

Comune di SANGINETO

Provincia di Cosenza - Regione Calabria



**LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO E DI
RIQUALIFICAZIONE DELL'EDIFICIO SCOLASTICO
COMUNALE SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE DI
VIALE MARIO ARAGONA IN SANGINETTO LIDO**

Protocollo

PROGETTO ESECUTIVO

Scala:

Data: **novembre 2019**

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

LA PROGETTISTA

Ing. Albina R. Farace

IL GEOLOGO

Dott. Giuseppe Grosso Ciponte



IL R.U.P.

Geom. Marco Antonucci



IL SINDACO

TAVOLA N.

R.02

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	3
3. UBICAZIONE DELL'AREA.....	5
4. CLASSIFICAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO IN RIFERIMENTO AL P.A.I.	6
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	7
6. SISMICITA'	15
7. CARATTERI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA ESAMINATA.....	20
8. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO	22
9. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	23
10. CONCLUSIONI	25

ALLEGATI:

- Indagini
- Planimetria con ubicazione indagini
- Carta Geologica
- Stralcio P.A.I.

1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione comunale, il sottoscritto Dott. Geol. Giuseppe Grosso Ciponte ha condotto uno studio geologico, geomorfologico e sismico su un'area sita in località Lido del Comune di Sangineto (CS), interessata dal progetto: **LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO E DI RIQUALIFICAZIONE DELL'EDIFICIO SCOLASTICO COMUNALE SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE DI VIALE "LE CRETE" IN SANGINETO LIDO.**

La finalità di tale studio è quella di stabilire il grado di idoneità e di affidabilità geologico-tecnica, nonché di mettere in risalto le pericolosità geologiche dell'area, per come previsto dal D.M. 11.03.88 e delle vigenti normative tecnico-legislative che regolano le costruzioni in zone sismiche, (Legge n° 64 del 2/2/74, D.M. n° 93 del 3/3/75 e D.P.C.M. N° 3274), dalla normativa in materia di cui alla legge re.le n° 7/98 e D.M.14.09.2005, nonché dalla normativa ultima del 17 gennaio 2018.

Un esame della letteratura geologica esistente ed un preliminare inquadramento geologico generale della zona prima descritta, serviranno a definire in dettaglio la litologia e morfologia dell'area strettamente interessata.

L'indagine è basata su:

- Osservazioni e rilievi diretti nell'area di studio, estesi convenientemente alle aree circostanti;
- Accertamenti indiretti eseguiti sulla scorta della documentazione topografica-cartografica all'uopo reperita;
- Indagini in sito (n°1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo, n°1 campione indisturbato sottoposto a prove di laboratorio, n°2 prospezioni sismiche M.A.S.W., n°1 prospezione sismica HVSR, n°3 prove penetrometriche dinamiche DPSH);
- Relazione conclusiva sulla fattibilità dell'opera.

Per l'inquadramento geologico d'insieme si tiene a base la Carta Geologica della Calabria in scala 1:25.000. Le risultanze di tali accertamenti, le considerazioni e le conclusioni relative saranno riportati qui di seguito.

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il presente documento è stato redatto in ottemperanza della seguente normativa:

- Legge 2 Febbraio 1974, n. 64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- Decreto Ministeriale 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circolare Ministero LL.PP. 24 Settembre 1988, n. 30483 “Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11/3/88;
- Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- Decreto del Presidente Della Repubblica 6.06.2001 n° 380 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio;
- Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito;
- Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale - Allegato al voto n° 36 del 27.07.2007;

-
- Regione Calabria - Legge n° 35 del 19.10.2009 e s.m.i.- Denuncia, deposito e autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica;
 - Regione Calabria - Autorità di Bacino Regionale - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico- Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia (agg. 02/08/2011);
 - Regolamento Regionale n. 7 del 28 giugno 2012 - “Procedure per la denuncia, il deposito e l’autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla legge regionale n. 35 del 19 ottobre 2009 s.m.i.”
 - Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;

3. UBICAZIONE DELL'AREA

L'area di stretto interesse è ubicata in Viale Le Crete del Comune di Sangineto (CS).

Le coordinate geografiche, rilevate tramite GPS cartografico GARMIN GPSmap 60CSx, sono le seguenti:

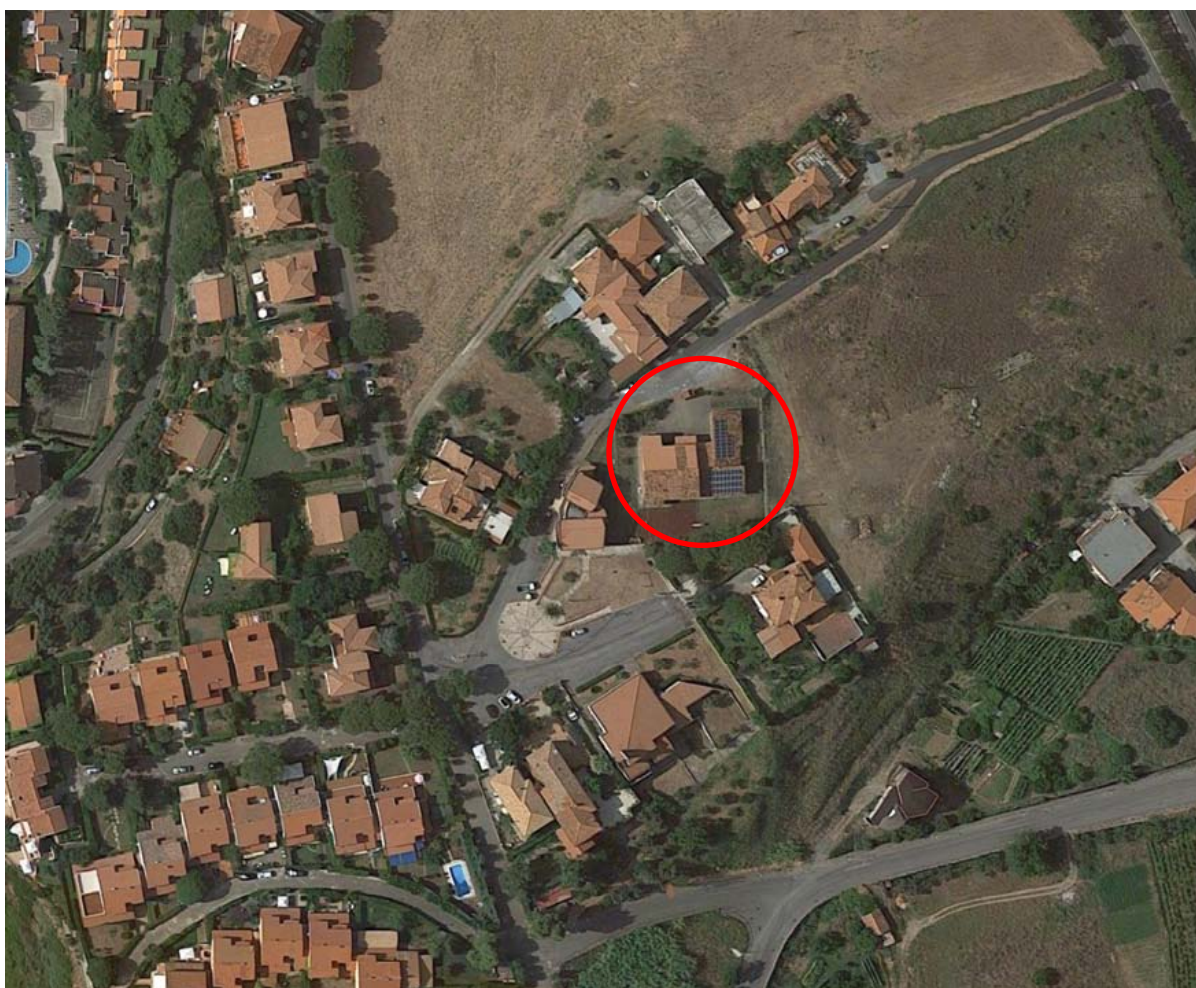
,

Latitudine: 39.5880° (ED50)

Longitudine: 15.8690° (ED50)

Il sito in questione ricade nel foglio 550 della Carta d'Italia 1:50.000 dell'I.G.M.; in particolare, è compreso e descritto nell'elemento 550034 "Sangineto Lido" della C.T.R. 1:5.000.

Ortofoto



4. CLASSIFICAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO IN RIFERIMENTO AL P.A.I.

L' idoneità dell'area di progetto in riferimento al PAI è stata verificata prendendo in considerazione gli eventuali fenomeni franosi, il rischio frane ed il rischio idraulico presenti nel territorio comunale di Sangineto (CS).

Gli elaborati cartografici del P.A.I. presi in considerazione sono stati i seguenti:

- Carta inventario dei centri abitati instabili - cartografazione e classificazione dei fenomeni franosi;
- Perimetrazione aree a rischio di frana;
- Perimetrazione aree a rischio idraulico.

Dalla sovrapposizione dell'area di intervento sui suddetti elaborati, si evince che la stessa ricade in un settore di territorio in cui sono assenti fenomeni franosi, aree a rischio di frana ed aree a rischio idraulico. Pertanto, alla luce di quanto esposto, si può affermare che le opere progettate sono conformi alle prescrizioni contenute nel P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) approvato dal Consiglio Regionale con Delibera n° 115 del 28/12/2001.

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area in esame è posizionata in corrispondenza del margine tirrenico settentrionale della Calabria, e si pone in un contesto geologico in cui affiorano le unità carbonatiche appenniniche e le unità cristallino-metamorfiche dell'Arco Calabro Peloritano, ricoperte dai depositi trasgressivi miocenici.

I confini dell'Arco Calabro sono identificati con i lineamenti tettonici della linea del Pollino a Nord e della linea di Taormina a Sud, che mostrano rispettivamente trascorrenza sinistra e destra (AMODIO-MORELLI et al., 1976; KNOTT e TURCO, 1991).

Per le sue particolarità geologiche e strutturali e per l'eterogeneità delle litologie costituenti rispetto a quelle che lo circondano, l'Arco Calabro è stato, sin dall'ultima metà del secolo scorso, oggetto di numerosi studi sia di natura geologica che paleogeografica.

Alcuni di questi (Haccard et al., 1972; Alvarez, 1976; Amodio-Morelli et al., 1976, Scandone 1979, 1982; Bonardi et al 1982, 1993) affiancano l'Arco Calabro ad altri gruppi orogenetici come la catena alpina, nati dalla collisione tra Europa ed Africa, nell'intervallo di tempo che va dal Cretacico superiore al Paleogene; questi pongono, infatti, la Calabria sul margine continentale africano con un senso di impilamento occidentale, quindi verso un foreland europeo.

L'assenza, però, di tali vergenze nei terreni dell'Arco Calabro ha indotto altri autori (Ogniben, 1973, 1985; Boullin, 1984; Boullin et al., 1986; Knott 1987) a considerare un modello in cui l'Arco Calabro risulterebbe appartenere al margine continentale europeo, con un trasporto insieme alle falde che costituiscono l'oceano interposto, verso un avampaese africano.

Inoltre i primi prodotti della collisione che porterà alla formazione dell'Arco Calabro non sono più antichi dell'Oligocene, riferibili quindi a un evento collisionale avvenuto 30 Ma circa dopo quella alpina.

Altre interpretazioni portano altri autori a considerare che l'Arco Calabro si sia originato da un micro-continente localizzato tra il continente Europeo e quello Africano (Guerrera et al., 1993; Critelli e Le Pera 1998), e che l'Arco Calabro sia quindi il risultato dell'assemblaggio di tre "crustal microblocks".

Bonardi et al. (1982) riconoscono, inoltre, due differenti settori all'interno dell'Arco Calabro separati dall'allineamento orientato ENE-OSO di Capo Vaticano-Soverato e caratterizzati da distinti caratteri stratigrafico strutturali.

I confini del settore settentrionale sono identificati dalla linea del Pollino a Nord e fino all'allineamento Capo Vaticano-Soverato a Sud, ed includono il Massiccio della Sila, la Catena Costiera ed il versante settentrionale delle Serre. Il settore meridionale è confinato

dall'allineamento di Capo Vaticano-Soverato a Nord e termina a Sud con la linea di Taormina, comprendendo il Massiccio dell'Aspromonte, la maggior parte del massiccio delle Serre ed i monti Peloritani.

Il settore settentrionale è caratterizzato dalla presenza, al di sotto delle falde, di unità appenniniche carbonatiche triassiche che Amodio-Morelli et al. (1976) riconducono alla piattaforma campano-lucana; dette unità affiorano in finestra tettonica in Catena Costiera presso Monte Cocuzzo e nei pressi di Lamezia Terme. Al di sopra delle unità appenniniche si riconoscono terreni costituiti da metaofioliti giurassiche e falde di metamorfiti e plutoniti pre-

COMPLESSO CALABRIDE	Unità di Longobucco		Unità della Sila
	Unità di Stilo	Unità di Monte ganghione	
	Unità di Polia Copanello		
	Unità di Castagna		
COMPLESSO LIGURIDE	Unità Ofiolitica Superiore	Unità di Bagni (?)	
		Unità di Malvito	
		Unità di Gimigliano-Monte Reventino	
	Unità Ofiolitica Inferiore	Unità di Diamante Terranova	
		Unità del Frido	
COMPLESSO DELLE UNITA' APPENNINICHE	Unità di San Donato		
	Unità di Verliciano		
	Sequenza tipo Monte Cocuzzo		

alpine (Amodio-Morelli et alii, 1976).

Figura 1.2 - Schema dei rapporti strutturali tra le unità tettoniche dell'Arco Calabro (da Ogniben, 1973).

Il settore meridionale è caratterizzato dall'assenza delle metaofioliti giurassiche e dalla differente età della copertura sedimentaria rispetto al settore settentrionale. Le coperture dell'unità a crosta continentale iniziano con depositi alluvionali e deltizi del Lias inferiore che evolvono prima a facies carbonatiche neritiche e poi a facies pelitiche, arenitiche e calcaree di scarpata e di bacino (Lias inferiore-Cretacico; Zuffa et al., 1980; Santantonio & Teale, 1987); esse, nel settore meridionale, giungono all'Oligocene con spessori differenti (Critelli & Le Pera, 1998).

Ultima differenza fra i due settori è data dal fatto che la vergenza europea la ritroviamo nel settore settentrionale, precisamente nell'unità di Malvito. Pertanto l'Arco Calabro è stato interpretato come il risultato della fusione di due settori orogenici caratterizzati da struttura alpina differente (Bonardi et al., 1980, 1982, 1995, 2001; Scandone 1982; Dercourt et al., 1985; Guerrera et al., 1993).

Il primo settore, quello settentrionale, risulta essere coinvolto in un primo momento nell'orogenesi cretacico-paleogenica, che ha portato alla formazione della catena eo-alpina addossata al margine sardo-corso. Poi, dall'Oligocene, ha inizio la subduzione della litosfera oceanica ovest-adriatica (Bonardi et al., 1993, Guerrera et al., 1993) che porterà ad un'inversione delle polarità delle vergenze, cioè verso il foreland apulo; ciò ha portato alla formazione prima di un cuneo di accrezione del complesso "liguride" (Ogniben, 1969) e, successivamente, all'accrezione dello stesso complesso e dei terreni dell'Arco Calabro al di sopra del margine adriatico-appenninico a partire dal Burdigaliano.

Il settore meridionale, a differenza di quello settentrionale non sembra essere coinvolti nella fase eo-alpina, ma mostra indizi di accrezione a partire dall'Aquitano inferiore-Burdigaliano medio (Bonardi et al., 2003).

L'esatto intervallo di tempo che ha portato all'amalgamazione tra il settore settentrionale e il settore meridionale risulta essere ancora oggetto di dibattito e studio, anche se sembrerebbe sia occorso tra il tardo Oligocene e il Serravaliano.

Tra il Tortonian superiore e il Messiniano inferiore si assiste all'istaurarsi del rifting tirrenico (Kastens et al., 1988; Patacca et al., 1990) che risulta essere responsabile di un intenso sollevamento del fronte orogenico e dell'aumento della convergenza continentale verso il margine esterno, con conseguente deposizione dei depositi silicoclastici verso l'avampaese; in aree di retrocatena sedimenti silicoclastici si depositano in bacini estensionali ed intermontani (Borsetti et al., 1990).

Questo cambiamento geodinamico viene registrato dalla variazione composizionale delle arenarie di tutte le successioni, la cui composizione si sposta verso il campo delle arcose (Critelli, 1990), il che è testimone di un forte sollevamento e traslazione delle aree-fonti.

Sempre tra il Tortonian superiore e il Messiniano, i bacini ubicati lungo la costa ionica della Calabria settentrionale registrano, inoltre, la sedimentazione di successioni evaporitiche, che testimoniano la crisi di salinità avvenuta in tutto il Mediterraneo.

Questa crisi di salinità è dovuta alla chiusura delle vie di circolazioni idriche tra l'Oceano e il Mediterraneo, le quali in questo intervallo di tempo, probabilmente passavano per le aree di avanfossa delle catene Betica e del Rif. Questa chiusura, quindi, ha portato a un'evaporazione brusca e repentina della colonna idrica di tutto il Mediterraneo.

Già alla fine del Messiniano però vi è il restaurarsi delle normali condizioni idriche, il che avviene in maniera repentina grazie all'apertura dello stretto di Gibilterra.

La spinta verso Est data dall'apertura del bacino di Vavilov nel Tirreno durante il Pliocene, porta la parte sud-appenninica a gravare sulla piattaforma apula con conseguente flessurazione della

stessa e formazione di una zona di avanfossa, the Bradanic foredeep, e di una zona di forebulge nelle Murge e nella penisola Salentina.

Il bacino di avanfossa Bradanico, viene colmato dai depositi clastici plio-quadernari, prevalentemente argillosi.

Alla fine del Pleistocene inferiore, l'Arco Calabro registra un cambiamento di regime tettonico, dovuto ad una fase prevalentemente estensionale nella parte meridionale del Mar Tirreno, che porta inoltre all'apertura del bacino del Marsili.

Questo cambiamento crea una variazione di trasporto da NO-SE a O-E, che porta alla chiusura dei principali bacini mio-pliocenici allungati in direzione NE-SO ed allo sviluppo di nuovi sistemi strutturali orientati N-S.

Il tutto viene accompagnato da forti movimenti verticali dell'Arco Calabro settentrionale, con tassi di sollevamento variabili tra 0.8 a 1.1 mm/a (Sorriso-Valvo, 1993; Wetsaway, 1993).

L'intenso sollevamento associato ai vari cambiamenti climatici, ha avuto una forte conseguenza sull'aumento dei tassi di deposizione nei bacini sedimentari, riscontratosi sia sul margine ionico sia su quello tirrenico. (Barone et al., 1982; Ibbeken and Schleyer, 1991; Knott and Turco, 1991; Chiocci, 1994; Trincardi et al., 1995).

Strutture tettoniche regionali

Sulla base di quanto dedotto da approfondite ricerche bibliografiche, le strutture e le linee tettoniche principali presenti in Calabria possono elencarsi (da nord a sud) come di seguito:

- la “Linea di Sangineto”, interpretata come una faglia trascorrente sinistra tra Arco Calabro-Peloritano e Catena Appenninica e come tale attiva fino al Tortoniano superiore;
- la “Stretta di Catanzaro”, struttura tipo graben, legata alla fase tettonica messiniana, cioè all'inizio di fenomeni tensivi, successivi alla fase tettonica tortoniana e all'oceanizzazione del Tirreno;
- “Valle Crati” e “Valle Mesima”, anch'esse strutture tipo graben rispettivamente limitate da due coppie di linee tettoniche. Entrambe le suddette sono state attribuite alla tettonica medio-pliocenica;
- la faglia Poro sud-Serre-Valle Torbido, con direzione WNW-ESE, di età probabilmente calabrianica, o in tale tempo fortemente ripresa, la quale porta, per il blocco meridionale, i sedimenti pliocenici a quote attorno ai 900 metri sui Piani della Limina;

-
- la faglia Reggio-Seminara, quaternaria, che sblocca i sedimenti pliocenici e le metamorfite occidentali dell'Aspromonte.

Le notizie relative alla sismicità storica della Calabria, le analisi delle carte degli epicentri e le informazioni riguardanti le profondità ipocentrali di un gran numero di terremoti, sono state desunte dai numerosi lavori scientifici esistenti.

Da tali dati si ricava che la quasi totalità dei terremoti verificatisi in Calabria, in epoca storica, sono di tipo superficiale e localizzati in un intervallo sismogenetico compreso tra circa 10 e circa 20 Km, uniformemente attivo su tutto il territorio regionale. Considerando il rapporto esistente tra strutture tettoniche attive e sismicità (cfr. Fig. 1 e 2), è stato possibile rilevare che:

la linea di Sangineto non presenta alcuna attività sismica in epoca storica, mentre parallelamente ad essa, si rileva un netto allineamento di punti focali che comprende la più meridionale delle finestre tettoniche dei terreni del sottostante blocco africano (M.te Cocuzzo) ed il bordo settentrionale del massiccio silano;

tutte le strutture legate alle fasi tettoniche messiniana e medio-pliocenica, presenti nella porzione centro-settentrionale della Calabria, (Valle Mesima, Stretta di Catanzaro e Valle Crati), ed alcune delle principali faglie quaternarie (Poro-Valle Torbido e Reggio-Seminara), risultano sismicamente attive o, comunque le linee tettoniche che ne danno riscontro nella geologia di superficie, risultano coincidere con allineamenti di punti focali di terremoti;

una serie di sismi, in genere di bassa o media intensità e con profondità ipocentrali nei limiti della media regionale, si trovano distribuiti sul bordo orientale della Calabria, spesso al di fuori delle strutture attive sopra citate.

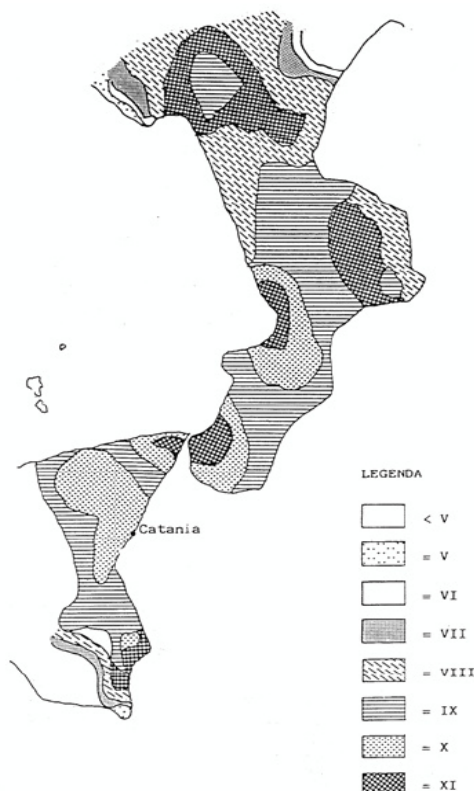


Fig.3 CARTA DI SCUOTIBILITA' DEL TERRITORIO
(da Petrini V. et al., 1979)

Catena costiera

Il territorio esaminato, trovandosi a cavallo della Linea di Sangineto presenta caratteristiche geologiche e strutturali tipiche della Catena Costiera.

La Catena Costiera è un elemento strutturale della catena alpina calabrese allungato in senso meridiano dalla “linea di Sangineto” a nord alla bassa valle del fiume Savuto a sud. Essa è delimitata ad occidente dal mare Tirreno e ad oriente dalla valle del fiume Crati. Questo elemento strutturale si è individuato morfologicamente con le fasi tettoniche del Pliocene medio in concomitanza con la formazione del graben del Crati (Ortolani, 1975). Il suo sollevamento è tuttora attivo come testimoniato dall'attività sismica presente lungo le importanti faglie che lo delimitano (Tortorici, 1980; Cello et al., 1982).

Strutturalmente è costituita dalla sovrapposizione di numerose unità tettoniche alpine di natura sia oceanica che continentale. Le sequenze oceaniche costituiscono due differenti unità tettoniche caratterizzate da basamenti ofiolitici equivalenti con diverse coperture sedimentarie, il

tutto più o meno pervasivamente equilibrato nella facies scisti blu. Le sequenze di tipo continentale sono rappresentate da tre differenti unità tettoniche caratterizzate (dal basso verso l'alto) da un metamorfismo pre-alpino di basso grado (unità filladica di Bagni), medio (unità gneissica di Castagna), alto (unità kinzigitico-granulitica di Polia-Copanella) rispettivamente. Per quanto riguarda gli elementi strutturali appenninici nella Catena Costiera sono riconoscibili due unità, indicate come unità di S. Donato ed unità di Verbicaro (Bousquet e Grandjacquet, 1969; Amodio Morelli et al., 1976). Queste due unità sono affette da un metamorfismo di basso grado. Nel territorio esaminato tutti i termini, alpini e appenninici, risultano ricoperti dai depositi trasgressivi miocenici. Si tratta di formazioni essenzialmente clastiche che costituiscono i primi rilievi importanti al margine della costa tirrenica e giacciono direttamente sui terreni cristallini. In quest'area il ciclo trasgressivo miocenico è completo e la successione comprende tutti i termini dai conglomerati alle argille.

I conglomerati, sono composti da ciottoli di varie dimensioni, talora metrici e/o decametrici, di natura prevalentemente cristallina, ma talora anche calcarea ed arenacea. Al tetto della serie si rinvengono frequentemente banchi di arenarie massicce e di argilla sabbiosa. In continuità stratigrafica affiorano le arenarie grossolane a cemento calcareo con locali intercalazioni di sabbie, silts e argille. Il ciclo si chiude con le argille sabbiose grigio-azzurre. Queste presentano locali intercalazioni di conglomerati ed arenarie appartenenti allo stesso ciclo sedimentario.

Il tutto viene in parte ricoperto, a partire dal Pleistocene, da depositi conglomeratico-sabbiosi, di origine fluviale e deltizia, che sottendono le forme terrazzate, più o meno conservate, e facilmente individuabili sul territorio esaminato. Lo spessore di questi sedimenti oscilla generalmente tra i 30 e i 50 metri e la parte superficiale, a causa dei processi di pedogenesi, è spesso caratterizzata dalla presenza di profili di suolo bruno-rossastri.

I depositi recenti sciolti e/o fissati dalla vegetazione, costituiscono la fascia costiera e le piane alluvionali dei diversi corsi d'acqua che drenano il territorio, soggetti ad esondazione nel caso di eventi meteorologici di particolare intensità. Di seguito saranno descritte le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area d'intervento.

6. SISMICITA'

Sismicità storica

La sismicità storica del Comune di Sangineto è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04) utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (Stucchi et alii. 2007). Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile.

La sismicità del territorio comunale è riassunta graficamente nel diagramma di Figura 1.

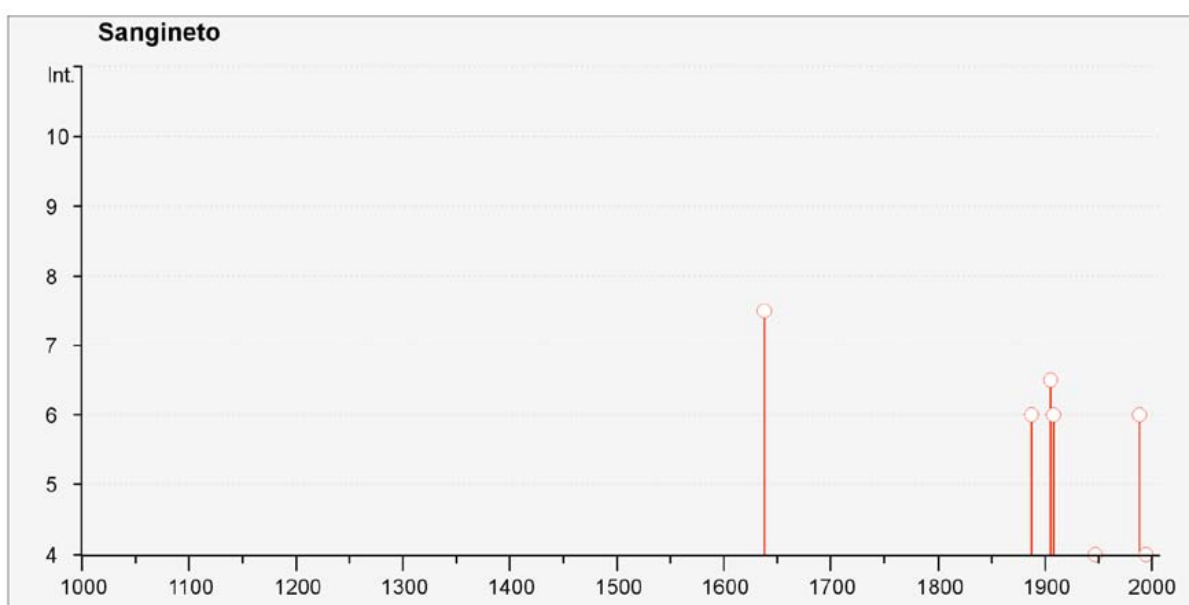


Fig. 1 - Diagramma della storia sismica del Comune di Sangineto (CS)

Nella successiva Figura 2 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio Comunale. Nella tabella sono indicate oltre alla stessa intensità al sito in scala MCS (I_s), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), l'ora (Or), il minuto (Mi) in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_x), la magnitudo momento (M_w) ed il numero di osservazioni macrosismiche del terremoto (N_p).

Storia sismica di Sangineto [39.604, 15.913]

Numero di eventi: 8

Effetti		In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax			Np	Io Mw
7-8	1638 03 27 15:05	Calabria			213	11 7.03 ±0.12
6	1887 12 03 03:45	Calabria settentrionale			142	8 5.49 ±0.14
6-7	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale			895	7.04 ±0.16
6	1908 12 28 04:20	Calabria meridionale-Messina			800	11 7.10 ±0.15
4	1947 05 11 06:32	Calabria centrale			254	8 5.70 ±0.13
6	1988 01 08 13:05	Appennino lucano			112	4.73 ±0.09
NF	1990 05 05 07:21	Potentino			1374	5.80 ±0.09
4	1994 10 12 04:59	Tirreno meridionale			32	4.76 ±0.19

Fig. 2 - Eventi sismici Comune di Sangineto (CS)

Zonazione sismica nazionale

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è stato il modello di zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000).

In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n.3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici".



Fig. 3 - Zonizzazione sismogenetica ZS9

Tale modello riprende sostanzialmente il retroterra informativo della precedente zonazione, recependo i più recenti avanzamenti delle conoscenze sulla tettonica attiva della penisola anche considerando le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti (es. Bormio 2000, Monferrato 2001, ecc.). La zonazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta

nazionale delle zone sismogenetiche. Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

La zona che interessa l'area in esame è la 929, che fa parte del complesso "Calabria" (zone 929 e 930). L'esistenza di queste due distinte zone, rispecchia livelli di sismicità ben differenti. I terremoti con più elevata magnitudo hanno infatti interessato i bacini del Crati, del Savuto e del Mesima fino allo stretto di Messina (zona 929). Tra questi eventi spiccano la sequenza del 1783 e i terremoti del 1905 e 1908. Viceversa sul lato ionico della Calabria, solo 4 eventi hanno superato un valore di magnitudo pari a 6, e tra questi il terremoto del 1638 appare come l'evento più forte verificatosi. Peraltro recenti studi paleosismici (Galli e Bosi, 2003) porrebbero l'evento del 9 giugno 1638 in relazione con la faglia dei Laghi posta sulla Sila.

Ogni zona sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico, il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche, effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica.

Nella Zona Sismogenetica 929 sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax} = 7,29$; inoltre, il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in tale zona è di tipo faglia normale, con una profondità ipocentrale media stimata di 10 km.

Il risultato, per ogni Comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90 % di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni.

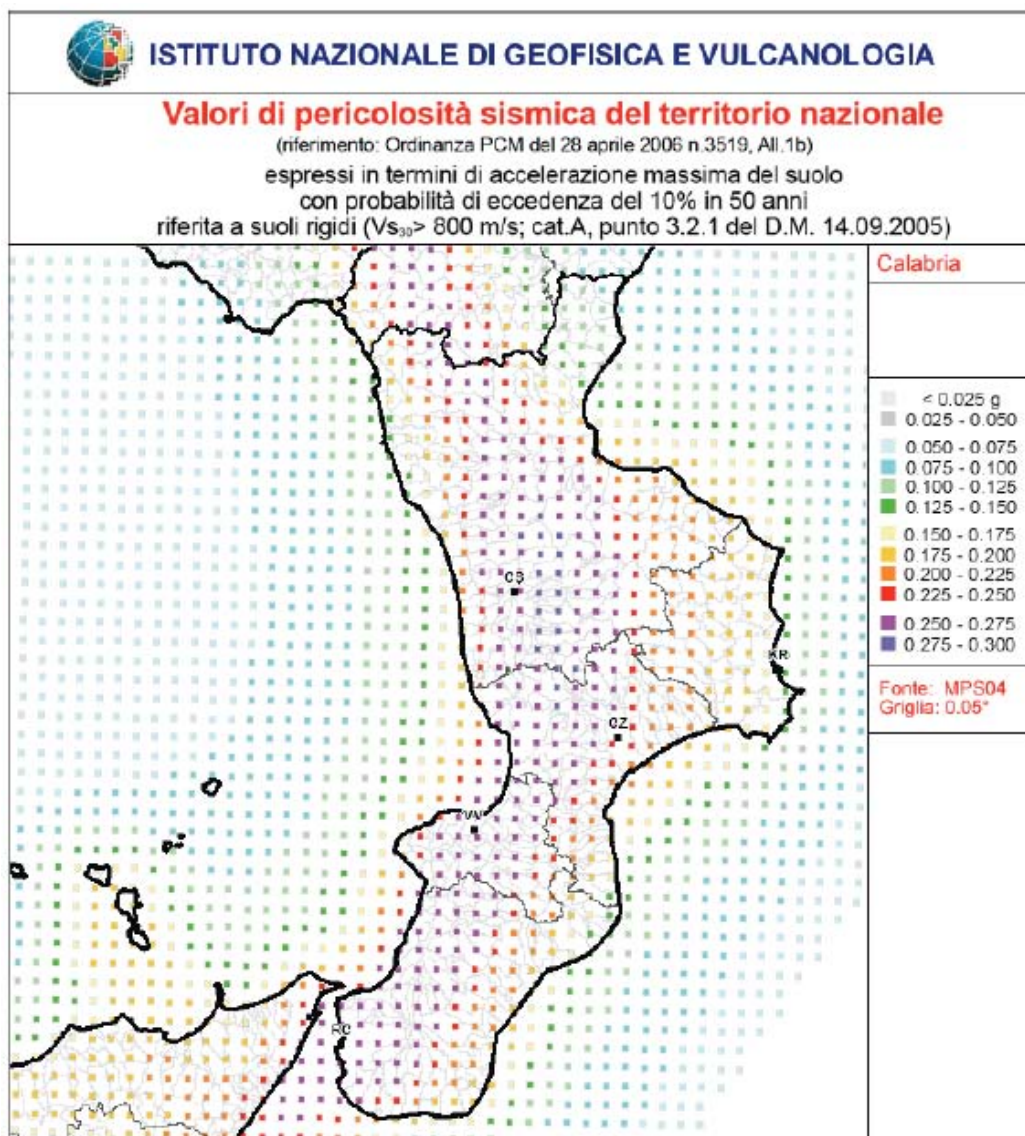


Fig. 4 - Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

Il territorio italiano è stato suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA:

- Zona 1 $ag = 0.35g$;
- Zona 2 $ag = 0.25g$;
- Zona 3 $ag = 0.15g$;
- Zona 4 $ag = 0.05g$;

L'accelerazione massima di riferimento per il Comune di Sangineto, ricadendo in zona 2, è pari a 0,25g

7. CARATTERI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA ESAMINATA

L'area interessata dal presente studio si colloca su di un terrazzo panoramico a dolce pendenza, ad una quota di circa 40 metri s. l. m.

Da un punto di vista geologico, i settori esaminati sono caratterizzati dall'affioramento di depositi conglomeratico-sabbiosi Pleistocenici, di origine fluviale e deltizia, costituiti da elementi eterogenei immersi in una abbondante matrice sabbiosa-limosa, con spessori variabili da pochi metri ad alcune decine; la parte superficiale, a causa dei processi di pedogenesi è spesso caratterizzata dalla presenza di profili di suolo bruno-rossastri.

In particolare, nell'area strettamente interessata si è constatata la presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi, subordinatamente limosi.

Più in generale, in base al rilevamento geologico di campagna eseguito, la geologia della zona può essere distinta da:

- una stretta fascia di depositi di spiaggia mobili, costituita da ciottoli, ghiaie e sabbie (Olocene);
- da un terrazzo di 1° ordine formato da depositi alluvionali di origine marina, superiormente ricoperti da sedimenti fluviali stabilizzati e fissati dalla vegetazione (Olocene);
- da un terrazzo morfologico costituito da conglomerati e sabbie del Pleistocene. (Formazione affiorante nell'area strettamente interessata)

Il rilievo di campagna effettuato, coadiuvato da un accurato studio fotointerpretativo e dall'analisi degli elaborati redatti dall'A.B.R. nell'ambito del P.A.I., ha permesso di riconoscere le forme ed i processi responsabili del modellamento del territorio e che possono concorrere all'instabilità dello stesso. Attualmente, si è potuto constatare che lo stato dei luoghi che caratterizza l'area strettamente interessata, è tale da non manifestare evidenti, rilevanti e significative particolarità morfogenetiche (tettoniche, franose ecc.), né tanto meno, condizioni o segni di dissesti e/o instabilità con fenomeni dislocativi o processi, in termini di dinamica evolutiva, in atto.

Per quanto riguarda l'aspetto idrologico dell'area non si rilevano strutture idrologiche significative. Le acque meteoriche superficiali e di dilavamento, che interessano direttamente

il sito, allo stato attuale vengono in parte assorbite dal terreno ed in parte dilavano in maniera diffusa nelle aree circostanti. Per ciò che riguarda le acque sotterranee, non si è riscontrata la presenza di circolazioni idriche fino alla profondità investigata.

Sarà necessario provvedere alla regimazione e alla canalizzazione delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale mediante specifiche opere di presidio idraulico da estendere adeguatamente attorno all'area d'interesse e riversarle a valle nel vicino impluvio o rete di smaltimento comunale, evitando che le stesse invadano il terreno di sedime.

8. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

Per la caratterizzazione del terreno di fondazione, è stata eseguita una campagna di indagini consistita nell'esecuzione di n°1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità di 20 m da p.c.a., n°1 prelievo di campione indisturbato sottoposto a prove di laboratorio (prova di taglio diretto), n°2 prospezioni sismiche di tipo M.A.S.W., n°1 prospezione sismica HVSR, n°3 prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH.

In base a tali prove, al rilevamento geologico ed a correlazioni indirette, è stato possibile ricostruire la stratigrafia del terreno a partire dal p.c. attuale sino alla profondità di circa 35 mt., che qui di seguito descrivo:

Prof.	Spess.	Litologia	Peso unità di Volume (γ) (Kg/m ³)	Angolo d'attrito (ϕ)	Coesione (c) (Kg/cm ²)	Vs (m/s)
0,5	0,5	Coltre di copertura	1600	24°	0	160
6,0	5,5	Sabbie ghiaiose subordinatamente limose	1870	29,5°	0,06	380
35,0	29,0	Sabbie ghiaiose	2100	31°	0	560

I dati scaturiti dalle indagini eseguite, hanno messo in evidenza la presenza in superficie di una coltre detritico-colluviale dello spessore di circa 0,5 m, poco consistente, che tende a comportarsi con mediocri o scadenti proprietà e caratteristiche tecnico-qualitative, essendo contraddistinto da un grado di addensamento, compattezza e consistenza tipico dei materiali pseudo-coerenti o sciolti. In generale, è quindi necessario segnalare che il primo pacco di materiale deve essere considerato quello meno affidabile, in termini fisico-meccanici e quindi geotecnici e di stabilità per cui, un suo eventuale interesse diretto, circa un utilizzo come terreno di fondazione, è certamente da sconsigliare. In assoluto, è pertanto necessario che il piano di fondazione sia fissato e previsto adeguatamente al di sotto di tale materiale.

9. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

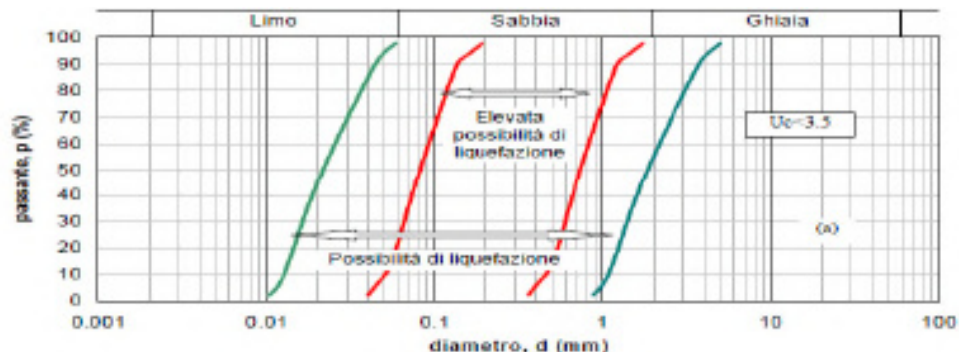
Le “Norme tecniche per le costruzioni” del 2018 (D.M. 17.01.2018), al § 7.11.3.4, “Stabilità nei confronti della liquefazione”, forniscono la seguente definizione nei riguardi di tale possibile manifestazione: “fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate”.

Ciò avviene quando la pressione dell’acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie, ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine lino-argillosa. In riferimento al § 7.11.3.4.2, “Esclusione della verifica a liquefazione”, della sopracitata normativa, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

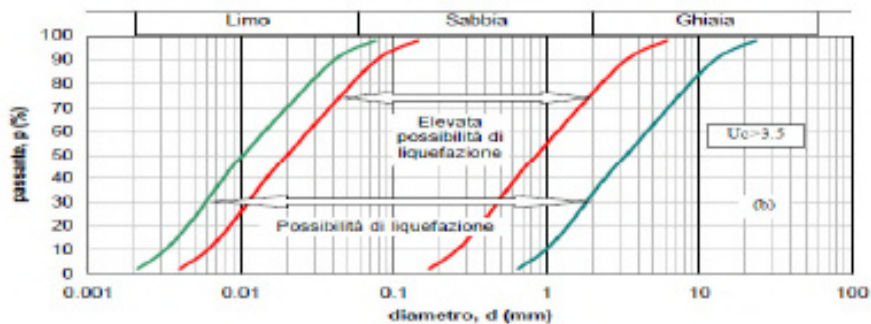
1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche

statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



a. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ (da AGI, 2005).



b. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (da AGI, 2005).

Nel caso dell'area in esame, in base alle caratteristiche litologiche-stratigrafiche, e non essendo state riscontrate circolazioni idriche fino alla profondità investigata (-20 m da p.c.a.) non sussistono le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione.

10. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto emerso e trattato in precedenza, si può affermare che lo studio condotto è stato finalizzato all'accertamento delle caratteristiche attuali di stabilità, delle porzioni di aree interessate al progetto descritto in premessa, nonché al reperimento dei parametri geotecnici di base su cui basare i calcoli per il dimensionamento e la verifica delle strutture.

L'indagine ha permesso di verificare e riconoscere la natura e l'assetto geo-lito-stratigrafico, idrogeologico, morfologico e strutturale dei luoghi studiati. Sulla scorta di tali informazioni e dati è stato quindi possibile stabilire quanto segue:

- L'area interessata dal presente studio si colloca su di un terrazzo panoramico a dolce pendenza, ad una quota di circa 40 metri s. l. m.
- Da un punto di vista geologico, si rinviene la presenza di litologie ascrivibili alla formazione dei Conglomerati e sabbie del Pleistocene;
- Il rilievo di campagna effettuato, ha permesso di constatare che attualmente lo stato dei luoghi che caratterizza l'area strettamente interessata, è tale da non manifestare evidenti, rilevanti e significative particolarità morfogenetiche, né tanto meno, condizioni o segni di dissesti e/o instabilità con fenomeni dislocativi o processi, in termini di dinamica evolutiva, in atto.
- In riferimento alla pericolosità sismica di base, è possibile classificare l'area di studio come di Categoria **B** (Categoria di sottosuolo); inoltre, considerate le pendenze che caratterizzano l'area in esame, la stessa rientra nella categoria **T1** (Categoria topografica);

Alla luce di quanto sopra esposto, ed al fine di garantire le condizioni di sicurezza sia in fase di esecuzione dei lavori che di esercizio dell'opera, si riportano le seguenti disposizioni cui attenersi:

- Si dovrà rispettare e preservare l'attuale assetto topomorfologico, adeguando l'intervento alla locale situazione e quindi rendendo reciprocamente compatibile il binomio struttura-luoghi, soprattutto in merito ad eventuali opere di sbancamento.
- Tali lavori comunque, dovranno essere previsti e realizzati in maniera tale da non alterare l'attuale stato di equilibrio geostatico.
- Si dovrà operare in funzione di non creare tagli verticali o sbancamenti non protetti.

-
- Si dovrà prevedere di rendere efficace il controllo, la regimazione ed il disciplinamento delle acque di ruscellamento superficiale e d'infiltrazione, mediante specifiche opere di presidio idraulico (vespai, canalizzazioni ecc) da estendere adeguatamente attorno all'area d'interesse, con il loro recapito fino agli elementi naturali e/o artificiali più vicini e sicuri, evitando che le stesse invadano il terreno di sedime.
 - Durante l'esecuzione dei lavori, si dovranno valutare le caratteristiche geologiche e litologiche dei materiali rinvenuti, al fine di rilevare l'eventuale presenza di anomalie; per cui si ritiene necessaria la periodica presenza del geologo sul cantiere.

In conclusione, in base alle indagini geologiche e morfologiche eseguite, le aree risultano idonee per lo scopo proposto, tenendo conto di tutte le considerazioni tecnico-geologiche descritte precedentemente. In ogni caso risulta di estrema importanza valutare, nel corso di realizzazione delle opere, la puntuale corrispondenza delle condizioni dei terreni, così come prescritto dal D.M. 11/03/1988.

IL GEOLOGO

Dott. Giuseppe Grosso Ciponte

ALLEGATI

INDAGINI

INDAGINI GEOGNOSTICHE

COMUNE di SANGINETO (CS)



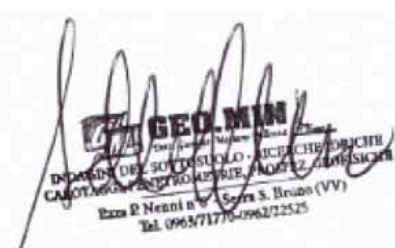
Lavori di adeguamento sismico e di riqualificazione dell'edificio scolastico comunale scuola materna ed elementare di Viale "Le crete"

Comm.te: **Dott. Geol. Giuseppe Grosso Ciponte**



INDAGINI DEL SOTTOSUOLO - RICERCHE IDRICHE
CAROTAGGI, PENETROMETRIE, PROSPEZ. GEOFISICHE

P.zza P. Nenni n°6 Serra S. Bruno (VV) Tel. 0963/71770-0962/22525
P. IVA 00940410798



P R E M E S S A

Relativamente alla commessa dello Spett.le Dott. Geol. Giuseppe Grosso Ciponte, in ottemperanza del Decreto Ministeriale dell'11 marzo 1988 (Norme tecniche riguardo le indagini su terreni e rocce.....) e del Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 (nuove norme tecniche per le costruzioni.....), la sottoscritta Ditta "GEO.MIN di Bellezza Dott. Mariano" (sede in Serra San Bruno, P.zza Nenni 6 - P. iva 00940410798 - Reg. Imprese n°136448), ha eseguito una campagna d'indagini geognostiche all'interno del comprensorio comunale di Sanginetto Lido (CS), piu' precisamente in corrispondenza della scuola materna ed elementare sita lungo Viale "Le Crete".

Lo scopo è stato quello di accertare la successione stratigrafica dei terreni sostanti nel sottosuolo del sito nonche' le caratteristiche geomeccaniche di essi.

In sintesi, i tipi di indagini effettuate sono consistite in:

- N° 1 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo;
- N° 1 prelievi di campioni di terreno;
- N° 4 misure freaticometriche.
- N° 4 prove penetrometriche tipo SPT.

Le risultanze sono leggibili sugli allegati grafici riportati nelle pagine a seguire.

METODOLOGIA E TIPOLOGIA D'INDAGINE

Il sondaggio del terreno (in tal caso denominato S1) e' stato eseguito con attrezzatura a rotazione e carotaggio continuo (diametro del carotiere di 101 mm), spinto fino a profondita' di un massimo di mt.20,00 dal piano campagna ed ubicato, per quanto possibile compatibilmente con lo stato dei luoghi, in posizione tale da corrispondere con i punti opportunamente segnalati dal Progettista ovvero in modo da ottenere il maggior numero di informazioni possibile riguardo gli intenti programmatici.

Come macchina operatrice e' stata utilizzata una sonda a rotazione cingolata modello "FRASTE MULTIDRILL ML" aventi le seguenti principali caratteristiche tecniche:

"FRASTE MULTIDRILL ML"

- Coppia torcente di rotazione pari a 200 Kgxmt
- Motore Diesel di CV 45
- Corsa di avanzamento della testa di rotazione di 3000 mm
- Pompa di circolazione fanchi a pistoni
- Aste di perforazione in acciaio con diametro esterno di 76 mm e lunghezza di 1500 mm.
- Carotiere semplice di lunghezza pari a 1800 mm
- Corona di tipo incastonato con prismi in Widia.

Al termine della perforazione, previo freatimetro dotato di opportuno segnalatore acustico (freatimetro SUNDA da 100 mt), sono state effettuate alcune misure freatimetriche (dopo un intervallo di oltre 24 ore) che hanno confermato l'assenza idrica nel sottosuolo fino alla massima profondita' indagata dall'attuale piano campagna.

Ai fini di una caratterizzazione fisico-meccanica in situ, nel corso del sondaggio, in virtú' della litologia riscontrata, sono stati anche prelevati N° 1 campioni alla profondita' di 1.5 (S1) metri dal piano campagna ed eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Tests (tipo S.P.T.)

Per le penetrometrie si e' utilizzata attrezzatura modello "Nenzi" con peso del maglio di 63.5 Kg ed altezza di caduta libera di esso di 76 cm .

In tal caso, la scarpa del campionatore anziche' aperta (campionatore Raymond), e' stata sostituita con punta conica dal diametro esterno di 51 mm ed apertura a 60 gradi .

(vedi illustrazione sullo schema stratigrafico).

LA DITTA

GEO.MIN di Bellezza Dott. Mariano

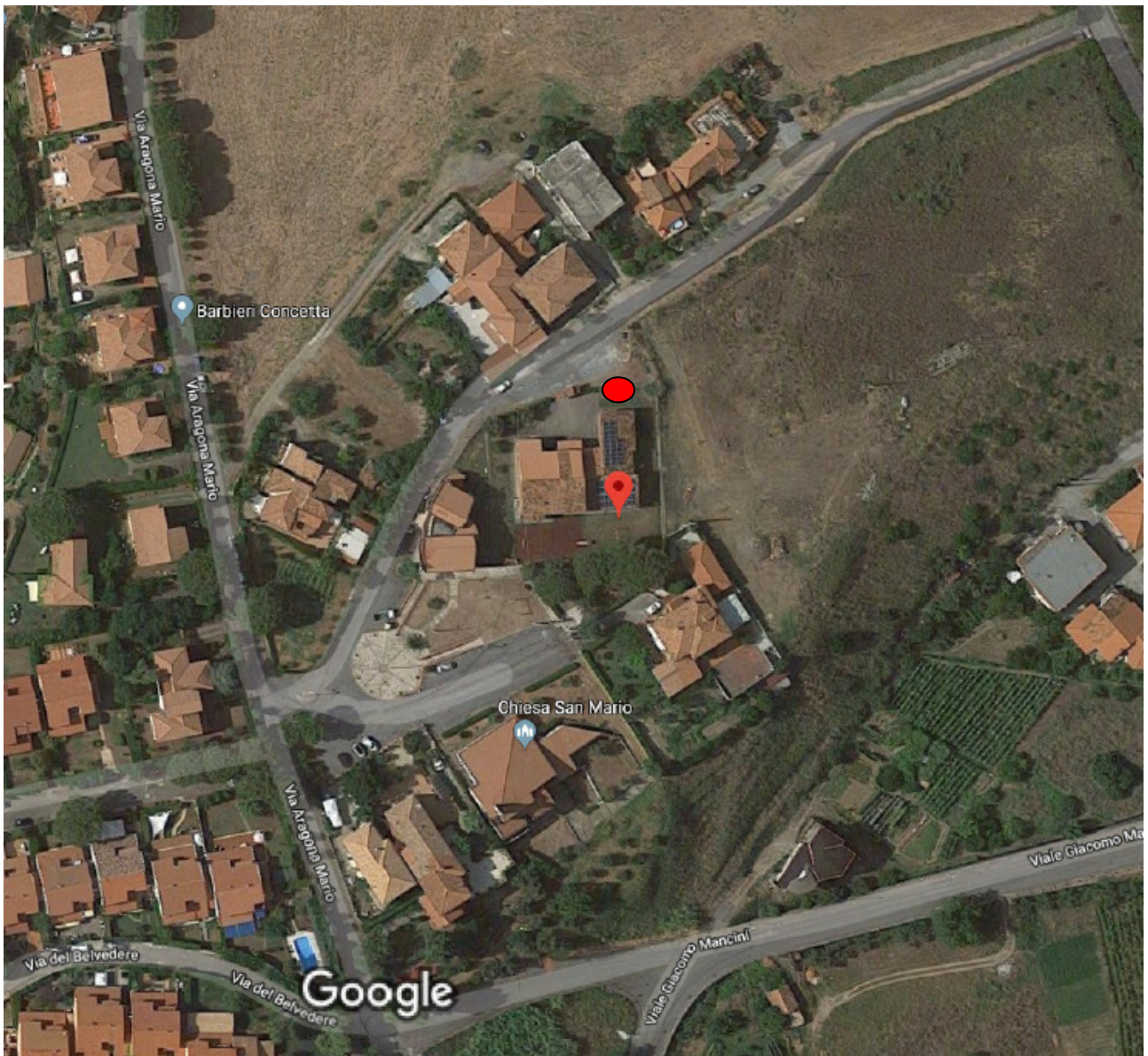


ALLEGATI

Ubicazione punto d'indagine

Stratigrafia e prove in situ

Risultati prove laboratorio



● UBICAZIONE PUNTO D'INDAGINE


 INDAGINI DEL SOTTOSUOLO-RICERCHE IDRICHE
 CAROTAGGI-PENETROMETRIE-PROSPEZIONI GEOFISICHE
 P.zza Nenni 6, Serra S. Bruno (VV) Tel. 0963/71770-0962/22525

SONDAGGIO N° 1
COMUNE: Sangineto (CS)

LOCALITA': "Lido"

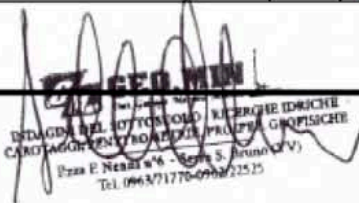
COMMITTENTE: Dott. Geol. Grosso Ciponte

MET. DI PERFORAZ.: Rotazione e carotaggio continuo

DATA 17-mag-19

mt.	Prof.	Spes.	Acqua	Piez.	Litologia	DESCRIZIONE	Camp.	S.P.T.	N
1	0,5	0,5			✓✓✓	Suolo geopedologico	1,2 mt		
2							C1		
3									
4						Sabbie talora ghiaiose con intercalazioni di piccoli ciottoli a spigoli vivi di chiara origine metamorfica.	3,6-4,05mt		
5						Subordinatamente limose, presentano a piu' riprese livelli clastici decimetrici a consistenza litoide.	6-6-9		15
6						Di colore variabile tra il rosato e l'avanastro, presentano consistenza medio-densa.			
7							6,2-6,65mt		
8							9-10-13		23
9									
10									
11									
12									
13							13,0-13,45mt		
14							13-18-22		40
15									
16									
17									
18									
19							19,5-19,95mt		
20	20,0	19,5					26-32-45		77

 A
S
S
E
N
T
E


GEO.MIN
 INDAGINI DEL SOTTOSUOLO-RICERCHE IDRICHE
 CAROTAGGI-PENETROMETRIE-PROSPEZIONI GEOFISICHE
 P.zza E. Nenni n°6 - Serra S. Bruno (VV)
 Tel. 0963/71770-0962/22525

QUADRO RIASSUNTIVO DEI RISULTATI DELLE PROVE

Committente: Dott. Geol. Giuseppe Grosso Ciponte	
Cantiere: Scuola Materna ed Elementare	Località: Sanginetto Lido -CS
Campione: S1	
Profondità: da 1,20 m a 1,70 m	Data inizio prove: 27/05/2019
Descrizione visiva del terreno: Sabbia subordinatamente limosa	

CARATTERISTICHE FISICHE DEL CAMPIONE:

Contenuto d'acqua (%)	22	Frazione ghiaiosa (> 2 mm)	%
Peso specifico (g/cmc)	2,65	Frazione sabbiosa (0,06 – 2 mm)	%
Peso di volume (g/cmc)	1,87	Frazione limosa (0,002 – 0,06 mm)	%
Indice dei vuoti	0,73	Frazione argillosa (< 0,002)	%
Peso di volume secco (g/cmc)	1,53		
Grado di saturazione	80		
Porosità (%)	42		

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CAMPIONE:

Tipo di prova: PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Norma di riferimento: Norma ASTM D 3080
$C' = 0,06 \text{ Kg/cm}^2$ $\varphi' = 29^\circ,5$



GEO. MIN
Dott. Giuseppe Grosso Ciponte
INDAGINI DEL SOTTOSUOLO - LAVORI GEOTECNICI
CAROTAGGI, PENETROMETRIE, PROPEZ. GEOFISICHE
Via E. Nessi n°6 - Serra S. Bruno (VV)
Tel. 0963/71770-0963/22523

Tipo di prova: PROVA DI TAGLIO DIRETTO	
Norma di riferimento: Norma ASTM D 3080	
Committente: Dott. Geol. Giuseppe Grosso Ciponte	
Cantiere: Scuola Materna ed elementare	Località: Sanginetto Lido (CS)
Sondaggio: S1	Campione: C1
Profondità: da 1,20 m a 1,70 m	

Provino n°	1		2		3	
	Iniziali	Finali	Iniziali	Finali	Iniziali	Finali
Altezza (mm)	20	18,46	20	18,19	20	17,72
Lato (mm)	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Volume (cmc)	72,00	66,46	72,00	65,48	72,00	63,79
Peso umido (g)	141,4	146,78	141,16	127,40	141,31	128,70
Peso secco (g)		116,28		101,6		104,1


Velocità di deformazione (mm/min): 0.005

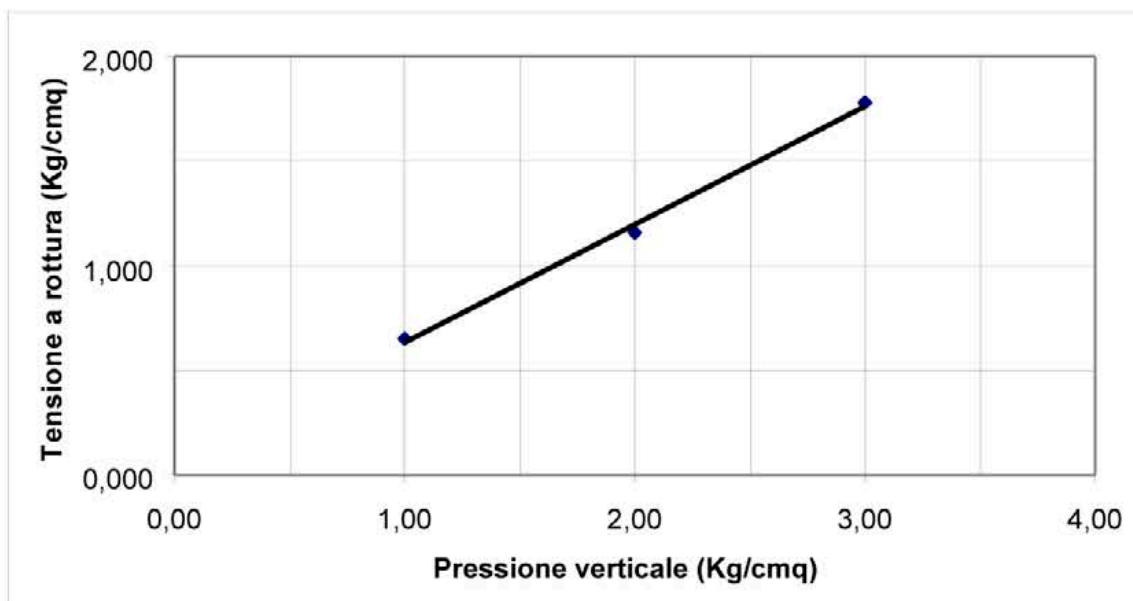
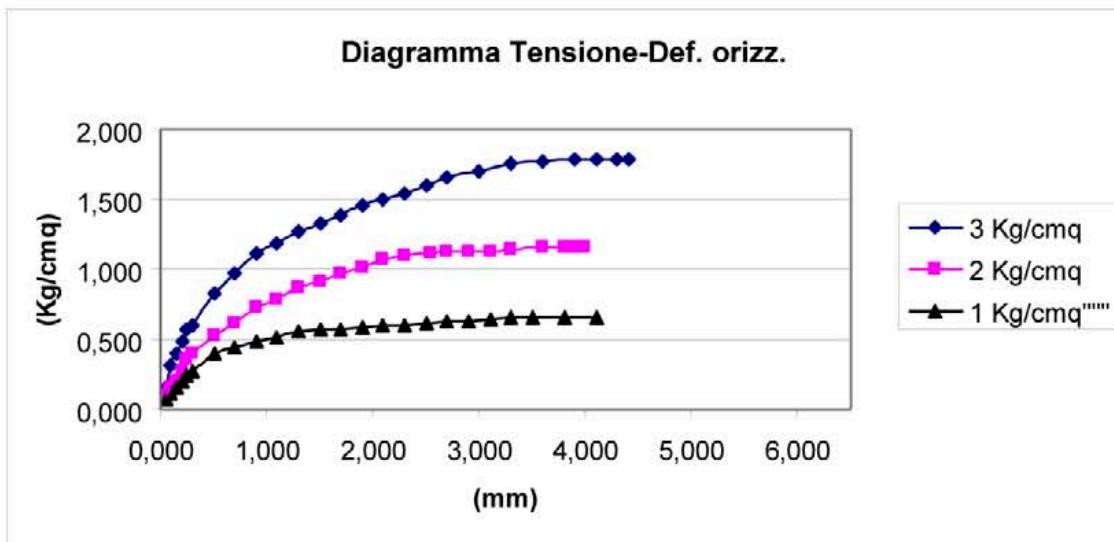
n. Provino	Consolidazione			Rottura			
	Tens. Vert.	Tempo	dH	Tens. Vert.	Sv	Sh	Tens. T.
	kg/cmq	ore	mm	Kg/cmq	mm	mm	Kg/cmq
1	1	24	1,54	1,0	0,300	3,30	0,65
2	2	24	1,81	2,0	0,230	3,60	1,160
3	3	24	2,28	3,0	0,390	3,60	1,783


GEO MIN
DOTTORATO DI SOFISTICAZIONE - INGEGNERIA
CAROTAGGI - PENETROMETRIE - PROPEZ. GEOFISICHE
Ezio P. Nenni s.r.l. - Serra S. Bruno (VV)
Tel. 0963/71770-0962/22525

DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI PROVA

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
Sh (mm)	Sv (mm)	An. Din micr.	Res. T Kg/cmq	Sh (mm)	Sv (mm)	An. Din. micr.	Res. T Kg/cmq	Sh (mm)	Sv (mm)	An. Din. micr.	Res. T Kg/cmq
0.050	0.010	13	0.070	0.050	0.000	18	0.098	0.050	0.000	29	0.157
0.100	0.020	22	0.119	0.100	0.000	28	0.152	0.100	0.030	57	0.309
0.150	0.030	30	0.163	0.150	0.020	38	0.206	0.150	0.020	75	0.406
0.200	0.040	36	0.195	0.200	0.030	50	0.271	0.200	0.030	89	0.482
0.250	0.050	46	0.249	0.250	0.040	65	0.352	0.250	0.050	105	0.569
0.300	0.060	50	0.271	0.300	0.050	73	0.396	0.300	0.060	111	0.602
0.500	0.080	74	0.401	0.500	0.070	98	0.531	0.500	0.090	153	0.829
0.700	0.120	82	0.444	0.700	0.090	113	0.612	0.700	0.150	178	0.965
0.900	0.140	89	0.482	0.900	0.110	134	0.726	0.900	0.190	205	1.111
1.100	0.160	95	0.515	1.100	0.120	145	0.786	1.100	0.220	218	1.181
1.300	0.180	103	0.558	1.300	0.130	160	0.867	1.300	0.240	235	1.274
1.500	0.200	105	0.569	1.500	0.140	168	0.910	1.500	0.260	244	1.322
1.700	0.220	106	0.574	1.700	0.150	178	0.965	1.700	0.280	255	1.382
1.900	0.240	108	0.585	1.900	0.160	187	1.013	1.900	0.290	270	1.463
2.100	0.250	110	0.596	2.100	0.170	199	1.078	2.100	0.310	276	1.496
2.300	0.260	112	0.607	2.300	0.180	203	1.100	2.300	0.330	284	1.539
2.500	0.270	114	0.618	2.550	0.190	206	1.116	2.500	0.350	296	1.604
2.700	0.270	116	0.629	2.700	0.200	207	1.122	2.700	0.360	306	1.658
2.900	0.280	117	0.634	2.900	0.200	208	1.127	3.000	0.370	315	1.707
3.100	0.290	118	0.639	3.100	0.210	209	1.133	3.300	0.380	324	1.756
3.300	0.300	120	0.650	3.300	0.220	212	1.149	3.600	0.390	328	1.778
3.500	0.310	120	0.650	3.600	0.230	214	1.160	3.900	0.390	329	1.783
3.800	0.310	120	0.650	3.800	0.230	214	1.160	4.100	0.390	329	1.783
4.100	0.310	120	0.650	3.900	0.230	214	1.160	4.300	0.390	329	1.783
				4.000	0.230	214	1.160	4.400	0.390	329	1.783


GEO MIN
 INDAGINI DEL SUOLO - Ricerche Idriche
 CAROTAGGIO PENETROMETRIE / PROSP. GEOFISICHE
 (Serra S. Bruno (VV) - Crotona)
 Tel. 0963/71770-0962/27525



PROSPEZIONI SISMICHE M.A.S.W.

Nel sito in oggetto sono state effettuate n°2 prospezioni sismiche di tipo M.A.S.W. finalizzate alla determinazione del valore di Vs equivalente.

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il

legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

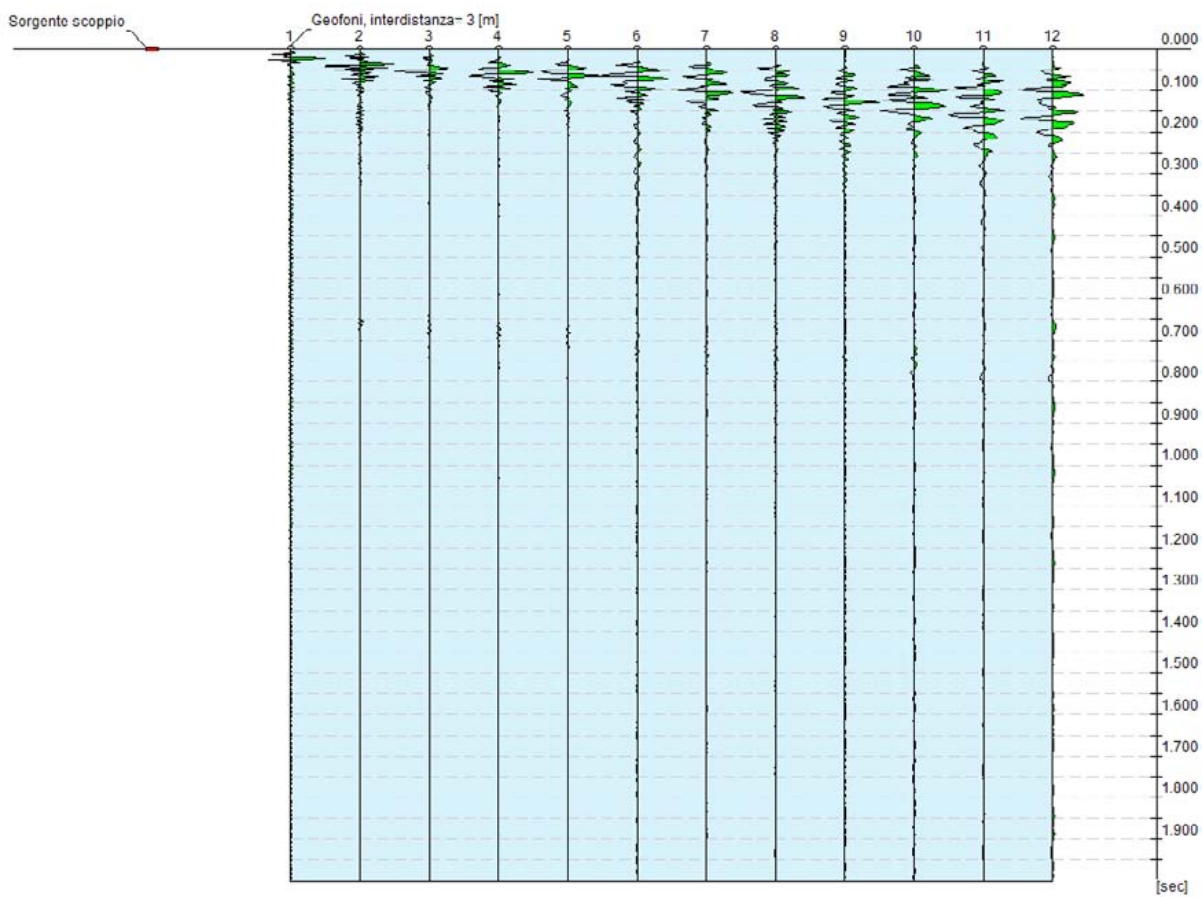
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Tracce

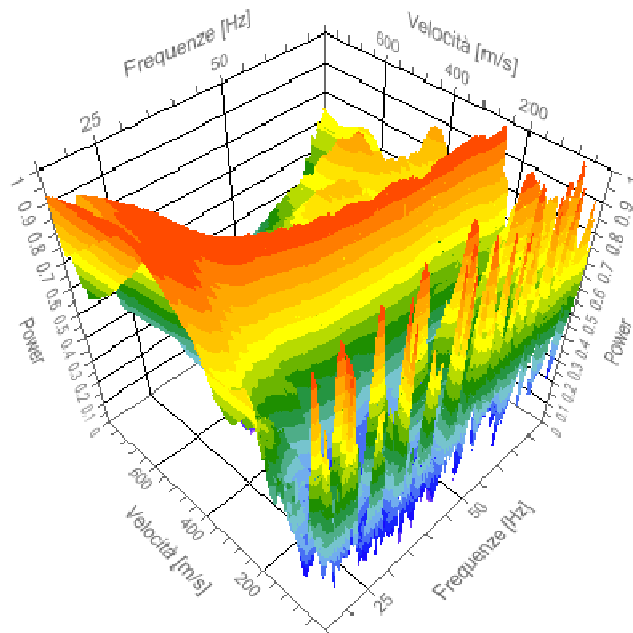
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	2.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	15
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	75
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

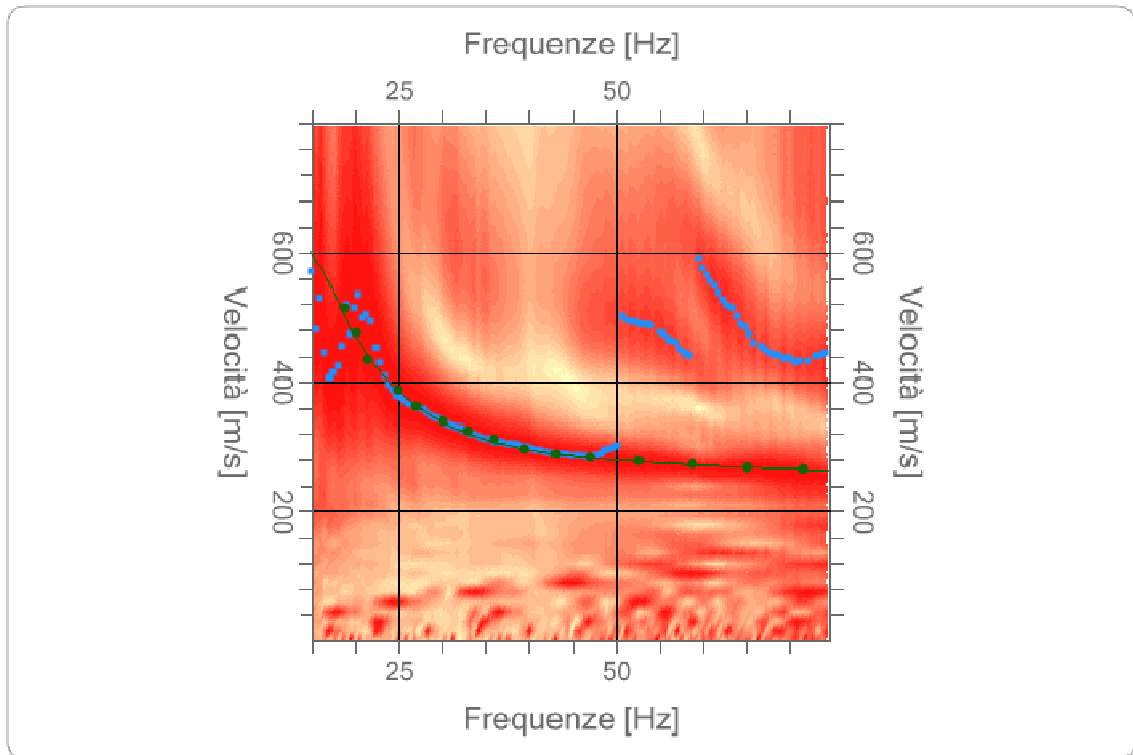
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	18.7	514.4	0
2	20.1	476.0	0
3	21.5	434.8	0
4	24.8	388.1	0
5	27.0	363.4	0
6	30.1	341.5	0
7	33.0	325.0	0
8	36.0	311.3	0
9	39.5	297.5	0
10	43.2	289.3	0
11	47.0	283.8	0
12	52.5	278.3	0
13	58.7	272.8	0
14	65.0	267.3	0
15	71.5	264.6	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vs [m/sec]
1	0.4	0.4	1800.0	0.3	160.0
2	6.0	5.6	1800.0	0.3	380.0
3	35.0	29.0	1800.0	0.3	560.0

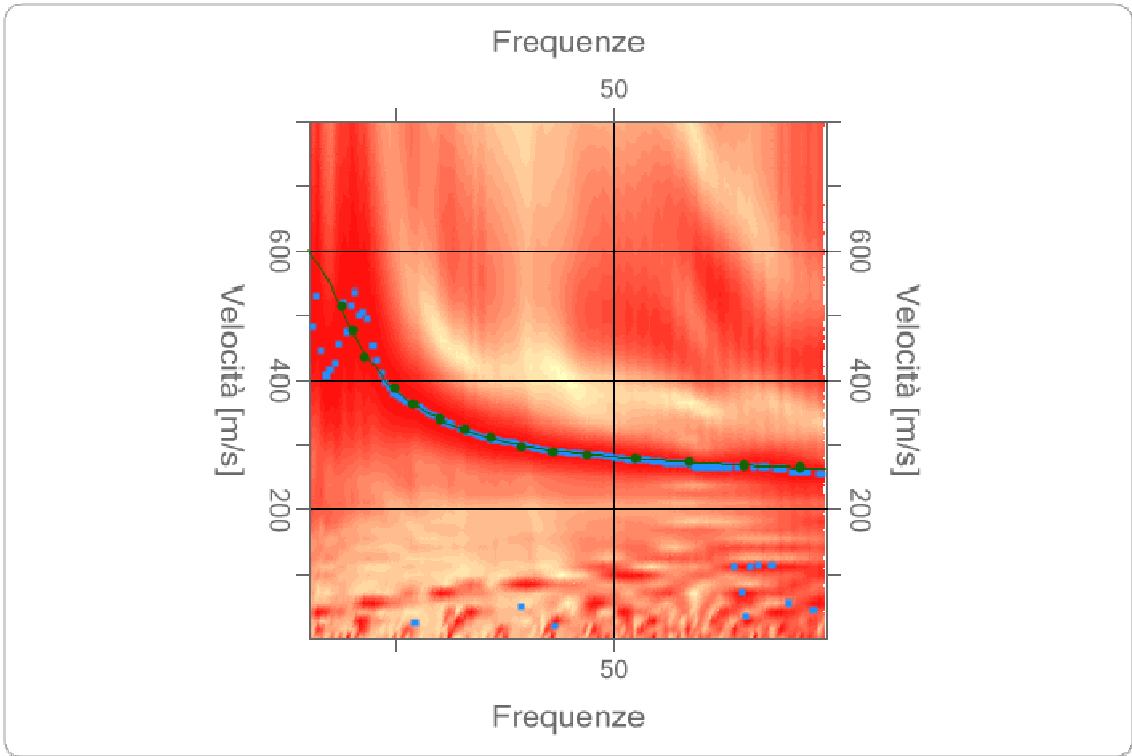
Percentuale di errore

0.003 %

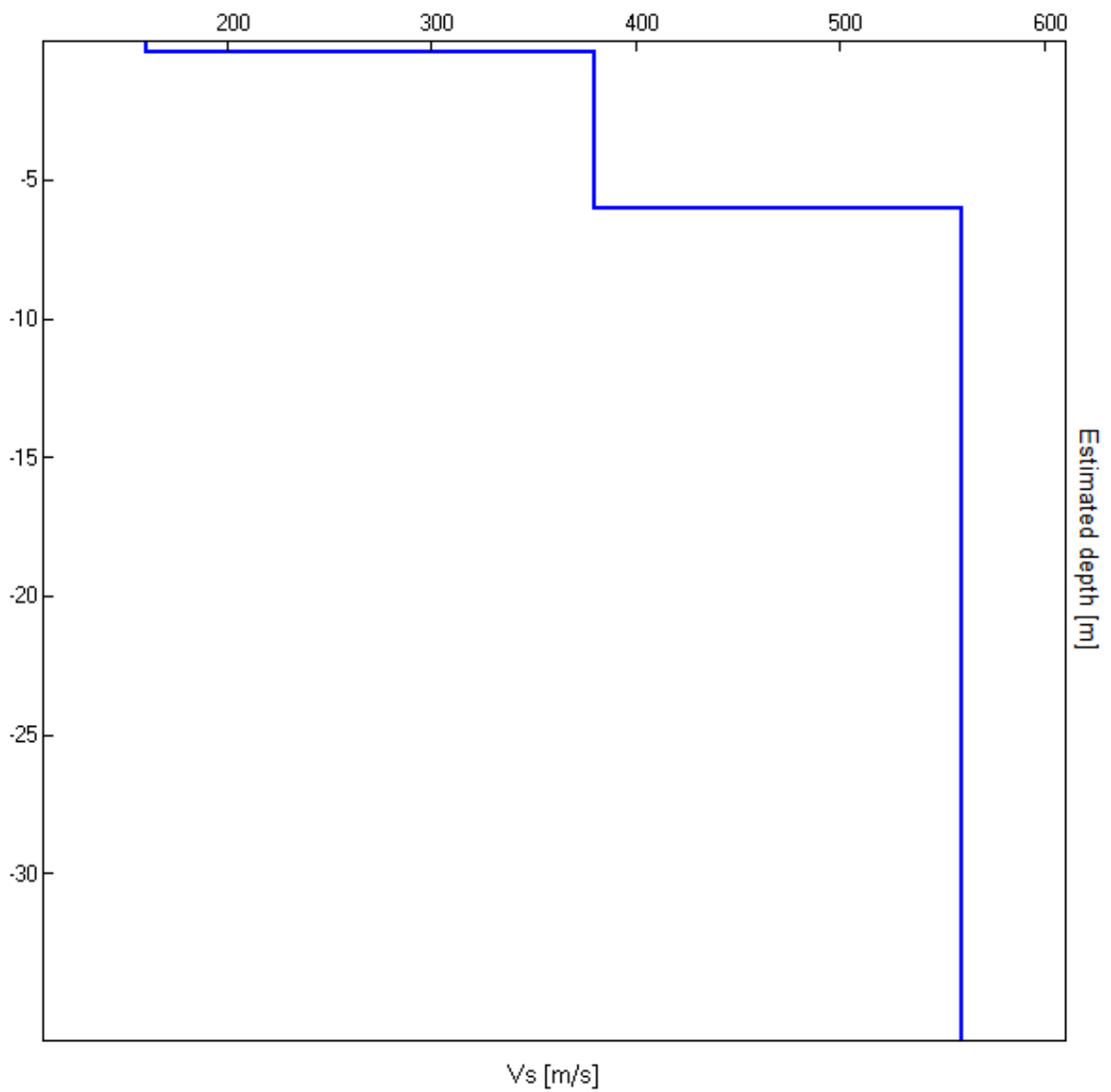
Fattore di disadattamento della soluzione

0.005

Inversione



Profilo di velocità

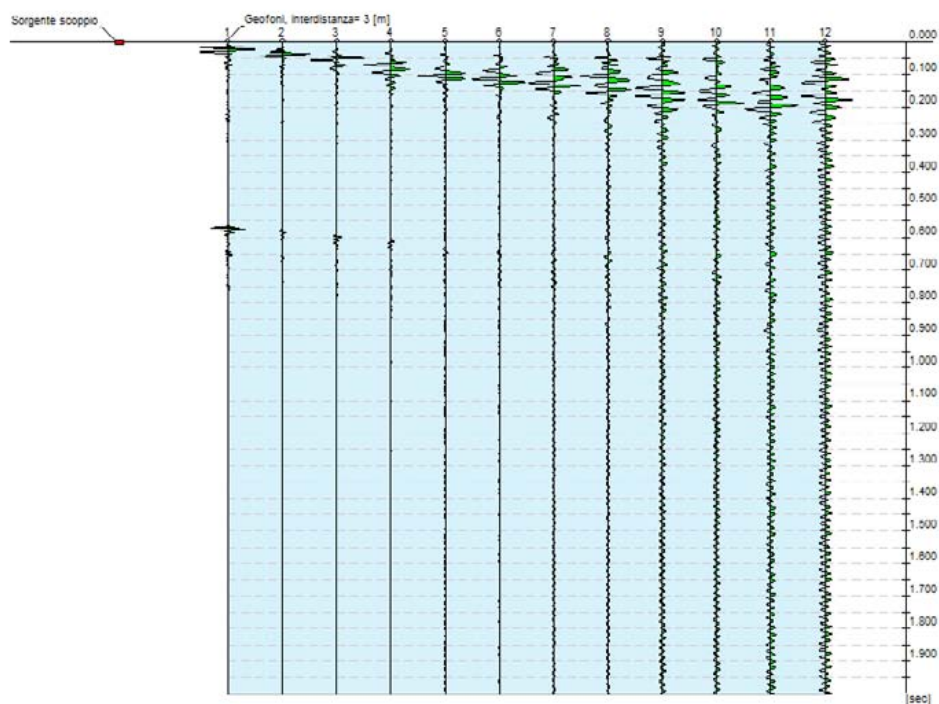


Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.25
$V_{s,eq}(H=30)$ [m/sec]	520.93
Categoria del suolo	B

Tracce

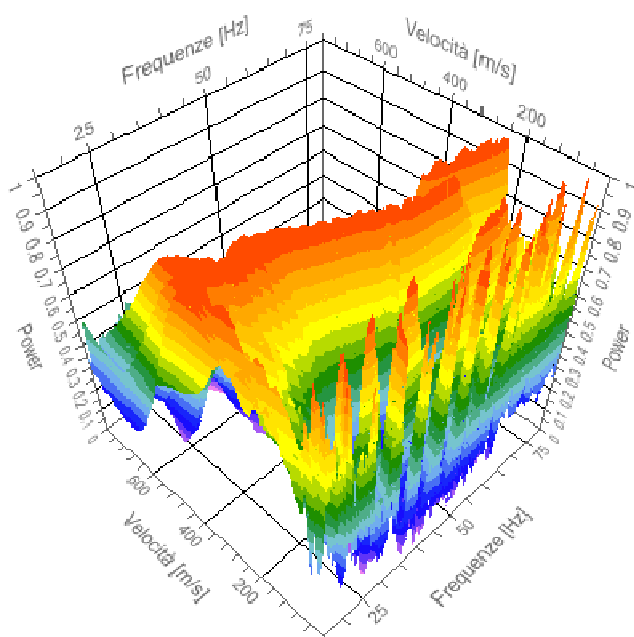
N. tracce	12
Durata acquisizione	2000.0
[msec]	
Interdistanza geofoni	3.0
[m]	
Periodo di campionamento	1.00
[msec]	



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	15
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	80
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

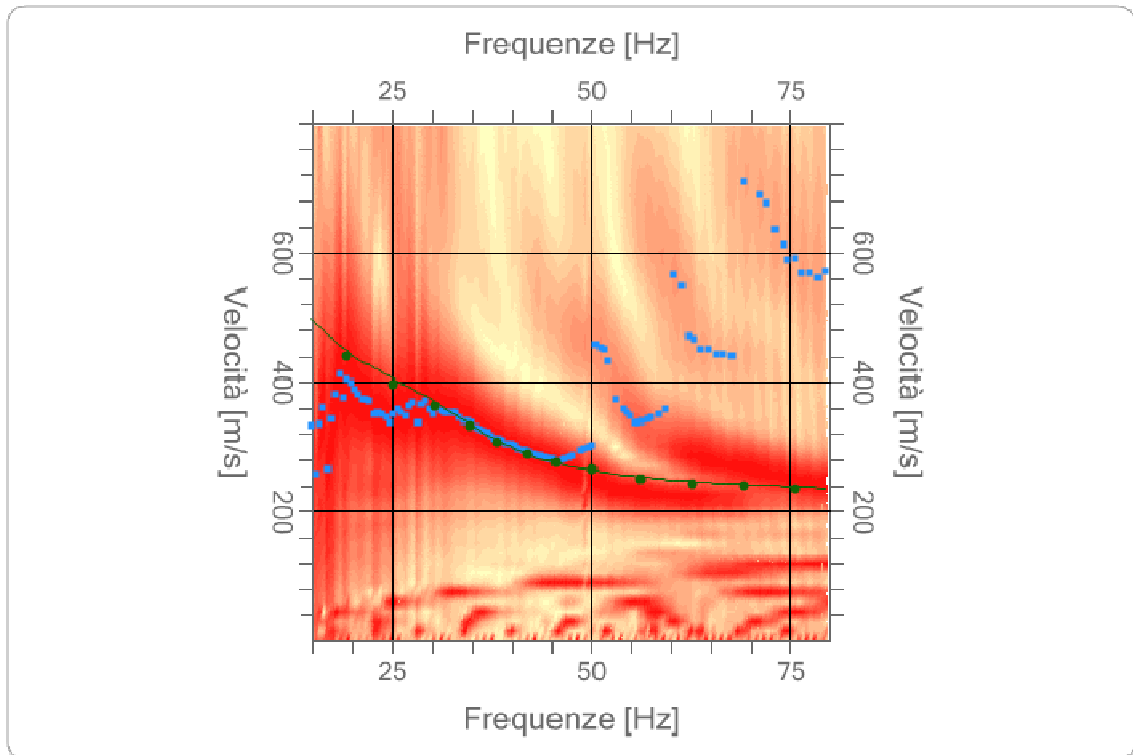
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	19.2	440.3	0
2	25.2	396.4	0
3	30.3	363.4	0
4	34.8	333.2	0
5	38.4	305.8	0
6	42.1	289.3	0
7	45.7	275.6	0
8	50.1	264.6	0
9	56.1	250.9	0
10	62.6	242.6	0
11	69.3	239.9	0
12	75.7	234.4	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vs [m/sec]
1	0.50	0.50	1800.0	0.3	170.0
2	6.50	6.00	1800.0	0.3	340.0
3	35.00	28.50	1800.0	0.3	580.0

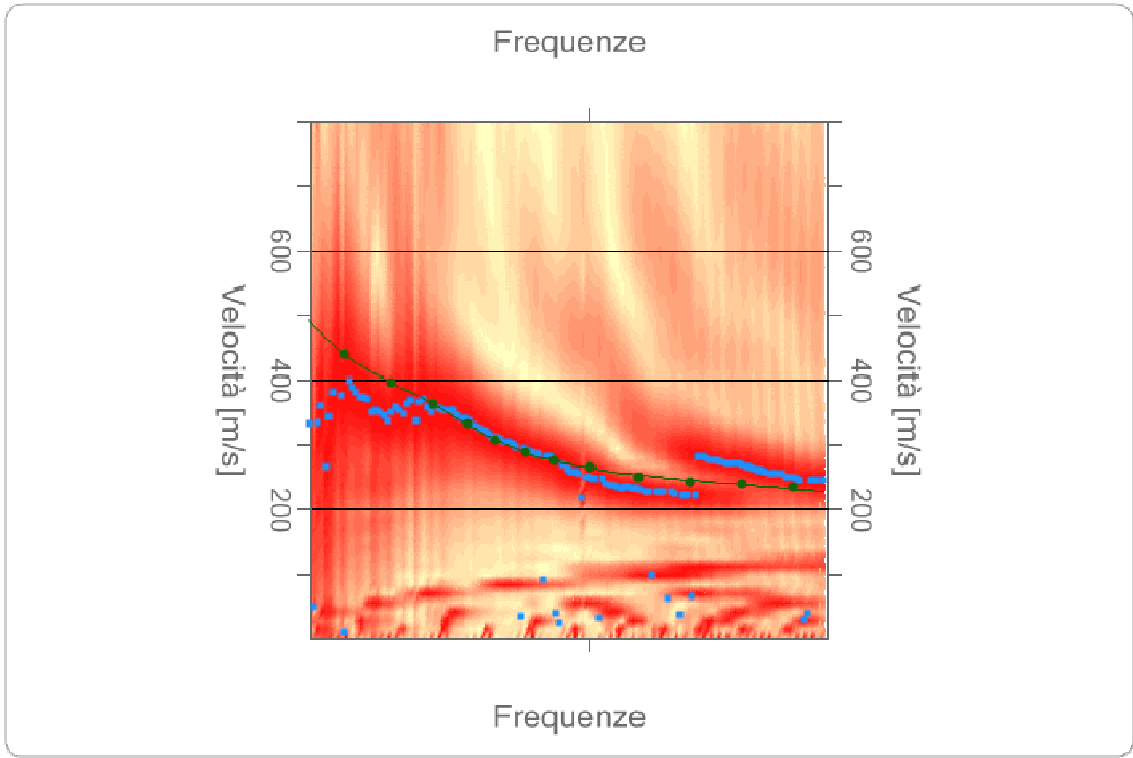
Percentuale di errore

0.003 %

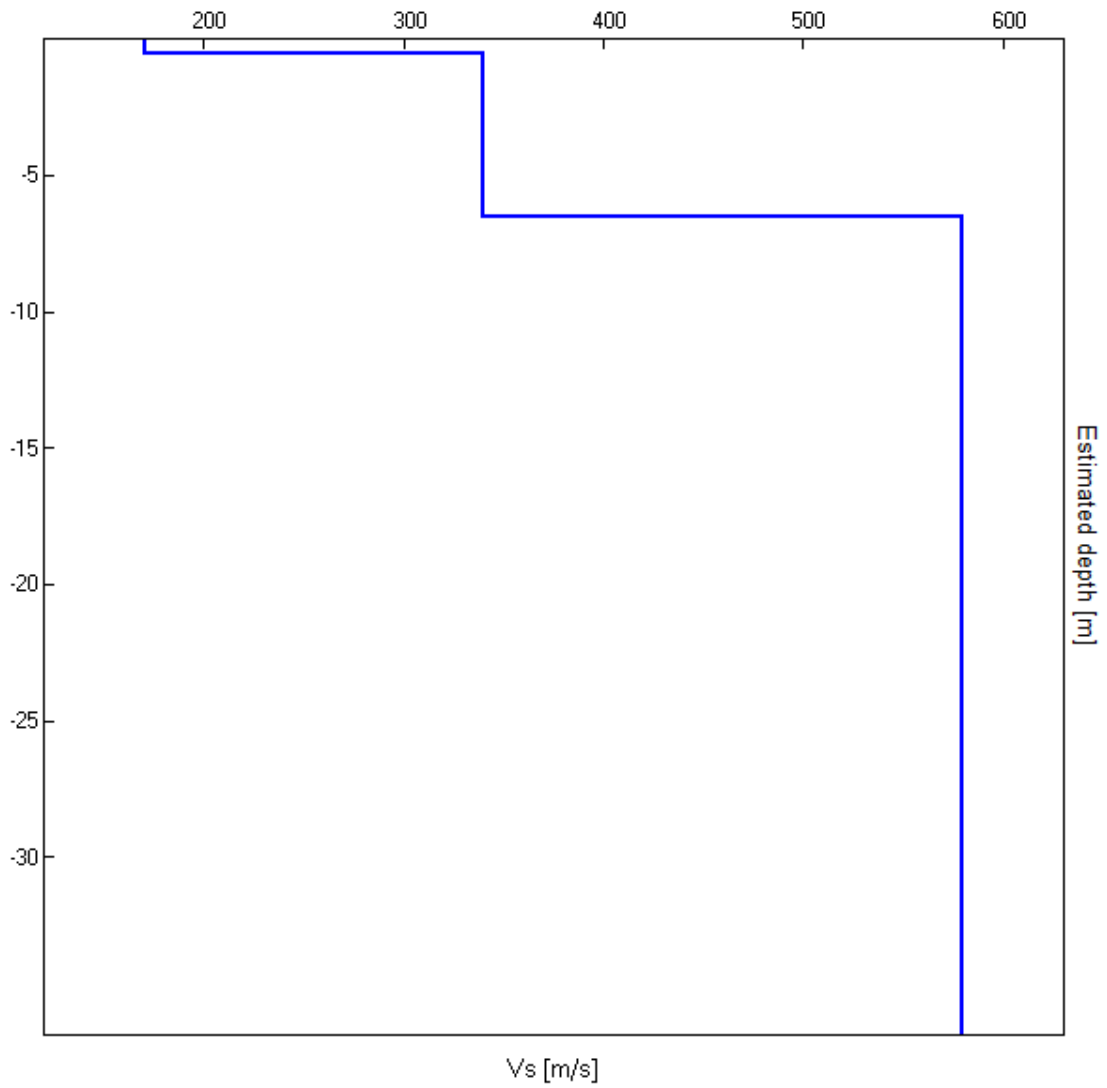
Fattore di disadattamento della soluzione

0.007

Inversione



Profilo di velocità



Risultati

Profondità piano di posa [m]	1.25
$V_{s,eq}(H=30)$ [m/sec]	516.23
Categoria del suolo	B

PROSPEZIONE SISMICA HVSR

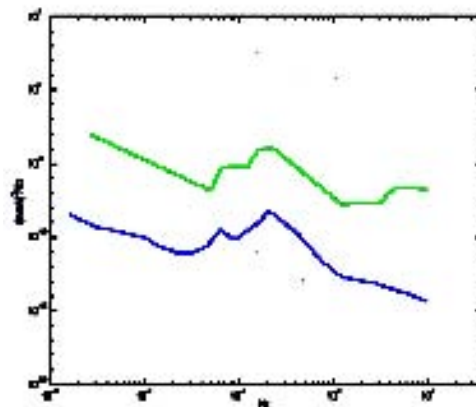
Nel sito in oggetto è stata effettuata una misura del microtremore ambientale con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Lo strumento (TROMINO[®], 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128Hz.

Sorgente del rumore

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ($10\text{--}15 \text{ [m/s}^2\text{]}^2$ in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale, in assenza di vento e nel caso in cui il terreno sia roccioso e pianeggiante, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in figura a lato, dove la curva bassa rappresenta il rumore di fondo "minimo" di riferimento secondo il servizio geologico statunitense (USGS) mentre la curva superiore rappresenta il "massimo" di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche.



Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

Effetti di percorso

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che, se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di "ray tracing", è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazione. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste è la tecnica dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR.

Definizioni e Tecnica Impiegata

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

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

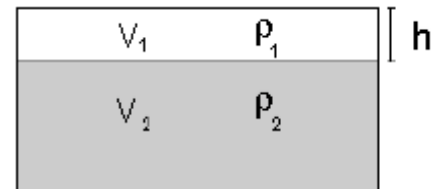
E' ampiamente riconosciuto che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico. Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D).

Considerando un sistema in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2), un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato. In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a

$$fr = V_{P1}/(4 h) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$fr = V_{S1}/(4 h) \quad [2]$$



Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati. Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per il contenuto in frequenza, la risposta strumentale e l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Rileviamo inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994). Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

L'applicabilità pratica della semplice formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (Gallipoli et al., 2000; Mucciarelli e Gallipoli, 2001; Castellaro et al., 2005).

Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (si veda Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999). In questo lavoro i segnali saranno analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali HVSR ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, come in Mulargia e Castellaro (2006).

Procedura di analisi dati

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

- le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione a TROMINO[®], secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), con parametri:
 - a. larghezza delle finestre d'analisi 20 s;
 - b. lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
 - c. rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore a 2;
 - d. rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

Le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula [3] in cui “ V_0 ” è la velocità al tetto dello strato, “ a ” un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e “ ν ” la frequenza fondamentale di risonanza (Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\nu} + 1 \right]^{-1/(1-a)} - 1 \quad [3]$$

Analisi dei dati

Nell' area è stata eseguita n°1 stazione di misura. Dopo le operazioni di elaborazione dati descritte, per le prova, si sono ottenuti i diagrammi H/V e la curve di spettro riportate in allegato. La ricerca dei picchi da interpretare è stata effettuata, congiuntamente, nel grafico H/V e in quello degli spettri singoli.

In particolare, i picchi H/V di origine stratigrafica sono quelli generati da un minimo nelle componenti verticali del moto – curve magenta negli spettri – che significa minimo delle onde di Rayleigh alla frequenza di risonanza. Oltre a questo può esistere un massimo nelle componenti orizzontali del modo. L' esame degli elaborati porta a notare quanto segue:

Sondaggio T1:

Dall'analisi del grafico H/V non si riscontrano picchi di risonanza significativi. Si segnala unicamente la presenza di un leggero picco di risonanza, con rapporto H/V pari a circa 2, in corrispondenza della frequenza 1,18 Hz.

SANGINETO (CS) - T1

Instrument: TRZ-0037/01-09

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h14'00". Analyzed 86% trace (manual window selection)

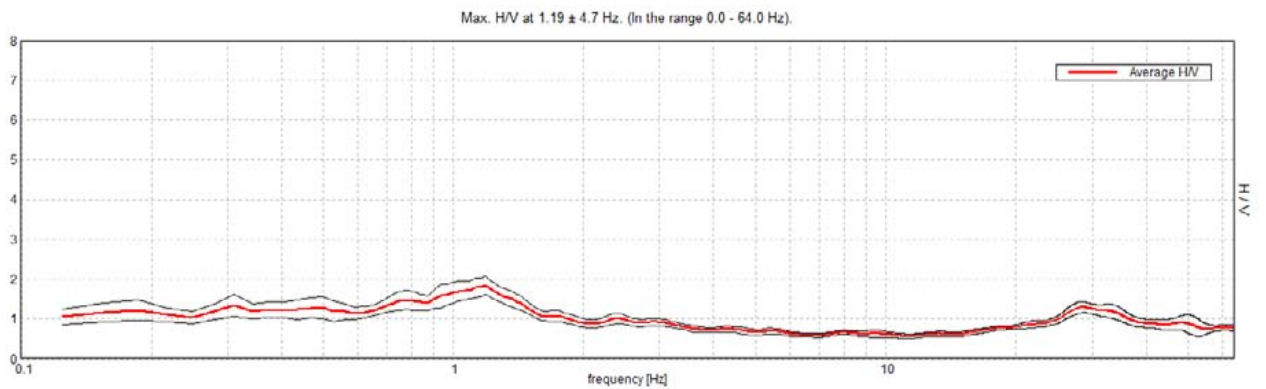
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

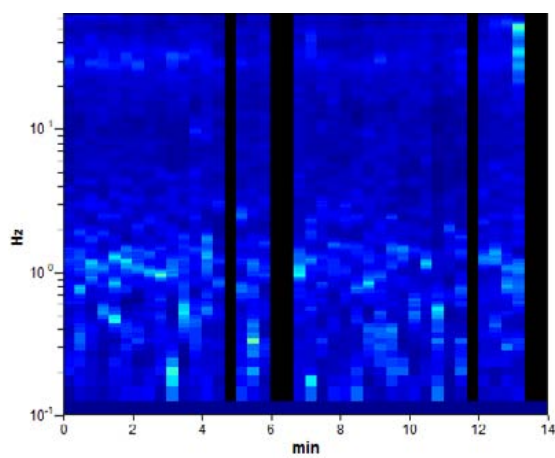
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

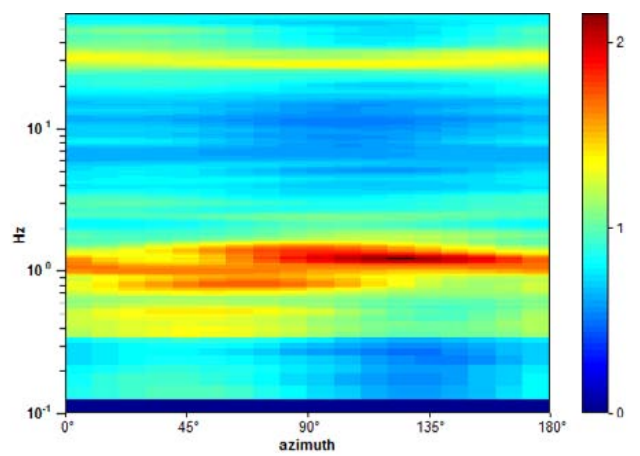
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



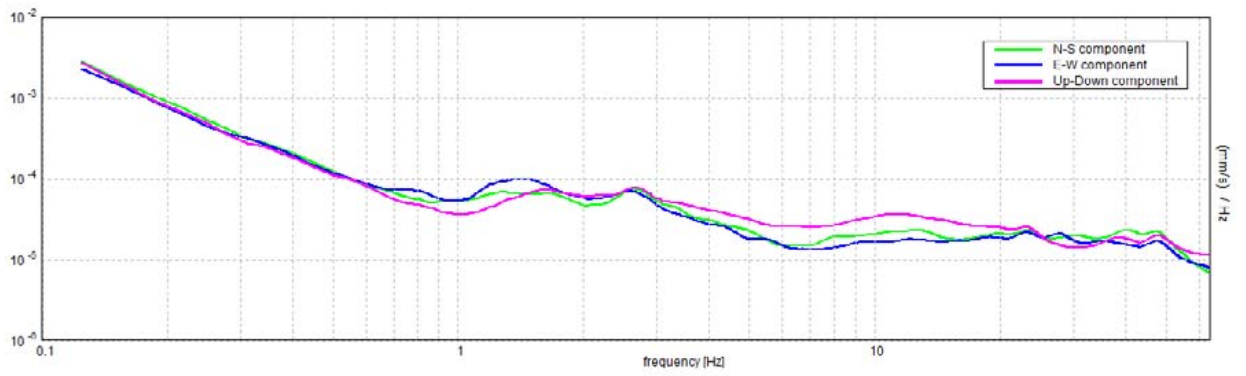
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 1.19 ± 4.7 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$1.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$855.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 58 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.83 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 3.95713 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.69909 < 0.11875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2357 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$

f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Nel sito in esame sono state eseguite n°3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH.

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 ≤ 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ≥ 60	25

penetrometri in uso in Italia

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

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

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

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

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

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

Correlazione con 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:

$$NSPT = \beta_i \cdot N$$

Dove:

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

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:

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

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

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

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

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

-
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/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 (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm²)-, 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.

PROVA P1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Profondità prova 6.00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	10	0.847	82.31	97.18	4.12	4.86
0.80	12	0.843	98.34	116.61	4.92	5.83
1.00	15	0.790	106.50	134.85	5.32	6.74
1.20	12	0.836	90.21	107.88	4.51	5.39
1.40	12	0.833	89.85	107.88	4.49	5.39
1.60	13	0.780	91.10	116.87	4.56	5.84
1.80	15	0.776	104.69	134.85	5.23	6.74
2.00	18	0.773	116.40	150.54	5.82	7.53
2.20	16	0.770	103.05	133.81	5.15	6.69
2.40	14	0.767	89.82	117.09	4.49	5.85
2.60	21	0.714	125.44	175.63	6.27	8.78
2.80	19	0.761	120.99	158.90	6.05	7.95
3.00	16	0.759	94.91	125.10	4.75	6.25
3.20	17	0.756	100.48	132.91	5.02	6.65
3.40	17	0.753	100.14	132.91	5.01	6.65
3.60	19	0.751	111.54	148.55	5.58	7.43
3.80	16	0.748	93.62	125.10	4.68	6.25
4.00	16	0.746	87.62	117.44	4.38	5.87
4.20	14	0.744	76.43	102.76	3.82	5.14
4.40	12	0.791	69.71	88.08	3.49	4.40
4.60	12	0.789	69.52	88.08	3.48	4.40
4.80	15	0.737	81.16	110.10	4.06	5.51
5.00	16	0.735	81.35	110.67	4.07	5.53
5.20	19	0.733	96.34	131.43	4.82	6.57
5.40	17	0.731	85.96	117.59	4.30	5.88
5.60	18	0.729	90.78	124.51	4.54	6.23
5.80	21	0.677	98.38	145.26	4.92	7.26
6.00	70	0.575	263.46	457.81	13.17	22.89

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - 1	3.76	0.40	21.09	47.67	81.07	17.45
[2] - 2	23.51	5.80	48.34	88.78	87.92	56.09

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza a falda	Sowers (1961)
[1] - 1	3.76	0.40	3.76	24.00
[2] - 2	23.51	5.80	23.51	30.10

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] - 1	3.76	0.40	3.76	---	30.08	---	---	---
[2] - 2	23.51	5.80	23.51	346.10	188.08	278.12	356.33	192.55

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] - 1	3.76	0.40	3.76	---	35.19	26.70	54.77
[2] - 2	23.51	5.80	23.51	141.06	75.75	166.92	142.85

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - 1	3.76	0.40	3.76	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - 2	23.51	5.80	23.51	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] - 1	3.76	0.40	3.76	Terzaghi-Peck 1948	1.60
[2] - 2	23.51	5.80	23.51	Terzaghi-Peck 1948	1.80

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - 1	3.76	0.40	3.76	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - 2	23.51	5.80	23.51	Terzaghi-Peck 1948	2.02

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - 1	3.76	0.40	3.76	(A.G.I.)	0.35
[2] - 2	23.51	5.80	23.51	(A.G.I.)	0.31

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] - 1	3.76	0.40	3.76	225.73	280.77
[2] - 2	23.51	5.80	23.51	1264.42	860.49

PROVA P2

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 6.20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	5	0.847	41.16	48.59	2.06	2.43
0.80	12	0.843	98.34	116.61	4.92	5.83
1.00	15	0.790	106.50	134.85	5.32	6.74
1.20	12	0.836	90.21	107.88	4.51	5.39
1.40	14	0.783	98.53	125.86	4.93	6.29
1.60	14	0.780	98.11	125.86	4.91	6.29
1.80	17	0.776	118.64	152.83	5.93	7.64
2.00	16	0.773	103.46	133.81	5.17	6.69
2.20	16	0.770	103.05	133.81	5.15	6.69
2.40	19	0.767	121.90	158.90	6.10	7.95
2.60	18	0.764	115.05	150.54	5.75	7.53
2.80	18	0.761	114.62	150.54	5.73	7.53
3.00	22	0.709	121.90	172.01	6.09	8.60
3.20	19	0.756	112.30	148.55	5.62	7.43
3.40	14	0.753	82.47	109.46	4.12	5.47
3.60	14	0.751	82.19	109.46	4.11	5.47
3.80	15	0.748	87.77	117.28	4.39	5.86
4.00	18	0.746	98.57	132.12	4.93	6.61
4.20	19	0.744	103.72	139.47	5.19	6.97
4.40	19	0.741	103.40	139.47	5.17	6.97
4.60	18	0.739	97.67	132.12	4.88	6.61
4.80	18	0.737	97.39	132.12	4.87	6.61
5.00	15	0.735	76.26	103.76	3.81	5.19
5.20	12	0.783	64.99	83.01	3.25	4.15
5.40	15	0.731	75.85	103.76	3.79	5.19
5.60	16	0.729	80.70	110.67	4.03	5.53
5.80	19	0.727	95.58	131.43	4.78	6.57
6.00	19	0.725	90.15	124.26	4.51	6.21
6.20	70	0.574	262.66	457.81	13.13	22.89

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - 1	5.01	0.60	26.06	54.41	82.75	20.86
[2] - 2	24.68	6.00	48.9	89.75	88.66	57.56

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza a falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Sowers (1961)
[1] - 1	5.01	0.60	5.01	28.43	24.4
[2] - 2	24.68	6.00	24.68	34.05	30.91

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] - 1	5.01	0.60	5.01	---	40.08	---	---	---
[2] - 2	24.68	6.00	24.68	354.60	197.44	291.92	365.10	198.40

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] - 1	5.01	0.60	5.01	---	37.76	35.57	60.34
[2] - 2	24.68	6.00	24.68	148.08	78.16	175.23	148.07

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - 1	5.01	0.60	5.01	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - 2	24.68	6.00	24.68	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] - 1	5.01	0.60	5.01	Terzaghi-Peck 1948	1.46
[2] - 2	24.68	6.00	24.68	Terzaghi-Peck 1948	1.85

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - 1	5.01	0.60	5.01	Terzaghi-Peck 1948	1.88
[2] - 2	24.68	6.00	24.68	Terzaghi-Peck 1948	2.02

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - 1	5.01	0.60	5.01	(A.G.I.)	0.34
[2] - 2	24.68	6.00	24.68	(A.G.I.)	0.31

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] - 1	5.01	0.60	5.01	295.64	334.59
[2] - 2	24.68	6.00	24.68	1323.48	886.41

PROVA P3

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 6.40 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	5	0.855	41.53	48.59	2.08	2.43
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	15	0.797	116.18	145.77	5.81	7.29
0.80	12	0.843	98.34	116.61	4.92	5.83
1.00	12	0.840	90.59	107.88	4.53	5.39
1.20	14	0.786	98.96	125.86	4.95	6.29
1.40	14	0.783	98.53	125.86	4.93	6.29
1.60	17	0.780	119.14	152.83	5.96	7.64
1.80	18	0.776	125.62	161.82	6.28	8.09
2.00	18	0.773	116.40	150.54	5.82	7.53
2.20	16	0.770	103.05	133.81	5.15	6.69
2.40	15	0.767	96.24	125.45	4.81	6.27
2.60	12	0.814	81.72	100.36	4.09	5.02
2.80	12	0.811	81.43	100.36	4.07	5.02
3.00	17	0.759	100.84	132.91	5.04	6.65
3.20	17	0.756	100.48	132.91	5.02	6.65
3.40	18	0.753	106.03	140.73	5.30	7.04
3.60	16	0.751	93.93	125.10	4.70	6.25
3.80	16	0.748	93.62	125.10	4.68	6.25
4.00	14	0.746	76.66	102.76	3.83	5.14
4.20	14	0.744	76.43	102.76	3.82	5.14
4.40	15	0.741	81.64	110.10	4.08	5.51
4.60	18	0.739	97.67	132.12	4.88	6.61
4.80	19	0.737	102.80	139.47	5.14	6.97
5.00	21	0.685	99.51	145.26	4.98	7.26
5.20	16	0.733	81.13	110.67	4.06	5.53
5.40	15	0.731	75.85	103.76	3.79	5.19
5.60	15	0.729	75.65	103.76	3.78	5.19
5.80	14	0.727	70.43	96.84	3.52	4.84
6.00	19	0.725	90.15	124.26	4.51	6.21
6.20	21	0.674	92.53	137.34	4.63	6.87
6.40	70	0.572	261.88	457.81	13.09	22.89

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - 1	6.02	0.40	29.98	60.24	99.8	23.5
[2] - 2	23.85	6.20	47.92	87.92	86.9	56.53

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza a falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Sowers (1961)
[1] - 1	6.02	0.40	6.02	28.72	24.69
[2] - 2	23.85	6.20	23.85	33.81	30.68

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] - 1	6.02	0.40	6.02	---	48.16	---	---	---
[2] - 2	23.85	6.20	23.85	348.59	190.80	282.13	358.88	194.25

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] - 1	6.02	0.40	6.02	---	39.83	42.74	64.85
[2] - 2	23.85	6.20	23.85	143.10	76.45	169.34	144.37

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - 1	6.02	0.40	6.02	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - 2	23.85	6.20	23.85	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] - 1	6.02	0.40	6.02	Terzaghi-Peck 1948	1.63
[2] - 2	23.85	6.20	23.85	Terzaghi-Peck 1948	1.84

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - 1	6.02	0.40	6.02	Terzaghi-Peck 1948	1.89
[2] - 2	23.85	6.20	23.85	Terzaghi-Peck 1948	2.02

Modulo di Poisson

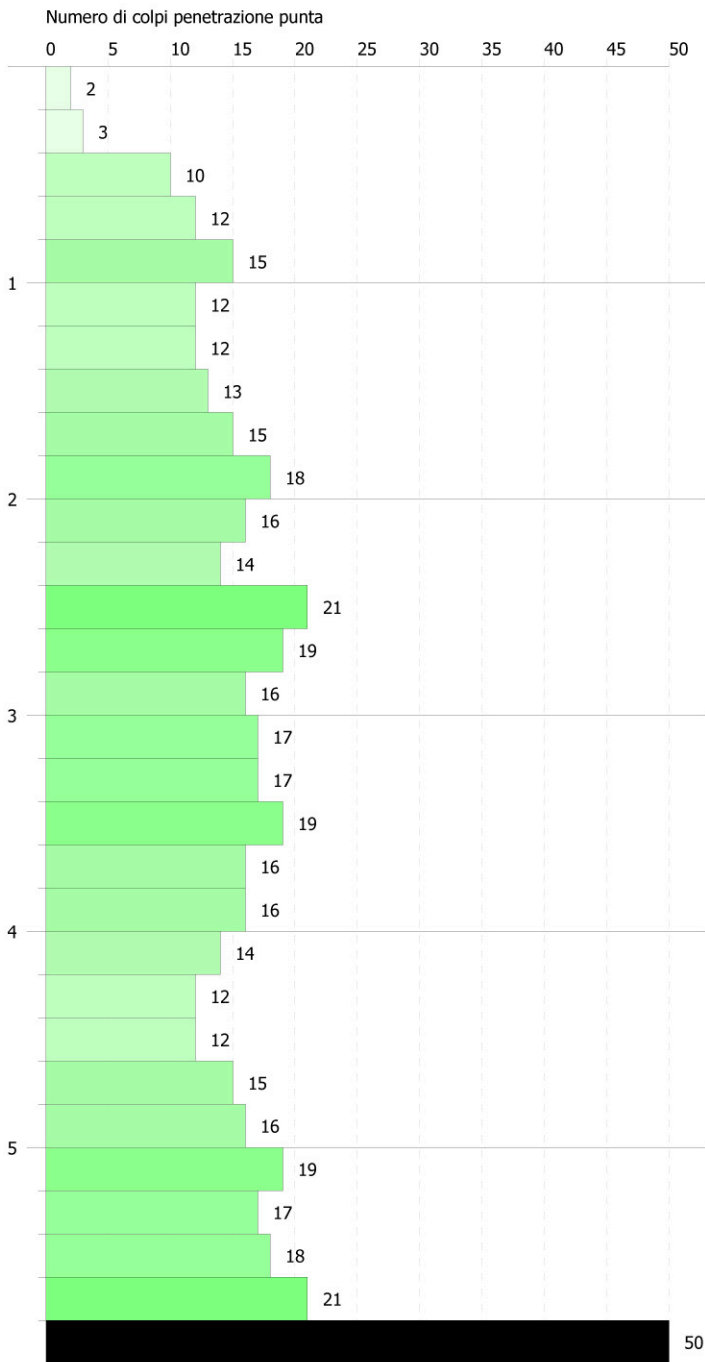
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - 1	6.02	0.40	6.02	(A.G.I.)	0.34
[2] - 2	23.85	6.20	23.85	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

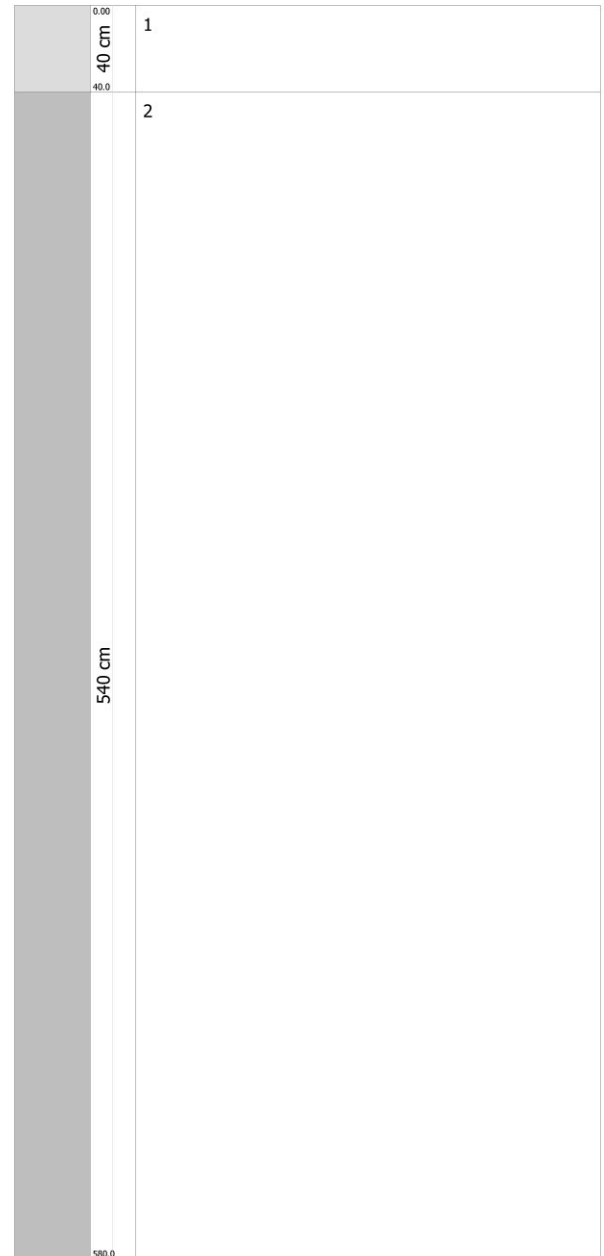
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - 1	6.02	0.40	6.02	351.35	374.32
[2] - 2	23.85	6.20	23.85	1281.60	868.07

Prova penetrometrica P1

Scala 1:35

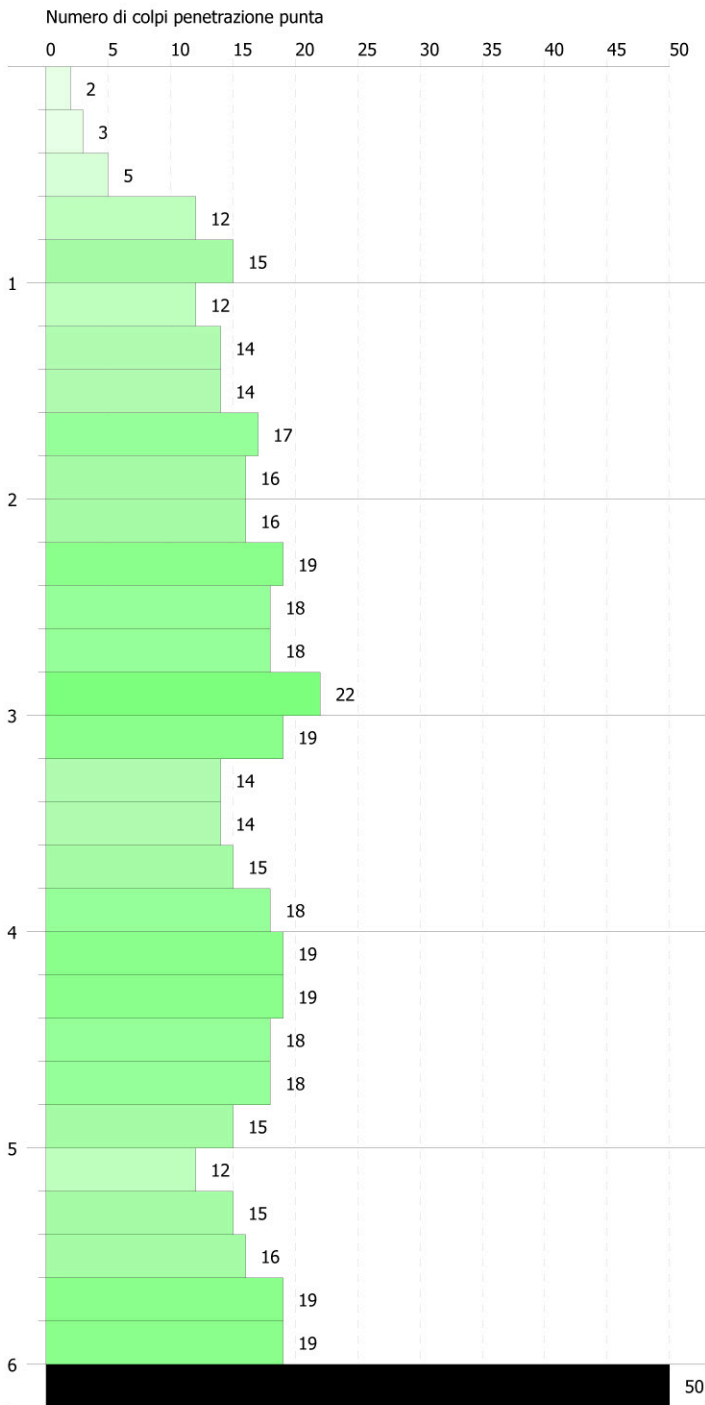


Interpretazione Stratigrafica

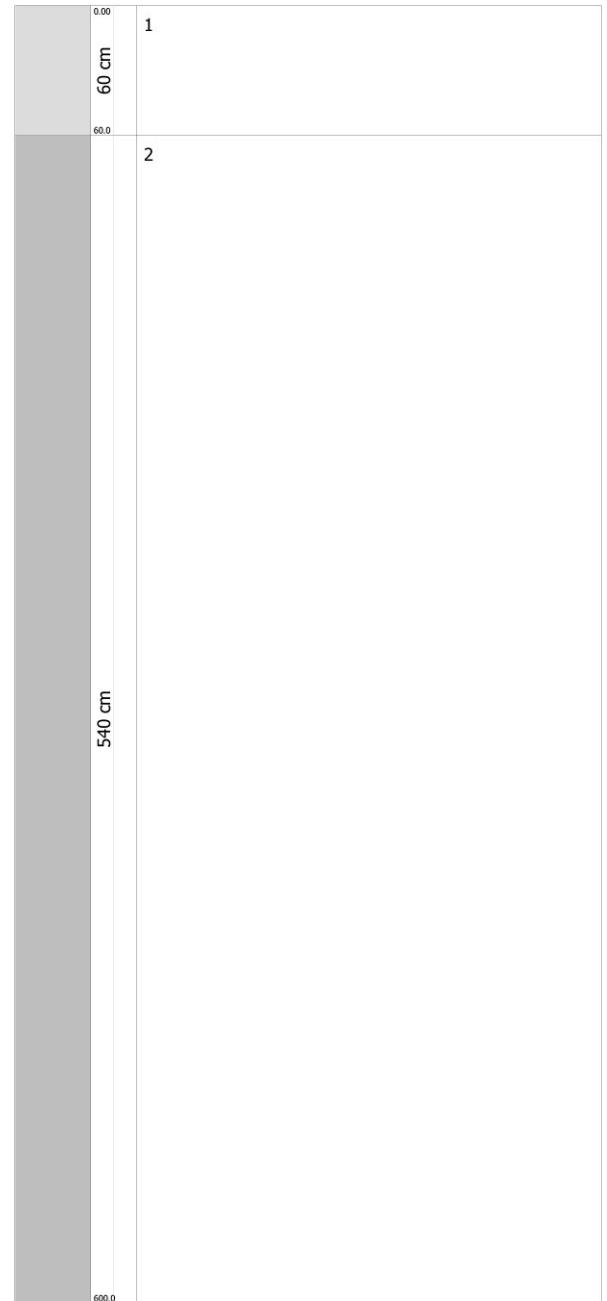


Prova penetrometrica P2

Scala 1:35

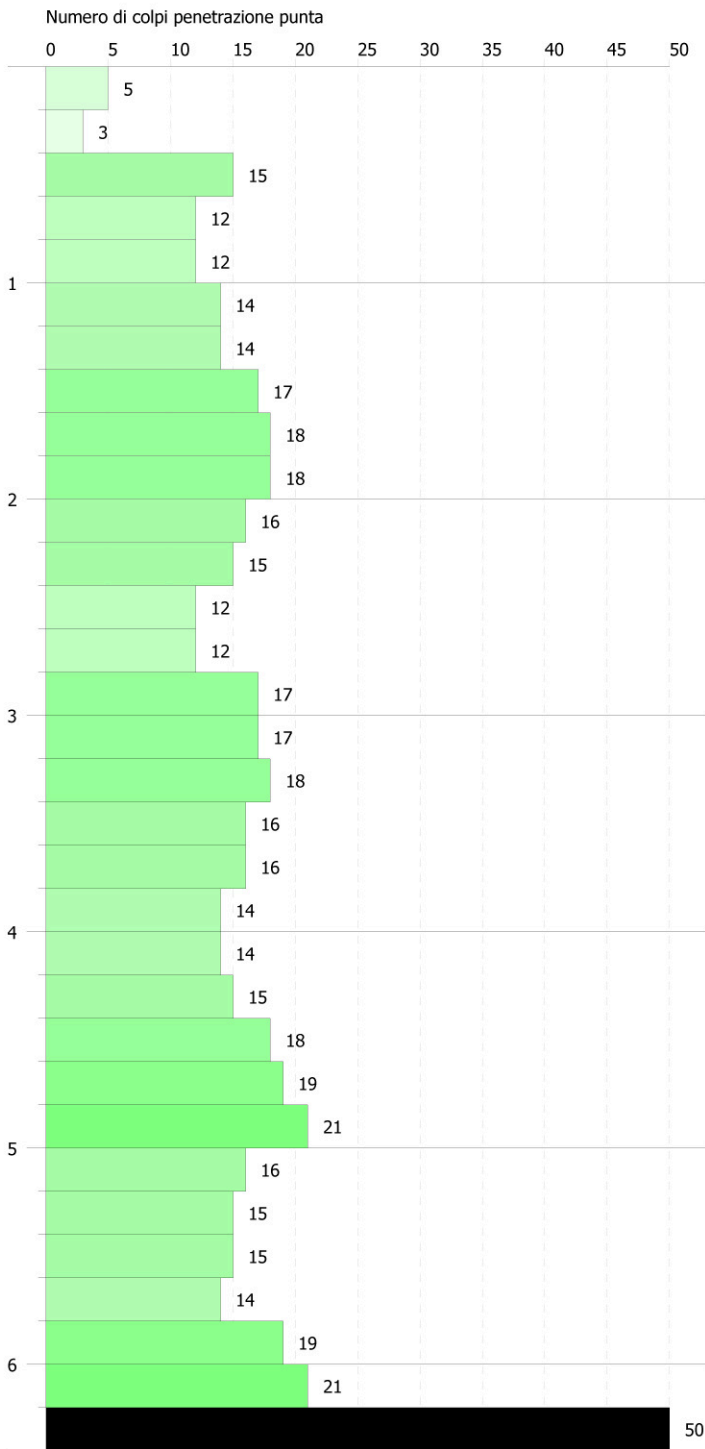


Interpretazione Stratigrafica

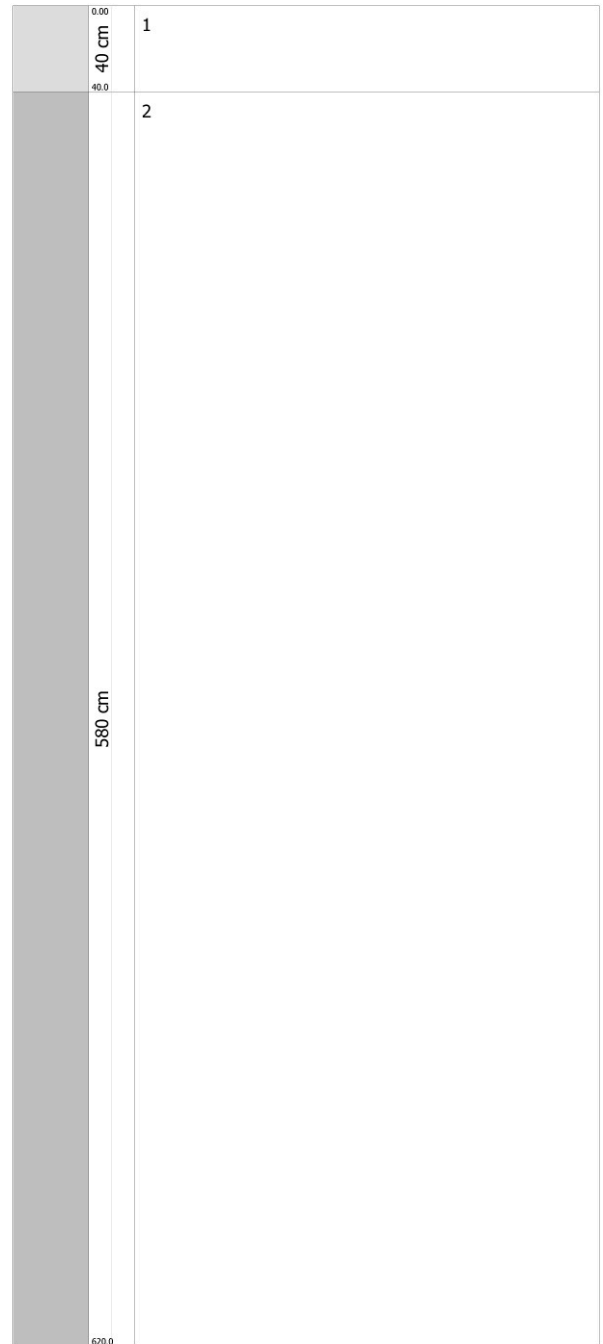


Prova penetrometrica P3

Scala 1:35



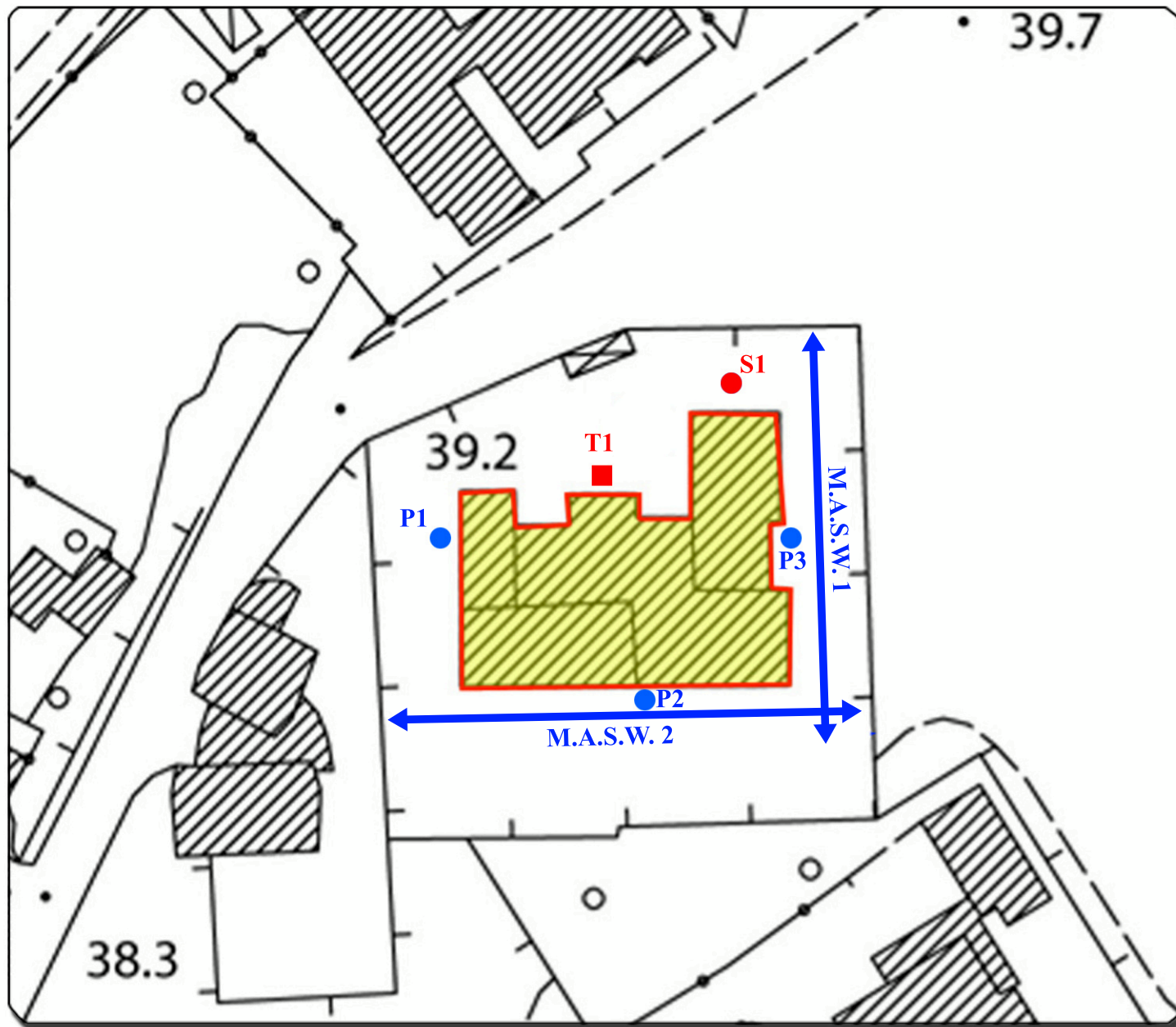
Interpretazione Stratigrafica



CARTOGRAFIA

COMUNE DI SANGINETO (CS)

Planimetria con ubicazione indagini



Legenda

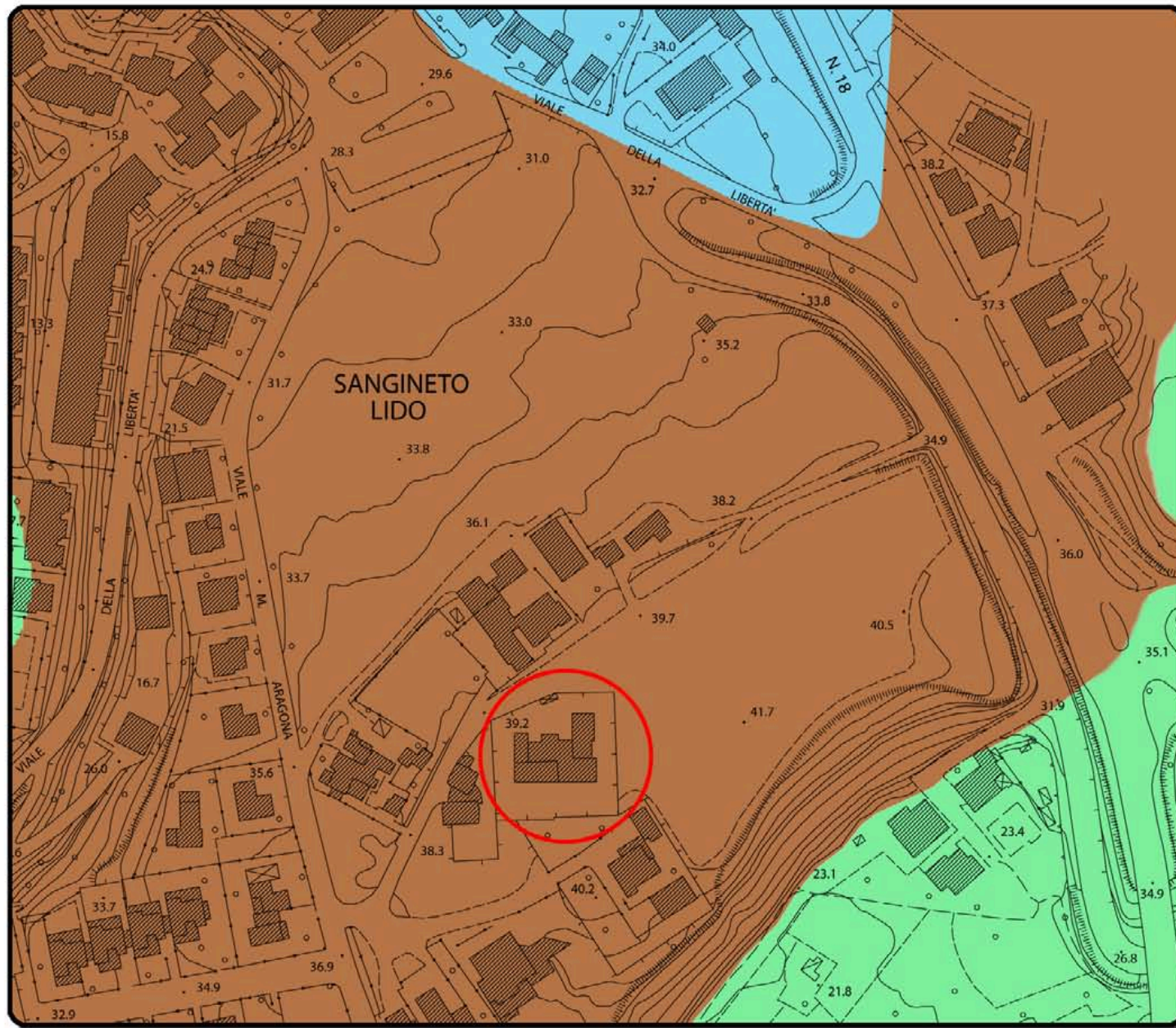
- Sondaggio meccanico a carotaggio continuo
- Prova penetrometrica dinamica DPSH
- Prospezione sismica HVSr
- ↔ Prospezione sismica M.A.S.W.
- ▭ Edificio interessato






Scala 1:500

COMUNE DI SANGINETO (CS)

Carta Geolitologica



Legenda

-  Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente
-  Prodotti di soliflusione e dilavamento, talora misti a materiale alluvionale
-  Conglomerati e sabbie, bruni o bruno-rossastri

-  Area di studio



Scala 1:2.000



PERIMETRAZIONE AREE A RISCHIO IDRAULICO:

aree d'attenzione

zone d'attenzione

punti d'attenzione

aree a rischio idraulico

rischio R1

rischio R2

rischio R3

rischio R4

Area di studio