

REGIONE MOLISE



COMUNE DI ISERNIA



RICOSTRUZIONE DI UN TRATTO DI MURA URBICHE DI VIA OCCIDENTALE NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO GENERALE DI VALORIZZAZIONE DELLE EMERGENZE ARCHEOLOGICHE DELLA CATTEDRALE DI ISERNIA



PROGETTO ESECUTIVO

SECONDO INDICAZIONI DELLA SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGICA DEL MOLISE
(Nota Prot. 0006406-P del 10/07/2019)

Progettazione:

Ing. Gianluca MORIA
Arch. Franco DI SALVO



Consulenza Archeologica:

Dott. Archeologo. Francesco GIANCOLA

Consulenza Geologica:

Dott. Geol. Aldo SUCCI



Coordinamento della Sicurezza:

Ing. Gianluca MORIA
Arch. Franco DI SALVO



Il Responsabile del Procedimento Unico:

Ing. Roberto Potena

Titolo Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

TAVOLA:

3.1

Scala Disegno:

VARIE SCALE

DATA :

AGOSTO 2019

STUDIO	L.R. n.20/96
U	D.M. 17/01/2018
C	
C	
I	



REGIONE MOLISE

Comune di ISERNIA

(prov. di Isernia)

Progetto di Realizzazione di un tratto di mura urbane lungo la Via Occidentale nell'ambito dell'intervento generale di valorizzazione delle emergenze archeologiche della Cattedrale di Isernia.

Ente Attuatore: Amministrazione Comunale.



Relazione Geologica e Geotecnica sulle indagini

Data : Dicembre 2018

Dott. Aldo Succi – Geologo Specialista

n. iscr. 23 O.R.G. – n. iscr. 2956 O.N.G.

iscritto E.P.A.P. – matr. 0154281

Via Mario Farinacci n. 11 – 86170 ISERNIA

c.f. SCC LDA 48H19 E335Q – P.IVA 00078800943

cell. 347 6123393 - E-mail: eurogeo76@hotmail.com

http://www.edilizia.com/Molise/Professionisti/Geologi/Isernia/Dott_Aldo_Succi

Il contenuto degli elaborati resta di proprietà del Geologo e, pertanto, ne sono vietati la riproduzione anche se parziale e la sua generalizzazione ad altre aree, anche se limitrofe. Gli elaborati non possono essere utilizzati per scopi diversi da quello per cui sono stati redatti (art. 99 Legge 633/41 – art. 9 D.M. 18-11-1971).

Ordine dei Geologi della Regione Molise

PROGETTO QUALITA'

ATTESTAZIONE DI GARANZIA DI QUALITA'

Il sottoscritto Dott. Aldo Succi – Geologo Specialista iscritto all’Ordine dei Geologi della Regione Molise con n. rif. 23 – in qualità di redattore della presente “Relazione geologica e Geotecnica sulle indagini”, avendo aderito al “Progetto Qualità” promosso dall’Ordine dei Geologi della Regione Molise in accordo e di concerto con gli Organi Competenti della stessa Regione Molise, dichiara quanto segue:

- 1) Il professionista ha conseguito le Attestazioni relative all’acquisizione dei crediti formativi, prevista dall’A.P.C. (Aggiornamento Professionale Continuo) per il triennio 2008-2010, conseguendo 108 crediti sui 50 minimi richiesti dalla Normativa; e per il triennio 2011-2013, conseguendo 97 crediti sui 50 minimi richiesti; per il triennio 2014-2016, conseguendo 191 crediti sui 50 minimi richiesti.
- 2) La stesura della Relazione è conforme allo Standard di Lavoro approvato dal Consiglio dell’Ordine dei Geologi della Regione Molise;
- 3) La stessa Relazione è conforme alle direttive di cui alla L.R. n. 20/96, al D.M. 17-01-2018, all’O.M. n. 3274/2003, e ne viene garantita la qualità;
- 4) L’elaborato non può essere utilizzato per scopi diversi da quello per cui è stato redatto.

Dott. Aldo Succi

Geologo Specialista

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'

Ai sensi dell'art. 47 del D.P.R. 28 dicembre 2000 n. 445

Il sottoscritto Geol. Dott. Aldo Succi, nato a Isernia il 19 giugno 1948 – c.f. SCC LDA 48H19 E335Q – residente a Isernia in Via Pio La Torre n. 21, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Molise con il n. 23 (Albo Ordinario), consapevole delle sanzioni penali richiamate dall'art. 76 del D.P.R. 445/2000, in caso di dichiarazioni mendaci e di formazione o uso di atti falsi,

DICHIARA

Di essere stato incaricato in qualità di Geologo nell'ambito del *Progetto di Realizzazione di un tratto di mura urbane lungo la Via Occidentale nell'ambito dell'intervento generale di valorizzazione delle emergenze archeologiche della Cattedrale di Isernia.*

Ente Attuatore: Amministrazione Comunale di ISERNIA

Lo studio geologico comprende i seguenti Elaborati:

- Relazione Geologica e Geotecnica sulle indagini
- Quaderno delle indagini

Allega alla presente una copia del proprio documento d'identità in corso di validità e firmato in originale.

Isernia: Dicembre 2018

Il Dichiarante

Dott. Geol. Aldo Succi



NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17-01-2018 / Testo Unitario – Norme Tecniche per le costruzioni.
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici / Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Eurocodice 8 / Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture (UNI EN 1998-1).
- D.M. 11-03-1988 / Norme tecniche relative alle indagini sui terreni e sulle rocce, alla stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ai criteri generali ed alle prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Legge Regione Molise n. 20 del 6-06-1996 / Norme per lo snellimento delle procedure di cui alla Legge 2-2-1974.
- Deliberazione della Giunta Regione Molise n. 3073 del 5 agosto 1996 / Direttiva Regionale per l'applicazione della L.R. n. 20 del 6-6-1996.
- Legge Regione Molise n. 24 del 1-12-1989 / Piani Territoriali Paesistico-Ambientali di Area vasta (PTPAAV).
- Deliberazione del Consiglio della Regione Molise n. 194 del 20 settembre 2006 / Riclassificazione sismica del territorio regionale ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche secondo i criteri generali contenuti nell'OPCM n. 3519 del 28-04-2006.
- Regione Molise: Programma di Sviluppo Rurale (P.S.R.) / Tutela e salvaguardia dell'ambiente – sub progetto "Difesa del suolo" – Analisi delle condizioni del suolo nel Comune di Isernia (IS).

I N D I C E

1) CONSIDERAZIONI PRELIMINARI D'INTERESSE STORICO E AMBIENTALE	PAG. 6
2) UBICAZIONE DELL'AREA E MORFOLOGIA DEL RILIEVO	PAG. 11
3) INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA INTERESSATA	PAG. 14
4) CENNI D'IDROGEOLOGIA SOTTERRANEA E D'IDROLOGIA SUPERFICIALE	PAG. 19
5) VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)	PAG. 20
6) RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI	PAG. 38

ALLEGATO TECNICO

QUADERNO DELLE INDAGINI

1) CONSIDERAZIONI PRELIMINARI D'INTERESSE STORICO E AMBIENTALE

La notte del 13 marzo 2013 una parte del muro di cinta dell'Abitato più antico di Isernia implose su sé stessa, accumulandosi al bordo di monte della Via Occidentale che corre in adiacenza allo stesso Borgo Antico.

Non a caso abbiamo utilizzato il verbo "implode", in quanto non si trattò di una frana in s.s., così come ebbero a riferire alcune TV locali, gli stessi quotidiani, e qualche sprovveduto amministratore comunale.

Se i mass media avessero usato il termine "smottamento" sarebbero stati più saggi, anche se comunque imprecisi, in quanto sia la frana che lo smottamento necessitano di una spinta alle spalle del muro dovuta alle masse, nel nostro caso terrigene.

Ma come è ben visibile nelle Foto N. 1 e 2 , scattate dal sottoscritto Geologo poche ore dopo l'implosione, non c'è stata la spinta del terreno, nel qual caso avrebbe sicuramente coinvolto la stessa sede stradale, che invece non mostra alcun segno di dissesto e la viabilità è garantita ancora oggi a distanza di sei anni dall'evento.

Quella notte si trattò d'implosione di una parte della struttura muraria, generata da due cause concomitanti: da una parte, la "vecchiaia" della stessa struttura priva di qualsiasi tipo di legante idraulico, dall'altra, la totale mancanza di manutenzione nel tempo.

Sta di fatto che anche la parte di muro rimasta in piedi presenta aggettamenti ed evidenti segni di deterioramento evolutivo, collegabili anche ad improvvisati interventi di natura antropica.



Foto n. 1 – Parte implosa del muro di cinta del Borgo Antico.



Foto n. 2 – I blocchi di roccia caduti, sistemati alla base della parte di muro rimasta in piedi, sono "puliti", nel senso che mancano di qualsiasi tipo di legante idraulico.

La nostra ultraquarantennale esperienza ci induce a ricordare che già nel lontano 1986, due anni dopo gli eventi sismici del 7-11 maggio 1984, ebbi a constatare e ad evidenziare il lento disfacimento evolutivo della stessa struttura muraria oggi oggetto d'interventi di risanamento.

Nella seconda metà di quell'anno iniziai uno studio geologico-geotecnico sull'area immediatamente a monte del muro in oggetto. Lo studio, richiesto dall'Impresa Lodigiani S.p.a. di Milano che era interessata ai lavori di riattazione del Centro Storico, fu finalizzato all'installazione di una gru di grandi dimensioni che, in associazione con un'altra gru sua gemella da installare in Piazza Celestino V [dagli Isernini chiamata anche "Piazza Concezione"⁽¹⁾] e di cui anche io mi ero occupato come Geologo, avrebbe dovuto "coprire e servire" tutto il Centro Storico per la conduzione dei lavori.

Per lo studio geologico sul ripiano di Porta Castello furono eseguiti sondaggi geognostici con mezzi meccanici di ridotte dimensioni, a causa delle difficoltà di accesso all'area⁽²⁾.

In riferimento alla sequenza stratigrafica del sottosuolo, ricostruita fino alla profondità possibile intorno ai 10 metri (cfr. "Quaderno delle indagini" in allegato), nonché alle locali caratteristiche geomeccaniche del terreno risultate non compatibili a sopportare il peso di una gru di grandi dimensioni, quale era quella scelta dalla Lodigiani Spa, suggerii come Geologo di installare la gru in un sito più interno all'agglomerato urbano (verso Via Marcelli).

Il suggerimento derivava anche dalla circostanza che il sito d'imposta della gru, inizialmente scelto, risultava troppo vicino al muro in esame. Il rilevante peso della gru avrebbe potuto generare, nell'ambito del "volume significativo" del terreno di fondazione, una spinta di taglio tale porre in uno stato di crisi la stabilità del muro medesimo, e quindi dell'intera area interessata.

(1) NdA - E' bene ricordare che il sito d'installazione della gru era stato previsto, dalla Lodigiani, al centro della Piazza Celestino V. Notizie tramandate nei secoli dal popolo isernino m'indussero ad eseguire una prospezione sismica a rifrazione in onde P al fine di accertare la presenza di cavità sotterranee, collegabili ad un ramo dismesso dell'Acquedotto Romano. La prospezione fornì esito positivo, il ramo dell'acquedotto esisteva davvero, e il sito d'installazione della gru fu spostato al margine interno della Piazza per mio suggerimento.

(2)

(3) I mezzi meccanici furono una piccola macchina scavatrice e una Perforatrice CMV MK 280 del 1984, di ridotte dimensioni e montata su ruote, utilizzata per il carotaggio continuo a bassa profondità. Le apparecchiature furono sollevate sul ripiano a monte del muro con gru mobile.

La gru fu installata in altro sito lontano dal muro e più sicuro sotto l'aspetto della stabilità fisico-dinamica del terreno fondazionale.

Quanto riferito potrebbe sembrare insignificante ai fini dei lavori progettuali, sia di ricostruzione della parte di muro implosa, sia di risanamento/ricostruzione della restante parte ancora in sito, ma così non è in quanto ha condizionato in maniera prioritaria la scelta degli interventi di progetto a cui questa Relazione resta allegata.

2) UBICAZIONE DELL'AREA E MORFOLOGIA DEL RILIEVO

L'area interessata dalle opere progettuali è ubicata nel settore sud-occidentale del Centro Storico isernino, in adiacenza alla Via Occidentale, ed occupa la parte alta della dorsale su cui si sviluppa tutto il centro urbano.

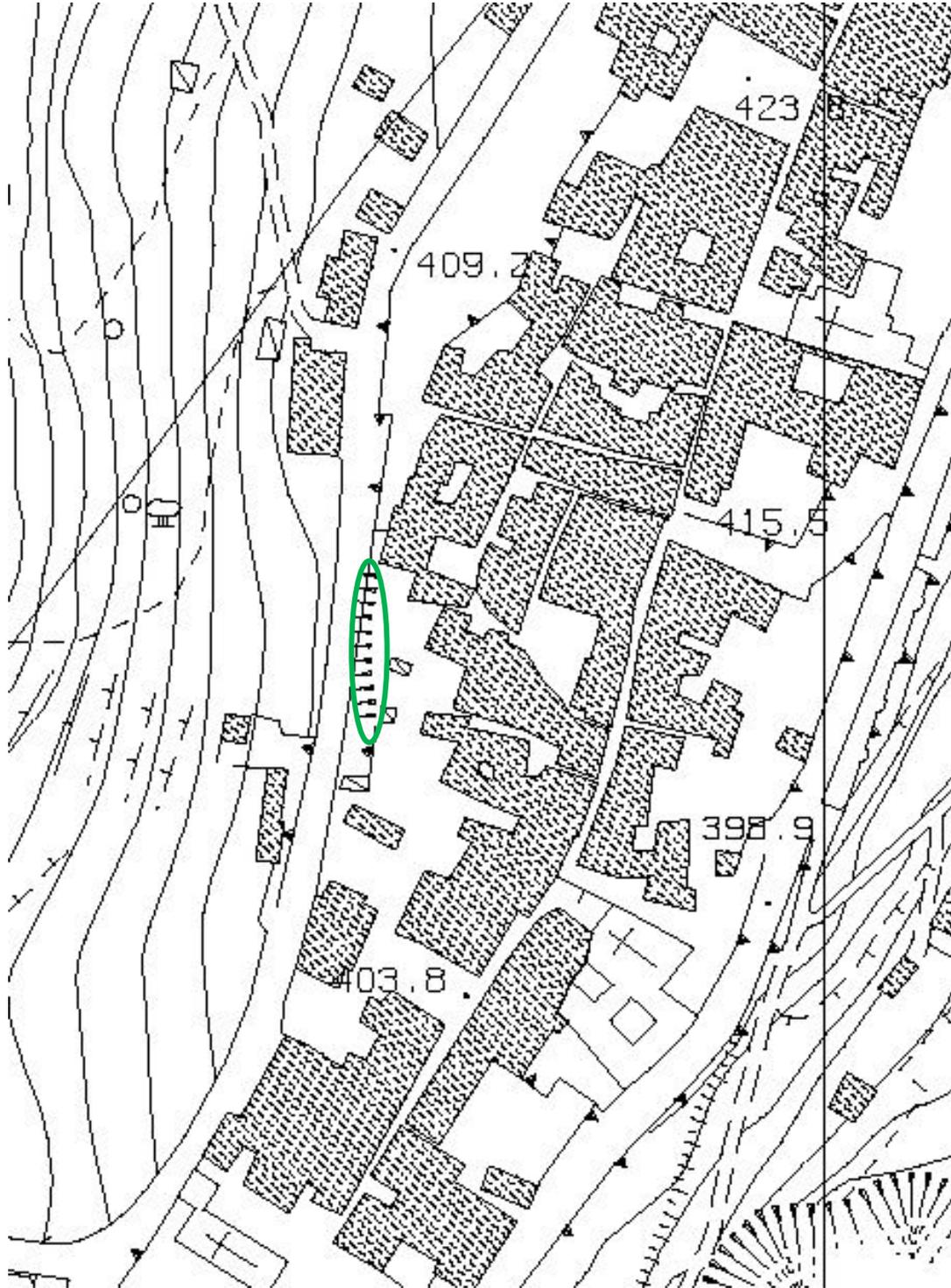
La dorsale si estende secondo la direttrice SW-NE con un assetto morfologico interessato da classi di acclività generale dell'ordine dei 10°-12°, fatta eccezione dei salti morfologici naturali o antropici, al cui piede di uno di essi è localizzato il muro oggetto di ricostruzione e di risanamento (Foto n. 3).



Foto n. 3 – Visione aerea da Ovest del muro di cinta del Borgo Antico. Nel riquadro è indicata la parte che è implosa su sé stessa.

In FIG. 1 è riportato lo stralcio della Carta Tecnica Regionale – Elemento N. 404011 “ISERNIA”, in cui s’inserisce l’area interessata dai lavori.

FIG. 1 - Estratto dalla Cartografia Tecnica Regionale – Elemento N. 404031 “ISERNIA”

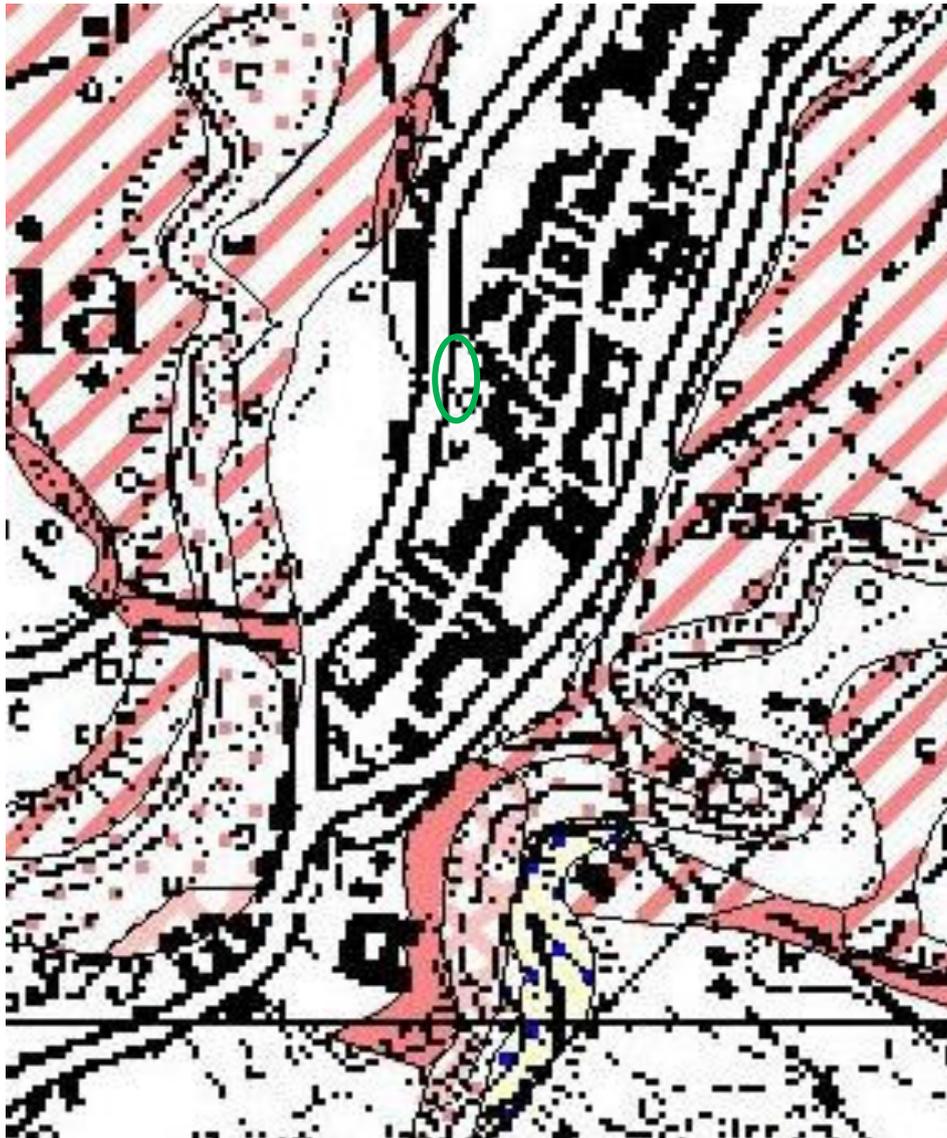


Delimitazione dell’area d’insistenza del muro in parte implosivo.

La stessa area non è soggetta ad alcun tipo di edificabilità da parte del PSAI-FR (Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico – Pericolosità da frana) dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano-Volturno (FIG. 2).

FIG.2 - Estratto dalla Carta della pericolosità da frana del Progetto Stralcio PSAI-FR dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano-Volturno.

La carta è riferita ad un rilievo aerofotogrammetrico del 1936 (Anno XIV E.F.)



AREA A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R4

Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

AREA DI ALTA ATTENZIONE - A4

Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.



Delimitazione dell'area d'insistenza del muro implosivo.

3) INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA INTERESSATA

Il muro di cinta del Borgo Antico isernino, che in parte è stato oggetto di cedimenti strutturali (implosione), rientra in una fascia di territorio localizzata in adiacenza alla Via Occidentale, sulle alte falde della dorsale su cui si estende il Centro Abitato.

L'ossatura della dorsale è costituita da litofacies carbonatiche in ammasso roccioso, tra cui prevale una componente travertinosa, a copertura delle quali stanno depositi sabbioso-ghiaiosi variamente addensati a cui si associano sabbie limose e limi sabbiosi con ghiaie, talora frammisti a riporti terrigeni di natura antropica e di modesto spessore (FIG. 3). Come già accennato in precedenza, l'area in esame è stata oggetto di studi approfonditi sia per gli interventi di riattazione post-terremoto del 7-11 maggio 1984, sia per lo studio di vulnerabilità sismica della vicina Scuola Elementare "San Pietro Celestino" (2003).

Nella seconda metà del 1986, proprio nell'area immediatamente a monte delle Mura Urbiche, oggetto dei lavori progettuali, furono eseguite, sotto la direzione del sottoscritto, indagini geognostiche per il posizionamento di una gru di grosse dimensioni, da parte dell'Impresa Lodigiani Spa interessata ai lavori di riattazione del Centro Storico.

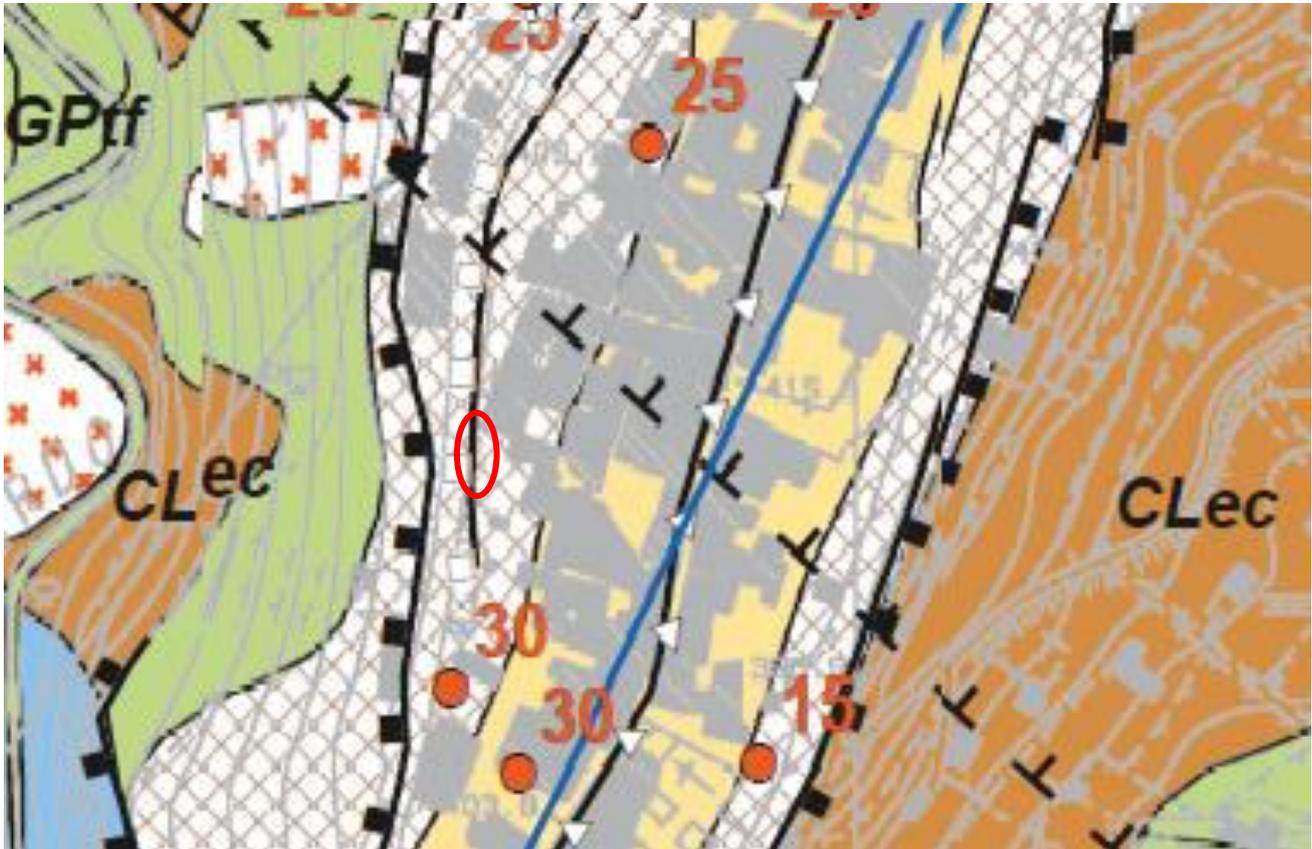
Sta di fatto che per ragioni di non facile accesso all'area, furono utilizzati mezzi meccanici di ridotte dimensioni tra cui, per il carotaggio continuo, una Sonda Perforatrice CMV MK 280 del 1984, montata su ruote.

Il sondaggio **SL1** fu esteso fino alla profondità di 10 metri, compatibile con la grandezza della sonda e la tipologia dell'intervento.

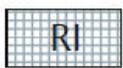
La serie stratigrafica **S1L** (in allegato) rivela, sotto una copertura antropica detritico-terrigena di spessore intorno al metro, la presenza di un deposito costituito da sabbia limosa a granulometria medio-grossolana, di colore avana-marroncino, variamente addensata e con inclusi detriti eterogenei di minute dimensioni frammisti a materiale piroclastico dilavato.

FIG. 3 - Estratto dalla Carta Geologica dello Studio di Microzonazione Sismica

(art. 11 – Legge 24/6/2009 n. 77)



Terreni di copertura



RI Riporti antropici: depositi contenenti resti di attività antropico sciolti



GPTf Ghiaie e sabbie pulite poco addensate, arrotondate, clasto-sostenute e poco assortite, caratterizzanti le aree dei terrazzi fluviali sospesi a pochi metri dal fondovalle



SMzz Alternanza di livelli travertini stromatolitici e fitoermali litoidi e di travertini fitoclastici e detritici scarsamente cementati



CLec Limi-sabbiosi con ghiaie centimetriche coesivo consistenti di origine eluvio-colluviale caratterizzanti le aree poste alla base di scarpate e/o il fondo di depressioni morfologiche

Instabilità di versante



Complessa - quiescente



Faglia diretta non attiva (presunta)



Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido



Area interessata dai lavori di ricostruzione del muro di cinta

Lo stato di addensamento del deposito s'incrementa con la profondità, circostanza questa dimostrata anche dalle prove penetrometriche S.P.T. eseguite a varia profondità.

Lo spessore dello strato è intorno agli 8,00 metri, profondità alla quale la granulometria si fa più sottile riscontrandosi la presenza di limo sabbioso a consistenza crescente con la profondità, contenente materiale piroclastico dilavato frammisto a frustoli carboniosi in tracce e detriti di minute dimensioni.

Detta sequenza stratigrafica trova la sua continuazione in profondità con quella riscontrata lungo la Via Occidentale, in prossimità del muro imploso, durante il sondaggio **S1m**, eseguito dall'Impresa Geoserving in data 11-09-2018.

La sequenza stratigrafica, estesa fino ai 20 metri di profondità (**S1m** in Allegato), presenta uno strato superficiale costituito dalla massiciata stradale e da materiale caotico argilloso-sabbioso con inclusi blocchi di travertino di dimensioni decimetriche.

Detto strato, di spessore 3,30 m., sovrasta fino ai -6,20 m. un deposito di argilla giallastra con tracce di rimaneggiamento e con inclusi blocchi di travertino eterometrici frammisti a detriti di piccole dimensioni.

Procedendo in profondità fino ai 10,20 metri è presente un deposito argilloso sabbioso giallastro, a buona consistenza e ben classato, con incluse tracce di torba granulare, indice che la sua sedimentazione è avvenuta in ambiente lacustre.

Lo stesso ambiente caratterizza l'argilla grigiastro-azzurrognola sottostante, passante a giallastra in profondità, dove la presenza di frustoli carboniosi si confonde con sporadiche concrezioni rossastre di ossidazione; lo strato risulta ben classato ed a buona consistenza.

Alla profondità di 15,50 metri si rileva un deposito sabbioso-argilloso ben addensato e contenente piroclastico dilavato frammisto a torba granulare.

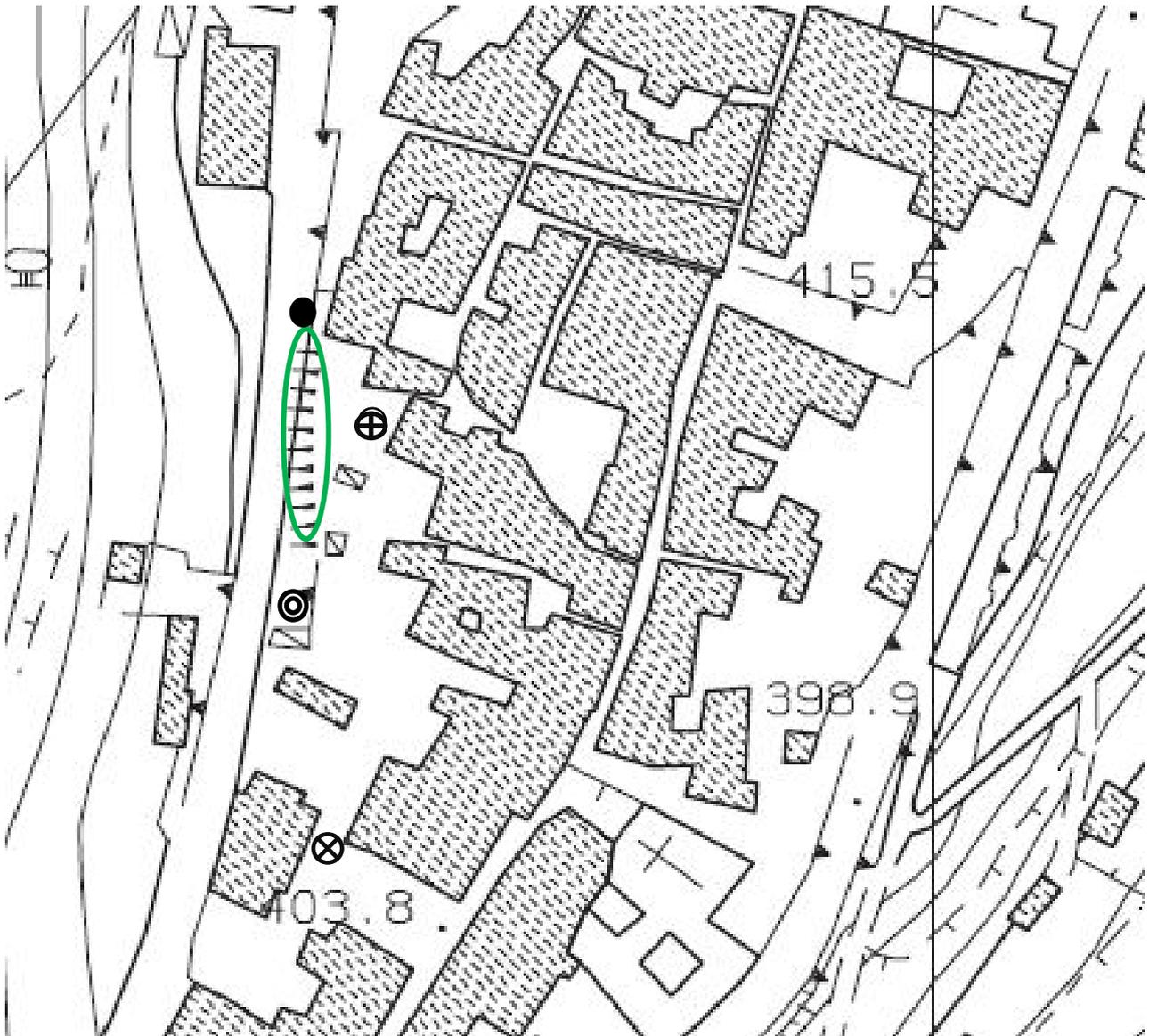
A -18,60 m. s'intercetta una facies detritica costituita da elementi eterogenei ed eterometrici cementati da matrice sabbiosa. In detto strato la prova penetrometrica S.P.T. dopo i primi 30 cm. è andata a rifiuto.

Lo stesso sondaggio **S12C** (FIG. 4), non dissimile dal sondaggio **S11L** eseguito a quota superiore sul piazzale antistante la Scuola Elementare "San Pietro Celestino" (entrambe

le stratigrafie sono in Allegato), conferma un assetto litostratigrafico sostanzialmente simile a quello riscontrato in S1m.

In tutte le terebrazioni eseguite non è stata intercettata alcuna falda freatica.

FIG.4 – Stralcio Corografico CTR – Elemento n. 404031 “ISERNIA” – Ubicazione Sondaggi



 Muro interessato in parte dai lavori di ricostruzione

Ubicazione sondaggi

 S1L  S12C  S11L+DH  S1m

3) CENNI DI IDROGEOLOGIA SOTTERRANEA ED IDROLOGIA SUPERFICIALE

L'assetto idrogeologico generale viene qui distinto nelle sue componenti geologiche territoriali caratterizzate da una parte dalle formazioni carbonatiche, permeabili per fratturazione e di accumulo idrico, e dall'altra dai depositi fluviolacustri a permeabilità nel complesso di ridotta entità.

Le prime interessano sia parte della dorsale isernina, sia le strutture collinari e montagnose che circondano a Nord, ad Est e ad Ovest tutta l'area dell'isernino, mentre le facies fluviolacustri sono di riempimento di paleoconche intermontane, ed a prevalente componente sabbioso-limoso-argillosa con passaggi ghiaioso-sabbiosi e conglomeratici. In tale assetto generale la falda freatica nella zona in esame rivela una piezometrica stabilizzata a grande profondità rispetto al p.c.

Per quanto riguarda l'idrologia superficiale, l'andamento del rilievo nel suo sviluppo morfologico non risulta sia stato condizionato dal ciclo erosivo connesso allo smaltimento delle acque meteoriche. Queste si sviluppano lungo il versante, convogliandosi in canali di drenaggio a servizio della rete viaria esistente, fino a giungere in ultimo nel lontano ed incassato alveo del Fiume Sordo.

Sta di fatto che la stessa area in esame, in un arco di tempo abbastanza lungo, non ha subito modificazioni significative nell'assetto geomorfologico e tali da costituire elementi di pregiudizio alla stabilità generale della zona.

4) VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL).

L'area in esame ricade in zona sismica per la quale sono vigenti le Norme Tecniche sulle Costruzioni (D.M. 17-01-2018); queste prevedono una prospezione sismica che definisca la classificazione dei suoli al fine di stimare lo spettro di risposta elastico per le componenti orizzontale e verticale del moto.

In realtà, la "Pericolosità Sismica" dell'area in esame viene definita in termini di: 1) accelerazione orizzontale massima ($A_{or-max} * g$) attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria "A"), con superficie topografica orizzontale (categoria "T1"); 2) Ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente "Se(T)", con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza (PVR) nel periodo di riferimento VR.

In tal senso, la "Pericolosità Sismica di base" dell'area in esame è rappresentata dalla probabilità che, in un determinato intervallo di tempo VR espresso in anni, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari al valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa ($A_{or-max} * g$).

Detto valore varia a seconda del periodo di tempo di riferimento VR e degli stati limite dinamici, sia ultimi (SLU) che di esercizio (SLE).

Per lo SLE va considerato almeno lo Stato Limite di Danno (SLD) in un determinato periodo di riferimento VR.

In presenza di azioni sismiche gli SLU da considerare sono **SLV⁽¹⁾** (Stato Limite di salvaguardia della Vita) e **SLC⁽²⁾** (Stato Limite di prevenzione del Collasso), il cui significato è esplicitato a piè pagina.

⁽¹⁾ - Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) : a seguito del terremoto l'opera in progetto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici, nonché significativi danni dei componenti strutturali a cui si associa una perdita rilevante di rigidità nei confronti delle azioni sismiche orizzontali. Di contro, l'opera conserva una parte della resistenza e della rigidità nei confronti delle azioni sismiche verticali, nonché un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

⁽²⁾ - Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC) : a seguito del terremoto l'opera in progetto subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici, nonché danni molto gravi dei componenti strutturali. Di contro, l'opera conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

In tale prospettiva, in corrispondenza del sondaggio **S11L** a carotaggio continuo (novembre 2003), è stata eseguita una prospezione sismica Down-Hole (DH).

La prospezione è stata effettuata fino ai 30 metri nel foro-sondaggio attrezzato con idonea tubazione di rivestimento, in perfetto stato di cementazione e di aderenza alle pareti della tubazione di rivestimento.

Va detto che la prospezione, eseguita nel 2003 dai Geologi Dott. Vito La Banca e Dott. Domenico Angelone, è stata dal sottoscritto Geologo rielaborata per adeguarla al D.M. 17-01-2018.

Descrizione del Metodo sismico Down-Hole.

Il metodo DH viene utilizzato per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo, e rappresenta una delle più accurate prove sismiche in quanto viene eseguita in maniera progressiva per metro lineare di profondità, a partire dal piano-campagna fino ai -30,00 metri e oltre.

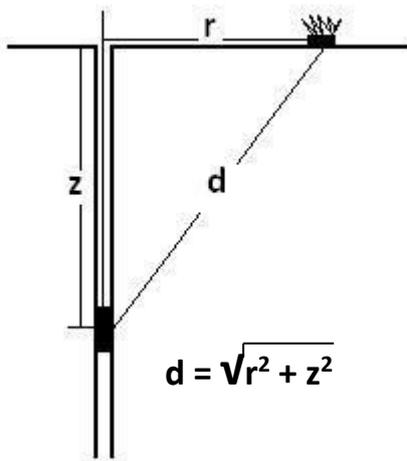
La prova DH ha mirato alla determinazione, nel sottosuolo, delle velocità delle onde di compressione e rarefazione (onde longitudinali = P) e delle velocità delle onde di taglio (onde trasversali = S), misurando il tempo che esse impiegano nel tragitto tra la sorgente, posta in superficie, e i ricevitori posti all'interno del foro-sondaggio, considerando nota la distanza sorgente-ricevitori.

In realtà, le componenti per l'esecuzione della prova DH sono:

- Una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche ricche di energia e direzionali;
- un geofono tridimensionale, con risposta in frequenza di 10 Hz, direzionale e dotato di un sistema di ancoraggio alla parete del perforo;
- Un sismografo multicanale che registra le forme d'onda in modo digitale e le pone in memoria di massa;
- Un trasduttore (trigger), alloggiato nella sorgente, necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione dinamica attraverso la massa battente.

La procedura d'interpretazione della prova DH utilizza il "Metodo diretto", schematizzato in Fig. 1, che permette di diagrammare i tempi di tragitto t misurati lungo il percorso sorgente-ricevitore in funzione della profondità z .

FIG. 1



La distanza superficiale r tra la sorgente e il centro del perforo è stata prestabilita in 2,50 ml (sia per la sorgente di onde "P" che per la sorgente di onde "SH").

Poiché le onde sismiche prodotte dalla sorgente, data la sua posizione, non si propagano esattamente in direzione verticale rispetto al ricevitore, i tempi di arrivo vengono corretti (t') tenendo conto dell'inclinazione del percorso effettivo, mediante la relazione: $t' = (z/d)*t$.

I parametri geotecnici, fisici e sismici che si ottengono per i sismostrati componenti il sottosuolo sono: 1) profili verticali di velocità (V_p e V_s); 2) spessore; 3) calcolo del parametro $V_{s(30)}$; 4) coefficiente di Poisson medio (ν); 5) frequenza propria media (frequenza di risonanza = η); 6) modulo di deformazione al taglio medio (Modulo di Rigidity = G_0); 7) Modulo di Young medio (Modulo di elasticità = E); 8) modulo di comprimibilità edometrica medio (Modulo Edometrico = E_d); 9) modulo di comprimibilità volumetrica medio (E_v); 10) modulo di volume (Modulo di incomprimibilità o Bulk modulus = K).

In particolare, in base ai valori di velocità V_p e V_s si sono determinate:

- **Coefficiente di Poisson** esprime il rapporto tra la deformazione (ϵ') perpendicolare alla direzione di applicazione dello sforzo e quella longitudinale (ϵ) ($\nu = \epsilon'/\epsilon$);
- La rigidità μ dei vari strati costituenti il sottosuolo immediato, secondo la relazione:

$$\mu = \rho * V_s^2 \quad (\text{dove } \rho \text{ è la densità})$$

- **Modulo di taglio a piccole deformazioni** esprime il rapporto tra lo sforzo di taglio (τ) esercitato parallelamente alla superficie di taglio e la deformazione corrispondente

$$(\alpha) \quad G_0 = (\gamma_t/g) * (V_s)^2 \quad (\text{Ohta e Goto, 1978})$$

dove: γ_t = peso di volume naturale; g = accelerazione di gravità ($9,8066 \text{ m/s}^2$).

- **Modulo di elasticità dinamico o di Young** esprime il rapporto tra uno sforzo σ e la corrispondente deformazione ϵ che si genera lungo la direzione di applicazione dello sforzo medesimo ($E = \sigma/\epsilon$)

$$E = V_p^2 * \rho * [(1+\nu)*(1-2\nu) / (1-\nu)] \quad \text{dove:}$$

V_p è la velocità delle onde longitudinali; ρ è la densità del terreno;

ν è il modulo di Poisson.

- **Modulo edometrico** $E_d = E * [(1-\nu)/(1-\nu-2*\nu^2)]$
- **Rigidità sismica** $R = \gamma_t * V_s$ definito come il prodotto della velocità per il peso su unità di volume del mezzo in cui l'onda si propaga, è un parametro strettamente legato all'amplificazione sismica locale; infatti, l'incidenza dei danni tende a diminuire all'aumentare della rigidità sismica.

Inoltre, è bene precisare che;

- 1) la scelta del valore equivalente di V_s nei primi 30 metri di spessore dell'immediato sottosuolo deriva dal fatto che in California, alla cui normativa si richiama integralmente l'**Eurocodice 8** e, quindi, l'O.M. 3274/03, i valori di V_s sono riferiti fino ai 100 piedi di profondità (e cioè circa 30 metri).
- 2) Una misura precisa di $V_{s(30)}$ non può essere determinata da nessuna delle metodologie esistenti, e nemmeno dalla prospezione sismica Down-Hole.

In parole chiare, nessuna tecnica attiva o passiva utilizzata in pratica è in grado di fornire profili di V_s con incertezze inferiori al 5% - 10%, anche perché la misurazione di V_s è intrinsecamente difficile anche in laboratorio (*).

(*) **Francesco Mulargia+Altri (Dipartimento di Fisica, Settore Geofisica, Università di Bologna) : "Effetti di sito e V_{s30} : una risposta alla normativa antisismica." (B.U. Ordine Geologi Regione Emilia-Romagna – Il Geologo N.25 – Anno VII/2007)**

In virtù di detta imprecisione insita in qualsiasi metodologia di misurazione venga utilizzata, la Normativa ha stabilito un largo range di valori per la classificazione dei terreni di fondazione (ad es. L'appartenenza di un terreno di fondazione alla Categoria "B" comporta un range: $360 \text{ m/sec} < V_{s30} < 800 \text{ m/sec}$).

Tanto precisato, l'indagine microsismica è stata eseguita con la sorgente posizionata nelle vicinanze dei foro-sondaggio per poter registrare le onde di taglio e di volume dirette e non rifratte dai diversi strati di terreno.

In tal modo sono state determinate le velocità delle onde di taglio bidirezionali polarizzate nel piano orizzontale (SH), utilizzando per l'acquisizione dei tempi di arrivo delle stesse onde due geofoni orizzontali ortogonali tra loro; un geofono verticale è stato utilizzato per l'acquisizione dei tempi di arrivo delle onde di compressione.

I punti di scoppio sono stati generati con mazza di acciaio del peso di 10 Kg, battente su piastra quadrata in alluminio per la generazione di onde P (di compressione), e trasversalmente su trave di legno, a forma di parallelepipedo retto e tenuta solidale al terreno mediante sovraccarico applicato, per la generazione di onde S (di taglio).

La trave è stata disposta in maniera tale che la battuta trasversale avvenisse perpendicolarmente alla direzione di stendimento, ed in tal modo si sono prodotte onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale, e di polarità opposta.

In ogni caso (compressione e taglio), sono state generate onde elastiche ad alta frequenza, ad alta energia, con forme d'onda ad incremento di segnale.

In riferimento alla Normativa di cui all'O.M. n. 3274/03, i terreni di fondazione investigati rientrano tutti nella *Categoria "B"* in quanto il *valore equivalente* della velocità delle onde di taglio, registrata nei primi 30 metri di spessore del substrato, è risultato pari a:
 $V_{s(30)} = 497,26 \text{ m/sec}$.

Per un valore medio dell'accelerazione di gravità $g = 9,80665 \text{ m/sec}^2$, i valori di picco dell'accelerazione sismica orizzontale e verticale attendibili nell'area, per gli Stati Limite, sia di Esercizio che Ultimi, sono risultati rispettivamente pari a :

Stato Limite di Esercizio (SLE): Stato Limite di Danno (SLD)	$A_{or-max} = 0,092 * g$	$A_{vt-max} = 0,038 * g$
Stato Limite Ultimo (SLU) : Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)	$A_{or-max} = 0,263 * g$	$A_{vt-max} = 0,182 * g$
Stato Limite Ultimo (SLU) : Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)	$A_{or-max} = 0,349 * g$	$A_{vt-max} = 0,278 * g$

I valori riportati nel riquadro sono scaturiti dall'analisi dinamica, insieme agli altri parametri ed ai punti dello spettro di risposta, orizzontale e verticale, riportati nella seguente **Tabella I**.

TABELLA I

D.M. 14 gennaio 2008 - SPETTRI DI RISPOSTA rappresentativi delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il sito in esame.

La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in 3 fasi:

- 1) FASE 1° - Individuazione della pericolosità del sito;**
- 2) FASE 2° - Scelta della strategia di progettazione;**
- 3) FASE 3° - Determinazione dell'azione di progetto.**

FASE 1° - Individuazione della pericolosità del sito;

Coordinate geografiche del sito :

Latitudine : 41,587269 - Longitudine : 14,224523

Località : Via Occidentale / Porta Castello – Isernia

Regione	Provincia	Comune
MOLISE	ISERNIA	ISERNIA

Tabella dei parametri di riferimento:

Valori dei parametri a_g, F_0 e T_c' per il periodo di ritorno $T_R = 475$ anni di riferimento:

Periodo di riferimento: TR (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c' (s)
475	0,263	2,251	0,361

FASE 2° - Scelta della strategia di progettazione:

Vita nominale della costruzione (anni): $VN = 50$; Coefficiente d'uso della costruzione: $Cu = 1,00$

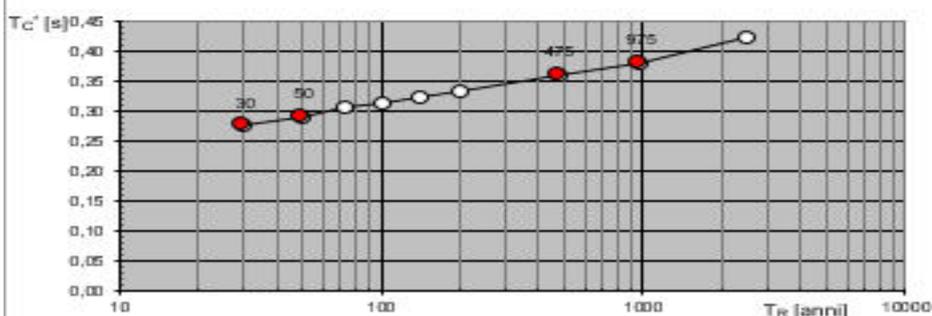
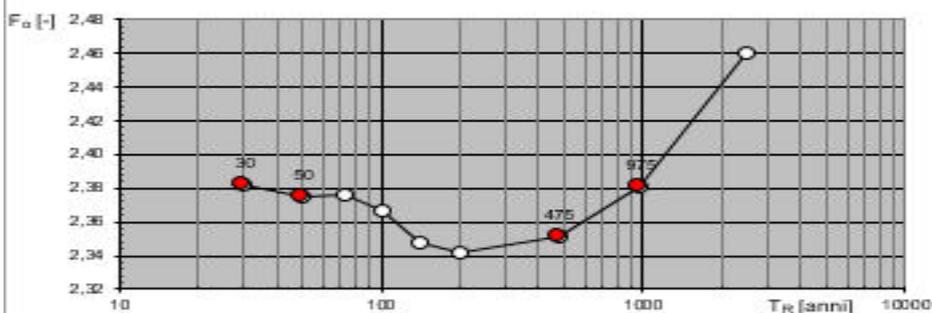
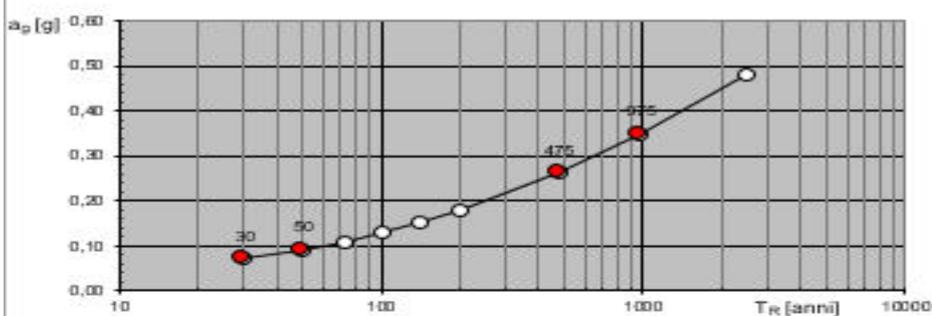
Valori di progetto: Periodo di riferimento per la costruzione (anni) : $VR = 50$

Periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica (anni) TR :

Stato Limite di Esercizio (SLE) : $SLD - P_{VR} = 63\%$	50 anni
Stato Limite Ultimo (SLU) : $SLV - P_{VR} = 10\%$	475 anni
Stato Limite Ultimo (SLU) : $SLC - P_{VR} = 5\%$	975 anni

Grafici Parametri di Azione

Valori di progetto dei parametri a_g , F_a , T_c in funzione del period



Grafici Spettri di risposta

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

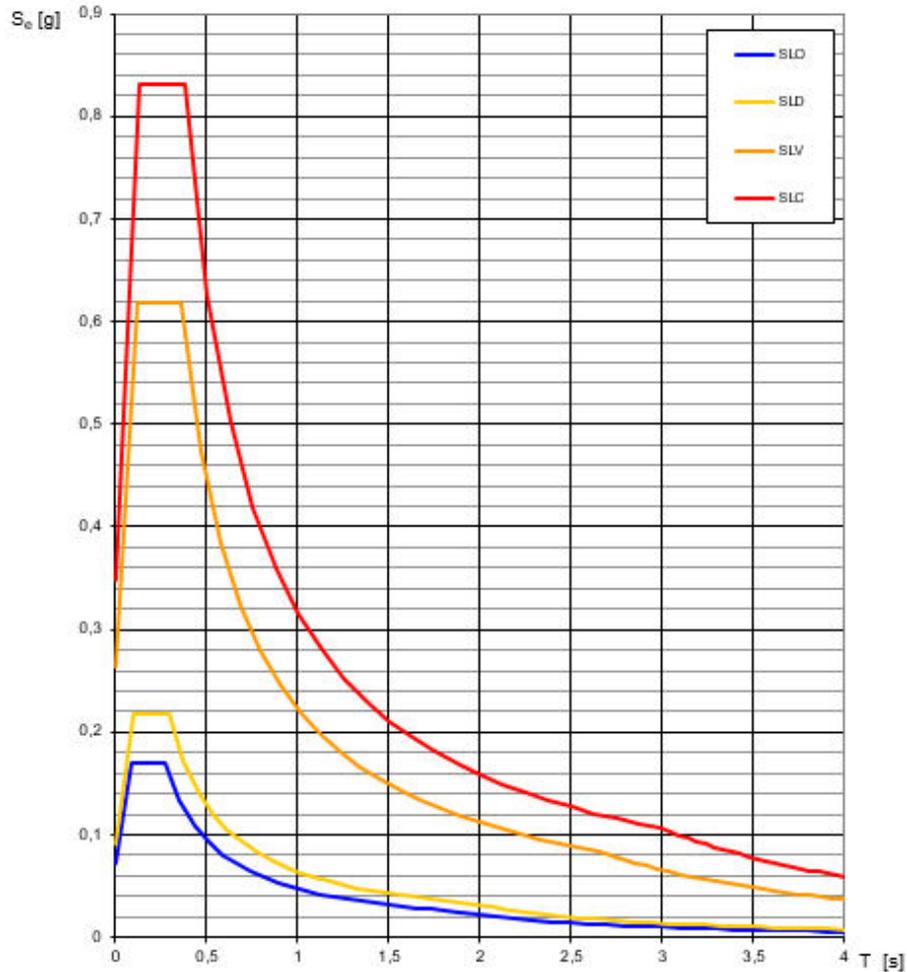


Tabella Parametri di Azione

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c' per i periodi di ritorno associati a ciascuno degli Stati Limiti considerati:

STATO LIMITE	TR (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c' (s)
SLD	50	0,092	2,375	0,293
SLV	475	0,263	2,351	0,361
SLC	975	0,343	2,381	0,382

FASE 3° - Determinazione dell'azione di progetto**Stato Limite considerato : SLD**

Risposta sismica locale :

Categoria del sottosuolo	B	$S_s = 1,200$	$C_c = 1,406$
Categoria topografica	T1	$h/H = 0,000$	$ST = 1,000$

Componente orizzontale :

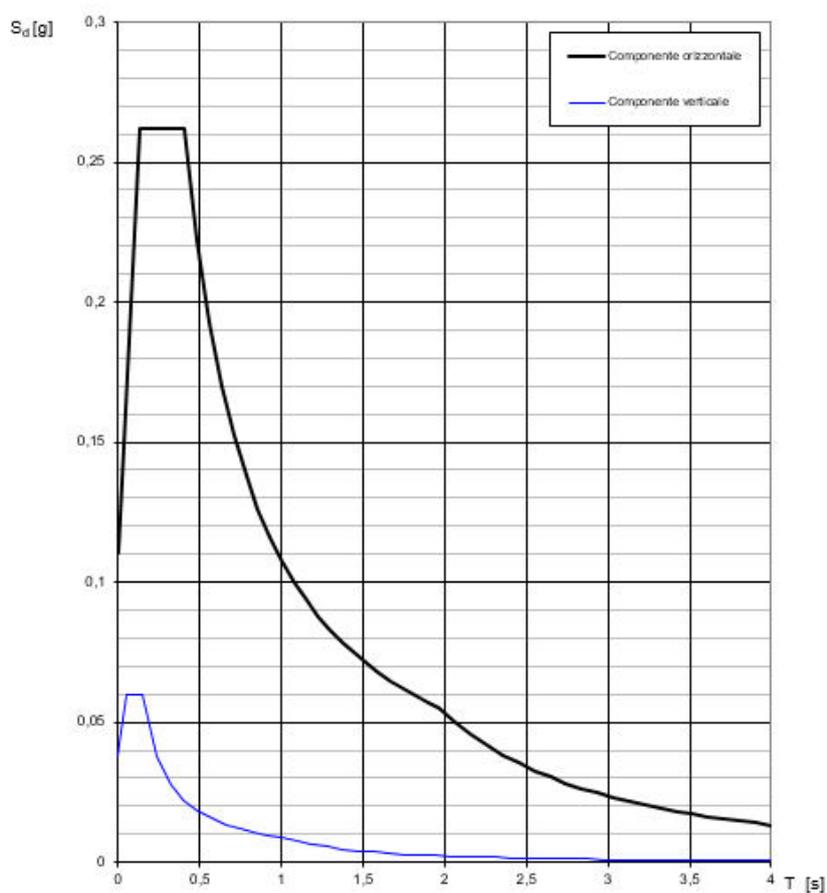
Spettro di progetto elastico (SLE):

Smorzamento $\xi = 5 \%$	$\eta = 1,000$	Fattore $q_0 = 2,4$	Regolarità in altezza : Sì
--------------------------	----------------	---------------------	----------------------------

Componente verticale :

Spettro di progetto :

Fattore $q = 1,5$	$\eta = 0,667$
-------------------	----------------

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD

Parametri e punti dello Spettro di risposta Orizzontale per lo stato limite SLD	Parametri e punti dello Spettro di risposta Verticale per lo stato limite SLD
--	--



Parametri indipendenti		Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLD	STATO LIMITE	SLD
ag	0,092 g	agv	0,038 g
Fo	2,375	Ss	1,000
Tc'	0,293 s	ST	1,000
Ss	1,200	q	1,500
Cc	1,406	TB	0,050 s
ST	1,000	TC	0,150 s
q	1,000	TD	1,000 s

Parametri dipendenti		Parametri dipendenti	
S	1,200	FV	0,972
η	1,000	S	1,000
TB	0,137 s	η	0,667
TC	0,412 s		
TD	1,968 s		

Spettro di Risposta Orizzontale (SLD) Spettro di Risposta Verticale (SLD)

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C' \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

FASE 3° - Determinazione dell'azione di progetto

Stato Limite considerato: **SLV**

Risposta sismica locale:

Categoria del sottosuolo	B	Ss = 1,153	Cc = 1,349
Categoria topografica	T1	h/H = 0,000	ST = 1,000

Componente orizzontale:

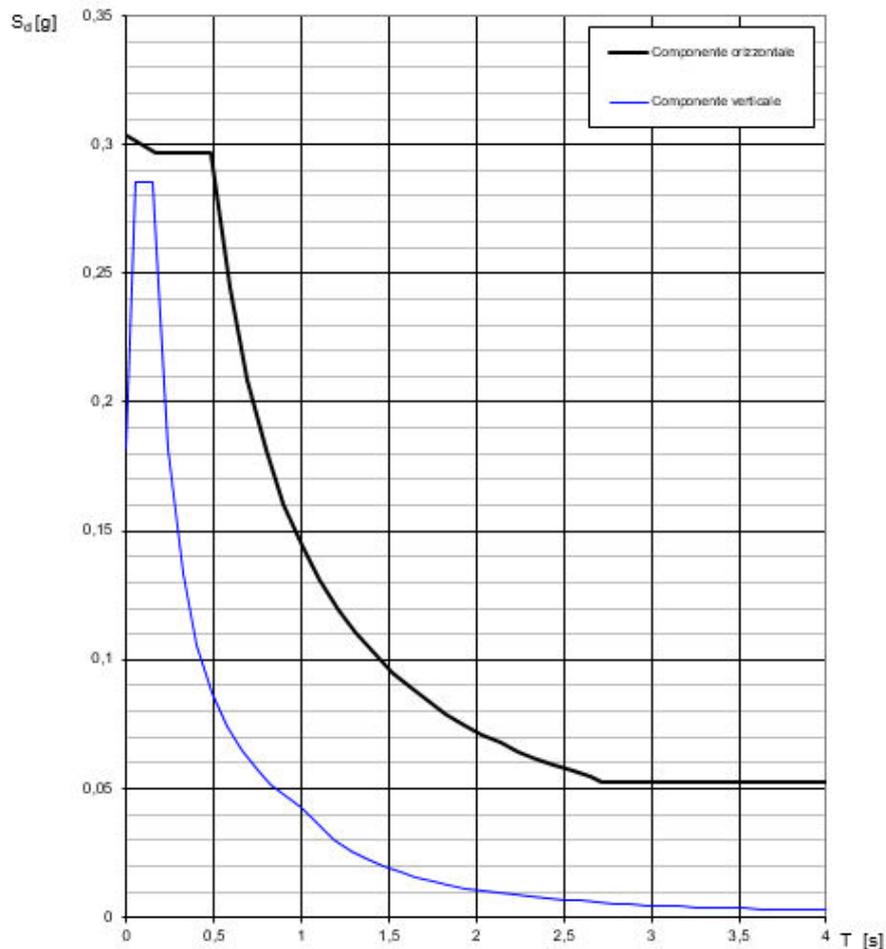
Spettro di progetto anelastico (SU):

Smorzamento $\xi = 5\%$	$\eta = 1,000$	Fattore $q_0 = 2,4$	Regolarità in altezza : Sì
-------------------------	----------------	---------------------	----------------------------

Componente verticale:

Spettro di progetto :

Fattore $q = 1,5$	$\eta = 0,667$
-------------------	----------------

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

Parametri e punti dello Spettro di risposta Orizzontale per lo stato limite SLV	Parametri e punti dello Spettro di risposta Verticale per lo stato limite SLV
---	---

Parametri indipendenti		Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV	STATO LIMITE	SLV
ag	0,263 g	agv	0,182 g
Fo	2,351	Ss	1,000
Tc'	0,361 s	ST	1,000
Ss	1,153	q	1,500
Cc	1,349	TB	0,050 s
ST	1,000	TC	0,150 s
q	2,400	TD	1,000 s

Parametri dipendenti		Parametri dipendenti	
S	1,153	FV	1,628
η	0,417	S	1,000
TB	0,162 s	η	0,667
TC	0,487 s		
TD	2,652 s		

Spettro di Risposta Orizzontale (SLV)

Spettro di Risposta Verticale (SLV)

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C' \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

FASE 3° - Determinazione dell'azione di progetto**Stato Limite considerato : SLC**

Risposta sismica locale :

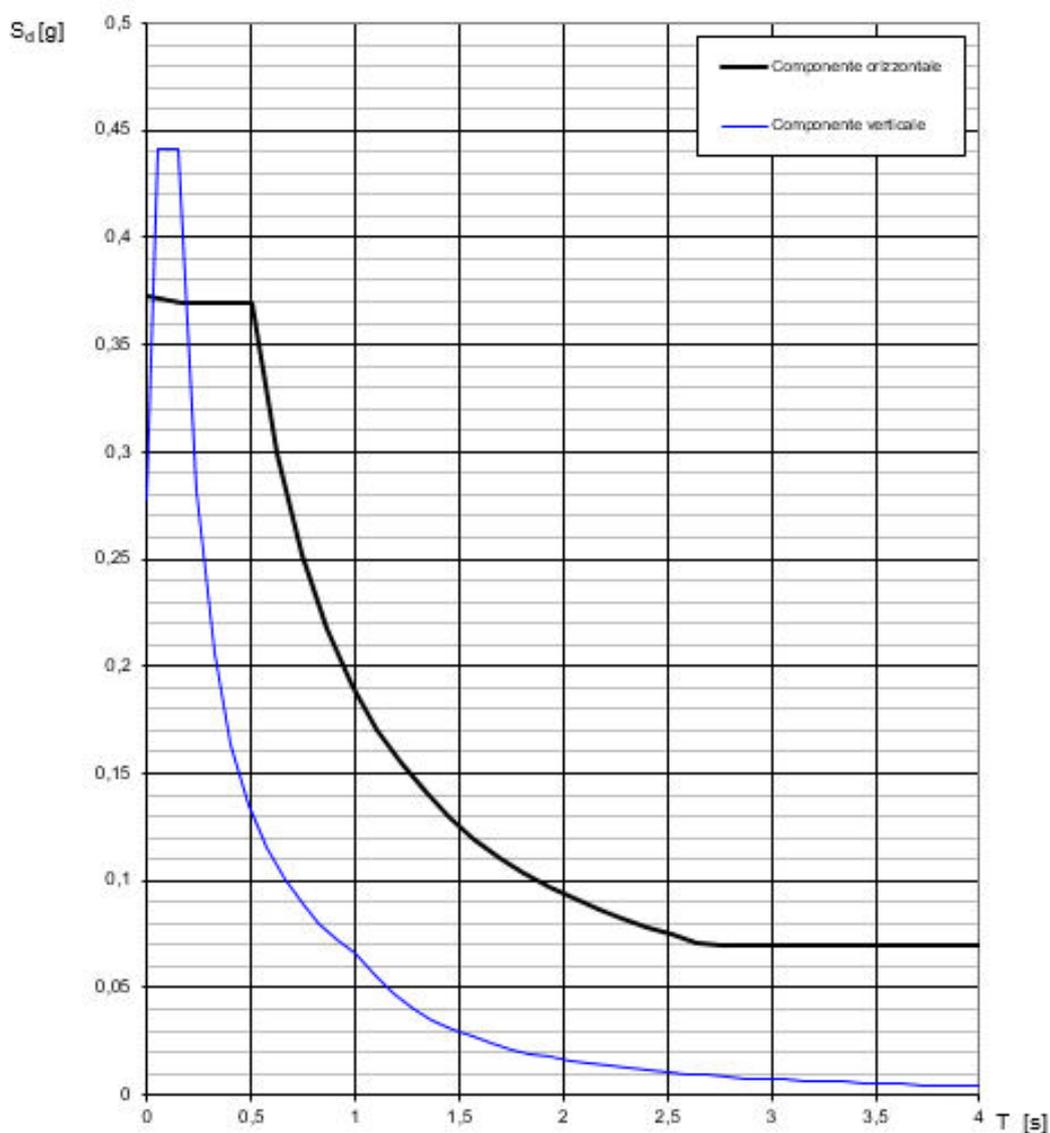
Categoria del sottosuolo	B	Ss = 1,068	Cc = 1,334
Categoria topografica	T1	h/H = 0,000	ST = 1,000

Componente orizzontale : Spettro di progetto anelastico (SLU):

Smorzamento $\xi = 5 \%$	$\eta = 1,000$	Fattore $q_0 = 2,4$	Regolarità in altezza : Sì
--------------------------	----------------	---------------------	----------------------------

Componente verticale : Spettro di progetto :

Fattore $q = 1,5$	$\eta = 0,667$
-------------------	----------------

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC



Parametri indipendenti	STATO LIMITE	Parametri indipendenti	STATO LIMITE
	SLC		SLC
ag	0,349 g	agv	0,278 g
Fo	2,381	Ss	1,000
Tc'	0,382 s	ST	1,000
Ss	1,334	q	1,500
Cc	1,288	TB	0,050 s
ST	1,000	TC	0,150 s
q	2,400	TD	1,000 s

Parametri dipendenti	Parametri dipendenti	Parametri dipendenti	Parametri dipendenti
S	1,193	FV	1,898
η	0,333	S	1,000
TB	0,195 s	η	0,667
TC	0,586 s		
TD	2,388 s		

Spettro di Risposta Orizzontale (SLC)

Spettro di Risposta Verticale (SLC)

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10/(\zeta + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)
 $T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)
 $T_C = C_C \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$
 $T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

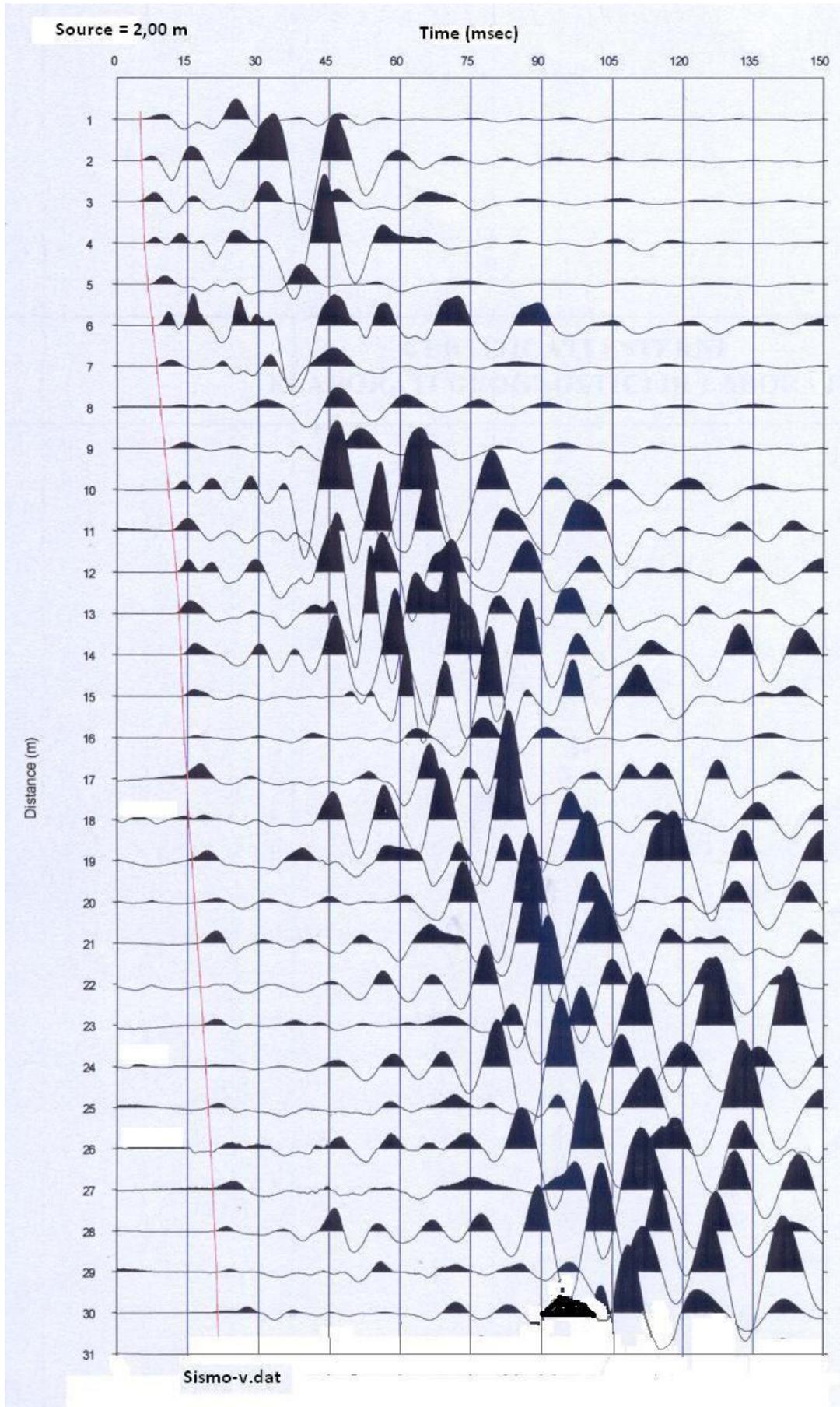
Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

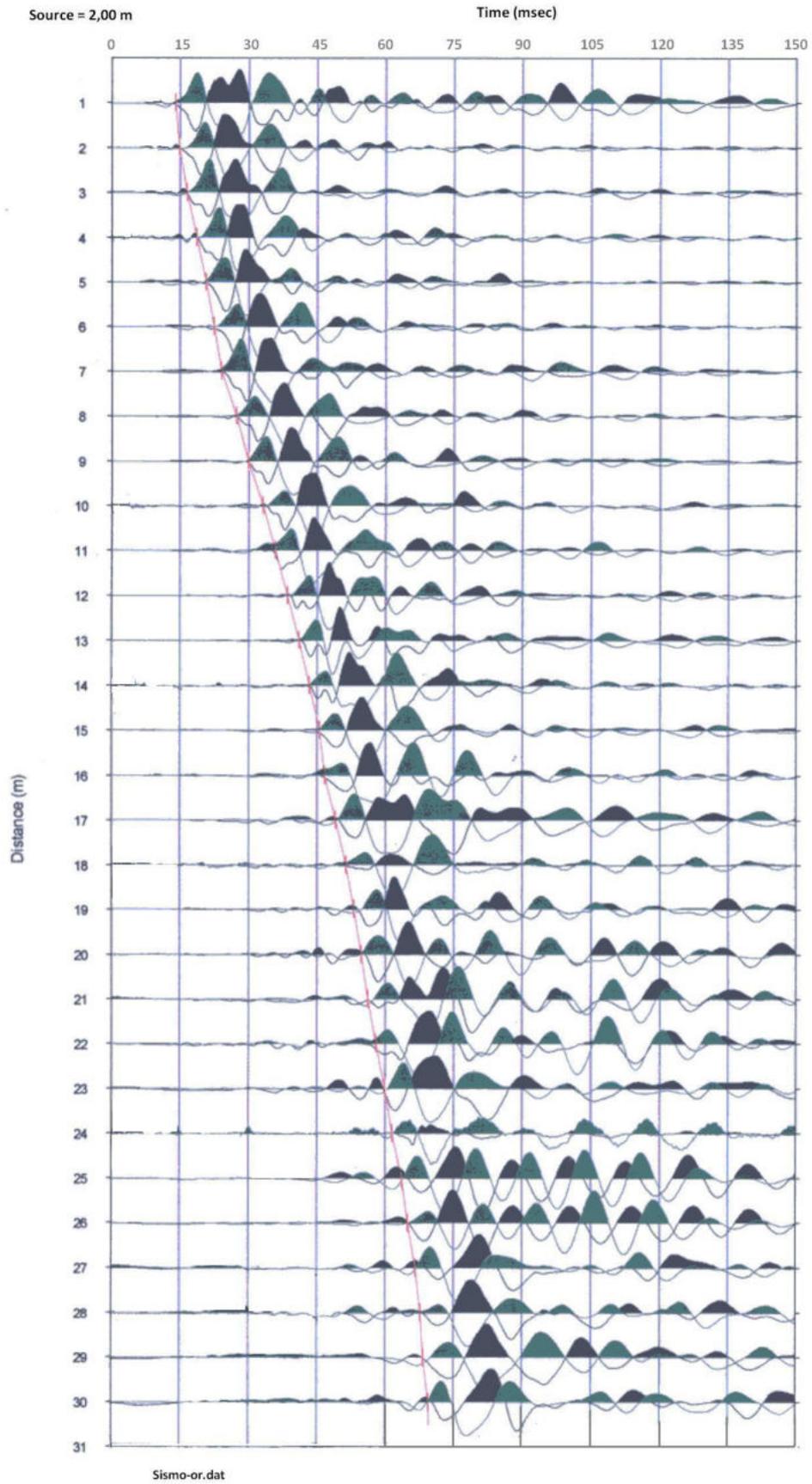
Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_s \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)
 $F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$
 $T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$





5) RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione sono stati utilizzati sia le risultanze dei sondaggi geognostici a c.c. (S1m - S1L - S12L in allegato), sia le prove SPT eseguite durante il sondaggio S1m, sia le analisi e prove di laboratorio su campione prelevato indisturbato durante il detto sondaggio S1m (in Allegato); il tutto in comparazione con quanto scaturito dalla prospezione sismica in onda "P" e in onda "S" (DH1ps in allegato).

Va evidenziato che durante l'esecuzione del sondaggio **S1m**, a partire dai -5,00 metri dal p.c. e fino ai -19,00 m., sono state eseguite N. 4 prove penetrometriche S.P.T.

L'ultima prova S.P.T. è andata "a rifiuto" per la presenza di sedimenti detritici grossolani eterometrici, mentre le prove superiori hanno interessato strati coesivi con crescenti caratteristiche meccaniche.

Il calcolo della coesione non-drenata C_u , definita dalla relazione ($C_u = 0,074 * N_{spt}$) proposta dal [DM-7 (Design Manual for Soil Mechanics)] per le argille a media plasticità], ha fornito i valori riportati nella TAV. 1 seguente, in cui è riportato anche il numero dei colpi N_{spt} corrispondenti.

Inoltre, viene riportato il corrispettivo valore calcolato della pressione ammissibile in termini di tensioni totali [Metodo di Terzaghi per limi ed argille: $\sigma_{amm} = (\gamma * H + 5,7 * C_u)/3$] sostenibile dallo strato corrispondente; nel calcolo non si considera, ovviamente, l'influenza attiva della componente relativa alla pressione litostatica ($\gamma * H$) esercitata dal terreno adiacente ad una fondazione superficiale o su pali.

TAV. 1

Profondità (m)	N_{SPT}	C_u (Kg/cm ²)	$\sigma_{amm} = (5,7 * C_u)/3$ Kg/cm ²
5,00 - 5,45	9 - 13 - 18	2,294	4,358
11,00 - 11,45	6 - 11 - 13	1,776	3,374
15,00 - 15,45	6 - 12 - 15	1,998	3,796
19,00 - 19,45	19 - 35 - R	===	===

Quanto riportato nella TAV. 1 ha la sua validità per la caratterizzazione del “volume significativo”, cioè di quella parte del sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.

Sta di fatto che la determinazione dei Limiti di Atterberg, su campione prelevato indisturbato durante il sondaggio S1m, ha fatto registrare un Limite di Liquidità $W_L = 37\%$ e un Limite di Plasticità $W_P = 27\%$, per un Indice di Plasticità $IP = 10\%$

Nella Carta di Casagrande, che normalmente va allegata, il punto rappresentativo del campione ricade nel settore dei “*Limi inorganici a media compressibilità*” (Fig. 1A).

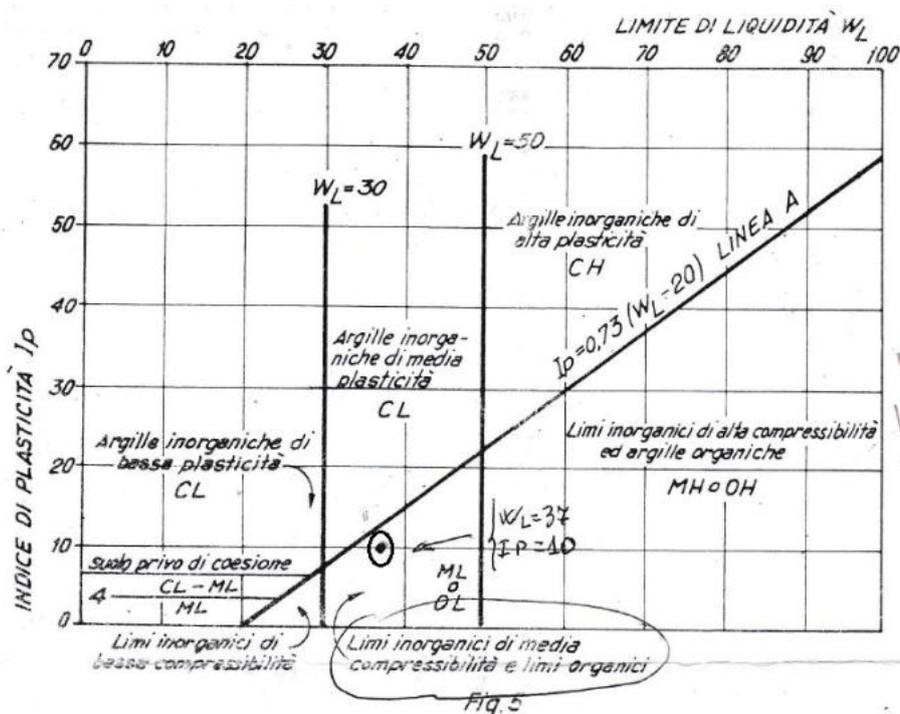


Fig. 1A –
Carta di
Casagrande

L'Indice di Consistenza, per un contenuto d'acqua naturale pari a $W = 19,31\%$, è risultato
: $I_c = (W_L - W)/IP = (37 - 19,31)/10 = 1,769$

Essendo $I_c \gg 1$, il campione risulta allo stato “**Ultrasolido**”. Recita la norma: “Tanto maggiore è I_c , addirittura superiore a 1, tanto più il terreno è resistente all'azione esterna”. In aggiunta, non essendosi riscontrata la condizione di un valore di W compreso tra quello di W_P e di W_L , “il terreno non è soggetto a maggiori deformazioni sotto carico”.

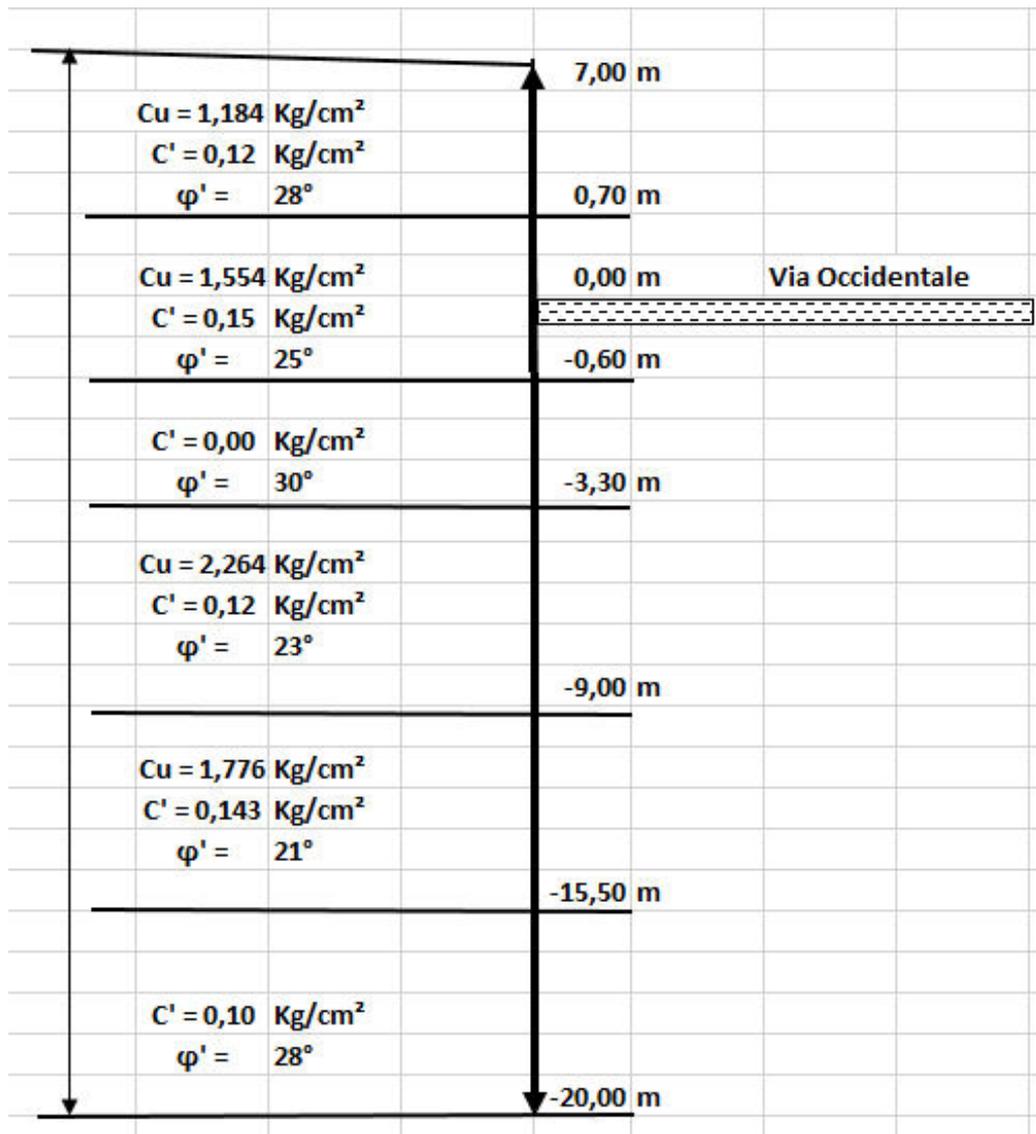
Inoltre, “Tanto più il valore di W si avvicina a quello di W_P , tanto più aumenta la consistenza e la compattezza”.

Il valore dell'Indice di Liquidità risulta : $IL = (W - WP)/IP = (19,31 - 27)/10 = -0,769$

Essendo risultato un valore negativo, "il materiale non può essere sottoposto a rimaneggiamento".

Nella TAV. "A" seguente sono riportate le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni nell'ambito del "volume significativo".

TAV. "A"



STRATIGRAFIA		Falda	descrizione - note	Profondità	Spesa	Prelev. Camp.	SPT	Carot. %
<p>mt. p.c.</p> <p>0,0 1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0 7,0 8,0 9,0 10,0 11,0 12,0 13,0 14,0 15,0 16,0 17,0 18,0 19,0 20,0</p> <p>scala 1:100</p>			Massicciata stradale sovrapposta a materiale caotico costituito da argilla sabbiosa con inclusi blocchi di travertino di dimensioni decimetriche.	3,30	3.30			
			Argilla giallastra rimaneggiata con inclusi blocchi eterometrici eterometrici di travertino, frammenti a detriti eterogenei di piccole dimensioni.	6,20	2.90		5,00 9 13 18	
			Argilla sabbiosa giallastra ben classata e a buona consistenza. Nella massa si rilevano tracce di torba granulare.	9,00	2.80			
			Argilla sabbiosa giallastra a buona consistenza e ben classata.	10,2	1.20			
			Argilla grigiastro-azzurrognola passante a giallastra, ben classata e a buona consistenza, con sporadiche concrezioni rossastre di ossidazione. Presenza di frustoli carboniosi.	15,5	5.30	12	11,00 6 11 13 15,00 12 15	
			Sabbia argillosa ben addensata contenente piroclastico dilavato frammisto a torba granulare	18,6	3.10			
			Facies detritica costituita da elementi eterogenei ed eterometrici cementati da matrice sabbiosa.					19 35
								Rif

Committente Amministrazione Comunale - ISERNIA (IS)
 Cantiere Mura Urbiche in Via Occidentale
 Quota inizio 405 mt ---- Data : 11-09-2018

CASSETTA N. 1 ----- 0,00 m – 5,00 m



CASSETTA N. 2 ----- 5,00 m – 10,00 m



CASSETTA N. 3 ----- 10,00 m – 15,00 m



CASSETTA N. 4 ---- 15,00 m – 20,00 m





Laboratorio Sperimentale per prove geotecniche su terre e rocce, prove in situ.
Autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti con decreto n° 388 del 22.01.2014

IDENTIFICAZIONE DOCUMENTO: CERTIFICATO N. TR0055/18

DATA DI EMISSIONE: 03-dic-18

PAGINA 1 di PAGINE TOTALI: 12

ALLEGATI: -

COMMITTENTE: Città di Isernia - "Settore 3° -Tecnico"

CANTIERE: Determinazione Sett. N°893 del 26/11/2018
Fondo per lo sviluppo e la Coesione (ex FAS) - Ciclo 2000-2006 -
Asse III "Ambiente e Territorio" - Linea III a valorizzazione culturale
ed attrattività turistica. Delibera di giunta Regionale n. 766 del
13.09.2010. Intervento di valorizzazione delle emergenze
archeologiche della Cattedrale di Isernia. Importo finanziamento di E.
200.000,00. Affidamento indagini geognostiche

DIRETTORE DEI LAVORI: dott. geol. Aldo Succi

CAMPIONI:

- **DESCRIZIONE:** Campione indisturbato di terra

- **MODALITÀ DI PRELIEVO:** Campionatore Shelby.

- **DATA RICEVIMENTO:** 14 settembre 2018

- **SIGLA IDENTIFICATIVA INTERNA:** B251
T1 C.I. prelevato da S1 a 12,00+12,50 m da p.c.

PROVE RICHIESTE: Apertura e descrizione del campione (ASTM D2488); analisi
granulometrica per setacciatura e decantazione (ASTM D422); Limiti
di consistenza o di Atterberg (CNR 10014); determinazione del peso
specifico dei granuli (CNR UNI 10013); determinazione del peso di
volume e parametri fisici; compressione ELL (A ASTM D2166); prova
di taglio diretto (ASTM D3080).

VERBALE DI ACCETTAZIONE N.° DEL: B251/TR del 14 settembre 2018

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

(dott. geol. Maria Di Donato)



GEOSERVING S.r.l.

Laboratorio Sperimentale per prove geotecniche
 terre, rocce e prove in situ. Autorizzato dal Ministero
 Infrastrutture e Trasporti con decreto n°. 388 del 22.01.2014

Identificazione documento: CERTIFICATO N. TR0055/18

Data di emissione: 03-dic-18

Pagina: 2 di 12

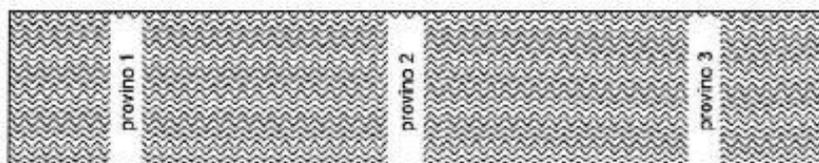
Sigla rif. Interno: B251 T1

APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE (ASTM D2488-84)

Committente:	Città di Isernia - "Settore 3" - Tecnico"	Data prelievo:	11-set-18
Cantiere:	Determinazione Sett. N°893 del 26/11/2018	Data prova:	10-set-18
Modalità di prelievo:	campionatore Shelby. C.I. prelevato da S1 a 12,00+12,50 m da p.c.	Note:	

- 1) Descrizione: Limo e argilla debolmente sabbioso
- 2) Colore: beige tendente al verde con venature di colorazione grigio chiaro
- 3) Odore: nessuno
- 4) Plasticità: mediamente plastico
- 5) Condizioni di umidità: umido
- 6) Reazione con HCl: alta
- 7) Grado di alterazione: -
- 8) Consistenza (terreni coesivi): molto consistente
- 9) Addensamento (terreni granulari): -
- 10) Struttura: -
- 11) Fratturazioni: -
- 12) Scistosità: -

Rappresentazione schematica del campione



Quote [cm]: 1200 360 260 1250

P. Penetrometer [kPa]:

360

260

Vane test:

Prove eseguite: vedi pag. 1

LO SPERIMENTATORE

(dott. geol. Vincenzo Vessella)



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

(dott. geol. Maria Di Donato)



Laboratorio Sperimentale per prove geotecniche
terre, rocce e prove in situ. Autorizzato dal Ministero
Infrastrutture e Trasporti con decreto n°. 388 del 22.01.2014

Identificazione documento: CERTIFICATO N. TR0055/18

Data di emissione: 03-dic-18

Pagina: 3 di 12

Sigla rif. interno: B251 T1

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E DECANTAZIONE (ASTM D422)

Committente: Città di Isernia - "Settore 3" - Tecnico"
Cantiere: Determinazione Sett. N°893 del 28/11/2018
Modalità di prelievo: Campionatore Shelby.
C. l. prelevato da S1 a 12,00+12,60 m da p.c.

Data Inizio prova: 24-set-18
Data Fine Prova: 02-ott-18
Data prelievo: 11-set-18

Setacciatura frazione > 2,0 mm

Peso secco iniziale [N]: 2,946

Apertura setaccio [mm]	Peso ritenuto [N]		Ritenuto cumulativo [%]	Passante cumulativo [%]
	cumulativo	parziale		
70	0,000	0,000	0,00	100,00
30	0,000	0,000	0,00	100,00
25	0,000	0,000	0,00	100,00
19	0,000	0,000	0,00	100,00
9,5	0,000	0,000	0,00	100,00
4,75	0,002	0,002	0,08	99,92
2	0,005	0,003	0,17	99,83

Setacciatura frazione < 2,0 mm

Peso secco iniziale [N]: 0,491

Apertura [mm]	Peso ritenuto [N]		Ritenuto cumulativo [%]	Passante cumulativo [%]	
	cumulativo	parziale		parziale	totale
1,18	0,002649	0,002649	0,54	99,46	99,29
1	0,004709	0,002060	0,96	99,04	98,87
0,425	0,015588	0,010889	3,18	96,82	96,65
0,25	0,020307	0,004709	4,14	95,86	95,69
0,18	0,023740	0,003434	4,84	95,16	95,00
0,075	0,043360	0,019620	8,84	91,16	91,00

D₁₅ = n.d. D₅₀ = 0,007 D₉₀ = 0,013
D₁₀ = n.d.

Decantazione

Peso secco iniziale decantazione [N]: 0,491

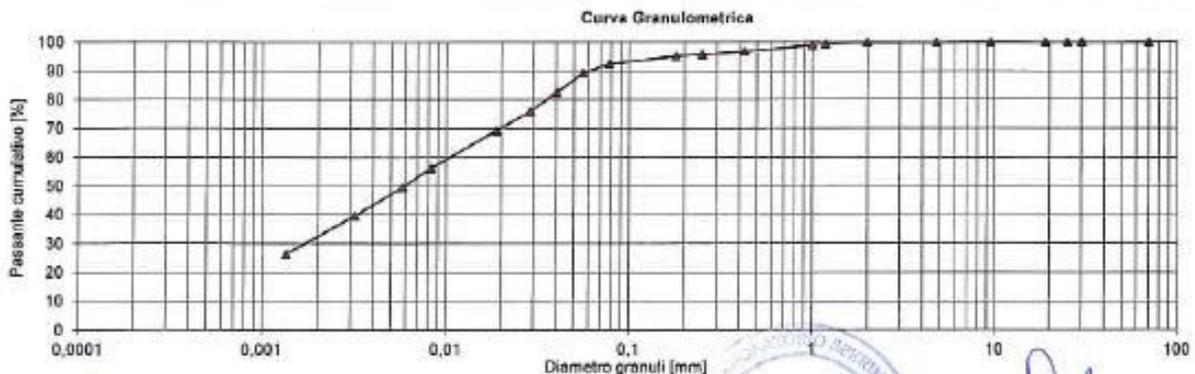
Densimetro serie: ASTM 151 H

t [min]	T [°C]	r	C	R	R'	R''	Z [cm]	V [cm/s]	D [mm]	P [%]	P' [%]
0,25	20	1,030	1,0025	30,0	30,5	28,0	8,227	32,909	0,0831	92,523	92,363
0,5	20	1,029	1,0025	29,0	29,5	27,0	8,492	16,983	0,0597	89,219	89,064
1	20	1,027	1,0025	27,0	27,5	25,0	9,021	9,021	0,0435	82,610	82,467
2	20	1,025	1,0025	25,0	25,5	23,0	8,55	4,775	0,0317	76,001	75,860
5	20	1,023	1,0025	23,0	23,5	21,0	10,079	2,016	0,0206	69,392	69,272
30	20	1,019	1,0025	19,0	19,5	17,0	11,137	0,371	0,0088	55,175	55,077
60	20	1,017	1,0025	17,0	17,5	15,0	11,886	0,194	0,0064	49,568	49,480
250	20	1,014	1,0025	14,0	14,5	12,0	12,459	0,050	0,0032	39,653	39,584
1440	21	1,010	1,0025	10,0	10,5	8,0	13,518	0,009	0,0014	26,435	26,389

LEGGENDE: t = tempo di sedimentazione, T = temperatura, r = lettura al densimetro, C = Correzione per temperatura e soluzione, R = Valore convenzionale della lettura, R' = Valore convenzionale corretto per montato, R'' = Valore corretto per T, soluzione e montato, Z = Distanza tra il baricentro del densimetro e polo libero del fiasco, V = velocità di caduta dei granuli, D = diametro equivalente dei granuli, P = Passante cumulativo inteso al campione

Classificazione USCS

Argilla (< 0,005 mm)	Limo (0,005 mm = 0,074 mm)	Sabbia (0,075 = 4,75 mm)	Ghiaia (4,75 mm = 75 mm)	Ciottoli (>75 mm)
44,86 %	46,02 %	8,91 %	0,08 %	0,00 %



Lo Sperimentatore

(dott. geol. Vincenzo Vessella)

Il Direttore del Laboratorio

(dott. geol. Maria Di Donato)



Laboratorio Sperimentale per prove geotecniche
terre, rocce e prove in situ. Autorizzato dal Ministero
Infrastrutture e Trasporti con decreto n°. 388 del 22.01.2014

Identificazione documento: CERTIFICATO N. TR0055/18

Data di emissione: 03-dic-18

Pagina: 4 di 12

Sigla rif. Interno: B261 T1

DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Committente: Città di Isernia - "Settore 3° -Tecnico"

Cantiere: Determinazione Sett. N°893 del 26/11/2018

Modalità di prelievo: campionatore Shelby

Data prelievo: 11/09/2018

Data inizio prova: 24/09/2018

Data fine prova: 27/09/2018

Note: C.I. prelevato da S1 a 12,00+12,50 m da p.c.

Normativa di riferimento: **CNR UNI 10013**

a) Determinazione con picnometro:

		Provino n. 1	Provino n. 2
T	[°C]	20,0	20,0
γ_s	-	2,54	2,53
γ_s medio	-	2,53	

b) Determinazione con picnometro e cestello:

		Provino n. 1	Provino n. 2
Na	[%]		
Nb	[%]		
T	[°C]		
γ_{sa}	*		
γ_{sb}	*		
γ_s medio	-		

Lo Sperimentatore



(dott. geol. Vincenzo Vessella)

Il Direttore del Laboratorio



(dott. geol. Maria Di Donato)

GEOSERVING S.r.l.

Laboratorio Sperimentale per prove geotecniche
terre, rocce e prove in situ. Autorizzato dal Ministero
Infrastrutture e Trasporti con decreto n°. 398 del 22.01.2014

Identificazione documento: CERTIFICATO N. TR0055/17

Data di emissione: 03-dic-18

Pagina: 5 di 12

Sigla rif. Interno: B251 T1

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDA E PLASTICA (o di Atterberg) (UNI 10014)

Data prelievo: 11/09/2018
Modalità di prelievo: Campionatore Shelby
Note: C.I. prelevato da S1 a 12,00+12,50 m da p.c.

Data inizio prova: 24/09/2018
Data fine prova: 03/10/2018

Metodo di frantumazione: Pestello in gomma
Metodo di essiccazione: Forno 50° C

Determinazione del limite liquido

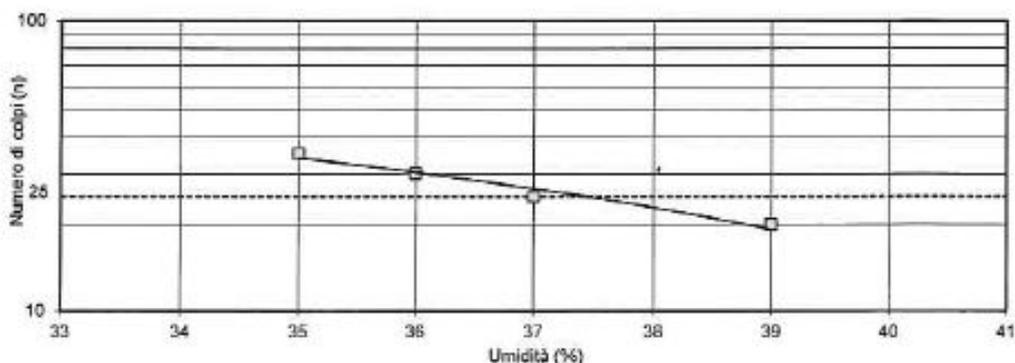
Numero colpi	n	35	30	25	20
Contenuto in acqua	[%]	35	36	37	39
Limite Liquido (LL)	[%]	37			

Determinazione del limite plastico.

Contenuto in acqua	[%]	27	27
Contenuto in acqua medio	[%]	27	
Limite Plastico (LP)	[%]	27	

Indice di Plasticità (IP): 10

Grafico n. colpi/umidità



Lo Sperimentatore

(dott. geol. Vincenzo Vessella)



Il Direttore del Laboratorio

(dott. geol. Maria Di Donato)



Laboratorio Sperimentale per prove geotecniche
terre, rocce e prove in situ. Autorizzato dal Ministero
Infrastrutture e Trasporti con decreto n°, 388 del 22.01.2014

Identificazione documento: CERTIFICATO N. TR0055/18

Data di ammissione: 03-dic-18

Pagina: 6 di 12

Sigla rif. Interno: B251 T1

DETERMINAZIONE PESO DI VOLUME E PARAMETRI FISICI

Committente: Città di Isernia - "Settore 3" - Tecnico"

Cantiera: Determinazione Sett. N°893 del 26/11/2018

Campione: C.I. prelevato da S1 a 12,00+12,50 m da p.c.

Modalità di prelievo: Campionatore Shelby.

Data prelievo: 11-set-18

Data Inizio prova: 21-set-18

Data Fine Prova: 24-set-18

Nota: 1) rif. ASTM D3080; 2) rif. CNR UNI 10006

Provino	N°	1	2	3
Diámetro / Lato	[mm]	60,00	60,00	60,00
Altezza	[mm]	22,00	22,00	22,00
Area	[cm ²]	35,00	35,00	36,00
Volume	[cm ³]	79,20	79,20	79,20
Peso specifico dei granuli	-	2,53	2,53	2,53
Peso provino umido	[N]	1,58	1,58	1,58
Peso di volume ¹⁾	[kN/m ³]	20,01	20,01	20,01
Peso di volume secco	[kN/m ³]	16,77	16,77	16,77
Peso di volume saturo	[kN/m ³]	20,15	20,15	20,15
Umidità naturale ²⁾	[%]	19,31	19,31	19,31
Indice dei vuoti	-	0,51	0,51	0,51
Porosità	-	0,34	0,34	0,34
Grado di saturazione	[%]	96	96	96

LO SPERIMENTATORE

(dott. geol. Vincenzo Vessella)

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

(dott. geol. Maria Di Donato)

GEOSERVING S.r.l.

Laboratorio Sperimentale per prove geotecniche
terra, rocce e prove in situ. Autorizzato dal Ministero
Infrastrutture e Trasporti con decreto n°. 368 del 22.01.2014

Identificazione documento: CERTIFICATO N. TR0055/18

Data di emissione: 03-dic-18

Pagina: 7 di

12

Sigla rif. interno: B251 T1

PROVA DI COMPRESIONE ELL (ASTM 2166)

Committente: Città di Isernia - "Settore 3" - Tecnico"

Data prelievo: 11-set-18

Cantiere: Determinazione Sett. N°893 del 26/11/2018

Data prova: 3-ott-18

Note:

Modalità di prelievo: Campionatore Shelby

Campione indisturbato di terra prelevato da S1 a 12,00+12,50 m da p.c.

Velocità di prova [mm/min]: 0,3

Umidità [%]: 19,31

Provino N. 1			Provino N. 2		
Altezza iniziale media:	76,0 mm		Altezza iniziale media:	76,0 mm	
Diametro iniziale medio:	38,0 mm		Diametro iniziale medio:	38,0 mm	
Peso iniziale:	1,73 N		Peso iniziale:	1,74 N	
Deformazione [mm]	Carico [N]	Resistenza a Compressione [kPa]	Deformazione [mm]	Carico [N]	Resistenza a Compressione [kPa]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	120,00	105,11	0,50	95,00	83,21
1,00	140,00	121,82	1,00	114,00	99,20
1,50	163,00	140,89	1,50	127,00	109,77
2,00	176,00	151,10	2,00	142,00	121,91
2,50	191,00	162,87	2,50	148,00	126,21
3,00	202,00	171,08	3,00	160,00	135,51
3,50	210,00	176,64	3,50	171,00	143,83
4,00	221,00	184,61	4,00	182,00	152,03
4,50	232,00	192,45	4,50	191,00	158,44
5,00	241,00	198,52	5,00	198,00	163,10
5,50	246,00	201,21	5,50	196,00	160,32
6,00	252,00	204,66	6,00	191,00	155,12
6,50	257,00	207,23	6,50	188,00	151,59
7,00	261,00	208,94	7,00	185,00	148,10
7,50	255,00	202,66	7,50	184,00	146,23
8,00	250,00	197,23	8,00	182,00	143,59
8,50	246,00	192,65	8,50	180,00	140,96

Lo Spedimentatore

(dott. geol. Vincenzo Vessella)

Il Direttore del Laboratorio

(dott. geol. Maria Di Donato)

GEOSERVING S.r.l.

Laboratorio Sperimentale per prove geotecniche
 terre, rocce e prove in situ. Autorizzato dal Ministero
 Infrastrutture e Trasporti con decreto n° 388 del 22.01.2014

Identificazione documento: CERTIFICATO N. TR0055/16

Data di emissione: 03-dic-18

Pagina: 8 di

Sigla rif. Interno: B251 T1

12

T1

PROVA DI COMPRESIONE ELL (ASTM 2166)

Committente: Città di Isemlia - "Settore 3°-Tecnico"

Data prelievo: 11-set-18

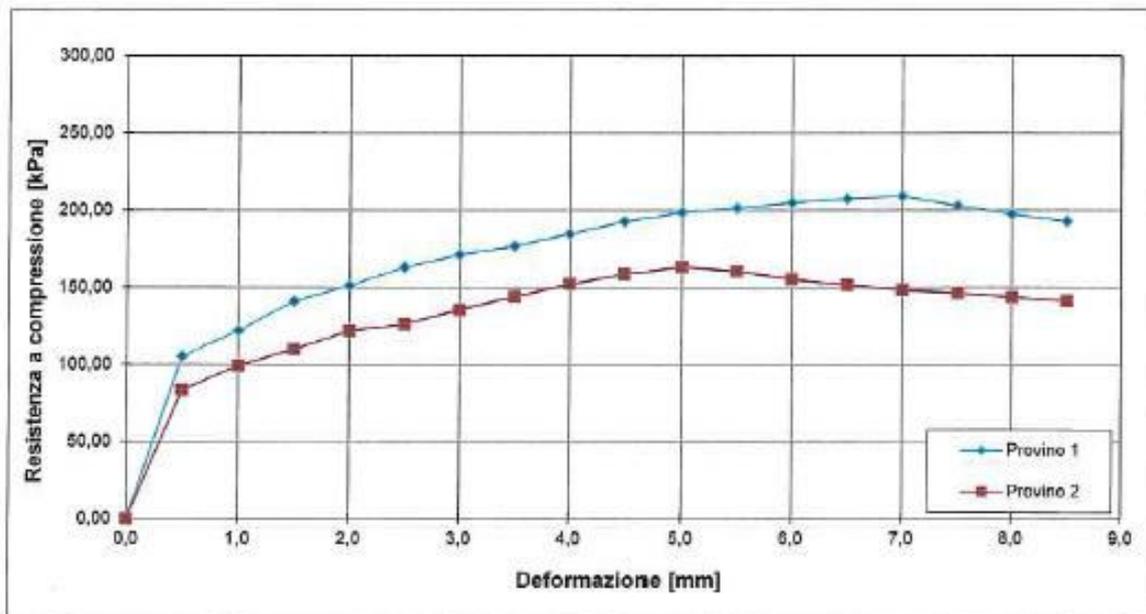
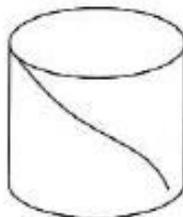
Cantiere: Determinazione Sett. N°893 del 26/11/2018

Data prova: 3-ott-18

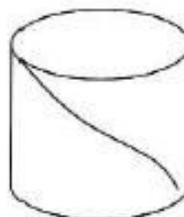
Note:

Modalità di prelievo: Campionatore Shelby

Campione indisturbato di terra prelevato da S1 a 12,00+12,50 m da p.c.

**Schema di rottura**

Provino N. 1



Provino N. 2

Note:

Lo Sperimentatore

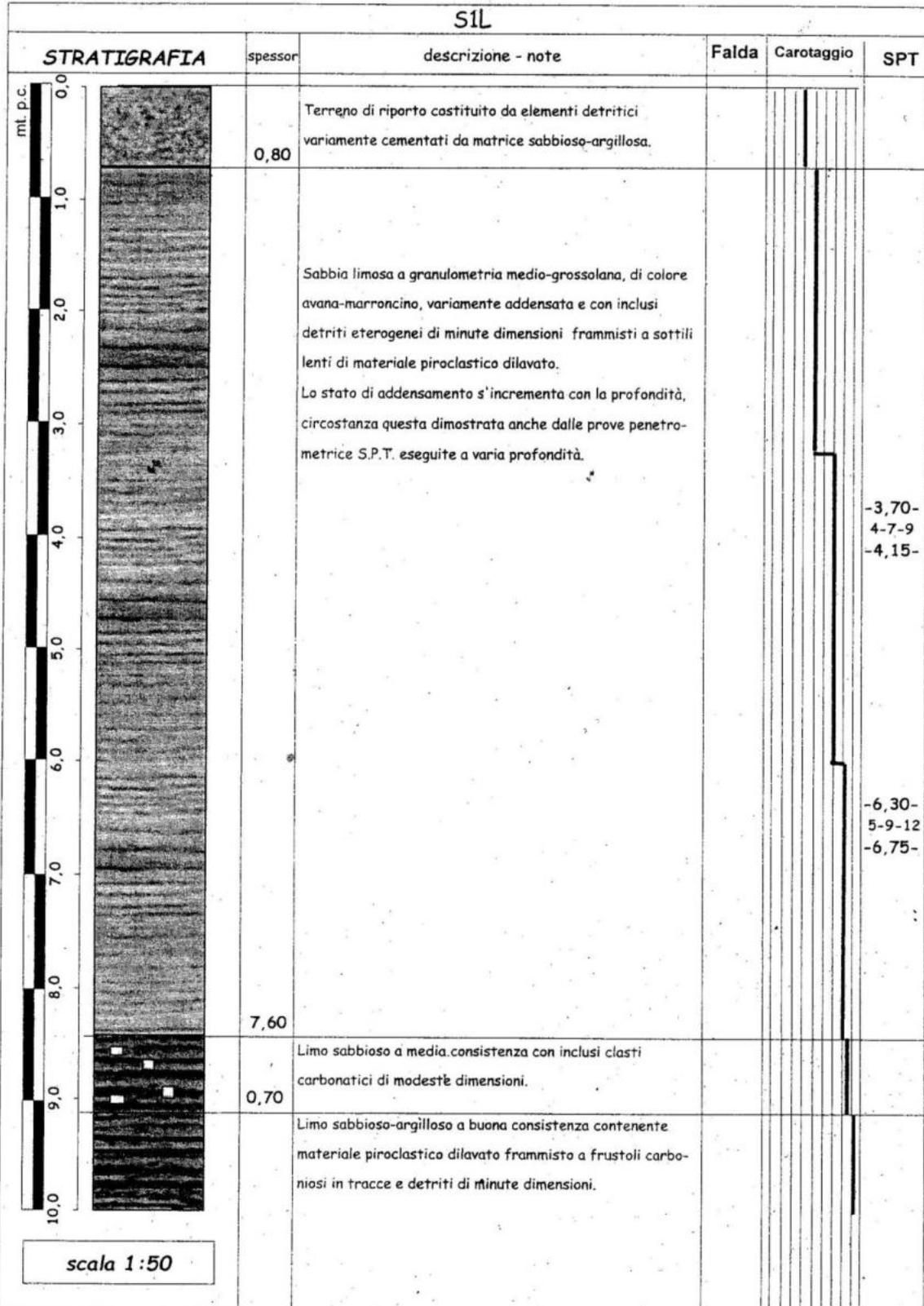
(dott. geol. Vincenzo Vessella)



Il Direttore del Laboratorio

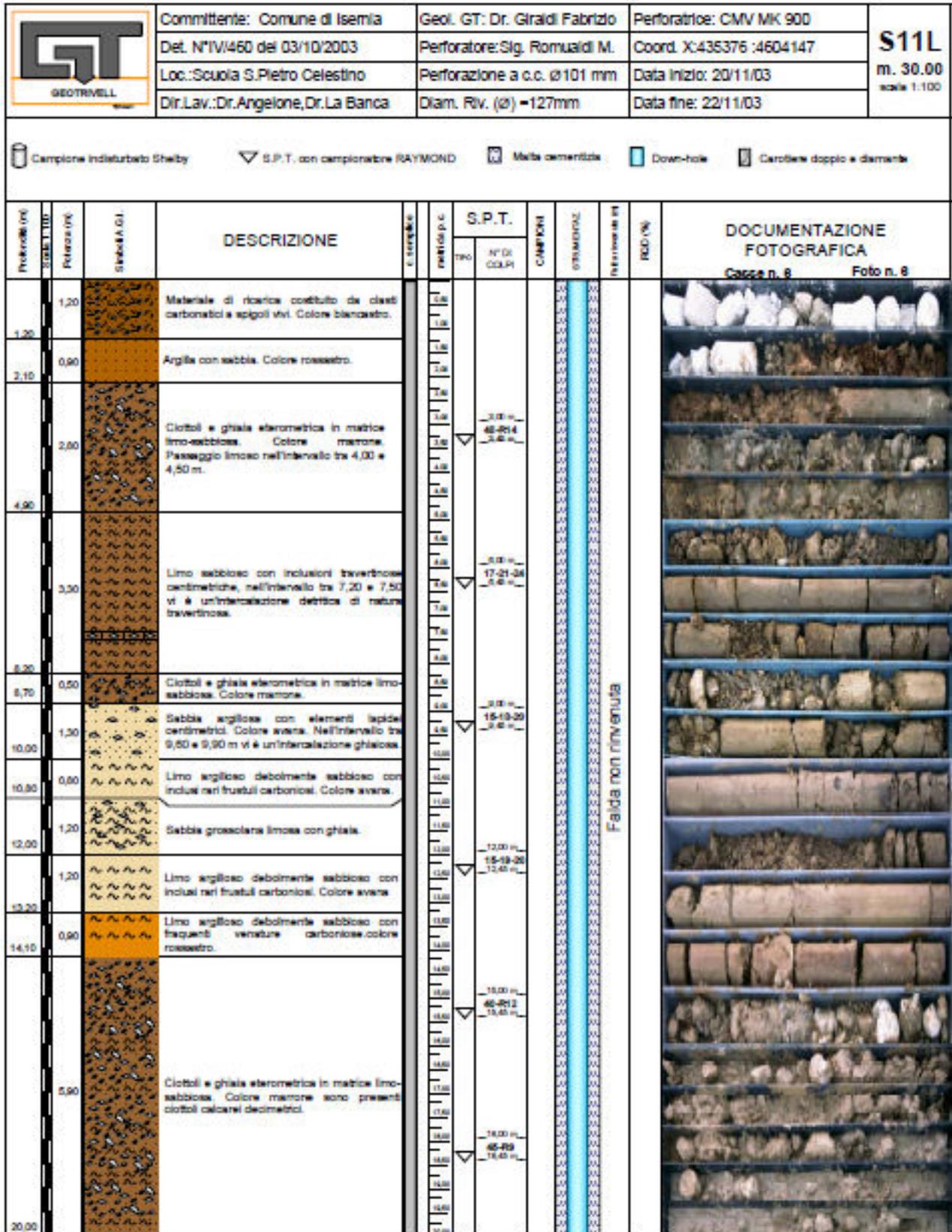
(dott. geol. Maria Di Donato)

GEOSERVING S.r.l. - Via Colemeroni, 3 - San Vitore del Lazio (FR) e-mail: info@geoserving.it
 Qualsiasi copia parziale del presente documento potrà avvenire dopo debita autorizzazione scritta da parte della GEOSERVING S.r.l.
 I risultati del presente documento si riferiscono al solo campione sottoposto a prova



Impresa: Lodigiani Spa - Milano
 Cantiere: Porta Castello - Via Occidentale - Isernia
 Quota inizio: N.R. | Impresa di trivellazione: Lodigiani Spa - MI

	Committente: Comune di Isernia	Geol.GT: Dr. Giraldi Fabrizio	Perforatrice: CMV MK 900	S12C m. 15.00 scala:1:100						
	Det. N°IV/460 del 03/10/2003	Perforatore: Sig. Romualdi M.	Coord. X:435354 ;4604173							
	Loc.: Scuola S.Pietro Celestino	Perforazione a c.c. Ø101 mm	Data inizio: 27/11/03							
	Dir.Lav.:Dr.Angelone,Dr.La Banca	Diam. Riv. (Ø) =127mm	Data fine: 27/11/03							
Campione indisturbato Shelby ▽ S.P.T. con campionatore RAYMOND <input checked="" type="checkbox"/> Malta cementizia <input type="checkbox"/> Down-hole <input type="checkbox"/> Carotiere doppio a diamante										
Profondità (m)	Cassa (m)	Percorso (m)	Scheda G.L.	DESCRIZIONE	S.P.T.	CAMPIONI	STAMPATI	Foto in scala 1:1	ROD (m)	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
1.00		1.00		Materiale di risulta costituito da ciottoli carbonatici e spigoli vivi. Colore biancastro.						
1.30		0.30		Travertino lapideo. Colore bianco.						
3.10		1.80		Riparto eterogeneo costituito da ghiaie eterometriche, frammenti di laterizi, sfridi edili, in matrice limo-sabbiosa. Colore marroncino.						
4.30		1.20		Limo argilloso debolmente sabbioso con patine di ossidazione. Mediamente consistente. Colore avana, variegato.						
4.60		0.30		Sabbia grossolana debolmente limosa con veri frustoli carboniosi. Colore arancione ocra.						
5.00		0.40		Limo sabbioso inglobante ciottoli lapidei eterometrici poligenici.						
8.10		3.10		Ghiaie e ciottoli eterometrici subarrotolati in matrice limo-sabbiosa fine. Colore marrone.						
11.30		3.20		Argilla limosa intervalata a centimetriche laminazioni sabbiose fini. Colore avana marroncino.						
14.50		3.20		Ghiaie e ciottoli eterometrici subarrotolati in matrice limo-sabbiosa fine. Colore marrone.						
15.00		0.50		Limo argilloso debolmente sabbioso con patine di ossidazione. Mediamente consistente. Colore avana, variegato.						
30.00										



		Committente: Comune di Isernia		Geol. GT: Dr. Giraldi Fabrizio		Perforatrice: CMV MK 900		S11L m. 30.00 scale 1:100
		Del. N°IV/460 del 03/10/2003		Perforatore: Sig. Romualdi M.		Coord. X:435376 :4604147		
		Loc.: Scuola S. Pietro Celestino		Perforazione a c.c. Ø101 mm		Data inizio: 20/11/03		
		Dir.Lav.: Dr. Angelone, Dr. La Banca		Diam. Riv. (Ø) = 127mm		Data fine: 22/11/03		
<input type="checkbox"/> Campione indisturbato Shelby <input checked="" type="checkbox"/> S.P.T. con campionatore RAYMOND <input checked="" type="checkbox"/> Meteo cementite <input checked="" type="checkbox"/> Down-hole <input checked="" type="checkbox"/> Carotiere doppio e diamante								
Profondità (m)	Spazio (m)	Spessore (m)	DESCRIZIONE	Profondità (m)	S.P.T.		STRUMENTAZIONE	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
30,20	0,50				TIPO	N° DI COLPI		Casse n. 8 Foto n. 8
			Ciottoli e ghiaia sferometrica in matrice limo-sabbiosa. Colore marrone sono presenti ciottoli calcarei decimetrici.					
	9,50		Calcare saccaroidale ad aspetto molto fratturato e sminuzzato. Colore bianco. Nell'intervallo tra 22,00 e 22,20 m c'è un passaggio detritico minuto.					
30,00								

Studio di Geologia Applicata e di Geofisica - Via Mario Farinacci, 11 - 86170 ISERNIA (Italy)**Dott. Aldo Succi - Geologo Specialista - n. iscr. 23 O.R.G.**

Rielaborazione : Studio Succi - D.M. 17-01-2018 + NTA

Prospezione Down-Hole di riferimento :

DH1ps

Località : Porta Castello

Comune di ISERNIA (IS)

Data: 10/06/2013

Ora : 10,40

Progetto : Studio di fattibilità per la Ricostruzione ed il Consolidamento della cinta muraria della Città

Sorgente : Massa battente (martello) 10 Kg

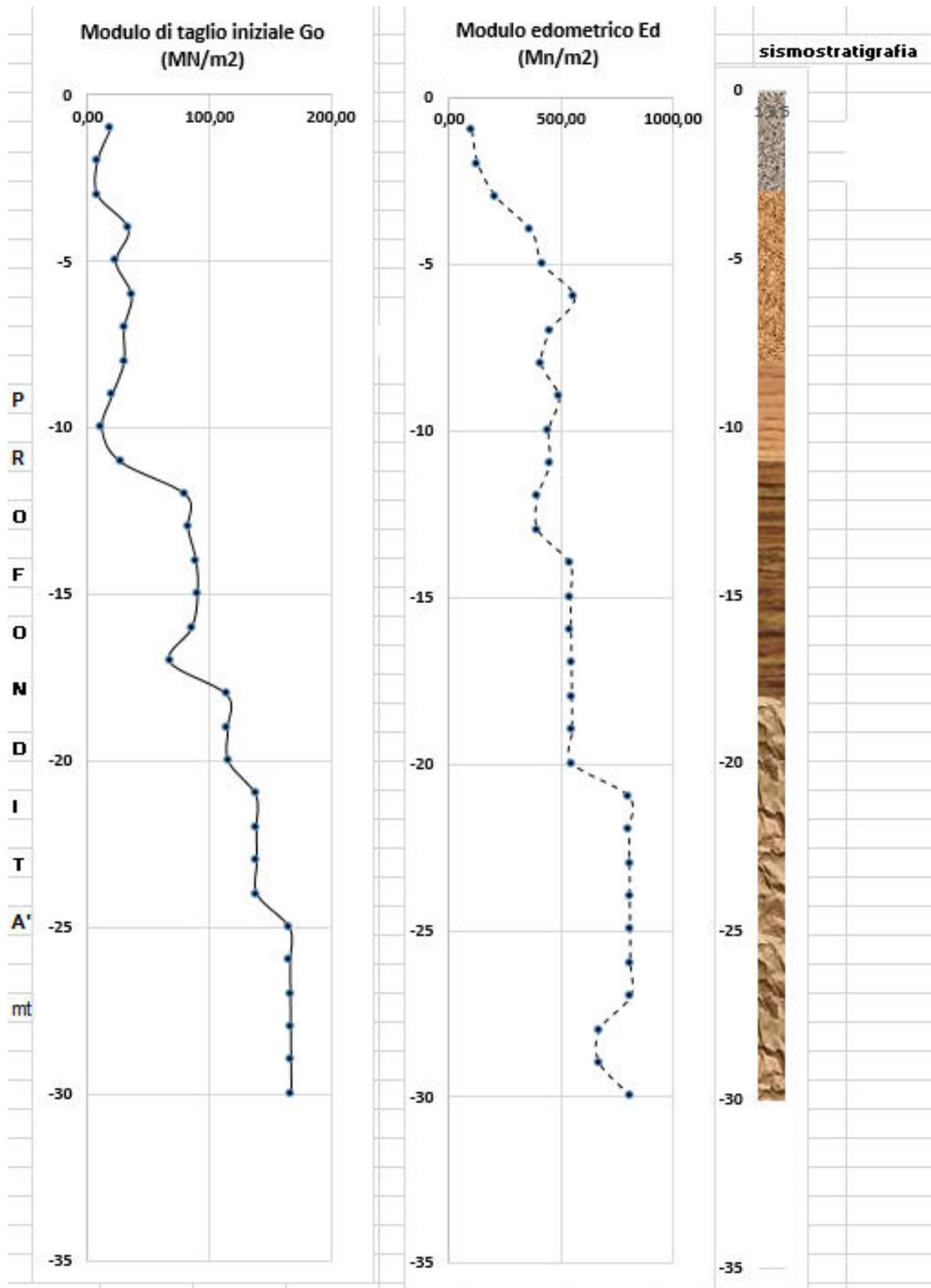
Geofono : 3D a 10 Hz (una componente verticale, due componenti orizzontali disposte a 90°) con dispositivo di bloccaggio al foro mediante pistone ad aria compressa.

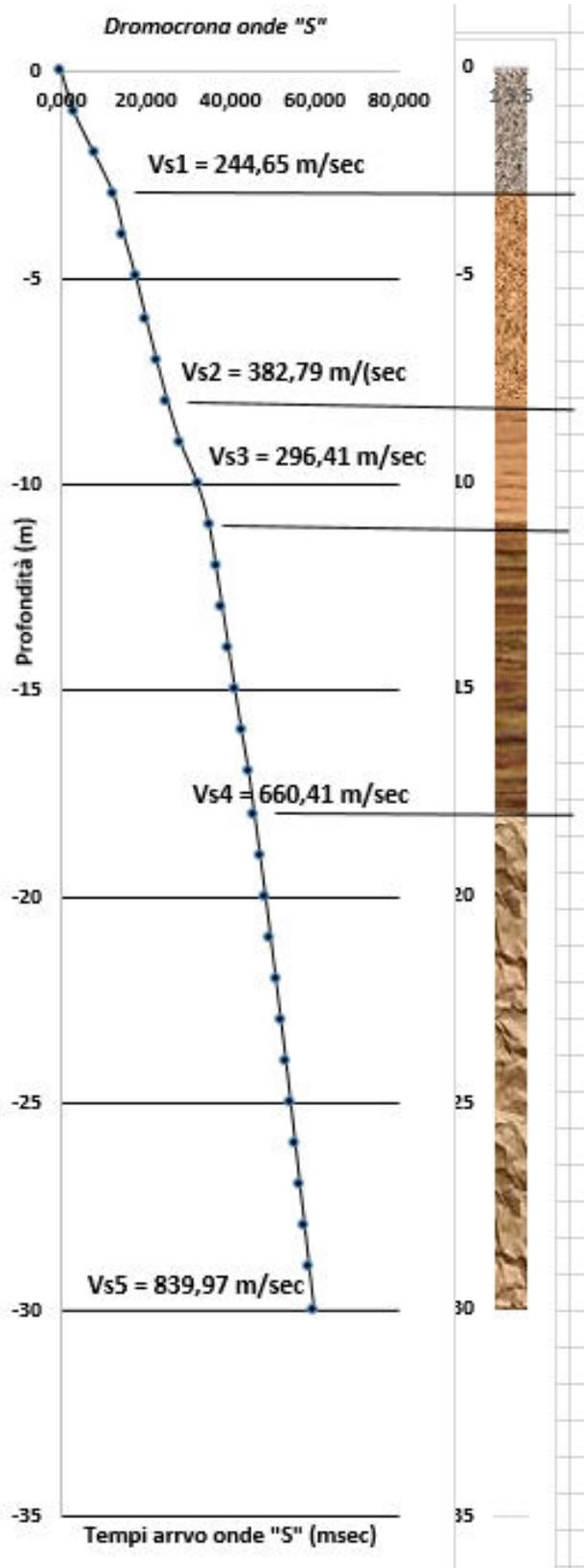
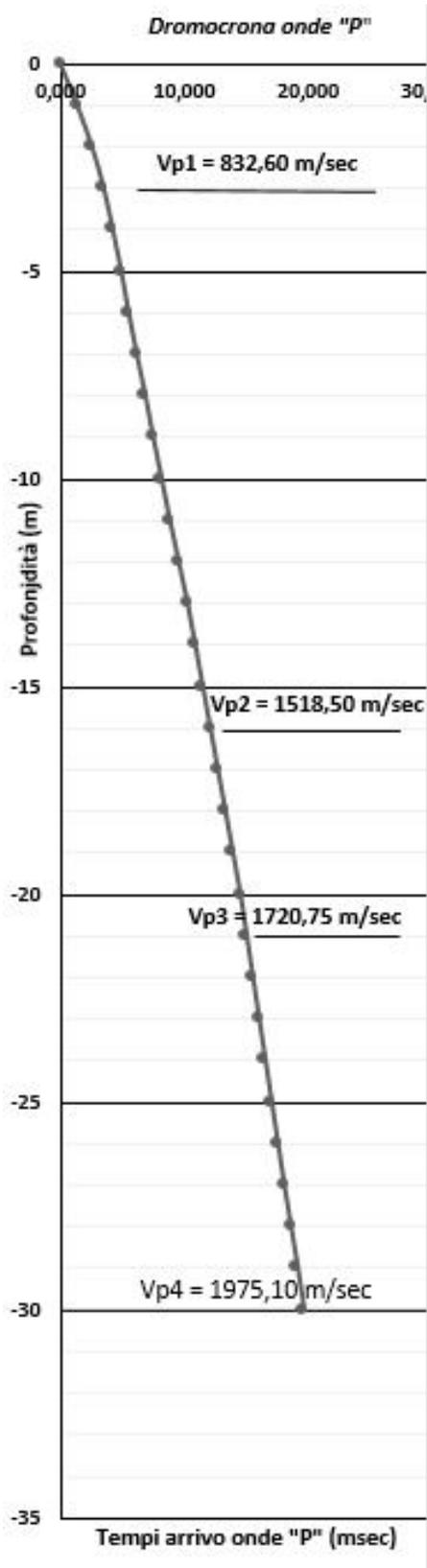
Normativa della California (USA) → Eurocodice 8 → O.M. 3274/2003 → D.M. 17-01-2018

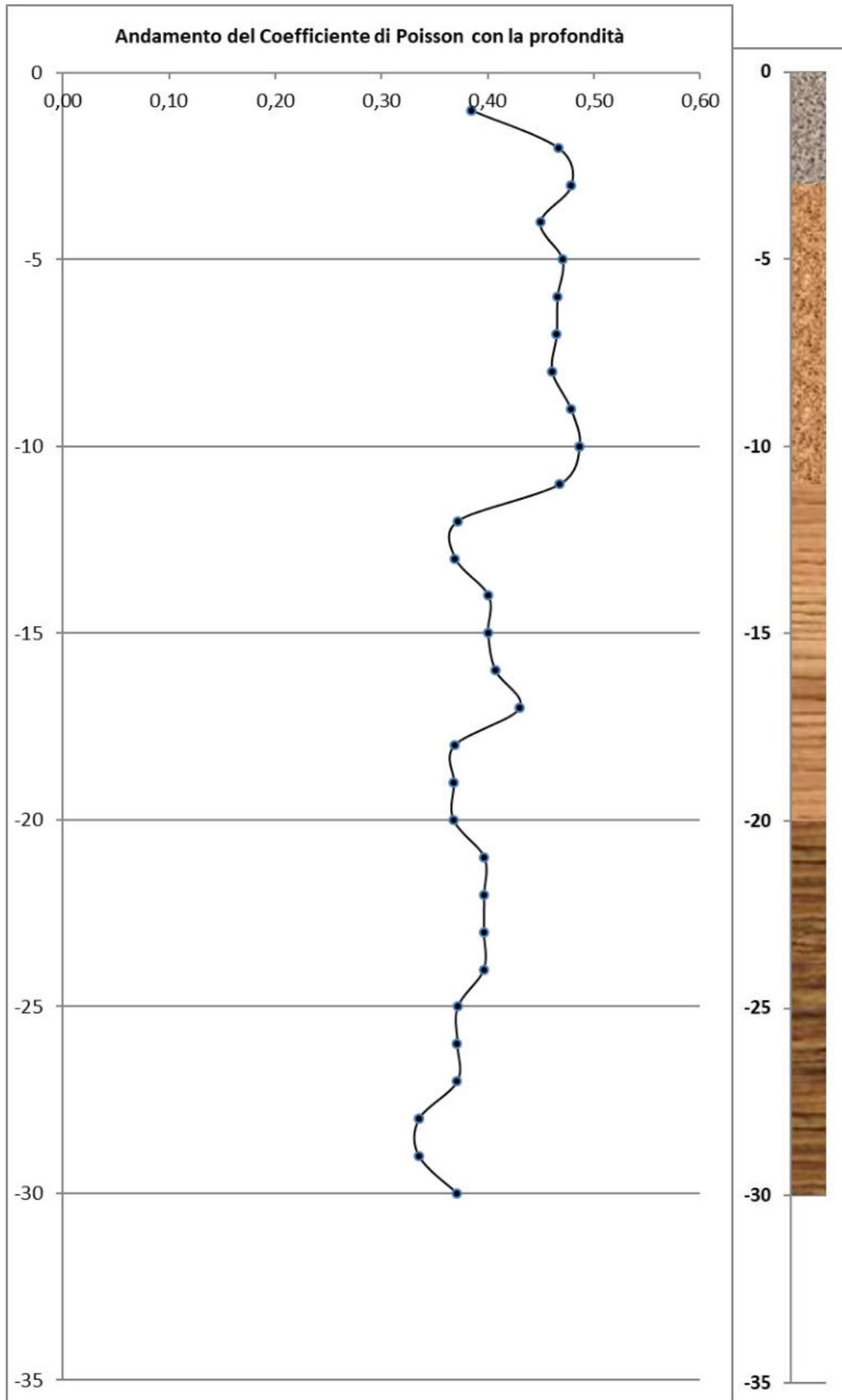
Distanza superficiale tra le sorgenti di onde "P" e "SH" e il centro del perforo 2,15

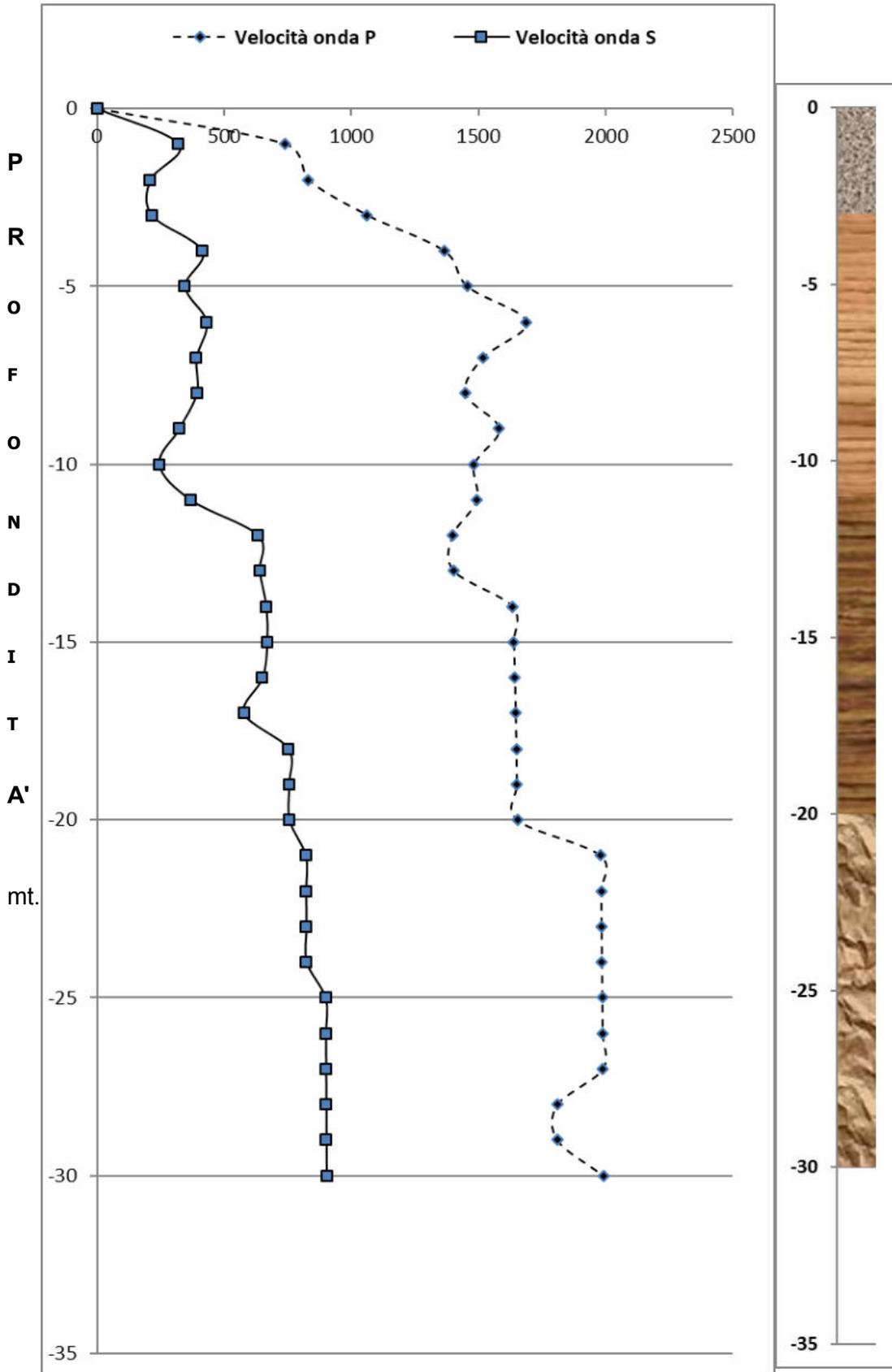
Profondità in metri	Tempi onde P	Tempi onde SH (+)	Tempi onde SH (-)	Tempi medi onde SH (±)	Tempi corr. onde P	Tempi corr. onde SH (±)
1	3,20	7,30	7,50	7,40	1,350	3,120
2	3,75	11,50	11,70	11,60	2,554	7,900
3	4,30	15,40	15,50	15,45	3,495	12,558
4	4,80	16,95	17,05	17,00	4,228	14,974
5	5,35	19,35	19,55	19,45	4,915	17,868
6	5,85	21,35	21,55	21,45	5,507	20,192
7	6,45	23,70	23,90	23,80	6,166	22,751
8	7,10	26,10	26,30	26,20	6,857	25,302
9	7,70	29,12	29,28	29,20	7,489	28,401
10	8,35	33,15	33,35	33,25	8,163	32,507
11	9,00	35,80	36,00	35,90	8,833	35,233
12	9,70	37,30	37,50	37,40	9,548	36,814
13	10,40	38,85	38,95	38,90	10,261	38,379
14	11,00	40,25	40,45	40,35	10,873	39,882
15	11,60	41,70	41,90	41,80	11,483	41,377
16	12,20	43,20	43,40	43,30	12,091	42,914
17	12,80	44,90	45,10	45,00	12,699	44,644
18	13,40	46,20	46,40	46,30	13,305	45,973
19	14,00	47,50	47,70	47,60	13,911	47,298
20	14,60	48,80	49,00	48,90	14,516	48,620
21	15,10	50,00	50,20	50,10	15,021	49,839
22	15,60	51,20	51,40	51,30	15,526	51,057
23	16,10	52,40	52,60	52,50	16,030	52,272
24	16,60	53,65	53,75	53,70	16,534	53,486
25	17,10	54,75	54,85	54,80	17,037	54,598
26	17,60	55,80	56,00	55,90	17,540	55,710
27	18,10	56,90	57,10	57,00	18,043	56,820
28	18,65	58,00	58,20	58,10	18,595	57,929
29	19,20	59,10	59,30	59,20	19,147	59,038
30	19,70	60,20	60,40	60,30	19,650	60,146

Profondità	Vp	Vs	Poisson	Go	E	Ed
in metri	m/sec	m/sec	v	MN/m2	MN/m2	MN/m2
1,00	740,99	320,49	0,385	19,22	53,23	102,77
2,00	830,15	209,21	0,466	8,19	24,01	128,99
3,00	1062,73	214,70	0,479	8,62	25,51	211,39
4,00	1364,55	413,91	0,449	33,84	98,08	367,87
5,00	1455,77	345,57	0,470	23,59	69,35	418,69
6,00	1688,53	430,17	0,465	36,55	107,10	563,29
7,00	1518,34	390,88	0,465	30,17	88,38	455,46
8,00	1447,24	391,98	0,460	30,34	88,63	413,80
9,00	1580,86	322,70	0,478	20,57	60,81	493,74
10,00	1483,27	243,53	0,486	12,02	35,73	446,10
11,00	1493,85	366,82	0,468	27,27	80,07	452,49
12,00	1398,41	632,71	0,371	81,14	222,55	396,52
13,00	1403,19	638,95	0,369	82,75	226,61	399,24
14,00	1634,21	665,08	0,401	89,66	251,18	541,52
15,00	1639,05	669,03	0,400	90,73	254,05	544,72
16,00	1642,91	650,55	0,407	85,78	241,40	547,29
17,00	1646,03	578,00	0,430	67,72	193,63	549,38
18,00	1648,60	752,54	0,368	114,79	314,15	551,09
19,00	1650,72	754,75	0,368	115,47	315,88	552,51
20,00	1652,50	756,58	0,367	116,03	317,31	553,70
21,00	1979,75	819,94	0,396	138,37	386,46	806,94
22,00	1981,94	821,49	0,396	138,89	387,87	808,73
23,00	1983,81	822,81	0,396	139,34	389,07	810,26
24,00	1985,41	823,83	0,396	139,69	390,00	811,57
25,00	1986,79	898,75	0,371	166,25	455,97	812,70
26,00	1987,99	899,89	0,371	166,67	457,05	813,68
27,00	1989,04	900,66	0,371	166,96	457,81	814,54
28,00	1810,37	901,44	0,335	167,24	446,59	674,77
29,00	1810,97	902,12	0,335	167,50	447,20	675,22
30,00	1991,43	902,71	0,371	167,72	459,77	816,49

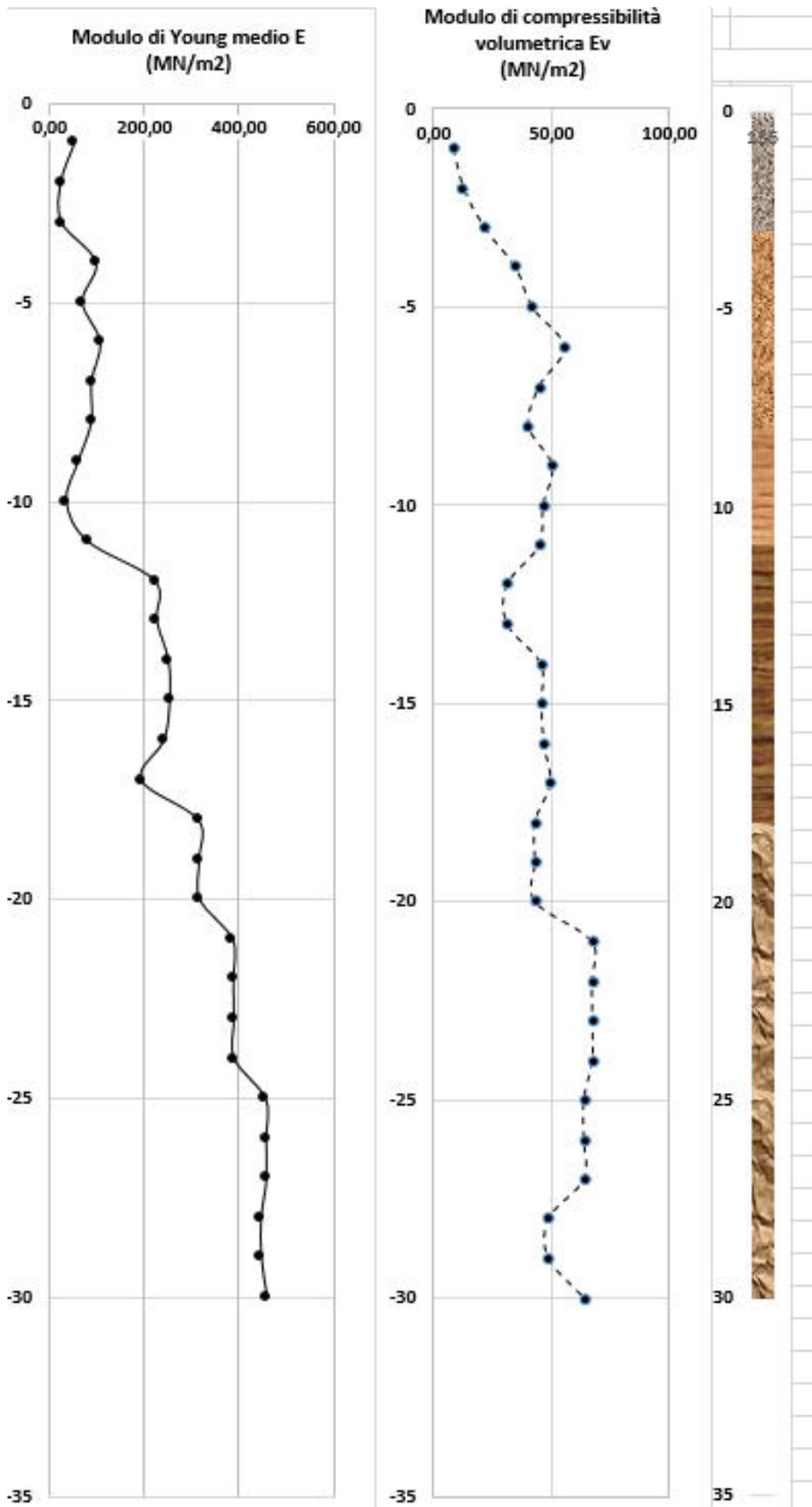








INTERVALLI DI VELOCITA'



Calcolo del valore equivalente Vs(30) ----- (O.M. 3274/03)					
Litotipo	Spessore strato h (m)	Velocità Vp m/sec	Spessore strato h (m)	Velocità Vs m/sec	Rapporto h/Vs
1	3,00	832,60	3,00	244,65	0,01226
2	13,00	1518,50	5,00	382,79	0,01306
3	5,00	1720,75	3,00	296,41	0,01012
4	9,00	1975,10	7,00	660,41	0,01060
5			12,00	839,97	0,01429
		30,00			
	Vseq =	-----	=	497,26	m/sec
		Σ(h/Vs)			
Il terreno di fondazione rientra nella Categoria "B"					
O.M. 3274/2003 - D.M. 17 gennaio 2018 (punto 3.2.2)					

Caratteristiche fisico-elastiche						
	1° strato	2° strato	3° strato	4° strato	5° strato	
peso di volume (KN/m ³)	18,34	17,65	17,16	19,61	20,59	
Velocità media onde P (m/sec)	832,60	1518,50	1720,75	1975,10	1975,10	
Velocità media onde S (m/sec)	244,65	382,79	296,41	660,41	839,97	
Coefficiente di Poisson : ν	0,453	0,466	0,485	0,437	0,390	
Modulo di taglio iniz. : Go (MN/m ²)	11,41	26,90	15,68	88,95	151,09	
Modulo di compressibilità						
edometrica medio: Ed (MN/m ²)	132,19	4150,49	5181,73	7802,06	8192,16	
Modulo di compressibilità						
volumetrica medio: Ev (MN/m ²)	116,97	387,37	507,48	676,99	633,92	
Modulo di elasticità dinamico						
(Modulo di Young) : E (MN/m ²)	33,16	78,86	46,56	255,65	419,90	
Rigidità sismica media Rp						
di compressione (MPa/m ³ sec)	15,269	26,804	29,531	38,738	40,675	
Rigidità sismica media Rs						
di taglio (MPa/m ³ sec)	4,486	6,757	5,087	12,953	17,298	
Valore di picco calcolato dell'accelerazione orizzontale massima attendibile al suolo (Peak Ground Acceleration)						
(accelerazione di gravità g=9,81 m/sec ²) =	Aormax(m/s ²) = PGA =			0,263 * g	(SLU=SLV)	
Valore di picco calcolato dell'accelerazione verticale massima attendibile al suolo :						
(accelerazione di gravità g=9,81 m/sec ²) =	Avtmax(m/s ²) =			0,182 * g	(SLU=SLV)	
Velocità equivalente delle onde di taglio riferita						
ai primi 30 metri di spessore del sottosuolo Vs30 (m/sec) - O.M. 3274/03 =						497,26
Categoria di appartenenza del terreno fondazionale (O.M. 17-01-2018) :						"B"