

dr. umberto pivetta
geologo

REGIONE DEL VENETO

COMUNE DI ARZIGNANO

PROVINCIA DI VICENZA

Recupero di fabbricato sito in Via O.M. Pagani

Ditta : Ditta VIERRE s.r.l. – Via Stadio, 9- Arzignano

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

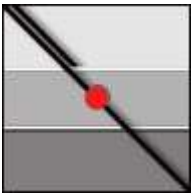
D. del M. delle Infrastrutture 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle " Norme tecniche per le costruzioni".

Il relatore

Data: 24 Dicembre 2018



(Geologo Dott. Umberto Pivetta)



1 - INTRODUZIONE

Per conto della Ditta **VIERRE S.r.l.** è stata redatta la presente relazione geologica, geotecnica a supporto del progetto di recupero di fabbricato sito in Via O.M. Pagani, Comune di Arzignano.

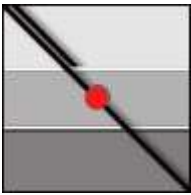
Il presente studio geologico-tecnico è stato articolato come di seguito esposto:

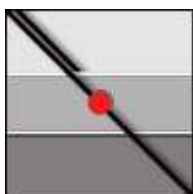
- esecuzione di **N° 2 Prove Penetrometriche Dinamiche (DPM)** per la determinazione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni fino alle profondità di interesse.
- Caratterizzazione sismica del sito mediante indagine geosismica passiva a stazione singola
- sintesi delle indagini effettuate e prescrizioni tecniche per le opere di progetto.

La relazione geologica-geotecnica viene redatta in adeguamento alla più recente **LEGGE 24 giugno 2009, n. 77, "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile. (09G0088) (Suppl. Ordinario n. 99)"** - Gazzetta Ufficiale N. 147 del 27 Giugno 2009, con la quale entra definitivamente in vigore il **Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008** (supplemento ordinario n. 30 Gazzetta ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2007).

Tale Decreto, recante "**Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni**", introduce il concetto di Stato Limite, ovvero la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata, e prevede, per la definizione del grado di sicurezza, un approccio di tipo semiprobabilistico, o di primo livello, adottando i cosiddetti Coefficienti parziali di sicurezza (CP). Salvo alcuni casi particolari, in concetto di tensioni ammissibili, previsto nel D.M. 11.03.1988, non è più adottabile.

Il 22 marzo 2018 é entrato in vigore, a 30 giorni dalla sua pubblicazione nella Gazzetta ufficiale del 20 Febbraio 2018, il **Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17 gennaio 2018** - Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni", ovvero le NTC 2018.





2 – INDAGINE GEOLOGICA GEOTECNICA

2a – Inquadramento ambientale e natura dei terreni

Il lotto in oggetto è situato in centro storico di Arzignano, in area di piana alluvionale di stretta competenza del T. Chiampo. (*Corografia generale: Fig. 1- Estratto da IGM 1:25.000, Foglio 49, Quadrante I, Orientamento S.E., "Arzignano", - Fig. 2 – Estratto da CTR 1 : 10.000 sez 124080 CHIAMPO*)

Dal punto di vista **morfologico** il sito in esame si inserisce in fascia di piana alluvionale subpianeggiante con quote dei terreni pari a circa 112 m s.l.m.,

Dal punto di vista **deposizionale**, l'area era caratterizzata da ambiente ad alta e media energia, con conseguente deposizione di litotipi prevalentemente granulari incoerenti, a granulometria relativamente grossolana, dalle locali episodi deposizionali di minore energia, relazionabili a fenomeni di deviazioni fluviali di origine neotettonica.

Dal punto di vista **litologico** infatti i terreni in posto sono in generale rappresentati da una alternanza di ghiaie sabbiose ed argille limose, con spessori degli strati dell'ordine del metro.

Nella carta Geolitologica allegata al PAT di Arzignano, i terreni sono indicati di natura alluvionale ghiaioso-sabbiosi (Fig. 3)

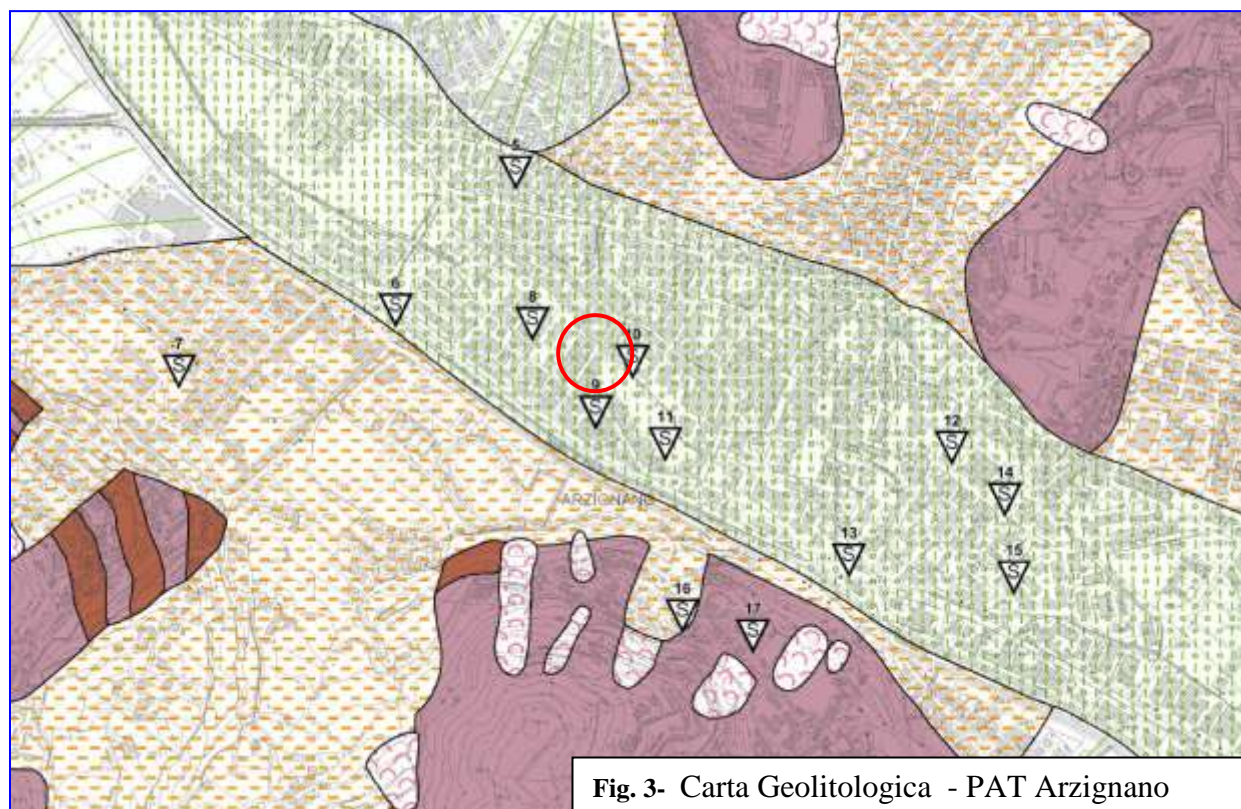
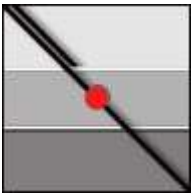


Fig. 3- Carta Geolitologica - PAT Arzignano



Materiali alluvionali granulari più o meno addensati e/o fluvioglaciali antichi
terrazzati a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa

Il sito in oggetto è tuttavia inserito in pieno centro **storico** e **l'area è interessata da una copertura di materiale di riporto per uno spessore di almeno 1,50 m**

Nella Carta delle Fragilità, del PAT di Arzignano, l'area è indicata come "idonea".

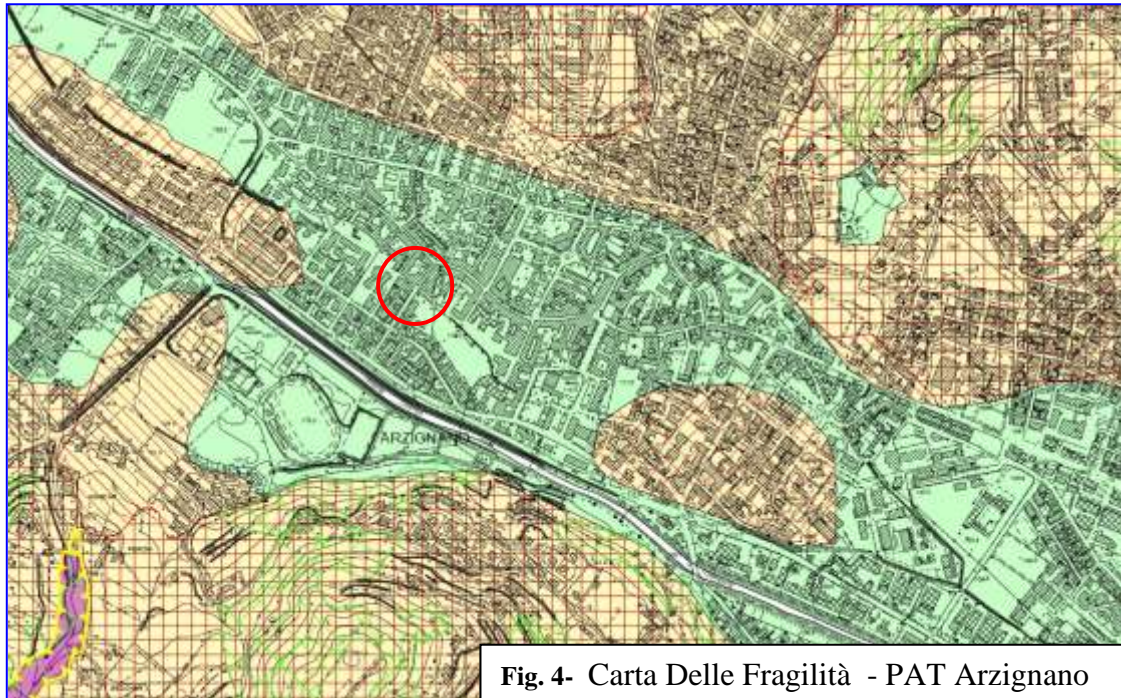
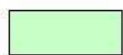


Fig. 4- Carta Delle Fragilità - PAT Arzignano

COMPATIBILITA' GEOLOGICA



AREA IDONEA

Aree di pianura caratterizzate prevalentemente da substrato
ghiaioso e aree collinari caratterizzate da substrato
vulcanico subaffiorante e pendenze <10 %

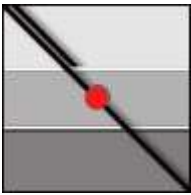
3 -SITUAZIONE GEOLITOLOGICA DEL SITO

3.1 - Indagini eseguite e situazione geolitologica del sito

A tal fine di determinare i parametri caratteristici del terreno è stata effettuata un'indagine sperimentale in sito, che ha richiesto l'esecuzione di **N° 2 Prove penetrometriche dinamiche (DPM)** all'interno del fabbricato, previa demolizione della pavimentazione in cemento.

Le prove sono state eseguite all'interno del fabbricato e si sono arrestate, per rifiuto strumentale, alla profondità massima di 1,60, dopo aver attraversato materiale di riporto, quale ghiaione molto grossolano.

Dalle prove eseguite, ed in particolare dalla prova N° 2 presa come rappresentativa, il terreno indagato può essere suddiviso come sintetizzato nelle sottostanti tabelle:



DPM 2

Profondità (m)	Litologia correlata	Orizzonte	N _{SPT}
0.00 - 0,70	Pavimentazione in cemento e riporto di ghiaione molto grossolano in matrice limoso-sabbiosa	A	15
0.70- 1,10	Argilla limosa	B	4
1.10 – 1.40	Limo molle con probabile cavità	C	1
1.40 – 1.60	Rifiuto strumentale- riporto molto grossolano	F	38

Dal punto di vista idrogeologico, lungo le verticali indagate non è stata rilevata circolazione idrica fino alle massime profondità raggiunte.

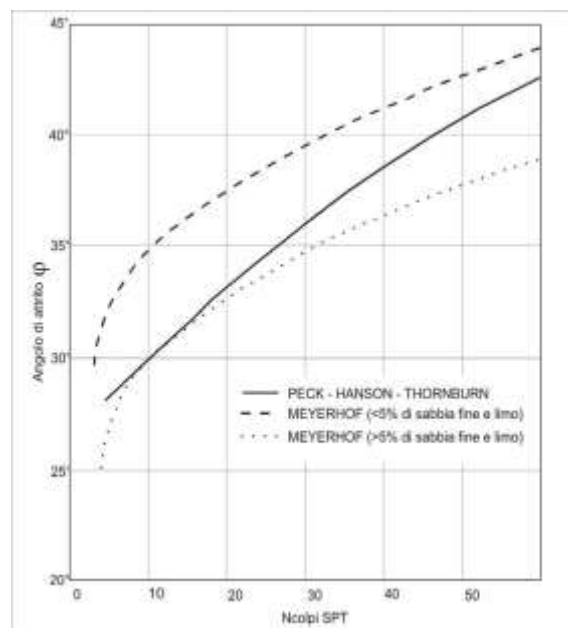
3.2 – Parametri geotecnici

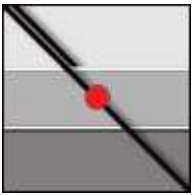
La determinazione dei parametri geotecnica che caratterizzano questi materiali è stata effettuata sulla base della prova penetrometrica dinamica correlate alla Standard Penetration Test (SPT), eseguita in corrispondenza delle future opere di fondazione.

Nel nostro caso, al fine di determinare le caratteristiche meccaniche è stata usata la correlazione tra N_{10} del Penetrometro Dinamico Medio (DPM) e il numero di colpi equivalente dello Standard Penetration Test (N_{SPT}), per la quale $N_{SPT} = N_{10} \cdot 1,36$.

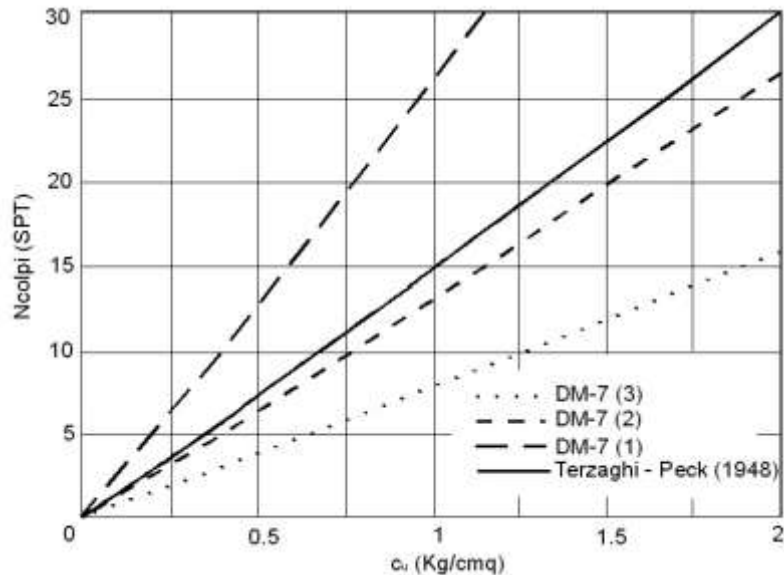
Per i terreni di natura prevalentemente incoerente per la determinazione dell'angolo di attrito interno, sono stati usati metodi riconducibili a vari autori. (cfr. fig. –Correlazioni Φ - N_{spt}).

Correlazioni Φ - N_{spt}





Per la caratterizzazione della coltre colluviale, considerata la sua natura prevalentemente coesiva e conseguentemente l'eventuale presenza di attrito laterale lungo la batteria di aste, è stato usato il metodo di calcolo proposto da *Terzaghi e Peck* (1948) (cfr. fig.-Correlazioni $c_u - N_{spt}$)



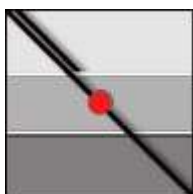
Si osserva che i valori assunti rappresentano il risultato della trattazione statistica di un valore empirico derivante da prove penetrometriche correlate alla N_{spt} , che consente comunque la caratterizzazione meccanica dei terreni e lo studio delle interazioni struttura-terreno.

Con il passaggio dal DM 11 marzo 1988 alle Norme Tecniche per le Costruzioni, ora aggiornate con il **Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17 gennaio 2018**, ovvero le NTC 2018, si sostituisce il concetto deterministico con quello probabilistico. In particolare la vecchia normativa prevedeva l'utilizzo dei fattori di sicurezza intesi come riduzione del valore ultimo (da Q_{ult} a Q_{amm}) mentre le NTC adottano un'analisi probabilistica, più precisamente semiprobabilistica, che include l'utilizzo di FS parziali, applicati a valori cautelativi dei parametri di interesse.

I parametri di resistenza penetrometrica medi caratteristici derivati dall'indagine in sito sono di seguito illustrati, limitatamente ai vari orizzonti stratigrafici precedentemente individuati. Per quanto riguarda un dato parametro il valore caratteristico corrisponde ad un valore al di sotto del quale ci si può attendere che si collochi non più del 5% dei valori ottenibili da una serie teoricamente illimitata di prove (5° percentile).

Si riportano di seguito i valori dei parametri geotecnici - geomeccanici assunti per l'intervento in oggetto.

Spessore	Peso unità di	Peso unità di	Angolo di attrito	Coesione	Coesione	Modulo	Modulo	Poisson
----------	---------------	---------------	-------------------	----------	----------	--------	--------	---------



strato [m]	volume [kN/m ³]	volume saturo [kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	non drenata [kN/m ²]	Elastico [kN/m ²]	Edometrico [kN/m ²]	
0,7	13,25	18,06	30,0	0,0	0,0	0,0	2801,76	0,35
0,4	16,28	18,24	0,0	0,0	25,0	3373,49	3616,5	0,0
0,3	14,51	18,04	0,0	0,0	7,0	1000,28	1195,92	0,0
0,2	17,35	20,6	28,0	0,0	0,0	26110,21	10397,99	0,28

4 - INDAGINE SISMICA E PARAMETRI DI PERICOLOSITA' DEL SITO

E' stata eseguita un'indagine geofisica a supporto del progetto esaminato nella presente relazione.

Lo scopo di quest'indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, la stima delle velocità delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni ($V_s,30$) come espressamente richiesto dalla normativa vigente (N.T.C. '08) nonché le frequenze di vibrazione naturali del terreno.

L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.

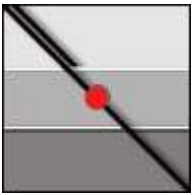
È stata eseguita una registrazione al fine di evidenziare le caratteristiche litostratigrafiche del sito in base ai valori d'impedenza sismica rilevata.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati ottenuti dall'indagine eseguita.

4.1 - Cenni teorici

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio V_s** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la $V_s,30$ e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

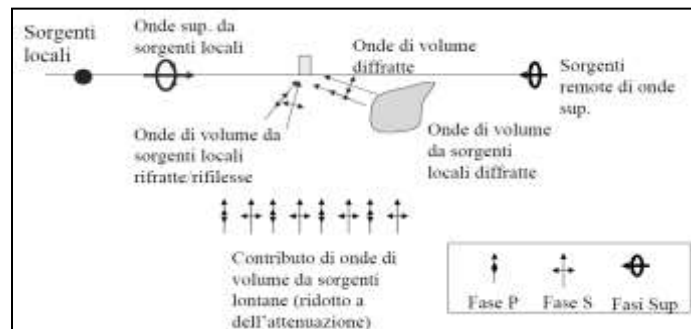


Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s ,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

segnale registrazione al sito x = sorgente * effetti di percorso * funzione trasferimento strumento



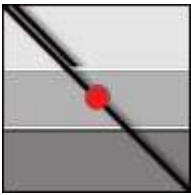
Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. 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.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Micromed s.r.l. modello "Tromino".



In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano una serie d'esempi di classificazioni fatte sulla base di semplici misure H/V a stazione singola. In tutti i siti descritti, la stratigrafia è nota da sondaggi e prove penetrometriche e il profilo V_s è ricavato anche con metodi alternativi.



TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate).	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia).	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose).	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	100	150	200

4.2 Interpretazione della misura eseguita

Nel caso specifico del sito in esame si è cercato di correlare i valori di picco, dello spettro di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza di sito.

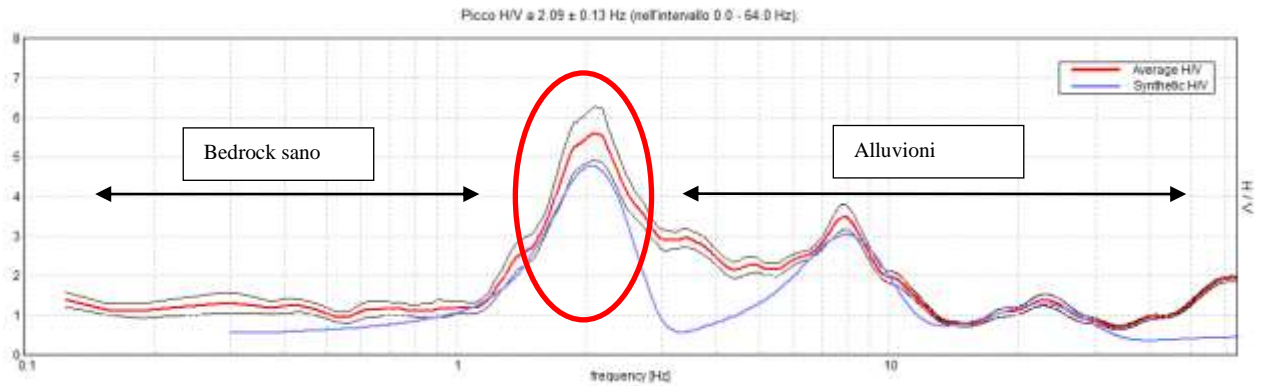
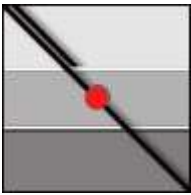
Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

Sapendo che i valori di picco sono proporzionali ai contrasti di rigidità e utilizzando le informazioni lito – stratigrafiche ricavate dalle prove effettuate nel punto indagato, si è estrapolata una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

La frequenza di risonanza di sito, caratterizzata da un rapporto H/V è compresa tra 2 e 3 ed è risultata di ≈ 2.09 Hz.

Frequenza fondamentale di risonanza di sito
2.09 ± 0,13 Hz

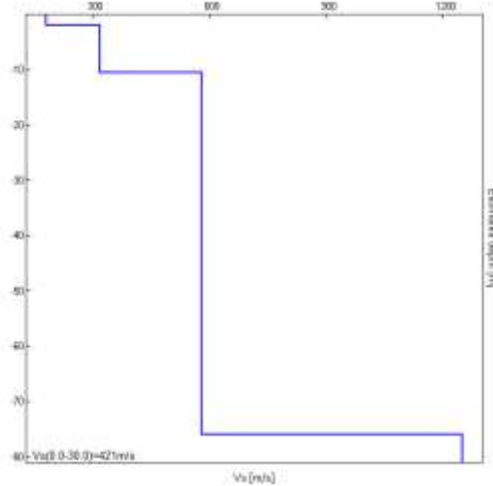
Le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella naturale dell'edificio.



La ricostruzione sismo - stratigrafica di sito, può essere schematizzata, trascurando lo strato superficiale costituito da terreni di riporto, in un sismo - strato mediamente addensato costituito da alluvioni da fini a ghiaiose fino a circa 76 m dal p.c., con velocità $V_s \approx 320 - 580$ m/s. Oltre i 76 metri circa si trovano terreni più addensati assimilabili al bedrock sano con velocità $V_{s30} = 1250$ m/s.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	V_s [m/s]
2,00	2,00	180
10,50	8,50	320
76,00	65,50	580
inf.	inf.	1250

$V_s(0,0-30,0) = 421$ m/s

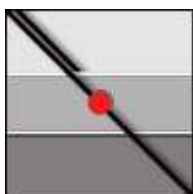


Picco H/V a 2.09 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.09 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1675.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 102	OK	



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

4.2 - Modello sismico locale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento. Per definire tali categorie, il D.M. 14/01/08 prevede, in questo caso, il calcolo del parametro $V_{s,30}$, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_s entro 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

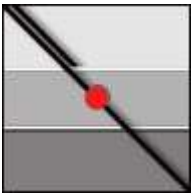
Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevedere l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo B**.

COEFFICIENTI SISMICI

5 - TIPO DI FONDAZIONI E CARICHI AMMISSIBILI

Il progetto prevede sostanzialmente, ai fini della presente relazione, il recupero del fabbricato esistente, senza interrato.

Per la valutazione della capacità portante del terreno e per le conseguenti verifiche dei cedimenti sono state esaminate alcune ipotesi preliminari di massima relative alla tipologia ed al dimensionamento



delle strutture di fondazione. **Per la determinazione delle Resistenze di Progetto è stata ipotizzata una distribuzione dei carichi su PLATEA.**

Con l'utilizzo delle Norme Tecniche sulle Costruzioni si dovranno valutare la sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

In particolare le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti:

- i. *Sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possono compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare vari danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- ii. *Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- iii. *Robustezza nei confronti di azioni eccezionali*: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Nell'ambito del metodo degli stati limite la misura della sicurezza si ottiene con il "Metodo semi-probabilistico dei Coefficienti Parziali" di sicurezza espresso dall'equazione:

$$R_d \geq E_d \quad \text{ovvero} \quad R_d - E_d \geq 0$$

dove:

R_d = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico;

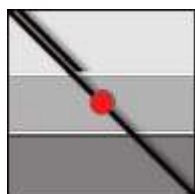
E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione.

L'effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione:

- delle azioni di progetto γF_k
- dei parametri di progetto X_k/γ_M
- e dalla geometria di progetto ad.

L'effetto delle azioni può essere valutato direttamente come $E_d = E_k \cdot \gamma_E$. Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.





La verifica della suddetta condizione ($E_d \leq R_d$) è stata effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Parametri	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Parametri non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 6.2.1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

Tabella 6.2.2- Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

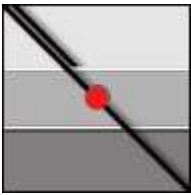
Secondo le nuove norme NTC 2018 i diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito dell' approccio progettuale 2 per il quale è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

5a.1 - Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche che sono state effettuate nei confronti degli stati limite ultimo al collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno, accertando che la condizione $E_d \leq R_d$, qualora siano note le azioni di progetto (E_d) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La valutazione del carico limite di progetto R_d sulla fondazione viene solitamente effettuata secondo la teoria elaborata da *Brinch-Hansen*, (Ec7-Ec8) utilizzando, per condizioni drenate, la formula generale:



$$R_d = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad \text{dove:}$$

c' = coesione

q = pressione litostatica totale sul piano di posa.

B = larghezza della fondazione

N_c, N_γ, N_q = fattori adimensionali di portanza;

s_c, s_γ, s_q = fattori di forma;

i_c, i_q, i_γ = fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno

Le verifiche si sono effettuate, tenendo conto dei valori e i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo l'**Approccio 2**:

Approccio 2: A1 + M1 + R3

Le resistenze assumono un valore di **288 KN /m² (R2)**.

CALCOLO PORTANZA DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Aggiornamento alle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e circolare.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

DATI GENERALI

Normativa	NTC 2018
Zona	Via Pagani - Arzignano
Larghezza fondazione	8,0 m
Lunghezza fondazione	15,0 m
Profondità piano di posa	1,5 m
Altezza di incastro	0,2 m

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson
0,7	13,25	18,06	30,0	0,0	0,0	0,0	2801,76	0,35
0,4	16,28	18,24	0,0	0,0	25,0	3373,49	3616,5	0,0
0,3	14,51	18,04	0,0	0,0	7,0	1000,28	1195,92	0,0
0,2	17,35	20,6	28,0	0,0	0,0	26110,21	10397,99	0,28

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	No	1	1	1	1	1	1	1
3	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	660,98 kN/m ²
Resistenza di progetto [Rd]	287,38 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

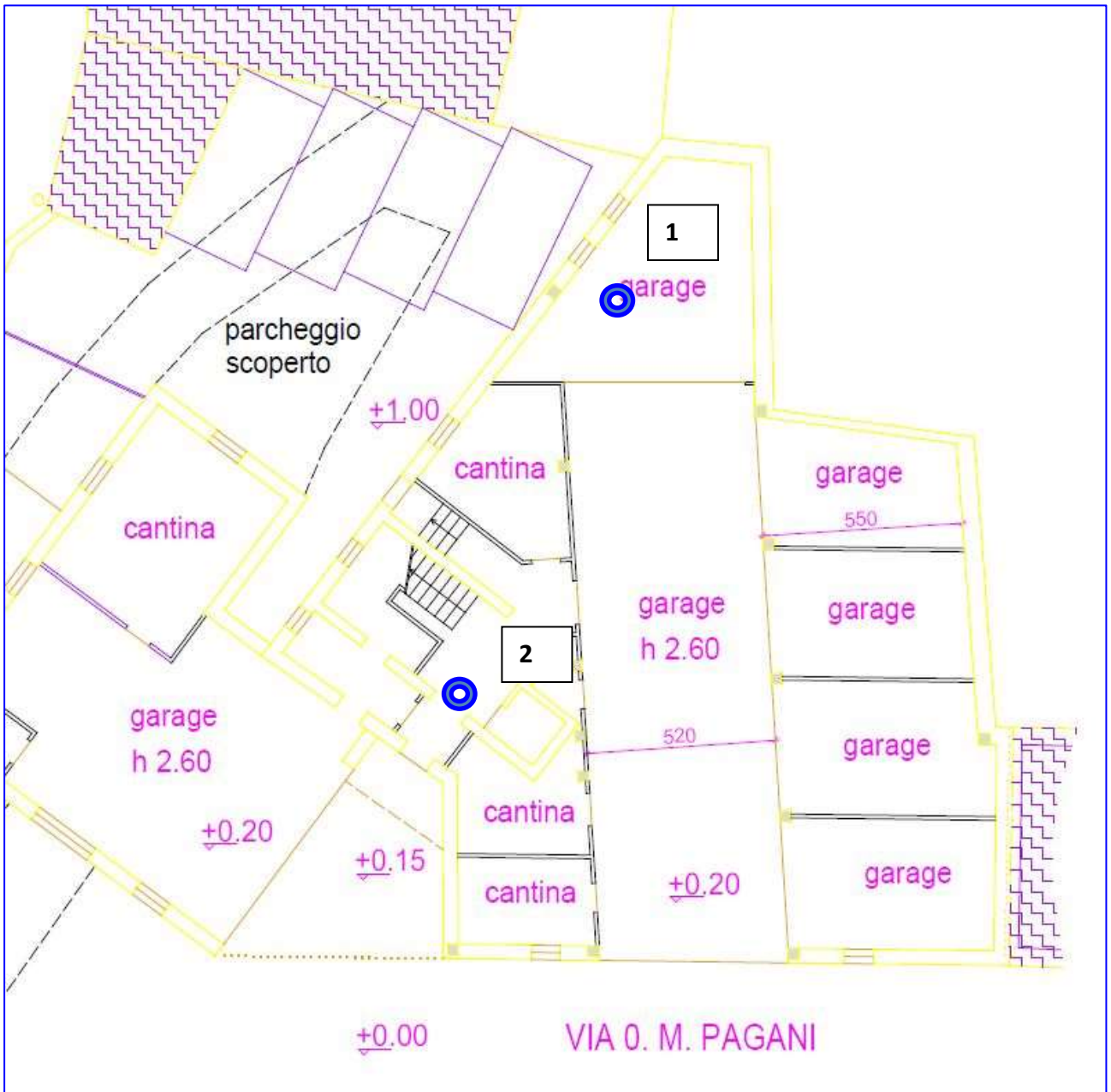
Costante di Winkler 26439,05 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	14,72
Fattore [Nc]	25,8
Fattore [Ng]	10,94
Fattore forma [Sc]	1,3
Fattore profondità [Dc]	1,08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0

Fattore forma [Sq]	1,28
Fattore profondità [Dq]	1,06
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,79
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
=====	
Carico limite	660,98 kN/m ²
Resistenza di progetto	287,38 kN/m ²
=====	



UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente:	Ditta VIERRE
Descrizione:	
Località:	Via O.M. Pagani - Arzignano



Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL 030 SUNDA)

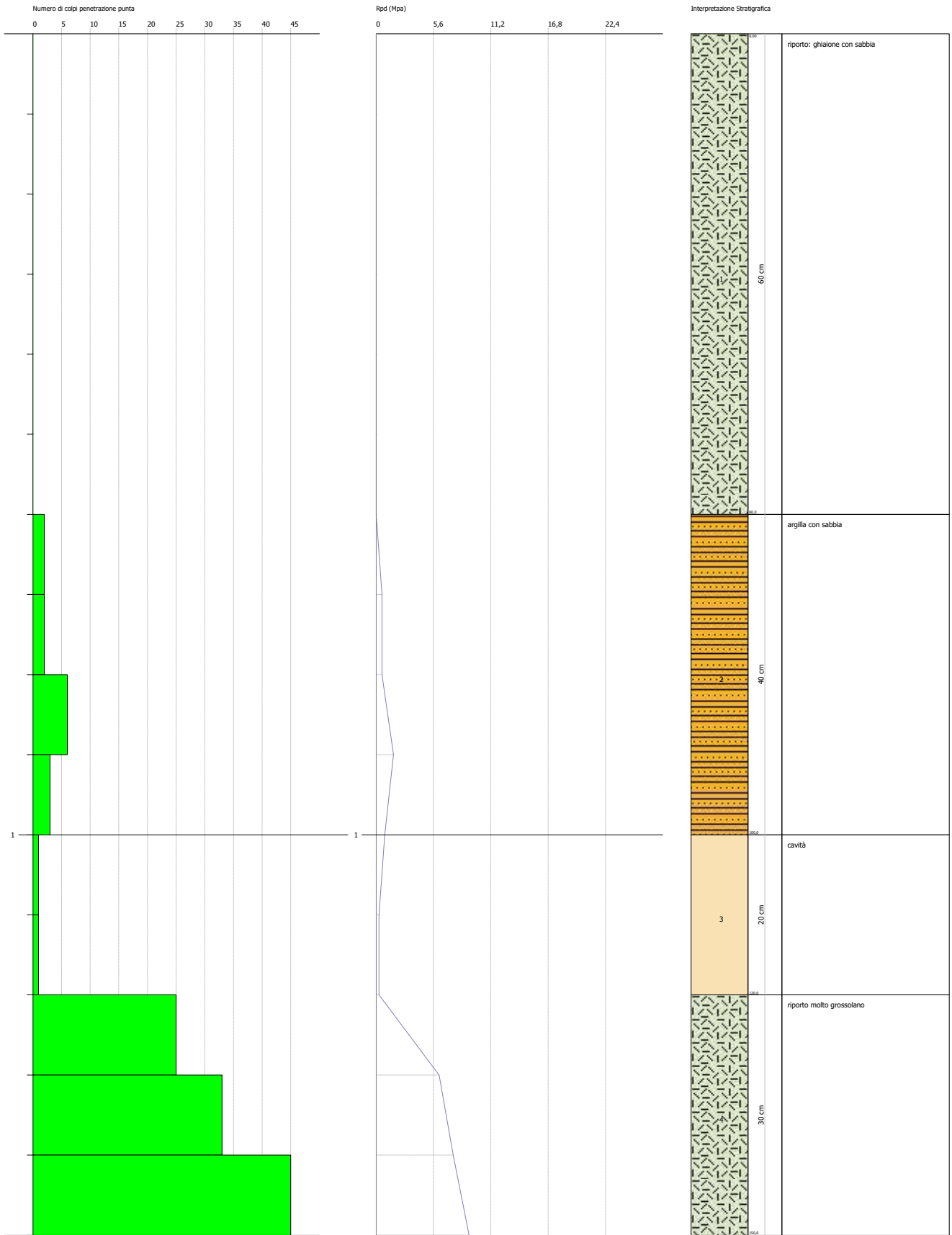
Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	18 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,765
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)

Committente: Ditta VIERRE
 Descrizione:
 Località: Via O.M. Pagani - Arzignano

Data: 19/12/2018

Scala 1:7

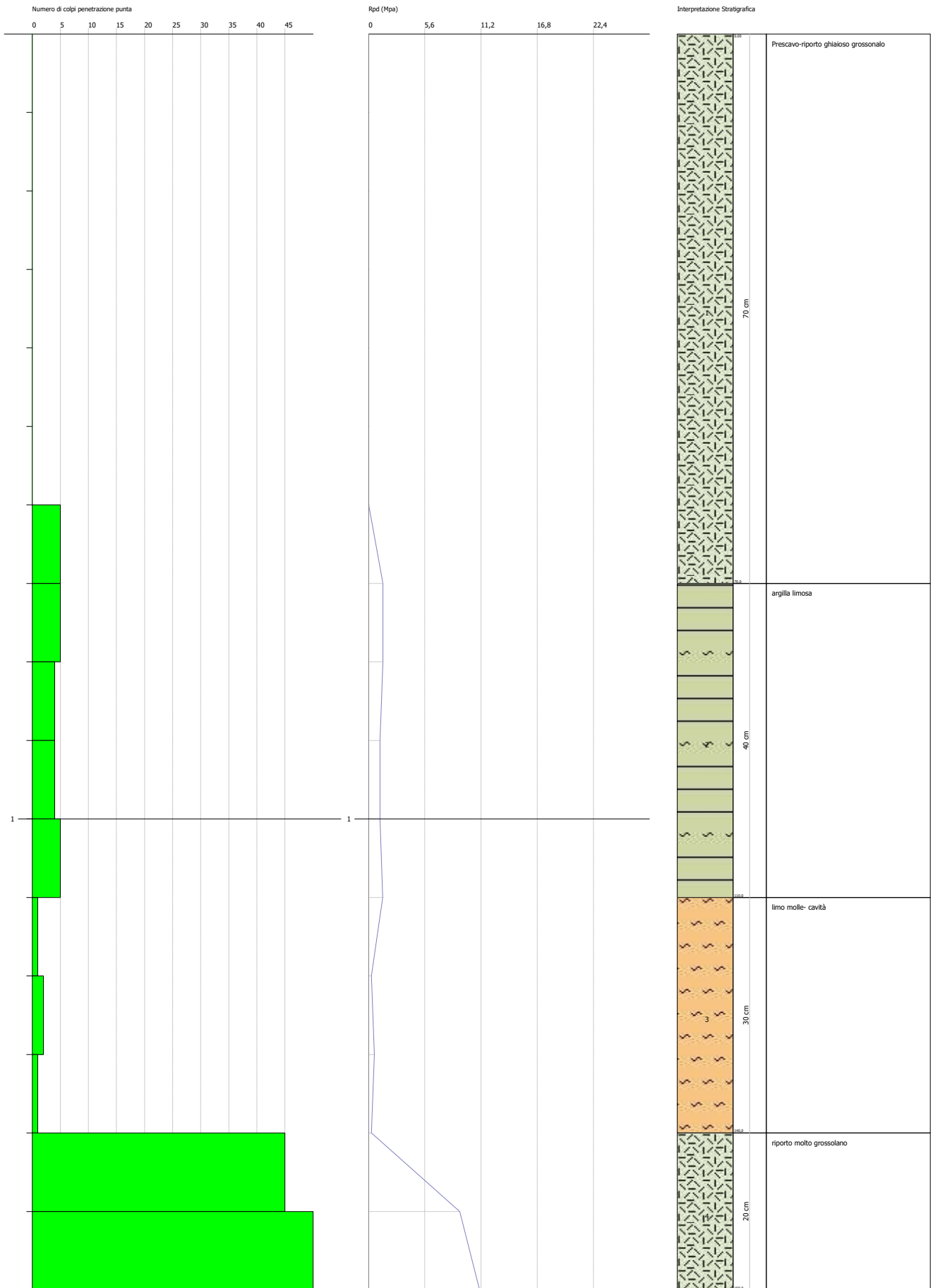


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)

Committente: Ditta VIERRE
 Descrizione:
 Località: Via O.M. Pagani - Arzignano

Data: 19/12/2018

Scala 1:7



PROVA N°1

Strumento utilizzato DPM (DL 030 SUNDA)

Prova eseguita in data 19/12/2018 Profondità prova 1,50 m Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,10	0	0,857	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00
0,40	0	0,851	0,00	0,00
0,50	0	0,849	0,00	0,00
0,60	0	0,847	0,00	0,00
0,70	2	0,845	0,57	0,67
0,80	2	0,843	0,56	0,67
0,90	6	0,842	1,69	2,01
1,00	3	0,840	0,84	1,00
1,10	1	0,838	0,28	0,33
1,20	1	0,836	0,28	0,33
1,30	25	0,735	6,14	8,36
1,40	33	0,683	7,53	11,03
1,50	45	0,631	9,08	14,39

PROVA N° 2

Strumento utilizzato DPM (DL 030 SUNDA)

Prova eseguita in data 19/12/2018 Profondità prova 1,60 m Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,10	0	0,857	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00
0,40	0	0,851	0,00	0,00
0,50	0	0,849	0,00	0,00
0,60	0	0,847	0,00	0,00
0,70	5	0,845	1,41	1,67
0,80	5	0,843	1,41	1,67
0,90	4	0,842	1,13	1,34
1,00	4	0,840	1,12	1,34
1,10	5	0,838	1,40	1,67
1,20	1	0,836	0,28	0,33
1,30	2	0,835	0,56	0,67
1,40	1	0,833	0,28	0,33
1,50	45	0,631	9,08	14,39
1,60	55	0,630	11,07	17,59

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA N° 2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) argilla limosa	3,44	0,70-1,10	Terzaghi-Peck	25
Strato (3) limo molle- cavità	1,02	1,10-1,40	Terzaghi-Peck	7

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
-------------	------	------------------	--------------	-----------

Strato (2) argilla limosa	3,44	0,70-1,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	3,62
Strato (3) limo molle- cavità	1,02	1,10-1,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	1,20

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) argilla limosa	3,44	0,70-1,10	Apollonia	3,37
Strato (3) limo molle- cavità	1,02	1,10-1,40	Apollonia	1,00

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato (2) argilla limosa	3,44	0,70-1,10	Meyerhof	16,28
Strato (3) limo molle- cavità	1,02	1,10-1,40	Meyerhof	14,51

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)
Strato (2) argilla limosa	3,44	0,70-1,10	Meyerhof	18,24
Strato (3) limo molle- cavità	1,02	1,10-1,40	Meyerhof	18,04

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Prescavo-riporto ghiaioso grossonalo	0,54	0,00-0,70	0,54	Meyerhof 1957	17,86
Strato (4) riporto molto grossolano	38,25	1,40-1,60	38,25	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Prescavo-riporto ghiaioso grossonalo	0,54	0,00-0,70	N1,60=0	Wolff (1989) N160	30
Strato (4) riporto molto grossolano	38,25	1,40-1,60	N1,60=0	Wolff (1989) N160	28

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Prescavo-riporto ghiaioso grossonalo	0,54	0,00-0,70	0,54	Bowles (1982)	---
Strato (4) riporto molto grossolano	38,25	1,40-1,60	38,25	Bowles (1982) Sabbia Media	26,11

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Prescavo-riporto ghiaioso grossonalo	0,54	0,00-0,70	0,54	Begemann 1974	2,80
Strato (4)	38,25	1,40-1,60	38,25	Begemann 1974	10,40

riporto molto grossolano					
--------------------------	--	--	--	--	--

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Prescavo-riporto ghiaioso grossolano	0,54	0.00-0,70	0,54	Terzaghi-Peck 1948	13,25
Strato (4) riporto molto grossolano	38,25	1,40-1,60	38,25	Terzaghi-Peck 1948	17,35

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Prescavo-riporto ghiaioso grossolano	0,54	0.00-0,70	0,54	Terzaghi-Peck 1948	18,06
Strato (4) riporto molto grossolano	38,25	1,40-1,60	38,25	Terzaghi-Peck 1948	20,60

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Prescavo-riporto ghiaioso grossolano	0,54	0.00-0,70	0,54	(A.G.I.)	0,35
Strato (4) riporto molto grossolano	38,25	1,40-1,60	38,25	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Prescavo-riporto ghiaioso grossolano	0,54	0.00-0,70	0,54	Ohsaki (Sabbie pulite)	3,57
Strato (4) riporto molto grossolano	38,25	1,40-1,60	38,25	Ohsaki (Sabbie pulite)	195,93

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{H0} / \sigma_{V0}$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Prescavo-riporto ghiaioso grossolano	0,54	0.00-0,70	0,54	Navfac 1971-1982	-0,10
Strato (4) riporto molto grossolano	38,25	1,40-1,60	38,25	Navfac 1971-1982	6,68