

COMUNE DI CASSANO ALL' IONIO



Provincia di Cosenza

“Lavori di adeguamento sismico e degli impianti tecnologici (elettrico, idrico-sanitario, antincendio e riscaldamento-condizionamento) della Scuola Statale Secondaria di primo grado “B. Lanza” del comune di Cassano All' Ionio (CS)”



R03

RELAZIONE GEOLOGICA E SULLE INDAGINI

R.U.P.

Geom. Francesco Garofalo

PROGETTISTI

Ing. Mario Innocenzo Rummolo

GEOLOGO

Dott. Edmondo Martorella

**VERIFICA ANTISISMICA EDIFICIO SCOLASTICO BIAGIO LANZA
PROGETTO DEFINITIVO**

Relazione geologica

REVISIONI				
	N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO
	00	09/03/2015	Prima emissione	Edmondo Martorella
Committente:				Timbro e fir.  Geologo Edmondo Martorella

Indice

<i>Premessa, normativa di riferimento e metodiche di studio</i>	<i>Pag. 3</i>
<u>CAPITOLO A – Modellazione geologica del sito</u>	<i>Pag. 4</i>
<i>A.1 Localizzazione geo-topografica del sito</i>	<i>Pag. 4</i>
<i>A.2 Lineamenti litologico-strutturali e caratteristiche idrogeologiche areali</i>	<i>Pag. 5</i>
<i>A.3 Litostratigrafia del sito</i>	<i>Pag. 7</i>
<i>A.4 Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico del sito</i>	<i>Pag. 8</i>
<u>CAPITOLO B – Storia sismica del sito</u>	<i>Pag.11</i>
<i>B.1 Sismicità storica</i>	<i>Pag. 11</i>
<i>B.2 Sismicità recente</i>	<i>Pag. 12</i>
<i>B.3 Pericolosità sismica di base</i>	<i>Pag. 13</i>
<i>B.4 Determinazione della categoria di sottosuolo di fondazione</i>	<i>Pag. 15</i>
<u>CAPITOLO C – Modellazione geotecnica preliminare del sito</u>	<i>Pag.19</i>
<i>C.1 Definizione del modello di sottosuolo</i>	<i>Pag.24</i>
<u>CAPITOLO D – Proposta di campagna di indagine geognostica</u>	<i>Pag.25</i>

Premessa, normativa di riferimento e metodiche di studio

Il sottoscritto Dr. Geol. Edmondo Martorella ha ricevuto incarico per la redazione della relazione geologica, nell'ambito del progetto di "Verifica antisismica dell'edificio scolastico Biagio Lanza" nel comune di Cassano allo Jonio.

La relazione presente è stata redatta secondo:

□ la normativa nazionale vigente, esplicitata dagli art. 6.2.1 "Caratterizzazione e modellazione geologica del sito" e art. 6.3.2 "Modellazione geologica" del D.M. 14/01/2008 n. 159 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2008), integrato dalla Circolare Ministeriale n° 617 del 2 febbraio 2009 entrata in vigore dall'01/07/2009;

Per quanto concerne gli aspetti metodologici di studio e indagine dell'area, in un'ottica multidisciplinare integrata in tale fase di progetto esecutivo, il programma è consistito in un rilevamento delle caratteristiche litologiche, approfondendo il settore oggetto di intervento.

In particolare le diverse fasi di studio si sono così articolate:

- reperimento e selezione dei dati bibliografici, cartografici e di letteratura disponibile, da cui è stato possibile ottenere il generale assetto geo-strutturale del territorio;
- rilevamento morfologico dei processi in atto e verifica stato dell'attività evolutiva, con identificazione di potenziali cinematismi e delle generali condizioni di stabilità del sito;
- redazione di cartografia tematica relativa alle caratteristiche geologiche e idrogeologico-morfologiche del settore interessato dalla realizzazione dell'intervento, corredata da una descrizione dei litotipi;
- proposta di campagna di indagine geognostica per la progettazione definitiva.

Capitolo A –Modellazione geologica del sito

A.1 - Localizzazione geo-topografica del sito

L'area di studio (fig.1-2-3) è ubicata territorialmente nel comune di Cassano allo Ionio (CS), in Via Sibari ad una quota di circa 255 metri s.l.m., risulta topograficamente inquadrata nel foglio n°543 – I quadrante (taglio_ED50_IGM).

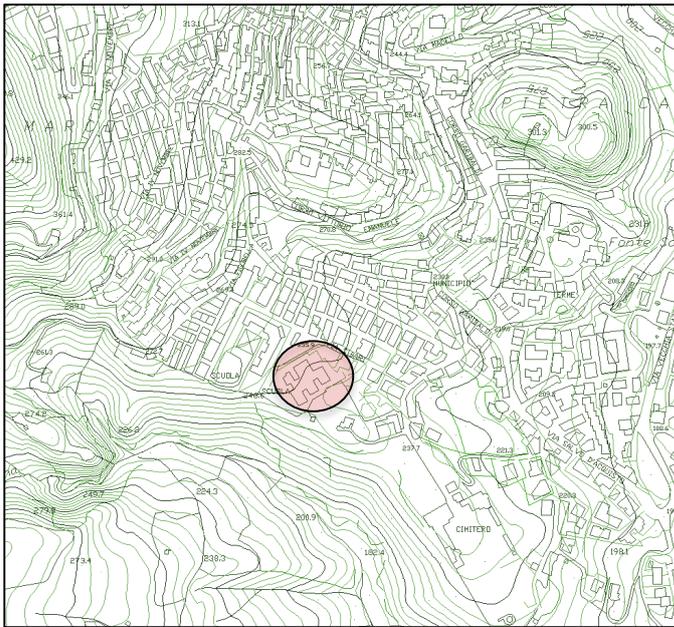


Fig.1 – Inquadramento topografico del sito oggetto d'intervento su CTR 1:5.000



Fig.2 – Inquadramento del sito oggetto d'intervento su ortofoto

A.2 - Lineamenti litologico-strutturali e caratteristiche idrogeologiche areali

Il territorio comunale di cassano allo Ionio ricade prevalentemente nell'unità morfologica della Piana di Sibari. Più precisamente possiamo distinguere due aree principali limitate da Capo Trionto. A nord di Capo Trionto si apre la piana di Sibari, costruita dal Fiume Crati, e dunque costituita da depositi alluvionali, che si chiude in corrispondenza di Villapiana-Torre Cerchiara. A sud invece si sviluppano i territori dei comune di Crosia e Calopezzati.

In via generale comunque per l'intero areale oggetto di rilevamento possiamo distinguere otto zone principali:

- la fascia di pianura alluvionale risalente all'Olocene larga mediamente 4 Km;
- una fascia - di circa 2 km - di argille siltose e conglomerati Pliocenici;
- aree di conglomerati e sabbie Pleistoceniche;
- una zona collinare di argille, di arenarie tenere e di conglomerati ghiaiosi del Miocene;
- una zona a rilievi formati da arenarie a cemento calcareo e conglomerati a matrice calcarea dell'Olocene;
- una zona a rilievi di calcari rossi o biancastri e calcari marnosi arenacei del Giurassico,
- rilievi più accentuati, costituiti da rocce acide intrusive del Paleozoico;
- vasti lembi di rocce metamorfiche, scisti e gneiss biotitici del Paleozoico.

L'area di studio, essendo costituita in prevalenza da terreni sedimentari scarsamente o mediamente resistenti all'erosione, è caratterizzata dall'assenza di rilievi molto accentuati, che sono invece presenti nelle aree più interne (Pollino e Sila). Il paesaggio, però, appare frequentemente terrazzato sia a nord che a sud dell'ampia Pianura di Sibari, che occupa la porzione centrale del settore e in cui scorre il F. Crati, la cui foce è situata tra Sibari e Corigliano. I terrazzi, che costituiscono delle antiche piattaforme di abrasione marina, sono disposti come una gradinata discendente verso il mare, ognuno dei quali presenta una quota s.l.m. variabile tra un minimo di 10- 15 m e un massimo di 420 m (Cucci-Cinti, 1998). Essi hanno, in genere, un andamento parallelo alla linea di costa, tranne che tra la fiumara del Saraceno, a sud di Trebisacce, e il F. Coscile, nella Piana di Sibari, dove i terrazzi subiscono una deviazione verso S-W. I terrazzi più bassi sono meglio preservati, e la loro continuità è interrotta solo dalle numerose fiumare che incidono profonde valli trasversali ai terrazzi, prima di sfociare a mare. Terrazzi sono presenti anche nella porzione meridionale del settore di studio, a sud della Piana di Sibari, dove si trovano parallelamente alla costa, e appaiono fortemente smembrati da numerose valli, create da piccoli corsi d'acqua, per lo più stagionali. Inoltre, l'erosione ha modellato la superficie dei terrazzi, che presentano una topografia estremamente irregolare.

A nord di Mirto_Crosia si apre una piccola pianura costiera, costituita dal delta del F. Trionto, che ha una forma lobata che si protrae verso il mare a formare Capo Trionto, a N-W del quale comincia a delinearsi la piana di Sibari.

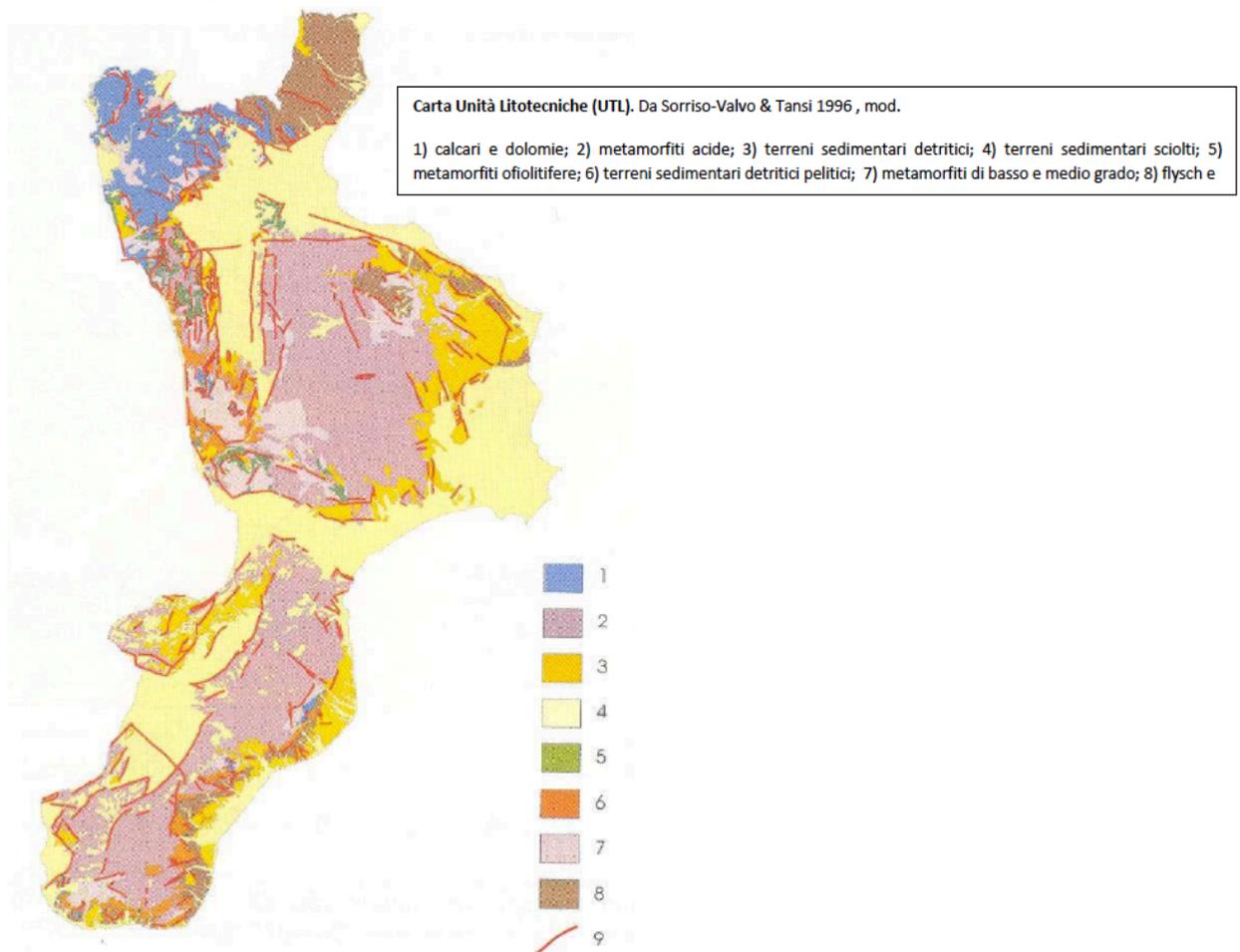


Fig. 3- Carta unità litotecniche della Calabria

A.3-Litostratigrafia del sito

Dall'analisi della cartografia tematica, l'area oggetto d'indagine ricade nel foglio 221 II N.O. della Carta Geologica della Calabria in scala 1:25.000 (fig.4), e risulta caratterizzato geologicamente da argille siltose, male stratificate, con intercalazioni e lenti di sabbie e conglomerati (*Pleistocene*). Questo complesso presenta una resistenza all'erosione generalmente scarsa e le argille, quando sature di acqua, tendono a dare luogo a movimenti franosi. Permeabilità bassa.

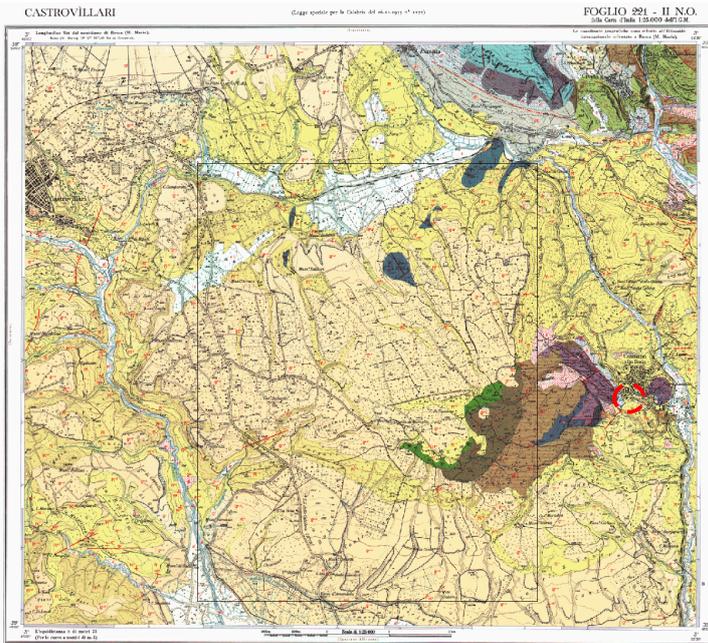


Fig.4 - Carta geologica della Calabria 1:25000

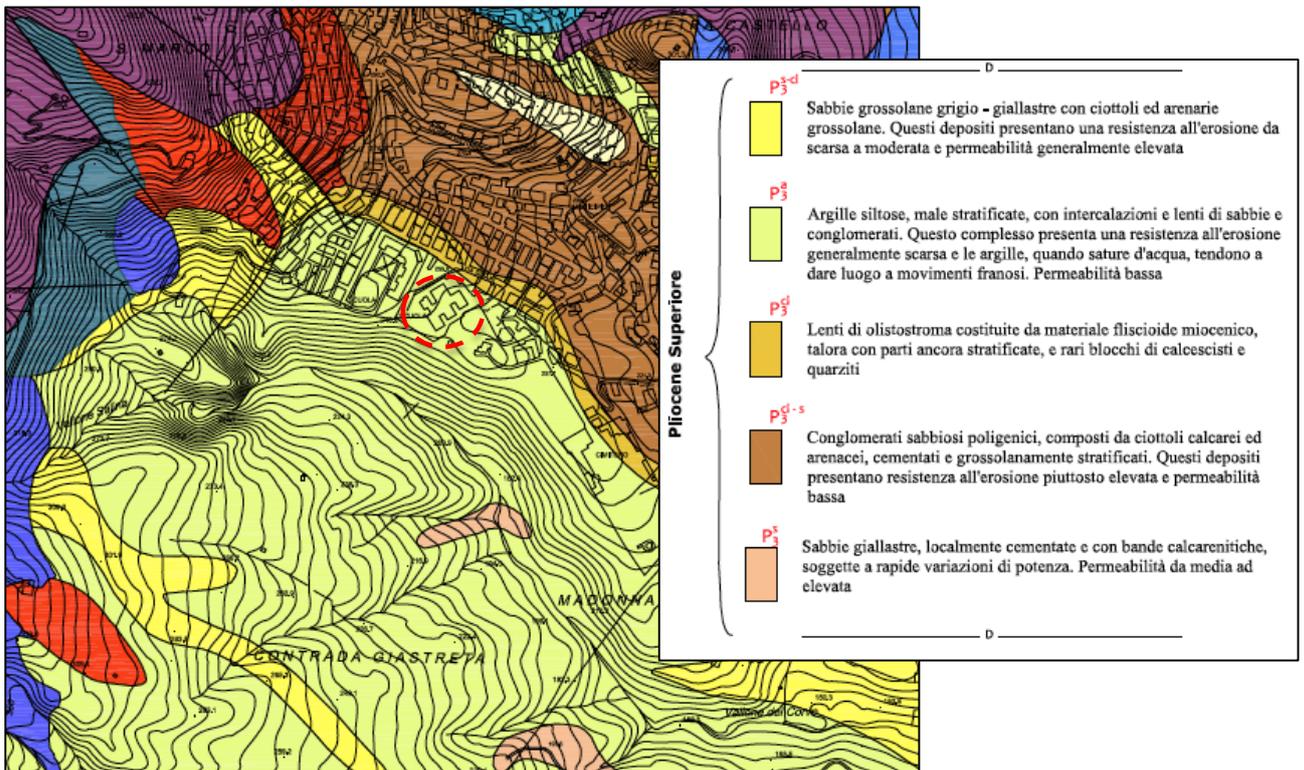


Fig.5 – Stralcio carta geologica PSA della Sibaritide in scala 1:5000

A.4 – Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico del sito

L'area comunale di Cassano allo Ionio si presenta con differenti morfostrutture, difatti si passa dalle zone montuose dell'abitato fino alla sub-pianeggiante zona di fondovalle o settore delle aree alluvionali della piana di Sibari.

Il fabbricato in esame, posto nella zona centrale dell'abitato di Cassano allo Ionio a ridosso di una scarpata molto acclive degradante verso SO, presenta una morfologia collinare terrazzata artificialmente, caratterizzata da pendenze medie (pendenza 10-20%). Il sito di fondazione della struttura in esame area è limitrofa ad un movimento franoso che coinvolge tutto il suddetto versante caratterizzato da litotipi argillosi (Fig. 6).

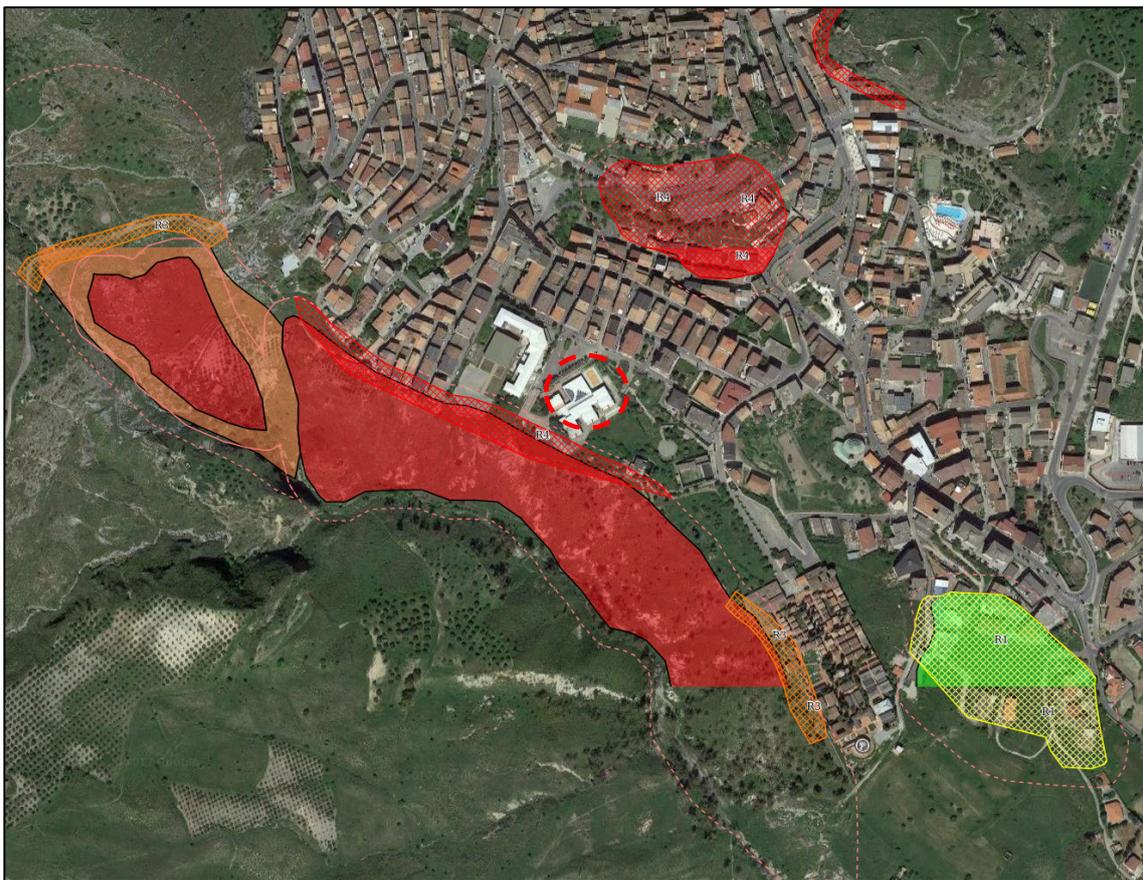


Fig.6 – Stralcio AdB Regione Calabria con indicazione frana attiva e area a rischio R4

Dalla consultazione delle tavole dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria, soprattutto per quanto concerne la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, il fabbricato oggetto d'intervento rientra in parte in un area cartografata come area a rischio frana R4 (Fig. 7).

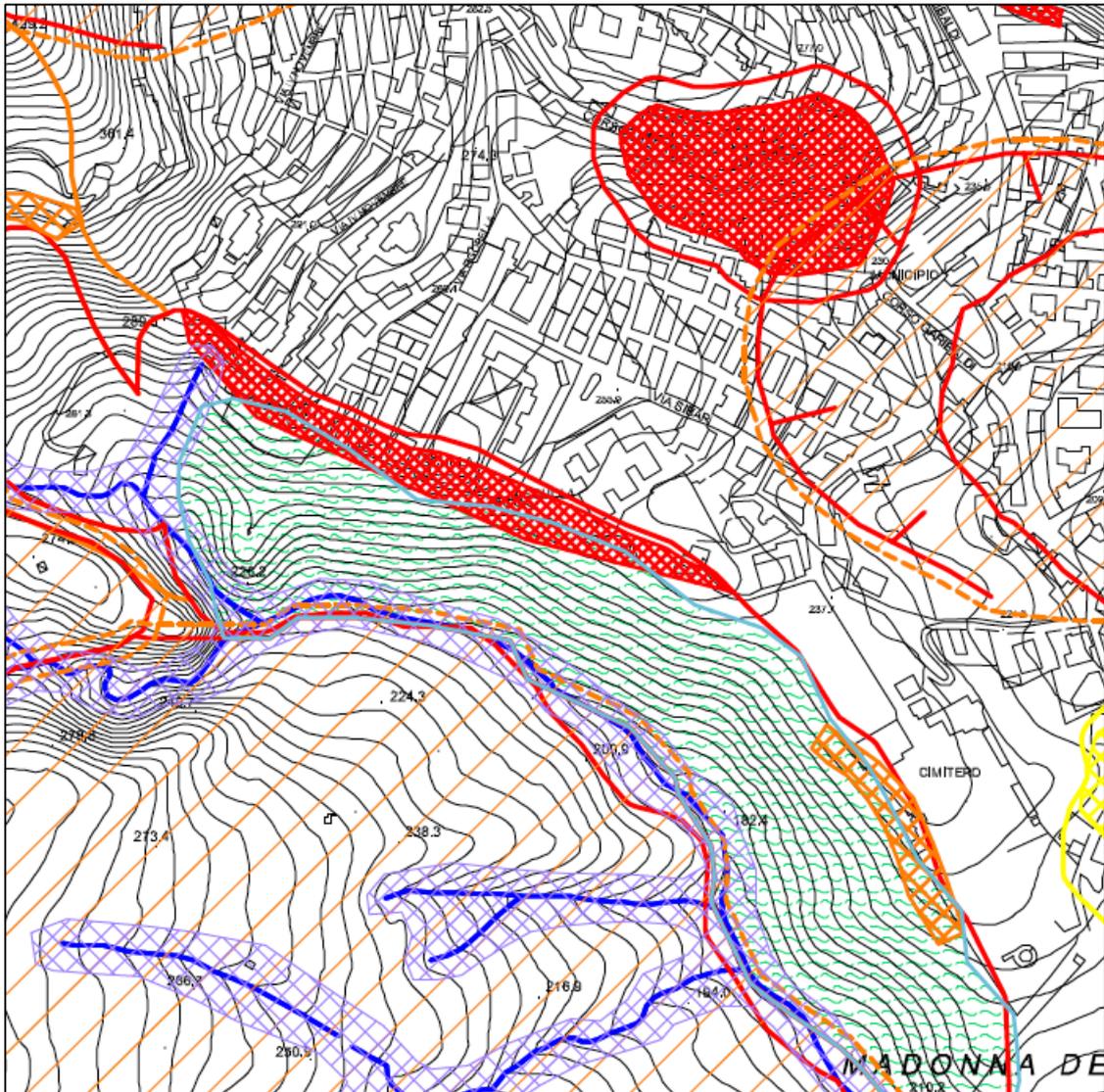


Fig.7 – Stralcio carta geomorfologica PSA Sibaritide in scala 1:5000

Legenda

-  Area in frana attiva con fascia di rispetto di 10m.
-  Corpo di frana
-  Frane superficiali, creep, aree in erosione
-  Rischio Frana R4
-  Reticolo Idrografico
-  Aree interessata da intensa erosione
-  Aree interessata da intensa erosione evolventi a zone franose

Idrograficamente il sito oggetto d'indagine non è direttamente interessato da circolazione idrica superficiale. Per quanto concerne la distribuzione degli acquiferi e la circolazione idrica sotterranea, che sono condizionate dal quadro geologico risultante dalla distribuzione spaziale dei litotipi presenti e dal modo in cui gli stessi vengono a contatto tra loro, nonché dalla loro permeabilità, i terreni sito presentano una permeabilità molto bassa (Fig. 8).

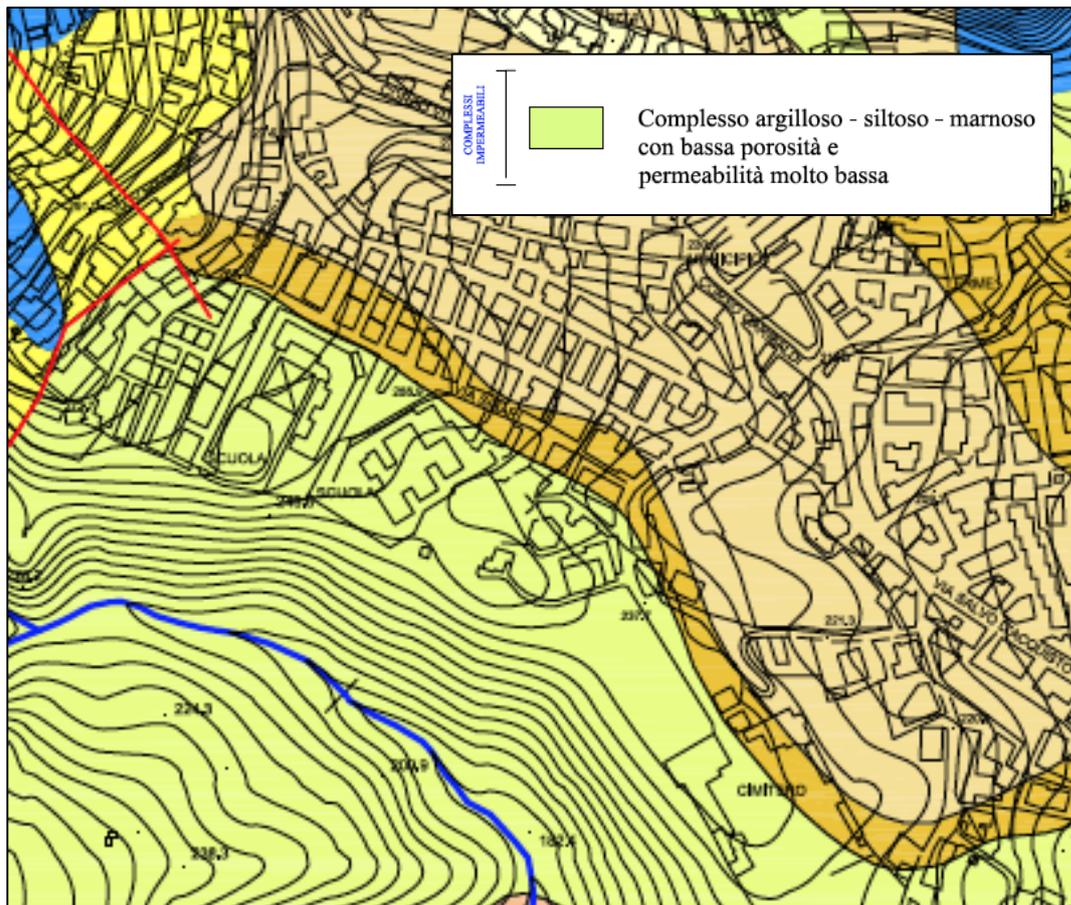


Fig.8 – Stralcio carta idrogeologica PSA Sibaritide in scala 1:5000

CAPITOLO B – Storia sismica del sito**B.1 – Sismicità storica**

Le indagini conoscitive sugli eventi sismici storici nel territorio comunale di Cassano allo Ionio sono avvenute attraverso la consultazione del catalogo della sismicità storica dei terremoti italiani CPTI ed il collegato DBMI dell'INGV (2011), per soglie di riferimento caratterizzate da magnitudo $M_w > 4.0$ ed intensità $I > 5$, che contiene 2984 records a partire dal 1000 d.c. e fino al 2006. Chiaramente prima dell'avvento della tecnologia strumentale, gli eventi si sono basati sulle testimonianze scritte e tramandate. Sono state quindi rielaborate dallo scrivente le osservazioni sismiche disponibili, espresse in scala macrosismica MCS (*Mercalli-Cancani-Sieberg*) e riportate in fig. 9, dai quali si evince che il territorio comunale è stato interessato sia da eventi sismici far-field a distanza epicentrale superiore a 100 km, che da eventi sismici near-field verificati in Calabria settentrionale. Nelle seguenti figure 1-2 sono quindi riportati i due terremoti a maggiore intensità, di cui quello registrato nel 1693 è da considerarsi il sisma di riferimento, a massima intensità registrata al sito di Cassano allo Ionio.

Storia sismica di Cassano allo Ionio
[39.784, 16.318]

Numero di eventi: 17

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
7	1693 01 08 22:15	Calabria settentrionale	8	8 5.67 ±0.69	
7-8	1708 01 26	VIGGIANELLO	9	7-8 5.49 ±0.59	
7	1783 03 28 18:55	Calabria	323	11 6.98 ±0.08	
NF	1805 07 26 21:00	Molise	223	10 6.62 ±0.11	
6-7	1832 03 08 18:30	Crotonese	101	10 6.59 ±0.16	
6	1835 10 12 22:35	Cosentino	36	9 5.83 ±0.32	
5	1870 10 04 16:55	Cosentino	56	9-10 6.10 ±0.19	
5	1887 12 03 03:45	Calabria settentrionale	142	8 5.49 ±0.14	
5-6	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16	
5-6	1913 06 28 08:52	Calabria settentrionale	151	8 5.66 ±0.14	
3	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09	
NF	1947 05 11 06:32	Calabria centrale	254	8 5.70 ±0.13	
NF	1966 07 06 04:24	Lucania	46	4 4.62 ±0.21	
6	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09	
3	1988 01 08 13:05	Appennino lucano	112	4.73 ±0.09	
4-5	1996 04 27 00:38	Cosentino	123	6-7 4.86 ±0.11	
3-4	2002 04 17 06:42	Costa calabra Or.	67	4.89 ±0.09	

Fig.9 – Sismicità storica del comune di Morano Calabro

B.2 – Sismicità recente

La sismicità recente al di sopra della soglia di danno è monitorata da una rete di stazioni digitali permanenti e temporanee, conosciuta come rete accelerometrica nazionale (*RAN*) gestita dalla *Dipartimento della Protezione Civile Nazionale*.

La sismicità recente ha riguardato l'inquadramento del territorio comunale nella "sequenza del Pollino", sciame sismico iniziato nell'autunno 2010, che ha avuto la sua massima intensità a Mormanno il 25 ottobre 2012 con una magnitudo pari a $M_w=5.2$. In tale sequenza l'evento che ha avuto come epicentro il territorio di Morano Calabro, è avvenuto il 28 maggio 2012, con magnitudo $M_w=4.3$, provocando lesioni ad alcuni edifici.

Dalla stazione sismometrica di Morano C. sono state estratti, per l'anno 2012 disponibile (fig. 9), n° 6 eventi sismici, di cui quello più significativo è stato registrato in data 25/10/2012, con epicentro a Mormanno, con un accelerogramma caratterizzato da un picco dell'accelerazione, nella componente E-W, pari a $PGA=170\text{ cm/s}^2$, e relativo picco di spostamento $PGD=0.66\text{ cm}$.

B.3 – Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo espresso in anni, in una specifica area si verifichi un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato. La probabilità è denominata probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento. Le mappe della pericolosità sismica sul territorio nazionale, sono state ottenute applicando il metodo deterministico. Tale metodo per la valutazione della pericolosità è fondato sulle informazioni fornite dalla storia sismica di un sito, e determina il tasso di probabilità che il moto superi un certo limite entro un intervallo di tempo prefissato.

Il territorio comunale di Cassano allo Ionio è stato classificato in zona sismica “2”, in base all’O.P.C.M. 3274 e s.m.i., ed inquadrato in una maglia rettangolare (fig. 10), con griglia a passo 0.05 gradi, in cui la pericolosità sismica assume, in termini di valori di accelerazione orizzontale massima al suolo a_g (frazione dell’accelerazione di gravità) riferita a suoli rigidi o bedrock di riferimento, per un periodo di ritorno $T_r = 50$ anni, il seguente range di valori: $a_g = 0.250 \div 0.275$, con valori di probabilità di eccedenza del 10%.

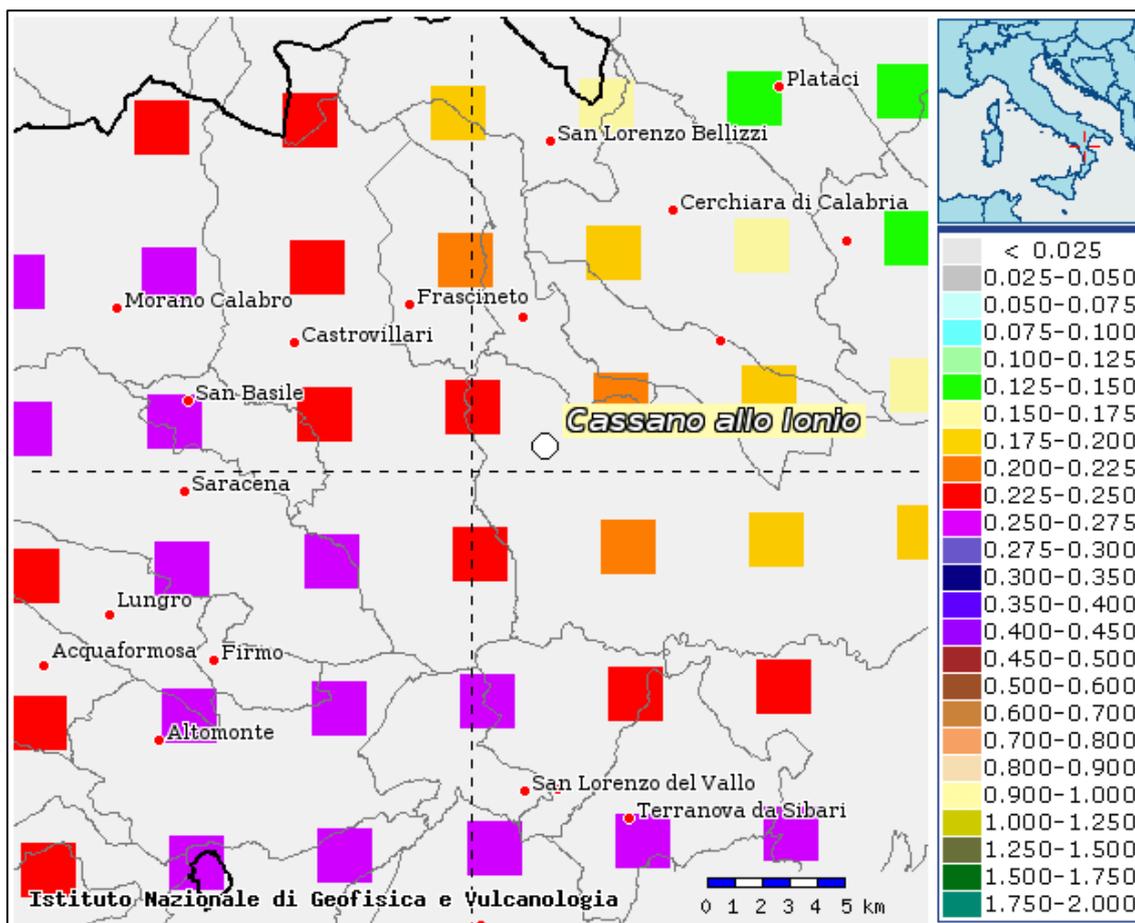


Fig.10 – Valori di pericolosità sismica di base nel comune di Cassano allo Ionio

Per quanto concerne i parametri mappati di microzonazione sismica a scala comunale nel territorio di Cassano allo Ionio, questi sono stati estratti da un database e dalla mappatura cromatica del Servizio Sismico Nazionale, stralciati e rielaborati per il territorio comunale di interesse.

Il comune in esame presenta lo scuotimento parametrizzato in forma di PGA (Peak Ground Acceleration), cioè di picco di accelerazione al suolo, per periodi di ritorno $Tr = 47 \div 2475$, in un range $PGA = 0.05226 \div 0.34657$, mentre l'intensità macrosismica massima, espressa in scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), risulta in un range $I = 6.4 \div 8.8$ per tempi di ritorno $Tr = 95 \div 2475$ anni.

I valori spettrali di pseudovelocità PSV oscillano per un periodo di vibrazione $\Delta t = 2 \div 0.10$ sec, per $Tr = 95$ anni, $PSV = 11.05 \div 2.92$, mentre quelli di pseudoaccelerazione, sempre per $Tr = 95$ anni e per lo stesso periodo di vibrazione suddetto, $PSA = 0.034 \div 0.192$.

L'intensità di Housner IH (o intensità dello spettro di risposta) è definita come l'integrale tra $0.1 \div 0.5$ sec dello spettro di risposta di pseudo-velocità nel periodo di vibrazione Δt considerato. Tale parametro di intensità del moto sismico è correlato al danno potenziale atteso per effetto del terremoto in esame, dal momento che la maggior parte delle strutture ha un periodo fondamentale di vibrazione nell'intervallo compreso tra $0.1 \div 2.5$ sec. Dimensionalmente tale intensità è uno spostamento espresso in cm. Per il territorio comunale di interesse, per $Tr = 95$ anni, si ottiene $IH = 3.77$ per un periodo $\Delta t = 0.1 \div 0.5$ sec e $IH = 22.42$ per un periodo $\Delta t = 0.2 \div 2$ sec. Per la visualizzazione completa dei parametri di sismicità si rimanda alla tab. 2 ed alle figure seguenti che esprimono i valori suddetti in termini di mappe cromatiche.

B.4 – Determinazione della categoria di sottosuolo di fondazione

L'analisi multicanale delle onde superficiali di *Rayleigh* – *M.A.S.W.* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) – è un'efficiente metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s . Tale metodo utilizza le onde superficiali di *Rayleigh* registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde di *Rayleigh*, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica *S.A.S.W.*, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

L'intera procedura per una *M.A.S.W.* consiste di 4 passi fondamentali:

- ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra);
- estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di *Rayleigh* (una curva per ogni acquisizione);
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
- Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle V_s dei terreni con approccio multicanale.

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (*Rayleigh* e *Love*), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore. Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare e dall'attività umana. Il vantaggio dell'approccio multicanale della tecnica *M.A.S.W.* sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di *Rayleigh* evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di *Rayleigh*) viene estratto da un modello

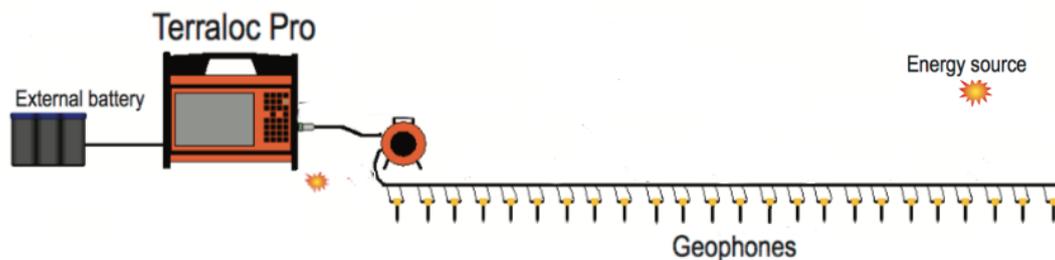
specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di un sismografo **ABEM Terraloc Pro**, con le seguenti caratteristiche tecniche:

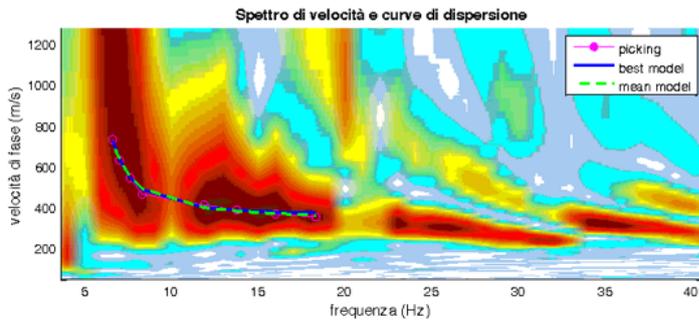
- Numero di Canali: 24/48
- Passo di campionamento: da 4 a 0,021 ms
- Fino a 480 k campioni per canale equivalenti a 9,6 sec - 32 min
- Conversione A/D a 24 bits
- Range dinamico teorico/misurato: 144/120 dB
- Alimentazione: da 10 a 30 V esterna; batteria interna 12 V
- GPS integrato
- Filtri analogici
- Collegamento Ethernet
- Processore Intel Atom 1,6 GHz
- Sistema operativo Windows XP
- 2 Gb RAM
- Hard disk 200GB



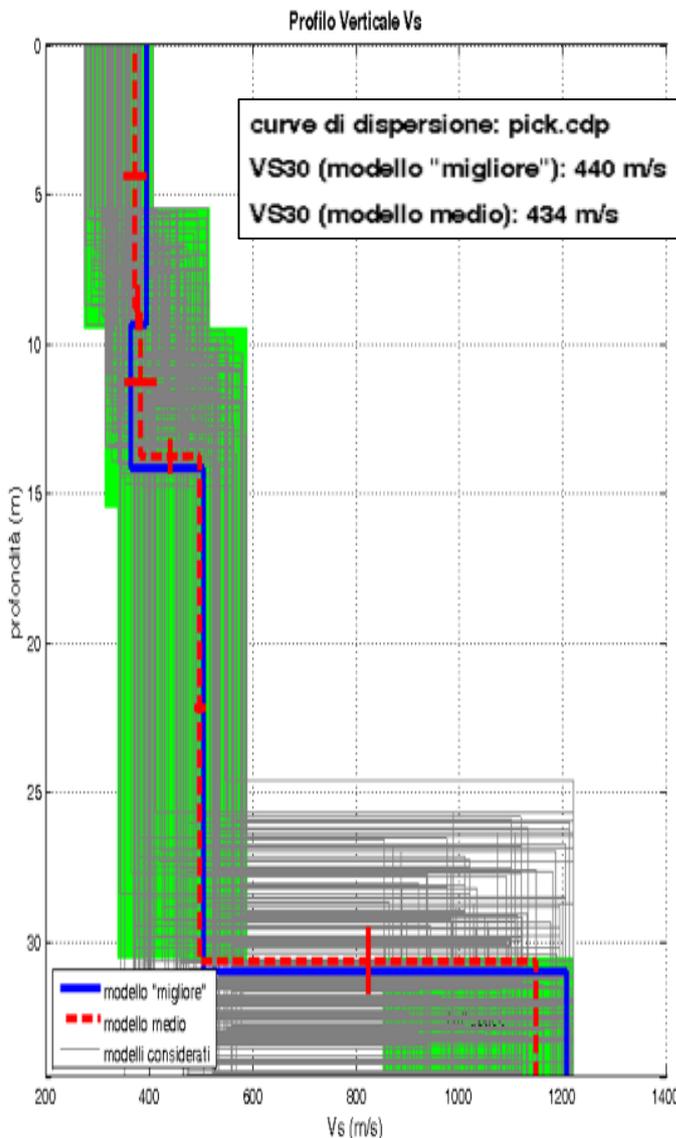
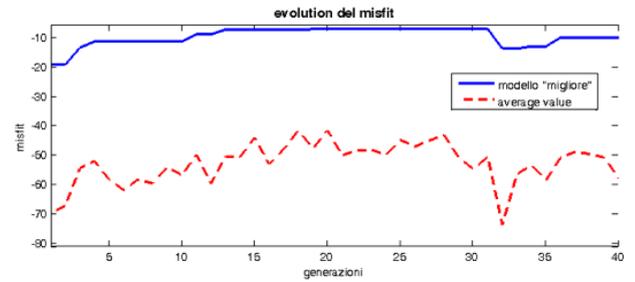
La sorgente sismica è costituita da una massa battente (mazza dal peso di 8kg) che batte su una piastra di alluminio. Il martello funge contemporaneamente da starter poiché collegato a mezzo di trigger al sismografo. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali da 4.5 Hz secondo la geometria di seguito riportata:



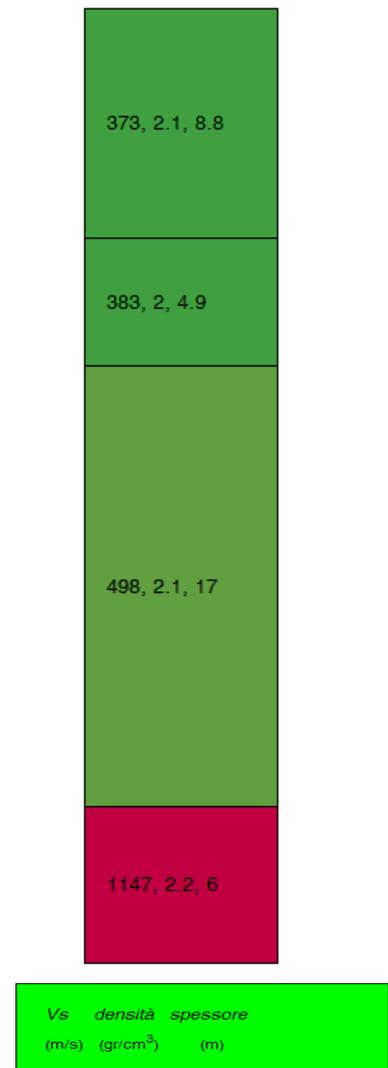
E' stata utilizzata una prospezione sismica di tipo *M.A.S.W.* realizzata in un sito adiacente a quello in esame in occasione di altri progetti, con stendimento di lunghezza pari a 23 metri e con spaziatura intergeofonica di 1.00 metri con punto di offset a 25.00 metri esterno al geofono 1.



Spettro di velocità e curve di dispersione



Colonna sismostratigrafica



Elaborazione dati Modello medio Tipo di analisi: onde di Rayleigh

<i>Strati</i>	<i>Profondità</i>	<i>Spessori (m)</i>	<i>Vs (m/s)</i>
1	8.80	8.80	373
2	13.70	4.90	383
3	30.70	17.00	498
4	36.70	6.00	1147

<i>VS₃₀ (m/s)</i>
<i>434</i>
<i>Categoria di suolo</i>
<i>B</i>

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

Capitolo C - Modellazione geotecnica preliminare del sito

La modellazione geotecnica preliminare del sito, è stata ottenuta analizzando i dati di una prova penetrometrica superpesante dpsh eseguita in un sito adiacente a quello in esame in occasione di altri progetti.

La prova penetrometrica ha consentito di ricavare una stima dei parametri geotecnici del terreno tramite la correlazione del numero di colpi necessari ad infliggere nel terreno, con la caduta di un maglio, un sistema di aste alla cui estremità inferiore è posta una punta conica. Dalla resistenza penetrometrica si risale alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno nonché alla stratigrafia del sito fino alla profondità investigata, con il riscontro anche di eventuale presenza di acqua.

Gli 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).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE dei diversi penetrometri dinamici, si rileva una suddivisione in quattro classi, in base alla peso M del maglio e l'altezza di caduta H dello stesso:

<i>Tipo</i>	<i>Sigla di riferimento</i>	<i>Massa battente</i>	<i>Prof. max di indagine</i>
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20 - 25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	>25 m

L'esecuzione dell'indagine avviene attraverso più fasi. Innanzitutto il sottosuolo investigato viene suddiviso in strati in base all'andamento dei numeri di colpi N. Previa definizione della profondità di ciascun strato, il software di elaborazione effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando il valore minimo m, il valore massimo Max, la media M, lo scarto quadratico medio s, il valore medio/minimo $(M+m)/2$, la 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 sopra citati o un valore a scelta. Successivamente, con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N, si potrà effettuare una correlazione col numero di colpi N_{spt} della prova SPT, tramite un apposito coefficiente di correlazione che varia in base la tipo di penetrometro utilizzato.

Infine il programma attribuirà, per ogni strato, i parametri geotecnici in base al parametro N_{spt} :

Nspt>Dr - *DENSITA' RELATIVA* (terreni granulari) – TERZAGHI & PECK;
Nspt> ϕ ' *ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE* (terreni granulari)–PECK-HANSON-THORBURN;
Nspt> E' *MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO* (Terreni granulari) – D'APPOLONIA e altri;
Nspt> Cu*COESIONE NON DRENATA* (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK;
Nspt> Y*PESO DI VOLUMETERRENI GRANULARI* (Terzaghi& Peck)
TERRENI COESIVI(Bowles-Terzaghi& Peck)
Rpd>Qd*CAPACITA' PORTANTE DINAMICA* – Hermier - Tchong&Lebegue.

Per l'esecuzione dell'indagine è stato utilizzato un penetrometro **PAGANI TG 63-200** Statico/dinamico, il quale si distingue dagli altri penetrometri in commercio per il suo elevato rendimento energetico. L'energia trasmessa dal maglio alle aste è infatti pari al 78%, ciò garantisce la perfetta verticalità durante l'infissione e riduce i tempi di esecuzione della prova. E' realizzato su carro cingolato semovente a trazione idraulica, che consente la più ampia mobilità, anche su terreni sconnessi. Può essere posizionato anche su pendii molto ripidi, mediante tre stabilizzatori, inoltre è possibile inclinare il "mast", rendendolo sempre perfettamente verticale. E' una macchina altamente flessibile che permette di passare da una modalità all'altra (statica/dinamica) in qualunque momento consentendo di ottenere informazioni lungo verticali costituite da terreni con caratteristiche meccaniche molto diverse. Consente anche il prelievo di campioni rimaneggiati o a disturbo limitato al fine di una migliore interpretazione stratigrafica.

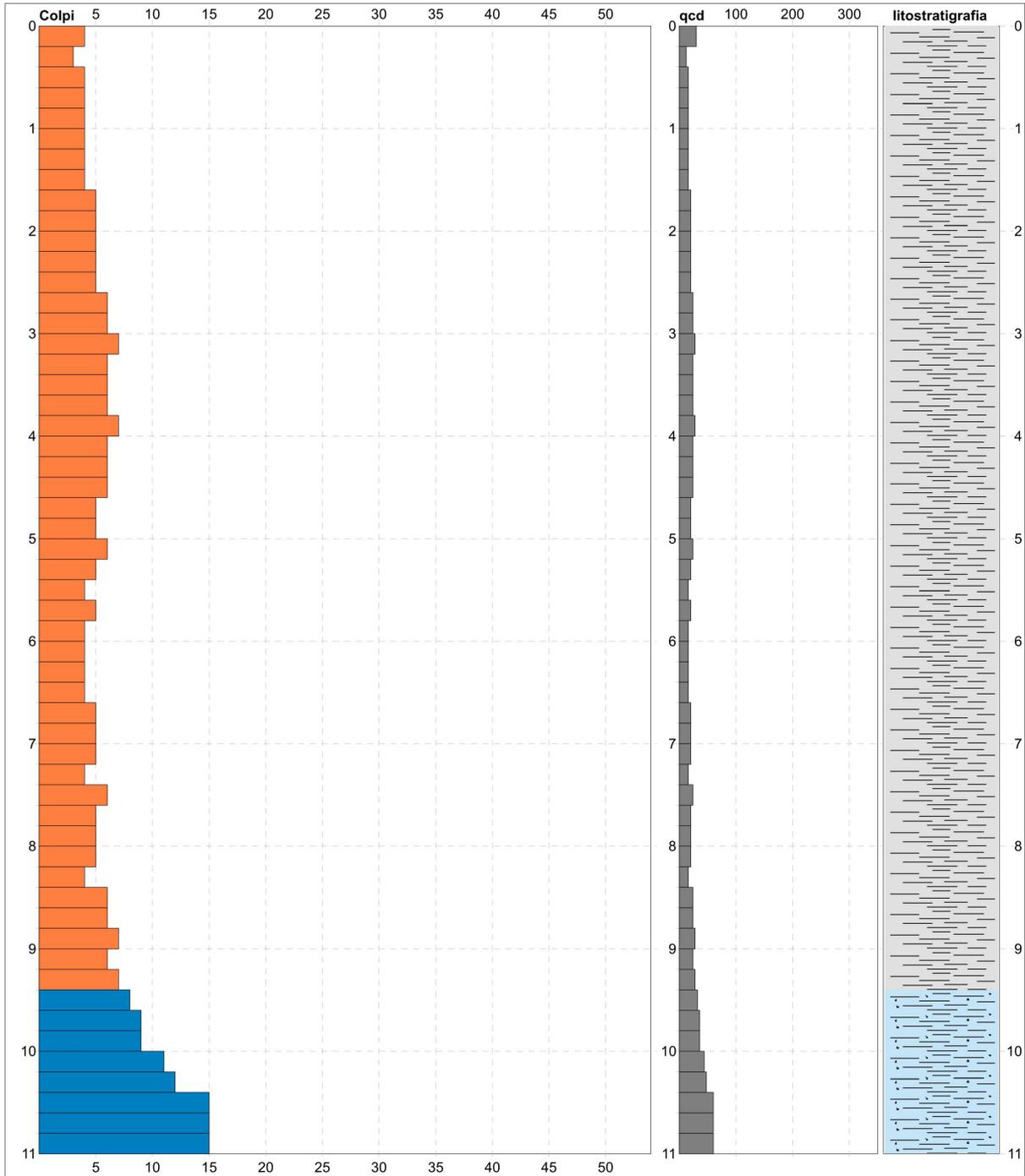
DPSH (S. Heavy)

Beta eff.	1.80	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	64 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0.75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1.00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	8.00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)	30 kg	Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20.00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1^aasta)	0.80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0.20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Si	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ϕ(punta)	50.50 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%	50.00 %	Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM	2.00	Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)	100.00 mm	Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]	2.00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]	1.00 °	Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)	0.02 mm	Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	32.00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)	49.00 mm	Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)	50.50 mm	Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)	11.00 mm	Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP	5 - 100	Massimo numero di colpi utile
Spinta	t	Spinta nominale strumento

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA**

DIN	1
riferimento	

Committente:	U.M.: kg/cm²	Data esec.:
Cantiere:	Scala: 1:55	Quota ass.: P.C.
Località:	Pagina: 1	Falda: Non rilevata
	Elaborato:	



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	Litologia: Personalizzata	Preforo: m
Massa battente: 63,50 m	Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
Altezza caduta: 0,75 m	Assistente:	Cod.ISTAT: 077014
Avanzamento: 0,20 m		

FON059

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE**

DIN 1

riferimento

Committente:

Cantiere:

Località:

U.M.: kg/cm²

Data esec.:

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: Non rilevata

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²
0,20	1	4		29,80					
0,40	1	3		11,97					
0,60	2	4		15,96					
0,80	2	4		15,96					
1,00	2	4		15,96					
1,20	2	4		15,96					
1,40	2	4		15,96					
1,60	3	4		15,96					
1,80	3	5		19,95					
2,00	3	5		19,95					
2,20	3	5		19,95					
2,40	3	5		19,95					
2,60	4	5		19,95					
2,80	4	6		23,94					
3,00	4	6		23,94					
3,20	4	7		27,93					
3,40	4	6		23,94					
3,60	5	6		23,94					
3,80	5	6		23,94					
4,00	5	7		27,93					
4,20	5	6		23,94					
4,40	5	6		23,94					
4,60	6	6		23,94					
4,80	6	5		19,95					
5,00	6	5		19,95					
5,20	6	6		23,94					
5,40	6	5		19,95					
5,60	7	4		15,96					
5,80	7	5		19,95					
6,00	7	4		15,96					
6,20	7	4		15,96					
6,40	7	4		15,96					
6,60	8	4		15,96					
6,80	8	5		19,95					
7,00	8	5		19,95					
7,20	8	5		19,95					
7,40	8	4		15,96					
7,60	9	6		23,94					
7,80	9	5		19,95					
8,00	9	5		19,95					
8,20	9	5		19,95					
8,40	9	4		15,96					
8,60	10	6		23,94					
8,80	10	6		23,94					
9,00	10	7		27,93					
9,20	10	6		23,94					
9,40	10	7		27,93					
9,60	11	8		31,92					
9,80	11	9		35,91					
10,00	11	9		35,91					
10,20	11	11		43,89					
10,40	11	12		47,88					
10,60	12	15		59,85					
10,80	12	15		59,85					
11,00	12	15		59,85					

H = profondità

L1 = prima lettura (colpi punta)

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta

Asta = numero di asta impiegata

FON059

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

DIN 1

riferimento

Committente:

Cantiere:

Località:

U.M.: kg/cm²

Data eseg.:

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rpd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²
1	0,00 : 9,40	Media	5	1,52	8	20,67	20,24	59	132	1,03
2	9,40 : 11,00	Media	12	1,52	18	46,88	34,26	103	177	2,34

NATURA COESIVA

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	φ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0,00 : 9,40	8	0,50	1,87	34,98	0,94	41	---	---	---	---	---	---	---
2	9,40 : 11,00	18	1,13	2,00	26,21	0,71	65	---	---	---	---	---	---	---

Sigla	Parametro	UM
Nspt	Numero colpi prova SPT	Colpi
Cu	Coesione non drenata	Kg/cm2
Ysat	Peso di volume saturo	t/m3
Yd	Peso di volume secco	t/m3
W	Contenuto d'acqua	%
e	avanzamento per colpo	
Mo	Modulo edometrico	Kg/cm2
Dr	Densità relativa	%
f	Angolo d'attrito	°
E'	Modulo di deformazione drenato	Kg/cm2
VCA	Numero di colpi medio dello strato	Colpi
b	Coefficiente di correlazione con la prova SPT	
rpd	Resistenza dinamica alla punta	Kg/cm2
qc	Capacità portante dinamica	Kg/cm2
Vs	Velocità di propagazione delle onde sismiche	m/sec
G	Modulo di deformazione di taglio	Kg/cm2
Q	Energia specifica teorica per colpo	Kg/cm2

FON059

C.1 -Definizione del modello di sottosuolo

La modellazione geotecnica definitiva elaborata dalla prova dpsh ha permesso di distinguere, dall'alto verso il basso, le seguenti tipologie di materiale con la relativa parametrizzazione fisico-meccanica:

□ argilla limosa, a comportamento prevalentemente coesivo, di spessore 9.40 metri:

- coesione non drenata $C_u = 0.50 \text{ Kg/cm}^2$
- Modulo edometrico $M_o = 41 \text{ Kg/cm}^2$
- peso di volume saturo $\gamma = 1.87 \text{ t/m}^3$
- $N_{spt} = 8$

□ argilla siltosa, a comportamento prevalentemente coesivo, di spessore indefinito:

- coesione non drenata $C_u = 1.13 \text{ Kg/cm}^2$
- Modulo edometrico $M_o = 65 \text{ Kg/cm}^2$
- peso di volume saturo $\gamma = 2.00 \text{ t/m}^3$
- $N_{spt} = 18$

Capitolo D – Proposta campagna di indagine geognostica

Considerato quanto scaturito dal presente studio e soprattutto l'importanza e la strategicità della struttura in esame, si ipotizza, per la fase di progettazione esecutiva della verifica antisismica, la seguente campagna di indagine geognostica:

- N°1 sondaggio meccanico a rotazione a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 metri dalla quota d'inizio, per la determinazione della verticale stratigrafica ed il prelievo di campioni indisturbati di terreno da sottoporre ad analisi fisico-meccaniche;
- N°3 prove penetrometriche superpesanti dpsh per la deduzione della stratigrafia del sito e la stima dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione;
- N°1 prospezione sismica a rifrazione (tomografie sismiche) per la ricostruzione della sismostratigrafia caratteristica del sito;
- N°1 prospezione elettrico-tomografica di resistività per la determinazione di eventuali anomalie stratigrafiche;
- N°1 prospezione sismica con metodologia m.a.s.w. per la definizione del parametro Vs30 e la determinazione della categoria di sottosuolo risultante;
- N°1 misura dei microtremori a stazione singola HVSR, per l'analisi del rumore sismico ambientale e la definizione della frequenza di risonanza di sito.

Le suddette indagini sono idealmente riportate nella planimetria seguente. La loro ubicazione potrà subire variazione in accordo con il Responsabile del Procedimento ed in base alle condizioni di fattibilità delle stesse (eventuale presenza di sotto servizi).

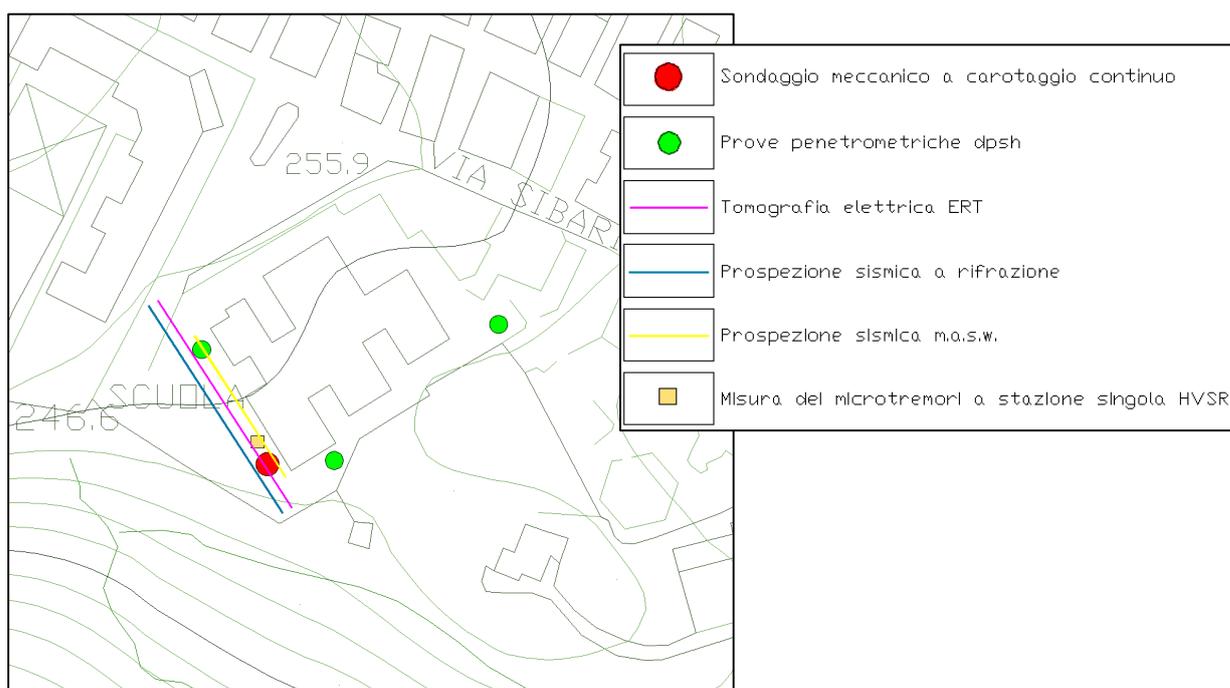


Fig.11 – Ubicazione planimetrica delle indagini proposte per la progettazione esecutiva