

PROVINCIA DI CATANZARO



Avviso pubblico per il finanziamento in favore di enti locali di verifiche di vulnerabilità sismica e progettazione di eventuali interventi di adeguamento:

PROGETTO DI VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA ISTITUTO SCOLASTICO IPAA - SOVERIA MANNELLI (CZ)

COMMITTENTE:



Ing. Antonio Trebian

Via Gimigliano, 265
88100 CATANZARO

cell. 392 1218496 email antoniotrebian@libero.it

IL GEOLOGO:

DOTT.SSA PATRIZIA MERANTE

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA

DATA:

OTTOBRE 2018

**TAV.
01**

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	4
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA	9
5. SISMICITÀ DELL'AREA E SISMICITA' STORICA	15
6. ANALISI DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE	17
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	17
8. MODELLO GEOLOGICO DEFINITIVO.....	28
9.PERICOLOSITA SISMICA DI BASE.....	29
10.CONCLUSIONI.....	31

ALLEGATI

*Indagine Penetrometrica DPSH
Relazione Sismica*

1.PREMESSA

la sottoscritta dott. Geologo Patrizia MERANTE, iscritta All'Ordine Geologi Calabria con il n. 466, ha avuto incarico dall' Ingegnere Antonio Trebian, C.F. TRBNTN71A08C352Y, via Gimigliano n. 265 – 88100 Catanzaro (CZ) iscritto all'ordine degli ingegneri di Catanzaro n.2023; della Redazione della Relazione geologica e Relazione sulla Pericolosità Sismica di base e Risposta Sismica Locale. “ per L' AVVISO PUBBLICO PER IL FINANZIAMENTO IN FAVORE DI ENTI LOCALI DI VERIFICHE DI VULNERABILITÀ SISMICA E PROGETTAZIONE DI EVENTUALI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO:

PROGETTO DI VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA ISTITUTO SCOLASTICO IPAA - SOVERIA MANNELLI (CZ)”

La presente nello specifico riguarda la Redazione della Relazione geologica e Indagini.

L'area destinata all'intervento in oggetto è ubicata nel Comune di Soveria Mannelli e ricade nelle Tavole II SE, scala 1:25.000, denominata “Decollatura” del Foglio 236 della Carta Geologica della Calabria redatta dalla CASMEZ (in seguito denominata semplicemente Carta Geologica) e all'elemento n.°569091 della Carta Tecnica Regionale denominato “Soveria Mannelli”.

Detta relazione è stata redatta in ottemperanza alle vigenti disposizioni legislative, in particolare quelle contenute in:

- D.M. 17.01.2018 (NTC 2018);
- O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 e s.m.i.;
- D.P.R. n.554/99;
- L.109/94 e ss.mm.;
- D.M. n° 47 dell'11.3.1988 e s.m.i.;
- L.R. 35/2009 e s.m.i. e regolamento attuativo del 27.6.2012;
- Norme tecniche sulle costruzioni 12ottobre 2007 e s.m.i. ;
- Norme di attuazione e misure di salvaguardia del PAI

e descrive le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, e geofisiche del terreno oggetto di studio.

La sottoscritta in virtù delle predette Norme e al fine di inquadrare correttamente la risposta sismica locale, in virtù, dell'approfondimento del livello di conoscenza delle caratteristiche geologiche del sito necessarie per il progetto in essere, ha richiesto l'esecuzione di n. 2 prove S.P.T . in foro, e unitamente alla realizzazione di una indagine Masw e una indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura)trattandosi di una struttura ricadente in Classe d'uso III.

Per la stima dei parametri sismici, si faccia riferimento pertanto alla definizione di Risposta sismica Locale (approccio monodimensionale) allegata al presente studio, per come previsto dalla N.T.C. 2018 per particolari categorie costruttive e per come raccomandata, come già evidenziato, dal Regolamento Regionale della Regione Calabria , Circolare n. 7 del 28/06/2012 e s.m.i.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 GEOGRAFIA

L'area di interesse ricade nel Comune di Soveria Mannelli provincia di Catanzaro . Il Comune di Soveria Mannelli è posto ad una quota di 700 metri sul livello del mare ed una popolazione di 3.076 abitanti. Coordinate Geografiche (WGS84): **N 39,075595° - E O 16,380439°**.

ORTOFOTO

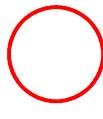


ISTITUTO SCOLASTICO IPAA



UBICAZIONE AREA
Comune di Soveria Mannelli (CZ)
CTR n°569091

Legenda



Ubicazione Area

Scala 1:5000



Metri

Il geologo
Dr. Merante Patrizia

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

ISTITUTO PROFESSIONALE DI STATO PER L'AGRICOLTURA E L'AMBIENTE



Foto n.1 Ingresso Scolastico





Foto n. 2 palestra



Foto n. 3 parte retrostante

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

3.1 GEOLOGIA

L'area oggetto di studio ricade nel contesto geologico regionale dell'Arco calabro-peloritano (Amodio-Morelli et al., 1976), un'ampia porzione d'origine alpina dalla caratteristica forma ad arco, interposta tra la catena magrebide (ad andamento E-O) e l'Appennino meridionale (ad andamento NO-SE) (Ben Avraham et al., 1990). Strutturalmente esso rappresenta un thrust-system prodotto dalla sovrapposizione, tra il Cretaceo superiore ed il Paleogene, di una serie di unità cristallino-metamorfiche paleozoiche derivanti dalla deformazione di domini continentali ed oceanici. Successivamente alla sua strutturazione, l'Arco calabro-peloritano è stato interessato da un'intensa fase tettonica post-orogonica estensionale, iniziata dal Pliocene Superiore e tutt'ora in atto (Westaway, 1993; Wortel & Spacman, 1993; De Jonge et al., 1994; Tortorici et al., 1995; Monaco et al., 1996). L'estensione ha prodotto un'ampia zona di rift, denominata da Monaco & Tortorici (2000) "rift-zone siculo-calabra", strutturata da un sistema di faglie normali sismogeniche (Postpischl, 1985; Boschi et al., 1995), che si estende dalla costa orientale della Sicilia, attraverso lo Stretto di Messina, fino al settore nord-occidentale della Calabria. Le faglie presentano direzioni variabili tra N-S e NE-SO e, meno frequentemente, evidenziano un andamento trasversale (direzioni medie ONO-ESE). I singoli segmenti di faglia che costituiscono la rift zone hanno frammentato l'Arco calabro-peloritano in bacini sedimentari marini, disposti sia parallelamente che trasversalmente rispetto alla direzione dell'Arco, ed in blocchi sollevati. Le faglie, che mostrano scarpate ben sviluppate e con sensibile grado di "freschezza" morfologica, in Calabria sollevano e delimitano i fronti dei principali sistemi montuosi (Aspromonte, Serre, Catena Costiera, Sila). I sistemi di faglie ad andamento trasversale della riftzone siculo-calabra rivestono un ruolo particolarmente importante nell'area in esame, in quanto individuano la depressione tettonica (graben) che corrisponde alla Stretta di Catanzaro mentre gli horsts corrispondono alla sila piccola a Nord ed alle Serre a Sud. I sovrascorrimenti sono legati alla strutturazione del thrust-system a polarità europea che ha portato all'impilamento delle diverse unità che costituiscono le catene alpina ed appenninica. Queste strutture sono d'età compresa tra il Cretaceo superiore e il Miocene inferiore e pertanto sono riconoscibili esclusivamente all'interno delle unità cristallino-metamorfiche paleozoiche e delle unità panormidi mesozoiche. L'effetto combinato delle vicissitudini tettoniche (compreso il sollevamento tettonico differenziato), dell'alterazione chimico-fisica, e dei processi di erosione (con sviluppo di incisioni profonde e modellamento del rilievo) ha sostanzialmente determinato la configurazione fisiografica attuale della regione (Bottari et al., 1982), favorendo lo sviluppo di diffusi movimenti di massa di vario tipo e dimensioni (cfr. es. Carrara e Merenda, 1976; Carrara et al., 1977; 1979; Guerricchio e Melidoro, 1981; Merenda, 1983; Sorriso-

Valvo, 1985; Sorriso-Valvo e Sylvester, 1990; Crescenzi et al., 1996; Iovine e Merenda, 1996; Iovine et al., 1996; Iovine e Petrucci, 1998; Ferrari et al., 1999; Tansi et al., 2005). La stessa orografia condiziona fortemente anche i caratteri climatici della regione, come descritto per le diverse zone omogenee da Versace et al. (1989). A fini applicativi, i litotipi costituenti le diverse unità tettonico-strutturali possono essere utilmente accorpati in unità tecniche, ad es. per poter rappresentare la predisposizione attesa nei confronti dell'erosione superficiale. I principali rilievi della regione risultano costituiti da rocce intrusive e metamorfiche di vario grado (come detto, spesso alterate alla scala dell'affioramento). Solo nella porzione NW della regione sono presenti estesi affioramenti sedimentari di natura carbonatica. I restanti tipi litologici presenti in legenda (rocce effusive, evaporiti) appaiono sostanzialmente subordinati. Un tale tipo di rappresentazione, opportunamente adeguato ad una scala di maggior dettaglio, può essere impiegato nelle analisi di erodibilità che verranno svolte nell'ambito del presente progetto. Il tratto della Sila Piccola meridionale, di forma triangolare molto allungata verso SE con vertice a Gimigliano-Catanzaro, è delimitato a ovest dal F. Savuto e dal rilievo di M. Reventino, a nord-est dall'allineamento Soveria Mannelli-Gimigliano, parallelo alla depressione tettonica di Decollatura, al vertice est da Catanzaro, a sud-est dalla grande scarpata tettonica degradata di Sambiase-Nicastro-Catanzaro. La depressione di Decollatura è un esempio di deciso controllo strutturale del drenaggio. Si tratta dell'alta valle del T. Corace; una struttura tipo graben, con direzione NO-SE, controlla l'idrografia locale ed ha consentito, in età quaternaria, il formarsi di un lago intermontano testimoniato da depositi lacustri relitti. Questa struttura è circa parallela alla linea Sambiase-Nicastro-Catanzaro. In questa parte dell'Ambito affiorano gli stessi terreni della Catena Costiera, ma le direttrici tettoniche principali hanno direzione N 120° circa.

Dall'osservazione della Carta geologica della Calabria 1:25.000 F 236 II SE "DECOLLATURA" e F 236 II NE "SOVERIA MANNELLI" riportata in allegato 3, si nota che il sito è caratterizzato da una successione stratigrafica di formazioni sedimentarie continentali e cristallino metamorfiche.

La formazione che caratterizza il sito in studio è così descritta in letteratura:

***Marsì:** "Arenarie e sabbie da bruno chiaro a grigie, con occasionali intercalazioni di conglomerati, argille fogliettate ed argille. Il conglomerato di timpone Morizzo è costituito da ciottoli di rocce metamorfiche fra le quali è degno di nota lo gneiss granati fero. Le argille fogliettate sono spesso intensamente deformate e laminate. Generalmente non fossilifere, localmente con scarsa microfauna a grandi foraminiferi bentonici, in associazione con frammenti di macrofossili. Questo complesso presenta una resistenza all'erosione da media ad elevata e forma localmente delle scarpate. Permeabilità da media ad elevata."*

3.2 MORFOLOGIA E TETTONICA DELL'AREA

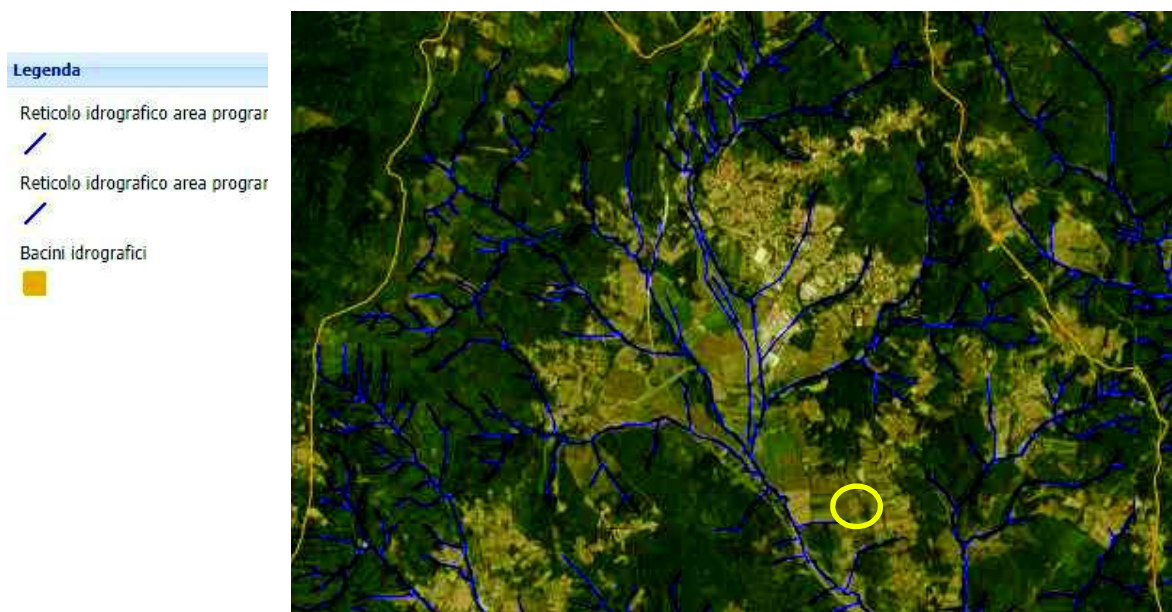
Il massiccio della Sila, nelle sue diverse articolazioni, costituisce forse l'elemento che struttura maggiormente l'assetto eco-morfologico della regione: una vastissima porzione di territorio, tra il Crati e l'istmo catanzarese, è determinata dai sistemi silani e pre-silani le cui pendici orientali e occidentali toccano praticamente le due coste. L'ampiezza del massiccio dà luogo a contesti anche assai diversi. L'ambiente della Sila Grande risulta prevalentemente montano, laddove la Sila Piccola e Greca presentano ampi brani di paesaggio di versante e collinare. Prevalgono però i tratti comuni di aree geologicamente salde, con dotazioni idriche ancora discrete e rilevante patrimonio naturalistico. La Sila, complesso orografico posto nel tratto più continentale della penisola calabrese composto da un altopiano che si estende per oltre 150.000 ettari nel cuore della regione con le sue articolazioni, sotto il profilo orografico è delimitata a nord dalle pendici che scendono verso la Piana di Sibari, ad ovest dalle valli del Crati e del Savuto, a sud dall'Istmo di Marcellinara e ad est dalle pianure joniche del Marchesato e dell'alto Crotonese. Geologicamente si presenta quale nucleo principale del blocco granitico-cristallino della Calabria. Tali rocce cristalline sono spesso segnati da una mica nera assai evidente. Ai margini del massiccio si riscontra la presenza di formazioni rocciose di natura diversa: scisti, micascisti e gneiss, calcari cristallini, argille e marne plioceniche e ancora arenarie mioceniche verso le pianure joniche. Geomorfologicamente la Sila è costituita da un altopiano di forma circolare solcato internamente da una serie di valli e di brevi e morbide dorsali montuose, la cui orlatura esterna declina più o meno ripidamente verso i territori contermini. Il massiccio è comunemente suddiviso in tre settori: la Sila Greca, la Sila Grande e la Sila Piccola, nell'ambito della quale risiede l'abitato di Soveria Mannelli; a occidente si eleva il gruppo del M. Reventino (m.1417) e del M. Mancuso (m.1328). Si tratta di una breve dorsale dominata dai boschi, che si frappone tra le belle conche di Decollatura e S. Mazzeo e la Piana di S. Eufemia. Sul lato orientale essa è delimitata dalla valle

dell'Amato e sul lato opposto quella del Savuto. I versanti dei rilievi sopraccennati sono tutti solcati da diversi fossati e torrenti, che dopo una prima azione erosiva diretta nella zona sommitale, si raccolgono in "fiumare". I prodotti consistono in piccoli frammenti di roccia staccati dall'acqua, o prodotti dall'alterazione chimico-fisica che sono stati allontanati dal luogo d'origine e riversati nel fondo valle dell'Amato. Il contesto territoriale entro il quale si colloca Soveria Mannelli è il comprensorio del Reventino e della Sila Occidentale, confinante con i comuni di Bianchi, Colosimi, Pedivigliano, Decollatura, Carlopoli, Gimigliano e per una minima parte con San Pietro Apostolo. Tale comprensorio si trova ubicato a livello Regionale sul versante Tirrenico della Calabria. L'area è estesa per 200 kmq circa. L'intero territorio, si identifica con il massiccio del Reventino che comprende varie cime fra cui, procedendo da est ad ovest, il monte Serralta (1246 m s.l.m.), le cime gemelle dei monti Reventino propriamente detto (1417 m s.l.m.) e Monticello del Pubblico (1410 m s.l.m.), il monte Faggio (1329 m s.l.m.), il monte Capo di Bove (1297 m s.l.m.) e il monte Mancuso (1327 m s.l.m.). Il territorio rappresenta uno storico crocevia di collegamento tra diversi ambiti regionali: la valle del Crati, la Sila, la costa tirrenica cosentina, la piana di Lamezia. Gli elementi morfologici che lo caratterizzano sono il corso dei fiumi Savuto, Amato e Corace e le cime di monte Mancuso e monte Reventino. Il territorio di Soveria Mannelli si estende nella parte interna della regione Calabria in provincia di Catanzaro. Esso presenta le caratteristiche forme degli altipiani montani, con cime che si ergono da ambiti territoriali sub pianeggianti, delimitati da versanti con pendenze contenute o accentuate. I versanti sono incisi da impluvi e fossi collettori il cui andamento, perpendicolare alle aste principali, è tendenzialmente parallelo. Questa morfologia determina nell'insieme un reticolo idrografico di tipo sub-dendritico. L'andamento topografico riflette le interazioni di processi climatici, processi tettonici e struttura geologica, e si presenta con rilievi dal profilo addolcito. La configurazione fisico-ambientale si distingue nettamente in due parti: una zona sub pianeggiante e una zona montuosa. La zona sub pianeggiante si estende per circa 8 kmq, è caratterizzata dalla presenza di terreni alluvionali coperti da vegetazione rada perlopiù arborea, ha quote oscillanti tra i 690 e 730 metri s.l.m., ed è percorsa dal fiume Amato che scorre con andamento Nord ovest – Sud est. Il fronte montuoso si estende per circa 15 kmq. In questo settore i rilievi più importanti sono il monte S. Tommaso a Nord con altitudine di 960 m, il monte Battaglia a Sud - est con altitudine m 870. Al limite del confine tra la provincia di Catanzaro e Cosenza (a Nord), le propaggini montuose raggiungono i 1000 m di quota. Sulla zona montuosa prevale la vegetazione arbustiva, costituita principalmente da boschi di latifoglie e conifere montane. Ove tale vegetazione è rada o assente si possono attivare lungo i versanti fenomeni di soliflusso e scorrimento superficiale. Dal punto di vista geologico il territorio di Soveria Mannelli fa parte dell'altipiano della Sila, incluso nella struttura a falde calabro-peloritano. In quest'area affiorano diffusamente metamorfiti del tipo scisti e gneiss, in subordine terreni sedimentari miocenici. Le zone depresse sono coperte da terreni alluvionali di età quaternaria derivati dal disfacimento dei rilievi circostanti.

3.3 CONDIZIONI IDRAULICHE SUPERFICIALI ED IDROGEOLOGIA

Il reticolo idrografico della regione è fortemente condizionato dalla morfologia, la quale risulta controllata dalla tettonica a causa dell'elevato sollevamento a cui è soggetta a tutt'oggi la Calabria; di conseguenza l'approfondimento del reticolato idrografico risulta molto intenso ed i limiti dei principali bacini mostrano buone corrispondenze con le principali strutture tettoniche (SORRISO-VALVO & SYLVESTER,1993). Oltre che la morfologia molto tormentata, anche la breve distanza che intercorre fra i principali sistemi montuosi ed il mare ed il rilevante sviluppo costiero rispetto all'estensione territoriale, fanno sì che i corsi d'acqua siano caratterizzati da bacini imbriferi generalmente molto modesti, da breve corso in pianura e da forte pendenze longitudinali (VERSACE et alii,1989). Il sistema idrografico superficiale principale è costituito dal corso del fiume Amato, che prende origine dalla confluenza in località Terrate del torrente Sorbello, della fiumara Maslechi e del Galice di Stocco. Il regime dell'intera rete idrografica del territorio comunale è molto variabile da stagione a stagione, le varie portate si riducono notevolmente nei mesi estivi, molti torrenti e fossati sono in secca poiché alimentati in massima parte dalle acque di precipitazione concentrate particolarmente nei mesi autunnali e invernali; anche se, durante i mesi estivi, alcuni dei fossati non sono in secca perché alimentati da sorgenti poste in quota sui rilievi circostanti. La valle del fiume Amato, il cui decorso è pianeggiante e non in fase erosiva essendo la velocità della corrente molto debole, presenta un andamento asimmetrico, dovuto alla diversa costituzione litologica, con il versante occidentale caratterizzato da pendenze maggiori rispetto a quello opposto. L'attuale assetto morfologico è quello tipico del paesaggio ove l'erosione ha senz'altro svolto la sua parte nel modellamento della superficie, dipendente dalle condizioni climatiche e dalla natura dei terreni affioranti; ma soprattutto è da considerare la sua dipendenza dall'azione tettonica, che ha coinvolto il territorio in esame, condizionandone l'attuale assetto e la struttura dei vari litotipi, nonché il drenaggio superficiale di alcuni corsi d'acqua. Immediatamente dopo la nascita, l'Amato scende verso Sud-Est costituendo il confine naturale fra i territori comunali di Decollatura e di Soveria Mannelli. Dopo aver ricevuto il torrente Galice di Stocco, percorre la Piana di Santa Margherita e si avvicina al fiume Corace portandosi a breve distanza da esso (1 km) in prossimità della stazione ferroviaria "Serrastretta-Carlopoli" delle Ferrovie della Calabria. In prossimità dell'abitato di Tiriolo, mentre il Corace si dirige verso il mar Ionio, l'Amato volge verso Ovest, percorre tutto il territorio posto tra Pianopoli e Maida, attraverso i territori di Amato, Miglierina e Marcellinara, ingrossandosi per gli apporti del Pesipe, il suo maggiore affluente di sinistra, e del Sant'Ippolito, suo affluente di destra. Solca infine la piana di Sant'Eufemia, ricevendo nel suo ultimo tratto il canale delle Canne e il torrente Piazza che bagnano l'abitato di Lamezia Terme, per gettarsi infine nel Mar Tirreno in prossimità dell'abitato di Lamezia. I corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale presentano le caratteristiche morfologiche e idrologiche delle `fiumare`, con alvei

più o meno profondi e stretti nella fascia di monte ed ampie piane alluvionali, e percorsi abbastanza lineari per lunghi tratti del percorso a valle. Il bacino del fiume Amato ha una estensione planimetrica complessiva di 443.83 km², con sezione di chiusura coincidente con la foce del Mar Tirreno. Il perimetro dell'intero spartiacque è pari a 131.707 km e la lunghezza della sua asta principale è di circa 57.82 km con una pendenza media dell'1.6%. Il bacino presenta una forma ovale allungata, evidenziata da un coefficiente di forma (Gravelius) pari a 1.76. Lo spartiacque individuato nella zona situata ad Est del territorio comunale definisce due bacini idrografici: Il bacino idrografico tirrenico del Fiume Amato e il bacino idrografico ionico del Fiume Corace e gli affluenti di destra del Corace ovvero i torrenti Quaresima e Guglielmino. Il Quaresima segna il confine col comune di Bianchi, il Guglielmino col comune di Carlopoli e il Galice con il comune di Decollatura. Il bacino idrografico del Fiume Corace, che drena la quasi totalità delle acque del versante meridionale della Sila e delle Serre Settentrionali verso lo Jonio ha una superficie di 178 Km², la sua asta fluviale ha una lunghezza di 46 km e una pendenza del 5,41%. Infine si riscontra a Nord del Comune la presenza del Torrente Bisirico, affluente di sinistra del Fiume Savuto, che scorre in direzione Est – Ovest.



4. CLASSIFICAZIONE SISMICA

4.1 INTRODUZIONE

Le N.T.C. derivate dal D.M. 17/01/2018 definiscono le categorie del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in riguardo all'approccio semplificato, la classificazione

STRALCIO CARTA GEOLOGICA
Comune di Soveria Mannelli (CZ)
CTR n°569091

Legenda



Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente



Prodotti di soliflussione e di dilavamento



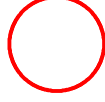
Alternanze di sabbie da fini a grossolane con argillose sabbiose



Scisti e gneiss leucocrati



Granito



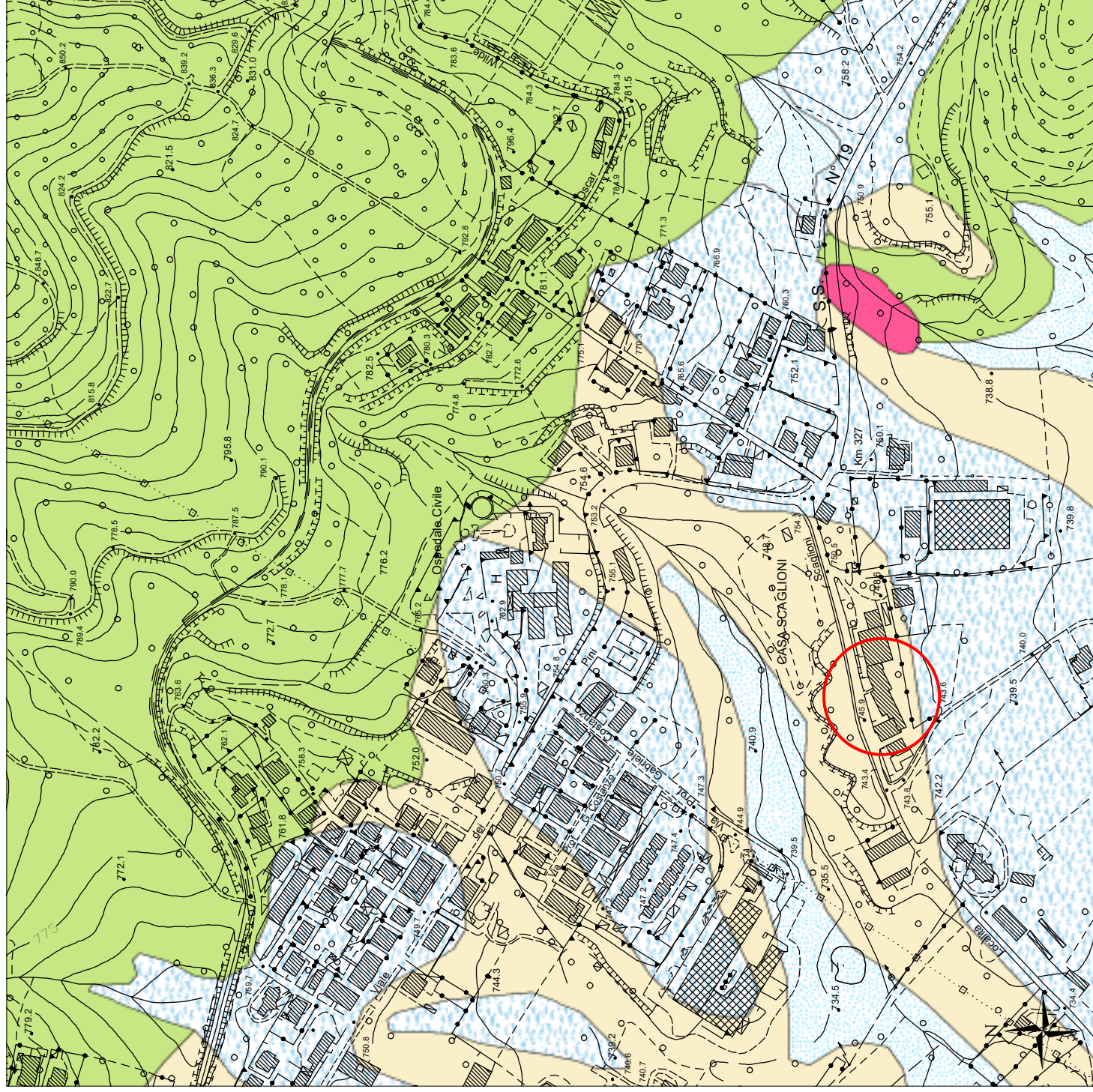
Ubicazione Area

Scala 1:5000



Metri

Il geologo
Dr. Merante Patrizia



del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con

h_i = spessore dello strato i -esimo

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni supali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.:

Tab. 3.2-II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Arretrati rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente composti da superfici terrose di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Acciottature e depositi di terreni a grana grossa molto addeventi o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addeventi o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa nottamente addeventi o di terreni a grana fine nottamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Sulla base della tabella precedente il geologo darà una valutazione generale

Coefficiente di amplificazione stratigrafica

È un parametro che va scelto dal progettista sulla base del periodo di riferimento T_r delle opere progettate.

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti SS e CC valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di FO e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi. Nella relazione di pericolosità sismica di base saranno forniti i valori ag FO e T_c^* ricavati attraverso le coordinate del sito in studio e relazionati ai periodi di riferimento, attraverso i quali il progettista può orientarsi.

4.2 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI

4.2.1 CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Per la determinazione della categoria del suolo, si è utilizzato il parametro V_s attraverso l'esecuzione di una prova sismica tipo MASW. Per il sito in studio il V_s eq assume valori di velocità assimilabili a terreni di tipo **E** in relazione alla profondità di fondazione prevista a 1,0 metri dal p.c..

$$V_{s,eq} = 333 \text{ m/s (-1.00 dal piano campagna)}$$

4.2.2 CLASSIFICAZIONE STRATIGRAFICA

La categoria topografica considerata è invece **T1**, in quanto non vi sono caratteri del rilievo con pendenze superiori a 15° .

4.2.3 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Il fenomeno della liquefazione è un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace. L'incremento della

pressione neutra è indotto dalla tendenza di un materiale granulare a compattarsi quando è soggetto a azioni cicliche di un sisma, con conseguente aumento del potenziale di liquefazione del terreno.

La liquefazione del terreno dovuto a movimenti sismici, con le conseguenti deformazioni associate, è una delle cause più importanti di danneggiamento e crollo delle costruzioni fondate su terreni non coesivi saturi ed è il risultato combinato di due principali categorie di fattori: *predisponenti* e *scatenanti*.

- *predisponenti*: il terreno deve essere saturo, non compattato, non consolidato, sabbioso o limoso o con una minima frazione argillosa;
- *scatenanti*: la sismicità: magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione massima superficiale, inoltre il sito deve essere scosso sufficientemente a lungo e con forza dal sisma.

Sono suscettibili a liquefazione:

- ✓ i suoli non coesivi e saturi (sabbie e limi, occasionalmente ghiaie) con contenuto di fini plastici relativamente basso (meno del 15%);
- ✓ i suoli costituiti da particelle relativamente uniformi (predomina una dimensione delle particelle);
- ✓ i depositi sabbiosi recenti (Olocene).

Una stima qualitativa del rischio di liquefazione può essere fatta sulla base delle seguenti condizioni:

- ✓ livello della falda posto a meno di 15 metri dal piano campagna;
- ✓ depositi olocenici (sabbie, sabbie grossolane, sabbie fini, sabbie siltose e limo sabbioso);
- ✓ evidenze di antichi fenomeni di liquefazione;
- ✓ attività sismica dell'area.

Il D.M. del 17/01/2018 (N.T.C.), al punto 7.11.3.4.2, prevede una procedura per la determinazione della liquefacibilità dei terreni. In particolare il decreto, indica che la verifica della liquefacibilità può essere omessa qualora ci si trovi in una delle seguenti condizioni:

- eventi sismici attesi nell'area con Magnitudo inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0,1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal p.c.;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1n} > 180$. Dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche standard (SPT) normalizzate ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1n} è il valore della

resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (cone penetretion test) normalizzata alla medesima tensione efficace verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica esterna alla figura 2.5.1 nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c > 3,5$ ed in figura 2.5.2 nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c < 3,5$.

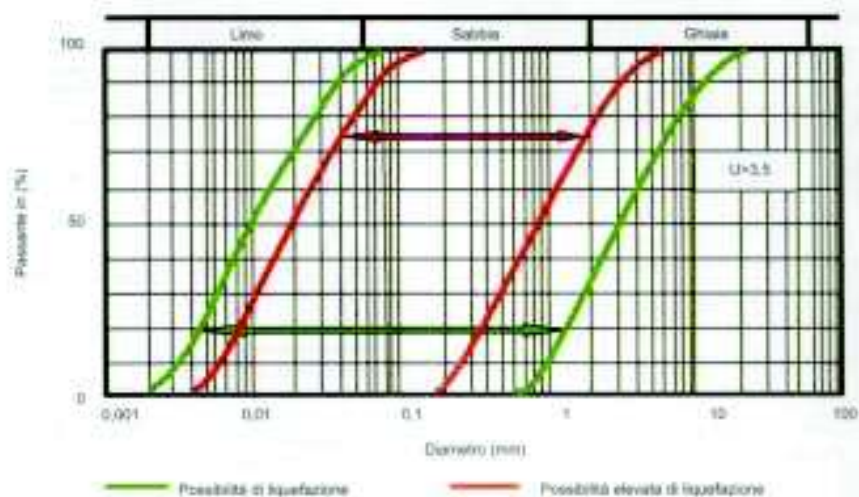


Fig. 3.2.3.A – Fasce granulometriche critiche in funzione del coefficiente di uniformità ($U > 3,5$)

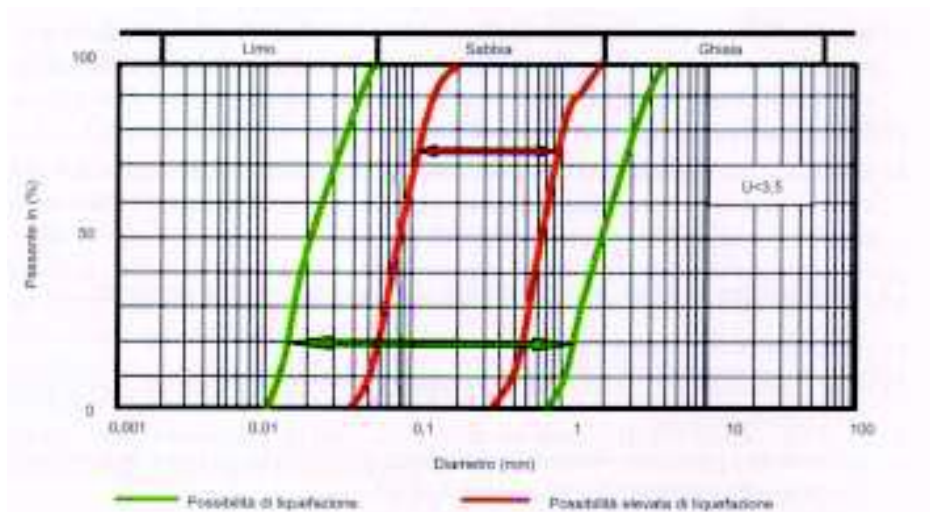


Fig. 3.2.3.B – Fasce granulometriche critiche in funzione del coefficiente di uniformità ($U < 3,5$)

Una valutazione semplificata della suscettibilità alla liquefazione può essere ottenuta con il seguente diagramma secondo il D.M. 17 gennaio 2018° e con i fogli di calcolo seguenti secondo vari autori.

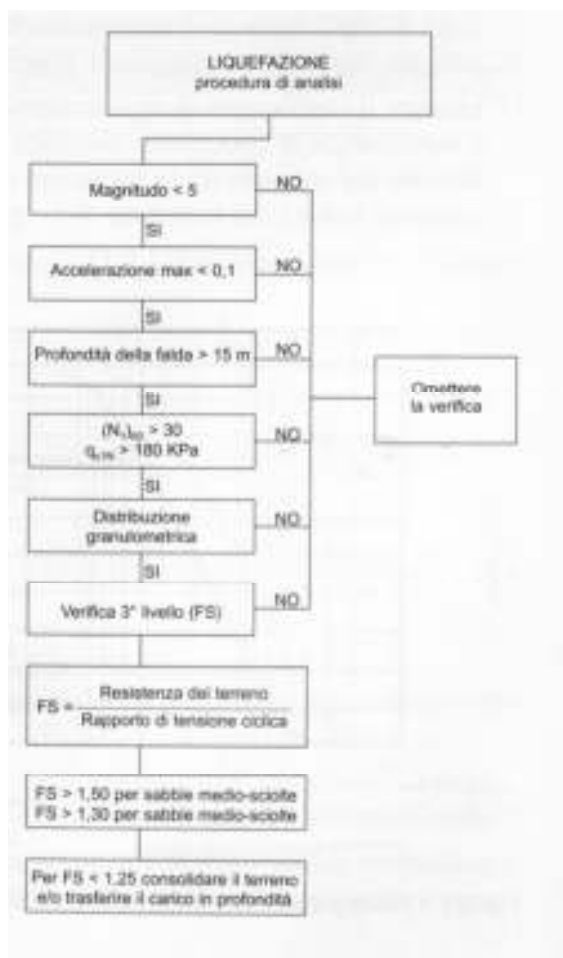


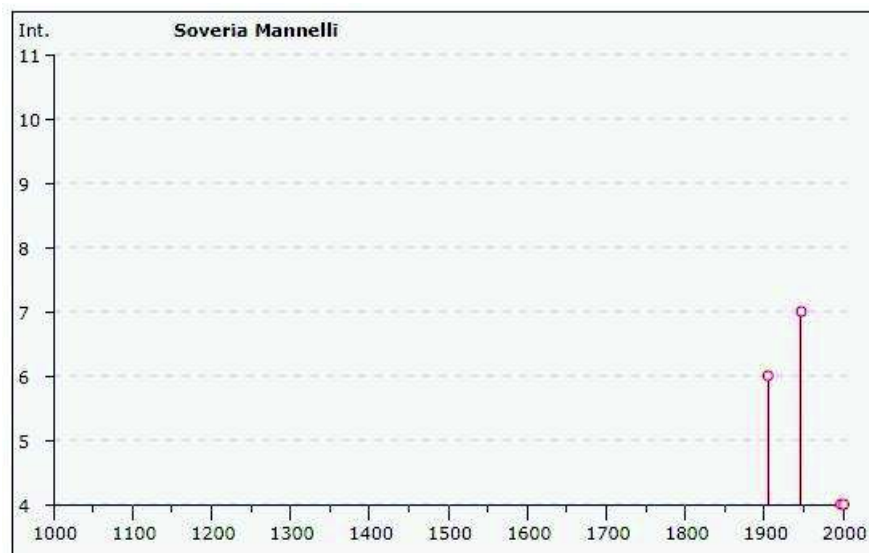
Fig. 3.2.3 C

Il sito oggetto dell'intervento è interessato dalla presenza di depositi olocenici sabbiosi ma con matrice limosa. Dalle prove penetrometriche è emersa la presenza di una falda ben identificabile a mt 3,00 dal p.c. e comunque estesa a tutto il terreno interessato dai lavori nei primi metri di profondità. Dalla verifica eseguita e di seguita riportata comunque il sito, visto anche le litologie sabbiose limose presenti, non è soggetto al rischio liquefazione.

Storia sismica di Soveria Mannelli **[39.083, 16.371]**

Numero di eventi: 8

Effetti		In occasione del terremoto del:		
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
6	1905-09-08 01:43	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
F	1908-03-01 05:23	NICASTRO	30	5.4.72 ±0.25
7	1947-05-11 06:32	Calabria centrale	254	8.5.70 ±0.13
NF	1988-04-13 21:28	Costa calabra	272	6-7 5.01 ±0.10
NF	1990-05-05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
NF	1996-04-27 00:38	Cosentino	123	6-7 4.86 ±0.11
4	1997-07-08 08:13	Cosentino	52	5.4.31 ±0.18
4	2001-10-18 11:02	Cosentino	115	5-6 4.31 ±0.09



6. ANALISI DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE

Per l'analisi delle pericolosità geologiche gravanti sull'area in oggetto si è fatto riferimento al PAI, Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico. Per l'analisi della pericolosità sismica, vedasi nello specifico la relazione sulla pericolosità sismica di base allegata alla presente.

6.1 VINCOLISTICA PAI

Il PAI, Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, riguarda la quasi totalità del territorio calabrese che è interessata da fenomeni di dissesto idrogeologico. La Calabria è infatti un territorio con forti dislivelli e geologicamente "*giovane*", per cui la sua conformazione è spesso soggetta a modifiche naturali.

Nel 2001 l'Autorità di Bacino Regionale ha pubblicato il PAI (aggiornando le norme di attuazione e le misure di salvaguardia al maggio 2007), finalizzato alla valutazione del rischio di frana, alluvione ed erosione costiera, che ha posto vincoli alla realizzazione di opere nelle aree a rischio elevato o molto elevato.

Per rischio si intende "l'entità del danno atteso in una data area e in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso".

È possibile definire quattro classi di rischio, di seguito riportate:

- **R1:** basso (in giallo)
- **R2:** medio (in verde)
- **R3:** elevato (in arancio)
- **R4:** molto elevato (in rosso)

Nella Carte Inventario delle Frane e delle Relative Aree a Rischio 079-138 e AV 79138 l'area interessata non ricade in aree a rischio frana e/o idraulico

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE


7.1 PROVE PENETROMETRICHE SUPERPESANTI DPSH


Per il calcolo geotecnico e strutturale si devono considerare i *valori caratteristici dei parametri geotecnici*, così come indicato nel paragrafo C 6.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. 617/2009 relativa alle N.T.C. 2008.

I parametri fisico-meccanici dei terreni forniti in questo elaborato sono relativi ai valori medi nominali utilizzati per il modello geologico, ricavati dalle prove in situ e dalla letteratura.

STRALCIO CARTA PAI
Comune di Soveria Mannelli (CZ)
CTR n°569091

Legenda

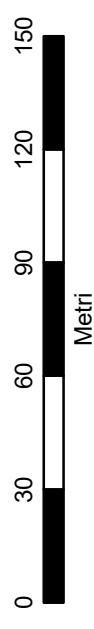
 RISCHIO IDRAULICO R2

 RISCHI IDRAULICO R4

 Ubicazione Area



Scala 1:5000



Il geologo
Dr. Merante Patrizia

Sono state eseguite dal Dott. Clemente Napoli due indagini penetrometriche DPSH opportunamente ubicate, finalizzate alla definizione dei principali caratteri geotecnici dei litotipi presenti in tale area.

La prova DPSH consiste nella misura della resistenza alla penetrazione della punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Si registra il n. di colpi necessari per l'infissione di 20cm di affondamento. L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 m. con diametro di 32mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura 60°/90°, e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da una altezza di 75cm.

La relazione conclusiva è allegata al presente lavoro.

Interpretazione

Prove Dpsh1 e DPSH2

Le prove hanno dato valori più tosto concordanti definendo il medesimo assetto geolitologico e sono state spinte fino ad una profondità massima di -9,40 m. Da quota inizio e fino a profondità comprese tra -1,00 m e -1,40 m, è stato possibile registrare valori di N_{spt} variabili da 2 a 4 e riconducibili a terreno di copertura mista a riporto. Da -1,40 m e fino a profondità comprese tra -5,60 m e -5,80 m è stato possibile riscontrare valori di N_{spt} che oscillano tra 8 e 9, associabili a sabbia limosa argillosa. Da questi livelli e fino alle profondità massime raggiunte i valori di N_{spt} registrati risultano essere compresi tra 24 e 29, riconducibili a Sabbia da media a grossa, dove si è ritenuto opportuno terminare la prova.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE DPSH

DPSH1

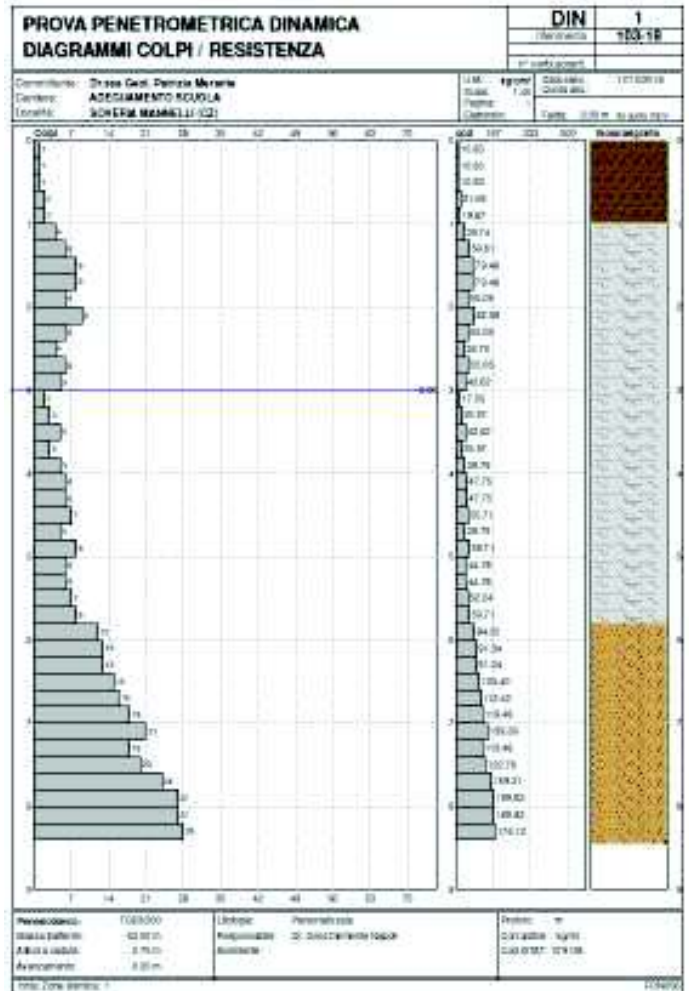


Foto n.1 Prova penetrometrica n.1 parte antistante Istituto Professionale

DPSH2

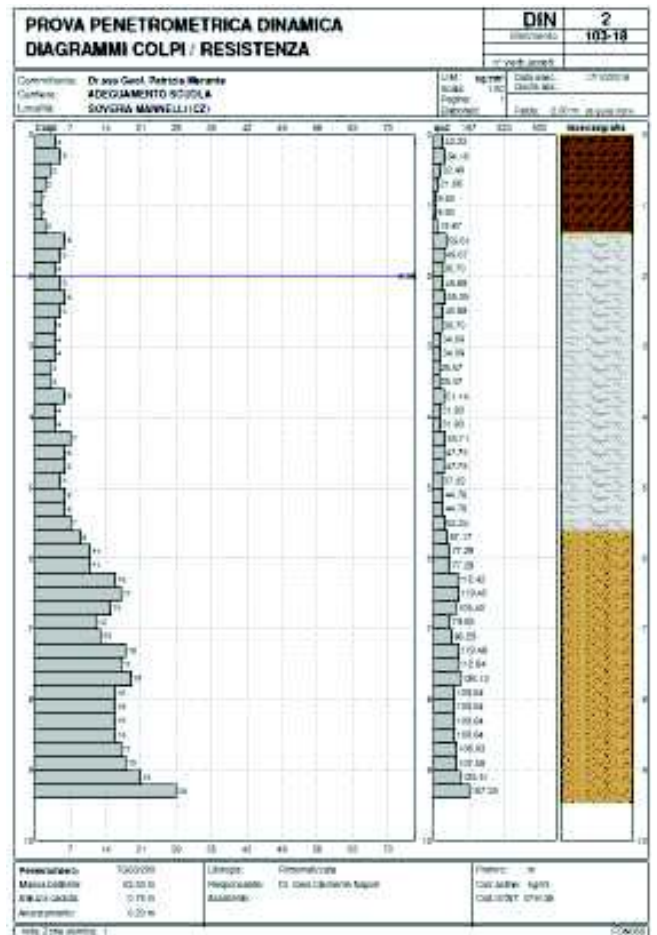


Foto n.2 Prova penetrometrica n.2 parte retrostante Istituto Professionale

7.2 INDAGINI GEOFISICHE

Le indagini geofisiche condotte dalla ditta *Geofisica Misure S.n.c.* (alla cui relazione allegata si rimanda per la visione completa della stratimetria del sottosuolo analizzato, delle caratteristiche tecniche del sismografo e del programma di acquisizione dei dati), sono finalizzate alla determinazione delle velocità equivalenti delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno (V_{s30}), per stabilire la categoria di suolo di fondazione dei siti interessati e quindi poter definire l'azione sismica di progetto in base alle NTC 2008. Pertanto è stata realizzata:

1) una prospezione sismica con metodologia (*Multichannel Analysis Of Surface Waves*), che consente di definire profili verticali delle onde di taglio (V_s), mediante un'analisi della dispersione delle velocità delle onde di fase di *Rayleigh*.

In particolare, per valutare la velocità delle onde di taglio V_{s30} , la prospezione sismica di tipo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) sfrutta le onde di superficie (*Rayleigh*) create tramite una massa battente e registrate da una serie di geofoni posti lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale.

Uno dei vantaggi dell'utilizzo di tale tecnica, rispetto alla classica sismica a rifrazione, è quello di riuscire a individuare le inversioni di velocità e quindi a intercettare i cosiddetti "orizzonti lenti", pacchi di strati a consistenza minore o alterazione maggiore; tra gli svantaggi tale metodologia include l'esistenza di strati sismici piano paralleli (quindi strati sismici irregolari possono influire sulla precisione del risultato), la ricostruzione stratigrafica meno precisa rispetto alla rifrazione (perciò è importante la taratura con i sondaggi), il risultato finale dato da una colonnina sismostratigrafica puntuale (cioè si ha un dato 1D collocabile in genere a metà dello stendimento).

Per tutti i risultati delle indagini e per i valori degli altri parametri geotecnici correlati alle V_s (V_P , E_d , G_o , E_v , M_o ,) non compresi in questa sede, si rimanda alla relazione specifica allegata al presente elaborato e che ne costituisce parte integrante.

L'indagine sismica effettuata da *Geofisica Misure S.n.c.*, con un sismografo modulare *Geometrics Geode* a 24 canali, con conversione analogico-digitale a 24 bit, ha evidenziato la presenza di tre sismostrati, che hanno le seguenti velocità medie di propagazione delle onde longitudinali :

7.2.1 MASW

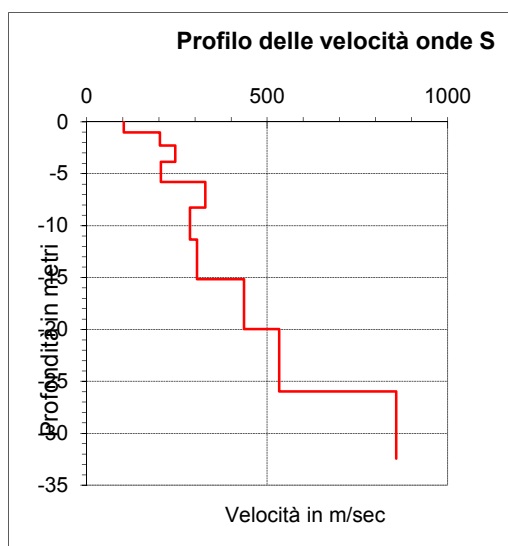
L'indagine eseguita ha messo in evidenza la presenza di n.4 sismostrati con i seguenti valori medi (calcolati dai dati acquisiti effettuando due scoppi agli estremi dello stendimento):

Strato		Profondità dal p.c.	Vs m/s	Vs ₃₀ m/s	Classe Terreno
1	Terreno vegetale	0,00 m – 1,00 m	103	333	E
2	Sabbia e sabbia limosa mediamente addensata	1,00m-5,800m	217		
3	Sabbia eterometrica mediamente addensata	5,80m-15,16m	306		
5	Metamorfiti molto fratturate	15,16m-25,00m	484		
	Metamorfiti Fratturate	>25	857		

SUOLO DI TIPO E: Terreni con valori riconducibili alla classe C o D ma con substrato non superiore ai 30 mt.

Foto n.3 Stendimento sismico Masw





Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3	Colonna 4*
<i>Profondità dal p.c. al centro dello stendimento (metri)</i>	<i>Profondità al centro dello stendimento con suddivisione in sismostrati (metri)</i>	<i>Velocità delle onde S (m/sec)</i>	<i>Velocità delle onde S (m/sec) per ciascun sismostrato definito nella colonna 2</i>
-1.006	1.006	102.974	103
-2.264	4.795	202.489	217
-3.836		245.649	
-5.801		204.997	
-8.258	9.366	328.497	306
-11.329		285.613	
-15.167		305.698	
-19.965	10.795	436.178	484
-25.962		532.868	
-32.443	Substrato Sismico	857.242	857 (Substrato Sismico)

***V_{seq} = 333 m/sec (velocità equivalente delle onde di taglio)**

(Quota di riferimento -1.00 m dal p.c.)

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

7.2.2 MODULI ELASTICI DINAMICI

I moduli elastici dinamici sono stati calcolati partendo dai valori medi delle velocità delle onde trasversali (V_s) determinate nel profilo MASW. Per il calcolo delle velocità delle onde longitudinali (V_p), sono stati adottati opportuni valori dei coefficienti di Poisson. I valori dei pesi di volume (γ) sono indicativi.

Tabella dei moduli elastici dinamici medi

	<i>Terreno di copertura</i>	<i>Sabbia e sabbia limosa mediamente addensata</i>	<i>Sabbia eterometrica mediamente addensata</i>	<i>Metamorfiti molto fratturate</i>	<i>Metamorfiti fratturate</i>
Coefficiente di Poisson μ	0.395	0.385	0.350	0.310	0.300
Velocità onde longitudinali V_p (m/sec)	252	502	637	922	1603
Velocità onde trasversali V_s (m/sec)	103	217	306	484	857
Peso di volume γ (g/cm ³)	1.70	1.90	1.95	2.20	2.30
Modulo di Young E (Mpa)	51.5	252.6	502.5	1376.4	4477.1
Modulo di Rigidità G (Mpa)	18.4	91.2	186.1	525.3	1721.9

Risposta sismica:

Categoria di sottosuolo: **E**;

Categoria Topografica: **T₁**;

Coordinate Geografiche (WGS84):

N 39,075595° - E O 16,380439° (MASW);

N 39,075563° - E O 16,380235° (MT).

7.3 PROVA HVSR

Nell'ambito degli studi relativi alla risposta sismica locale (RSL), sono spesso utilizzate tecniche basate sui rapporti spettrali tra coppie di segnali sismici registrate in diverse posizioni, che forniscono una stima di amplificazione dei terreni costituenti il sottosuolo.

L'indagine sismica con metodologia H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) consiste in una misura sismica passiva per l'acquisizione del rumore ambientale ed è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. La tecnica dei rapporti spettrali trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un

parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici.

La strumentazione utilizzata (Lennartz LE-5s) per l'acquisizione del rumore sismico (microtremori) è costituita da un sismografo di precisione con sensore tridirezionale per analizzare il rapporto tra le componenti spettrali orizzontali (Nord-Sud ed Est-Ovest) e verticali. (metodo H/V)
L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio.

L'impiego dei metodi passivi a singolo ricevitore (HVSR), che percepiscono il “*rumore sismico*”, nell'analisi geofisica possono essere molto utili nella determinazione di due elementi cruciali per uno studio di microzonazione sismica, vale a dire l'individuazione di eventuali fenomeni di risonanza e le relative frequenze, inoltre avere informazioni sulla profondità del substrato rigido locale (*bedrock sismico*).

La prima frequenza naturale di vibrazione del terreno (f_1) è denominata *frequenza fondamentale di risonanza*:

$$f_1 = 1/T_1 = V_s/4H$$

E' noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata dall'altezza e può essere calcolata, in maniera approssimativa, con la seguente formula:

Frequenza naturale edificio ≈ 10 Hz/numero di piani

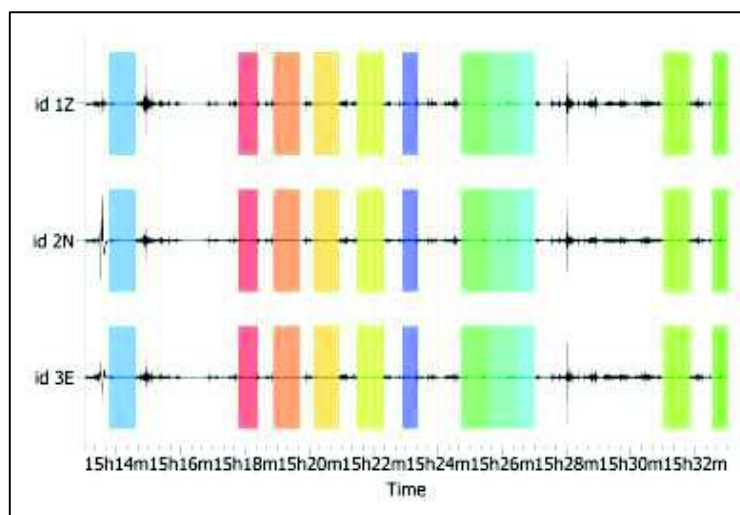
ANALISI DEL RUMORE AMBIENTALE (MICROTREMORI)



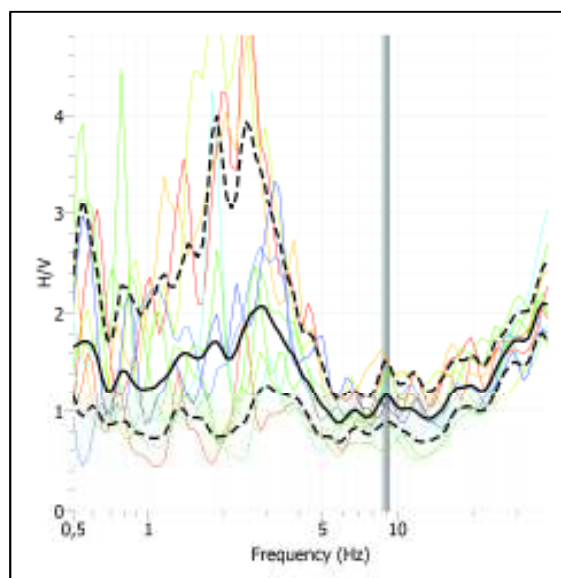
La coincidenza di risonanza tra terreno e struttura può essere particolarmente pericolosa, causando la massima amplificazione.



Sismogramma e finestre temporali di calcolo del rapporto H/V



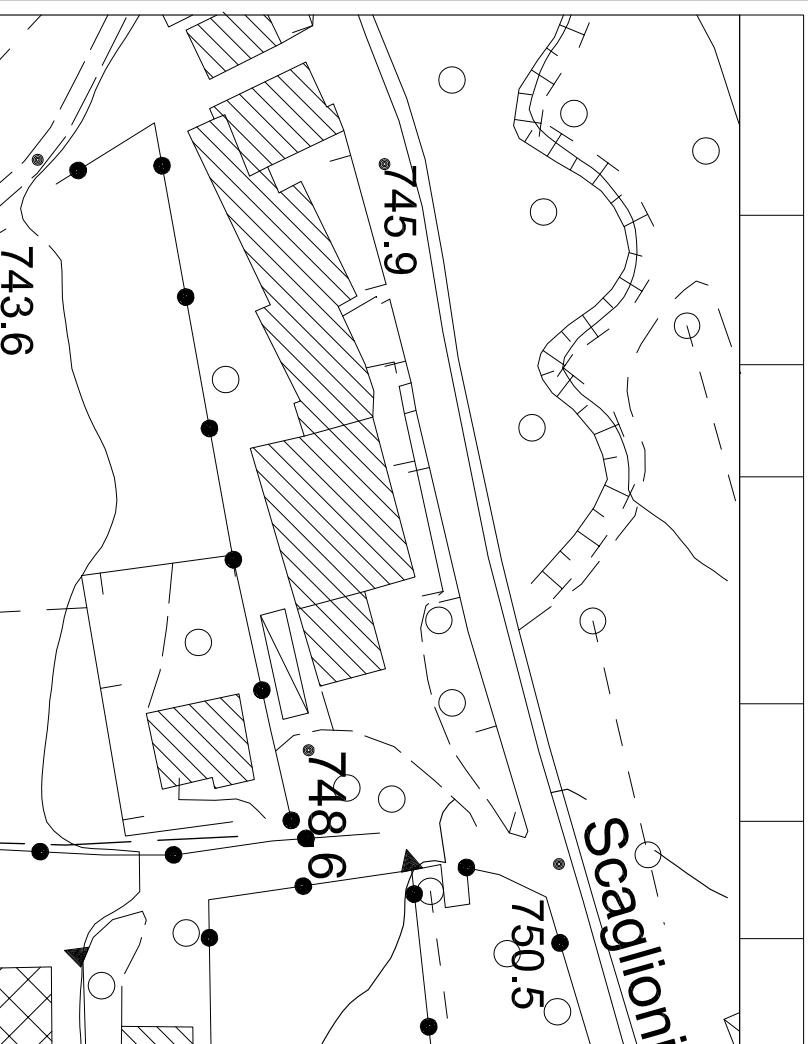
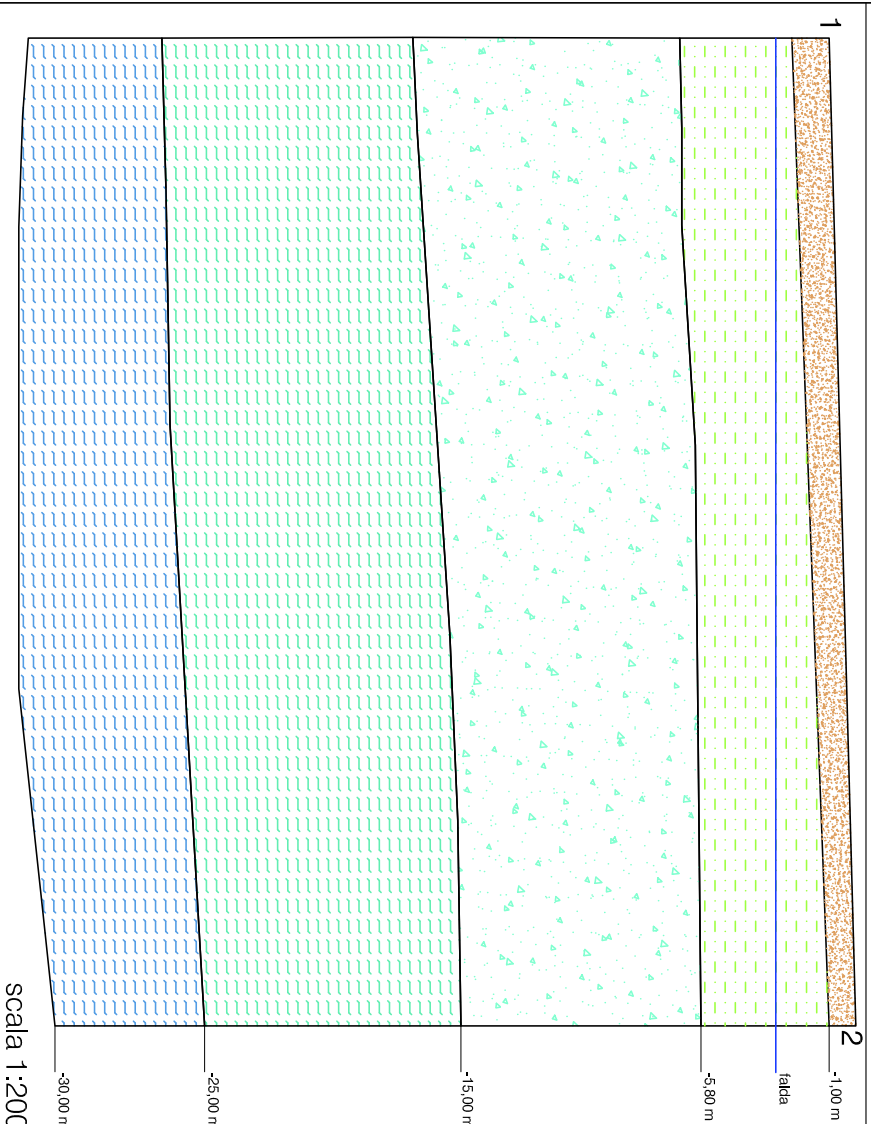
Valori del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale e verticale del moto del suolo



Nel sito di interesse è stata acquisita una finestra temporale di lunghezza pari a 20 minuti. La registrazione è stata effettuata tra le ore 15.13 e le ore 15.33 del 17.10.2018, in condizione di tempo nuvoloso e in assenza di vento. Il luogo di registrazione è posto all'interno dell'area di pertinenza dell'Istituto Scolastico, ubicato alla periferia sud-occidentale dell'abitato di Soveria Mannelli.

I valori dei rapporti spettrali sono stati calcolati su 11 finestre temporali con durata compresa tra 25 sec e 50 sec, successivamente mediati e rappresentati in un'unica curva. Il software utilizzato, "Geopsy" (<http://www.geopsy.org>), ha origine dal progetto europeo SESAME e contiene una serie di moduli per l'analisi di vibrazioni, tra cui il metodo HVSR. Si può osservare un picco non ben definito alla frequenza di 2.81 Hz (H/V medio pari a 2.073). Un modesto incremento del rapporto spettrale si evidenzia alla frequenza di 8.88 Hz (H/V medio = 1.163). Il picco a bassa frequenza può essere associato a un contrasto di rigidità posto all'incirca intorno ai 26.0-27.0 m di profondità dal p.c., riferibile alla presenza del substrato metamorfico fratturato, mentre il picco individuato alla frequenza di 8.88 Hz sembra indicare una variazione del grado di addensamento all'interno della *Formazione* sedimentaria quaternaria che ricopre il substrato, posta all'incirca tra i 5.0-6.0 m di profondità.

(vedi Allegato: Indagini Geofisiche)



Comune di Soveria Mannelli

(prov. di Catanzaro)

luogo					
<h1>Comune di Soveria Mannelli</h1> <p>(prov. di Catanzaro)</p>					
progetto		via/località Loc. Scaglioni			
Lavori di adeguamento sismico		rifi. catastali			
Modello geologico geotecnico				data ottobre 2018	
Il Geologo Patrizia Merante		Legenda			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p> <p> <p> <p>Note</p> </p></p></p></div> </div>					
Sezione 1-2					

8. MODELLO GEOLOGICO DEFINITIVO

Sulla base di valutazioni incrociate tra i risultati ottenuti dalle ricostruzioni sismiche, lo studio degli affioramenti osservabili sul terreno, lo studio della stratigrafia delle formazioni geologiche affioranti nell'area desunta dalla Carta Geologica in scala 1:25.000 e la letteratura, nonché tenendo conto delle scelte dettate dalla sicurezza, è possibile scegliere sia il modello ritenuto più conforme alla situazione litostratigrafica presente nell'area che i parametri geotecnici da riferire ai vari litotipi.

Categoria di sottosuolo: E;

Categoria Topografica: T₁;

Coordinate Geografiche (WGS84): N 39,075595° - E O 16,380439° (MASW;

***V_seq = 333 m/sec (velocità equivalente delle onde di taglio)**

(Quota di riferimento -1.00 m dal p.c.)

MODELLO LITOTECNICO DI RIFERIMENTO

Strato	Spess. (m)	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	C' (Kg/cm ²)	Edin (Mpa)	Mo (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Nspt	Vs (m/s)
1	1,00	1.70	1.87	26	0,00	51.5	52	0.395	2	103
2	4,60	1.90	1.91	28	0,01	252.3	66	0.385	4	217
3	9,40	1,95	2,00	34	0,00	502.5	145	0.350	24	306
4	10,00	2,20	2.25	38	0,00	1376.4	160	0.310	40	484
5	>25	2,30	2,35	42	0,00	44771.0	200	0.300	40	857

9.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Data: 11/10/2018

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: III
Coefficiente d'uso (Cu): 1.5
Periodo di riferimento (Vr): 75 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 45 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 75 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 712 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1462[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 39.0757828 [°]
Longitudine (WGS84): 16.3801632 [°]
Latitudine (ED50): 39.0768051 [°]
Longitudine (ED50): 16.3809662 [°]

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0.090	2.284	0.295
SLD	75	0.118	2.304	0.318
SLV	712	0.324	2.454	0.396
SLC	1462	0.426	2.494	0.430

9.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo:

E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs maggiore di 800m/s)

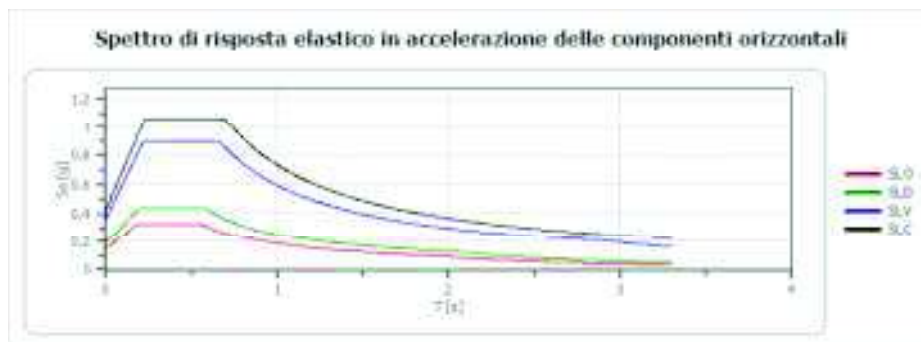
Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.029	0.045	0.102	0.426
kv	0.014	0.023	0.051	0.213
amax [m/s ²]	1.419	1.849	3.590	4.175
Beta	0.200	0.240	0.280	1.000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.5	0.090	2.284	0.295	1.600	1.870	1.000	1.600	1.000	0.184	0.553	1.962	0.145	0.330
SLD	1.5	0.118	2.304	0.318	1.600	1.820	1.000	1.600	1.000	0.193	0.579	2.071	0.189	0.434
SLV	1.5	0.324	2.454	0.396	1.130	1.670	1.000	1.130	1.000	0.221	0.662	2.896	0.366	0.898
SLC	1.5	0.426	2.494	0.430	1.000	1.610	1.000	1.000	1.000	0.231	0.692	3.303	0.426	1.061

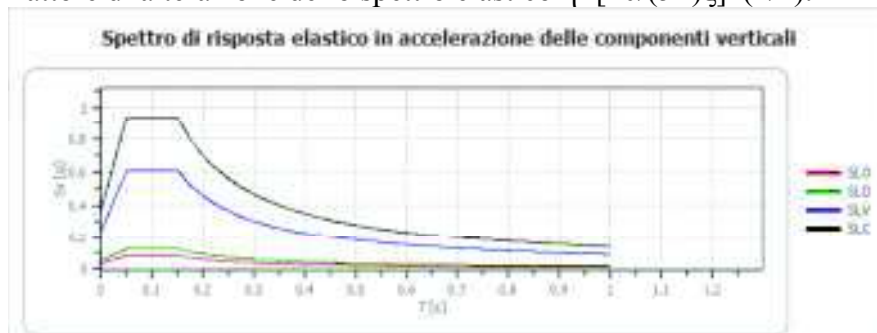
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.5	0.090	2.284	0.295	1	1.870	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.037	0.084
SLD	1.5	0.118	2.304	0.318	1	1.820	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.055	0.126
SLV	1.5	0.324	2.454	0.396	1	1.670	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.249	0.611
SLC	1.5	0.426	2.494	0.430	1	1.610	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.375	0.935

10.CONCLUSIONI

La presente relazione è redatta a supporto del progetto *L' AVVISO PUBBLICO PER IL FINANZIAMENTO IN FAVORE DI ENTI LOCALI DI VERIFICHE DI VULNERABILITÀ SISMICA E PROGETTAZIONE DI EVENTUALI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO: PROGETTO DI VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA ISTITUTO SCOLASTICO IPAA - SOVERIA MANNELLI (CZ)*

La sottoscritta per ottemperare ad un livello di conoscenza delle caratteristiche geologiche del sito, oggetto d'intervento, trattandosi di una struttura ricadente in Classe d'uso III, ha previsto con l'esecuzione di n. 2 prove S.P.T. in foro, e prelievo di campioni, la realizzazione di uno stendimento sismico tipo Masw e una indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura), l'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche DPSH.

A conclusione di quanto relazionato nei paragrafi precedenti si precisa quanto segue:

- ✎ dallo studio della Carta Geologica è stata riscontrata la presenza di Metamorfiti da molto alterate e molto fratturate a debolmente fratturate al di sotto di uno complesso di sabbie da limose argillose a grossolane di circa 15m
- ✎ dal confronto con la Cartografia PAI l'area non ricade in area a rischio;
- ✎ si può escludere rischio di liquefazione in caso di sisma in relazione alle caratteristiche granulometriche delle litologie presenti, trattasi infatti, di terreni sabbiosi limosi seppur in falda;
- ✎ il valore di V_{S30} è pari a:
 - $V_{Seq} = 333\text{m/s}$ con suolo di fondazione di “categoria E
 - Coordinate Geografiche (WGS84): **N 39,07557° - E O 16,380439°**.

Alla luce delle caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e geotecniche rilevate, l'area d'interesse possiede i requisiti geologici, geotecnici e geofisici favorevoli ad una sua utilizzazione per la realizzazione del progetto di cui in premessa.

Le scelte progettuali devono essere congrue rispetto alle strutture in elevazione e rispettare le verifiche agli stati ultimi e di esercizio nonché tenere presente che in base all'OPCM n. 3274 del Marzo 2003 e s.m.i., il Comune di Soveria Mannelli è classificato come località sismica di “Zona 1”, con a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A) pari a **0.35g**.

Per la stima dei parametri sismici, si faccia riferimento alla definizione di Risposta sismica Locale (approccio monodimensionale) per come previsto dalla N.T.C. 2018 per particolari categorie costruttive e per come raccomandata, come già evidenziato, dal Regolamento Regionale della Regione Calabria , Circolare n. 7 del 28/06/2012 e s.m.i.

Il Geologo

Dott. Geol. Patrizia Merante

COMUNE DI SOVERIA MANNELLI

(Provincia di Catanzaro)

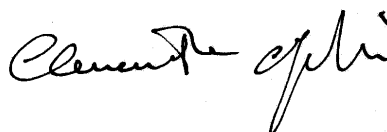
INDAGINI GEOTECNICHE

Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)

Progetto : “Progetto di verifica di vulnerabilità sismica istituto scolastico IPAA - SOVERIA MANNELLI (CZ)”

Committente : Dr.ssa Geol. Patrizia MERANTE

Il Tecnico responsabile
Dott. Geol. Clemente Napoli



PREMESSA

Con riferimento al “Progetto di verifica di vulnerabilità sismica istituto scolastico IPAA - SOVERIA MANNELLI (CZ)”, la Geol. Patrizia MERANTE ha incaricato la *Geotecnica servizi del Dott. Napoli Clemente* di eseguire una indagine geologica, finalizzata alla definizione dei principali caratteri geotecnici dei litotipi presenti nel sito in esame. Per tale scopo sono state eseguite due prove penetrometriche super pesanti (DPSH), che hanno permesso di definire una caratterizzazione geotecnica del sito.

Il contesto geolitologico dell’area investigata vede la presenza di una coltre superficiale seguita da depositi lacustri medio-fini a diverso grado di addensamento.

METODOLOGIE DELL' INDAGINE

Prova penetrometrica dinamica DPSH

La prova penetrometrica dinamica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Viene registrato il numero di colpi necessari per l’infissione ogni 20 cm di affondamento. L’attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro con diametro di 32 mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 90°, e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un’altezza di 75 cm.

CARATTERISTICHE TECNICHE

La strumentazione per eseguire la prova è un penetrometro statico/dinamico, costruita dalla ditta Pagani di Calendasco (Pc). Tale sonda, date le sue caratteristiche tecniche, è conforme alle Norme Tecniche UNI EN ISO 22476-3:2013, “*Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 2: Dynamic probing*”, UNI EN ISO 22476-12:2009, “*Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 12: Mechanical cone penetration test (CPTM)*”.

CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO PAGANI TG 63-200KN	
MATRICOLA	P001087
TIPO	DPSH/CPT
NORMA DI RIFERIMENTO	UNI EN ISO 22476-2/12:2005/9
MASSA BATTENTE	63,5 kg
ALTEZZA DI CADUTA	750 mm
SPINTA	200 KN
DIAMETRO PUNTA CONICA (DPSH)	50,5 mm
APERTURA PUNTA CONICA (DPSH)	90°
AREA DI BASE PUNTA CONICA(DPSH)	20 cm ²
LUNGH. PARTE CILINDRICA PUNTA CONICA (DPSH)	51 mm
ALTEZZA PARTE CONICA PUNTA CONICA (DPSH)	25,3 mm
PUNTA PER PROVA STATICA	MECCANICA BEGEMANN
DIAMETRO PUNTA (CPT)	Ø 35.7 mm
APERTURA PUNTA (CPT)	60°
AREA DI BASE PUNTA (CPT)	10 cm ²
LUNGHEZZA ASTE	1 m
DIAMETRO ASTE	Ø 34/32 mm
PESO ASTE	6 kg
AVANZAMENTO PUNTA	200 mm
NUMERO COLPI PER PUNTA	N20
COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE CON NSPT	1,515
LAVORO SPECIFICO / COLPO	238 KJ/m ²

Interpretazione

Prove Dpsh1 e DPSH2

Le prove hanno dato valori più tosto concordanti definendo il medesimo assetto geolitologico e sono state spinte fino ad una profondità massima di -9,40 m. Da quota inizio e fino a profondità comprese tra -1,00 m e -1,40 m, è stato possibile registrare valori di Nspt variabili da 2 a 4 e riconducibili a terreno di copertura mista a riporto. Da -1,40 m e fino a profondità comprese tra -5,60 m e -5,80 m è stato possibile riscontrare valori di Nspt che oscillano tra 8 e 9, associabili a sabbia limosa argillosa. Da questi livelli e fino alle profondità massime raggiunte i valori di Nspt registrati risultano essere compresi tra 24 e 29, riconducibili a Sabbia da media a grossa, dove si è ritenuto opportuno terminare la prova.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati.

Previa definizione della profondità di ciascuno strato, il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando:

valore minimo **m**, massimo **Max**, media **M**, scarto quadratico medio **s**, valore medio/minimo **(M+m)/2** media-scarto quadratico medio **(M-s)**

Ciò considerato, si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto, a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente, con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N, si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT: $Nspt = \beta N$ (ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β_t fornito dal programma).

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica Rpd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese:

$$Rpd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove:}$$

N = n. colpi per avanzamento d Rpd = resist.dinam.punta (area A) **M** = massa battente (altezza caduta H)

e = avanzamento per colpo = **d / N**, **P** = peso tot. sistema battente e aste, ovvero in base alla formula semplificata:

$$Rpd' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A d) = Q N,$$

ove: $Q = (M H) / (A d)$ = energia specifica teorica per colpo.

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt), dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente:

$$Rpd' = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta_t N$$

ove il rapporto $\beta_t = Q/Qspt$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame,

relativamente alla prova SPT ($Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$, $A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$).

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi:

Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

ø' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE - SHIOI & FUKUNI Road Bridge Specification (1982) - SHIOI & FUKUNI Japanese National Railway (1982) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Cu o Su (remolded): COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) – DM-7 (Desing Manual for Soil Mechanics); $0.038 * Nspt$ (argille a bassa plasticità); $0.074 * Nspt$ (argille a media plasticità); $0.125 * Nspt$ (argille ad alta plasticità)

Y PESO DI VOLUME

Terreni granulari (Terzaghi-Peck 1948/1967) [$e_{max} = 1$ e $e_{min} = 1/3$ $G = 2.65$]

Terreni coesivi (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [$p_{specifico} G = 2.70$]

Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue (1965)

Mo = modulo di deformazione edometrico

Terreni granulari (Menzebach e Malcev); $3,54 \text{ NSPT} + 38$ (Sabbia fine); $4,46 \text{ NSPT} + 38$ (Sabbia media); $14,46 \text{ NSPT} + 38$ (Sabbia + ghiaia); $11,84 \text{ NSPT} + 38$ (Sabbia ghiaiosa)

Terreni coesivi (correl.: $Mo - qc - natura$) (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) (g = accelerazione gravità) (Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) (correlazioni: (A_{max}/g))

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	1
	riferimento	103-18
	n° verb. accett.	

Committente: Dr.ssa Geol. Patrizia Merante	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 17/10/2018
Cantiere: VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA	Pagina: 1	
Località: SOVERIA MANNELLI (CZ)	Elaborato:	Falda: -3.00 m da quota inizio

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0.20	1	1	0	10.83					
0.40	1	1	0	10.83					
0.60	2	1	0	10.83					
0.80	2	2	0	21.66					
1.00	2	2	0	19.87					
1.20	2	4	0	39.74					
1.40	2	6	0	59.61					
1.60	3	8	0	79.48					
1.80	3	8	0	79.48					
2.00	3	6	0	55.05					
2.20	3	9	0	82.58					
2.40	3	6	0	55.05					
2.60	4	4	0	36.70					
2.80	4	6	0	55.05					
3.00	4	5	0	42.62					
3.20	4	2	0	17.05					
3.40	4	3	0	25.57					
3.60	5	5	0	42.62					
3.80	5	3	0	25.57					
4.00	5	5	0	39.79					
4.20	5	6	0	47.75					
4.40	5	6	0	47.75					
4.60	6	7	0	55.71					
4.80	6	5	0	39.79					
5.00	6	8	0	59.71					
5.20	6	6	0	44.78					
5.40	6	6	0	44.78					
5.60	7	7	0	52.24					
5.80	7	8	0	59.71					
6.00	7	12	0	84.32					
6.20	7	13	0	91.34					
6.40	7	13	0	91.34					
6.60	8	15	0	105.40					
6.80	8	16	0	112.42					
7.00	8	18	0	119.48					
7.20	8	21	0	139.39					
7.40	8	18	0	119.48					
7.60	9	20	0	132.76					
7.80	9	24	0	159.31					
8.00	9	27	0	169.83					
8.20	9	27	0	169.83					
8.40	9	28	0	176.12					

H = profondità
 L1 = prima lettura (colpi punta)
 L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta
 Asta = numero di asta impiegata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN
1

riferimento

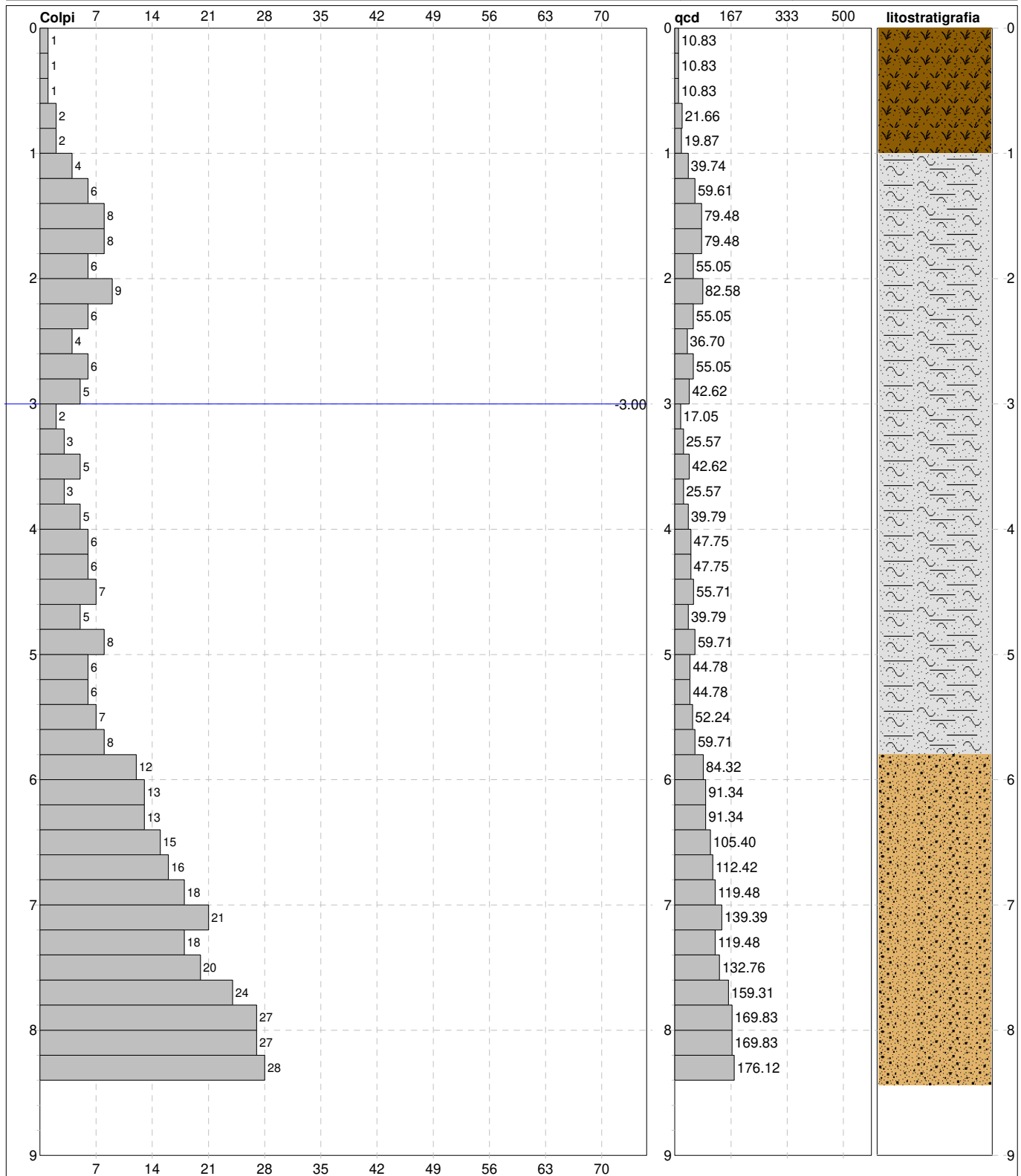
103-18

n° verb. accett.

Committente: **Dr.ssa Geol. Patrizia Merante**
 Cantiere: **VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA**
 Località: **SOVERIA MANNELLI (CZ)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:45**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data esec.: **17/10/2018**
 Quota ass.:
 Falda: **-3.00 m** da quota inizio



Penetrometro: TG63/200
Massa battente: 63.50 m
Altezza caduta: 0.75 m
Avanzamento: 0.20 m

Litologia: Personalizzata
Responsabile: Dr. Geol. Clemente Napoli
Assistente:

Preforo: m
Corr. astine: kg/ml
Cod. ISTAT: 079138

nota: Zona sismica: 1

FON056

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	referimento	103-18
	n° verb. accett.	

Committente: Dr.ssa Geol. Patrizia Merante	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 17/10/2018
Cantiere: VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA	Pagina: 1	
Località: SOVERIA MANNELLI (CZ)	Elaborato:	Falda: -3.00 m da quota inizio

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione	
1	0.00 : 1.00	Media	1	1.52	2	14.80	13.65	74	21	0.74	Coes./Gran.	Terreno vegetale	
2	1.00 : 5.80	Media	6	1.52	9	49.51	44.43	138	70	2.48	Coes./Gran.	Sabbia limosa/argillosa	
3	5.80 : 8.40	Media	19	1.52	29	128.54	128.67	213	177	6.43	Granulare	Sabbia da media a grossa	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ø °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.00	2	0.13	1.75	46.91	1.27	10	8	25	207	1.85	1.36	45	---
2	1.00 : 5.80	9	0.56	1.89	34.00	0.92	44	32	28	261	1.92	1.48	70	---
3	5.80 : 8.40	29	---	---	---	---	---	64	35	415	2.05	1.68	167	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE	DIN	2
	riferimento	103-18
	n° verb. accett.	

Committente: Dr.ssa Geol. Patrizia Merante	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 17/10/2018
Cantiere: VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA	Pagina: 1	
Località: SOVERIA MANNELLI (CZ)	Elaborato:	Falda: -2.00 m da quota inizio

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0.20	1	4	0	43.33					
0.40	1	5	0	54.16					
0.60	2	3	0	32.49					
0.80	2	2	0	21.66					
1.00	2	1	0	9.93					
1.20	2	1	0	9.93					
1.40	2	2	0	19.87					
1.60	3	6	0	59.61					
1.80	3	5	0	49.67					
2.00	3	4	0	36.70					
2.20	3	5	0	45.88					
2.40	3	6	0	55.05					
2.60	4	5	0	45.88					
2.80	4	4	0	36.70					
3.00	4	4	0	34.09					
3.20	4	4	0	34.09					
3.40	4	3	0	25.57					
3.60	5	3	0	25.57					
3.80	5	6	0	51.14					
4.00	5	4	0	31.83					
4.20	5	4	0	31.83					
4.40	5	7	0	55.71					
4.60	6	6	0	47.75					
4.80	6	6	0	47.75					
5.00	6	5	0	37.32					
5.20	6	6	0	44.78					
5.40	6	6	0	44.78					
5.60	7	7	0	52.24					
5.80	7	9	0	67.17					
6.00	7	11	0	77.29					
6.20	7	11	0	77.29					
6.40	7	16	0	112.42					
6.60	8	17	0	119.45					
6.80	8	15	0	105.40					
7.00	8	12	0	79.65					
7.20	8	13	0	86.29					
7.40	8	18	0	119.48					
7.60	9	17	0	112.84					
7.80	9	19	0	126.12					
8.00	9	16	0	100.64					
8.20	9	16	0	100.64					
8.40	9	16	0	100.64					
8.60	10	16	0	100.64					
8.80	10	17	0	106.93					
9.00	10	18	0	107.58					
9.20	10	21	0	125.51					
9.40	10	28	0	167.35					

H = profondità
 L1 = prima lettura (colpi punta)
 L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta
 Asta = numero di asta impiegata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN
2

riferimento

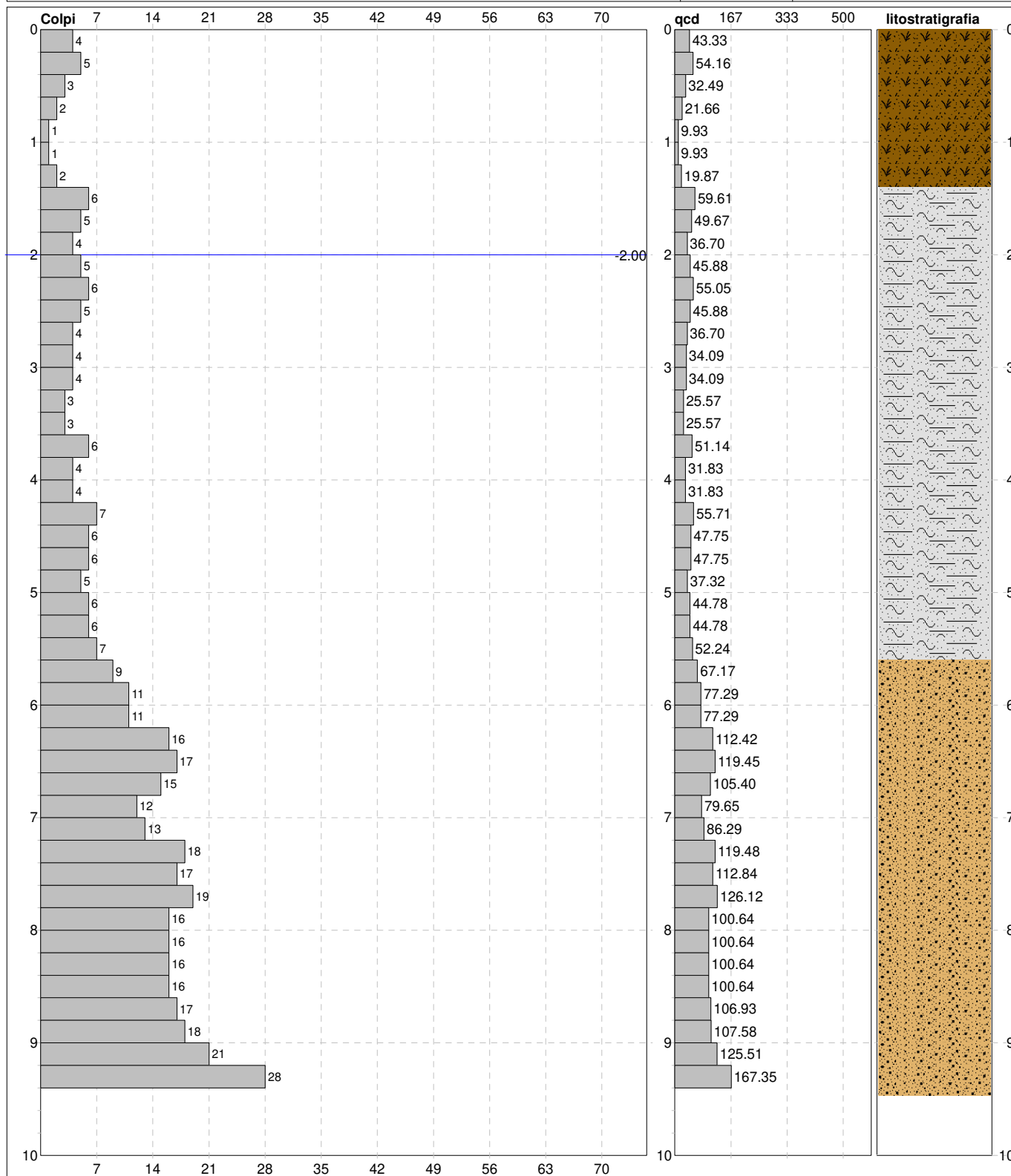
103-18

n° verb. accett.

Committente: **Dr.ssa Geol. Patrizia Merante**
 Cantiere: **VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA**
 Località: **SOVERIA MANNELLI (CZ)**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:50**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data esec.: **17/10/2018**
 Quota ass.:
 Falda: **-2.00 m** da quota inizio



Penetrometro: TG63/200
Massa battente: 63.50 m
Altezza caduta: 0.75 m
Avanzamento: 0.20 m

Litologia: Personalizzata
Responsabile: Dr. Geol. Clemente Napoli
Assistente:

Preforo: m
Corr. astine: kg/ml
Cod. ISTAT: 079138

nota: Zona sismica: 1

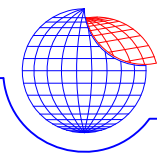
FON056

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	2
	riferimento	103-18
	n° verb. accett.	

Committente: Dr.ssa Geol. Patrizia Merante	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 17/10/2018
Cantiere: VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA	Pagina: 1	
Località: SOVERIA MANNELLI (CZ)	Elaborato:	Falda: -2.00 m da quota inizio

PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.40	Media	3	1.52	4	27.34	25.07	88	36	1.37	Coes./Gran.	Terreno vegetale
2	1.40 : 5.60	Media	5	1.52	8	42.57	38.72	136	63	2.13	Coes./Gran.	Sabbia limosa/argillosa
3	5.60 : 9.40	Media	16	1.52	24	104.91	106.90	191	153	5.25	Granulare	Sabbia da media a grossa

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	φ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0.00 : 1.40	4	0.25	1.80	41.67	1.13	20	15	26	222	1.87	1.39	52	---
2	1.40 : 5.60	8	0.50	1.87	34.98	0.94	41	28	28	253	1.91	1.46	66	---
3	5.60 : 9.40	24	---	---	---	---	---	56	34	376	2.01	1.63	145	---



GEOFISICA
MISURE S.n.c.

PROSPEZIONI E MONITORAGGI GEOFISICI SU TERRENI E MANUFATTI
87075 Trebisacce (CS); Viale della Libertà, 132;
Fax 0981 571110; E-mail: info@geofisicamisure.it
C.F. e P. IVA 02253910786; N. REA 0153033



COMUNE DI SOVERIA MANNELLI

(Provincia di CATANZARO)

PROGETTO DI VERIFICA DI VULNERABILITA'
SISMICA ISTITUTO SCOLASTICO IPAA

PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA MASW
ANALISI DEL RUMORE AMBIENTALE (HVSR)

COMMITTENTE: Dr. Geol. Patrizia MERANTE

I tecnici responsabili

Dr. Giuseppe Mainieri Dr. Giuseppe Ferraro

PREMESSA

Nell'ambito della campagna d'indagini geofisiche per il *Progetto di verifica di vulnerabilità sismica Istituto Scolastico IPAA di SOVERIA MANNELLI (CZ)*, il Dr. Geol. **Patrizia MERANTE** ha incaricato la *Geofisica Misure S.n.c.* di eseguire delle indagini geofisiche di superficie, finalizzate alla definizione delle principali caratteristiche elastiche dinamiche dei litotipi presenti nell'area in esame. Per tale scopo sono state realizzate: 1) una prospezione sismica di superficie con metodologia *Multichannel Analysis Of Surface Waves (MASW)*, che consente di definire profili verticali delle onde di taglio (V_s); 2) una misura del rumore ambientale (HVSr). Il contesto geolitologico dell'area investigata vede la presenza di depositi sedimentari eterometrici a vario grado di addensamento, poggianti su un substrato di natura metamorfica a vario grado di fratturazione.

CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE

Sismografo modulare Geometrics Geode a 24 canali, con conversione analogico-digitale a 24 bit, ad elevata dinamica, avente le seguenti caratteristiche principali:

- *Range dinamico: 144 dB di sistema.*
- *Distorsione: 0.0005 % @ 2.0 ms.*
- *Banda di acquisizione: 1.75-20.000 Hz.*
- *Accuratezza trigger: 1/32 del passo di campionamento.*
- *Impedenza: 20 Kohm.*
- *Filtri in acquisizione: LowCut: 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz 24/48 dB/Octave, Butterworth. Notch: 50, 60, 180 Hz. HighCut: 32, 64, 125, 250, 500, 1000 Hz 24/48 dB/Octave.*
- *Intervallo di campionamento: 0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 msec.*
- *Lunghezza di registrazione: 16.384 campioni.*
- *Pre-trigger: fino a tutta la lunghezza di registrazione.*
- *Delay: da 0 a 9999 ms in passi di una lunghezza di intervallo.*

Per il rilievo della velocità del moto del suolo sono stati utilizzati geofoni *Geospace*, con frequenza di oscillazione di 4.5 Hz .

INTERPRETAZIONE MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW)

Le due prospezioni sismiche sono state realizzate a 24 canali di acquisizione, adottando una distanza intergeofonica di 2 metri. E' stata eseguita un'elaborazione su un sismogramma ottenuto da un punto di energizzazione posto a 8 m dal primo geofono. La tecnica si basa sullo studio della dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di tipo Rayleigh (R), nota in letteratura come Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW). Il sismogramma è stato oggetto di *filtraggio* per l'eliminazione delle alte frequenze e "*depurato*" dalle onde di volume, al fine di ottenere dei picchi d'ampiezza nelle oscillazioni relative alle onde di superficie.

Successivamente si è passati alla rappresentazione delle tracce sismiche su un diagramma che mette in relazione le frequenze con le velocità di fase. Su di esso s'individuano, come zone di massima ampiezza, gli allineamenti attribuibili alle onde di Rayleigh, da cui si ottiene la variazione delle velocità di queste ultime con il variare della loro frequenza, o lunghezza d'onda. Essendo la profondità di propagazione di questo tipo di onde dipendente dalla frequenza, sarà possibile correlare le velocità alle varie frequenze con le profondità. Quest'ultimo passo, successivo alla definizione della curva di dispersione, si ottiene mediante un processo d'inversione, che porta al risultato finale, costituito da un profilo verticale delle velocità delle onde trasversali (V_s), posto al centro della stesa di geofoni.

Le velocità di fase delle onde di Rayleigh (V_r), in un mezzo omogeneo, sono legate a quelle di volume dalla seguente relazione:

$$V_r^6 - 8V_s^2 V_r^4 + (24 - 16 V_s^2 / V_p^2) V_s^4 V_r^2 + (16 V_s^6 / V_p^6 - 1) V_s^6 = 0$$

In un mezzo non omogeneo le velocità delle onde di volume (V_p e V_s) variano con la profondità. Le velocità di fase delle onde di Rayleigh mostrano velocità differenti per differenti valori di frequenza e sono fortemente legate ai valori delle velocità delle onde trasversali. Ciò consente di passare da modelli frequenza/velocità di fase delle onde di Rayleigh a modelli monodimensionali V_s /profondità.

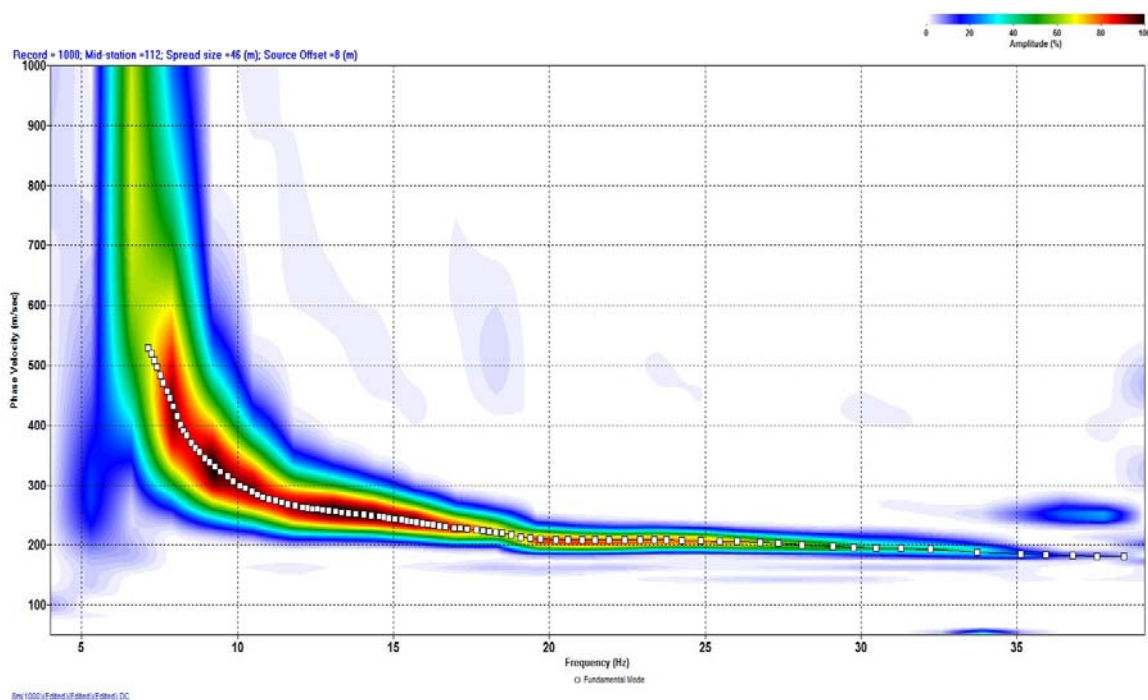
Gli elaborati forniti contengono:

- *la curva di dispersione della velocità di fase delle onde R in relazione alla frequenza;*
- *il profilo delle Vs al centro dello stendimento fino alla massima profondità di indagine;*
- *la tabella dei valori di Vs per orizzonti omogenei di velocità;*
- *la velocità equivalente delle onde di taglio (V_{seq}).*

Sotto lo strato di copertura e fino alla profondità di 5.8 metri, si registrano velocità delle onde trasversali variabili tra 202 e 245 m/sec, riferibili a depositi granulari eterometrici mediamente addensati. Sotto i 5.8 m e fino a una profondità di 15.1 m, si registrano valori di Vs compresi tra 285 e 328 m/sec, riferibili a depositi sedimentari eterometrici mediamente addensati. Da -15.1 metri e fino a una profondità di circa 26 m, le velocità delle onde S sono comprese tra 436 e 532 m/sec, e sembrano indicare la presenza del substrato litoide metamorfico molto fratturato.

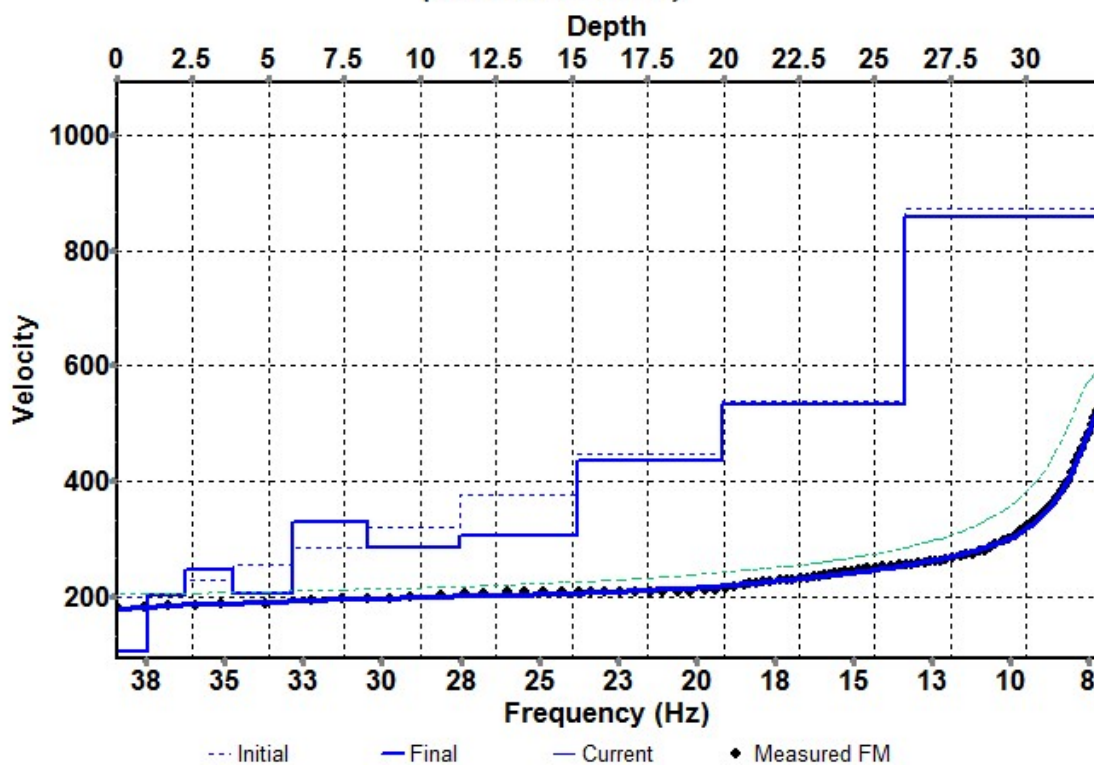
A partire dai 26 m di profondità le velocità delle onde di taglio (Vs) si attestano sugli 857 m/sec, e sono riferibili all'ammasso litoide metamorfico fratturato.

MASW

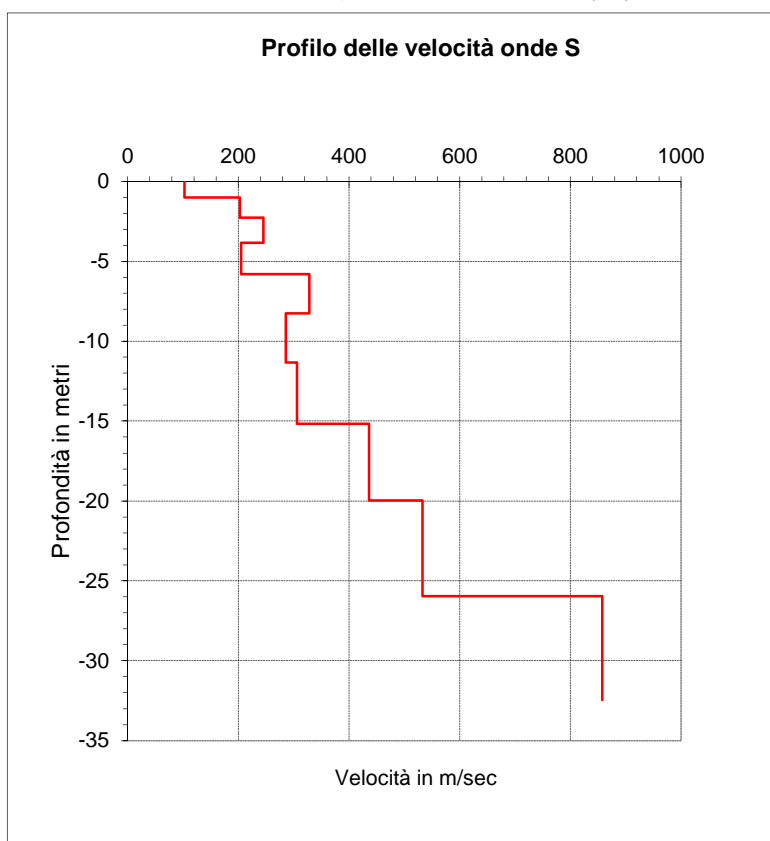


Curva di dispersione

10-LAYER VELOCITY MODEL (Record = 1000) (Mid-Station = 112.5)



Curve di inversione



Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3	Colonna 4*
<i>Profondità dal p.c. al centro dello stendimento (metri)</i>	<i>Profondità al centro dello stendimento con suddivisione in sismostrati (metri)</i>	<i>Velocità delle onde S (m/sec)</i>	<i>Velocità delle onde S (m/sec) per ciascun sismostrato definito nella colonna 2</i>
-1.006	1.006	102.974	103
-2.264	4.795	202.489	217
-3.836		245.649	
-5.801		204.997	
-8.258	9.366	328.497	306
-11.329		285.613	
-15.167		305.698	
-19.965	10.795	436.178	484
-25.962		532.868	
-32.443	Substrato Sismico	857.242	857 (Substrato Sismico)

***V_{S,eq} = 333 m/sec (velocità equivalente delle onde di taglio)**

(Quota di riferimento -1.00 m dal p.c.)

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

MODULI ELASTICI DINAMICI

I moduli elastici dinamici sono stati calcolati partendo dai valori medi delle velocità delle onde trasversali (V_s) determinate nel profilo MASW. Per il calcolo delle velocità delle onde longitudinali (V_p), sono stati adottati opportuni valori dei coefficienti di Poisson. I valori dei pesi di volume (γ) sono indicativi.

Tabella dei moduli elastici dinamici medi

	<i>Terreno di copertura</i>	<i>Sabbia e sabbia limosa mediamente addensata</i>	<i>Sabbia eterometrica mediamente addensata</i>	<i>Metamorfiti molto fratturate</i>	<i>Metamorfiti fratturate</i>
Coefficiente di Poisson μ	0.395	0.385	0.350	0.310	0.300
Velocità onde longitudinali V_p (m/sec)	252	502	637	922	1603
Velocità onde trasversali V_s (m/sec)	103	217	306	484	857
Peso di volume γ (g/cm ³)	1.70	1.90	1.95	2.20	2.30
Modulo di Young E_{din} (Mpa)	51.5	252.6	502.5	1376.4	4477.1
Modulo di Rigidità G (Mpa)	18.4	91.2	186.1	525.3	1721.9

Risposta sismica:

Categoria di sottosuolo: **E**;

Categoria Topografica: **T₁**;

Coordinate Geografiche (WGS84):

N 39,075595° - E O 16,380439° (MASW);

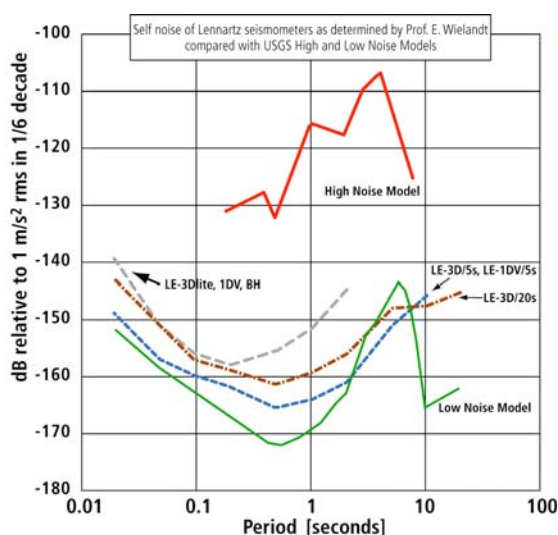
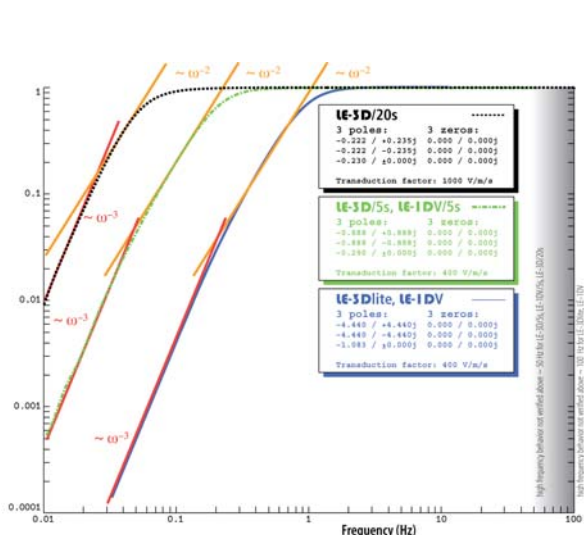
N 39,075563° - E O 16,380235° (MT).

INDAGINE SISMICA HVSR (ANALISI DEL RUMORE AMBIENTALE)

Per avere informazioni su eventuali fenomeni di amplificazione locale del sito di progetto, dovuta ad effetti stratigrafici, sia pure in maniera indiretta, sono state effettuate due misure sismiche del rumore ambientale, centrate sulle verticali dei sondaggi geognostici eseguiti, successivamente sottoposti ad analisi HVSR sul terreno.

Caratteristiche delle apparecchiature

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione del rumore sismico è costituita da un sismografo di precisione a tre componenti (Verticale, Nord-Sud ed Est-Ovest), di produzione *Lennartz*, modello *LE-3D/5s*, con frequenza propria di oscillazione pari a 0.20 Hz.



Risposta e performance del sensore Lennartz LE-3D/5s utilizzato per l'acquisizione del rumore ambientale. La risposta è praticamente piatta (stabile) al di sopra di 0.2 Hz.

Il segnale analogico è stato digitalizzato mediante una centralina di conversione a 24 bit, di produzione SARA. Il segnale acquisito è stato visualizzato in tempo reale su apposito p.c. di campagna e in esso immagazzinato per il successivo trattamento.

L'impiego dei metodi passivi a singolo ricevitore (HVSR) nell'analisi sismica possono essere molto utili nella determinazione di due elementi cruciali per uno studio di microzonazione sismica, vale a dire l'individuazione di eventuali fenomeni di risonanza e le relative frequenze e, indirettamente, consente di avere informazioni sulla profondità del substrato rigido locale.

L'origine del rumore sismico può essere attribuito a varie cause, in genere distribuito su frequenze diverse:

- inferiori a 0.5 Hz. Sono attribuibili per lo più a cause naturali, quali moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, maree ecc. Caratterizzato da stazionarietà, quindi molto costante nel tempo.
- superiori a 1.0 Hz. In genere di origine antropico, come traffico veicolare, pedonale, attività industriali; a volte di origine naturale localizzato, come l'effetto del vento sulla vegetazione o su strutture edilizie; caratterizzato da scarsa stazionarietà, in dipendenza del tipo di attività che lo produce.
- tra 0.5 e 1.0 Hz. Può essere sia di origine antropica che naturale localizzata; con caratteristiche di stazionarietà variabile da caso a caso.

Affinché queste vibrazioni possano essere efficacemente utilizzate per lo studio del sottosuolo è necessario:

1. Definire caratteristiche statistiche “persistenti” ovvero non dipendenti dallo specifico momento della misura: questo equivale a separare la parte “erratica” del segnale (ovvero quella legata alle diverse sorgenti attive) dalla parte “invariante”, ovvero dovuta alle caratteristiche del mezzo nel quale le vibrazioni si propagano e che ci interessa indagare.
2. Determinare la struttura fisica del campo di vibrazioni (fasi sismiche presenti e peso relativo di ciascuna di queste), in maniera tale da poter dedurre, dalle proprietà del campo di rumore, le proprietà fisiche del sottosuolo.

Quindi, se sono soddisfatte le assunzioni che:

- gli spettri medi delle vibrazioni ambientali sono calcolati per un intervallo di tempo sufficientemente lungo da includere una molteplicità di sorgenti distribuite uniformemente attorno al sito;
 - queste sollecitano in modo statisticamente uguale le componenti orizzontali e verticali del moto;
- allora i rapporti spettrali medi H/V sono funzione solo delle caratteristiche medie (nelle diverse direzioni) del sottosuolo. Quindi da misure di rumore risulta possibile risalire alle proprietà del mezzo, al netto del contributo delle diverse sorgenti.

L'analisi spettrale può essere condotta, come nel nostro caso, su singole stazioni, ovvero operando il rapporto spettrale tra le componenti orizzontale e verticale del moto del suolo (metodo H/V – Nakamura).

In questo caso non si ha una stazione di riferimento, ma si assume che la componente verticale del moto non sia influenzata dagli effetti di amplificazione provocata dalle coltri lente di ricoprimento. Il metodo produce degli ottimi risultati nel caso di contrasti di impedenza adeguati tra terreno di copertura e substrato, ma è attendibile solo per la determinazione della frequenza di risonanza del sito, mentre non è affidabile per quanto concerne la valutazione quantitativa dell'entità dell'amplificazione.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali f_n di vibrazione dei terreni:

$$f_n = 1/T_n = (V_s \times (2n - 1)) / (4 \times H) \text{ dove } n = 1, 2, 3, \dots$$

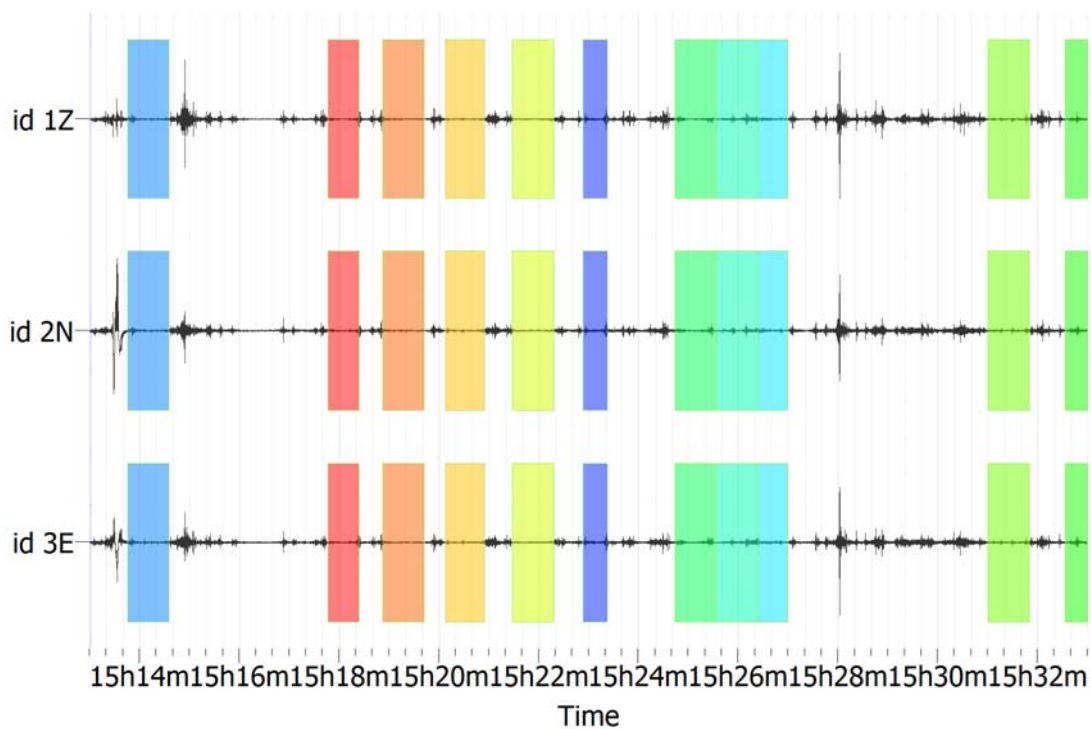
Riveste particolare importanza la prima frequenza naturale di vibrazione del terreno (f_1), denominata *frequenza fondamentale di risonanza*:

$$f_1 = 1/T_1 = V_s / 4H$$

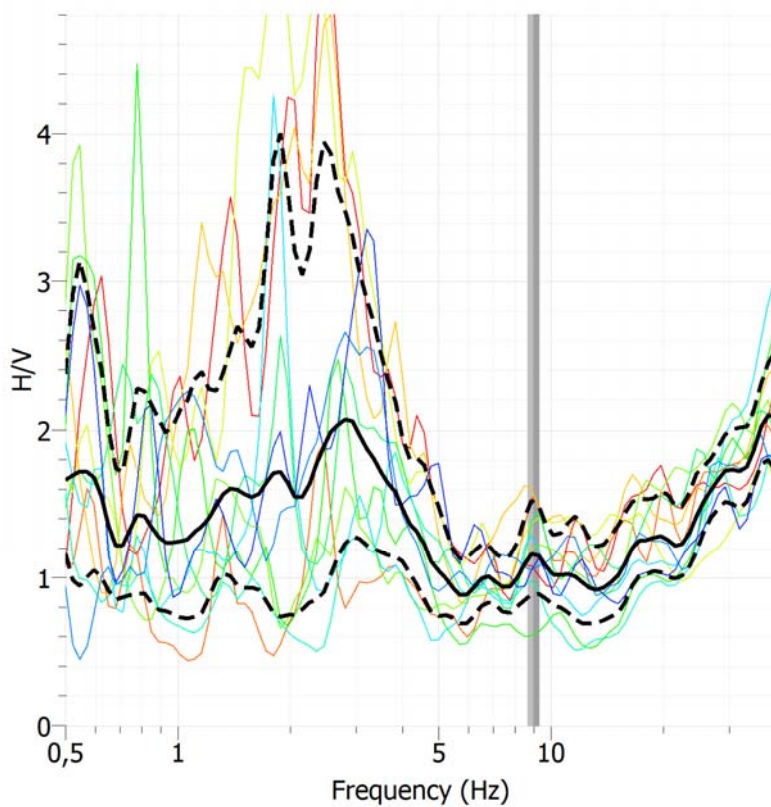
mentre risulta di amplificazione ridotta alle frequenze elevate, a causa dello smorzamento del terreno.

Nel sito di interesse è stata acquisita una finestra temporale di lunghezza pari a 20 minuti. La registrazione è stata effettuata tra le ore 15.13 e le ore 15.33 del 17.10.2018, in condizione di tempo nuvoloso e in assenza di vento. Il luogo di registrazione è posto all'interno dell'area di pertinenza dell'Istituto Scolastico, ubicato alla periferia sud-occidentale dell'abitato di Soveria Mannelli.

I valori dei rapporti spettrali sono stati calcolati su 11 finestre temporali con durata compresa tra 25 sec e 50 sec, successivamente mediati e rappresentati in un'unica curva. Il software utilizzato, "Geopsy" (<http://www.geopsy.org>), ha origine dal progetto europeo SESAME e contiene una serie di moduli per l'analisi di vibrazioni, tra cui il metodo HVSR.



Sismogramma e finestre temporali di calcolo del rapporto H/V



Valori del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale e verticale del moto del suolo

Nel grafico allegato sono rappresentati i valori dei rapporti spettrali per ogni singola finestra di calcolo (linee sottili in colore) e il valore medio di tali rapporti (linea continua in nero). Si può osservare un picco non ben definito alla frequenza di 2.81 Hz (H/V medio pari a 2.073). Un modesto incremento del rapporto spettrale si evidenzia alla frequenza di 8.88 Hz (H/V medio = 1.163). Il picco a bassa frequenza può essere associato a un contrasto di rigidità posto all'incirca intorno ai 26.0-27.0 m di profondità dal p.c., riferibile alla presenza del substrato metamorfico fratturato, mentre il picco individuato alla frequenza di 8.88 Hz sembra indicare una variazione del grado di addensamento all'interno della *Formazione* sedimentaria quaternaria che ricopre il substrato, posta all'incirca tra i 5.0-6.0 m di profondità.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1. Prospezione sismica con metodologia MASW



Foto 2. Fase di acquisizione HVSR