



REGIONE LAZIO



COMUNE DI TREVIGNANO ROMANO

COMMITTENTE:

Il Casale S.r.l.

VIA DELL'ACQUARELLA, 11
TREVIGNANO ROMANO (RM) 00069 - Tel. +39 06 9985 003
P.IVA: 04405611007 - e-mail: info@hotelilcasale.com

L'AMMINISTRATORE UNICO

Sig. Marcello Sforzini

PROGETTISTA:

Arch. Costantino Avincola

VIA S. FILIPPO 2 00069 TREVIGNANO ROMANO
TEL/FAX 06 9997 639
Ordine Architetti Roma n° 6982
pec: c.avincola@pec.archrm.it

GEOLOGO:

Dott. Geol. Flaviano Sanna

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Leonardo Avincola

Ing. Francesco Ceccarelli

Ing. Andrea Cuzzocrea

Ing. Daniele Merola

Geom. Andrea Venanzi

Arch. Mariangela Faro

TITOLO :

REALIZZAZIONE DI UNA RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE (R.S.A.)

IN VIA DELL'ACQUARELLA A TREVIGNANO ROMANO

PROGETTO DEFINITIVO

N° progetto	Commessa	N° progr.	N° elab.	Rev		
001	21	SFO	TRV	005	004	00

SCALA :

-

DATA :

Luglio 2021

Titolo Elaborato :

RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE

Sommario

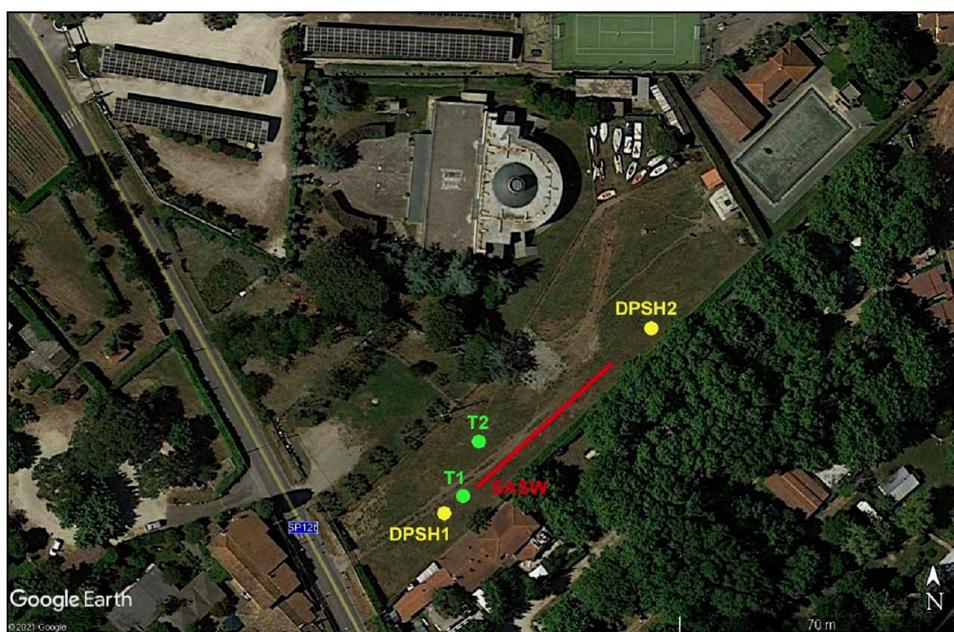
1. Premessa	3
2. Geologia generale.....	4
2.1. Geomorfologia	5
2.2. Idrogeologia	6
3. Considerazioni sull'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche	6
4. Caratteristiche tecniche del terreno di fondazione	8
5. Sismicità - Determinazione categoria di sottosuolo - Indagine geofisica mediante metodo di Nakamura (HVSR)	9
5.1. Microtremore sismico ambientale	9
5.2. Strumentazione impiegata	11
5.3. Basi teoriche del metodo H/V	12
5.4. Procedura di analisi dati	14
5.5. Trevignano – Loc. Acquarella, T1	15
6. Prospezione sismica S.A.S.W.....	18
6.1. Cenni teorici sul metodo S.A.S.W.....	18
6.2. Strumentazione adottata	20
6.3. Schema array sismico.....	21
6.4. Acquisizione ed elaborazione dati	21
6.5. Trevignano – Loc. Acquarella, S.A.S.W.	23
7. Elementi di progettazione in condizioni sismiche	25
8. Analisi del terreno	28
9. Conclusioni.....	28
Normativa di riferimento:	30

1. Premessa

Per incarico conferito dalla Società Il Casale Srl, con sede in Via dell'Acquarella n. 11, con Amm.re il Sig. Marcello Sforzini, lo scrivente ha effettuato un'indagine preliminare finalizzata alla determinazione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del terreno presso cui è previsto un progetto di residenze sanitarie assistenziali in via dell'Acquarella. L'intervento si sviluppa presso la stessa loc. Acquarella, nel territorio del Comune di Trevignano Romano. La presente relazione sarà integrata successivamente con produzione di sondaggi a rotazione con carotaggio continuo destinati ad un approfondimento rispetto alle prove DPSH, prove di laboratorio geotecnico e indagini sismiche previste dalla normativa vigente in ordine alla realizzazione di edifici identificati in classe d'uso IV (prove Down Hole) e risposta sismica locale.

La località esaminata è ubicata all'interno del foglio 143 della Carta d'Italia, tavoletta II N.O. - Anguillara Sabazia. L'area è distinta in catasto al foglio di mappa n° 13 ed individuata dalle particelle catastali nn° 54,74,295 del Comune capoluogo; è inoltre ubicata nella sezione n° 364084 "Acquarella" della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000.

Le coordinate geografiche in proiezione UTM corrispondono a 33T 275620.23 m E e 4668899.68 m N.



Nel corso delle indagini sono stati eseguiti rispettivamente:

- rilievo geolitologico di superficie;
- pozzetti geognostici a bassa profondità, per la valutazione dello spessore dei depositi superficiali;
- Raccolta di dati geologico-stratigrafici relativi a perforazioni per ricerche geotecniche ed idrogeologiche, ubicate in vicinanza dell'area di proprietà,
- Prove di caratterizzazione geotecnica rappresentate da n. 2 verticali DPSH che hanno raggiunto una profondità massima di 10.20 metri p.c.
- Prove di caratterizzazione sismica del terreno di fondazione

2. Geologia generale

L'area oggetto di studio è ubicata immediatamente al bordo Nord-Est della depressione attualmente occupata dal bacino lacustre sabatino; le litologie affioranti sono riferibili al ciclo vulcanico omonimo i cui centri eruttivi, dispersi su un vasto areale, hanno prodotto nell'arco di circa 0.6 m.a. un potente complesso di lave alcaline e piroclastiti, messe in posto attraverso meccanismi di flusso alternati a fasi esplosive con produzione di ceneri, brecce piroclastiche e tufi a vario grado di consistenza. L'area di intervento è ubicata su un versante esposto a est-ovest e la quota altimetrica media è di circa 166 m s.l.m.

Il pacco di piroclastiti prevalentemente incoerenti prodotte dai centri di emissione locale, che contengono subordinatamente frammenti e blocchi di lave a composizione leucitico-tefritica e piccoli clasti riferibili al basamento carbonatico, sovrasta un episodio effusivo a composizione tefritico-leucitica, localmente in evidenza sulle pendici del colle. Alla stessa quota del bacino lacustre, a contatto con i termini risedimentati che ne costituiscono il fondo, affiora infine una successione di prodotti piroclastici parzialmente rimaneggiati, emessi dagli stessi centri settentrionali dell'apparato vulcanico. L'attività vulcanica è stata associata ad un quadro geodinamico di tipo distensivo con potenti fenomeni emissivi dal sistema di fratture di neoformazione.

La ricostruzione stratigrafica media dell'area può essere pertanto rappresentata come segue:

Tab. 1 - Stratigrafia loc. Acquarella

0.00 – 1.00 m	Depositi superficiali.
1.00 – 3,80 m	Piroclastiti tenere incoerenti con inclusi lavici, prodotte dai centri eruttivi locali.
3,80 - 9,40 m	Piroclastiti poco addensate limo sabbiose
9,40 - 10,20 m	Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi

2.1. Geomorfologia

La geomorfologia dell'area è caratterizzata da depositi subpianeggianti e pianeggianti, che occupano il tratto prospiciente le rive lacustri. La quota altimetrica dei depositi si stabilizza intorno ai 167 m s.l.m, mentre più a nord il pendio risale piuttosto decisamente per raggiungere in sommità valori altimetrici di oltre 250 m s.l.m.

La morfologia locale non presenta elementi di particolare rilievo; il drenaggio delle acque avviene in modo abbastanza regolare sfruttando le aste fluviali del primo e del secondo ordine che discendono con alveo poco incassato verso il bacino ricevente. Le acque di ruscellamento superficiale producono effetti modesti sul suolo seguendo regolarmente le linee di massima pendenza.

Stante la prossimità del bacino lacustre la falda si dispone ad una profondità di circa 8 m p.c. ma è possibile che questa quota si riduca significativamente con l'andamento stagionale delle piovosità.

La realizzazione del progetto presentato non interferisce pertanto con le caratteristiche geomorfologiche dell'area e non costituisce elemento in grado di produrre azioni in qualche modo destabilizzanti dell'area in esame.

2.2. Idrogeologia

L'idrogeologia dell'area determinata presenta le caratteristiche tipiche delle aree del settore nord orientale del bacino lacustre sabatino. Si tratta di aree di alimentazione in cui i contributi dei vari sub-bacini raggiungono il lago con falde di significativa entità. La falda principale nell'area di intervento è orientata pertanto SW-NE, con direzione SW. Il gradiente idraulico decresce rapidamente man mano che ci si avvicina al bacino, grazie alle variazioni del coefficiente di permeabilità dei terreni di deposito superficiale presenti presso l'area oggetto dell'indagine in corso. La falda è raggiunta, nel suo percorso, da numerose perforazioni a destinazione prevalentemente agricola e domestica, realizzate prima dell'attuazione della normativa di limitazione dei prelievi sull'acquifero sabatino attualmente in vigore.

3. Considerazioni sull'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche

Gli elementi geotecnici necessari alla valutazione sono stati ottenuti a seguito dell'esecuzione di una campagna di indagine comprendente prove penetrometriche dinamiche e prove di caratterizzazione sismica del territorio.

Sono state così eseguite due prove penetrometriche dinamiche di tipo superpesante DPSH (Dynamic Probing Super Heavy), condotte mediante penetrometro semovente autoancorante modello "Pagani" TG 63/200 attrezzato con maglio da 63.5 Kg per un'altezza di caduta di 75 cm per le prove dinamiche. La metodologia di indagine prevede il conteggio dei colpi necessari per infiggere una batteria di aste dotate di una punta con dimensioni standard per intervalli successivi di 20 cm. Il numero di colpi così stabilito è funzione diretta del grado di addensamento del terreno attraversato.

L'interpretazione di dati DPSH risente di una serie di variabili che vanno tutte considerate nel loro complesso, soprattutto con riferimento alle condizioni di contorno della prova. Questo tipo di indagini non viene generalmente condotto mediante tubazioni di rivestimento né è possibile, nel caso del DPSH Emilia, l'iniezione di fanghi di alleggerimento immessi dall'interno della colonna, poiché le aste non sono cave.

Per questa ragione, soprattutto in presenza di terreni coesivi, l'aliquota di resistenza competente all'attrito laterale sulla batteria di aste può divenire significativa fino a condizionare il valore stesso dei risultati. Poiché inoltre, la sua percentuale sul valore totale delle resistenze non può essere di fatto determinata, la sua valutazione percentuale è demandata all'esperienza ed alla sensibilità dell'operatore alla macchina, che ne può stimare l'aliquota percentuale sulla base di indizi rappresentativi (capacità di rotazione delle aste, tipologia dell'infissione ecc.).

Va inoltre fatto notare che le correlazioni sono sempre obbligatoriamente il risultato di una prima reinterpretazione dei dati DPSH in termini di Q_c o di SPT e quindi, in seconda analisi, in termini di Densità Relativa (D_r) o di angolo di attrito interno e coesione.

In questo senso, la formula cosiddetta degli Olandesi, tendente a determinare l'energia cinetica del singolo colpo per il numero di battute medie, se da un lato uniforma i risultati ottenibili tra le diverse configurazioni di penetrometri superpesanti, dall'altro induce ad una correlazione Q_d/Q_c che appare decisamente aleatoria, stante la significativa differenza di acquisizione dei due dati penetrometrici.

Lo scrivente ritiene pertanto più vicina alla metodologia di prova una reinterpretazione in termini di N_{SPT} . Infatti, in questo caso, si propone il riferimento ad un rapporto (Muromachi, ESOPT 2, 1982 – ISSMFE, Stoccolma 1981):

$$N_{30 \text{ DPSH}} / N_{SPT} = 1,15$$

Ora, poiché la lettura col DPSH avviene su un intervallo di 20 cm, si potrebbe formulare un'ipotesi del tipo:

$$N_{20 \text{ DPSH}} / N_{SPT} = 0,75$$

che risulta essere ancora sufficientemente cautelativa e vicina all'esperienza di confronto prodotta dallo scrivente, tra dati DPSH e SPT in foro.

Viene infine presentata, in allegato al presente rapporto, un'ulteriore proposta di elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche, riferita a vari autori e relativa ad una serie di parametri geotecnici rappresentativi del terreno di fondazione alle varie profondità. Il progettista potrà assumere tali valori in relazione alle caratteristiche del terreno di fondazione ed agli elementi strutturali dell'opera, nonché

alle caratteristiche sismiche dell'area impegnata dal progetto. Nello specifico, lo scrivente ha ritenuto di privilegiare nella valutazione dell'angolo di attrito le soluzioni di Meyerhoff (1965), Sowers (1961) e Peck-Hanson, che appaiono sufficientemente in linea con le tipologie di terreni incontrati e che confermano, nella sostanza, le considerazioni precedentemente effettuate sulla proposta interpretativa formulata da Cestari.

4. Caratteristiche tecniche del terreno di fondazione

La ricostruzione del quadro geotecnico è stata effettuata sulla base di prove penetrometriche DPSH e di rilievi di superficie.

Il progetto in esame presuppone la demolizione di un preesistente edificio destinato ad attività ricreative e spettacolo. Per la sua realizzazione, avvenuta nel 1991, sono stati adottati coppie pali di fondazione su plinto comune di collegamento. I pali presentano un diametro di \varnothing 800 mm e una lunghezza del fusto pari a 10 metri. La fondazione così realizzata è risultata efficace e del dato si dovrà tenere conto nelle successive fasi di progettazione.

L'intervento sarà realizzato in un settore nel complesso pianeggiante sul piano geomorfologico ove sono presenti terreni sciolti a bassa consistenza, seguiti fino ad una profondità massima verificata di circa 10,20 m p.c. fino al raggiungimento di condizioni di rifiuto all'avanzamento della sonda penetrometrica. Le prove DPSH eseguite sono state ubicate all'interno dell'area di intervento, in opposizione circa baricentrica rispetto alla disposizione dei vari interventi.

Si tratta per lo più di depositi di materiale eterogeneo sciolto a matrice limo-sabbiosa, prevalentemente incoerente, depositi in sequenze decimetriche alternati con la frazione grossolana costituita soprattutto da livelli più francamente sabbiosi.

Le parti grossolane sono costituite da frammenti di lave tefritico-leucitiche.

E' stata rilevata in prova la presenza di falda acquifera da una profondità di circa - 8.00 m p.c. Si tratta di una falda superficiale a carattere stagionale degli apporti, legata soprattutto a condizioni meteorologiche di una certa entità. Non può però essere esclusa una fluttuazione stagionale del livello statico verso l'alto, cosicché il progettista, dovrà tenere conto di tale problematica.

Quadro geotecnico di riferimento per la compilazione dell'Allegato "B"

Livelli	NPDM	Rd (MPa)	Tipo	Angolo di attrito (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Modulo Edom. (MPa)	Coeff. Di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.00 – 1.00 m	6,5	6,5	Incoerente	30	17	45	1.46	9	Depositi piroclastici rimaneggiati.
1.00 – 3,80 m	3	2,5	Incoerente	28,5	15	35	1.48	4	Limi sabbiosi incoerenti, poco addensati
3,80 - 9,40 m	6,5	4	incoerente	30	17	46	1.51	10	Piroclastiti sabbiose incoerenti.
9,40 - 10,20 m	14	10,5	incoerente	33,5	20	71	1.52	29	Piroclastiti sabbiose da poco a mediamente consistenti

Nello specifico, lo scrivente ha ritenuto di privilegiare nella valutazione dell'angolo di resistenza al taglio le soluzioni interpretative proposte dal **Japanese National Railways**, che appaiono cautelative e in linea con le tipologie di terreni incontrati e che confermano, nella sostanza, le considerazioni precedentemente effettuate sulla proposta interpretativa qui formulata.

5. Sismicità - Determinazione categoria di sottosuolo - Indagine geofisica mediante metodo di Nakamura (HVSr)

Lo scopo di quest'indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo (Risposta Sismica Locale) attraverso l'individuazione delle discontinuità sismiche. Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs30) come esplicitamente richiesto dalle NTC del 17 Gennaio 2018.

5.1. Microtremore sismico ambientale

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre.

Si chiama anche *microtremore* poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. 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.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Figura 1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo, di riferimento mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti delle onde oceaniche sulle coste.

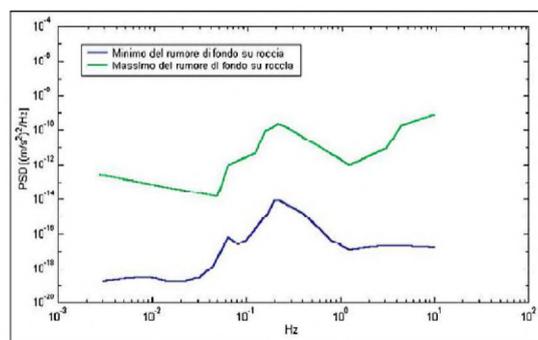


Fig. 1 - Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

5.2. Strumentazione impiegata

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di 16 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Fig. 2 - Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è 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 cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Tutte le misure a stazione singola in campo aperto sono state orientate secondo il Nord.



Fig. 2 - strumento

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach *et al.*, 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier *et al.*, 2005). 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.

5.3. Basi teoriche del metodo H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema di Figura 3 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

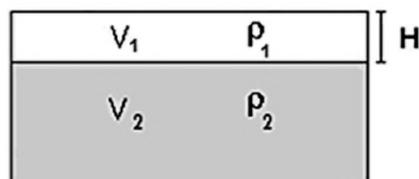


Fig. 3 - Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità ρ e velocità di propagazione V

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(fr) = Vs/4H$$

$$(fr) = Vp/4H [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D.

L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

5.4. Procedura di analisi dati

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, con parametri:
- larghezza delle finestre d'analisi 30 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 13% della frequenza centrale,
- rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$h = \left[\frac{V_0(1-a)}{4v_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e v la frequenza fondamentale di risonanza.

Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo

lavoro per l'inversione delle curve HVSR si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love.

Si fa notare che ai fini di questi modelli le VP e la densità ρ dei mezzi sono quasi ininfluenti pertanto i valori di VP e ρ che si sono impiegati vanno considerati come puramente indicativi.

5.5. Trevignano – Loc. Acquarella, T1



Strumento: TEP-0179/01-12

Dato GPS non disponibile

Inizio registrazione: 02/07/01 09:28:41

Fine registrazione: 02/07/01 09:44:41

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h16'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

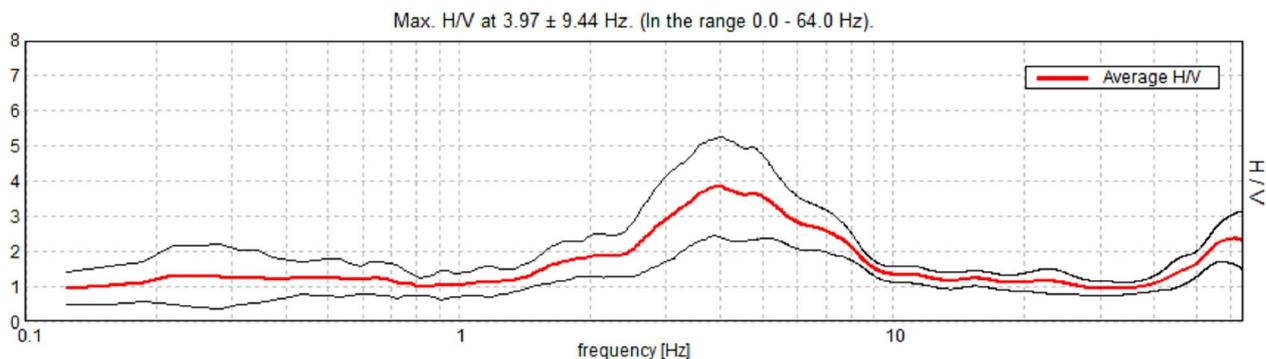
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 30 s

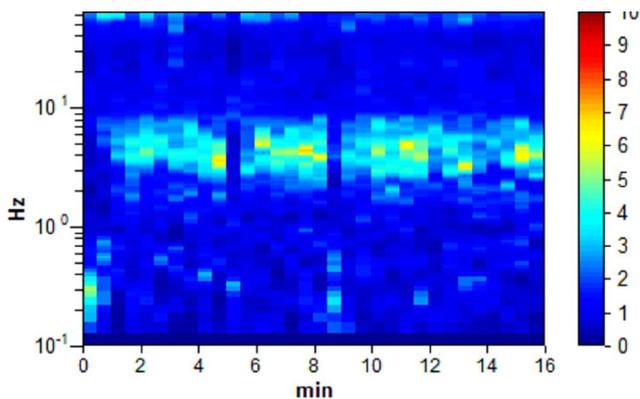
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 13%

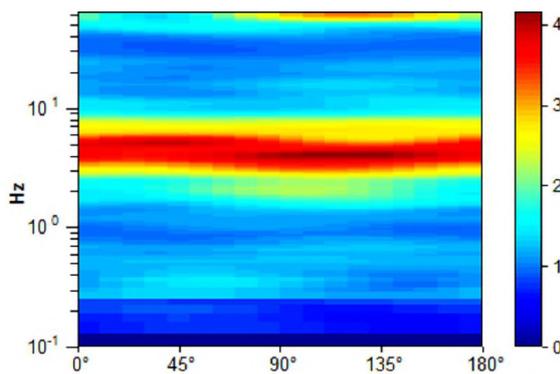
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



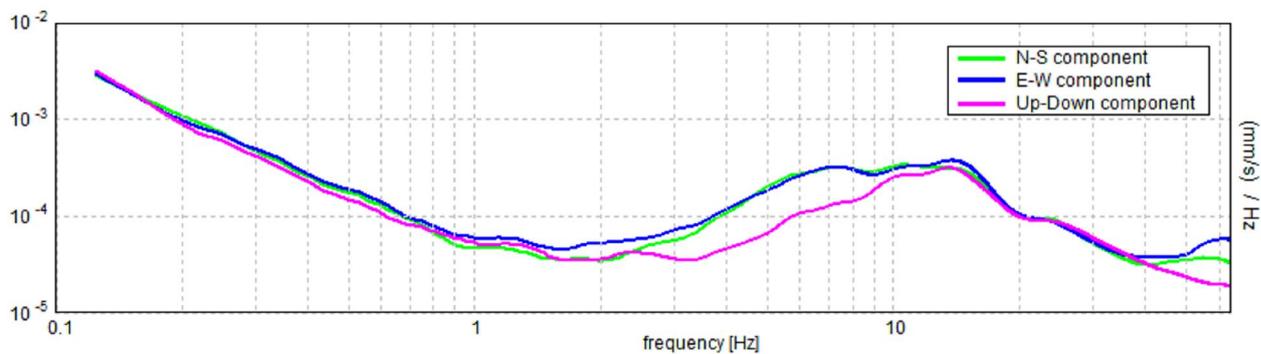
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

Picco H/V a 3.97 ± 9.44 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).			
Criteri per una curva H/V affidabile - [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$3.97 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3810.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 192	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro - [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.406 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.84 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.14768 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.55485 < 0.19844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6825 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_T e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [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
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

6. Prospezione sismica S.A.S.W.

L'area in esame è stata recentemente oggetto di indagini geotecniche e sismiche, quest'ultime rappresentate, tra l'altro, da una prospezione sismica S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves), in grado di definire il valore della velocità V_s delle onde sismiche nei primi 30 metri di profondità. La prospezione sismica S.A.S.W. consente di classificare sismicamente il suolo, secondo la normativa vigente (NTC 2018).

6.1. Cenni teorici sul metodo S.A.S.W.

Lo scopo della prova S.A.S.W. consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh (V_R) 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 rigidità 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 rigidità 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. 4).

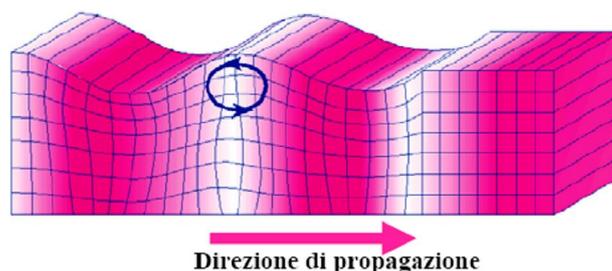


Fig. 4 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

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 solle-

tazione 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*.

6.2. Strumentazione adottata

L'analisi delle onde superficiali è stata effettuata utilizzando un sistema sismico digitale monocanale progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali.

Il dispositivo (fig. 5) è composto da un cavo di trasmissione digitale dati, lungo il quale si dispone il modulo di amplificazione/digitalizzazione collegato ad un sensore (comunemente geofoni).

Il sistema comprende infine un software per l'impostazione dei parametri di acquisizione, per il salvataggio dei dati e la loro analisi. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza è stato utilizzato un geofono da 4.5 Hz (tipo Geospace).

Nell'esecuzione delle prove S.A.S.W. attiva è stata utilizzata come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico; quando la battuta sulla superficie della piastra non risultava netta o veniva colpita due volte erroneamente, la prova veniva ripetuta.

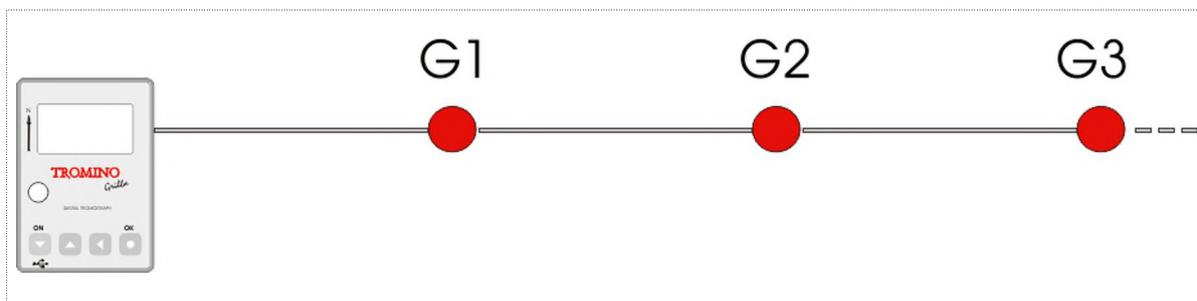


Fig. 5. Esempio di dispiegamento del sistema TROMINO[®] - cavo trigger con geofono. I punti di energizzazione coincidono con G1, G2, G3...

6.3. Schema array sismico

La prospezione sismica S.A.S.W. è stata eseguita con due stendimenti geofonici disposti sul terreno, entrambi realizzati con lunghezza pari a 51 m ed un array lineare equivalente a 17 postazioni del geofono con interasse pari a 3 metri.

La sorgente è stata posta ad una distanza di 1,0 m dal geofono utilizzato come *Trigger*. La differenza di quota tra il Tromino ed il geofono in posizione 17 è di circa 0,3 m. La lunghezza dello stendimento non è stata condizionata da problematiche relative alle dimensioni lineari delle superfici a disposizione per la prova.

6.4. Acquisizione ed elaborazione dati

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante Tromino Engy della Micro-med S.p.A. che è lo strumento che, per mezzo di software adeguato, permette di impostare i parametri di acquisizione, di visualizzare i tracciati e di effettuare l'analisi.

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

Settaggio *Trigger*:

Trigger = Geofono 1

Percentuale di soglia = 20 %

Durata del Pre-trigger = 1/16 sec

Durata totale di acquisizione del segnale = 3 sec

Settaggio *Gain* = 1 μ V/digit (corrisponde a un input massimo di segnale ± 32.7 mV) per tutti i moduli di digitalizzazione

Frequenza di campionamento = 512 Hz

Successivamente è stato creato un Average di tutte le energizzazioni effettuate (fig. 6). I dati sperimentali, acquisiti, sono stati importati nel programma Grilla (Micromed S.p.A), il quale permette l'archiviazione dei tracciati acquisiti 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.

In questo grafico è possibile distinguere il “moto 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).

Il calcolo del **phase velocity spectra** è stato svolto con i seguenti parametri:

- *Min. Freq. [Hz]* = 1 Hz
- *Max. Freq. [Hz]* = 50 Hz
- *Step V [m/s]* = 1 m/s
- *Win. Length [s]* = sel.man.

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.

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 ν), 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.

6.5. Trevignano – Loc. Acquarella, S.A.S.W.



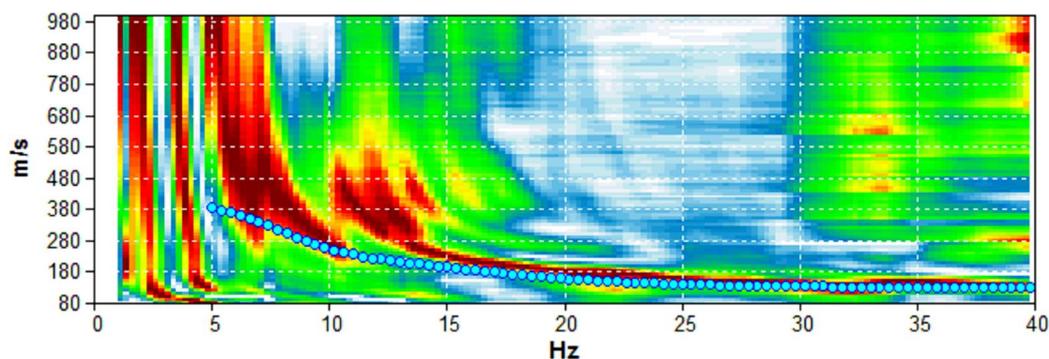
Inizio registrazione: 02/07/01 09:16:51 Fine registrazione: 02/07/01 09:26:08

Durata registrazione: 0h02'10". Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1; B2; B3; B4; B5; B6; B7; B8; B9; B10; B11; B12; B13; B14;
B15; B16; B17

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0
39.0 42.0 45.0 48.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	140	0.25
9.50	6.50	265	0.25
14.50	5.00	370	0.25
inf.	inf.	510	0.25

Vs(0.0-30.0)=334m/s

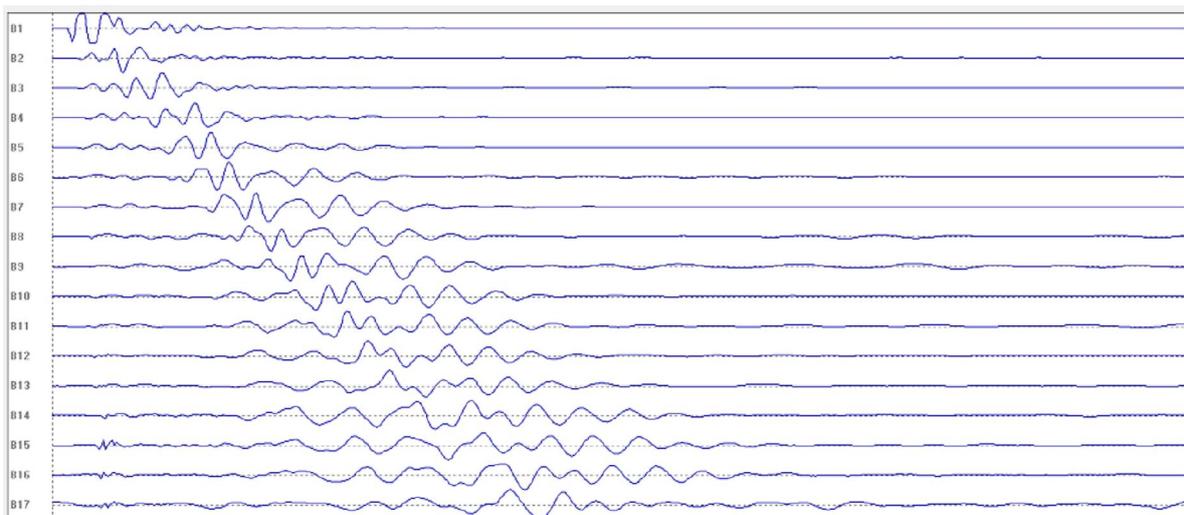
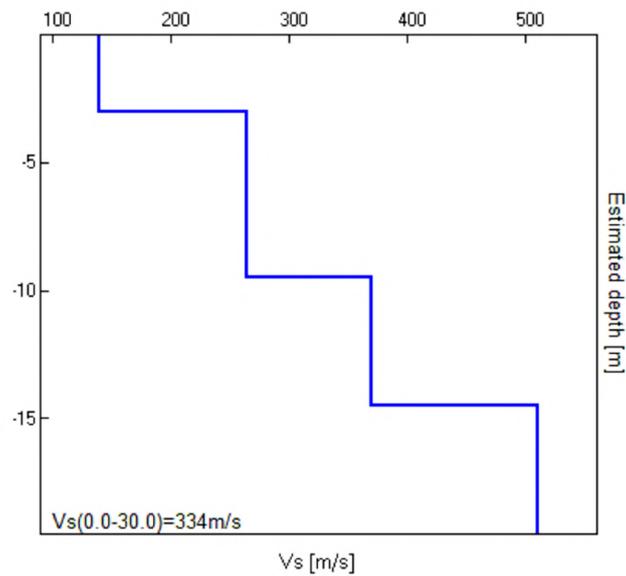


Fig. 6 – Sismogramma

7. Elementi di progettazione in condizioni sismiche

Sono riportati a seguire una serie di parametri identificativi dell'opera in progetto e delle caratteristiche morfologiche dell'area, con riferimento al par.3.2 – Azione Sismica, delle Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018.

In accordo con il regolamento “ *Regione Lazio - Regolamento 26 ottobre 2020, n. 26 - Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14 e successive modifiche*” si determinano 3 Livelli di Vulnerabilità dell'Opera (Basso, Medio, Alto), in funzione della zona sismica e della classificazione del progetto proposto. Per le categorie sismiche 3a e 3b classi d'uso IV, **l'area rientra nella categoria dei terreni a medio rischio sismico:**

LIVELLO DI RISCHIO SISMICO

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

7.1 Classe d'uso: la classe d'uso di riferimento per la costruzione in oggetto va prevedibilmente individuata nella classe IV: “Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della Protezione Civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade - e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e ad impianti di produzione di energia elet-

trica”.

7.2 Periodo di riferimento per l'azione sismica: Il periodo di riferimento V_R per l'azione sismica di una costruzione viene valutato moltiplicando la vita nominale V_N , espressa in anni, per il coefficiente d'uso della costruzione.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso come nella tabella a seguire:

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Comunque le NTC 2018 , per assicurare un livello di sicurezza minimo irrinunciabile alle costruzioni, impongono di assumere $V_N = 50$ anni per costruzioni con livelli di prestazioni ordinari (Tab. 2.4.1. NTC 2018).

7.3 Condizioni Topografiche: Le condizioni topografiche originarie del sito sono rappresentate da superfici topografiche di categoria T1. Il coefficiente S_T di amplificazione topografica in corrispondenza della sommità del pendio, va considerato pertanto pari a 1,0.

7.4 Livello di Vulnerabilità: l'area in esame rientra tra le zone **a medio livello di vulnerabilità**, trattandosi di terreni in categoria **3B - classe d'uso IV** (art. 6 comma 1 lettera "a" della Delib. n. 3675 del 5 luglio 2016) con accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a $a_g < 0,15$.

8. Modello sismico del sito

Il territorio comunale di Bracciano era classificato, ai sensi del D.M. 19/03/82, in zona sismica 3. La categoria secondo l'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23/03/2003 e successivamente del DGR 766/03, confermava la categoria 3.

La nuova classificazione sismica della Regione Lazio, definita con Delibera di Giunta Regionale n. 387 del 22/05/2009, individua per il Comune di Bracciano una zona sismica 3 con sottozona sismica “B”.

Viene riportata a seguire la tabella relativa alla suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco sul 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		$0.25 \leq a_g < 0.278 a_g$ (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.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Tabella A

CLASSE D'USO	INTERVENTO	ZONA SISMICA 1	ZONA SISMICA 2a	ZONA SISMICA 2b	ZONA SISMICA 3a	ZONA SISMICA 3b
CLASSE I E II	MIGLIORAMENTO SISMICO §8.4.2 NTC	RILEVANTE	RILEVANTE	MINORE RILEVANZA	MINORE RILEVANZA	MINORE RILEVANZA
	ADEGUAMENTO SISMICO §8.4.3 NTC					
CLASSE II	NUOVE COSTRUZIONI DI PARTICOLARE COMPLESSITA'	RILEVANTE	RILEVANTE	RILEVANTE	MINORE RILEVANZA	MINORE RILEVANZA
CLASSE III E IV	NUOVE COSTRUZIONI ADEGUAMENTO SISMICO §8.4.3 NTC	RILEVANTE	RILEVANTE	RILEVANTE	MINORE RILEVANZA	MINORE RILEVANZA
	MIGLIORAMENTO SISMICO §8.4.2 NTC					
TUTTE	RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE §8.4.1 NTC	MINORE RILEVANZA				
CLASSE I E II	NUOVE COSTRUZIONI	MINORE RILEVANZA				

8. Analisi del terreno

La velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri, misurata dalla profondità di - 0,00 m p.c., quota dell'intradosso della fondazione di progetto, è risultata pari a 334 m/sec e conseguentemente, secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008, il sito in esame ricade, quindi, nella categoria di sottosuolo **C**:

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
----------	---

Tabella 3.2. V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T'_c)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T'_c)^{-0.20}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T'_c)^{-0.20}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T'_c)^{-0.20}$

C_c = coeff. F (categ. Sottosuolo)

9. Conclusioni

Le indagini fin qui effettuate consentono di ritenere che il terreno interessato dall'intervento proposto, possieda caratteristiche geologiche compatibili con la realizzazione delle opere in progetto. L'area, grazie alla morfologia pianeggiante ed alle caratteristiche meccaniche dei terreni che la costituiscono, può essere considerata compatibile con la proposta progettuale. L'area infine non risulta essere segnalata nella cartografia di P.A.I. relativa a questo ambito territoriale.

La presente relazione preliminare dovrà essere integrata nelle successive fasi del progetto, con produzione di sondaggi a rotazione con carotaggio continuo de-

stinati ad un approfondimento rispetto alle prove DPSH (30 m p.c.), prove di laboratorio geotecnico e indagini sismiche previste dalla normativa vigente in ordine alla realizzazione di edifici identificati in classe d'uso IV (prove Down Hole) e risposta sismica locale.

Le acque di ruscellamento superficiale, che nell'area possono risultare copiose, in corrispondenza di eventi meteorici di una certa entità, dovranno essere allontanate dal piano dei manufatti mediante un adeguato sistema di drenaggio laterale.

Bracciano lì 8 luglio 2021

Dr. Geol. Flaviano Sanna

Normativa di riferimento:**Regolamento Regionale del 26/10/2020 n. 26****Decreto Ministeriale 17.01.2018**

"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2008.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007

Eurocodice 8 (1998)**Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture**

Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – parte I: Regole Generali - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

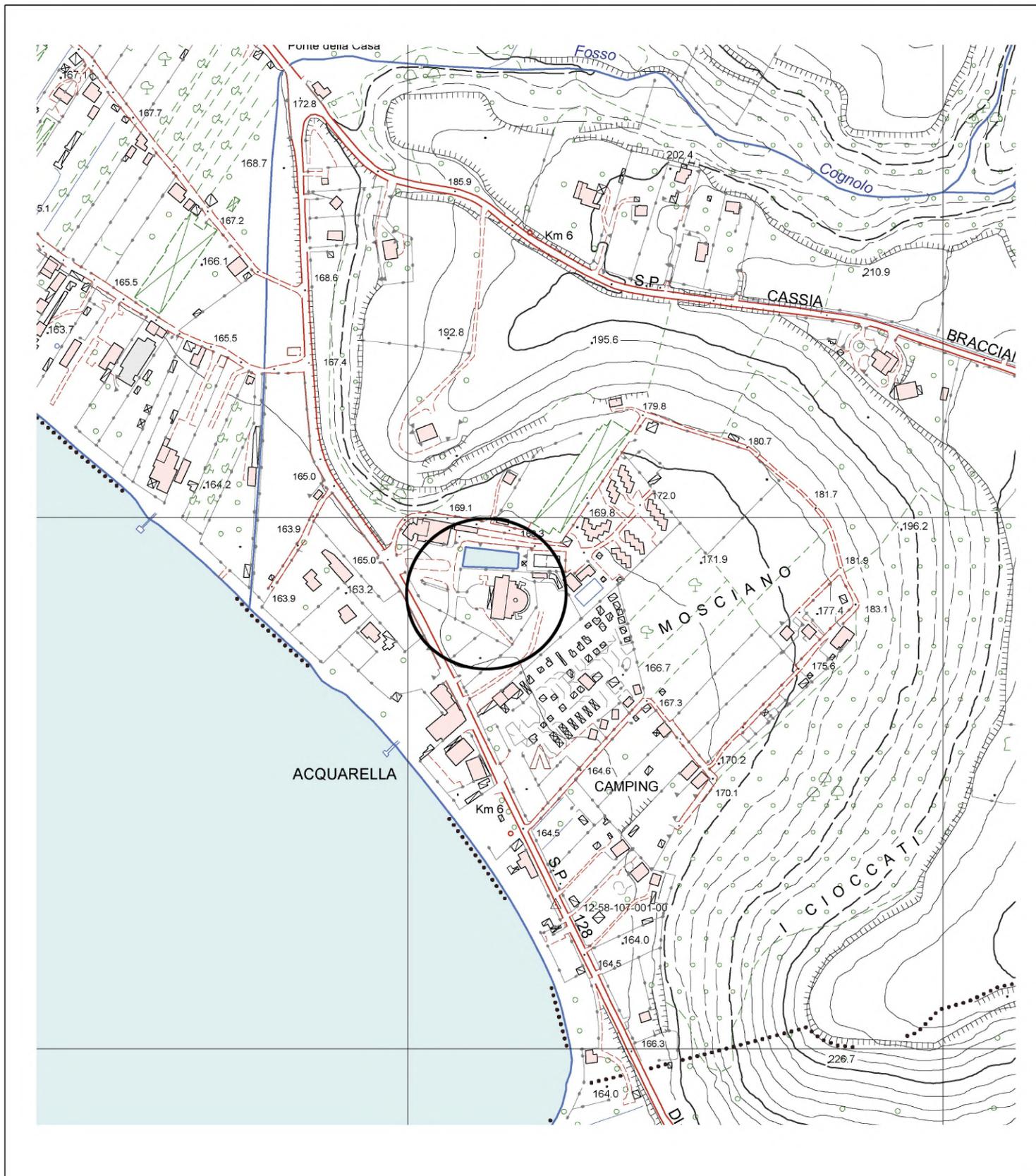
Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

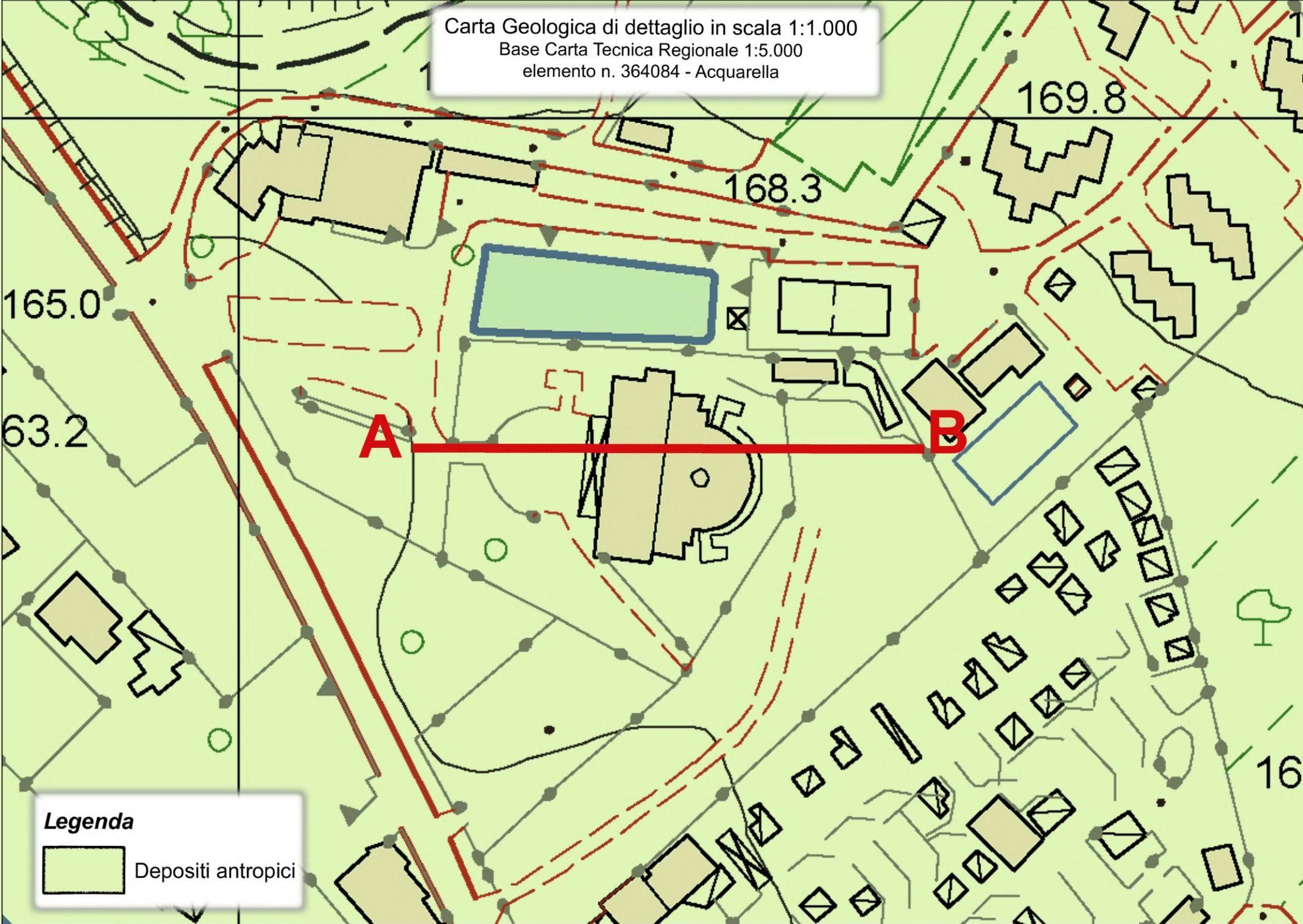
Leggi Regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico**Ordinanze** Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale**Piani Territoriali di coordinamento (Province)****Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico****D.M. 11/03/1988**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulla rocce, l'instabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (se si opera in zona sismica 4 classi I e II).

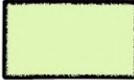
stralcio dalla Carta Tecnica Regionale 364084 - Acquarella



Carta Geologica di dettaglio in scala 1:1.000
Base Carta Tecnica Regionale 1:5.000
elemento n. 364084 - Acquarella



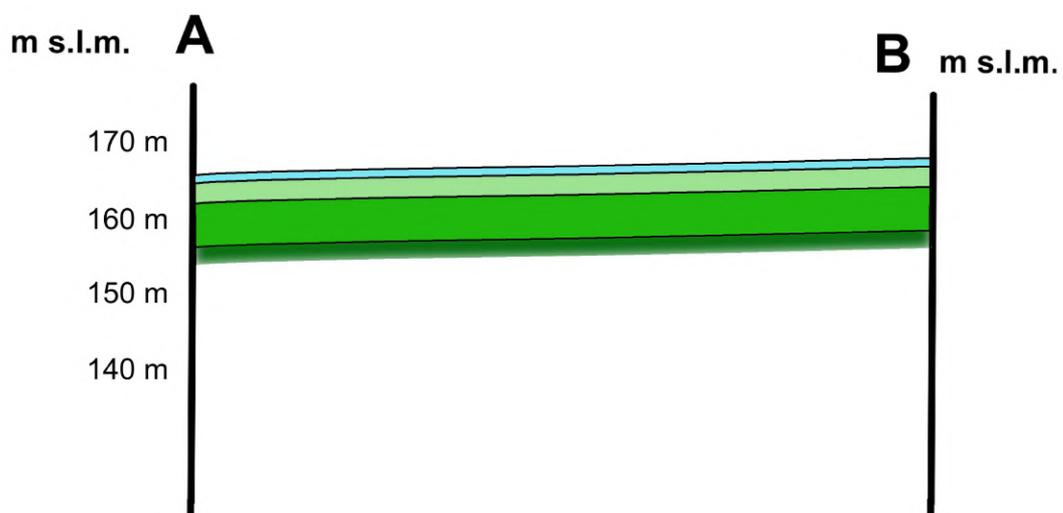
Legenda

 Depositi antropici

Sezione Geologica

scala orizzontale 1:1.000

scala verticale 1:1.000



Legenda

-  Depositi antropici
-  Piroclastiti tenere incoerenti
-  Piroclastiti poco addensate
-  Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi



REGIONE LAZIO
 Dipartimento Territorio
 Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i Popoli
 Area Officiale



Comune di
 Trevignano Romano

Nuova Zonazione Sismica della Regione Lazio
 D.G.R. Lazio n° 545 del 26 Novembre 2010

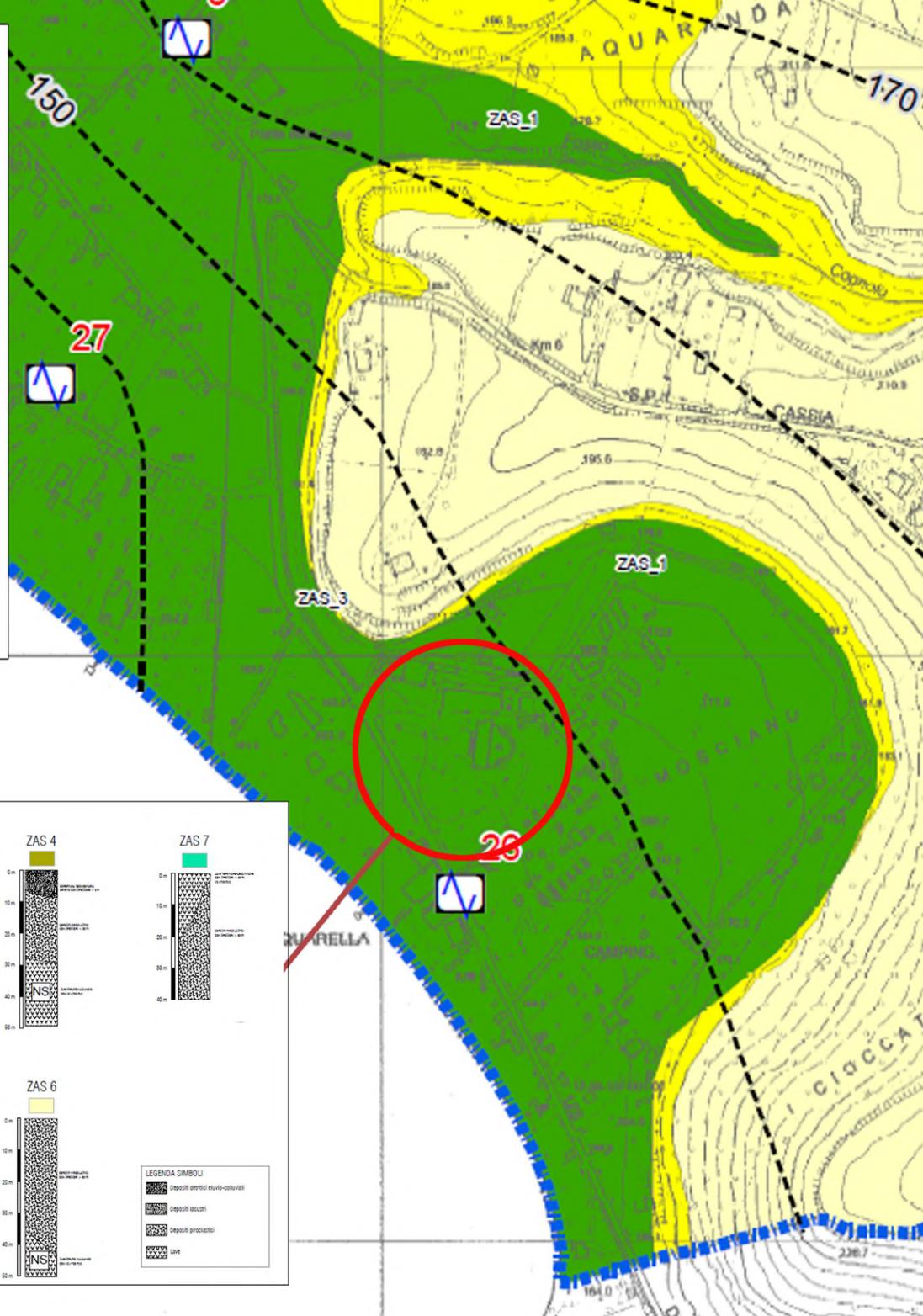
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA Livello 1 di MS

del Comune di
Trevignano Romano

Base aerofotogrammetrica CTRN Scala 1:7.500

GRUPPO DI LAVORO
 Dott. Geol. Massimiliano Ferrari
 Dott. Geol. G. Angelucci
 Dott. Geol. Luca Cappelli
 Dott. Geol. F. Rinaldi

Giugno 2012



Legenda

Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

ZONE STABILI

- ZS 1 - Lave tefritiche-leucitiche affioranti o sub-affioranti con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m e coperture < 3 m

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

- ZAS 1 - Aree con coperture detritiche ed alluvionali con spessori compresi tra i 3 e 30 m su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
- ZAS 2 - Aree con depositi alluvionali con spessori > 30 m su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
- ZAS 3 - Aree con coperture detritiche con spessori > 3 m su serie piroclastica (la serie include colate laviche tefritiche-leucitiche) con spessori > 30 m
- ZAS 4 - Aree con coperture detritiche con spessori > 3 m su serie piroclastica (la serie include colate laviche tefritiche-leucitiche) con spessori < 30 m poggianti su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
- ZAS 5 - Aree con serie piroclastica (la serie include colate laviche tefritiche-leucitiche) con spessori < 30 m poggianti su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
- ZAS 6 - Aree con serie piroclastica (la serie include colate laviche tefritiche-leucitiche) con spessori > 30 m poggianti su lave tefritiche-leucitiche con $V_s > 700$ m/s e spessori > 20 m
- ZAS 7 - Aree di affioramento di lave tefritiche-leucitiche con spessori < 20 m e $V_s > 700$ m/s su serie piroclastica con spessori > 30 m.

ZONE INSTABILI

- ZI 1 - Aree che presentano fenomeni di crollo e ribaltamento attivi e aree di affioramento di lave tefritiche-leucitiche con acclività $> 30^\circ$
- ZI 2 - Corpi di frana. (Tipo di movimento: scorrimento traslazionale; Stato di attivita: quiescente)
- ZI 3 - Corpi di frana. (AUTORITA' DEI BACINI REGIONALI DEL LAZIO - Aree sottoposte a tutela per Pericolo di Frana - AREE A PERICOLO 'A')
- ZI 4 - Corpi di frana. (AUTORITA' DEI BACINI REGIONALI DEL LAZIO - Aree sottoposte a tutela per Pericolo di Frana - AREE A PERICOLO 'B')

FORME DI SUPERFICIE

- Picco isolato
- Cresta

INDAGINE DI NUOVA ESECUZIONE

- Indagini sismiche (metodo HVSR-Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
- numero identificativo della prova
- Isobata Substrato
- Confine Comunale

COLONNE STRATIGRAFICHE RAPPRESENTATIVE

ZONE STABILI

- ZS 1
- ZAS 3
- ZAS 4
- ZAS 7

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

- ZAS 1
- ZAS 2
- ZAS 5
- ZAS 6

LEGENDA GIMBOLI

- depositi detritici eluvio-colluviali
- depositi lacustri
- depositi proglaciali
- lave



AUTORITA' DEI BACINI REGIONALI DEL LAZIO
legge regionale 39/96 art 11.

Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 13 luglio 2009
(B.U.R.L. n. 37 del 07 ottobre 2009)

Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) aggiornato ed adeguato in base all'esito delle risultanze della Conferenza (ex art. 11 comma 4 della L.R. 39/96) del 24 marzo 2009

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER DISSESTO IDROGEOLOGICO

LEGENDA

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA
PER PERICOLO D'INONDAZIONE
(artt. 7 - 23 - 24 - 25 - 26)

Aree a Pericolo A (artt. 7 e 23)

Aree a Pericolo B1 (artt. 7 e 24)

Aree a Pericolo B2 (artt. 7 e 25)

Aree a Pericolo C (artt. 7 e 26)

AREE DI ATTENZIONE PER PERICOLO
DI FRANA E D'INONDAZIONE
(artt. 9 - 19 - 27)

Aree di Attenzione
Geomorfologica (artt. 9 e 19)

Aree di Attenzione
Idraulica (artt. 9 e 27)

Corsi d'acqua principali classificati pubblici
con D.G.R. n. 452 del 01/04/05 (artt. 9 e 27)

Altri corsi d'acqua principali (artt. 9 e 27)

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA
PER PERICOLO DI FRANA
(artt. 6 - 16 - 17 - 18)

Aree a Pericolo A (artt. 6 e 16)

Aree a Pericolo B (artt. 6 e 17)

Aree a Pericolo C (artt. 6 e 18)

LIMITI AMMINISTRATIVI

Limite Autorit' dei Bacini Regionali

Limiti Comunali

Limite Regionale

LIVELLI DI RISCHIO IN FUNZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL VALORE ESPOSTO
(art. 8 comma 5)

ELEMENTI AREALI A RISCHIO

ELEMENTI LINEARI A RISCHIO

ELEMENTI PUNTUALI A RISCHIO

R4

R4

R4

R4

R3

R3

R3

R3

R2

R2

R2

R2

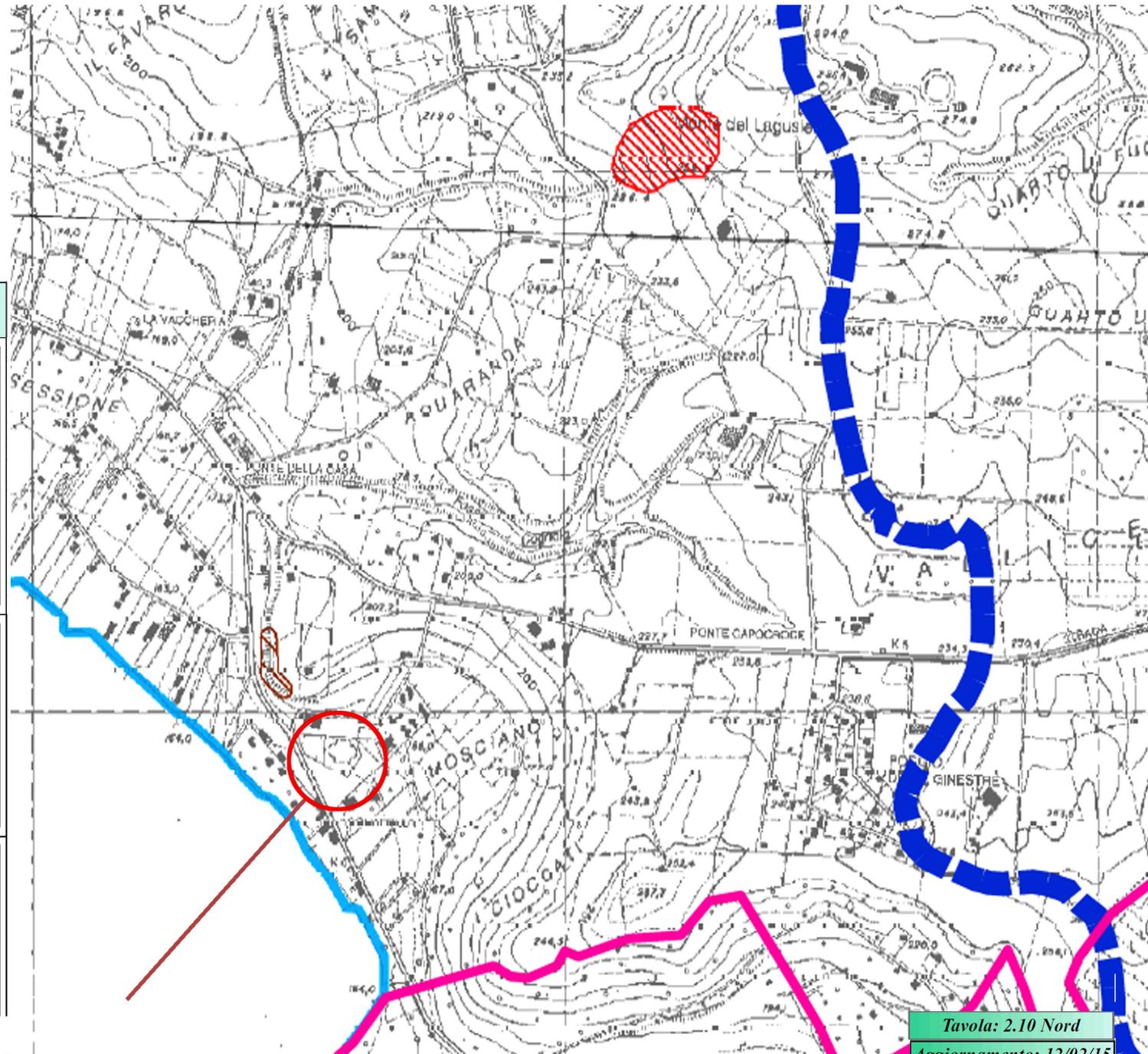
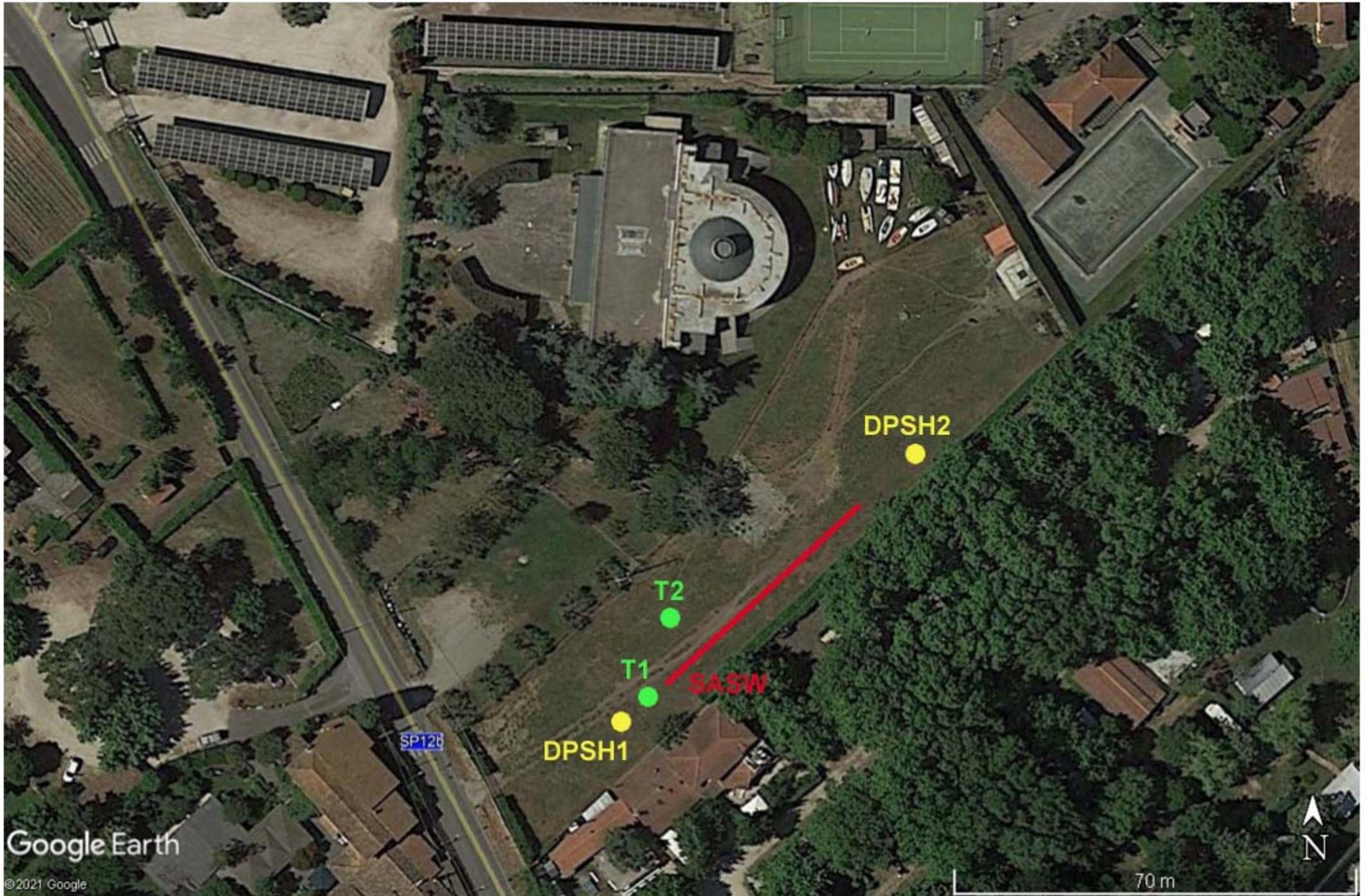


Tavola: 2.10 Nord
Aggiornamento: 12/02/15

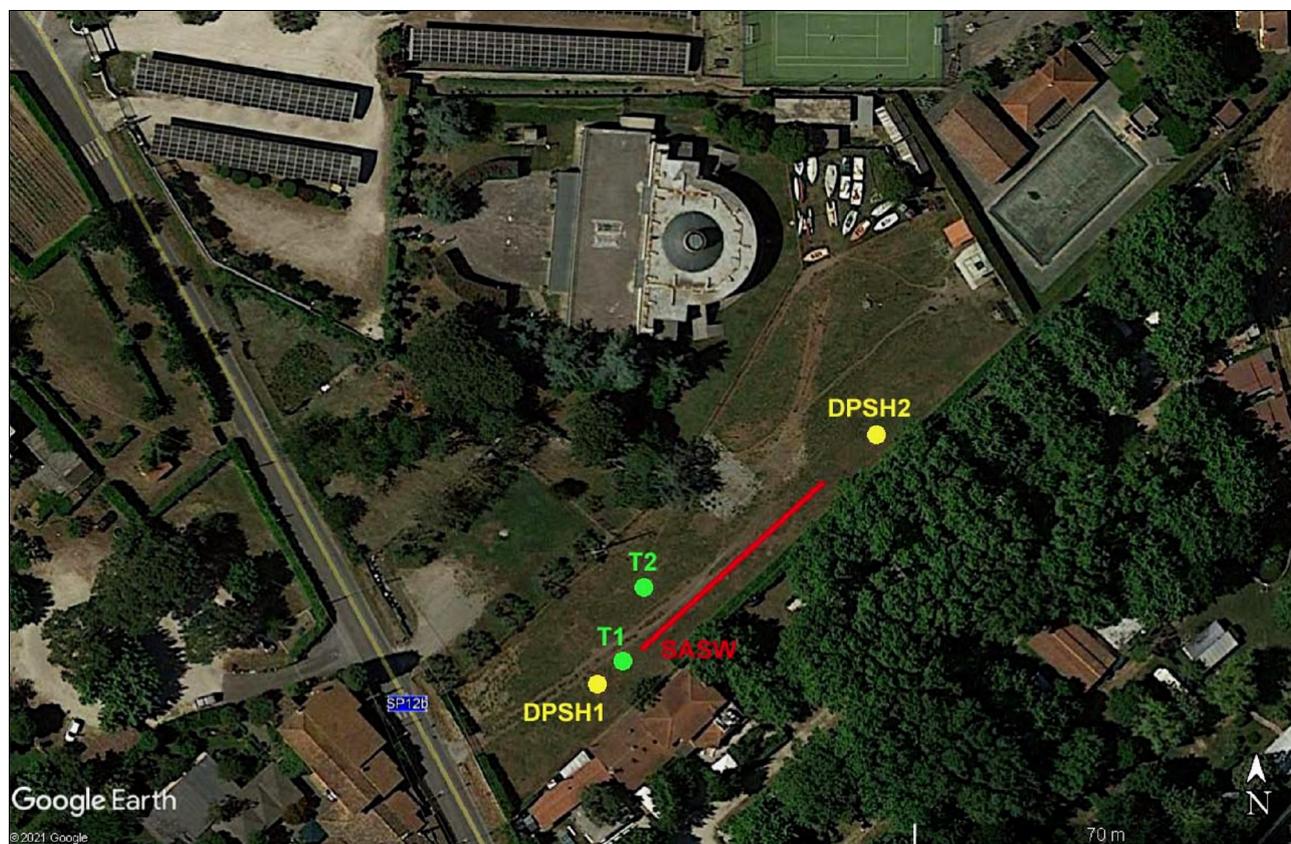


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Marcello e Anna Sforzini
Descrizione:
Località: Trevignano loc. Acquarella

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

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

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

R_{pd} resistenza dinamica punta (area A).

e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

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

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

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

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

C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

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

C_R parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (- s)

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

Distribuzione normale R.C.

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

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

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

Distribuzione normale R.N.C.

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

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

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**Liquefazione**

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

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

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm^2)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

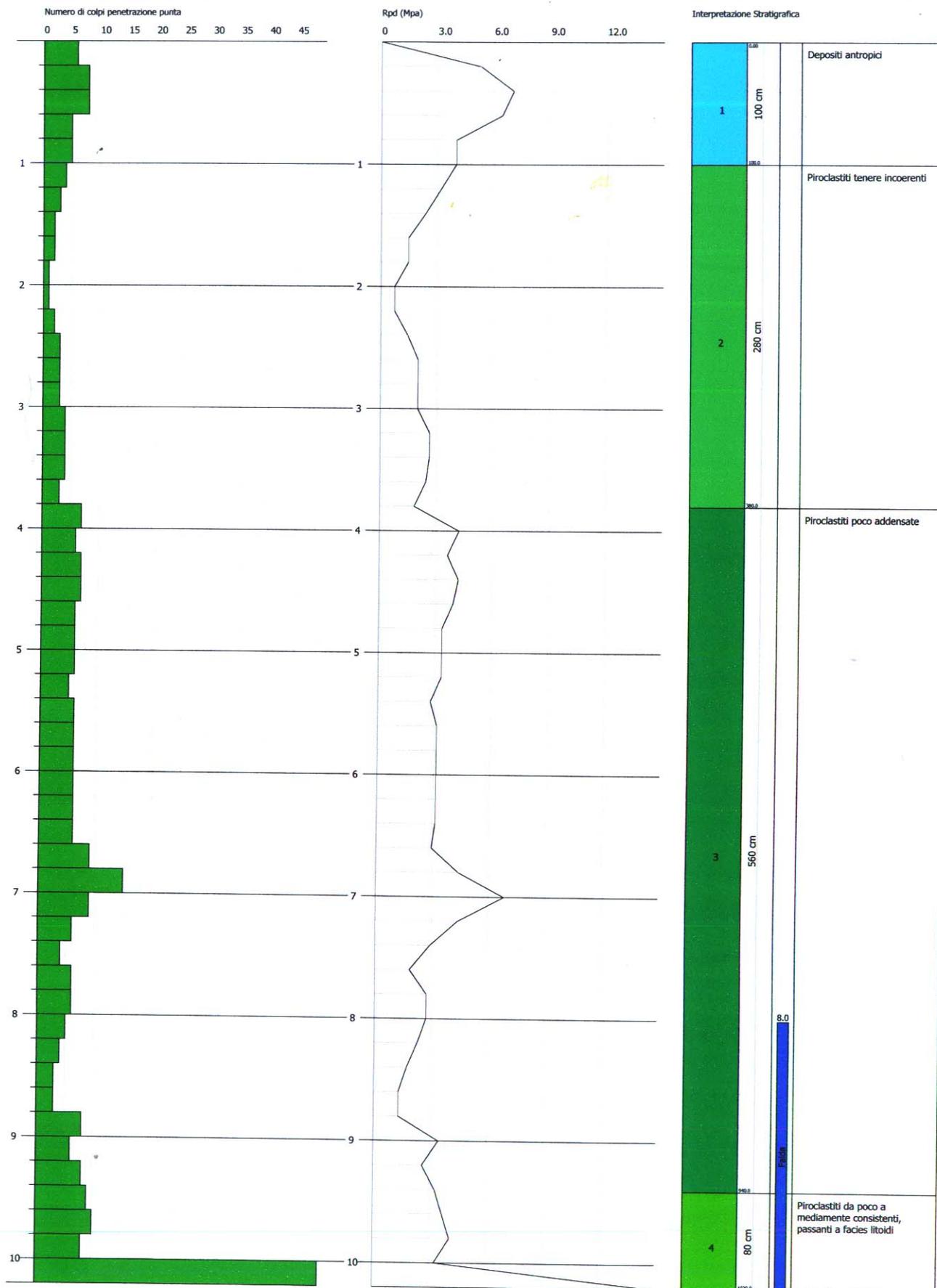
- Meyerhof ed altri.

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

Committente: Marcello e Anna Sforzini
Descrizione:
Località: Trevignano loc. Acquarella

Data: 02/07/2021

Scala 1:45



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROVA ... Nr. 1



Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI
 02/07/2021
 10.20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	6	0.855	5.28	6.18	264.19	309.12
0.40	8	0.851	7.01	8.24	350.66	412.17
0.60	8	0.847	6.41	7.57	320.40	378.28
0.80	5	0.843	3.99	4.73	199.38	236.42
1.00	5	0.840	3.97	4.73	198.54	236.42
1.20	4	0.836	3.16	3.78	158.17	189.14
1.40	3	0.833	2.36	2.84	118.15	141.85
1.60	2	0.830	1.45	1.75	72.49	87.39
1.80	2	0.826	1.44	1.75	72.21	87.39
2.00	1	0.823	0.72	0.87	35.97	43.69
2.20	1	0.820	0.72	0.87	35.83	43.69
2.40	2	0.817	1.43	1.75	71.41	87.39
2.60	3	0.814	1.98	2.44	99.19	121.82
2.80	3	0.811	1.98	2.44	98.85	121.82
3.00	3	0.809	1.97	2.44	98.52	121.82
3.20	4	0.806	2.62	3.25	130.92	162.43
3.40	4	0.803	2.61	3.25	130.50	162.43
3.60	4	0.801	2.43	3.03	121.51	151.72
3.80	3	0.798	1.82	2.28	90.85	113.79
4.00	7	0.796	4.23	5.31	211.35	265.51
4.20	6	0.794	3.61	4.55	180.63	227.58
4.40	7	0.791	4.20	5.31	210.13	265.51
4.60	7	0.789	3.93	4.98	196.58	249.08
4.80	6	0.787	3.36	4.27	168.04	213.50
5.00	6	0.785	3.35	4.27	167.60	213.50
5.20	6	0.783	3.34	4.27	167.17	213.50
5.40	5	0.781	2.78	3.56	138.96	177.92
5.60	6	0.779	3.13	4.02	156.65	201.06
5.80	6	0.777	3.13	4.02	156.28	201.06
6.00	6	0.775	3.12	4.02	155.92	201.06
6.20	6	0.774	3.11	4.02	155.56	201.06
6.40	6	0.772	3.10	4.02	155.22	201.06
6.60	6	0.770	2.93	3.80	146.36	189.99
6.80	9	0.769	4.38	5.70	219.08	284.98
7.00	15	0.717	6.81	9.50	340.64	474.97
7.20	9	0.766	4.36	5.70	218.20	284.98
7.40	6	0.764	2.90	3.80	145.18	189.99
7.60	4	0.763	1.83	2.40	91.56	120.05
7.80	6	0.761	2.74	3.60	137.09	180.08
8.00	6	0.760	2.74	3.60	136.84	180.08
8.20	5	0.759	2.28	3.00	113.83	150.06

8.40	4	0.757	1.82	2.40	90.91	120.05
8.60	3	0.756	1.29	1.71	64.69	85.57
8.80	3	0.755	1.29	1.71	64.58	85.57
9.00	8	0.753	3.44	4.56	171.94	228.19
9.20	6	0.752	2.57	3.42	128.75	171.14
9.40	8	0.751	3.43	4.56	171.40	228.19
9.60	9	0.750	3.67	4.89	183.43	244.59
9.80	10	0.749	4.07	5.44	203.50	271.76
10.00	8	0.748	3.25	4.35	162.56	217.41
10.20	50	0.547	14.85	27.18	742.73	1358.81

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	6.4	6.29	Incoerente	0	16.77	18.73	8.38	1.46	9.34	Depositi antropici
3.8	2.79	2.34	Incoerente	0	14.71	18.44	37.36	1.48	4.13	Piroclastiti tenere incoerenti
9.4	6.36	4.15	Incoerente	0	16.87	18.83	105.19	1.51	9.6	Piroclastiti poco addensate
10.2	19.25	10.47	Incoerente	0	19.91	19.52	145.33	1.52	29.34	Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII spt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	0	0	0	0	
Strato 3	10.98	18.3	29.28	43.92	Liquefazione possibile al VII° Mercalli
Strato 4	11.34	18.9	30.24	45.36	Liquefazione possibile al IX° Mercalli

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	37.86	72.41	94.85	31.51
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	16.67	41.05	43.41	18.48
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	23.32	48.87	49.54	32.1
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	35.81	66.94	67.91	54.32

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	29.67	22.67	30.62	33.96	33.42	0	<30	26.84	29.8	38.18	28.67
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	28.18	21.18	29.16	29.39	31.3	0	<30	22.87	28.24	29.93	24.09
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	29.74	22.74	30.69	28.51	33.52	0	<30	27	29.88	34.67	28.86
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	33.33	26.33	34.21	29.17	37.7	37.37	30-32	33.24	33.65	40.42	36.06

Modulo di Young (Mpa)

NSPT	Prof. Strato	Nspt corretto	Terzaghi	Schmertmann	Schultze-	D'Appollonia	Bowles (1982)
------	--------------	---------------	----------	-------------	-----------	--------------	---------------

		(m)	per presenza falda		(1978) (Sabbie)	Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	ed altri 1970 (Sabbia)	Sabbia Media
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	---	7.33	10.88	---	---
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	---	3.24	---	---	---
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	---	7.53	11.18	---	---
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	32.96	17.39	25.72	33.96	18.23

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	---	4.57	6.50	7.81
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	---	3.53	2.88	5.53
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	---	4.63	6.68	7.93
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	13.04	7.16	15.44	13.42

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	Classificazione A.G.I	poco addensato
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	Classificazione A.G.I	poco addensato
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	Classificazione A.G.I	poco addensato
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	Classificazione A.G.I	moderatamente addensato

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	Meyerhof et al.	16.77
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	Meyerhof et al.	14.71
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	Meyerhof et al.	16.87
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	Meyerhof et al.	19.91

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.73
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.44
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.83
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.52

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	(A.G.I.)	0.34
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	(A.G.I.)	0.35
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	(A.G.I.)	0.34
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	52.07	48.01
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	24.18	29.16
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	53.43	48.82
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	117.34	81.41

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Velocità onde di taglio
--	------	--------------	-------------------	--------------	-------------------------

		(m)	presenza falda		(m/s)
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	Ohta & Goto (1978) Limi	88.08
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	Ohta & Goto (1978) Limi	103.53
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	Ohta & Goto (1978) Limi	145.62
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	Ohta & Goto (1978) Limi	181.65

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{H/P_0}$

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	Navfac 1971-1982	1.96
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	Navfac 1971-1982	0.78
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	Navfac 1971-1982	2.02
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	Navfac 1971-1982	4.42

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

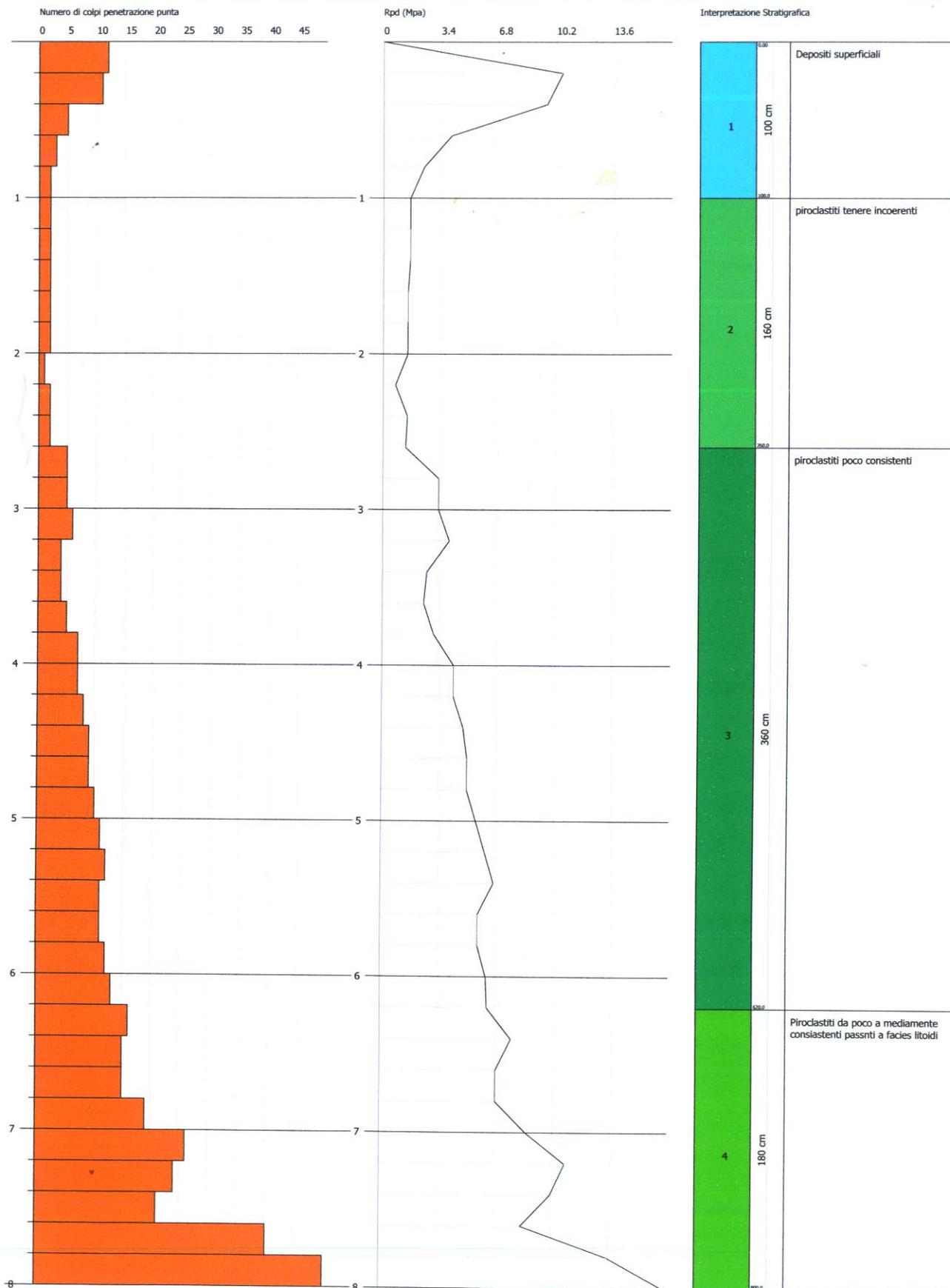
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Q_c (Mpa)
[1] - Depositi antropici	9.34	1.00	9.34	Robertson 1983	1.83
[2] - Piroclastiti tenere incoerenti	4.13	3.80	4.13	Robertson 1983	0.81
[3] - Piroclastiti poco addensate	9.6	9.40	9.6	Robertson 1983	1.88
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti, passanti a facies litoidi	29.34	10.20	22.17	Robertson 1983	4.35

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

Committente: Marcello e Anna Sforzini
 Descrizione:
 Località: Trevignano loc. Acquarella

Data: 02/07/2021

Scala 1:36



PROVA ... Nr. 2



Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

02/07/2021

Profondità prova

8.00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	12	0.855	10.57	12.36	528.37	618.25
0.40	11	0.851	9.64	11.33	482.16	566.73
0.60	5	0.847	4.01	4.73	200.25	236.42
0.80	3	0.843	2.39	2.84	119.63	141.85
1.00	2	0.840	1.59	1.89	79.42	94.57
1.20	2	0.836	1.58	1.89	79.09	94.57
1.40	2	0.833	1.58	1.89	78.76	94.57
1.60	2	0.830	1.45	1.75	72.49	87.39
1.80	2	0.826	1.44	1.75	72.21	87.39
2.00	2	0.823	1.44	1.75	71.93	87.39
2.20	1	0.820	0.72	0.87	35.83	43.69
2.40	2	0.817	1.43	1.75	71.41	87.39
2.60	2	0.814	1.32	1.62	66.13	81.22
2.80	5	0.811	3.30	4.06	164.75	203.04
3.00	5	0.809	3.28	4.06	164.19	203.04
3.20	6	0.806	3.93	4.87	196.38	243.65
3.40	4	0.803	2.61	3.25	130.50	162.43
3.60	4	0.801	2.43	3.03	121.51	151.72
3.80	5	0.798	3.03	3.79	151.42	189.65
4.00	7	0.796	4.23	5.31	211.35	265.51
4.20	7	0.794	4.21	5.31	210.73	265.51
4.40	8	0.791	4.80	6.07	240.15	303.44
4.60	9	0.789	5.06	6.40	252.75	320.25
4.80	9	0.787	5.04	6.40	252.07	320.25
5.00	10	0.785	5.59	7.12	279.34	355.83
5.20	11	0.783	6.13	7.83	306.48	391.41
5.40	12	0.781	6.67	8.54	333.50	427.00
5.60	11	0.779	5.74	7.37	287.20	368.61
5.80	11	0.777	5.73	7.37	286.51	368.61
6.00	12	0.775	6.24	8.04	311.83	402.12
6.20	13	0.724	6.31	8.71	315.27	435.63
6.40	16	0.722	7.74	10.72	387.11	536.16
6.60	15	0.720	6.84	9.50	342.15	474.97
6.80	15	0.719	6.83	9.50	341.38	474.97
7.00	19	0.717	8.63	12.03	431.48	601.63
7.20	26	0.666	10.96	16.47	548.02	823.29
7.40	24	0.664	10.09	15.20	504.73	759.96
7.60	21	0.663	8.35	12.61	417.68	630.26
7.80	40	0.561	13.48	24.01	673.83	1200.50
8.00	50	0.560	16.80	30.01	840.22	1500.63

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	6.6	6.63	Incoerente	0	16.87	18.83	8.43	1.47	9.7	Depositi superficiali
2.6	1.88	1.66	Incoerente	0	14.12	18.34	28.17	1.47	2.76	piroclastiti tenere incoerenti
6.2	8.28	5.98	Incoerente	0	17.65	18.93	71.23	1.47	12.17	piroclastiti poco consistenti
8	25.11	15.56	Incoerente	0	21.48	20.4	122.33	1.47	36.91	Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passanti a facies litoidi

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	38.68	73.77	96.43	32.32
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	11.4	35.11	38.56	14.61
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	32.02	61.34	61.45	37.58
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passanti a facies litoidi	36.91	8.00	50.05	91.42	90.64	69.84

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornbush-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	29.77	22.77	30.72	34.01	33.56	0	<30	27.06	29.91	38.51	28.93
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	27.79	20.79	28.77	29.35	30.71	0	<30	21.43	27.83	26.77	22.43
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	30.48	23.48	31.41	29.74	34.48	36.59	30-32	28.51	30.65	38.06	30.6
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passanti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	37.55	30.55	38.33	30.37	41	40.8	32-35	38.53	38.07	45.76	42.17

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	---	7.61	11.29	---	---
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	---	2.17	---	---	---
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	24.42	9.55	14.15	26.60	13.32
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passanti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	42.53	28.96	42.78	44.80	25.45

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	---	4.65	6.75	7.97
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	---	3.25	1.92	4.93
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	7.16	5.14	8.47	9.05
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passnti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	21.72	10.13	25.70	19.87

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	Classificazione A.G.I	poco addensato
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	Classificazione A.G.I	sciolto
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	Classificazione A.G.I	moderatamente addensato
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passnti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	Classificazione A.G.I	addensato

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	Meyerhof et al.	16.87
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	Meyerhof et al.	14.12
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	Meyerhof et al.	17.65
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passnti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	Meyerhof et al.	21.48

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.83
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.93
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passnti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	Terzaghi-Peck 1948-1967	20.40

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	(A.G.I)	0.33
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	(A.G.I)	0.35
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	(A.G.I)	0.33
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passnti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	(A.G.I)	0.28

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	53.95	49.13
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	16.55	22.79
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	66.77	56.43
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passnti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	189.47	111.16

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	Ohta & Goto (1978) Limi	88.66
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	Ohta & Goto (1978) Limi	91.34
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	Ohta & Goto (1978) Limi	140.3
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passnti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	Ohta & Goto (1978) Limi	186.44

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passanti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	Navfac 1971-1982	2.04
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	Navfac 1971-1982	0.45
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	Navfac 1971-1982	2.56
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passanti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	Navfac 1971-1982	6.51

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Depositi superficiali	9.7	1.00	9.7	Robertson 1983	1.90
[2] - piroclastiti tenere incoerenti	2.76	2.60	2.76	Robertson 1983	0.54
[3] - piroclastiti poco consistenti	12.17	6.20	12.17	Robertson 1983	2.39
[4] - Piroclastiti da poco a mediamente consistenti passanti a facies litoidi	36.91	8.00	36.91	Robertson 1983	7.24