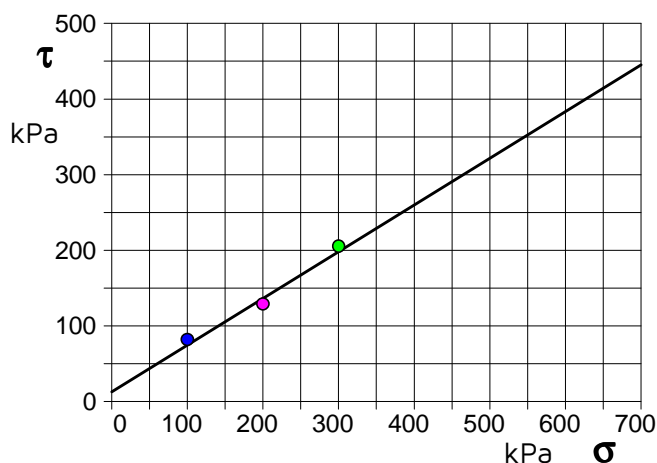


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

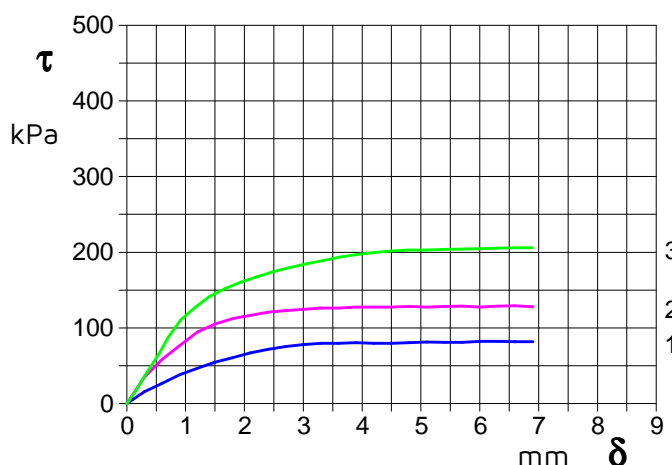


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Sabbia debolmente ghiaiosa limo-argillosa di colore grigio scuro

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.5-2.0

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	53.7	%
Peso di volume	15.9	kN/m ³
Peso di volume secco	10.3	kN/m ³
Peso di volume saturo	16.3	kN/m ³
Peso specifico	2.67	
Indice dei vuoti	1.536	
Porosità	60.6	%
Grado di saturazione	93.3	%
Limite di liquidità	77.0	%
Limite di plasticità	64.8	%
Indice di plasticità	12.2	%
Indice di consistenza	1.91	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
Classif. CNR-UNI		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0.5	%
Sabbia	32.1	%
Limo	42.7	%
Argilla	24.7	%
D 10	0.001422	mm
D 50	0.025354	mm
D 60	0.050111	mm
D 90	0.249894	mm
Passante set. 10	99.5	%
Passante set. 40	95.0	%
Passante set. 200	67.4	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ_{Rim}	kPa
----------	-----	----------------	-----

SCISSOMETRO

τ	kPa	τ	kPa
--------	-----	--------	-----

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c	8.8	kPa	ϕ 28.9 °
c Res		kPa	ϕ Res °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
12.5 ÷ 25.0	1515	---	---
25.0 ÷ 50.0	2212	---	---
50.0 ÷ 100.0	3937	0.002200	5.48E-08
100.0 ÷ 200.0	5605	0.001496	2.62E-08
200.0 ÷ 400.0	8029	0.002460	3.01E-08
400.0 ÷ 800.0	10323	---	---
800.0 ÷ 1600.0	14856	---	---

Limo con sabbia argilloso di colore marrone

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 160/19-04-2011 - DPR 246/1993 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05202	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 04/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 04/03/13	Fine analisi: 05/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	1.5-2.0

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 53.7 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo con sabbia argilloso di colore marrone

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 160/19-04-2011 - DPR 246/1993 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05203	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 04/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 04/03/13	Fine analisi: 04/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	1.5-2.0

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 15.9 kN/m³

Limo con sabbia argilloso di colore marrone

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 160/19-04-2011 - DPR 246/1993 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05204	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 06/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 04/03/13	Fine analisi: 07/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	1.5-2.0

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

 γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = **2.67** γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = **2.67**Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 22.5 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Limo con sabbia argilloso di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05205 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 11/03/13

Apertura campione: 04/03/13

Fine analisi: 12/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.5-2.0

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità 77.0 %

Limite di plasticità 64.8 %

Indice di plasticità 12.2 %

La prova è stata eseguita sulla frazione
granulometrica passante al setaccio
n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'

LIMITE DI PLASTICITA'

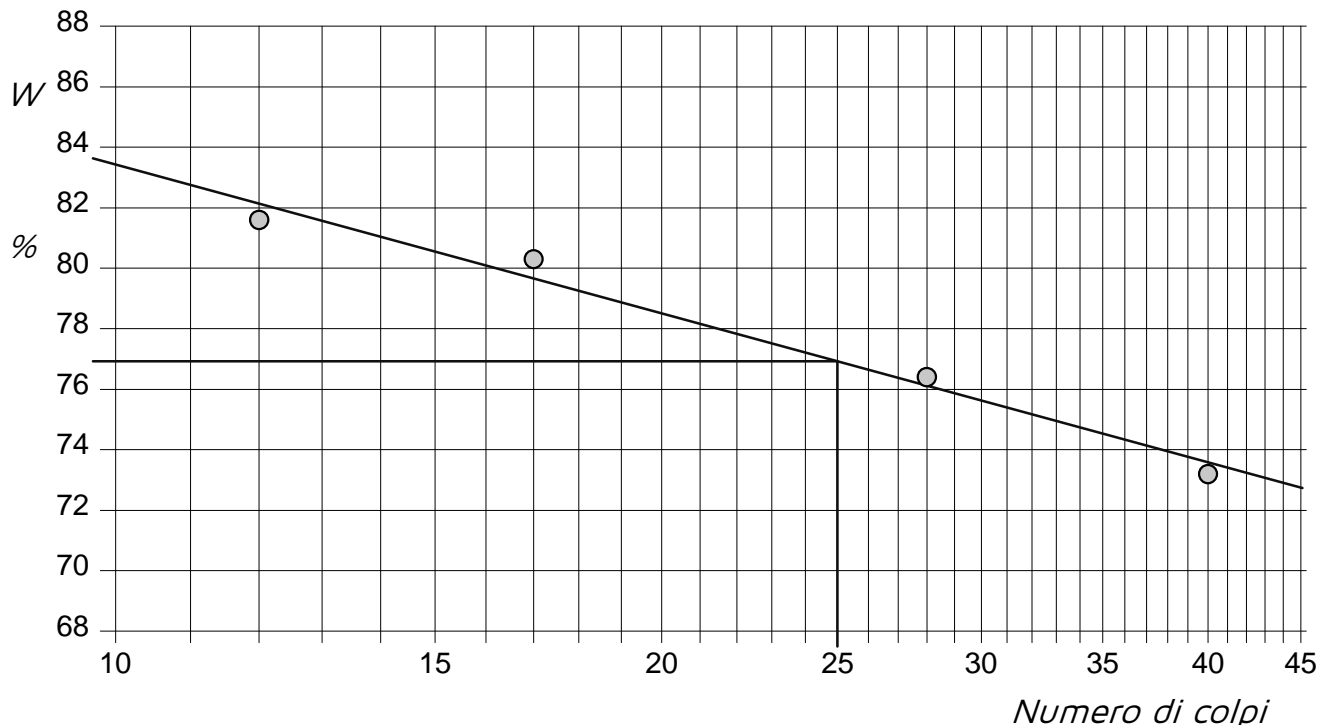
Numero di colpi 12 17 28 40

Umidità (%) 65.2 64.3

Umidità (%) 81.6 80.3 76.4 73.2

Umidità media (%) 64.8

Determinazione del Limite di liquidità



Limo con sabbia argilloso di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05206 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 08/03/13

Apertura campione: 04/03/13

Fine analisi: 13/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S2

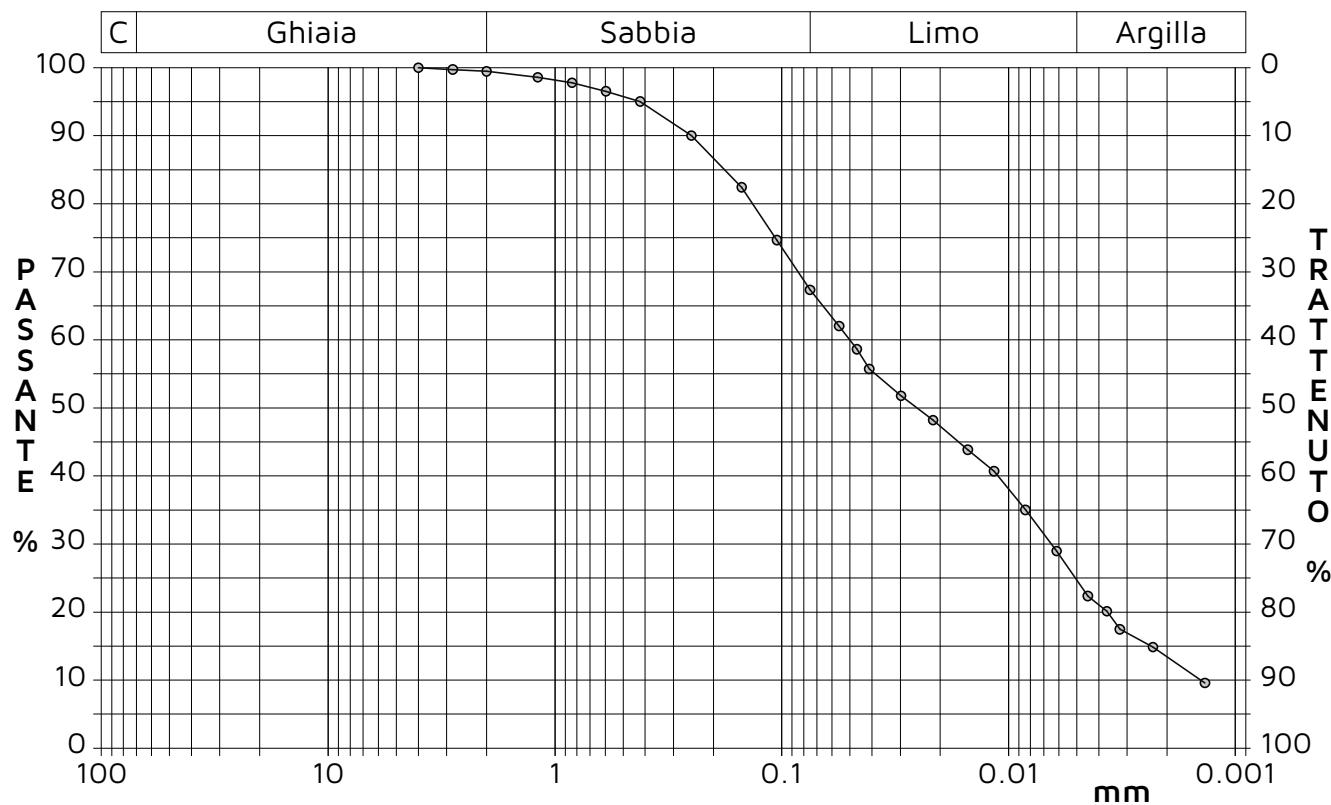
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.5-2.0

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0.5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99.5 %	D10	0.00142 mm
Sabbia	32.1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95.0 %	D30	0.00648 mm
Limo	42.7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	67.4 %	D50	0.02535 mm
Argilla	24.7 %			D60	0.05011 mm
				D90	0.24989 mm
Coefficiente di uniformità		35.23	Coefficiente di curvatura		0.59



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4.0000	100.00	0.5950	96.53	0.0750	67.36	0.0215	48.20	0.0045	22.36
2.8200	99.73	0.4200	95.03	0.0558	62.05	0.0151	43.85	0.0037	20.12
2.0000	99.46	0.2500	90.01	0.0466	58.62	0.0116	40.69	0.0032	17.48
1.1900	98.58	0.1500	82.42	0.0411	55.72	0.0084	35.02	0.0023	14.84
0.8410	97.79	0.1050	74.65	0.0298	51.76	0.0061	28.95	0.0014	9.57

Limo con sabbia argilloso di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05207 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 04/03/13

Apertura campione: 04/03/13

Fine analisi: 13/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m ³)	15.95
Umidità (%)	53.0
Peso specifico	2.67
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	7.14
Sezione provino (cm ²)	40.00
Volume provino (cm ³)	80.00
Volume dei vuoti (cm ³)	48.13
Indice dei vuoti	1.51
Porosità (%)	60.16
Saturazione (%)	93.6

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

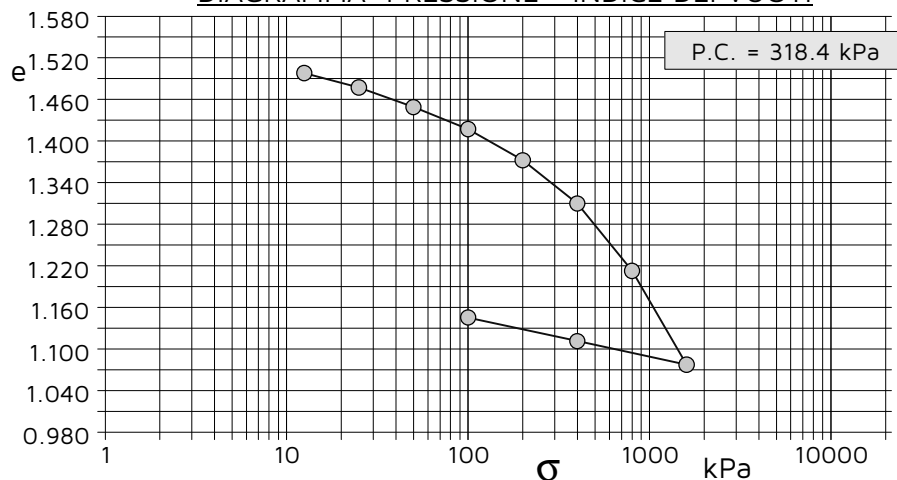
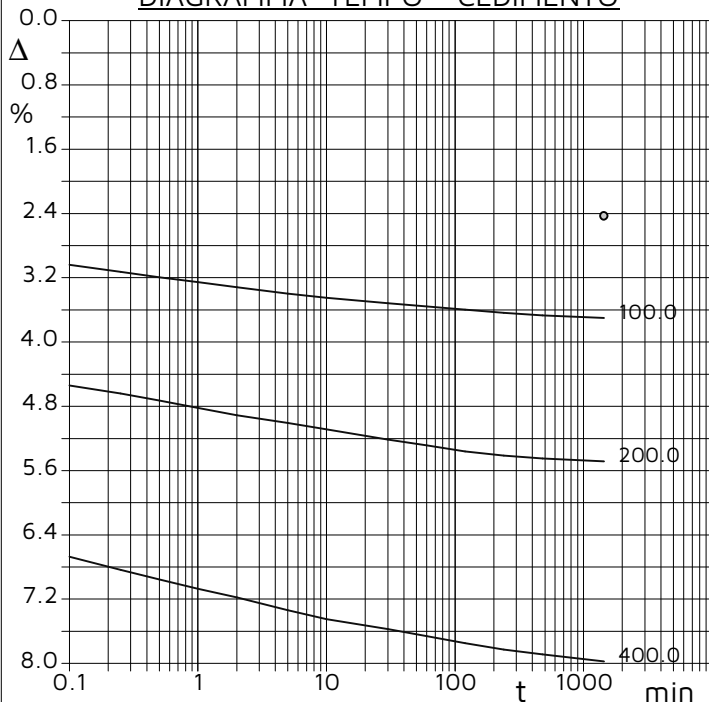


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.5	9.5	1.498	
25.0	26.0	1.477	0.069
50.0	48.6	1.449	0.094
100.0	74.0	1.417	0.106
200.0	109.7	1.372	0.149
400.0	159.5	1.310	0.208
800.0	237.0	1.213	0.323
1600.0	344.7	1.077	0.449
400.0	317.6	1.111	
100.0	290.5	1.145	

Limo con sabbia argilloso di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05207 Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 04/03/13

Apertura campione: 04/03/13

Fine analisi: 13/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 100.0 kPa		Pressione 200.0 kPa		Pressione 400.0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100
0.00	48.6	0.00	74.0	0.00	109.7		
0.10	60.8	0.10	90.8	0.10	133.4		
0.25	62.5	0.25	92.8	0.25	136.8		
0.50	63.9	0.50	94.6	0.50	139.1		
1.00	65.1	1.00	96.4	1.00	141.4		
2.00	66.3	2.00	98.2	2.00	143.6		
5.00	67.9	5.00	100.1	5.00	146.8		
10.00	68.9	10.00	101.7	10.00	149.0		
30.00	70.4	30.00	104.3	30.00	151.5		
60.00	71.2	60.00	105.7	60.00	153.2		
120.00	72.0	120.00	107.2	120.00	155.0		
240.00	72.7	240.00	108.3	240.00	156.6		
480.00	73.3	480.00	109.0	480.00	157.8		
1440.00	74.0	1440.00	109.7	1440.00	159.5		

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100	Tempo minuti	Cedimento mm/100

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05208 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 11/03/13

Apertura campione: 04/03/13

Fine analisi: 13/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Umidità iniziale e umidità finale (%):	54.9 57.8	53.1 52.9	55.8 54.1
Peso di volume (kN/m³):	15.5	15.9	15.9
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0.008 mm / min	

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

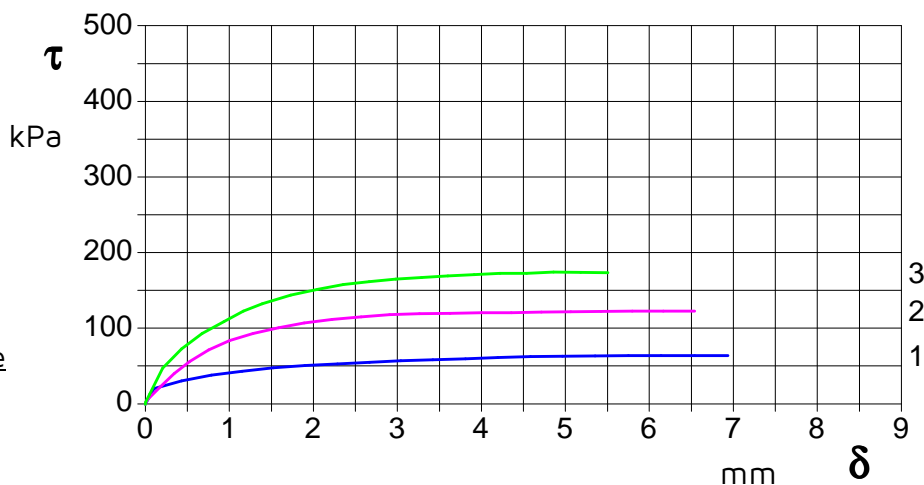
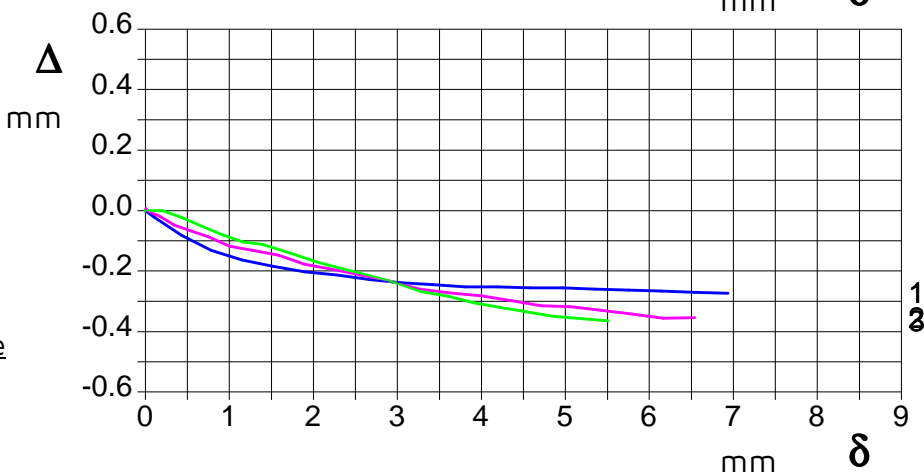


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Limo con sabbia argilloso di colore marrone

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05208	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 11/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 04/03/13	Fine analisi: 13/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	1.5-2.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 11/03/13

Apertura campione: 04/03/13

Fine analisi: 13/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.5-2.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	64	122	174
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	6.54 -0.27	6.17 -0.36	4.86 -0.35
Umidità iniziale e umidità finale (%):	54.9 57.8	53.1 52.9	55.8 54.1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	15.5 15.8	15.9 15.8	15.9 0.0
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	90.9 95.7	92.8 92.5	0.0 0.0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 8.8 kPa

Angolo di attrito interno: 28.9 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0.008 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

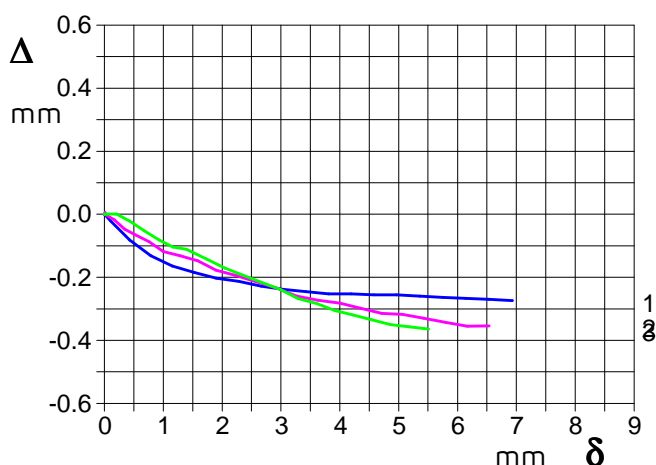
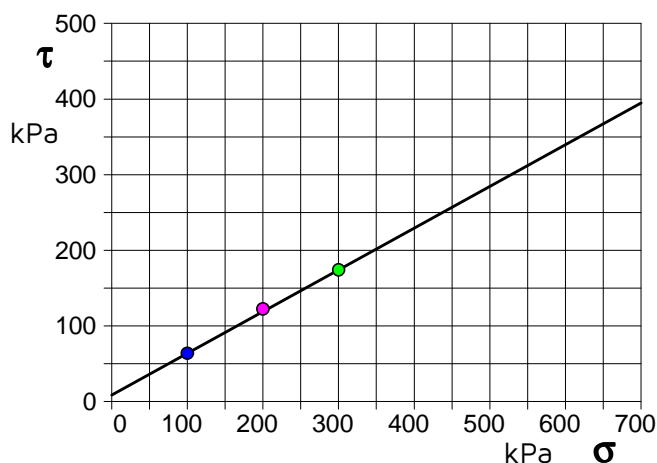


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

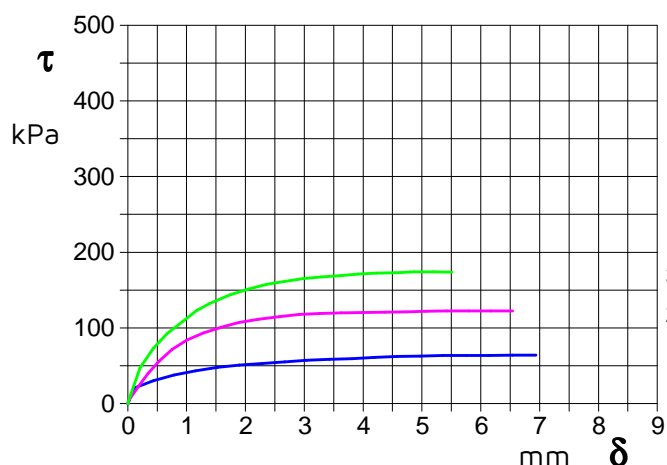


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Limo con sabbia argilloso di colore marrone

COMMITTENTE:	COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP		
RIFERIMENTO:	POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO		
SONDAGGIO:	S3	CAMPIONE:	C1
		PROFONDITA': m	2.3-2.7

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	29.3	%
Peso di volume	17.2	kN/m ³
Peso di volume secco	13.3	kN/m ³
Peso di volume saturo	18.2	kN/m ³
Peso specifico	2.68	
Indice dei vuoti	0.971	
Porosità	49.3	%
Grado di saturazione	80.9	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
Classif. CNR-UNI		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	9.3	%
Sabbia	62.3	%
Limo	19.3	%
Argilla	9.1	%
D 10	0.005631	mm
D 50	0.307774	mm
D 60	0.481044	mm
D 90	1.924791	mm
Passante set. 10	90.7	%
Passante set. 40	56.8	%
Passante set. 200	28.4	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ_{Rim}	kPa
----------	-----	----------------	-----

SCISSOMETRO

τ	kPa	τ	kPa
--------	-----	--------	-----

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c	15.7	kPa	ϕ 30.1 °
c Res		kPa	ϕ Res °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e argillosa di colore scuro-nerastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 160/19-04-2011 - DPR 246/1993 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05209	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 06/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 06/03/13	Fine analisi: 07/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	2.3-2.7

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 29.3 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e argillosa di colore grigio scuro-nerastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 160/19-04-2011 - DPR 246/1993 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05210	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 07/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 06/03/13	Fine analisi: 07/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	2.3-2.7

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 17.2 kN/m³

Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e argillosa di colore grigio scuro-nerastro

**GEORES srl**Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.itAZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA TUV AUSTRIACertificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 160/19-04-2011 - DPR 246/1993 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05211	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 12/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13		Apertura campione: 06/03/13	Fine analisi: 13/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S3		CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 2.3-2.7

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

 γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2.68 γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2.68Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21.0 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e argillosa di colore grigio scuro-nerastro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05212 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 08/03/13

Apertura campione: 06/03/13

Fine analisi: 13/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S3

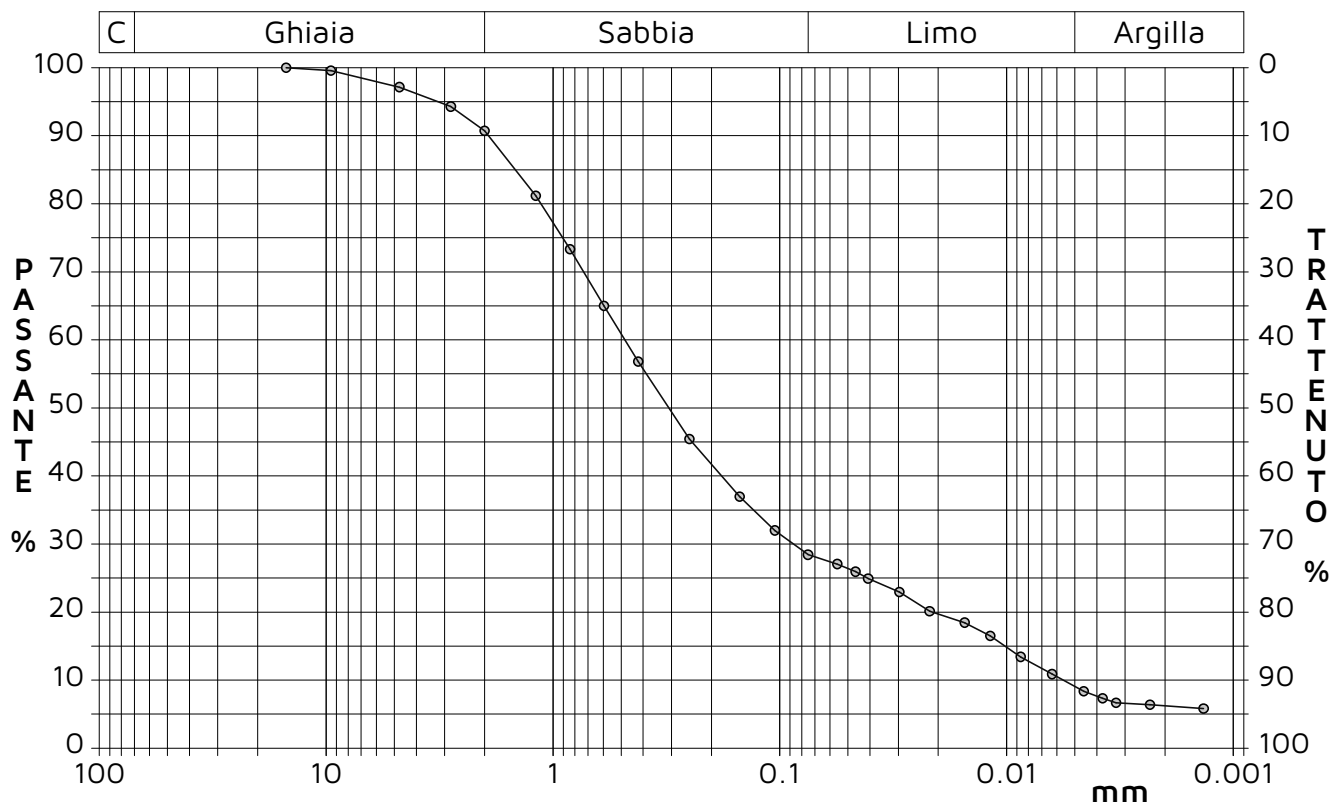
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.3-2.7

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	9.3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	90.7 %	D10	0.00563 mm	
Sabbia	62.3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	56.8 %	D30	0.08694 mm	
Limo	19.3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	28.4 %	D50	0.30777 mm	
Argilla	9.1 %			D60	0.48104 mm	
Coefficiente di uniformità		85.44	Coefficiente di curvatura	2.79	D90	1.92479 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
15.0000	100.00	1.1900	81.19	0.1500	36.98	0.0407	24.92	0.0087	13.40
9.5200	99.57	0.8410	73.32	0.1050	32.00	0.0297	22.95	0.0063	10.88
4.7500	97.15	0.5950	65.00	0.0750	28.44	0.0218	20.14	0.0046	8.35
2.8200	94.28	0.4200	56.81	0.0557	27.05	0.0153	18.46	0.0038	7.34
2.0000	90.70	0.2500	45.45	0.0463	25.93	0.0118	16.49	0.0033	6.67

Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e argillosa di colore grigio scuro-nerastro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05213 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 07/03/13

Apertura campione: 06/03/13

Fine analisi: 09/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.3-2.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Umidità iniziale e umidità finale (%):	29.0 31.1	28.4 31.4	30.5 30.4
Peso di volume (kN/m³):	17.1	17.2	17.4
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0.020 mm / min	

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

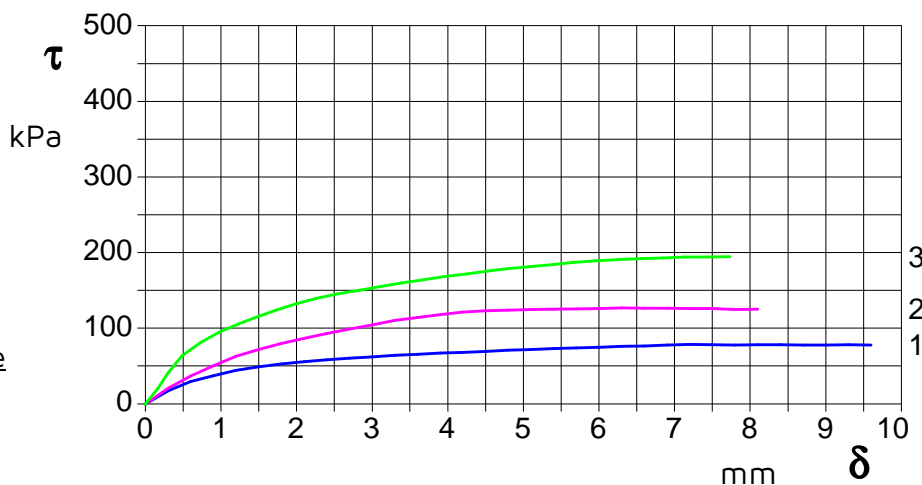
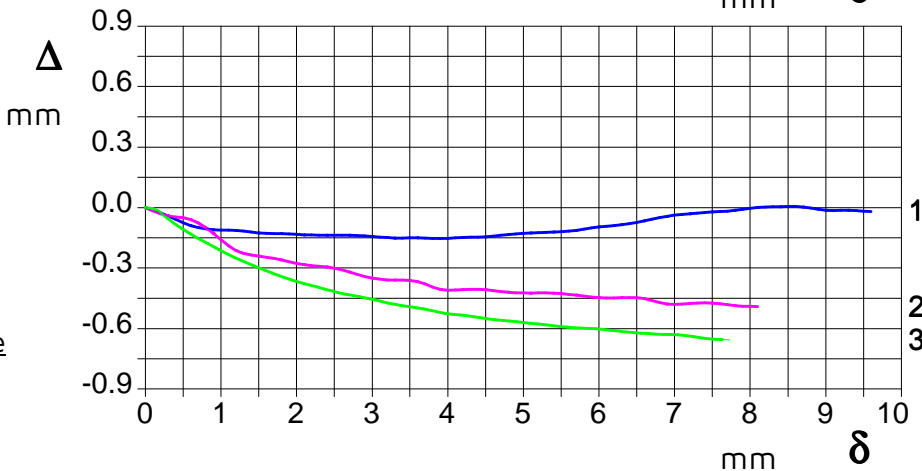


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e argillosa di colore grigio scuro-nerastro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 05213	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 13/03/13	Inizio analisi: 07/03/13
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389	del 04/03/13	Apertura campione: 06/03/13	Fine analisi: 09/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP			
RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO			
SONDAGGIO: S3	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	2.3-2.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 389 del 04/03/13

DATA DI EMISSIONE: 13/03/13

Inizio analisi: 07/03/13

Apertura campione: 06/03/13

Fine analisi: 09/03/13

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBANO LAZIALE - SETTORE LL PP

RIFERIMENTO: POR - PLUS INNOVALBA - CECCHINA DI ALBANO

SONDAGGIO: S3

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 2.3-2.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Tensione a rottura (kPa):	79	127	194
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	7.20	6.30	7.73
Deformazione verticale a rottura (mm):	-0.03	-0.45	-0.66
Umidità iniziale e umidità finale (%):	29.0 31.1	28.4 31.4	30.5 30.4
Peso di volume (kN/m³):	17.1	17.2	17.4

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 15.7 kPa
Angolo di attrito interno: 30.1 °

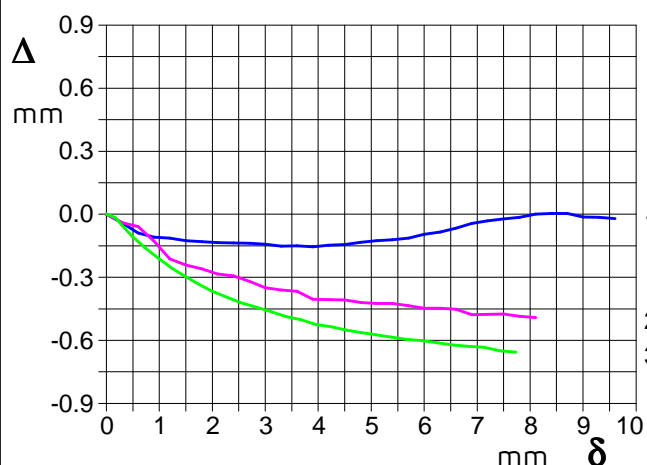
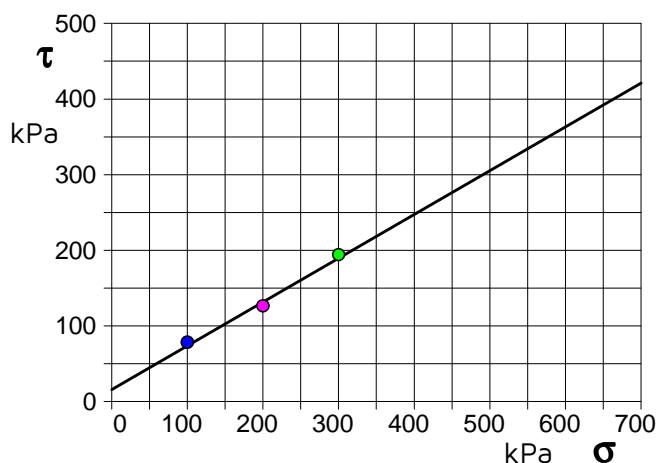
Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0.020 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

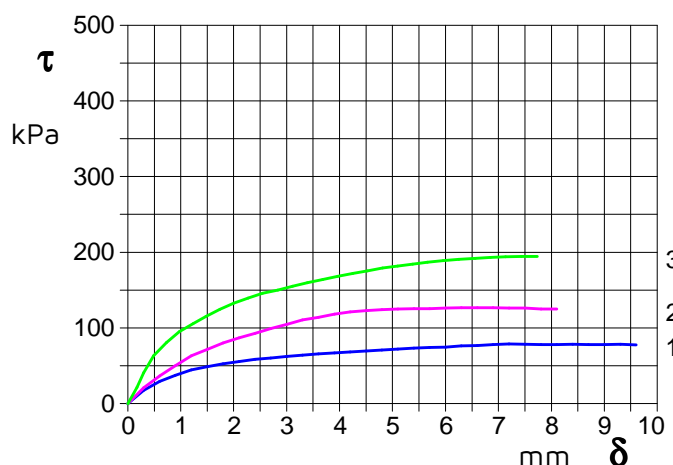


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e argillosa di colore grigio scuro-nerastro



loc. "Cecchina di Albano Laziale", Roma

DOWN-HOLE S1

Profondità (m dal p.c.)	Tempi P (millisec)	VP media (m/s)	VP (m/s)	Tempi S (millisec)	VS media (m/s)	VS (m/s)
1	3.85	580.80	580.80	7.15	312.74	312.74
2	4.95	571.40	562.30	10.18	277.98	250.17
3	6.33	570.05	567.36	13.20	273.15	263.97
4	6.88	650.49	1128.07	15.13	295.68	392.90
5	8.70	618.98	518.52	18.43	292.27	279.41
6	10.50	602.34	530.95	21.73	291.12	285.47
7	11.40	638.61	999.80	24.75	294.15	313.72
8	12.45	662.35	895.33	27.78	296.89	317.66
9	13.20	698.45	1238.55	29.98	307.57	431.87
10	14.55	700.90	723.70	33.00	309.03	322.79
11	15.60	716.69	925.14	36.03	310.35	324.18
12	16.20	750.96	1584.26	38.78	313.75	356.70
13	17.40	755.92	820.96	40.70	323.17	505.23
14	18.15	779.18	1298.84	44.00	321.41	300.21
15	18.75	807.08	1618.28	47.58	318.08	277.79
16	19.05	846.43	3150.89	50.60	318.67	327.70
17	19.65	871.11	1632.61	53.63	319.20	328.04
18	19.95	907.81	3199.27	55.83	324.42	449.26
19	20.85	916.31	1101.98	58.85	324.64	328.61
20	21.45	937.05	1644.44	61.60	326.29	361.32
21	22.05	956.69	1647.10	62.98	334.97	715.80
22	22.50	981.81	2188.56	64.63	341.83	599.42
23	22.95	1005.96	2192.38	65.45	352.74	1184.35
24	23.25	1035.84	3268.32	66.35	362.97	1090.67
25	23.85	1051.57	1654.66	68.31	367.15	507.19
26	24.41	1068.28	1772.87	70.01	372.47	584.34
27	24.98	1083.83	1743.23	72.60	372.92	384.93
28	25.51	1100.41	1874.69	74.36	377.51	565.17
29	26.01	1117.60	1987.31	75.65	384.25	769.41
30	26.45	1136.73	2257.07	76.56	392.72	1087.31

Vs30 392.72

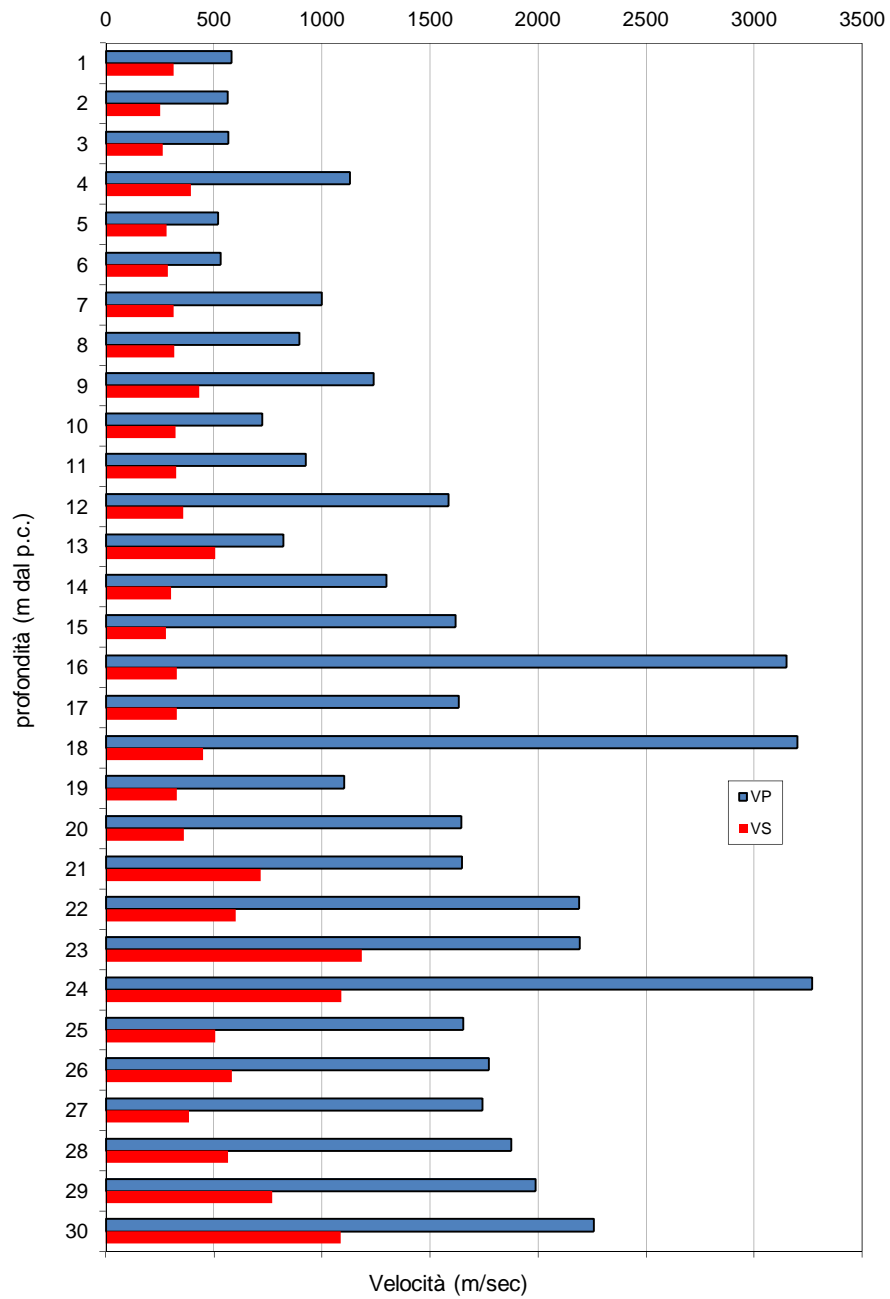
LEGENDA

Tempi P	Tempi di arrivo delle onde P	Tempi S	Tempi di arrivo delle onde S
VPM	Velocità media delle onde P	VPS	Velocità media delle onde S
VPI	Velocità intervallare delle onde P	VSI	Velocità interv. delle onde S



loc. "Cecchina di Albano Laziale", Roma

Down-Hole S1





loc. "Cecchina di Albano Laziale", Roma

DOWN-HOLE S2

Profondità (m dal p.c.)	Tempi P (millisec)	VP media (m/s)	VP (m/s)	Tempi S (millisec)	VS media (m/s)	VS (m/s)
1	3.20	698.77	698.77	8.63	259.25	259.25
2	4.20	673.44	649.87	10.88	260.09	260.92
3	4.60	783.82	1166.07	14.25	253.02	239.98
4	5.40	828.17	997.53	16.88	265.02	308.95
5	7.00	769.31	599.01	19.13	281.58	375.42
6	8.00	790.57	917.32	21.38	295.89	396.67
7	9.20	791.32	795.83	25.50	285.49	235.81
8	10.40	792.90	804.21	28.50	289.34	319.47
9	11.20	823.17	1185.10	30.00	307.32	611.04
10	12.00	849.84	1199.51	33.38	305.56	290.59
11	12.40	901.64	2309.37	36.38	307.36	326.65
12	13.20	921.63	1218.90	39.75	306.05	292.32
13	13.60	967.13	2372.73	42.75	307.67	328.54
14	14.00	1010.15	2395.57	44.63	316.91	519.86
15	14.60	1036.49	1632.29	47.63	317.75	329.95
16	15.00	1074.97	2425.77	50.25	320.89	376.69
17	15.60	1097.26	1642.09	52.50	326.04	438.90
18	16.40	1104.32	1239.86	55.50	326.32	331.11

Vs18 326.32

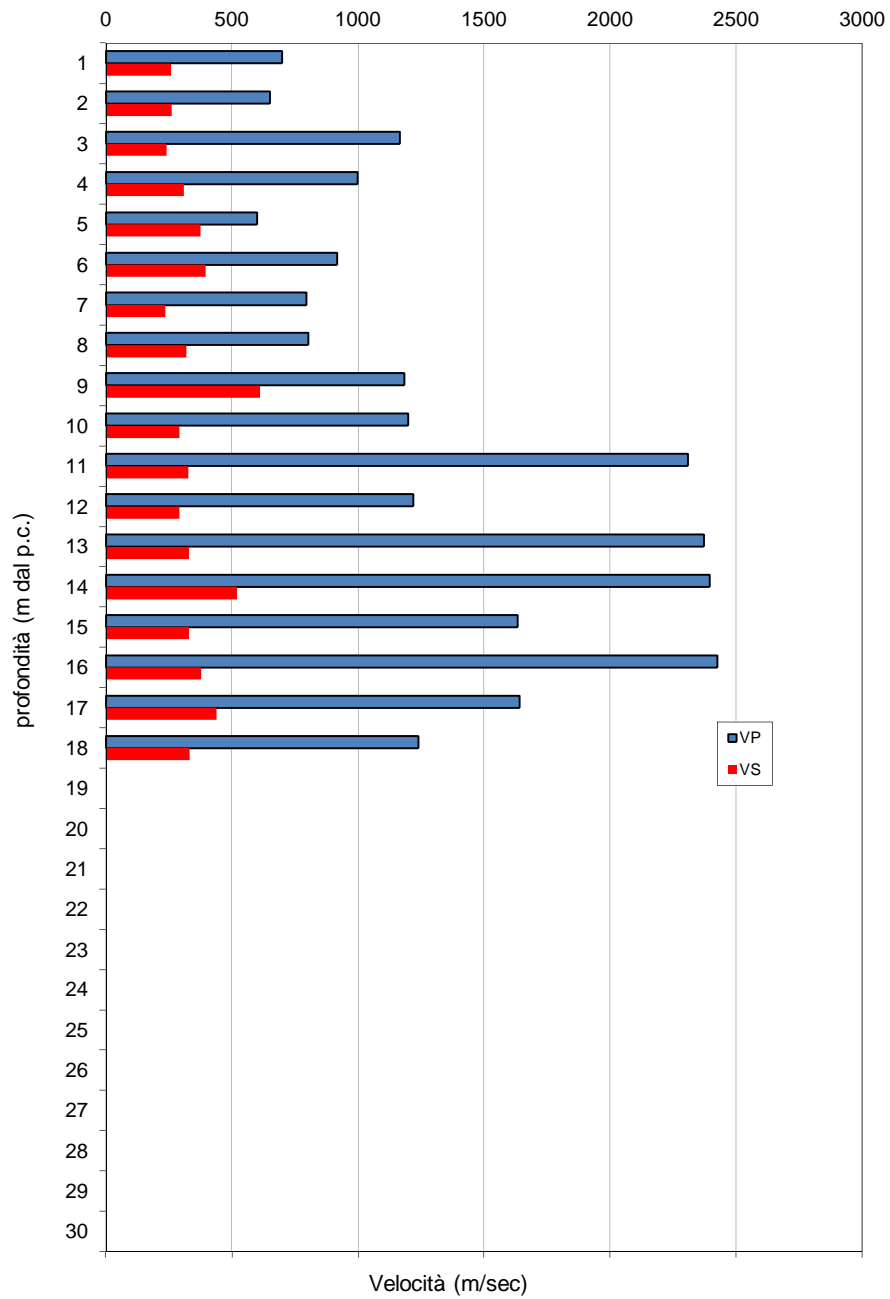
LEGENDA

Tempi P	Tempi di arrivo delle onde P	Tempi S	Tempi di arrivo delle onde S
VPM	Velocità media delle onde P	VPS	Velocità media delle onde S
VPI	Velocità intervallare delle onde P	VSI	Velocità interv. delle onde S



loc. "Cecchina di Albano Laziale", Roma

Down-Hole S2





loc. "Cecchina di Albano Laziale", Roma

DOWN-HOLE S3

Profondità (m dal p.c.)	Tempi P (millisec)	VP media (m/s)	VP (m/s)	Tempi S (millisec)	VS media (m/s)	VS (m/s)
1	1.56	1433.38	1433.38	9.75	229.34	229.34
2	1.91	1480.85	1531.58	10.88	260.09	300.35
3	2.65	1360.59	1170.47	13.50	267.08	282.26
4	3.90	1146.70	779.22	16.50	271.04	283.66
5	5.63	957.36	576.56	19.13	281.58	333.44
6	7.13	887.66	650.75	22.58	280.10	272.91
7	7.75	939.37	1444.16	25.00	291.20	382.14
8	8.50	970.14	1258.81	26.63	309.72	558.05
9	9.21	1001.04	1343.23	28.50	323.49	502.19
10	9.88	1032.71	1443.94	31.13	327.65	370.47
11	10.60	1054.75	1340.87	35.25	317.17	240.34
12	11.82	1029.23	812.91	38.63	314.97	292.56
13	12.63	1041.82	1220.98	41.63	315.99	328.78
14	13.13	1077.50	1942.15	44.25	319.60	375.33
15	14.13	1071.34	992.06	46.48	325.61	442.08
16	15.00	1074.97	1132.41	49.40	326.41	338.84
17	15.63	1095.50	1577.76	52.98	323.12	278.27
18	16.75	1081.24	885.29	55.58	325.88	381.25
19	18.38	1039.73	614.82	58.18	328.41	381.64
20	18.88	1064.89	1971.26	60.45	332.50	435.80
21	19.75	1068.10	1136.74	64.35	327.82	255.75
22	20.25	1090.90	1977.06	67.60	326.79	306.54
23	21.02	1098.33	1291.76	68.90	335.08	758.38
24	21.50	1120.15	2062.89	69.88	344.66	1007.40
25	22.03	1138.44	1872.28	70.75	354.49	1122.28
26	22.45	1161.55	2358.31	71.83	363.06	918.48
27	23.13	1170.77	1475.05	73.13	370.24	762.33
28	23.78	1180.46	1520.33	74.43	377.18	762.97
29	24.71	1176.40	1073.10	76.70	378.99	438.14
30	25.41	1183.26	1423.94	78.00	385.47	763.94

Vs30 385.47

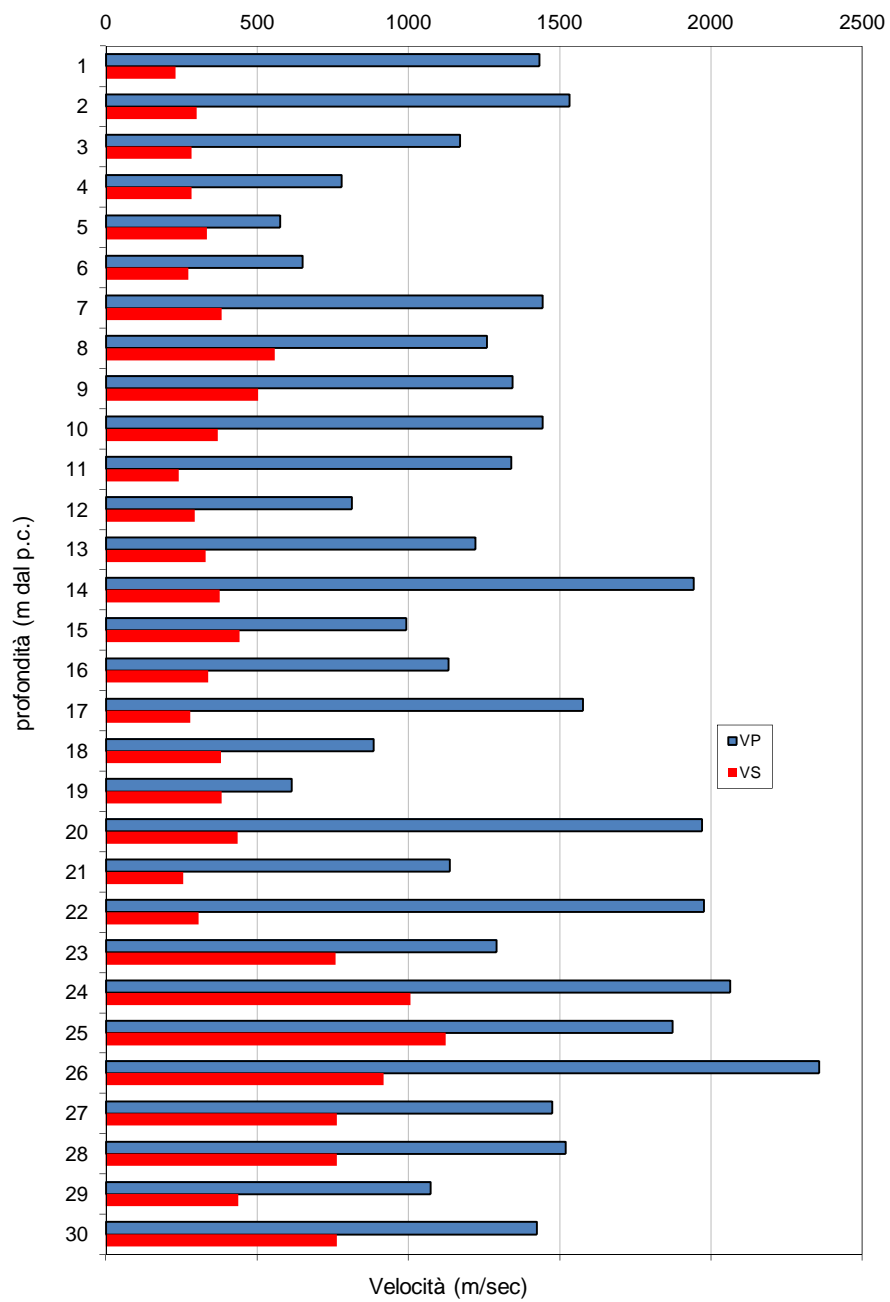
LEGENDA

Tempi P	Tempi di arrivo delle onde P	Tempi S	Tempi di arrivo delle onde S
VPM	Velocità media delle onde P	VPS	Velocità media delle onde S
VPI	Velocità intervallare delle onde P	VSI	Velocità interv. delle onde S



loc. "Cecchina di Albano Laziale", Roma

Down-Hole S3



PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm ² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar = 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 1**

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 25/02/2013
- quota inizio : 244,32 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	2	14,9	1	2,20 - 2,40	7	45,0	3
0,20 - 0,40	2	14,9	1	2,40 - 2,60	7	45,0	3
0,40 - 0,60	1	7,4	1	2,60 - 2,80	7	45,0	3
0,60 - 0,80	1	7,4	1	2,80 - 3,00	8	48,2	4
0,80 - 1,00	2	13,8	2	3,00 - 3,20	7	42,2	4
1,00 - 1,20	2	13,8	2	3,20 - 3,40	7	42,2	4
1,20 - 1,40	7	48,3	2	3,40 - 3,60	12	72,3	4
1,40 - 1,60	7	48,3	2	3,60 - 3,80	13	78,3	4
1,60 - 1,80	8	55,2	2	3,80 - 4,00	23	130,3	5
1,80 - 2,00	8	51,5	3	4,00 - 4,20	34	192,6	5
2,00 - 2,20	9	57,9	3	4,20 - 4,40	55	311,5	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 1A**

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
 - lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
 - località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 25/02/2013
 - quota inizio : 245,59 mt slm
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 07/03/2013

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	1	7,4	1	2,40 - 2,60	13	83,6	3
0,20 - 0,40	2	14,9	1	2,60 - 2,80	11	70,8	3
0,40 - 0,60	2	14,9	1	2,80 - 3,00	14	84,3	4
0,60 - 0,80	2	14,9	1	3,00 - 3,20	12	72,3	4
0,80 - 1,00	1	6,9	2	3,20 - 3,40	18	108,4	4
1,00 - 1,20	4	27,6	2	3,40 - 3,60	20	120,5	4
1,20 - 1,40	5	34,5	2	3,60 - 3,80	21	126,5	4
1,40 - 1,60	7	48,3	2	3,80 - 4,00	45	254,8	5
1,60 - 1,80	9	62,1	2	4,00 - 4,20	54	305,8	5
1,80 - 2,00	11	70,8	3	4,20 - 4,40	45	254,8	5
2,00 - 2,20	12	77,2	3	4,40 - 4,60	27	152,9	5
2,20 - 2,40	11	70,8	3	4,60 - 4,80	55	311,5	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 2**

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 245,33 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	----	----	1	2,40 - 2,60	10	64,3	3
0,20 - 0,40	----	----	1	2,60 - 2,80	15	96,5	3
0,40 - 0,60	----	----	1	2,80 - 3,00	19	114,5	4
0,60 - 0,80	2	14,9	1	3,00 - 3,20	16	96,4	4
0,80 - 1,00	5	34,5	2	3,20 - 3,40	14	84,3	4
1,00 - 1,20	6	41,4	2	3,40 - 3,60	10	60,2	4
1,20 - 1,40	5	34,5	2	3,60 - 3,80	13	78,3	4
1,40 - 1,60	6	41,4	2	3,80 - 4,00	34	192,6	5
1,60 - 1,80	8	55,2	2	4,00 - 4,20	21	118,9	5
1,80 - 2,00	6	38,6	3	4,20 - 4,40	50	283,2	5
2,00 - 2,20	6	38,6	3	4,40 - 4,60	55	311,5	5
2,20 - 2,40	8	51,5	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 2A**

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 249,26 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	----	----	1	2,60 - 2,80	8	51,5	3
0,20 - 0,40	----	----	1	2,80 - 3,00	8	48,2	4
0,40 - 0,60	2	14,9	1	3,00 - 3,20	8	48,2	4
0,60 - 0,80	3	22,3	1	3,20 - 3,40	9	54,2	4
0,80 - 1,00	4	27,6	2	3,40 - 3,60	11	66,3	4
1,00 - 1,20	3	20,7	2	3,60 - 3,80	13	78,3	4
1,20 - 1,40	2	13,8	2	3,80 - 4,00	14	79,3	5
1,40 - 1,60	3	20,7	2	4,00 - 4,20	16	90,6	5
1,60 - 1,80	4	27,6	2	4,20 - 4,40	20	113,3	5
1,80 - 2,00	10	64,3	3	4,40 - 4,60	31	175,6	5
2,00 - 2,20	17	109,4	3	4,60 - 4,80	45	254,8	5
2,20 - 2,40	13	83,6	3	4,80 - 5,00	50	267,2	6
2,40 - 2,60	10	64,3	3	5,00 - 5,20	55	293,9	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 3**

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
 - lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
 - località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
 - quota inizio : 251.26 mt slm
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 07/03/2013

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	1	7,4	1	2,60 - 2,80	7	45,0	3
0,20 - 0,40	1	7,4	1	2,80 - 3,00	8	48,2	4
0,40 - 0,60	1	7,4	1	3,00 - 3,20	7	42,2	4
0,60 - 0,80	3	22,3	1	3,20 - 3,40	6	36,1	4
0,80 - 1,00	6	41,4	2	3,40 - 3,60	9	54,2	4
1,00 - 1,20	6	41,4	2	3,60 - 3,80	8	48,2	4
1,20 - 1,40	5	34,5	2	3,80 - 4,00	9	51,0	5
1,40 - 1,60	5	34,5	2	4,00 - 4,20	9	51,0	5
1,60 - 1,80	7	48,3	2	4,20 - 4,40	15	84,9	5
1,80 - 2,00	8	51,5	3	4,40 - 4,60	24	135,9	5
2,00 - 2,20	10	64,3	3	4,60 - 4,80	23	130,3	5
2,20 - 2,40	9	57,9	3	4,80 - 5,00	54	288,5	6
2,40 - 2,60	6	38,6	3	5,00 - 5,20	60	320,6	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 3A**

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
 - lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
 - località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
 - quota inizio : 249.95 mt slm
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 07/03/2013

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	----	----	1	1,80 - 2,00	9	57,9	3
0,20 - 0,40	1	7,4	1	2,00 - 2,20	12	77,2	3
0,40 - 0,60	1	7,4	1	2,20 - 2,40	18	115,8	3
0,60 - 0,80	1	7,4	1	2,40 - 2,60	26	167,3	3
0,80 - 1,00	2	13,8	2	2,60 - 2,80	51	328,2	3
1,00 - 1,20	3	20,7	2	2,80 - 3,00	49	295,2	4
1,20 - 1,40	5	34,5	2	3,00 - 3,20	56	337,4	4
1,40 - 1,60	7	48,3	2	3,20 - 3,40	56	337,4	4
1,60 - 1,80	8	55,2	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

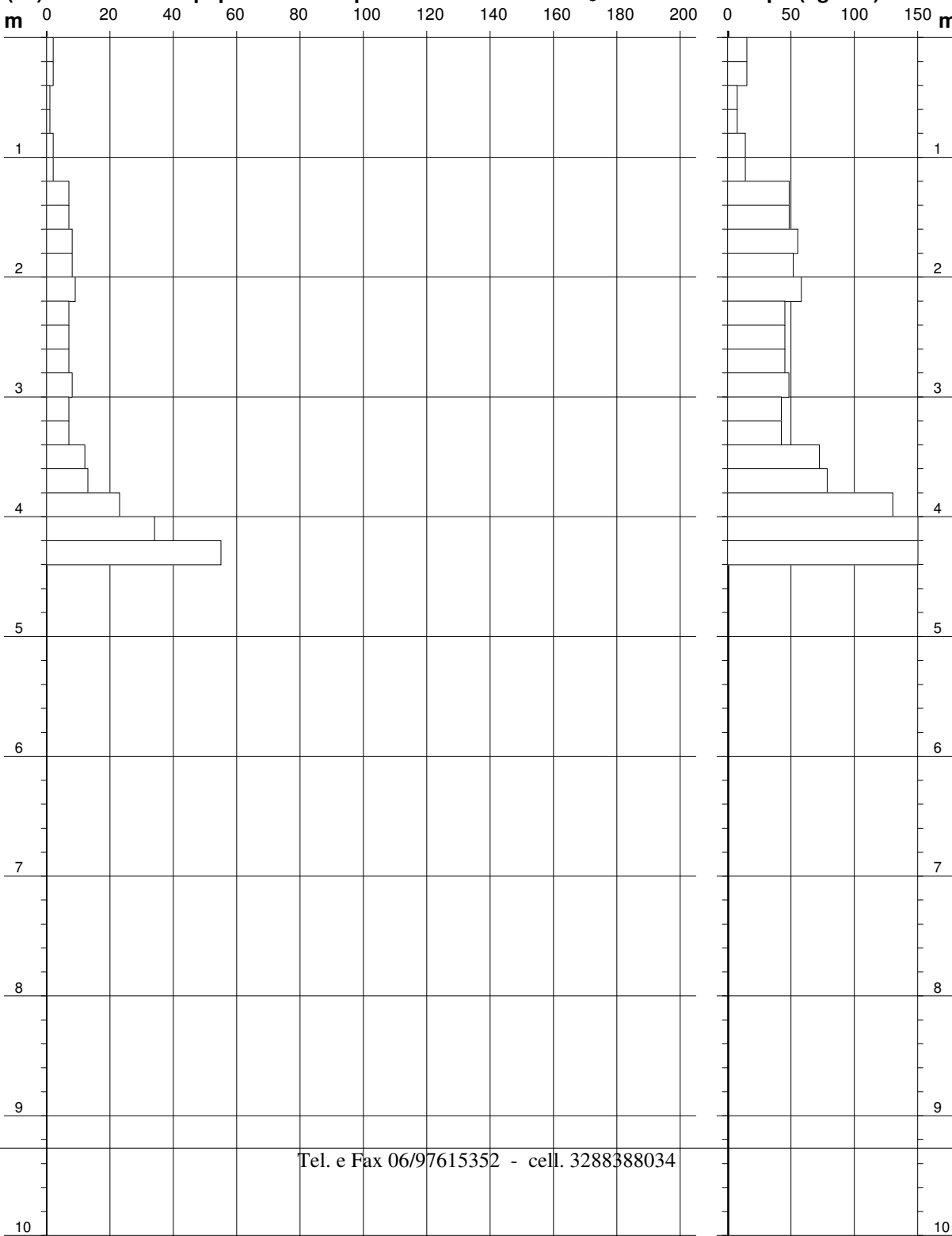
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 1**

Scala 1: 50

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 25/02/2013
- quota inizio : 244,32 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm**Rpd (kg/cm²)**

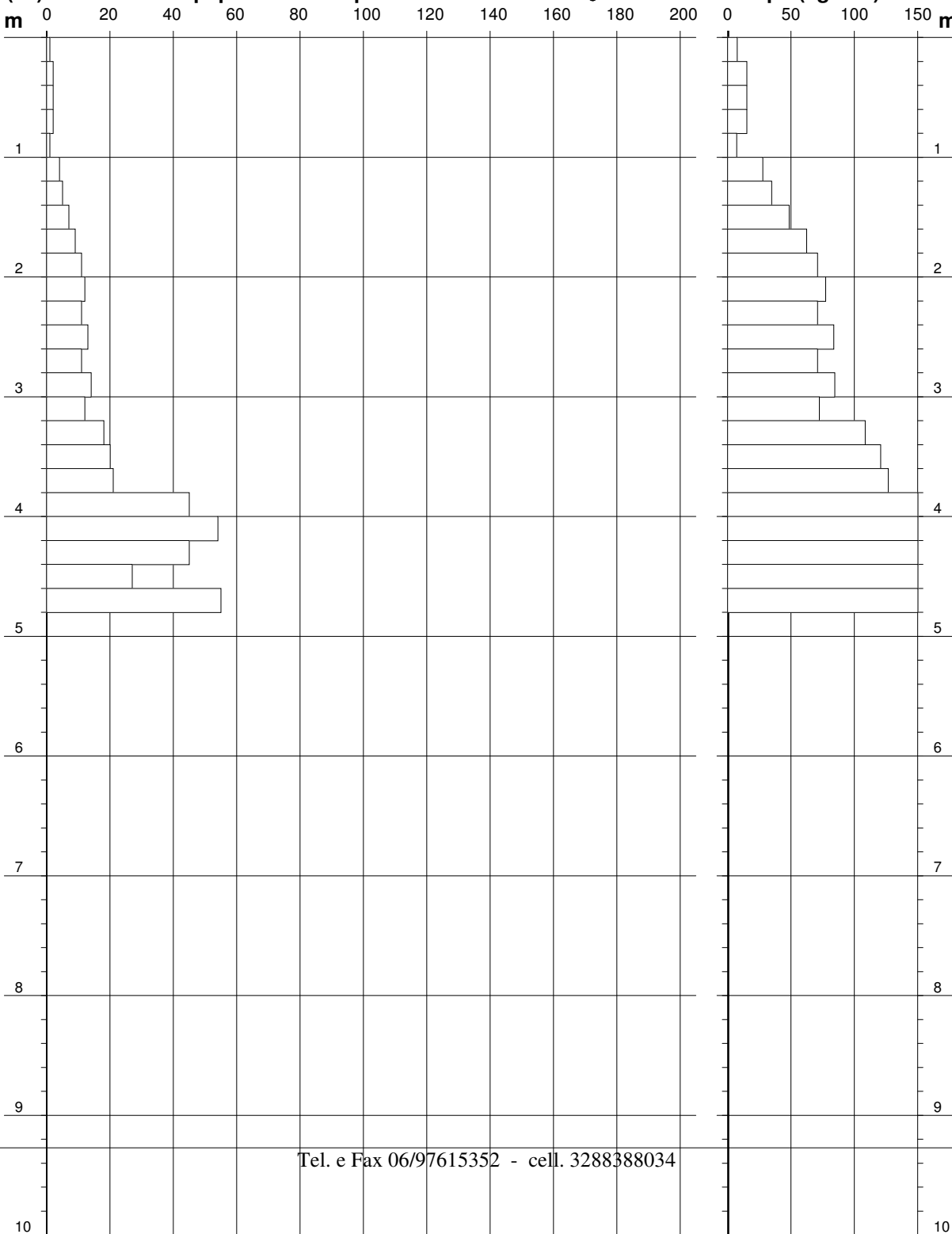
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 1A**

Scala 1: 50

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 25/02/2013
- quota inizio : 245,59 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm**Rpd (kg/cm²)**

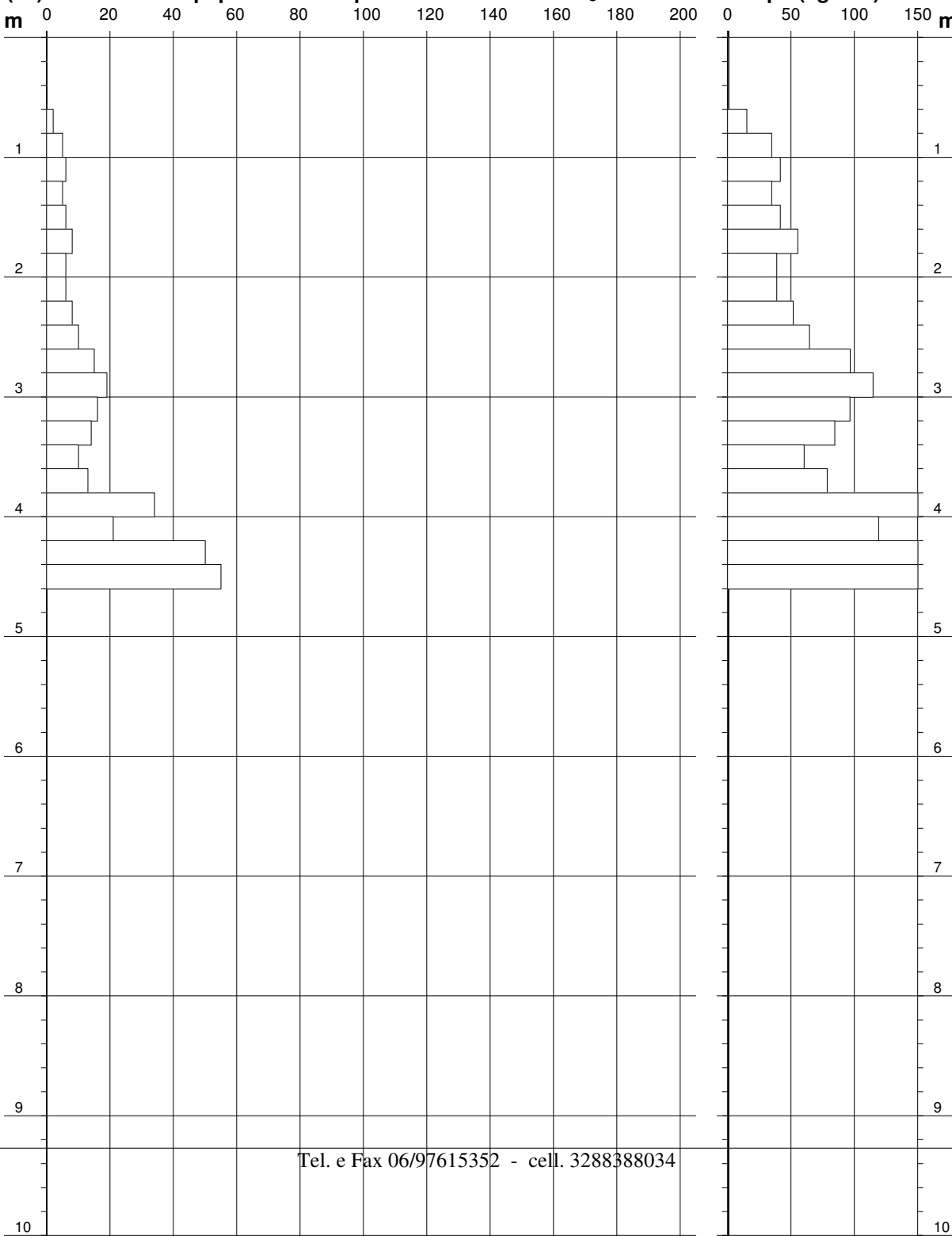
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 2**

Scala 1: 50

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 245,33 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm**Rpd (kg/cm²)**

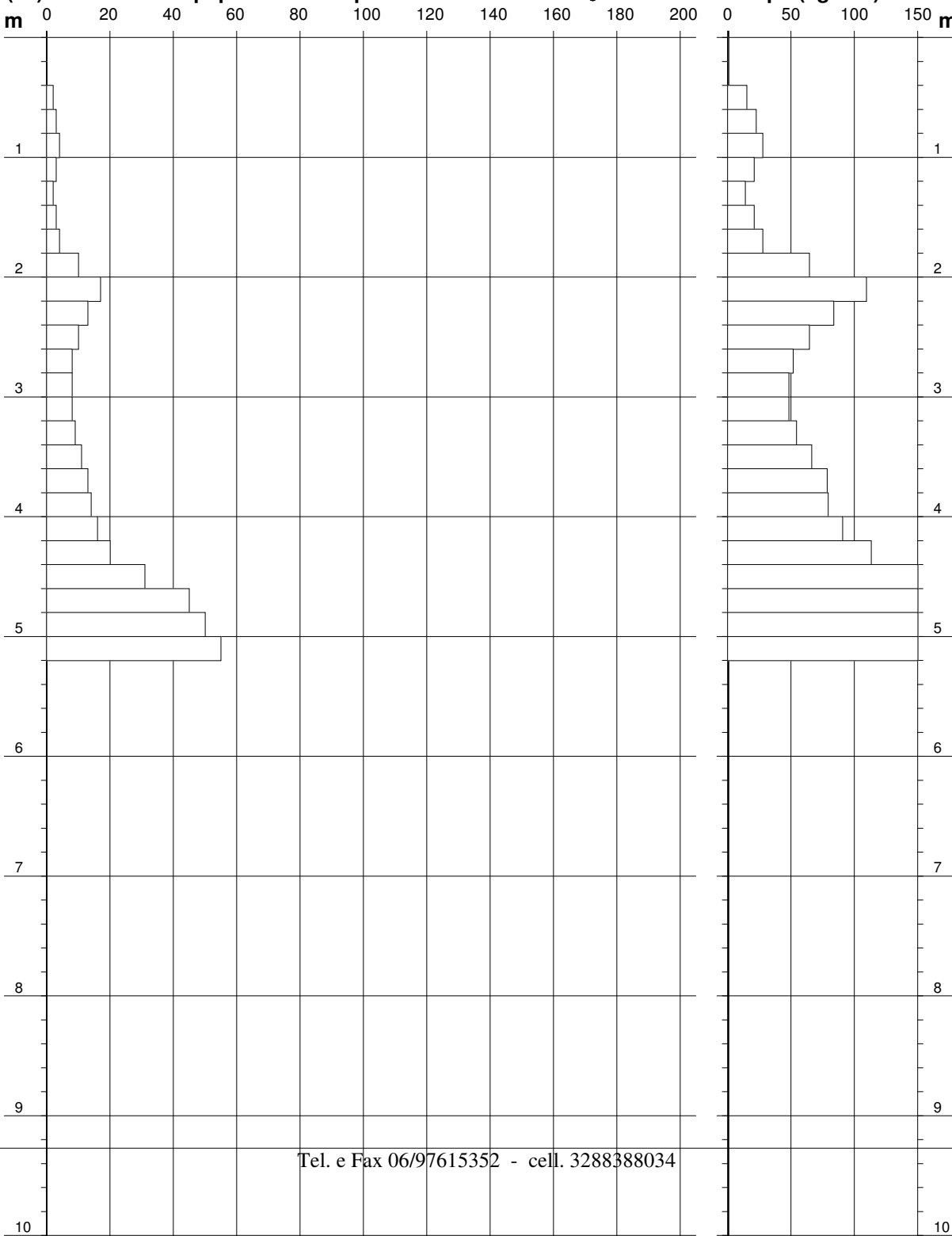
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 2A**

Scala 1: 50

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 249,26 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm**Rpd (kg/cm²)**

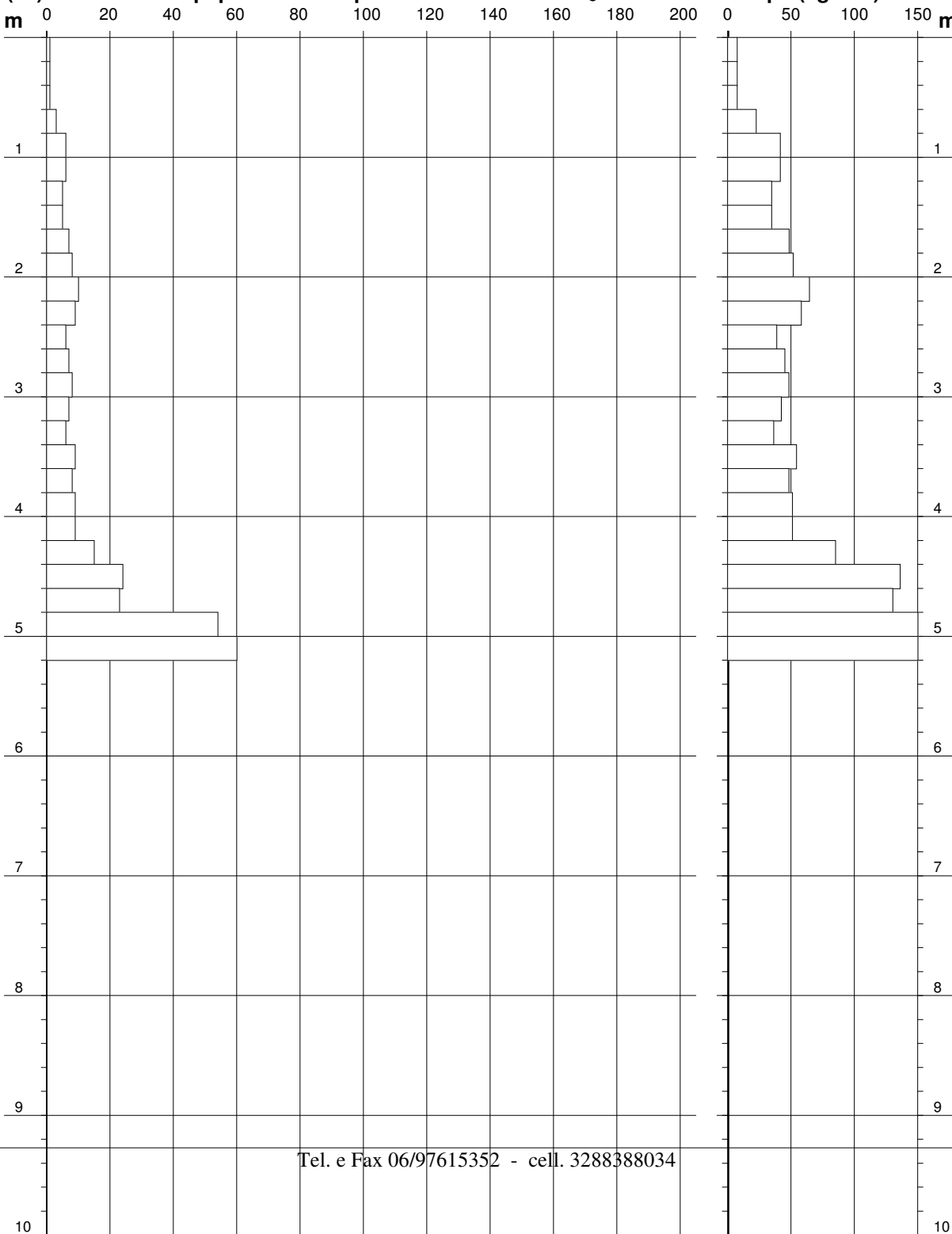
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 3**

Scala 1: 50

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 251.26 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm**Rpd (kg/cm²)**

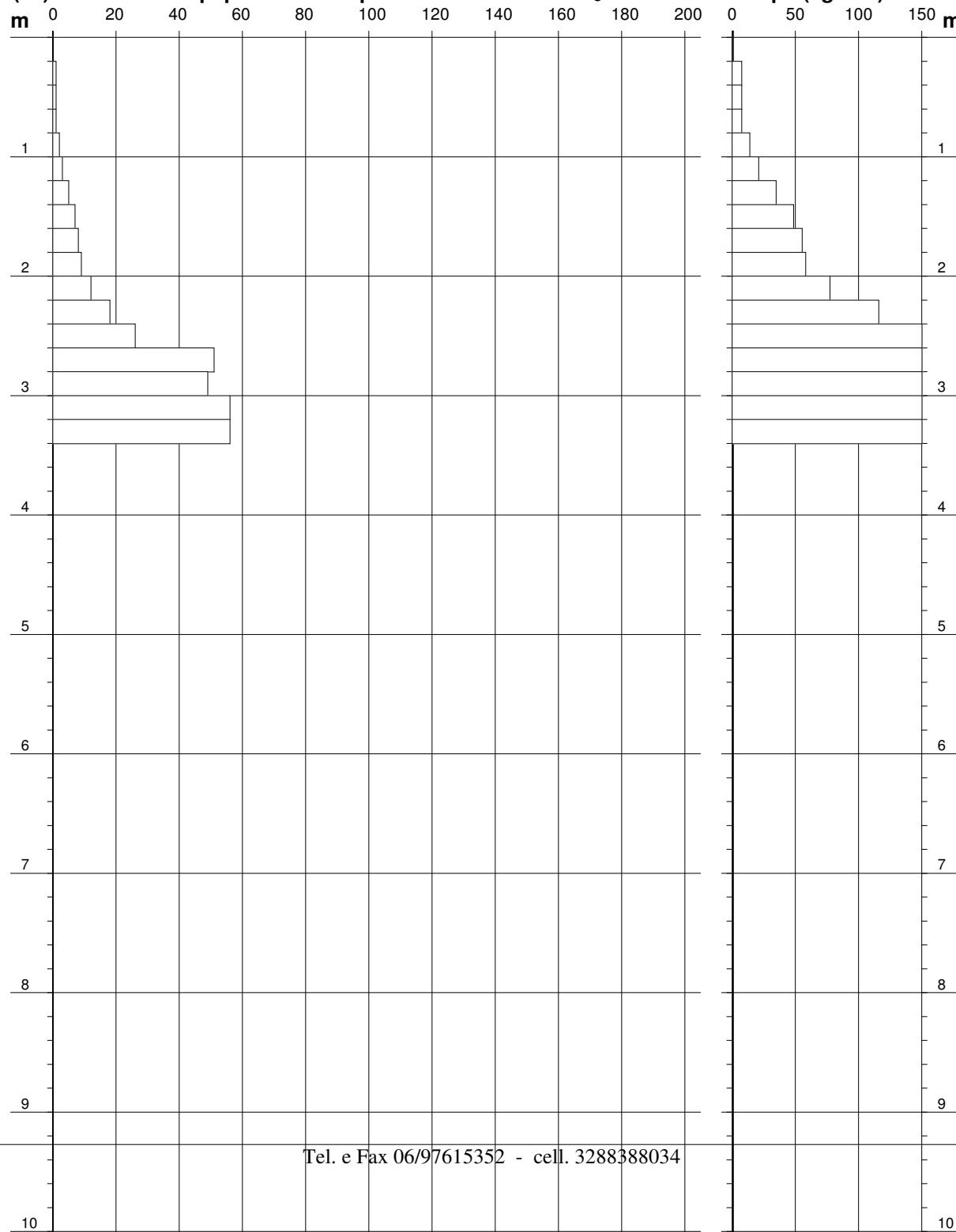
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 3A**

Scala 1: 50

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 249.95 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm**Rpd (kg/cm²)**

GEOLOGIA e TERRITORIO

Dott. Geol. Attilio Vitali

Via Monte Fantino, 6/a - 00141 Roma

Certificato: 2013-08

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 25/02/2013
- quota inizio : 244,32 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	Terreno vegetale molto sciolto	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	----	----	----	----
2	0.80	1.20	Pirocl. rimanegg. molto sciolta	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
3	1.20	3.40	Piroclast sabb.limosa med add	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	3.40	3.80	Piroclastite sabb med addens	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
5	3.80	4.40	Livello piroclast med coerente	56	87.3	41.9	623	2.16	1.87	3.50	2.46	06	0.168

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

GEOLOGIA e TERRITORIO

Dott. Geol. Attilio Vitali

Via Monte Fantino, 6/a - 00141 Roma

Certificato: 2013-08

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1A

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 25/02/2013
- quota inizio : 245,59 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.00	Terreno vegetale molto sciolto	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	1.00	1.60	Piroclastite argillificata sciolta	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
3	1.60	3.20	Piroclast sabb-limosa med add	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
4	3.20	3.80	Piroclastite sabb med addens	30	65.0	36.0	423	2.05	1.69	1.88	2.14	18	0.490
5	3.80	4.80	Livello piroclast med coerente	68	91.8	43.7	716	2.19	1.91	4.25	2.60	02	0.061

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**DIN 2**

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
 - lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
 - località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
 - quota inizio : 245,33 mt slm
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 07/03/2013

- note :

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	Terreno vegetale molto sciolto	----	----	26.0	191	1.83	1.33	----	1.60	68	1.833
2	0.80	1.60	Piroclastite argillificata sciolta	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
3	1.60	2.60	Piroclast sabb-limosa med add	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	2.60	4.20	Piroclastite sabb med addens	27	60.5	35.1	399	2.03	1.66	1.69	2.10	20	0.539
5	4.20	4.60	Livello piroclast med coerente	79	95.9	44.5	800	2.21	1.95	4.94	2.73	-01	-0.020

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

GEOLOGIA e TERRITORIO

Dott. Geol. Attilio Vitali

Via Monte Fantino, 6/a - 00141 Roma

Certificato: 2013-08

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2A

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 249,26 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40	Terreno vegetale molto sciolto	----	----	26.0	191	1.83	1.33	----	1.60	68	1.833
2	0.40	1.80	Piroclastite argillificata sciolta	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	1.80	3.60	Piroclast sabb-limosa med add	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
4	3.60	4.60	Piroclastite sabb. med addens	29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506
5	4.60	5.20	Livello Piroclast med. coerente	76	94.8	44.3	777	2.21	1.94	4.75	2.70	----	0.001

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

GEOLOGIA e TERRITORIO

Dott. Geol. Attilio Vitali

Via Monte Fantino, 6/a - 00141 Roma

Certificato: 2013-08

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 251.26 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	Terreno vegetale molto sciolto	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.80	1.60	Piroclastite argillificata. sciolta	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
3	1.60	4.20	Piroclast sabb-limosa med add	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	4.20	4.80	Piroclastite sabb med addens	32	67.0	36.5	438	2.06	1.71	2.00	2.17	17	0.459
5	4.80	5.20	Livello piroclast med coerente	87	98.9	44.9	862	2.23	1.98	5.44	2.83	-03	-0.072

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

GEOLOGIA e TERRITORIO

Dott. Geol. Attilio Vitali

Via Monte Fantino, 6/a - 00141 Roma

Certificato: 2013-08

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3A

- cantiere : PLUS INNOVALBA Via Danimarca Cecchina
- lavoro : Prove Penetrometriche DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale

- data prova : 26/02/2013
- quota inizio : 249.95 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 07/03/2013

- note :

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	Terreno vegetale molto sciolto	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.80	1.40	Piroclastite argillificata sciolta	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	1.40	2.00	Piroclast sabb-limosa med add	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	2.00	2.60	Piroclastite sabb med addens	29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506
5	2.60	3.40	Livello piroclast med coerente	81	96.6	44.6	816	2.22	1.95	5.06	2.76	-01	-0.034

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



DPSH 1



DPSH 1A



DPSH 2

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm ² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar = 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 2B**

- cantiere : Scuola. Elementare Via Danimarca
 - lavoro : Prove Penetrometriche Integrative DPSH
 - località : Cecchina di Albano Laziale RM

- data prova : 14/01/2014
 - quota inizio : 145,84 mt slm
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 14/01/2014

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	2	14,9	1	2,80 - 3,00	9	54,2	4
0,20 - 0,40	1	7,4	1	3,00 - 3,20	9	54,2	4
0,40 - 0,60	1	7,4	1	3,20 - 3,40	8	48,2	4
0,60 - 0,80	4	29,8	1	3,40 - 3,60	7	42,2	4
0,80 - 1,00	5	34,5	2	3,60 - 3,80	7	42,2	4
1,00 - 1,20	2	13,8	2	3,80 - 4,00	8	45,3	5
1,20 - 1,40	4	27,6	2	4,00 - 4,20	9	51,0	5
1,40 - 1,60	7	48,3	2	4,20 - 4,40	11	62,3	5
1,60 - 1,80	6	41,4	2	4,40 - 4,60	11	62,3	5
1,80 - 2,00	7	45,0	3	4,60 - 4,80	12	68,0	5
2,00 - 2,20	8	51,5	3	4,80 - 5,00	18	96,2	6
2,20 - 2,40	8	51,5	3	5,00 - 5,20	29	154,9	6
2,40 - 2,60	13	83,6	3	5,20 - 5,40	63	336,6	6
2,60 - 2,80	11	70,8	3	5,40 - 5,60	70	374,0	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**- Numero Colpi Punta N = N(20) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA****DIN 2C**

- cantiere : Scuola. Elementare Via Danimarca
 - lavoro : Prove Penetrometriche Integrative DPSH
 - località : Cecchina di Albano Laziale RM

- data prova : 14/01/2014
 - quota inizio : 147,18 mt slm
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 14/01/2014

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	3	22,3	1	3,00 - 3,20	14	84,3	4
0,20 - 0,40	2	14,9	1	3,20 - 3,40	11	66,3	4
0,40 - 0,60	1	7,4	1	3,40 - 3,60	20	120,5	4
0,60 - 0,80	2	14,9	1	3,60 - 3,80	14	84,3	4
0,80 - 1,00	4	27,6	2	3,80 - 4,00	12	68,0	5
1,00 - 1,20	5	34,5	2	4,00 - 4,20	10	56,6	5
1,20 - 1,40	4	27,6	2	4,20 - 4,40	14	79,3	5
1,40 - 1,60	6	41,4	2	4,40 - 4,60	14	79,3	5
1,60 - 1,80	7	48,3	2	4,60 - 4,80	16	90,6	5
1,80 - 2,00	9	57,9	3	4,80 - 5,00	27	144,3	6
2,00 - 2,20	10	64,3	3	5,00 - 5,20	27	144,3	6
2,20 - 2,40	14	90,1	3	5,20 - 5,40	36	192,4	6
2,40 - 2,60	17	109,4	3	5,40 - 5,60	66	352,6	6
2,60 - 2,80	17	109,4	3	5,60 - 5,80	70	374,0	6
2,80 - 3,00	15	90,4	4				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

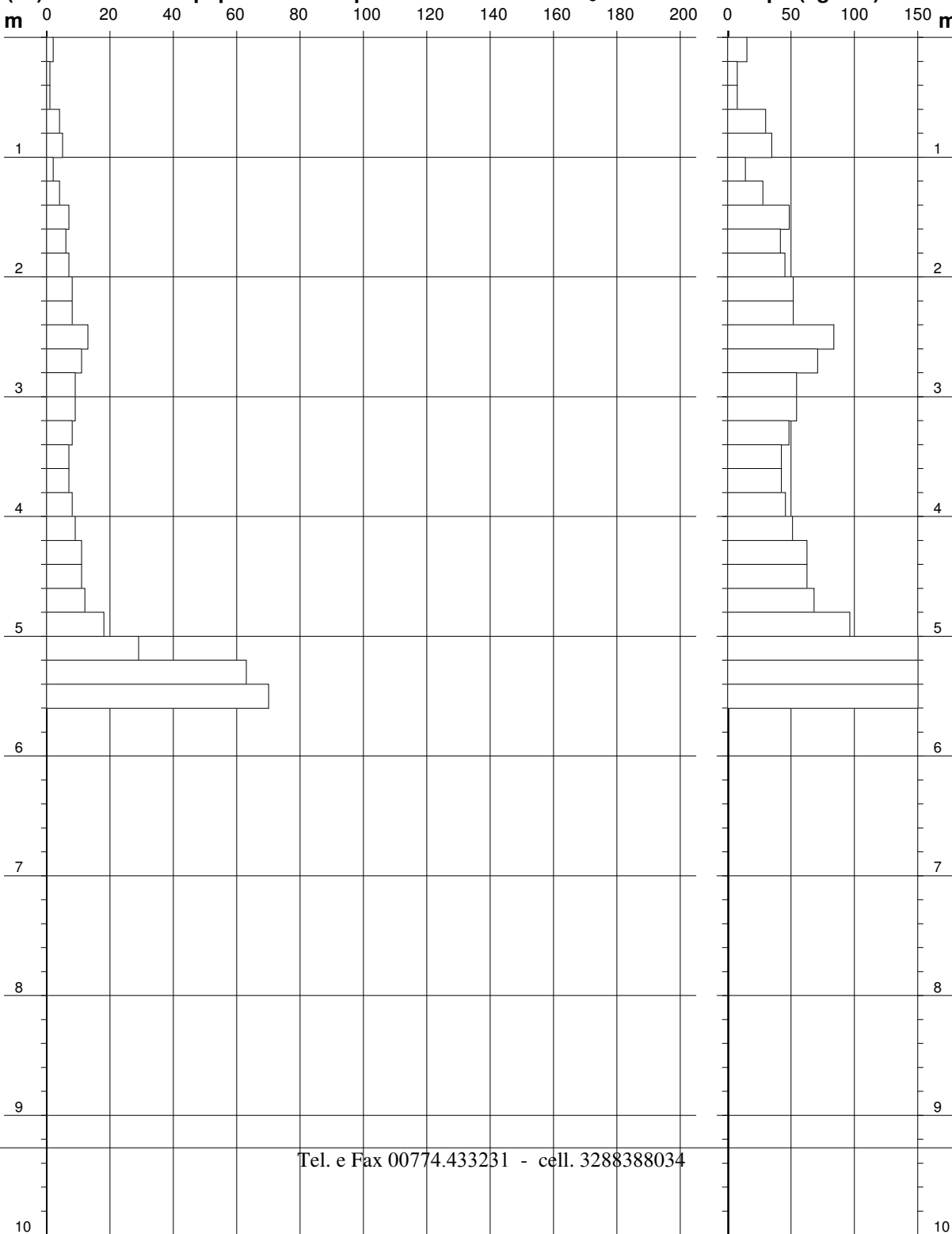
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 2B**

Scala 1: 50

- cantiere : Scuola. Elementare Via Danimarca
- lavoro : Prove Penetrometriche Integrative DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale RM

- data prova : 14/01/2014
- quota inizio : 145,84 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 14/01/2014

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm**Rpd (kg/cm²)**

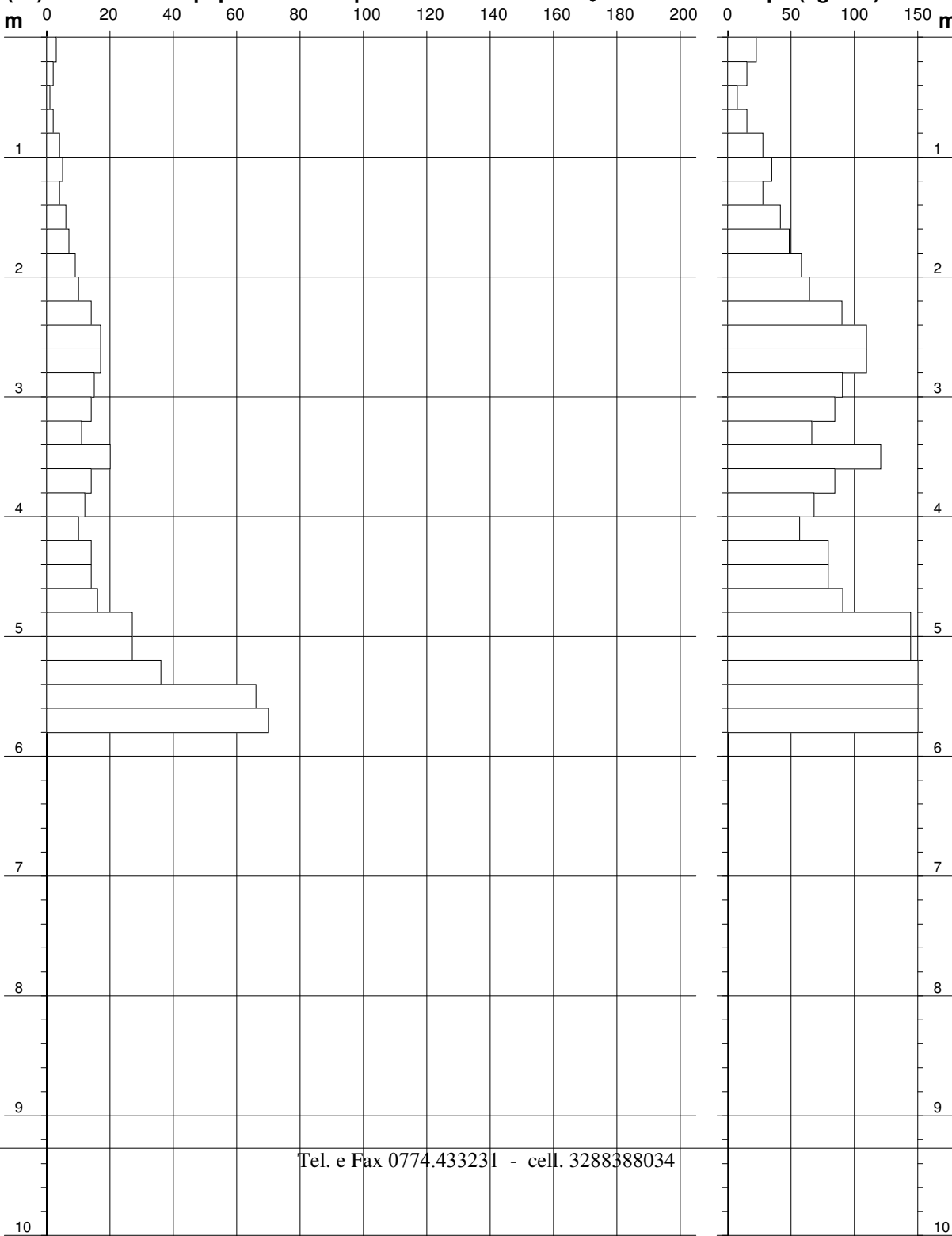
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd****DIN 2C**

Scala 1: 50

- cantiere : Scuola. Elementare Via Danimarca
- lavoro : Prove Penetrometriche Integrative DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale RM

- data prova : 14/01/2014
- quota inizio : 147,18 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 14/01/2014

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm**Rpd (kg/cm²)**

GEOLOGIA e TERRITORIO

Dott. Geol. Attilio Vitali

Via Fratelli Cervi 3 - 00012 Guidonia RMa

Certificato: 2014-02

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2B

- cantiere : Scuola. Elementare Via Danimarca
- lavoro : Prove Penetrometriche Integrative DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale RM

- data prova : 14/01/2014
- quota inizio : 145,84 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 14/01/2014

- note :

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	Terreno vegetale molto sciolto	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.60	1.40	Piroclastite argillificata sciolta	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	1.40	2.40	Piroclast sabb-limosa med add	11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867
4	2.40	5.20	Piroclastite sabb med addens	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
5	5.20	5.60	Livello piroclast med coerente	100	100.0	45.0	962	2.24	1.99	6.25	2.99	-05	-0.145

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

GEOLOGIA e TERRITORIO

Dott. Geol. Attilio Vitali

Via Fratelli Cervi 3 - 00012 Guidonia RM

Certificato: 2014-02

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2C

- cantiere : Scuola. Elementare Via Danimarca
- lavoro : Prove Penetrometriche Integrative DPSH
- località : Cecchina di Albano Laziale RM

- data prova : 14/01/2014
- quota inizio : 147,18 mt slm
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 14/01/2014

- note :

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	Terreno vegetale molto sciolto	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.80	1.40	Piroclastite argillificata sciolta	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	1.40	2.20	Piroclast sabb-limosa med add	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	2.20	5.40	Piroclastite sabb med addens	26	59.0	34.8	392	2.03	1.65	1.63	2.09	21	0.556
5	5.40	5.80	Livello piroclast med coerente	103	100.0	45.0	985	2.24	1.99	6.44	3.03	-06	-0.161

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE

