

COMUNE DI ACQUASPARTA PROVINCIA DI TERNI

RELAZIONE GEOLOGICA – GEOMORFOLOGICA – IDROGEOLOGICA RELATIVA A UNA VARIANTE AD UN PIANO ATTUATIVO COMPRENSIVO DI : CAMPO POZZI GEOTERMIA IMPIANTO TRATTAMENTO REFLUI SISTEMAZIONE STRADA

LOCALITA' : Loc. Montalbano Configni Acquasparta

RIF. CATASTALI : Foglio n°12 Particella n° 215

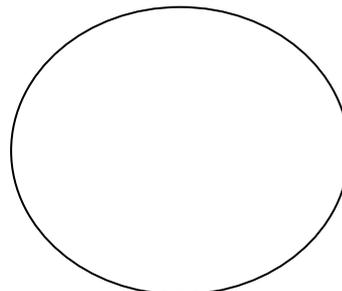
COMMITTENTE : Sig. ri Duranti Enrico Duranti Federico Duranti
Claudia Addario Chieco Paola



Dott. Geol. Stefano LITI
Via Roma 5/m 05021
Acquasparta TR
Tel. 0744/930647
C.F. LTISFN68R19AO45B
P.I. 00747960557

Dott. Geologo Stefano LITI

Gennaio 2021



SCOPO DEL LAVORO

Dietro richiesta della Committenza è stato eseguito uno studio di tipo geologico-geomorfologico idrogeologico finalizzato ad un progetto di Variante di un Piano Attuativo approvato con D.G.C. n° 119 del 26/08/2016 relativa al recupero del Complesso di Montalbano Configni di Acquasparta .

Le indagini svolte in conformità con i criteri stabiliti dalle NTC 2018 dal D.M. 11/03/1988 dalla legge Regionale 31/97 e L.R. 1/04 e relative istruzioni applicative, si sono articolate attraverso le seguenti fasi:

- Sopralluogo nell'area oggetto di studio;
- Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico;
- Rilevamento di campagna
- Esecuzione Masw e sondaggi (eseguiti nella fase di piano attuativo)
- Considerazioni tecniche e conclusioni.

Vista l'opera in oggetto e la buona conoscenza dei luoghi studiati, la caratterizzazione fisico meccanica e stratigrafica del sottosuolo è stata dedotta da fonti bibliografiche e da osservazioni dirette eseguite in situ tramite saggi geognostici effettuati con escavatore meccanico.

Alla presente relazione vengono allegati:

- Report Indagini
- Carta corografica alla scala 1:25.000;
- Planimetria catastale alla scala 1:2.000;

UBICAZIONE DEL LOTTO

Il sito in studio è ubicato nella prima periferia del centro di Acquasparta in località Montalbano di Configni.

La zona in oggetto è individuabile al F. n° 12 particelle n° 215 del N.C.T. del Comune di Acquasparta.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il lotto in questione è ubicato lungo la zona più depressa di una fascia che funge da raccordo morfologico tra la struttura montuosa dei Monti Martani ad Oriente e la Zona di affioramento dei depositi Villafranchiani ad Occidente. In particolare, il sito in studio è compreso tra le curve di livello dei 330 m e 340 m s.l.m. ed è ubicato lungo il versante di un modesto colle che cinge a Nord l'abitato di Acquasparta (pendenza media 8-10% inclinazione media 4-5°).

Il litotipo affiorante nell'area è rappresentato dai depositi di travertino litoide e terroso con talora intercalazioni argillose e sabbiose; tali travertini si sono sovrapposti con discordanza stratigrafica ai depositi di chiusura del ciclo sedimentario continentale del "Lago Tiberino" che nel Plio-Pleistocene (Villafranchiano Auctt.) ricopriva la zona e che sono in affioramento immediatamente ad Ovest di Acquasparta. Questi depositi travertinosi sono ricoperti da uno spessore decimetrico di terreno residuale derivato dalla degradazione in sede, da parte degli agenti morfogenetici, compresa la dissoluzione carsica.

Facendo riferimento all'assetto geologico strutturale del *bedrock* costituito dalla Serie Stratigrafica Umbro – Marchigiana, il sito è ubicato sul bordo occidentale di un'ampia depressione tettonica originatesi durante la fase distensiva che ha interessato questo settore dell' Appennino settentrionale durante il Pliocene sup. – Pleistocene. Ad Est del *graben* in oggetto si sviluppa la struttura anticlinalica individuata dalla dorsale dei Monti Martani la quale coinvolge nella deformazione i terreni della successione sedimentaria meso – cenozoica Umbro – Marchigiana, dai calcari e marne Triassiche (Formazione dei calcari marnosi a Rhaetavicula Contorta), che affiorano al nucleo della struttura, fino ai termini Oligo – miocenici della Scaglia Cinerea e del Bisciario. La suddetta dorsale presenta il fianco orientale rovesciato ad Est su di un ampio sinclinorio al cui nucleo affiora la Formazione dello Schlier.

La depressione tettonica e la dorsale Martana sono separate da un importante sistema di faglie dirette denominato "faglia bordiera dei Monti Martani" immergente ad

Ovest con direzione NNO –SSE, il quale sembra essere anche una struttura sismogenetica attiva alla luce delle scosse che si sono verificate ultimamente lungo questo settore.

Come già accennato in precedenza, l'area appartiene alla zona pedemontana situata tra i rilievi montuosi della catena Martana ad Est e la zona di affioramento dei depositi Villafranchiani ad Ovest. Il paesaggio è caratterizzato da forme collinari con altezze comprese tra i 260 e i 360 m s.l.m. , incise da fossi con percorsi brevi e non organizzati, disposti prevalentemente lungo la direzione di massima pendenza con tipico regime torrentizio che confluiscono a valle nel Torrente Naia collettore principale di tutta l'area.

Il lotto in questione presenta una inclinazione verso Nord Nord-Ovest con valori della angolari accettabili mentre mostra una acclività accentuata nel bordo più esterno dei lotti.

La circolazione idrica sotterranea , all'interno dei travertini è possibile per la presenza di una elevata permeabilità primaria ed è influenzata dalle principali direttrici tettoniche distensive. Il sopralluogo effettuato in campagna non ha riscontrato la presenza di pozzi nelle vicinanze del sito. Alla luce delle notizie storiche apprese in zona e considerando che tutta l'area limitrofa è urbanizzata ed appartiene quindi ad un più ampio progetto di lottizzazione , si può ritenere che la profondità della falda non interferisce con le fondazioni degli edifici civili in progetto di costruzione.

Pozzi scavati in lotti limitrofi comunque hanno reso possibile che la falda stessa si trovi a profondità superiori a 50 metri dal p.d.c.

L'area appare stabile e priva di fenomeni franosi in atto o latenti , non si hanno notizie storiche di problemi di instabilità dell'area.

STUDI RELATIVI ALLA MICROZONAZIONE.

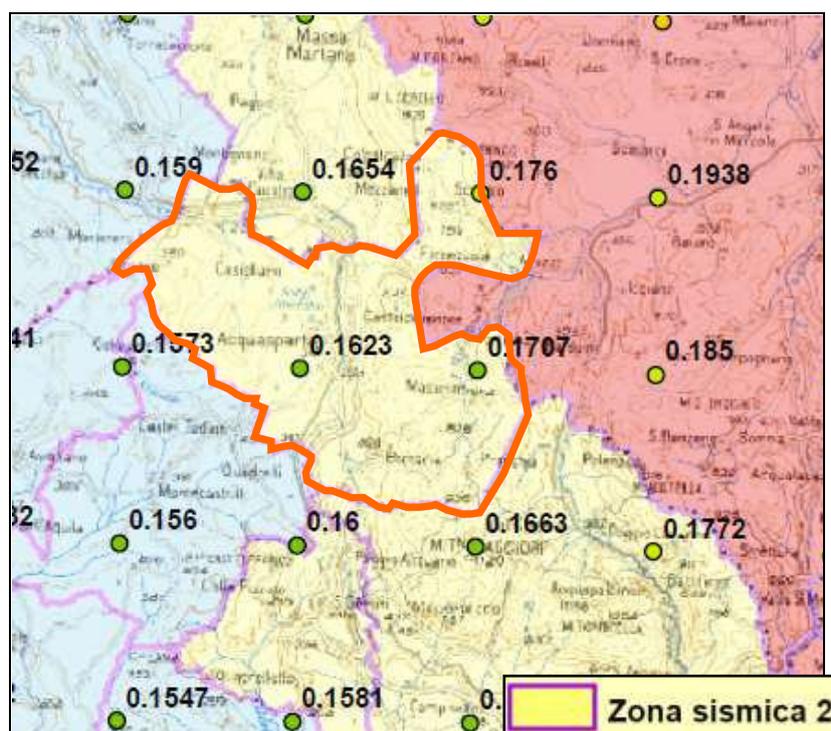
L'area è stata oggetto di studi di Microzonazione sismica da parte della Regione Umbria durante la fase di “ indagini urgenti di microzonazione sismica speditiva” nell'anno 1999.

In fase di redazione del nuovo PRG il Comune di Acquasparta è stato oggetto di studi per nuova Microzonizzazione di 2° livello per l'area oggetto di studio si riassumono i risultati.

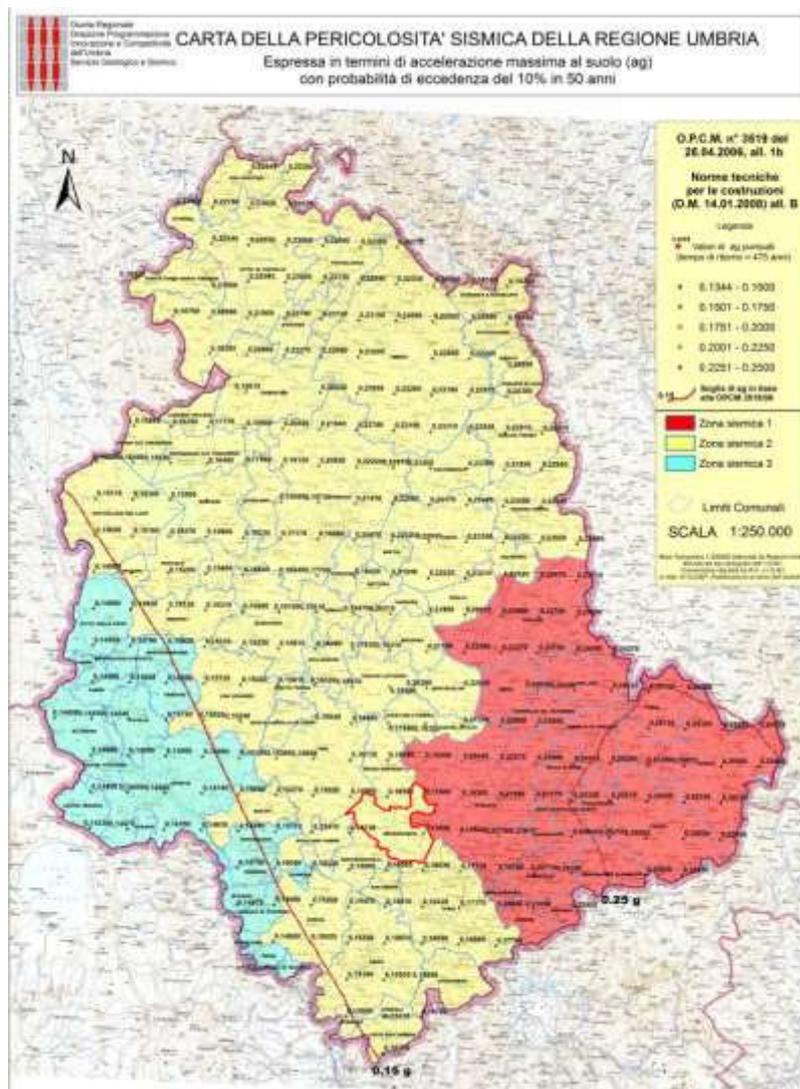
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Al fine di definire la pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento sono state consultate le mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV) e i cataloghi parametrici dei terremoti italiani.

Stando alla classificazione sismica della Regione Umbria (DGR 852/03, O.P.C.M. 3274/03), il Comune di Acquasparta rientra in **zona sismica 2** (possibilità del verificarsi di terremoti abbastanza forti), come mostra l'estratto della carta di pericolosità sismica della Regione Umbria in scala 1:250.000, con un valore medio di **ag** pari a **0,1623** (tempo di ritorno: 475 anni).



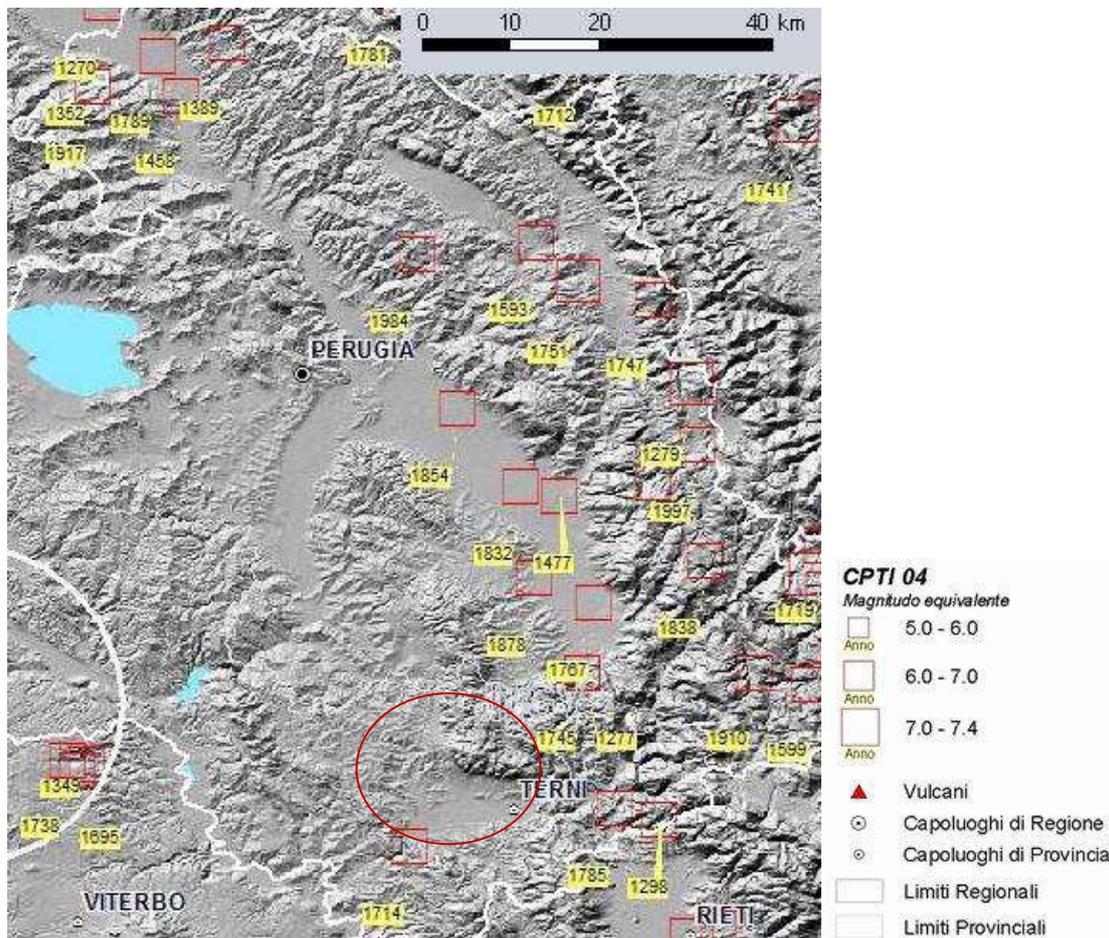
Dai dati relativi alla amplificazione massima al suolo per categorie di sottosuolo A l'area del comune di Acquasparta rientra all'interno della categoria a_{max} compresa tra 0,150 e 0,175.



Sismicità storica

Dall'analisi dei dati disponibili all'interno del Catalogo parametrico dei terremoti Italiani (fonte INGV), sono stati individuati n° 2 eventi sismici nel Comune di Acquasparta.

Di seguito si riportano i record degli eventi sismici:



*Sismicità storica dall'anno 0 all'anno 2002. La dimensione dei quadrati è proporzionale alla magnitudo. Per informazioni più approfondite consultare: *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 CPTI04, Gruppo di Lavoro CPTI, 2004.**

1	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Ax	RtM	Np	Imx	LatM	LonM	TLM	Io	MwM	DMwM	TMwM
20	19	1707	03	24				ACQUASPARTA	Castelli et al., 1996	1	5-6	43,716	10,401	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx
21	20	1960	07	12	14	07	31.00	ACQUASPARTA	Guidoboni et al., 2007	10	10	37,215	14,949	Bx	10	4,83	0,34	Bx

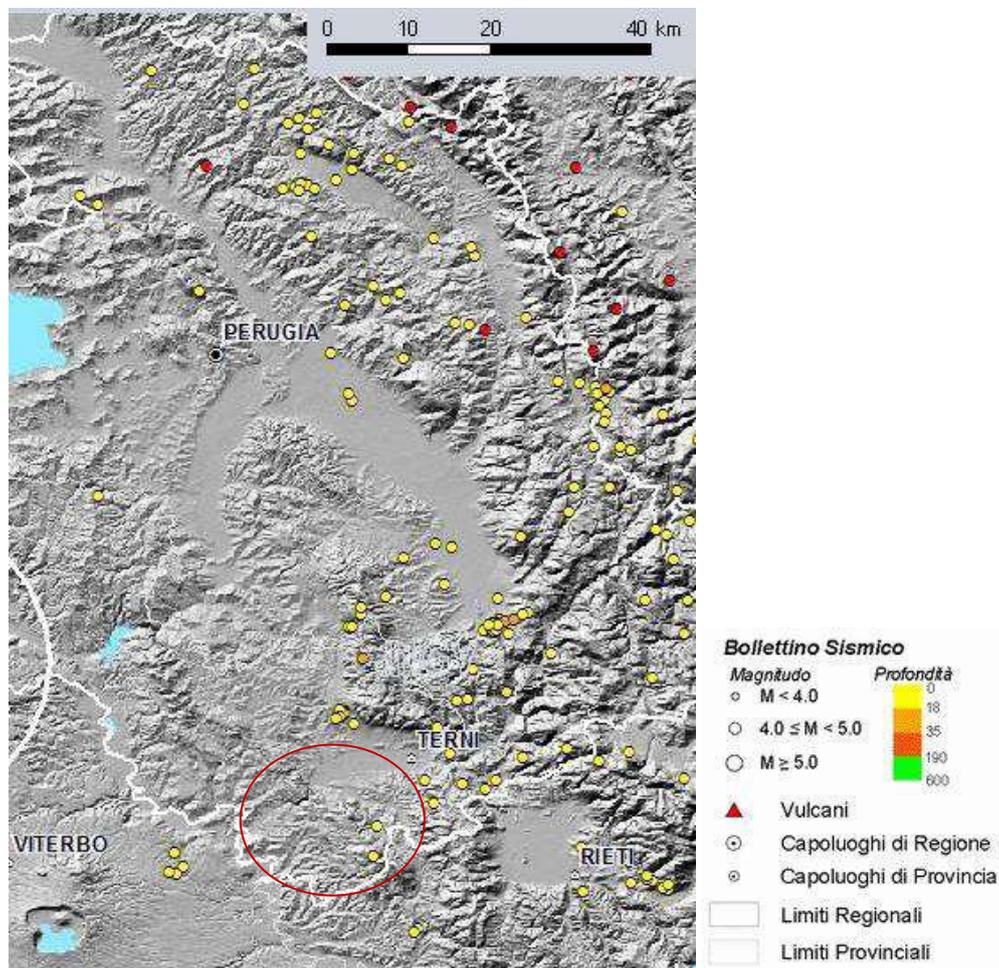
Sezione 2: parametri epicentrali macrosismici e loro provenienza

RtM	Riferimento bibliografico dello studio macrosismico o del catalogo macrosismico	vedi tabella 1																	Rt
Np	Numero di osservazioni macrosismiche	da DBMI10beta																	Np
Imx	Intensità massima	da DBMI10beta																	Imx
LatM	Latitudine epicentrale: determinazione macrosismica																		
LonM	Longitudine epicentrale: determinazione macrosismica																		
TLM	Tipo di localizzazione epicentrale	Bx: determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999) BW: determinata con il metodo BW (Bakun & Wentworth, 1997) CM: adottata dal catalogo macrosismico di origine																	
Io	Intensità epicentrale	determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999), oppure adottata dal catalogo macrosismico di origine																	Io
MwM	Magnitudo momento: determinazione macrosismica																		
DMwM	Errore associato alla stima di MwM	determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999), con il metodo BW (Bakun & Wentworth, 1997), oppure =0.34 se calcolata da Io (0.26 per i terremoti etnei)																	
TMwM	Tipo di magnitudo momento macrosismica	Bx: determinata con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999) BW: determinata con il metodo BW (Bakun & Wentworth, 1997) Io: determinata da Io con la relazione $Mw = 0.423 \cdot Io + 2.182$ oppure $Mw = 0.45 \cdot Io + 1.01$ per i terremoti etnei CM: adottata dal catalogo macrosismico di origine																	

La sismicità recente è collegata alla fase estensionale della porzione centrale dell'Appennino Umbro-Marchigiano e attiva da almeno 3-4 M di anni.

Di seguito si riportano i principali eventi sismici a partire dal 2003 fino alla fine del 2008.

Per quanto riguarda il comune di Acquasparta, la maggior parte dell'attività si concentra in corrispondenza dei Monti Martani interessati da eventi sismici di magnitudo $M < 4$ e con ipocentri compresi tra 0 e 18 metri di profondità. (dati INGV)



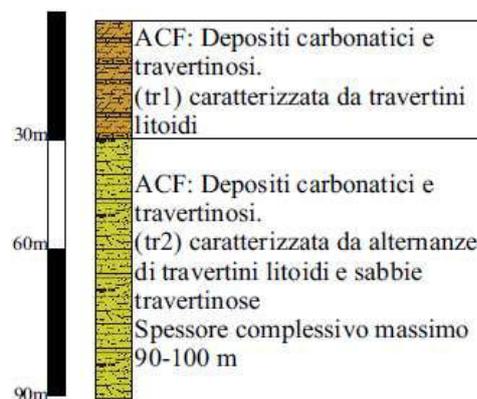
Sismicità dall'inizio del 2003 alla fine del 2008 (Magnitudo maggiore o uguale a 2.5).

8.1.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Livello1)

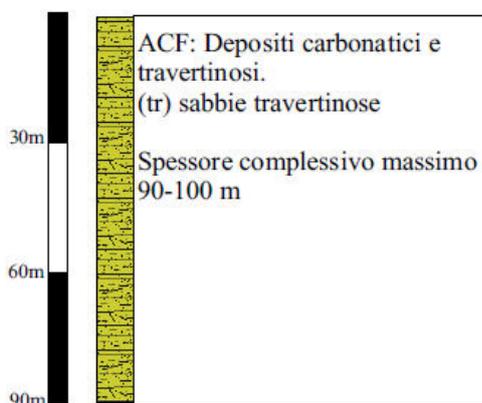
In relazione al livello di urbanizzazione del Comune di Acquasparta, e della posizione dell'area oggetto di microzonazione di 2° livello, è stata identificata un'ampia area sulla quale è stata redatta la carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1) (MOPS).

Sulla base delle metodologie e criteri esposti nel capitolo 7 è stato possibile suddividere il territorio in esame in n° 4 microzone omogenee rientranti nella categoria delle Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione Sismica Locale:

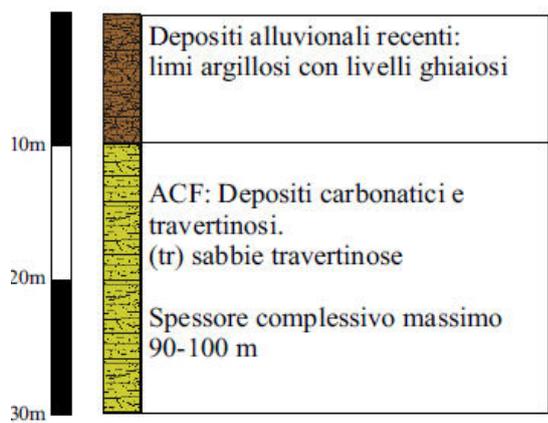
- ZONA 1: è caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari appartenenti all'unità di Acquasparta (ACF). Nell'area affiorano ampiamente i depositi di travertino litoide (Tr1), per uno spessore massimo di circa 30 m sovrastanti al secondo membro (tr2) caratterizzato da alternanze di sabbie travertinose e travertini litoidi, per uno spessore massimo complessivo di circa 90 – 100 metri.



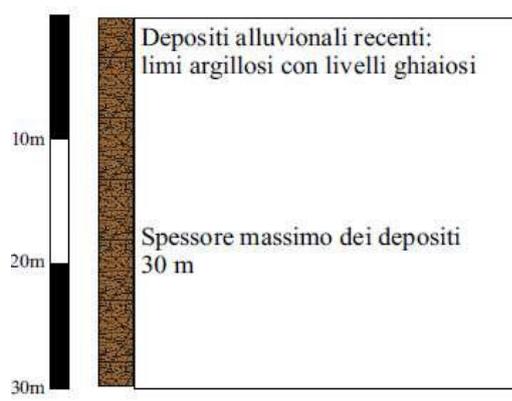
- ZONA 2: è caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari appartenenti all'unità di Acquasparta (ACF). Nell'area affiorano di depositi appartenenti al (tr2), alternanze di sabbie travertinose e travertini litoidi



- ZONA 3: è caratterizzato dalla presenza di una copertura di alluvioni recenti costituite da limi argillosi con livelli ghiaiosi per uno spessore di circa 10 metri, al di sopra dei depositi quaternari dell'unità di Acquasparta.



- ZONA 4: è caratterizzato dalla presenza di una copertura di alluvioni recenti costituite da limi argillosi con livelli ghiaiosi per uno spessore oltre i 30 metri, probabilmente coincidente con la porzione più depocentrale del bacino.



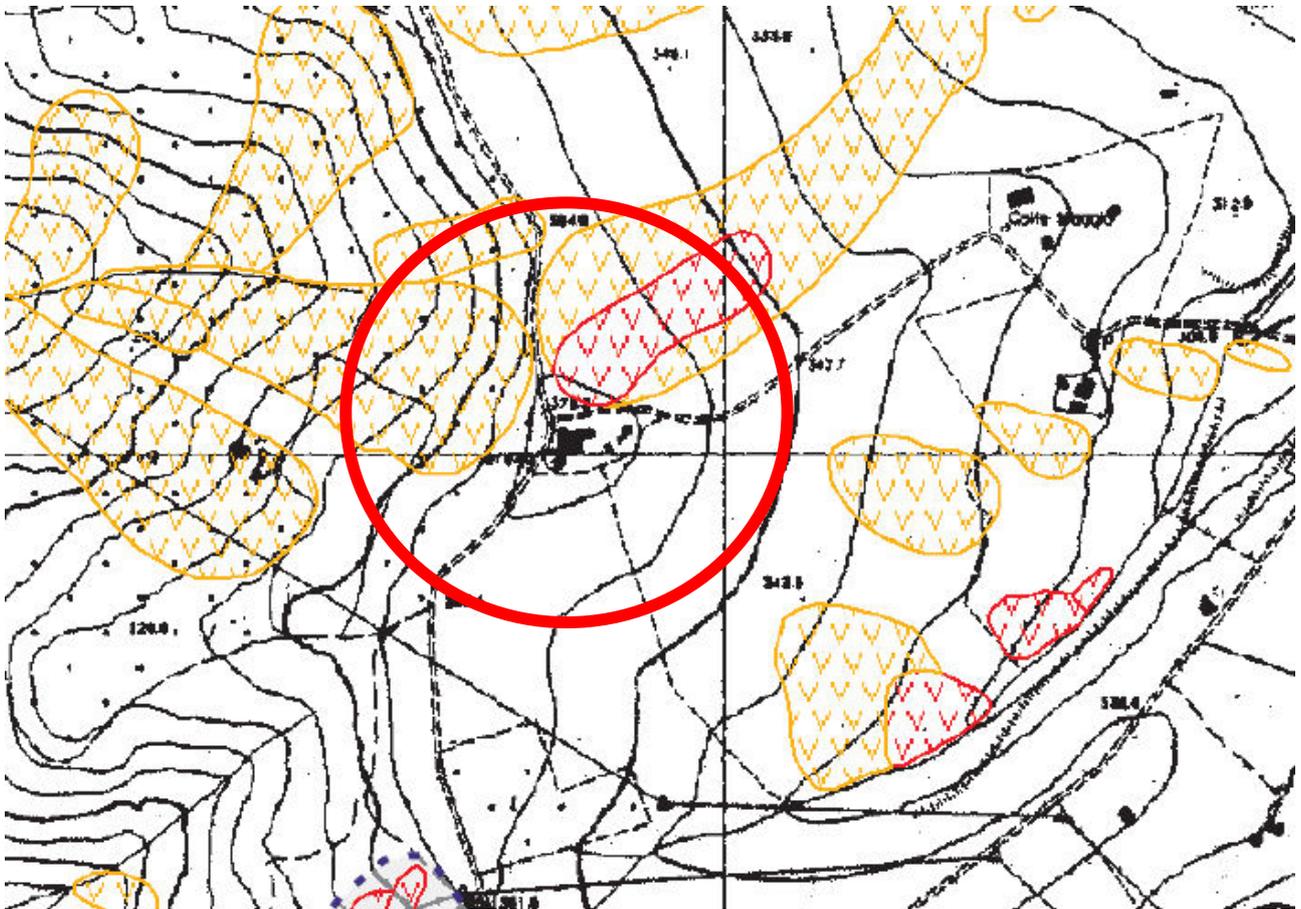
L'area oggetto di studio appartiene alla zona 2

ANALISI CARTOGRAFIE E VINCOLI

Per gli aspetti Idrogeologici l'area non è oggetto di valutazioni dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, anche per l'assenza di corpi idrici significativi nelle vicinanze del sito.

Il PAI bis è entrato in vigore il 13 agosto 2013 (il giorno successivo alla sua pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale n°188 del 12 agosto 2013) ed era stato approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 10 aprile 2013. Dall'esame della cartografia attuale si evince che il sito in oggetto di studio non rientra nelle aree perimetrali a rischio esondazione, né del reticolo principale, né del reticolo secondario.

Da un punto di vista geomorfologico invece occorre trattare argomenti relativi alla franosità storica poiché mentre nell'area ove sorge il complesso edificatorio non sono mai stati segnalati tali eventi, tantomeno sono presenti nella cartografia relativa al Dissesto dell'IFFI, il tratto di strada di collegamento con Casa Maggio in cartografia risulta interessato da un movimento franoso a tal fine sono state effettuate indagini esposte più avanti.



Verifica condizioni di liquefazione

In considerazione delle NTC18 si ha la necessità di verificare se vi siano le condizioni di possibili rischi di liquefazione dei terreni presenti nel sottosuolo. Tali verifiche si possono omettere, perché il rischio non sussiste, qualora siano soddisfatte delle condizioni tra cui l'assenza di una falda idrica con una profondità media entro i 15 metri dal piano come avviene nel sito in esame.

LITOSTRATIGRAFIA

Durante il sopralluogo nell'area in studio anche grazie ai sondaggi effettuati nelle varie fasi del progetto e in fase di lavori è stato constatato che il terreno dove si intende realizzare il progetto, è caratterizzato dalla presenza di una coltre detritico-residuale rossastra di spessore decimetrica, costituita da sabbie limose con presenza di ciottoli travertinosi, a cui è associata la presenza di ossidi di ferro. Immediatamente al di sotto della suddetta copertura è presente un livello di materiale limoso argilloso con modeste brecce calcaree prima di arrivare al substrato alterato dei travertini litoidi e terrosi.

Sintetizzando i dati di campagna, si ha la seguente caratterizzazione litologico-tecnica del terreno osservato:

- - strato da 0.0 a 1.1 m dal p.c. : Terreno vegetale;
- - strato da 1.1 m a 1.4 m dal p.c. : limi travertinosi debolmente argillosi
- - strato oltre 1.40 m dal p.d.c. : Travertini terrosi alternati a travertini litoidi

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO

Ai sensi delle NTC 2018 e successive modifiche, il comune di Acquasparta è classificato come *Zona 2*; mentre il terreno investigato e sede del futuro intervento edilizio rientra nella *Categoria B* della suddetta ordinanza.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

La categoria Topografica è la T1.

IMPIANTO TRATTAMENTO REFLUI

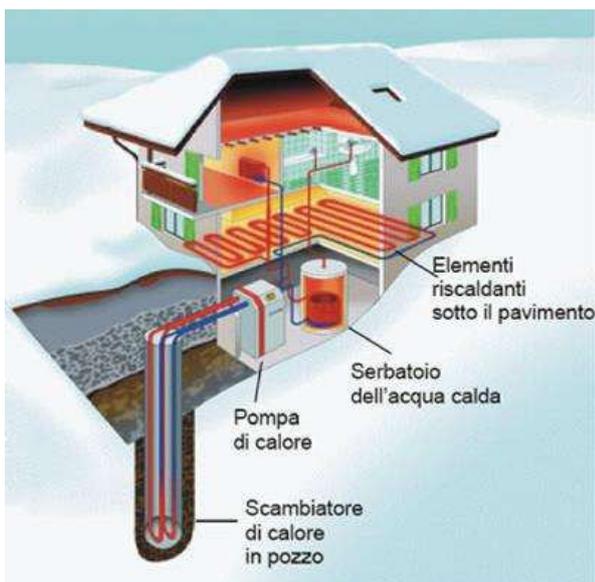
In questa fase di variante è stato predisposto un progetto in variante a quello approvato per il sistema di trattamento reflui domestici per la visione di tale progetto si rimanda alla relazione allegata dedicata a questo argomento.

CAMPO POZZI GEOTERMICI

Ai fini dell'efficiendamento energetico la Committenza ha previsto la possibilità di realizzare un campo pozzi ad uso geotermico per lo sfruttamento del calore naturale dei suoli.

La geotermia è una fonte di energia naturale, pulita e rinnovabile che sfrutta il calore del sottosuolo del pianeta (energia geotermica) per produrre forza vapore ed energia elettrica, oppure riscaldare l'acqua o gli ambienti interni

Quando si scende nelle profondità del sottosuolo, la temperatura della terra cresce in media di $+3^{\circ}\text{C}$ ogni 100 metri



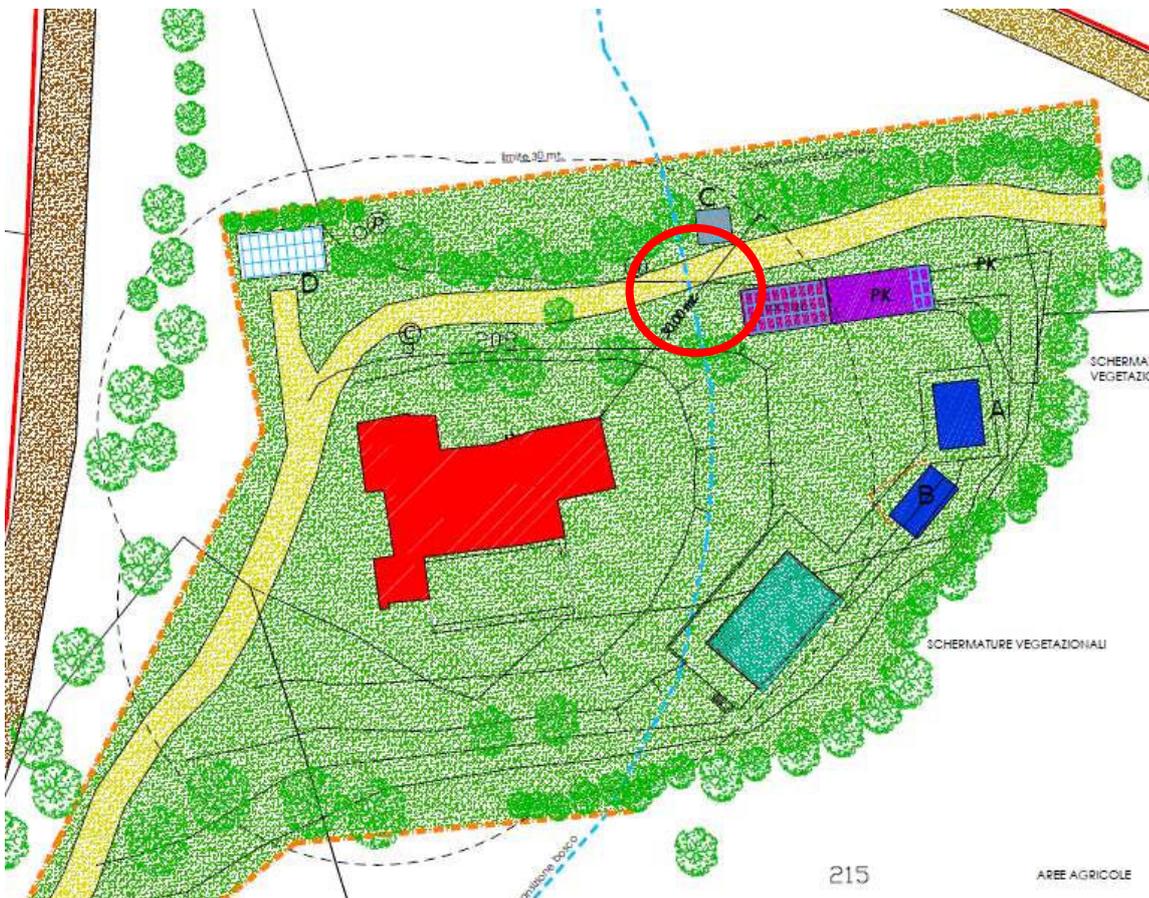
Un **impianto geotermico a bassa entalpia** utilizza delle sonde geotermiche profonde, poste nel sottosuolo delle abitazioni attraverso delle carotatrici, al fine di scambiare energia con il terreno in modo continuo e naturale. In particolare, dal punto di vista teorico, il calore della terra aumenta con la profondità ed è sempre costante in ogni periodo dell'anno, ad esempio a circa 500 metri di sottosuolo, la temperatura raggiunge circa i 25°C sia d'estate e sia di inverno. Generalmente per le sonde verticali viene scelta un posizionamento ad **una profondità di circa 100 metri nel sottosuolo** e ad esse vengono collegate una pompa di calore e poi un sistema idraulico per scambiare il calore con l'utenza finale (caldo o fresco a seconda della stagione).

L'impianto geotermico a bassa entalpia si compone dei seguenti elementi base:

- **le tubazioni di scambio del calore con il terreno:** consistono in un insieme di tubazioni in polietilene ad alta densità (HDPE), collegate in parallelo, nelle quali circola in fluido termovettore e che rappresentano le batterie di scambio del calore; tale geoscambiatore valorizza l'energia termica presente nel

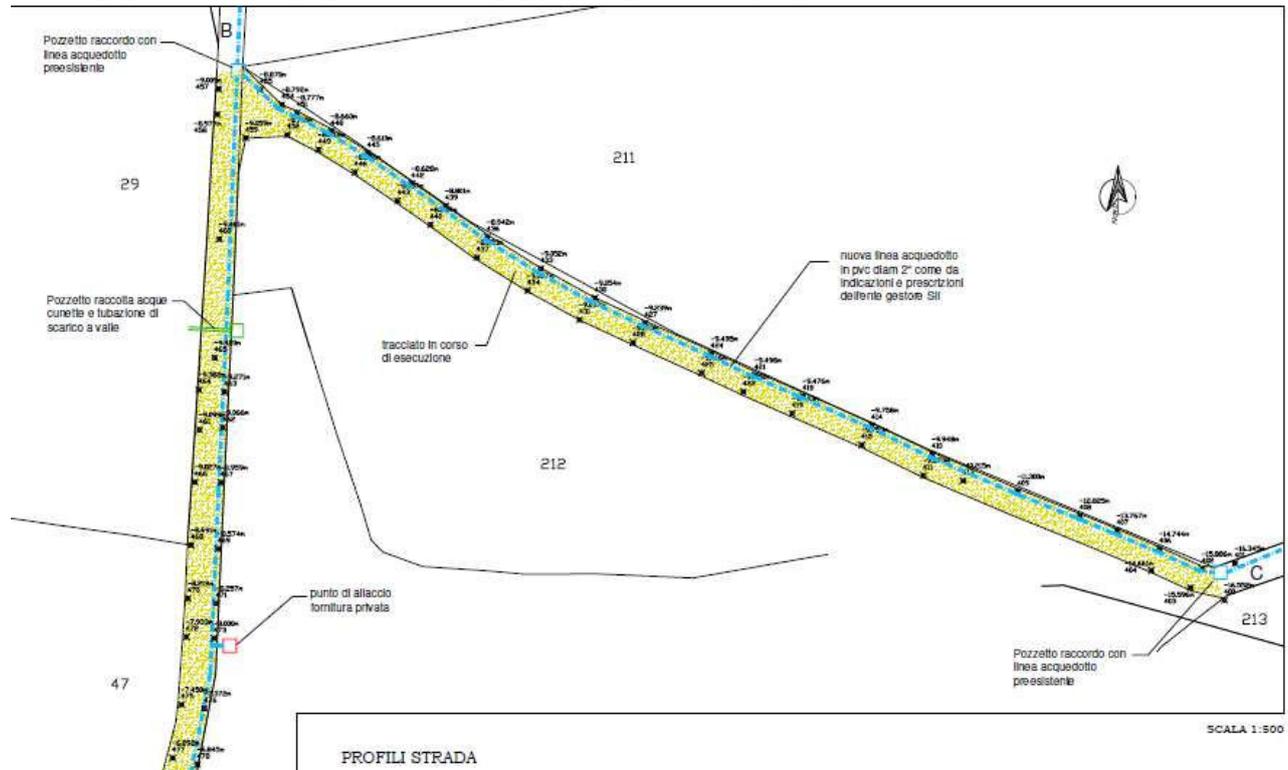
sottosuolo ed anche nelle eventuali falde acquifere intersecanti. In particolare, tali tubazioni possono essere disposte verticalmente nel terreno a grandi profondità, a circa 100 metri (in tale evenienza si parlerà di "sonde geotermiche verticali"). Dal punto di vista costruttivo, al fine di avere un controllo puntuale su ogni singola sonda, in termini di portata e pressione, tutte le tubazioni sono solitamente collegate in parallelo tramite due collettori geotermici (uno per in flusso in mandata ed uno per il flusso di ritorno) muniti di valvola di intercettazione e valvola di bilanciamento della portata, per ogni singola sonda.

Il progetto nel caso specifico prevede la realizzazione di 6 pozzi profondi 100 metri che non andranno a utilizzare l'acqua di falda per lo scambio termico poiché al fine di migliorare le prestazioni dell'impianto all'interno del sistema verrà utilizzato un fluido viscoso non inquinante che non entrerà mai in contatto con terreni o falda essendo il circuito chiuso.



○ Area campo pozzi geotermici

ADEGUAMENTO STRADA COLLEGAMENTO



Per quanto riguarda la Strada realizzata per il collegamento con la località Casa maggio in questa variante vengono presi in considerazione gli aspetti geomorfologici legati alla presenza nel catalogo IFFI di movimenti franosi quiescenti e una porzione di terreno in frana attiva.

A tal fine per verificare la presenza di tali movimenti sono state realizzate delle indagini in siti e è stato effettuato un monitoraggio dell'asse stradale al fine di evidenziare movimenti o collassi della strada stessa.

Sono state altresì visionate le foto aeree degli ultimi 20 anni per verificare la presenza di evidenze morfologiche in atto o dissesti con particolare ripercussioni sul suolo.

La Masw realizzata non denota sostanziali cambiamenti della velocità delle onde sismiche tali da evidenziare superfici di scollamento o scivolamento così come la prova penetrometrica che ha evidenziato una omogeneità della stratigrafia del sito in linea con quanto presente in zona.

L'area tra l'altro anche geomorfologicamente non presenta salti di quota di rilievo e il versante degrada verso Nord Est dolcemente.



Si possono notare piccoli avvallamenti nel terreno ma sicuramente legati ad fenomeni di creeping superficiale dato dalla mancata regimazione delle acque superficiali. Nelle foto aeree si possono notare anche due alberi di Quercia che mantengono una lineazione nel tempo cosa che non sarebbe possibile qualora l'area fosse interessata da un movimento attivo.



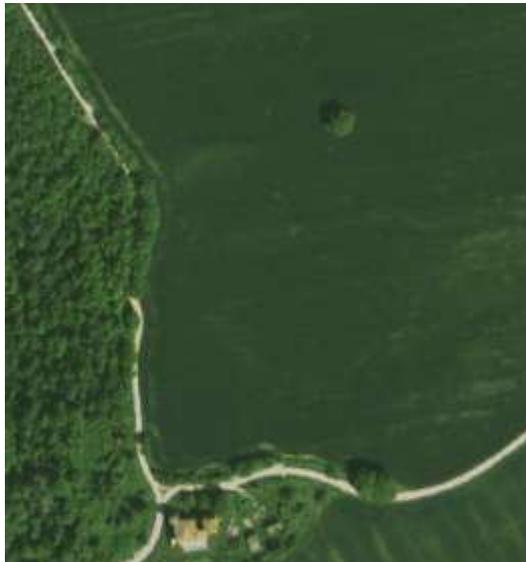
2018



2014



2011



2008



2005



2000



1997

Quindi considerato che dal 2018 a tutto il 2020 durante i sopralluoghi di verifica della tenuta del tracciato stradale non sono emersi indizi atti a evidenziare la presenza di un fenomeno attivo in atto , si può considerare l'area attualmente stabile.

Rimane necessario però attuare tutte le azione per garantire una corretta regimazione delle acque a monte e a valle della strada con realizzazione di solchi di guardia e canali di scolo in virtù anche delle improvvise bombe d'acqua generatesi negli ultimi anni.

Le opere di regimazione delle acque sono necessarie anche nella porzione di strada che collega a Casa Maggio esterna all'intervento in oggetto ma comune interessata dalle opere necessarie alla gestione delle acque.

CONCLUSIONI

Dalle osservazioni compiute sul posto si può dedurre che dal punto di vista geologico geomorfologico non esistono impedimenti fisici alla fattibilità dell'opera in quanto data la posizione topografica e la composizione del substrato, il sito non è interessato da episodi franosi in evoluzione o da fenomeni erosivi particolarmente intensi.

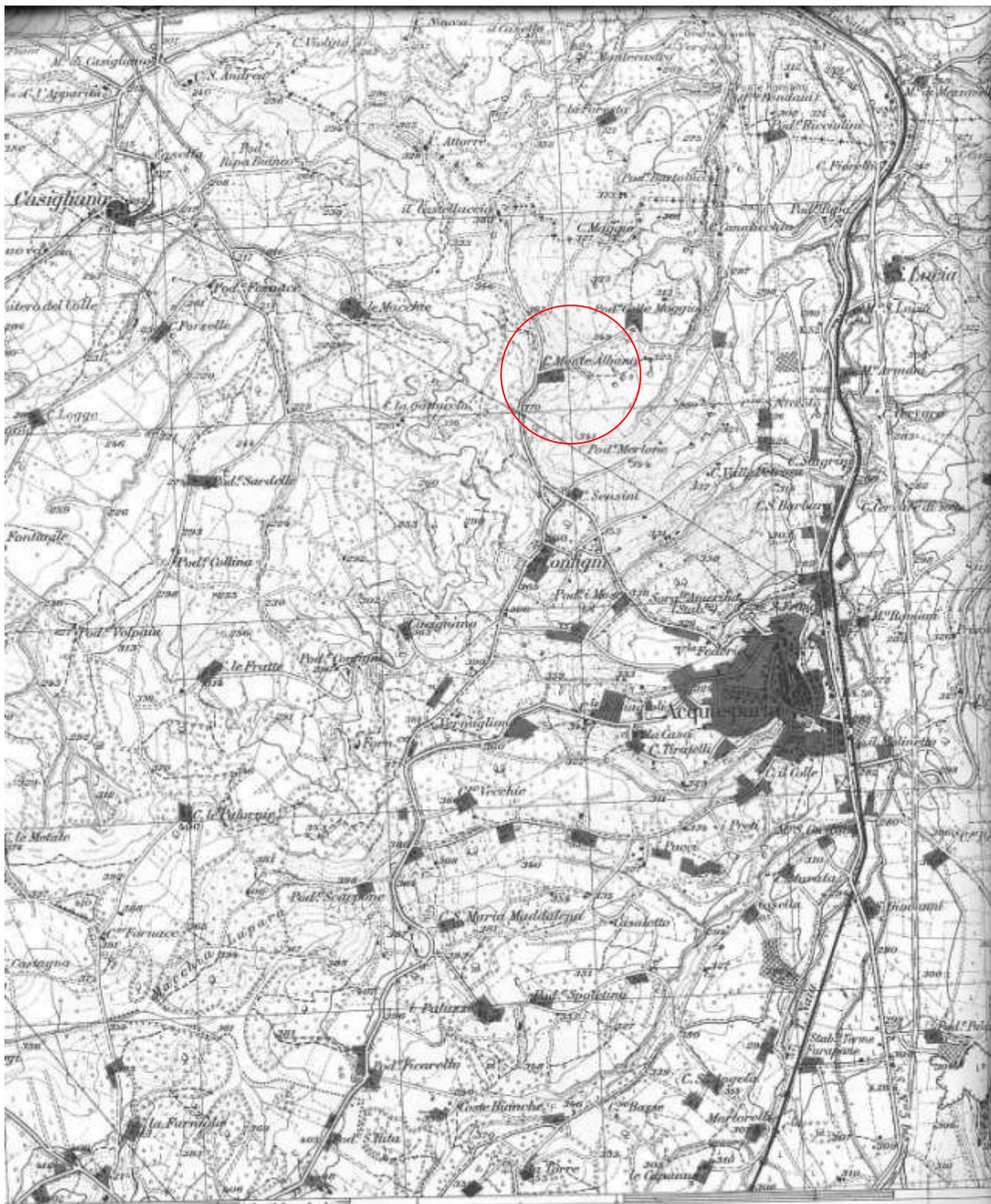
Vista la posizione topografica del lotto in esame e l'approfondimento del fiume Naia e dei fossi limitrofi sono da escludersi fenomeni di esondazione dello stesso .

Si tenga presente che la tipologia , l'ampiezza delle indagini e le relative considerazioni sono strettamente subordinate al tipo e alle dimensioni della lottizzazione in progetto , e pertanto non devono essere generalizzate per interventi di altra natura.

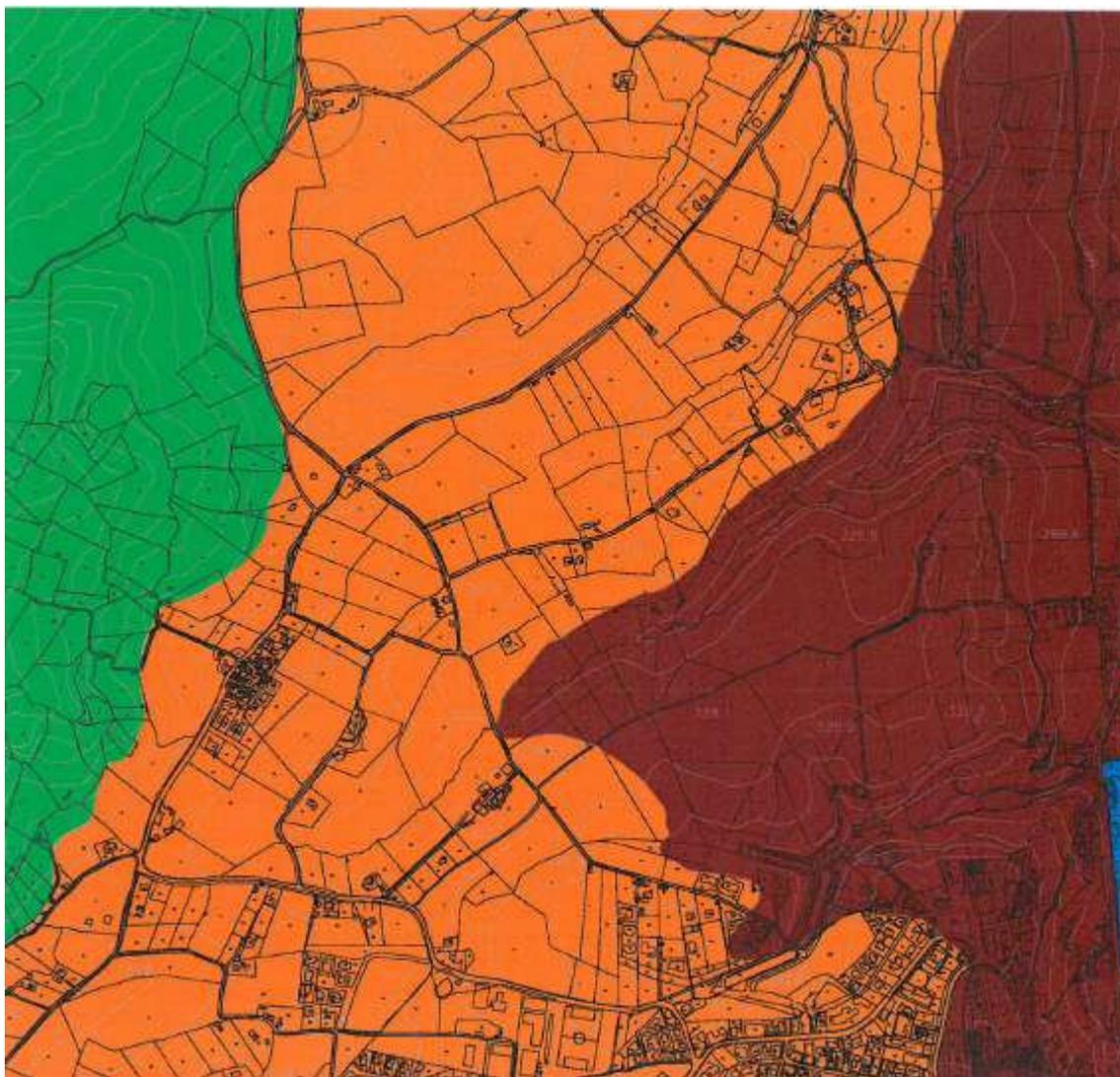
Acquasparta Gennaio 2021

Dott. Geologo Stefano LITI

Area in studio Carta Tecnica Regionale Quadrante 131 III
Scala 1:25.000



Carta Geologica

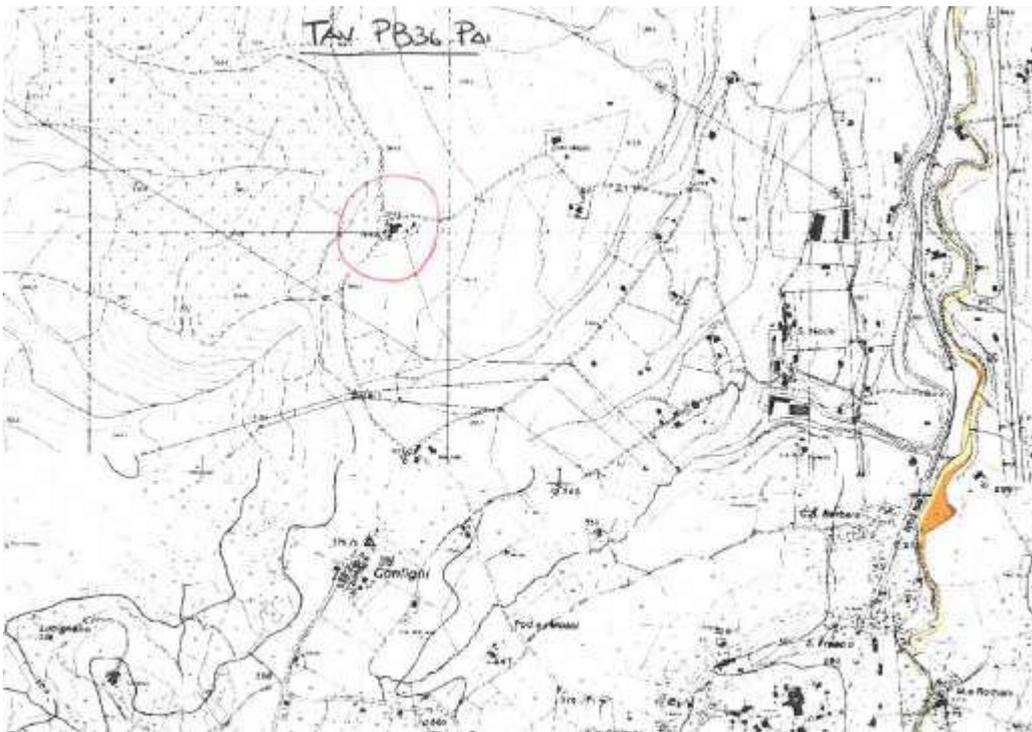


LEGENDA

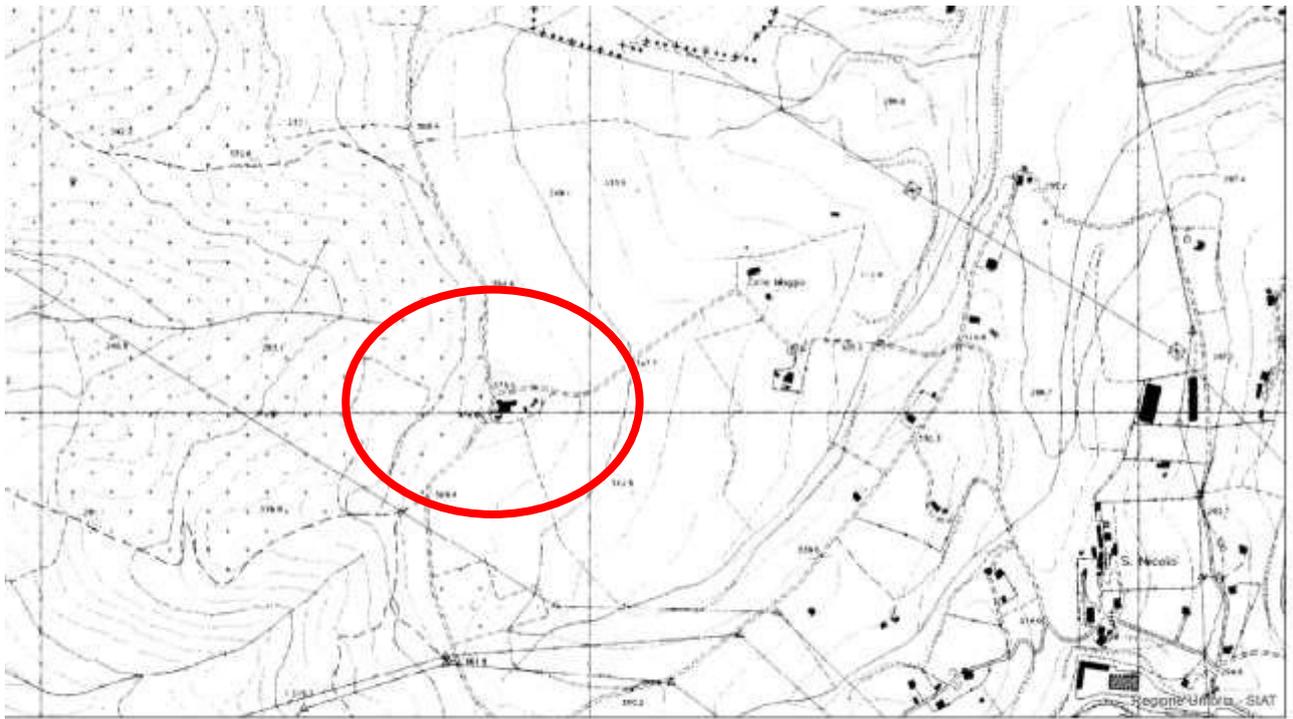
	<p>Faglie Faglie dirette e loro probabile prosecuzione le frecce indicano la parte ribassata</p>
	<p>Depositi Alluvionali in rapporto alla morfologia e la dinamica attuale con limi , limi argillosi prevalenti. (Pleistocene Olocene)</p>
	<p>Coltre Eluvio Colluviale Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato accumulati in posto (eluvium) o sedimentati sul versante per trasporto di massa e/o ruscellamento diffuso (Colluvium) .(Pleistocene - Olocene).</p>
	<p>Terre Rosse in depressioni Carsiche Depositi residuali a matrice limoso argillosa derivanti da dissoluzione di terreni carbonatici. (Pleistocene - Olocene)</p>
	<p>Depositi di Falda Depositi essenzialmente gravitativi a granulometria variabile da ben classificati a fortemente eterometrici con clasti a spigoli vivi. Depositi in rapporto con la morfologia attuale (Olocene)</p>
	<p>Vulcaniti le Piroclastici di Acquasparta formano un plateau piroclastico che si allunga a partire da Massa Martana (Nord di Acquasparta), per circa 10 Km , Pleistocene inferiore Lo spessore di detti materiali è variabile dai 10 ai 25 metri in località Colle Pulcino lo spessore misurato è di circa 20 metri.</p>
	<p>Unità Di Acquasparta Depositi Carbonatici e Travertinosi, questa unità si presenta nelle porzioni marginali del Bacino Tiberino è possibile suddividerla in due Facies Depositi calcarei non cementati (Sabbie e limi calcarei Sabbie Trvertinose s.l. , e Depositi calcarei cementati (Travertino s.l.) Lo spessore della formazione è di almeno 80-100 metri. (Pleistocene Inf.)</p>
	<p>Unità S. Maria di Ciciliano Argille e Argille Limose con intercalati livelli tabulari sabbiosi e localmente ghiaiosi e ligniti. Ambiente di sedimentazione di piana alluvionale (Pleistocene inf.)</p>



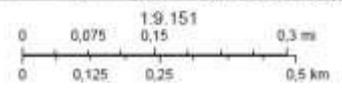
IFFI



PAI



21





REPORT INDAGINE SISMICA (MASW)

UBICAZIONE: Comune di Acquasparta (TR)

COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Liti

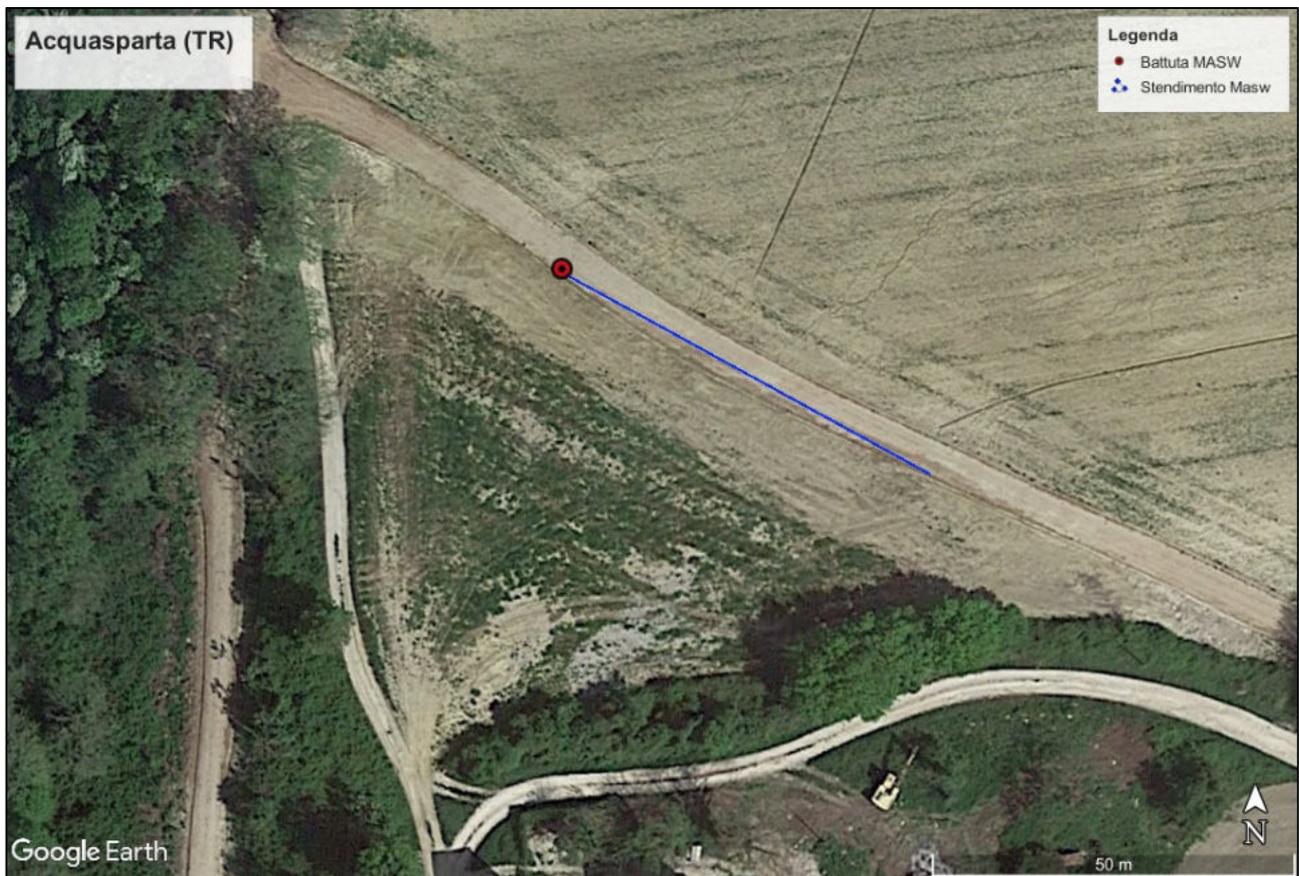


Fig.1a: localizzazione indagini geofisiche

Il Tecnico

Dott. Geol. Jacopo Pietrangeli



INDICE

1. PREMESSA

2. INDAGINE MASW: METODOLOGIA ED ACQUISIZIONE

2.1 MASW1 Array dei geofoni

2.1.1 Elaborazione Masw1

3. MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO

- MASW1

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

1. PREMESSA

In data 20-09-2018, su incarico del Dott. Geol. Stefano Liti è stata eseguita un'indagine geofisica, nel Comune di Acquasparta (TR).

In riferimento all'incarico è stata eseguita la seguente prospezione geofisica:

➤ **N.1 Masw** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

L'ubicazione di tale indagine è stata valutata in modo da posizionarla il più vicino possibile all'opera in progetto e viene riportata in Fig.1a.

Coordinate GPS:

42.704958° N, 12.531688° E

Altitudine: 367 m s.l.m.

2. INDAGINE MASW: METODOLOGIA ED ACQUISIZIONE

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio VS, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, *J.D.*, 1999, Aki, *K.* And Richards, *P.G.*, 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo, in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo e misurate da uno stendimento lineare di sensori.

Tale indagine mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale e identifica la curva di dispersione sperimentale. Questa curva deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente modificato in base alle differenze riscontrate, fino ad ottenerne uno a cui è associata una curva di dispersione approssimativamente coincidente con quella sperimentale. L'elaborazione dell'indagine è eseguita attraverso una "modellazione diretta" dello spettro delle velocità.

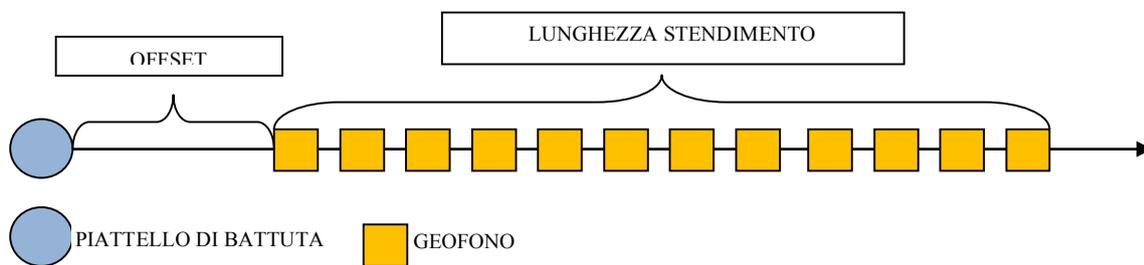
I vantaggi della tecnica MASW possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;

Si è utilizzata una strumentazione costituita da un sismografo digitale PASI GEA 24, 12 geofoni PASI a bassa frequenza (4.5 Hz), una mazza di 8 Kg ed una piastra in alluminio.

L'acquisizione è stata eseguita posizionando i 12 geofoni, secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

- lunghezza stendimento ricevitori: 46.0 m (MASW 1)
- distanza intergeofonica: 4.0 m (MASW 1)
- n. punti di energizzazione: 3
- offset sorgenti: 3.0 m, 5.0 m e 10.0 m
- durata acquisizione: ms e 2000ms
- intervallo di campionamento: 1.0 ms



L'elaborazione della prova MASW è stata effettuata con un software dedicato WinMASW 3C 7.2 che consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della V_s (velocità delle onde di taglio).

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

- Creazione dello spettro FK;
- Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- Profilo di velocità delle onde S.

2.1 MASW 1 Array dei geofoni

In relazione all'andamento plano-altimetrico ed allo spazio disponibile per effettuare l'indagine, si è scelto un array costituito da 12 geofoni a spaziatura regolare di 4.0 m.

Sono state eseguite più acquisizioni con differenti offset di battuta, a m 10, 5, 3. L'offset di battuta che ha fornito dati qualitativamente migliori è di m 3.

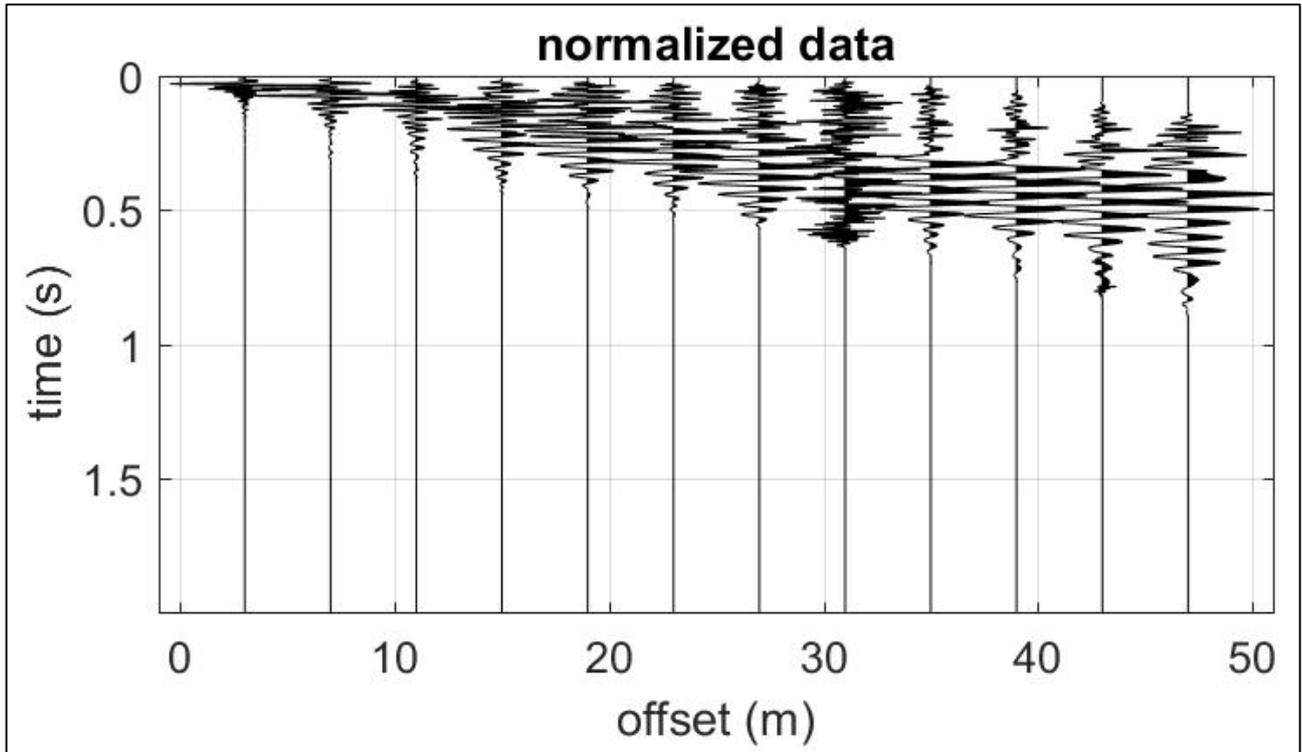


Fig.1 Common-shot gather acquisito in campagna



Fig.2 Stendimento Masw 1

2.1.1 Elaborazione Masw1

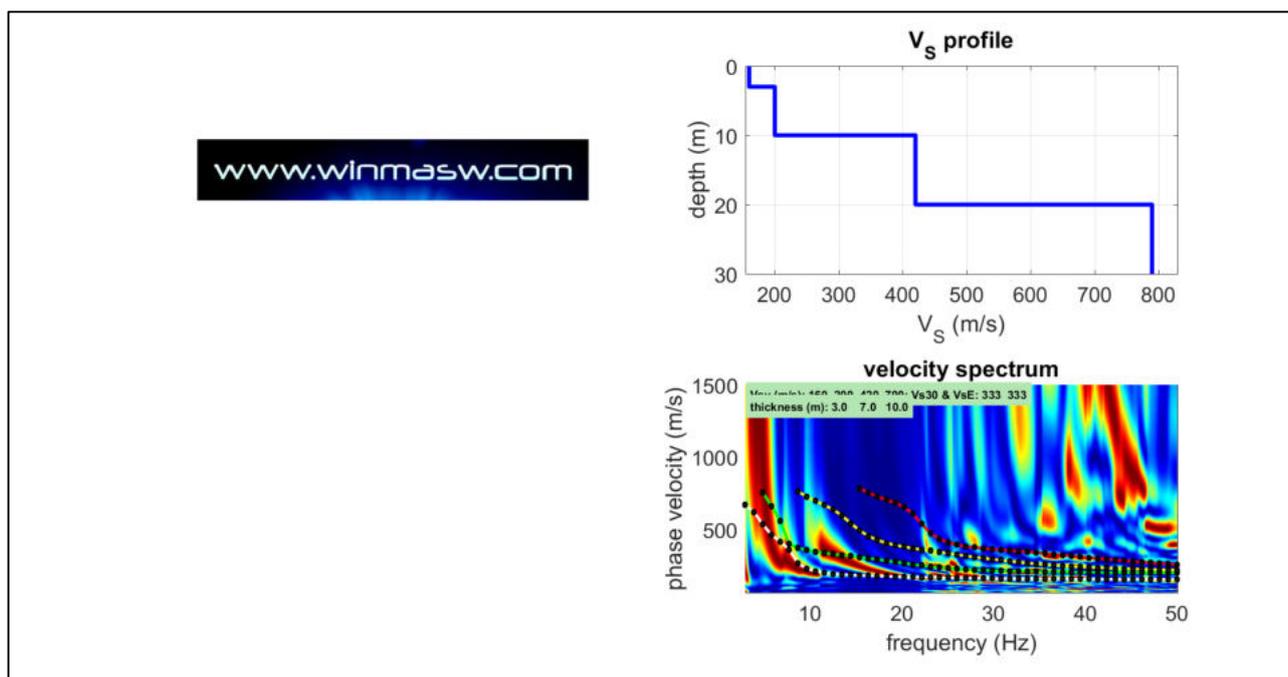


Fig. 3 Sismogrammi e modellazione

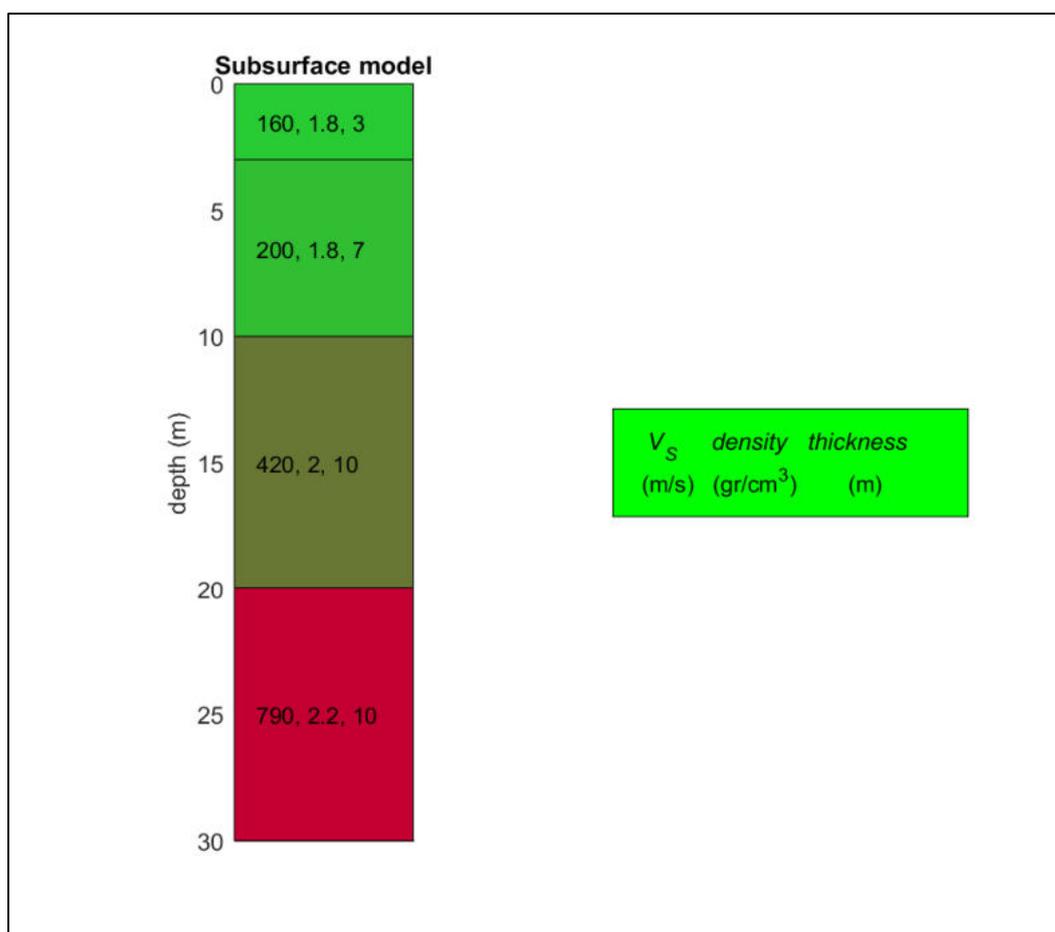


Fig. 4 Colonnina sismostratigrafica

3. MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO

- MASW1

La curva che meglio approssima i dati sperimentali deriva da un profilo verticale delle onde S costituito da 4 sismostrati dalle seguenti caratteristiche (Tab.1):

Tabella 1

Subsurface Model		
Strato n	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	3.0	160
2	7.0	200
3	10.0	420
4	10.0	790
Vseq= 333 m/s		

Di seguito si fornisce una stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici in base al profilo di velocità del **Subsurface Model** (Tabella 2):

Tabella 2

strato n.	Vp (m/s)	Densità (g/cm ³)	Modulo di Taglio (MPa)
1	392	1.83	47
2	416	1.84	74
3	847	2.02	357
4	1645	2.17	1357

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico del Dott. Geol. Stefano Liti è stata eseguita in data 20-09-2018, un'indagine geofisica consistita in una analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW.

L'indagine MASW, scaturita da un'analisi comparativa su tutte le soluzioni disponibili, ha permesso di calcolare la velocità delle onde di taglio, compresa nei primi 30 metri di profondità, pari a:

$$(V_{s_{eq}}) = (V_{s_{30}}) = 333 \text{ m/sec}$$

Il valore di $V_{s_{30}}$ è stato calcolato, considerando come superficie l'attuale piano campagna, non conoscendo la profondità esatta del piano di posa delle fondazioni; che per quelle superficiali, è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla loro testa.

Tenendo conto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC - D.M. 17 gennaio 2018 s.m.i. è possibile attribuire ai depositi che costituiscono il sedime dell'opera in progetto la seguente categoria di sottosuolo:

C - 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.

Guardea, settembre 2018



REPORT PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE (DPSH)

UBICAZIONE: Acquasparta (TR)

COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Liti per Sig. Duranti



Fig.1: localizzazione prove penetrometriche super pesanti DPSH

Responsabile ed esecutore
Dott. Geol. Jacopo Pietrangeli

Premessa

In data 20-09-2018, su incarico del Dott. Geol. Stefano Liti per conto del Sig. Duranti è stata eseguita un'indagine geotecnica nel Comune di Acquasparta (TR).

In riferimento all'incarico è stata eseguita la seguente indagine geotecnica:

➤ **N.1 DPSH (Prova penetrometrica superpesante)**

L'ubicazione di tali indagini è stata valutata in modo da posizionarle il più vicino possibile all'opera in progetto e viene riportata in Fig.1.

Coordinate GPS:

42.704958° N, 12.531688° E

Altitudine: 367 m s.l.m.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73kg
Altezza di caduta libera	0,75m
Peso sistema di battuta	0,6kg
Diametro punta conica	51,00mm
Area di base punta	20,43cm ²
Lunghezza delle aste	1m
Peso aste a metro	5,5kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40m
Avanzamento punta	0,20m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,762
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

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

Correlazione con Nspt

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

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

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 Rpd

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di $(N_1)_{60}$

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

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

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

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 immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

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

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

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 Vs (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K₀)

- 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

Coazione 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 Coazione 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/cm²) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con N_c = 20 e Q_c/N_{spt} = 2.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coazione non drenata C_u (Kg/cm²), 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 (M₀)

- 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 -M₀ (E_{ed}) (Kg/cm²)-, 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.

Elaborazione DPSH

Stima Parametri Geotecnici Prova n.1:

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	42,27	49,46	2,11	2,47
0,40	3	0,851	31,56	37,10	1,58	1,85
0,60	8	0,847	78,35	92,50	3,92	4,62
0,80	10	0,843	97,51	115,62	4,88	5,78
1,00	9	0,840	87,38	104,06	4,37	5,20
1,20	10	0,836	96,69	115,62	4,83	5,78
1,40	9	0,833	86,67	104,06	4,33	5,20
1,60	24	0,730	190,09	260,55	9,50	13,03
1,80	35	0,676	256,99	379,97	12,85	19,00

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	5	59,69	Incoerente	0	1,3	1,86	0,04	1,76	8,81	Terreno rimaneggiato
1,4	9,5	109,84	Incoerente - coesivo	0	1,39	1,83	0,13	1,76	16,74	Limi sabbiosi
1,8	29,5	320,26	Incoerente	0	1,3	1,86	0,22	1,76	51,98	Travertini

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	1,13	2,09	1,00	0,66	1,65	3,30	1,44	1,78	0,84	2,85	2,09

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	Robertson (1983)	33,48

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	76,80	--	172,53	167,40

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	172,11	167,40

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	Meyerhof	2,08

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	Meyerhof	2,29

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40		0

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	37,73	72,51	100	30,3
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	50,13	94,11	100	46,07
[3] - Travertini	51,98	1,80	79,08	100	100	82,06

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] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	29,52	22,52	30,47	35,57	33,21	0	<30	26,5	29,64	37,85	28,27
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	31,78	24,78	32,69	33,94	36,05	41,18	30-32	30,85	32,02	43,09	33,3
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	41,85	34,85	42,55	34,74	42,57	42	>38	42,92	42,59	52,67	47,24

Modulo di Young (Kg/cm²)

	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] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	---	70,48	104,66	---	---
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	292,04	133,92	198,23	305,55	158,70
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	514,62	415,84	614,06	569,85	334,90

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	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] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	---	45,56	62,55	77,29
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	100,44	61,85	118,85	112,66
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	311,88	134,23	369,06	269,83

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	Terzaghi-Peck 1948	1,46
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	Terzaghi-Peck 1948	1,56
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	Terzaghi-Peck 1948	1,86

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	Terzaghi-Peck 1948	1,91
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	Terzaghi-Peck 1948	1,97
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	Terzaghi-Peck 1948	2,16

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	(A.G.I.)	0,34
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	(A.G.I.)	0,32
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	(A.G.I.)	0,25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	502,56	472,38
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	918,85	699,24
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	2665,63	1397,29

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	Ohta & Goto (1978) Limi	79,01
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	Ohta & Goto (1978) Limi	111,39
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	Ohta & Goto (1978) Limi	148,37

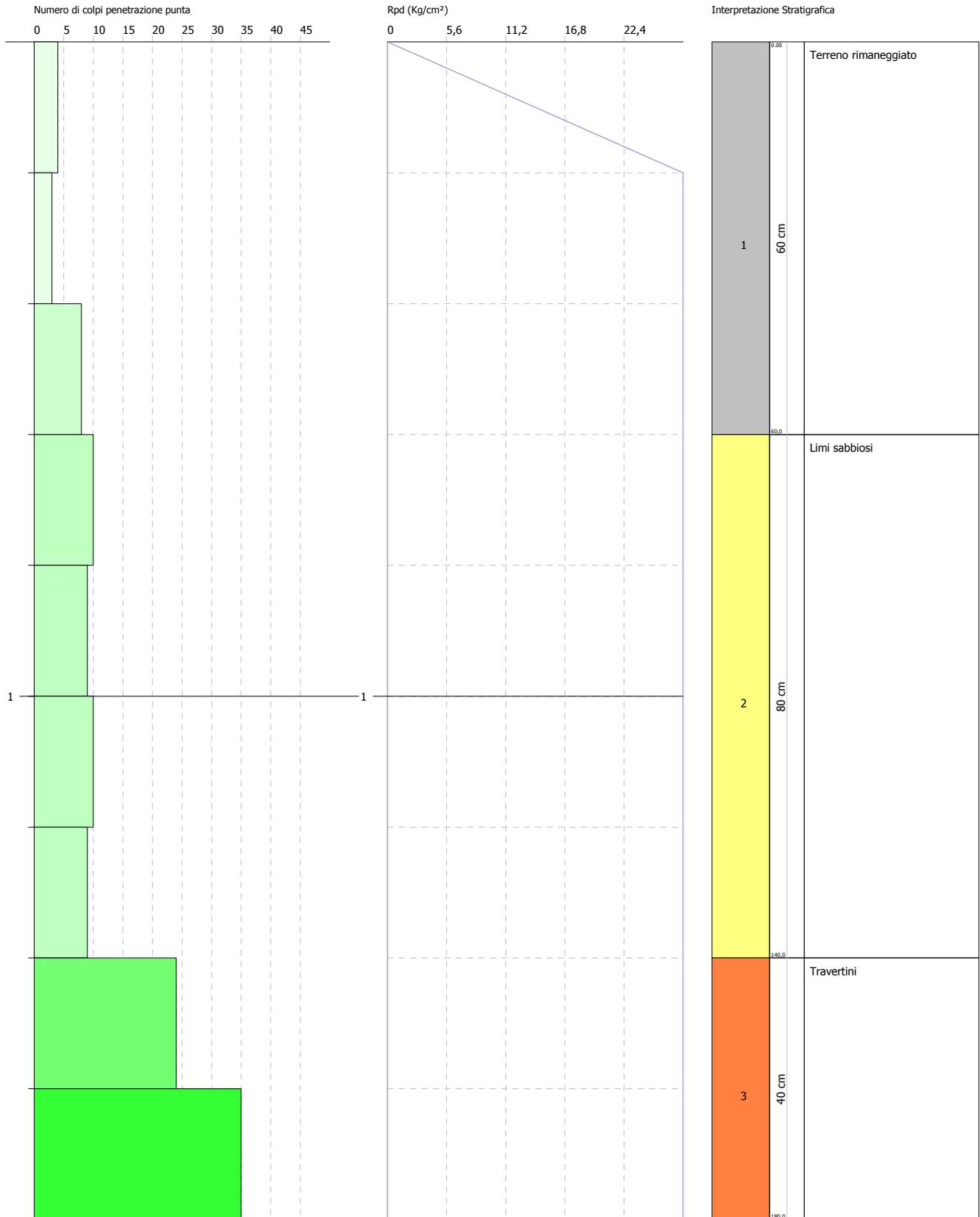
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL

Committente: Dott. Geol. Stefano Liti per Sig. Duranti
Descrizione:
Località: Acquasparta (TR)

Data: 20/09/2018

Scala 1:9



Documentazione fotografica

Dpsh n.1:





REPORT PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE (DPSH)

UBICAZIONE: Acquasparta (TR)

COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Liti per Sig. Duranti



Fig.1: localizzazione prove penetrometriche super pesanti DPSH

Responsabile ed esecutore
Dott. Geol. Jacopo Pietrangeli

Premessa

In data 20-09-2018, su incarico del Dott. Geol. Stefano Liti per conto del Sig. Duranti è stata eseguita un'indagine geotecnica nel Comune di Acquasparta (TR).

In riferimento all'incarico è stata eseguita la seguente indagine geotecnica:

➤ **N.1 DPSH (Prova penetrometrica superpesante)**

L'ubicazione di tali indagini è stata valutata in modo da posizionarle il più vicino possibile all'opera in progetto e viene riportata in Fig.1.

Coordinate GPS:

42.704958° N, 12.531688° E

Altitudine: 367 m s.l.m.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73kg
Altezza di caduta libera	0,75m
Peso sistema di battuta	0,6kg
Diametro punta conica	51,00mm
Area di base punta	20,43cm ²
Lunghezza delle aste	1m
Peso aste a metro	5,5kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40m
Avanzamento punta	0,20m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,762
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

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

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:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

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 Rpd

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di $(N_1)_{60}$

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

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

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

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 immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

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 NATIONAL 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

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

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 Vs (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_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

Coazione 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 Coazione 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). Coazione 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_0)

- 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_0 (E_{ed}) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- 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.

Elaborazione DPSH

Stima Parametri Geotecnici Prova n.1:

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	42,27	49,46	2,11	2,47
0,40	3	0,851	31,56	37,10	1,58	1,85
0,60	8	0,847	78,35	92,50	3,92	4,62
0,80	10	0,843	97,51	115,62	4,88	5,78
1,00	9	0,840	87,38	104,06	4,37	5,20
1,20	10	0,836	96,69	115,62	4,83	5,78
1,40	9	0,833	86,67	104,06	4,33	5,20
1,60	24	0,730	190,09	260,55	9,50	13,03
1,80	35	0,676	256,99	379,97	12,85	19,00

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	5	59,69	Incoerente	0	1,3	1,86	0,04	1,76	8,81	Terreno rimaneggiato
1,4	9,5	109,84	Incoerente - coesivo	0	1,39	1,83	0,13	1,76	16,74	Limi sabbiosi
1,8	29,5	320,26	Incoerente	0	1,3	1,86	0,22	1,76	51,98	Travertini

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	1,13	2,09	1,00	0,66	1,65	3,30	1,44	1,78	0,84	2,85	2,09

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	Robertson (1983)	33,48

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	76,80	--	172,53	167,40

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	172,11	167,40

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	Meyerhof	2,08

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	Meyerhof	2,29

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40		0

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	37,73	72,51	100	30,3
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	50,13	94,11	100	46,07
[3] - Travertini	51,98	1,80	79,08	100	100	82,06

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] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	29,52	22,52	30,47	35,57	33,21	0	<30	26,5	29,64	37,85	28,27
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	31,78	24,78	32,69	33,94	36,05	41,18	30-32	30,85	32,02	43,09	33,3
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	41,85	34,85	42,55	34,74	42,57	42	>38	42,92	42,59	52,67	47,24

Modulo di Young (Kg/cm²)

	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] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	---	70,48	104,66	---	---
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	292,04	133,92	198,23	305,55	158,70
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	514,62	415,84	614,06	569,85	334,90

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	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] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	---	45,56	62,55	77,29
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	100,44	61,85	118,85	112,66
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	311,88	134,23	369,06	269,83

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	Terzaghi-Peck 1948	1,46
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	Terzaghi-Peck 1948	1,56
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	Terzaghi-Peck 1948	1,86

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	Terzaghi-Peck 1948	1,91
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	Terzaghi-Peck 1948	1,97
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	Terzaghi-Peck 1948	2,16

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	(A.G.I.)	0,34
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	(A.G.I.)	0,32
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	(A.G.I.)	0,25

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	502,56	472,38
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	918,85	699,24
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	2665,63	1397,29

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno rimaneggiato	8,81	0,60	8,81	Ohta & Goto (1978) Limi	79,01
[2] - Limi sabbiosi	16,74	1,40	16,74	Ohta & Goto (1978) Limi	111,39
[3] - Travertini	51,98	1,80	51,98	Ohta & Goto (1978) Limi	148,37

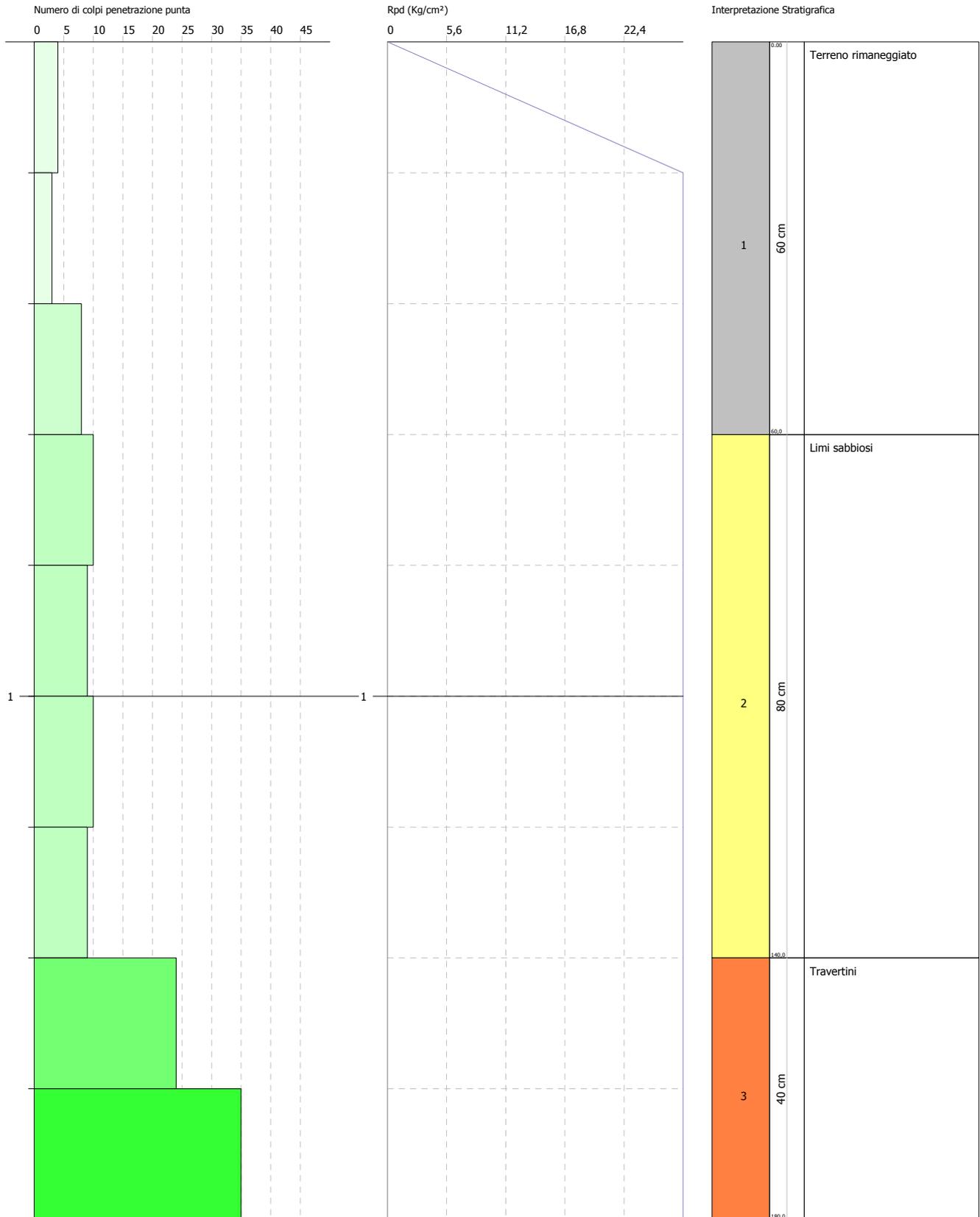
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL

Committente: Dott. Geol. Stefano Liti per Sig. Duranti
Descrizione:
Località: Acquasparta (TR)

Data: 20/09/2018

Scala 1:9



Documentazione fotografica

Dpsh n.1:





REPORT PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE (DPSH)

UBICAZIONE: Acquasparta (TR)

COMMITTENTE: Dott. Geol. Stefano Liti



Fig.1: localizzazione prove penetrometriche super pesanti DPSH

Responsabile ed esecutore

Dott. Geol. Jacopo Pietrangeli

Premessa

In data 20-09-2018, su incarico del Dott. Geol. Stefano Liti è stata eseguita un'indagine geotecnica nel Comune di Acquasparta (TR).

In riferimento all'incarico sono state eseguite le seguenti indagini geotecniche:

➤ **N.2 DPSH (Prova penetrometrica superpesante)**

L'ubicazione di tali indagini è stata valutata in modo da posizionarle il più vicino possibile all'opera in progetto e viene riportata in Fig.1.

Coordinate GPS:

42.704958° N, 12.531688° E

Altitudine: 367 m s.l.m.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73kg
Altezza di caduta libera	0,75m
Peso sistema di battuta	0,6kg
Diametro punta conica	51,00mm
Area di base punta	20,43cm ²
Lunghezza delle aste	1m
Peso aste a metro	5,5kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40m
Avanzamento punta	0,20m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,762
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

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

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:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

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 immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

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

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

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 Vs (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_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

Coazione 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 Coazione 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). Coazione 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_0)

- 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_0 (E_{ed}) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- 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.

Elaborazione DPSH

Stima Parametri Geotecnici Prova n.1:

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	21,14	24,73	1,06	1,24
0,40	4	0,851	42,08	49,46	2,10	2,47
0,60	4	0,847	39,17	46,25	1,96	2,31
0,80	3	0,843	29,25	34,69	1,46	1,73
1,00	2	0,840	19,42	23,12	0,97	1,16
1,20	1	0,836	9,67	11,56	0,48	0,58
1,40	3	0,833	28,89	34,69	1,44	1,73
1,60	1	0,830	9,01	10,86	0,45	0,54
1,80	1	0,826	8,97	10,86	0,45	0,54
2,00	2	0,823	17,87	21,71	0,89	1,09
2,20	1	0,820	8,90	10,86	0,45	0,54
2,40	1	0,817	8,87	10,86	0,44	0,54
2,60	1	0,814	8,33	10,23	0,42	0,51
2,80	1	0,811	8,30	10,23	0,42	0,51
3,00	6	0,809	49,65	61,39	2,48	3,07
3,20	6	0,806	49,48	61,39	2,47	3,07
3,40	8	0,803	65,76	81,85	3,29	4,09
3,60	8	0,801	61,99	77,40	3,10	3,87
3,80	9	0,798	69,52	87,08	3,48	4,35
4,00	14	0,746	101,05	135,45	5,05	6,77
4,20	16	0,744	115,13	154,80	5,76	7,74
4,40	16	0,741	114,78	154,80	5,74	7,74
4,60	17	0,739	115,31	155,99	5,77	7,80
4,80	21	0,687	132,40	192,70	6,62	9,63

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	3,33	40,15	Incoerente	0	1,3	1,86	0,04	1,76	5,87	Terreno rimaneggiato
2,8	1,55	17,24	Incoerente - coesivo	0	1,62	1,86	0,26	1,76	2,73	Limi argillosi a bassa consistenza
3,8	7,4	73,82	Incoerente - coesivo	0	2,04	2,24	0,54	1,76	13,04	Limi argillosi a medio-bassa consistenza
4,8	16,8	158,75	Incoerente - coesivo	0	2,16	2,36	0,75	1,76	29,6	Limi argillosi consistenti

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	0,17	0,34	0,15	0,11	0,26	0,52	0,25	0,64	0,14	0,16	0,34
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	0,88	1,63	0,50	0,52	1,28	2,22	1,14	1,45	0,65	1,78	1,63
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	2,00	3,70	1,00	1,11	2,94	4,76	2,41	3,05	1,48	4,55	3,70

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	Robertson (1983)	5,46
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	Robertson (1983)	26,08
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	Robertson (1983)	59,20

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	12,53	40,95	29,64	34,13
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	59,83	--	134,79	130,40
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	135,81	--	303,69	296,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	11,00	27,30
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	129,56	130,40
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	320,00	296,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	Meyerhof	1,62
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	Meyerhof	2,04
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	Meyerhof	2,16

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	Meyerhof	1,86
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	Meyerhof	2,24
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	Meyerhof	2,36

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80		0
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80		0
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80		0

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	29,3	59,19	93,31	23,12
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	11,68	35,48	39,52	14,53
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	36,28	68,2	68,77	39,32
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	51,77	95	93,32	63,1

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thorn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	5,87	28,68	21,68	29,64	34,91	32,03	0	<30	24,38	28,76	34,3	25,84
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	2,73	27,78	20,78	28,76	29,58	30,7	0	<30	21,4	27,82	26,79	22,39
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	13,04	30,73	23,73	31,65	30,51	34,79	37,55	30-32	28,99	30,91	39,38	31,15
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	29,6	35,46	28,46	36,29	31,12	39,58	41,3	32-35	36,07	35,88	45,74	39,33

Modulo di Young (Kg/cm²)

	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] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	5,87	---	46,96	---	---	---
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	2,73	---	21,84	---	---	---
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	13,04	257,76	104,32	154,57	277,80	140,20
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	29,6	388,34	236,80	349,98	402,00	223,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	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] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	5,87	---	39,52	41,68	64,18
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	2,73	---	33,07	19,38	50,18
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	13,04	78,24	54,25	92,58	96,16
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	29,6	177,60	88,26	210,16	170,02

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	5,87	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	2,73	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	13,04	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	29,6	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	5,87	Terzaghi-Peck 1948	1,42
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	2,73	Terzaghi-Peck 1948	1,38
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	13,04	Terzaghi-Peck 1948	1,52
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	29,6	Terzaghi-Peck 1948	1,69

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	5,87	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	2,73	Terzaghi-Peck 1948	1,86
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	13,04	Terzaghi-Peck 1948	1,94
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	29,6	Terzaghi-Peck 1948	2,05

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	5,87	(A.G.I.)	0,34
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	2,73	(A.G.I.)	0,35
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	13,04	(A.G.I.)	0,33
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	29,6	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	5,87	343,11	368,59
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	2,73	167,07	230,89
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	13,04	726,56	600,27
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	29,6	1570,10	990,53

Velocità onde di taglio

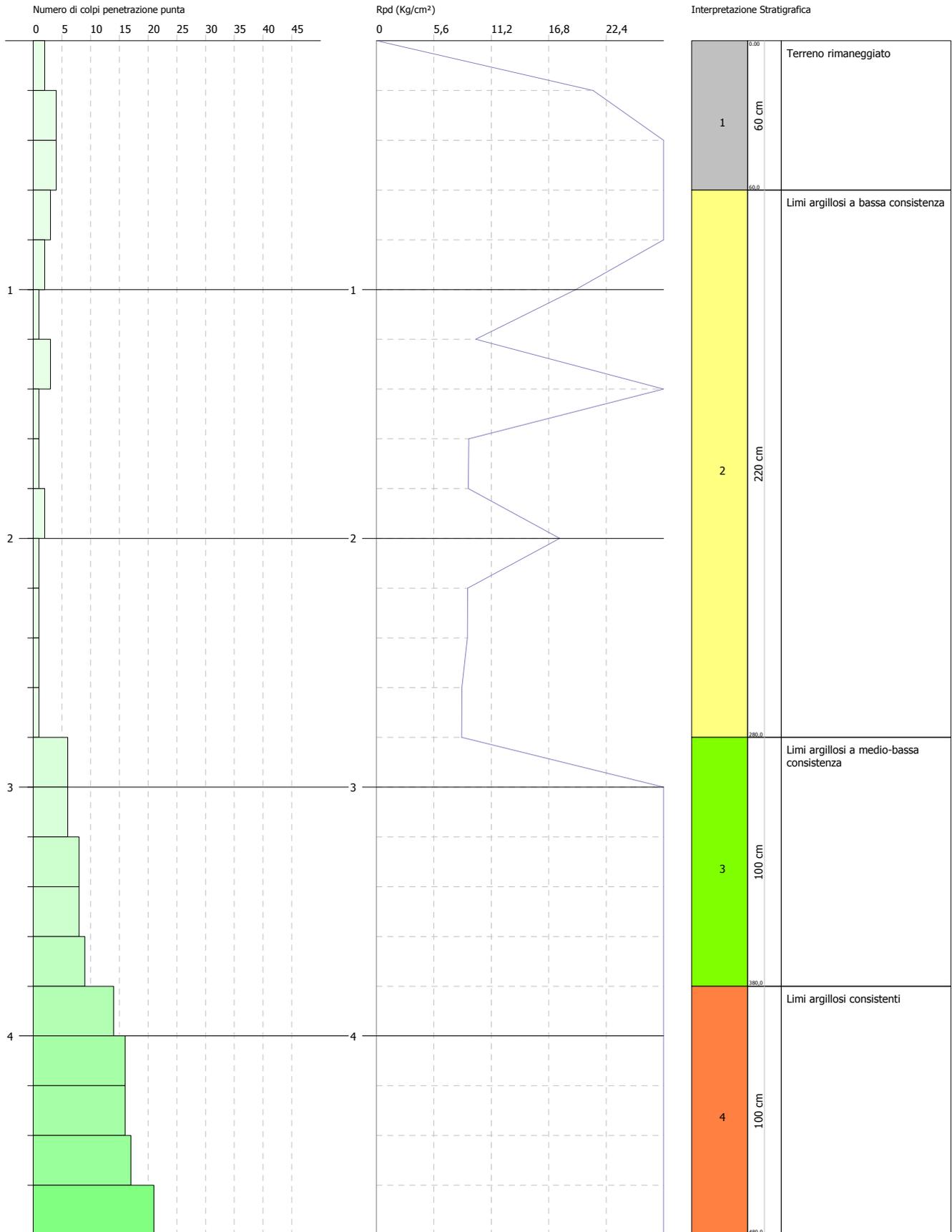
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno rimaneggiato	5,87	0,60	5,87	Ohta & Goto (1978) Limi	73,65
[2] - Limi argillosi a bassa consistenza	2,73	2,80	2,73	Ohta & Goto (1978) Limi	90,17
[3] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,04	3,80	13,04	Ohta & Goto (1978) Limi	134,32
[4] - Limi argillosi consistenti	29,6	4,80	29,6	Ohta & Goto (1978) Limi	162,9

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL

Committente: Dott. Geol. Stefano Liti
 Descrizione:
 Località: Acquasparta (TR)

Data: 20/09/2018

Scala 1:23



Stima Parametri Geotecnici Prova n.2:

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	31,71	37,10	1,59	1,85
0,40	3	0,851	31,56	37,10	1,58	1,85
0,60	4	0,847	39,17	46,25	1,96	2,31
0,80	4	0,843	39,00	46,25	1,95	2,31
1,00	7	0,840	67,97	80,93	3,40	4,05
1,20	6	0,836	58,01	69,37	2,90	3,47
1,40	8	0,833	77,04	92,50	3,85	4,62
1,60	8	0,830	72,05	86,85	3,60	4,34
1,80	7	0,826	62,80	75,99	3,14	3,80
2,00	8	0,823	71,49	86,85	3,57	4,34
2,20	7	0,820	62,32	75,99	3,12	3,80
2,40	7	0,817	62,10	75,99	3,10	3,80
2,60	8	0,814	66,65	81,85	3,33	4,09
2,80	8	0,811	66,42	81,85	3,32	4,09
3,00	8	0,809	66,19	81,85	3,31	4,09
3,20	7	0,806	57,73	71,62	2,89	3,58
3,40	7	0,803	57,54	71,62	2,88	3,58
3,60	8	0,801	61,99	77,40	3,10	3,87
3,80	8	0,798	61,80	77,40	3,09	3,87
4,00	6	0,796	46,21	58,05	2,31	2,90
4,20	3	0,794	23,04	29,03	1,15	1,45
4,40	2	0,791	15,31	19,35	0,77	0,97
4,60	3	0,789	21,73	27,53	1,09	1,38
4,80	2	0,787	14,44	18,35	0,72	0,92
5,00	3	0,785	21,61	27,53	1,08	1,38
5,20	3	0,783	21,55	27,53	1,08	1,38
5,40	8	0,781	57,33	73,41	2,87	3,67
5,60	7	0,779	47,59	61,08	2,38	3,05
5,80	7	0,777	47,48	61,08	2,37	3,05
6,00	7	0,775	47,37	61,08	2,37	3,05
6,20	7	0,774	47,26	61,08	2,36	3,05
6,40	7	0,772	47,15	61,08	2,36	3,05
6,60	8	0,770	51,26	66,54	2,56	3,33
6,80	9	0,769	57,55	74,86	2,88	3,74
7,00	18	0,717	107,37	149,72	5,37	7,49
7,20	21	0,666	116,27	174,67	5,81	8,73
7,40	22	0,664	121,53	182,99	6,08	9,15
7,60	22	0,663	115,85	174,81	5,79	8,74

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,8	3,5	41,67	Incoerente	0	1,59	1,89	0,06	1,76	6,17	Terreno rimaneggiato
4	7,38	77,88	Incoerente - coesivo	0	2,04	2,24	0,45	1,76	13	Limi argillosi a medio-bassa consistenza
5,2	2,67	24,89	Incoerente - coesivo	0	1,74	1,88	0,88	1,76	4,7	Limi argillosi a bassa consistenza
6,8	7,5	65,03	Incoerente - coesivo	0	2,04	2,24	1,15	1,76	13,22	Limi argillosi a medio-bassa consistenza
7,6	20,75	170,55	Incoerente - coesivo	0	2,35	2,5	1,41	1,76	36,56	Limi argillosi consistenti

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	0,88	1,63	0,50	0,52	1,28	2,34	1,14	1,45	0,65	1,74	1,63
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	0,29	0,59	0,25	0,19	0,46	0,75	0,43	0,78	0,24	0,19	0,59
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	0,89	1,65	0,50	0,52	1,30	1,95	1,15	1,47	0,66	1,37	1,65
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	2,47	4,57	0,00	1,34	3,64	5,12	2,88	3,82	1,83	5,25	4,57

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	Robertson (1983)	26,00
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	Robertson (1983)	9,40
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	Robertson (1983)	26,44
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	Robertson (1983)	73,12

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	59,64	--	134,38	130,00
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	21,56	70,50	49,73	58,75
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	60,65	--	136,63	132,20
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	167,74	--	374,68	365,60

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	129,10	130,00
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	33,65	47,00
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	131,63	132,20
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	400,04	365,60

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	Meyerhof	2,04
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	Meyerhof	1,74
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	Meyerhof	2,04
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	Meyerhof	2,35

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	Meyerhof	2,24
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	Meyerhof	1,88
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	Meyerhof	2,24
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	Meyerhof	2,50

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00		0
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20		0
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80		0
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60		0

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	29,74	59,69	84,07	23,89
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	37,6	70,5	71,75	39,24
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	12,85	36,17	37,04	20,03
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	28,59	56,11	56,66	39,67
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	47,88	87,43	87,39	69,55

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thorn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	6,17	28,76	21,76	29,73	33,93	32,16	0	<30	24,62	28,85	34,64	26,11
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	13	30,71	23,71	31,64	30,87	34,77	37,87	30-32	28,96	30,9	39,67	31,12
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	4,7	28,34	21,34	29,32	27,77	31,54	0	<30	23,4	28,41	29,15	24,7
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	13,22	30,78	23,78	31,7	28,87	34,85	35,86	30-32	29,08	30,97	37,16	31,26
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	36,56	37,45	30,45	38,24	30,09	40,94	40,24	32-35	38,42	37,97	45,06	42,04

Modulo di Young (Kg/cm²)

	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] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	6,17	---	49,36	---	---	---
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	13	257,36	104,00	154,10	277,50	140,00
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	4,7	---	37,60	---	---	---
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	13,22	259,53	105,76	156,70	279,15	141,10
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	36,56	431,59	292,48	432,11	454,20	257,80

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	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] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	6,17	---	40,14	43,81	65,52
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	13	78,00	54,17	92,30	95,98
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	4,7	---	37,12	33,37	58,96
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	13,22	79,32	54,62	93,86	96,96
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	36,56	219,36	102,56	259,58	201,06

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	6,17	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	13	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	4,7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	13,22	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	36,56	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	6,17	Terzaghi-Peck 1948	1,43
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	13	Terzaghi-Peck 1948	1,51
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	4,7	Terzaghi-Peck 1948	1,41
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	13,22	Terzaghi-Peck 1948	1,52
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	36,56	Terzaghi-Peck 1948	1,76

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	6,17	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	13	Terzaghi-Peck 1948	1,94
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	4,7	Terzaghi-Peck 1948	1,88
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	13,22	Terzaghi-Peck 1948	1,94
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	36,56	Terzaghi-Peck 1948	2,09

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	6,17	(A.G.I.)	0,34
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	13	(A.G.I.)	0,33
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	4,7	(A.G.I.)	0,34
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	13,22	(A.G.I.)	0,33
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	36,56	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	6,17	359,57	379,99
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	13	724,47	599,14
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	4,7	278,41	321,78
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	13,22	735,99	605,32
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	36,56	1914,87	1126,96

Velocità onde di taglio

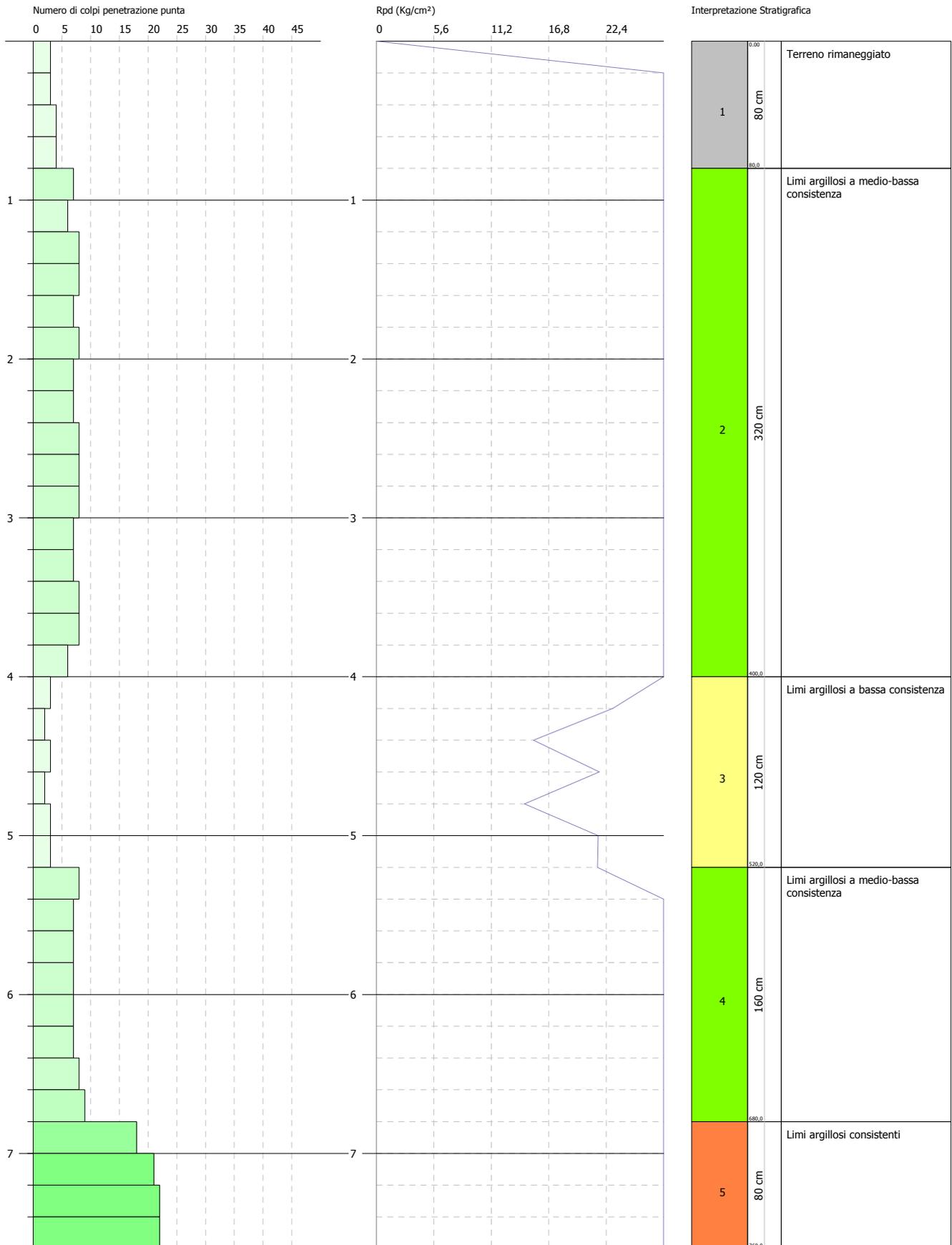
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno rimaneggiato	6,17	0,80	6,17	Ohta & Goto (1978) Limi	78,53
[2] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13	4,00	13	Ohta & Goto (1978) Limi	126,25
[3] - Limi argillosi a bassa consistenza	4,7	5,20	4,7	Ohta & Goto (1978) Limi	120,03
[4] - Limi argillosi a medio-bassa consistenza	13,22	6,80	13,22	Ohta & Goto (1978) Limi	151,1
[5] - Limi argillosi consistenti	36,56	7,60	36,56	Ohta & Goto (1978) Limi	186,63

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH 73 DEEP DRILL

Committente: Dott. Geol. Stefano Liti
 Descrizione:
 Località: Acquasparta (TR)

Data: 20/09/2018

Scala 1:36



Documentazione fotografica

Dpsh n.1:



Dpsh n.2:

