

Committente:

Comune di Subiaco

Piazza S. Andrea, 1 - 00028 Subiaco (RM)
tel. 0774 8161 - fax 0774 822370
sito web: www.comune.subiaco.rm.it
e-mail: info@comunesubiaco.com



Città metropolitana di Roma Capitale



**CONSULENZA GEOLOGICA-TECNICA, INDAGINI GEONOSTICHE, GEOTECNICHE E
SISMICHE PER L'ADEGUAMENTO STATICO SISMICO, ENERGETICO E FUNZIONALE
PLESSO SCOLASTICO VIA FOGAZZARO, PIAZZA ROMA - SUBIACO (RM)**

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)	DESCRIZIONE (DESCRIPTION)
0	22/09/2020	Vittorio Federici	Vittorio Federici		Relazione Geologica

FUNZIONE O SERVIZIO (DEPARTMENT)

COMUNE DI SUBIACO – CITTA METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE – Area Tecnica

DENOMINAZIONE IMPIANTO O LAVORO (PLANT OR PROJECT DESCRIPTION)

Adeguamento sismico funzionale ed efficientamento energetico del complesso scolastico di Piazza Roma e via Fogazzaro nel Comune di Subiaco

ID DOCUMENTO (DOCUMENT ID)	NOME FILE (FILE NAME)
<p>Dott. Geol. Vittorio Federici</p> 	Relazione geologica.doc

INDICE

1. NORME E RIFERIMENTI.....	2
2. PREMESSA	4
3. VULNERABILITA' DELL'OPERA.....	7
4. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI INDAGINE.....	9
5. STUDI E INDAGINI ESEGUITE	11
5.1. Indagini geognostiche di progetto definitivo – Campagna Solgeotek srl.....	11
5.2. Indagini per la caratterizzazione delle fondazioni	13
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	22
6.1. Lineamenti geologico-stratigrafici generali	22
6.2. Aspetti geologici dell'area di Subiaco	26
6.3. Modello geologico-tecnico del sottosuolo	29
6.4. Risultati delle indagini nelle strutture di fondazione	38
6.5. Caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso.....	44
6.5.1. Criterio di rottura di Hoek Brown per ammassi rocciosi e determinazione dei parametri equivalenti di Mohr Coulomb.....	51
7. SEZIONI TIPO DI CARATTERE GEOLOGICO E SISMICO.....	57
8. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E INTERAZIONI CON LA FALDA IDRICA.....	59
9. CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO	70
10. SISMICITA'	72
10.1 Pericolosità sismica dell'area	72
10.2 Zonazione sismogenetica ZS9.....	78
10.3. Strutture sismogenetiche	80
10.4. Faglie attive e capaci	82
10.5. Classificazione sismica dell'area.....	83
10.6 Mappa della pericolosità sismica di base	87
11. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	92
11.1 Categoria di sottosuolo ricavata da indagini sismiche down hole e masw.....	92
11.2 Condizioni topografiche	93
12. STRALCIO DELLA CARTOGRAFIA PAI.....	95
13. MICROZONAZIONE SISMICA.....	97
14. CONCLUSIONI E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO	100

1. NORME E RIFERIMENTI

1.1 - D. M. 11/3/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle opere di fondazione;

1.2 - Circolare Min. LL. PP. 24/9/1988 n. 30483: Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

1.3 - Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - Giugno 1977;

1.4 - Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - Gennaio 1994;

1.5 - Ordinanza del 20/03/2003 n. 3274 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";

1.6 – D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni;

1.7 - Regolamento regionale 7 Febbraio 2012, n.2: Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico;

1.8 - Nuova classificazione sismica della Regione Lazio – D.G.R. n. 387 del 22.05.2009;

1.9 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A) - D.P.R. n.380/2001 – art. 89;

1.10 DGR 766/03 – Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003;

1.11- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

1.12 - DGR n.489 del 17/10/2012 – Modifica dell'Allegato 2 della DGR Lazio n.387 del 22 maggio 2009

1.13 - Amministrazione Provinciale di Roma - Ass. LL.PP. Viabilità e Trasporti - "Idrogeologia della Provincia di Roma" - U. Ventriglia - 1990

1.14 - Carta Geologica d'Italia - Scala 1:50.000 – Foglio 376 Subiaco e note illustrative

1.15 - Carta del Complesso Vulcanico dei Colli Albani - Scala 1:50.000 - C.N.R.

1.16 – MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

1.17 - DGR 766/03 – Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003;

1.18 - Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

1.19 - Deliberazione 5 luglio 2016, n. 375 - Adozione regolamento regionale concernente: "Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica. Abrogazione del regolamento regionale 7 febbraio 2012, n. 2 (Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico)".

1.20 – Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio - Scala 1:100.000 – Regione Lazio – Univ. Di Roma La Sapienza – Università di Roma TRE - 2013

1.21 - Ai sensi dell'art.6.2.2 del D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni” pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018.

1.22 – Zonazione sismo genetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo – C.Meletti e G.Valensise – (marzo 2004)

1.23 – Schema idrogeologico dell'Italia Centrale – C.Boni – P.Bono – G.Capelli – Università degli studi di Roma La Sapienza – CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche - 1987

1.24 - EVOLUZIONE TETTONICA DI UN SETTORE PARTICOLARE DEL MARGINE TIRRENICO: L'AREA AL CONFINE TRA LAZIO E CAMPANIA. PRIME CONSIDERAZIONI - G. GIORDANO(*), G. NASO(*) & A. TRIGARI(**) - Studi Geologici Camerti, Volume Speciale 1995/2, 269-278

1.25 - Un territorio da (ri)scoprire: l'alta Valle del fiume Aniene - Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 102 (2014) - D'OREFICE M. (*), FALCETTI S. (*), MORETTI P. (*), PANTALONI M. (*), PICHEZZI R.M. (*), SCALISE A.R. (*)

1.26 – Complesso scolastico Piazza Roma – Progetto per la messa in sicurezza del complesso scolastico di piazza Roma – Progetto di miglioramento – Relazione Tecnica 1°lotto – Dott. Arch. Appodia S. – Ing. Cellanetti F. – Subiaco Novembre 2004

1.27 - La sismicità recente della medio-alta valle dell'Aniene (Lazio): considerazioni geologiche e geofisiche - M. Pirro e R. Di Maro - GNGTS – Atti del 21° Convegno Nazionale / 03.19

2. PREMESSA

Nell'ambito della progetto definitivo dell'adeguamento statico, sismico, energetico e funzionale del Plesso scolastico di Via Fogazzaro, ubicato nel centro abitato di Subiaco (Rm), è stato redatto uno studio geologico-tecnico di dettaglio diretto a verificare i caratteri geologico-stratigrafici generali dell'area interessata nonché la natura litologica e litotecnica del sottosuolo sui cui ricadono i due edifici corrispondenti alla Scuola elementare (Corpo A) e alla scuola materna (corpo B).

Nello specifico, detto studio si è soprattutto soffermato sull'analisi delle caratteristiche stratigrafiche e geomeccaniche dell'ammasso roccioso che costituisce l'ossatura del versante compreso tra Piazza del Campo-via Papa Braschi, a valle, e via A. Fogazzaro, a monte, nell'ottica di valutare la stabilità globale della pendice e definire la natura dei depositi su cui poggiano le fondazioni di entrambi gli edifici, anche in relazione alla valutazione della risposta sismica locale.

Dopo una prima fase di studio, essenzialmente mirata alla definizione delle caratteristiche geologiche generali dell'area di progetto attraverso attività di ricerca bibliografica e consultazione di cartografia geologica riguardante l'area di progetto, si è proceduto ad una successiva fase di studio di maggiore dettaglio, progressivamente integrato e affinato analizzando i risultati di una serie di indagini geognostiche, geotecniche, sismiche e strutturali realizzate in corrispondenza di entrambi gli edifici.

La presente relazione, che fa parte integrante del progetto, comprende i seguenti allegati:

- Sezione geologica di dettaglio;
- Carta geologica generale;

Sono state inoltre annesse alla presente relazione:

- ✓ Certificati Indagini geognostiche e sismiche delle campagna di luglio-agosto 2020 (Solgeotek)
- ✓ Risultati delle indagini geognostiche sulle fondazioni degli edifici e delle strutture di sostegno;
- ✓ Certificati di laboratorio eseguito su campioni di terre e rocce.

I criteri e le procedure adottati per la valutazione delle indagini ritenute necessarie in sede di progettazione esecutiva sono stati adeguati al livello delle verifiche in corso ed in conformità ai seguenti dispositivi:

- Deliberazione 5 luglio 2016, n. 375 - Adozione regolamento regionale concernente:
"Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica. Abrogazione del regolamento regionale 7 febbraio 2012, n. 2 (Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico)"
- Paragrafo 6.2.1 del D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e paragrafo C6.2.1 della Circolare del Ministero dei LL.PP. n.617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/02/2008".
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI DECRETO 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

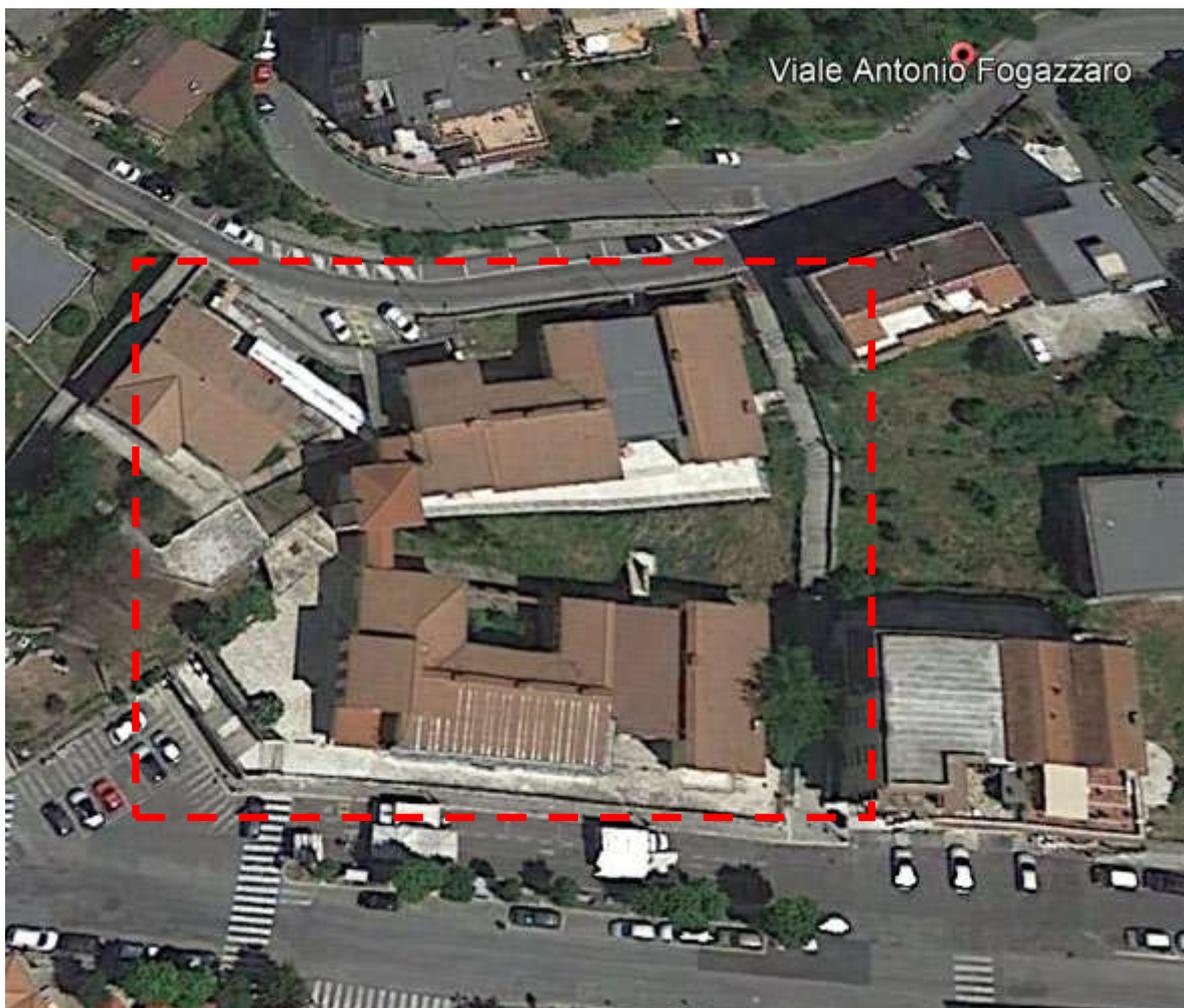


Figura 1 – Ubicazione del Plesso Scolastico di via Antonio Fogazzaro

3. VULNERABILITA' DELL'OPERA

La scelta della tipologia delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche da eseguire e la loro quantità sono state definite in relazione ad un parametro che identifica un ben definito livello di vulnerabilità dell'opera, dipendente dalla classificazione sismica dell'area di progetto e dalla classe d'uso dell'opera da realizzare.

In relazione ad una **classe d'uso pari a 3** e alla **zona sismica 2B**, si definisce un **livello di vulnerabilità dell'opera "ALTO"**, secondo quanto indicato nella deliberazione n.375-2016 della Regione Lazio, di seguito rappresentata.

LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA					
	zona sismica 1	zona sismica 2a	zona sismica 2b	zona sismica 3a	zona sismica 3b
ASSEVERAZIONI	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A SORTEGGIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso II; classe d'uso III, escluse le strutture per l'istruzione - DGRL n. 489/2012)	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d'uso III - strutture per l'istruzione; classe d'uso IV e opere pubbliche)	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Figura 1 - Livelli di Vulnerabilità dell'opera - Deliberazione 5 luglio 2016, n. 375 della Regione Lazio

Si riporta lo schema delle indagini minime obbligatorie previste dal regolamento sismico della Regione Lazio di cui alla Deliberazione 5 luglio 2016, n. 375.

PROGETTO DEFINITIVO

SU TERRENI:

Dovranno eseguirsi:

- Almeno **2 prove verticali di indagine** di cui **1 sondaggio geognostico** con prove SPT in foro;
- Almeno **1 prova penetrometrica** di tipo statico CPT, CPTe, CPTU) o dinamico (DPH, DPHS) per una profondità almeno pari al volume significativo;
- Almeno **2 prove geofisiche indirette** (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30} ;
- Almeno **1 misura di rumore** (tipo RE.MI, HVSR, ecc.);
- **Prove di laboratorio** per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni di fondazione;
- **Verifiche di stabilità** ante e post-operam dei versanti, laddove necessario;
- **Solo per i progetti a controllo obbligatorio - art. 5, c. 1, R.R. n. ... del:**
 - ✓ Almeno **1 prova geofisica diretta** in foro di sondaggio (tipo Down Hole, Cross-Hole, ecc.);
 - ✓ Almeno **un secondo sondaggio** geognostico, spinto alla profondità di 30 m, attrezzato per 1 prova sismica diretta;
 - ✓ **risposta sismica locale.**

SU ROCCIA COMPATTA AFFIORANTE O CON SUBSTRATO ROCCIOSO ENTRO I PRIMI 3 MT DI PROFONDITÀ:

Dovranno eseguirsi:

- Almeno **1 prova geofisica indiretta** (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30} ;
- **Determinazione** delle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi **con rilevamento geostrutturale**;
- **Prove di laboratorio** per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni di fondazione;
- **Verifiche di stabilità** ante e post-operam dei versanti, se necessario;
- **Solo per i progetti a controllo obbligatorio:**
 - ✓ Almeno **1 prova geofisica diretta** in foro di sondaggio (tipo Down Hole, Cross-Hole, ecc.);
 - ✓ Almeno **un sondaggio** geognostico, attrezzato per 1 prova sismica diretta.

Figura 2 – Indagini minime obbligatorie - Deliberazione 5 luglio 2016, n. 375 della Regione Lazio

Le indagini eseguite e di seguito indicate rispettano quelle minime indicate e previste dalla normativa vigente.

4. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI INDAGINE

L'attuale plesso scolastico di Via Fogazzaro a Subiaco è composto da tre diversi edifici realizzati su un tratto di pendio compreso tra Piazza del Campo e via Papa Braschi, posta a quote di circa 391 m s.l.m., e la sovrastante via Fogazzaro, distribuita intorno a 411 m s.l.m.

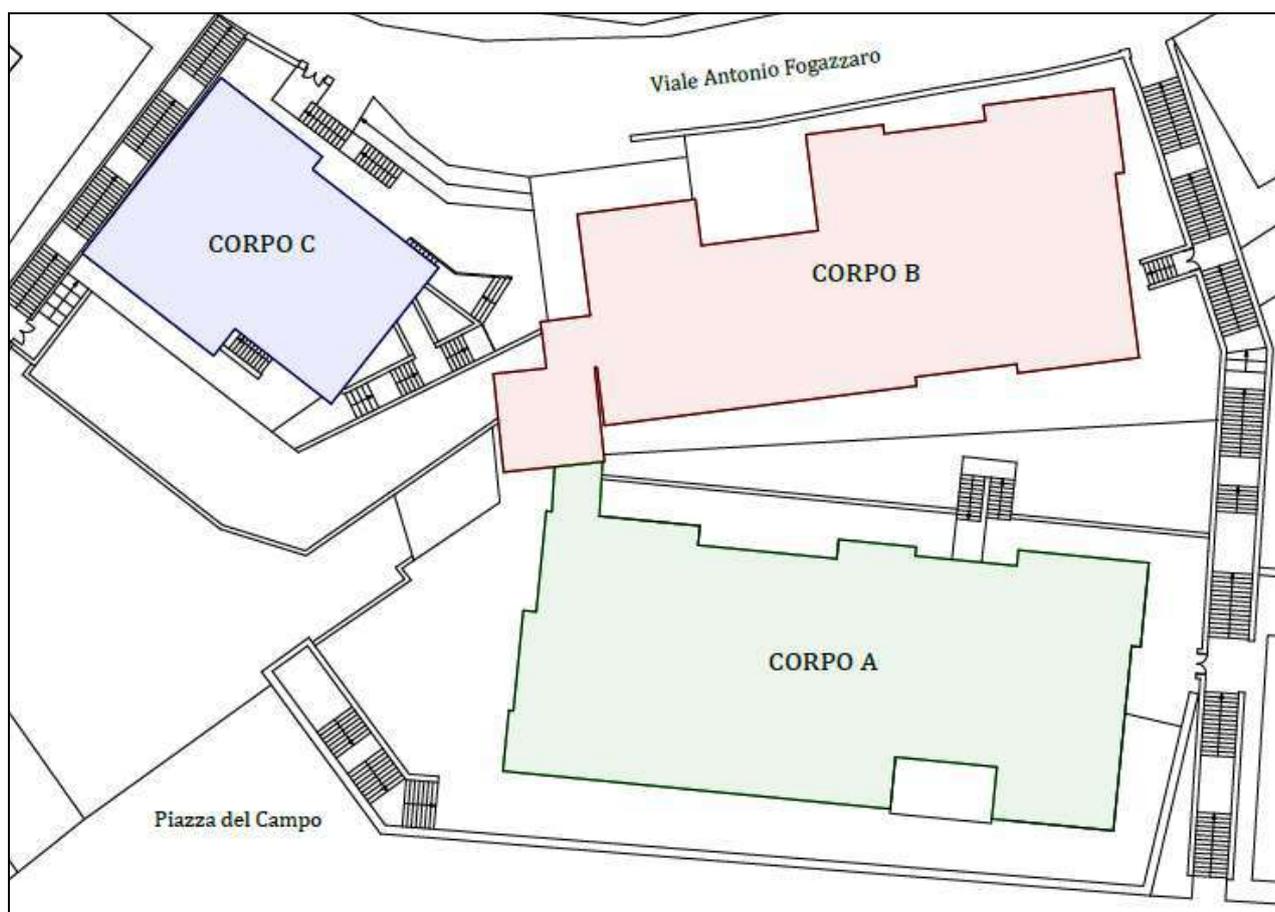


Figura 3 – Inquadramento generale del plesso scolastico e dei tre fabbricati A, B e C

Un primo fabbricato, denominato Corpo A, è costituito dall'edificio in muratura della scuola elementare, delimitato a valle dalla Piazza del Campo-via Papa Braschi da un muro di contenimento di altezza pari a circa 4.50 m.

A monte del fabbricato sorge il secondo edificio, anch'esso in muratura di pietra calcarea e arenacea (Corpo B), adibito a scuola materna. Anche in questo caso, sia a valle, sia a monte, detto fabbricato presenta due muri di raccordo rispettivamente con il corpo A, da cui è separato anche da un breve scarpata posta a valle del muro, e con la sovrastante via Fogazzaro.

A ovest del corpo B è presente infine il terzo edificio, denominato corpo C, che comprende uffici, salone mensa e altri locali tecnici. Il fabbricato, in questo caso in c.a., è delimitato verso via A.Fogazzaro, a monte, da un muro di contenimento e, sul lato di valle, da un'opera di sostegno di recente realizzazione, a cui segue al piede una scarpata di raccordo verso la sottostante area pianeggiante occupata dalla piazza del Campo.

Il progetto definitivo a cui fa riferimento la presente relazione riguarda unicamente gli edifici del Corpo A e del Corpo B e non comprende il fabbricato del Corpo C.



Foto 1 – Vista generale del Plesso Scolastico di Via A.Fogazzaro

5. STUDI E INDAGINI ESEGUITE

5.1. Indagini geognostiche di progetto definitivo – Campagna Solgeotek srl

Nell'ambito della progettazione definitiva degli interventi di adeguamento statico e sismico dei due edifici, nel mese di Luglio-agosto 2020 è stata condotta una campagna di indagini geognostiche, geotecniche sismiche e strutturali che ha direttamente interessato l'intero versante su cui ricadono i due fabbricati.

I criteri e le procedure adottati per la valutazione delle indagini ritenute necessarie in sede di progettazione per la costruzione del nuovo edificio, sono stati adeguati al livello delle verifiche in corso e in conformità al seguente riferimento normativo:

- ✓ *Deliberazione 5 luglio 2016, n. 375 - Adozione regolamento regionale concernente: "Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica. Abrogazione del regolamento regionale 7 febbraio 2012, n. 2 (Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico)".*

Le indagini geognostiche hanno avuto lo scopo di consentire una ricostruzione dell'assetto geologico e stratigrafico di dettaglio del versante su cui sorgono i due fabbricati del plesso scolastico, la caratterizzazione geotecnica e geomeccanica rispettivamente dei terreni e dell'ammasso roccioso arenaceo che costituisce l'ossatura della pendice e, in ultimo, l'accertamento della categoria di sottosuolo e dell'andamento delle onde sismiche di taglio Vs nel sottosuolo, necessarie per la successiva modellazione sismica e analisi di risposta sismica locale.

La campagna di indagine ha previsto l'esecuzione di sondaggi geognostici a rotazione e a carotaggio continuo, spinti fino a profondità variabile tra 30 m e 11 metri dal piano campagna. Le perforazioni sono state strumentate rispettivamente a piezometro (11 m) e per prova down hole (30 m), come richiesto dalla normativa.

L'esecuzione di Prove Penetrometriche Dinamiche del tipo Standard Penetration Test (SPT) nei depositi non litoidi ha consentito di valutare lo stato di consistenza dei terreni coesivi limo-argillosi nonché il grado di addensamento e, in forma qualitativa, le caratteristiche di resistenza al taglio dei litotipi in prevalenza sabbiosi e sabbioso-limosi.

Per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni su cui poggiano le strutture fondazionali, si è previsto il prelievo di campioni indisturbati all'interno degli strati di terreno e di

campioni litoidi nella sottostante roccia arenacea, da sottoporre successivamente a prove geotecniche e geomeccaniche di laboratorio.

I dati ottenuti in laboratorio su ben definiti orizzonti stratigrafici e geotecnici individuati in sede di riconoscimento e caratterizzazione di cantiere sono stati confrontati con i parametri di resistenza desunti dall'interpretazione delle analisi di sito e dall'analisi visiva delle carote estratte, al fine di pervenire ad una caratterizzazione completa e di dettaglio dei terreni di fondazione.

Con riferimento alle indagini sismiche, all'interno del sondaggio S1 ubicato in piazza del Campo, al piede del muro perimetrale che delimita il corpo A, è stata effettuata una prova down hole. Per l'accertamento dello spessore dei terreni di copertura del substrato arenaceo lungo a monte, lungo via A.Fogazzaro, è stata realizzata una linea sismica a rifrazione con modalità tomografica.

La definizione della categoria di sottosuolo sito specifica in distinti settori del versante è stata definita mediante l'esecuzione di n.3 linee sismiche masw.

Nell'ambito della modellazione sismica dell'area, in ottemperanza a quanto previsto dal regolamento sismico vigente, sono state infine realizzate n.2 misure di sismica passiva HVSR.

Nello specifico, la campagna di indagini si è articolata in una serie di indagini geognostiche nei terreni di fondazione e in una contemporanea fase di indagini sulle fondazioni, come di seguito descritto.

➤ **Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche**

- n. 3 sondaggi verticali a rotazione e a carotaggio continuo fino ad una profondità rispettivamente di 30 m (S1dh1), 11 m (S2p) m e 10 m (S4) dal piano campagna;
- n. 1 sondaggio orizzontale a rotazione e a carotaggio continuo fino ad una profondità di 3 m nel paramento del muro di sostegno a valle del corpo A;
- n. 1 prelievo di campioni indisturbati di terre (n.2 per sondaggio);
- n. 4 prelievi di campioni di roccia litoide;
- n. 1 prova down-hole in foro di profondità 30 m (S1dh1);
- n.1 installazione di piezometro a tubo aperto di tipo Norton (S2p);
- n.3 linee sismiche masw;
- n. 2 prova di sismiche passive a stazione singola (HVSR);

SONDAGGIO	PROFONDITÀ DAL P.C.(M)	METODO DI PERFORAZIONE
S 01-DH	30.0	Rotazione con doppio carotire e corona diamantata
S 02-P	11.0	Rotazione con doppio carotire e corona diamantata
S 03-i	3.0 (sondaggio orizzontale in muro di contenimento)	Rotazione con carotiere semplice
S 04	10.0	Rotazione con carotiere semplice, doppio carotire e corona diamantata

Tabella 1 – Tabella riassuntiva dei sondaggi geognostici eseguiti

Relativamente alla caratterizzazione meccanica dei terreni prelevati, per ciascuno dei campioni prelevati di terre, l'attività di laboratorio ha compreso:

- descrizione del campione
- contenuto naturale d'acqua
- peso di volume
- indice di consistenza
- limiti di Atterberg
- granulometria per setacciatura e sedimentazione
- una prova di taglio diretto consolidata drenata (CD) eseguita su tre provini mediante scatola di Casagrande, con rilievo delle deformazioni trasversali e verticali;
- una prova ad espansione laterale libera.

Per i campioni di roccia litoide, si sono previste le seguenti prove:

- peso di volume
- prova di compressione monoassiale per la determinazione del valore del carico di rottura;
- prova di determinazione dell'indice di resistenza Point Load Test.

5.2. Indagini per la caratterizzazione delle fondazioni

Si è previsto un accertamento delle caratteristiche qualitative delle strutture di fondazione dei due fabbricati. Ulteriori indagini hanno interessato il muro di contenimento presente a valle del Corpo A.

Sono stati a tal fine eseguiti carotaggi con carotatrice elettrica a rotazione e a carotaggio continuo, spinti fino a profondità di circa 1.4-3 metri, tali da interessare l'intera altezza della fondazione e i sottostanti terreni/rocce di appoggio delle stesse.

I carotaggi sono stati realizzati dall'esterno degli edifici, ubicando il boccaforo al piede dei muri di elevazione ed eseguendo la perforazione inclinata di pochi gradi rispetto alla verticale, direttamente all'interno delle murature di fondazione.

Per la definizione del numero di carotaggi si è tenuto conto delle risultanze dei 5 saggi di scavo all'uopo effettuati dall'Amministrazione comunale nel mese di marzo 2020, effettuati sia sul corpo A, sia sul corpo B, che hanno consentito una valutazione diretta delle geometrie di fondazione.

Si è previsto pertanto di effettuare 3 carotaggi da ubicare in corrispondenza del corpo A, laddove i saggi di scavo non hanno raggiunto i terreni di fondazione.

Si prevede un diametro di perforazione di 50-60 mm.

In dettaglio, sono state effettuate le seguenti prove:

Ai fini dell'accertamento delle caratteristiche fondazionali del muro di sostegno lungo Piazza del Campo-via Papa Braschi, a valle dell'edificio A, è stato effettuato un ulteriore carotaggio inclinato di pochi gradi al piede della struttura (SF1).

L'ubicazione dei sondaggi, delle prove in sito e delle prospezioni sismiche è indicata nella planimetria di sintesi allegata alla presente.

- n.4 carotaggi inclinati (**SF**) nelle fondazioni (corpo A e muro di sostegno a valle corpo A);
- N.3 saggi di scavo (**SG**) in fondazione (Corpo A)
- N.2 saggi di scavo (**SG**) in fondazione (Corpo B)

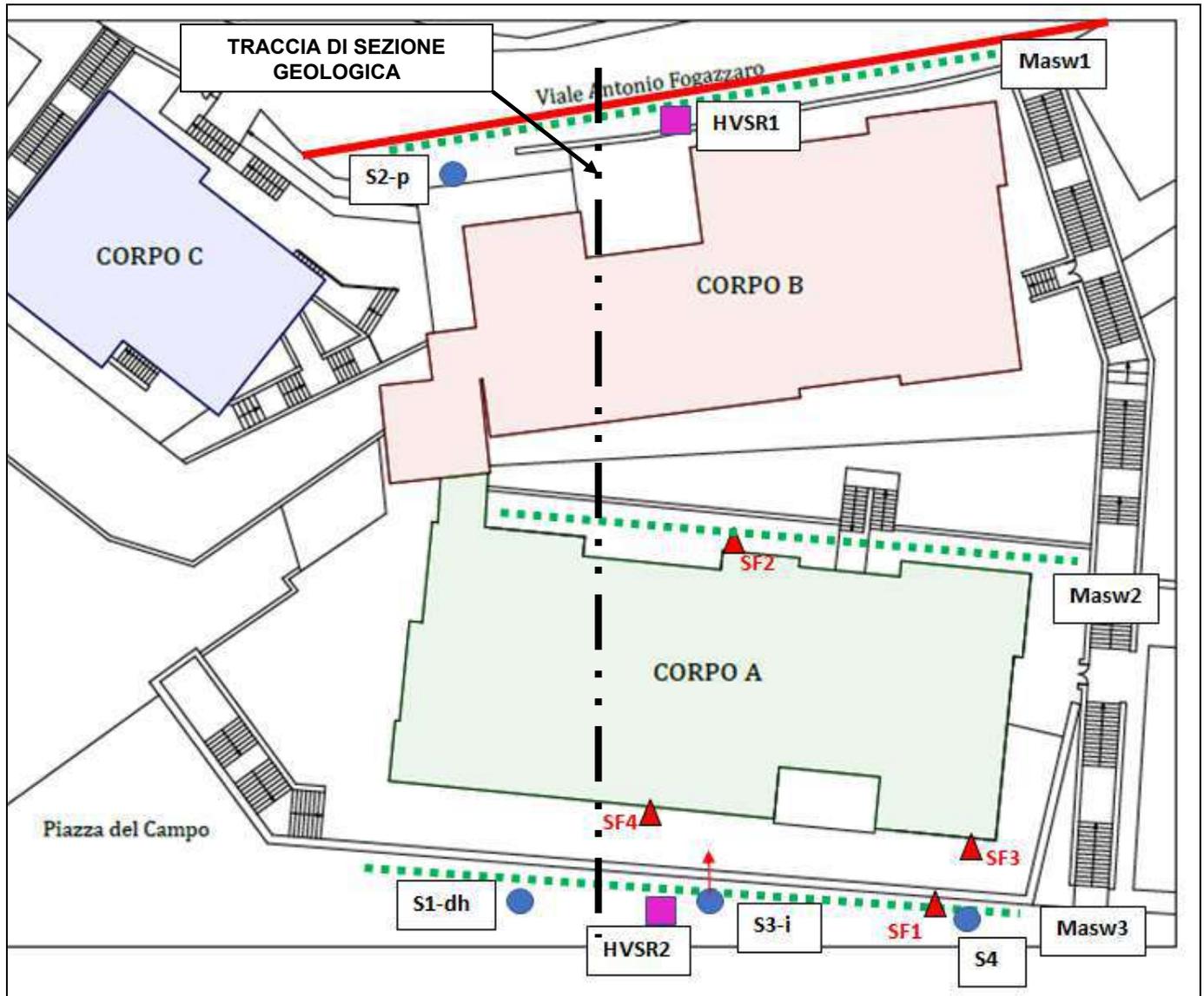


Figura 2 – Planimetria ubicazione **Indagini geognostiche e sismiche** – Campagna Solgetek srl – Luglio-Agosto 2020

LEGENDA

	S1 – Sondaggi geognostici a carotaggio continuo – Prof. Var: S1dh=30 m; S2p=11 m; S4= 10 m (DH: Strumentato per prova down hole; p= strumentato con piezometro)
	S3-i - Sondaggio a carotaggio continuo orizzontale all'interno del muro di contenimento – L=3 m
	Linee sismiche Masw
	Carotaggi inclinati nelle strutture di fondazione eseguiti con carotatrice elettrica – Prof. 1.5-3 m
	Misure di rumore ambientale HVSR
	Linea sismica a rifrazione con modalità tomografica
	TRACCIA DI SEZIONE GEOLOGICA

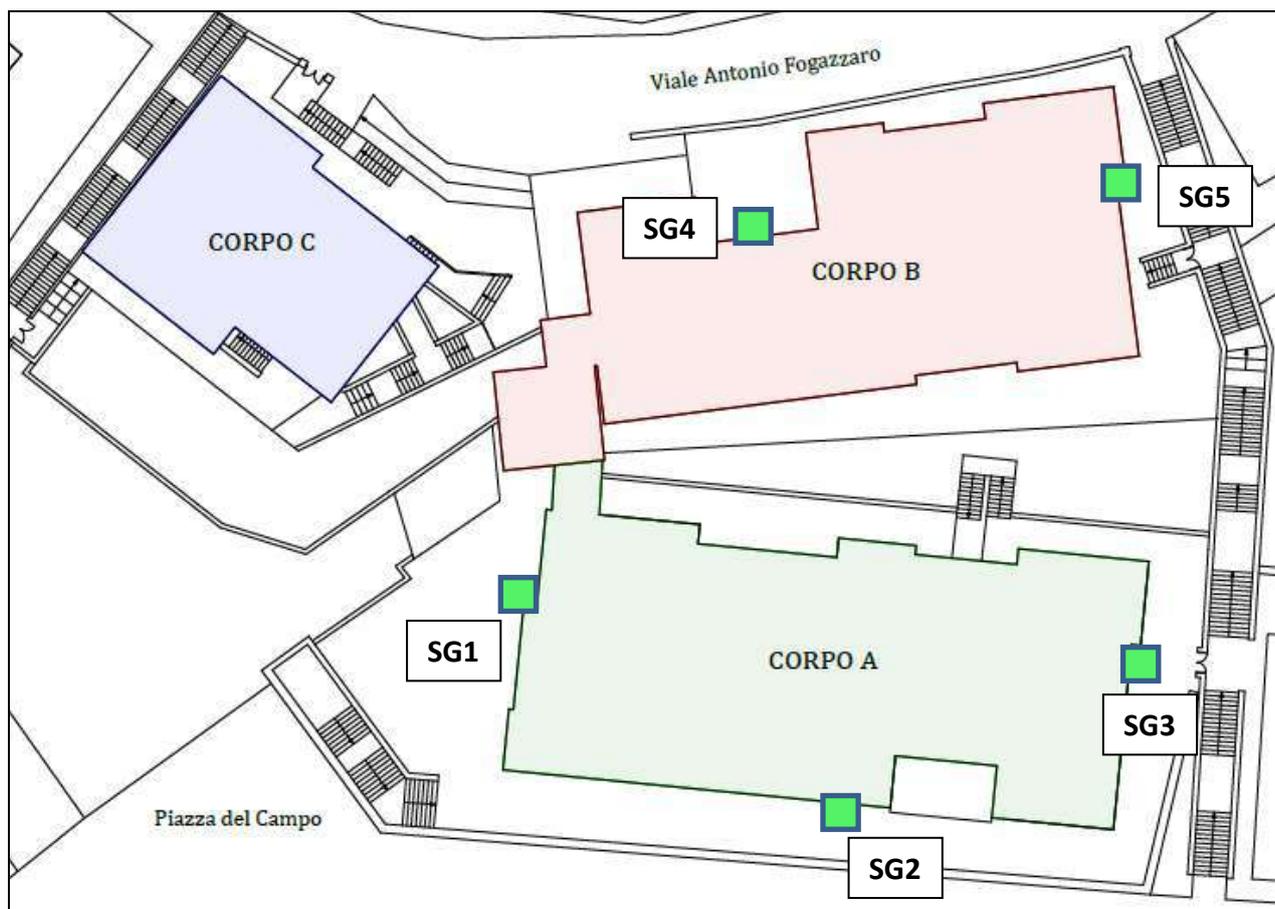


Figura 3 – Planimetria ubicazione Indagini saggi di scavo in fondazione SG

ADEGUAMENTO STATICO SISMICO, ENERGETICO E FUNZIONALE
PLESSO SCOLASTICO VIA FOGAZZARO, PIAZZA ROMA - SUBIACO (RM)
PLANIMETRIA INDAGINI SULLE FONDAZIONI



Foto 2 – Sondaggio S2p – Via Fogazzaro



Foto 3 – Sondaggio S1dh – Via Papa Braschi



Foto 4 – Sondaggio S3i - Orizzontale – Via Papa Braschi



Foto 5 – Sondaggio S4 – Via Papa Braschi



Foto 6 – Carotaggio iinclinato nelle fondazioni – SF2 – Corpo A



Foto 7 – Carotaggio inclinato nelle fondazioni – SF3 – Corpo A



Foto 8 – Carotaggio inclinato nelle fondazioni – SF4 – Corpo A

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

6.1. Lineamenti geologico-stratigrafici generali

L'area in esame ricade nella alta Valle del fiume Aniene, una depressione allungata in senso appenninico che separa le strutture carbonatiche dei Simbruini, ad est, da quelle dei Ruffi, ad ovest – sud-ovest. (Figura 4).

L'attuale conformazione geomorfologica rappresenta il risultato delle complesse vicissitudini tettoniche che hanno interessato questo settore della catena appenninica a partire dal Messiniano. L'area rappresenta una delle zone geologicamente più complesse dell'Appennino centrale. In questo settore geografico, l'Appennino è caratterizzato dalla presenza di due grandi domini paleogeografici, dalla cui evoluzione ha avuto origine l'attuale paesaggio.

Il primo dominio, rappresentato dalla "piattaforma carbonatica laziale-abruzzese", è costituito da una successione calcareo-dolomitica che si è deposta in un ambiente marino poco profondo nel periodo che va dal Triassico superiore (220 Ma) al Cretacico superiore (65 Ma). A questa fa seguito un'interruzione nella continuità della sedimentazione avvenuta durante il Paleogene (65-20 Ma) e conosciuta come "lacuna paleogenica", legata all'emersione della piattaforma carbonatica. La sedimentazione riprende poi nel Miocene inferiore e medio con depositi di rampa carbonatica formati da calcari e calcareniti bioclastiche (formazione dei "Calcari a briozoi e litotamni" Auct.).

I suddetti depositi costituiscono l'imponente dorsale carbonatica dei Monti Simbruini, ad est di Subiaco.

Il secondo dominio paleogeografico è costituito dal cosiddetto "bacino umbro-marchigiano-sabino", caratterizzato da successioni calcareo-siliceo-marnose e calcarenitiche di ambiente marino aperto e di scarpata sottomarina, deposti tra il Triassico superiore (190 Ma) e il Miocene medio (15 Ma).

Questi due diversi domini paleogeografici vengono a contatto, all'altezza dei paesi di Roviano e Anticoli Corrado e lungo la dorsale dei Monti Ruffi, attraverso un complesso sistema di faglie e un ampio sovrascorrimento ad asse nord-sud e vergenza orientale. Questo complesso lineamento tettonico, denominato "linea Olevano-Antrodoco" perché decorre con continuità tra queste due località distanti oltre 100 km tra loro, è stato attivo in un lungo periodo compreso fra il Giurassico inferiore ed il Pliocene.

Nel settore che comprende l'abitato di Subiaco e che si estende verso ovest e nord-ovest verso l'abitato di Anticoli Corrado, affiorano potenti successioni di depositi di natura silicoclastica riferibili al Miocene superiore, per gran parte costituiti da sequenze arenacee e arenaceo-pelitiche.

Le principali fasi tettoniche all'origine dell'attuale configurazione strutturale del territorio in esame possono essere così sintetizzate:

- Lias medio - Assottigliamento crostale del margine passivo africano e inizio di una fase distensiva che genera la formazione di vari settori tra cui una vasta area di piattaforma a sedimentazione carbonatica con deposizione di dolomie e calcari quasi puri, per alcune migliaia di metri di spessore, durante il mesozoico
- Dal Dogger al Cretacico: fase distensiva e successiva emersione di vaste zone
- Trasgressione miocenica (DEVOTO, 1967; DAMIANI 1991), con la deposizione di calcareniti organogene e di calcari marnosi nei canali venutisi a formare nella piattaforma carbonatica in via di emersione.
- Miocene superiore-Pliocene - fase tettonica compressiva che porta all'emersione della piattaforma carbonatica e all'accavallamento dei terreni in facies sabina su quelli di facies laziale-abruzzese, lungo la linea Olevano-Antrodoco. Nel Tortonian superiore-Messiniano inferiore si passa alla sedimentazione terrigena marina, che si chiude con la deposizione dei termini silicoclastici flyschoidi (DEVOTO, 1967; PAROTTO & PRATURLON, 1975).
- Pliocene – Pleistocene - Attività tettonica a carattere distensivo e sprofondamento di interi settori lungo sistemi di faglie dirette, caratterizzate da migliaia di metri di rigetto, provocando la formazione di fosse tettoniche (graben) con sequenze deposizionali marine di natura argillosa e sabbioso-conglomeratica (PAROTTO & PRATURLON, 1975) – Assottigliamento crostale e sviluppo delle attività dei vari Distretti Vulcanici dell'Italia centrale

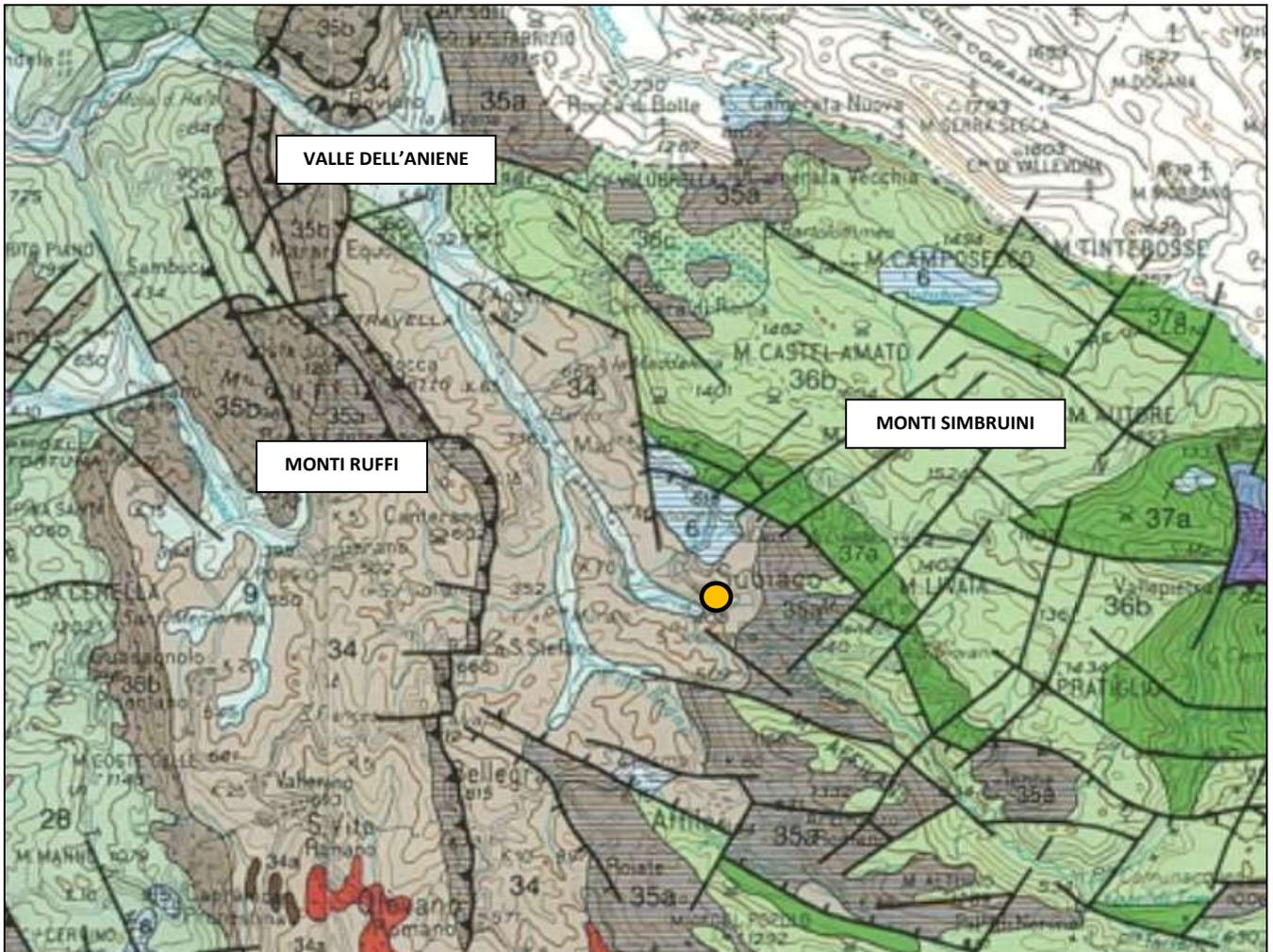


Figura 4 – Carta geologica di inquadramento generale
(da: Modello litostratigrafico strutturale della Regione Lazio – Scala 1:250.000
Regione Lazio – Università di Roma La Sapienza)

AREA DI PROGETTO ●

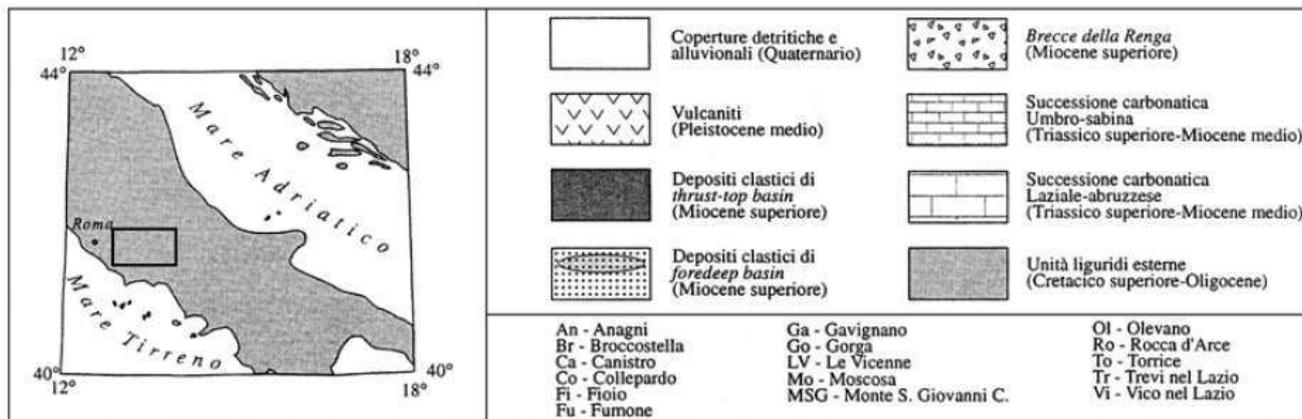
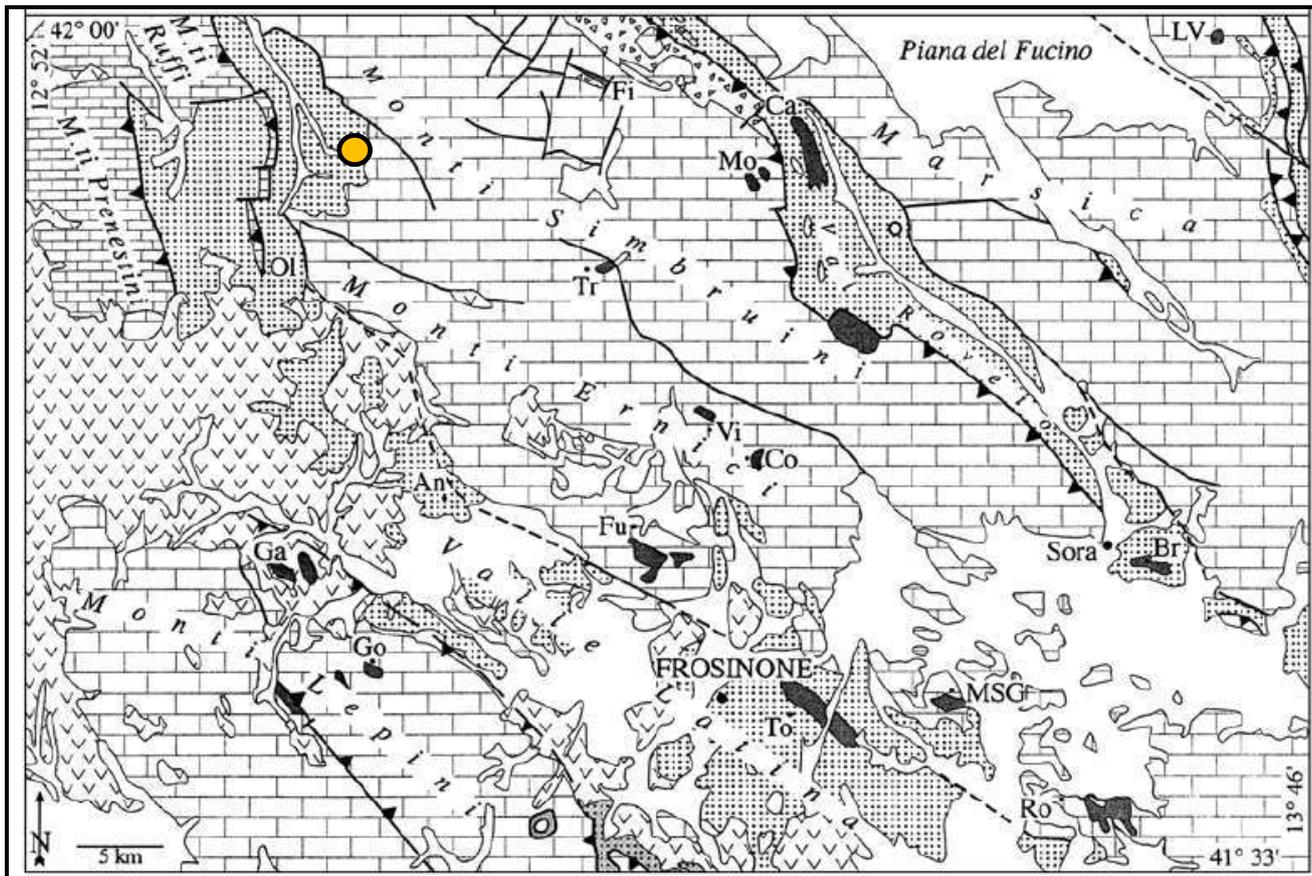


Figura 5 – Schema geologico del settore Ernico-Simbruino (da Cipollati P. & Cosentino D., 1995)
 AREA DI PROGETTO ●

6.2. Aspetti geologici dell'area di Subiaco

L'abitato di Subiaco si colloca ai piedi del margine occidentale della dorsale dei Monti Simbruini.

Il settore di interesse ai fini del presente studio ricade nella alta valle del fiume Aniene, in un'area per gran parte occupata dalle successioni torbiditiche dell'Unità arenaceo-pelitica (Tortoniano pp), composta da torbiditi arenacee in alternanze ritmiche disposte in strati piano-paralleli da medi a molto spessi, amalgamati, con rari livelli argillosi sottili. Tali depositi affiorano diffusamente nel settore compreso tra Subiaco e l'abitato di Canterano, ad ovest dell'area in esame.

Il settore in studio è delimitato ad est dalla dorsale dei Monti Simbruini, composta da una serie sedimentaria prevalentemente calcarea rappresentata da calcilutiti e calcareniti in strati da spessia molto spessi variamente dolomitizzati di età Cretacico-Miocenica.

Guardando oltre il fiume Aniene, in direzione ovest, si osservano i contrafforti dei Monti Ruffi, che appartengono alla successione carbonatica sabina.

Le successioni torbiditiche flyscioidi di natura prevalentemente arenacea costituiscono entrambi i fianchi della valle dell'Aniene in corrispondenza del centro di Subiaco e, unicamente nel settore comprendente lo stretto fondovalle, sono ricoperti da depositi colluviali di versante e da sedimenti alluvionali attuali di non elevato spessore.

In corrispondenza dei versanti, soprattutto nel settore a monte dell'area oggetto di studio, il substrato roccioso di natura torbiditica è inoltre spesso mascherato e ricoperto detriti di falda e brecce ad elementi eterometrici, variamente cementati, arrossati e stratificati, talora riconducibili ad antiche conoidi di età pleistocenica.

A monte dell'abitato si possono infine osservare dei depositi di travertino; essi fanno parte di un grande corpo travertinoso esteso per circa 1 Km² creatosi per sbarramento della forra del F. Aniene in prossimità dello sbocco nella piana alluvionale sottostante ed in corrispondenza di un gradino morfologico controllato dalla tettonica.

La deposizione dell'intera placca travertinoso è avvenuta tra il Pleistocene superiore e l'Olocene (CARRARA et alii, 2006)..

Una rappresentazione di dettaglio dei caratteri geologici di Subiaco è riportata nello stralcio cartografico allegato.

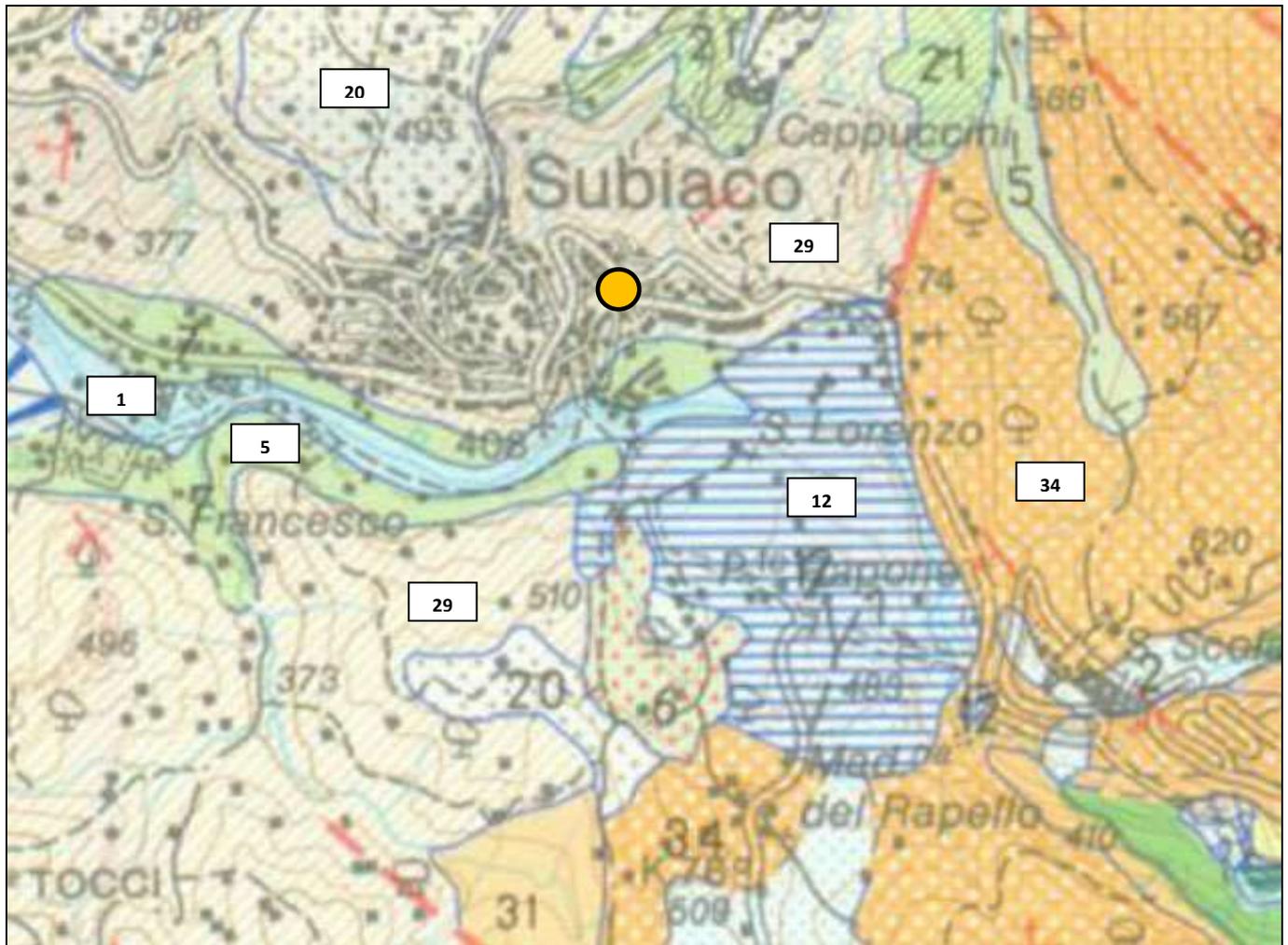


Figura 6 – Carta Geologica di Subiaco

(Stralcio da: Carta Geologica d'Italia – Scala 1:50.000 – Foglio 376)

Legenda: 34: Calcari biodetritici e biocalcareni ("Formazione dei Calcari a Briozoi e Litotamni") - (Miocene inferiore);
29: Associazione arenaceo-pelitica – Arenarie giallo e grigie in strati molto spessi con rare peliti – (Miocene superiore); 20: Detriti di falda e breccie cementate (Pleistocene); 12: Travertino (Pleistocene – Olocene); 5: Depositi colluviali e terre rosse (Olocene); 1: depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene)

AREA DI PROGETTO



La successione stratigrafica che caratterizza l'area su cui ricade il centro abitato, ad eccezione del settore di fondovalle, è interamente costituita da successioni lapidee silico-clastiche arenacee in facies di flysch, di età Miocenica. Si tratta di arenarie disposte in strati molto spessi fino a massicci, che in alcuni casi raggiungono spessori anche superiori a 10 m. Le arenarie, di colore dal giallo al grigio, a grana raramente grossolana, sono prive di evidente gradazione.

I livelli pelitici di natura marnoso-argillosa e argillo-marnosa sono molto rari o assenti. Solo in alcuni casi sono stati osservate sottili intercalazioni arenaceo-pelitiche o pelitico-arenacee.

Lo spessore complessivo della successione è compreso tra 500 e circa 1000 metri.

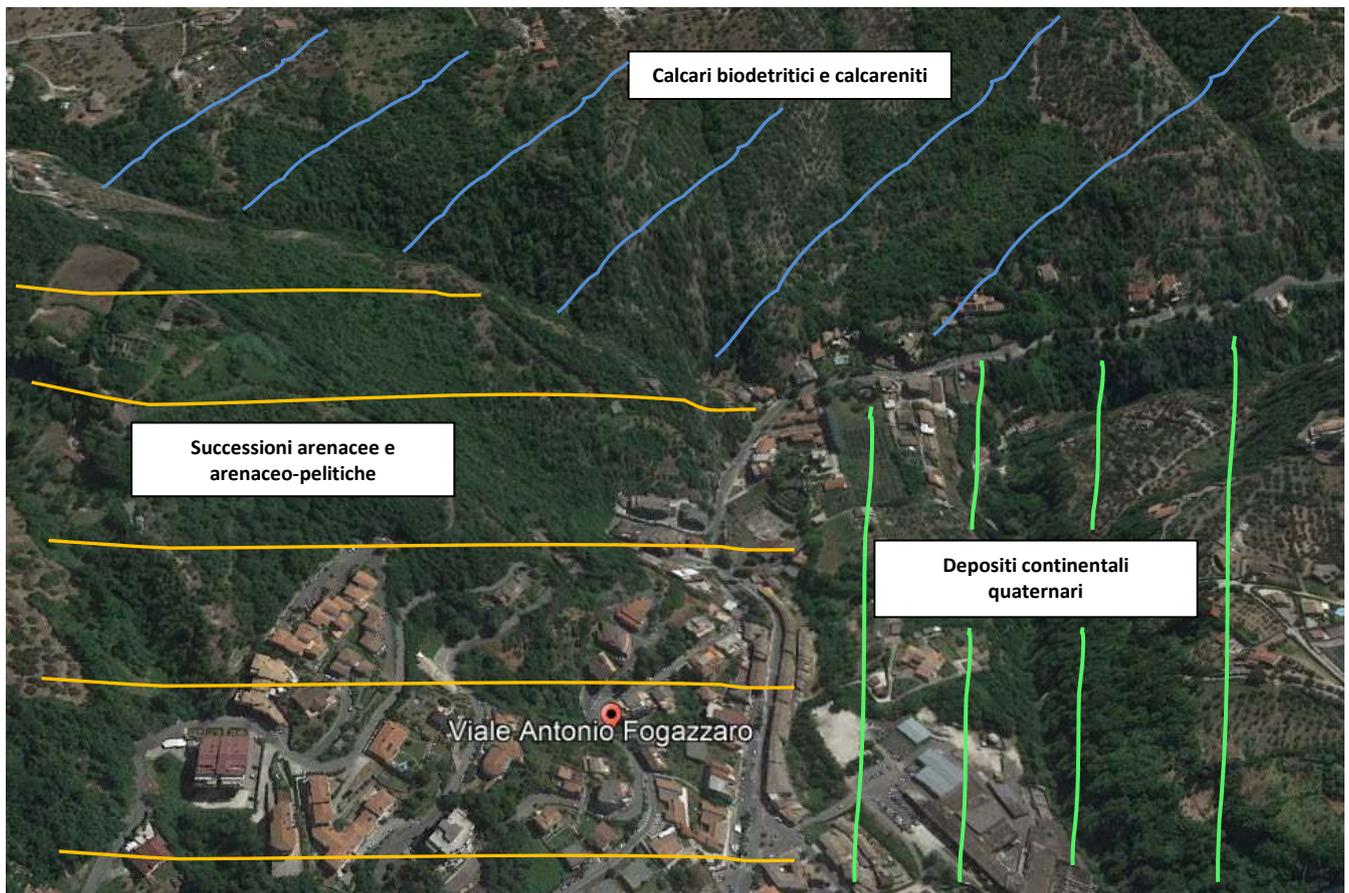


Figura 7 – Ortofoto dell'area oggetto di studio con rappresentazione degli aspetti geologici principali

6.3. Modello geologico-tecnico del sottosuolo

L'attuale plesso scolastico di Via Fogazzaro a Subiaco è composto da tre diversi edifici realizzati su un tratto di pendio compreso tra Piazza del Campo e via Papa Braschi, poste a quote di circa 391 m s.l.m., e la sovrastante via Fogazzaro, distribuita intorno a 411 m s.l.m.

L'intero versante è costituito da una successione di rocce lapidee prevalentemente arenacee, affioranti localmente in alcune limitate porzioni del versante e prevalentemente costituite da arenarie massive mal stratificate di colore da giallastro a grigio, da massive a moderatamente fratturate. In superficie si presentano localmente alterate e costituite da una roccia meno litoide, nel complesso coerente e caratterizzata da un inferiore livello di cementazione.

Gli affioramenti presenti sul lato ovest, come successivamente descritto, si presentano invece litoidi e di aspetto massivo, poco o per nulla alterati.

Dal punto di vista morfologico, l'originaria morfologia del versante è stata in parte modificata a seguito della realizzazione dei fronti di scavo in roccia arenacea per la realizzazione dei corpi A e B della scuola elementare e materna rispettivamente. Allo stato attuale, la pendenza originaria del pendio può valutarsi dell'ordine variabile tra 19°-20° e 25°-28°, osservando l'andamento della scalinata posta in adiacenza agli edifici e rappresentata da via Metastasio.

A seguito della costruzione dei due fabbricati sono state realizzate due strutture di sostegno principali, entrambe in pietrame, rispettivamente ubicate a presidio di via A. Fogazzaro, a monte del corpo B, e a sostegno della terrazza da cui si accede al Corpo A, tra quest'ultimo e via Papa Braschi.

Tra i due edifici è presente un breve pendio di raccordo tra le due strutture, costituito da materiali di riporto.

Il versante è caratterizzato dalla presenza di modeste coperture di materiali di riporto e depositi limoso-sabbiosi eluvio-colluviali, soprattutto a tergo dei muri di sostegno principali e nella zona di via Papa Braschi e Piazza Roma.

I principali affioramenti di arenaria sono localizzati nella parte superiore del versante, sia all'altezza dell'entrata al piano terra del Corpo B, sia alle spalle dello stesso edificio, dove l'ammasso arenaceo costituisce il litotipo su cui poggia il muro in pietrame a presidio di Via A. Fogazzaro.

Nel primo caso, si tratta di un banco di roccia arenacea di aspetto massivo, fortemente litoide, non alterata, di colore grigio-giallastro, non stratificata, a frattura concoide. In corrispondenza del muro in pietrame, l'ammasso roccioso arenaceo si presenta maggiormente fratturato e localmente alterato, costituito da arenarie più tenere da moderatamente fratturate a fratturate.

La presenza del substrato arenaceo è stata riscontrata anche in alcuni tratti del pendio di raccordo tra i due fabbricati, come all'interno dell'ambiente sottostante la terrazza della scuola materna. In questo caso, l'arenaria di presenza debolmente alterata e meno competente rispetto agli affioramenti presenti sul lato ovest del versante.

Non si osservano evidenti tracce di stratificazione. Le giaciture ricavate dalla lettura della carta geologica in scala 1:50.000 del CARG indicano strati immergenti verso NW disposti prevalentemente a reggipoggio aventi inclinazione compresa tra 25°-45°.



Foto 9 – Muro in pietrame tra via A.Fogazzaro e la Scuola Materna (Corpo B)



Foto 10 – Muro in pietrame su via Papa Braschi, a valle della Scuola elementare - Corpo A



Foto 11 – Pendio di raccordo esistente tra la scuola materna, a destra (Corpo B), e la scuola elementare (Corpo A)

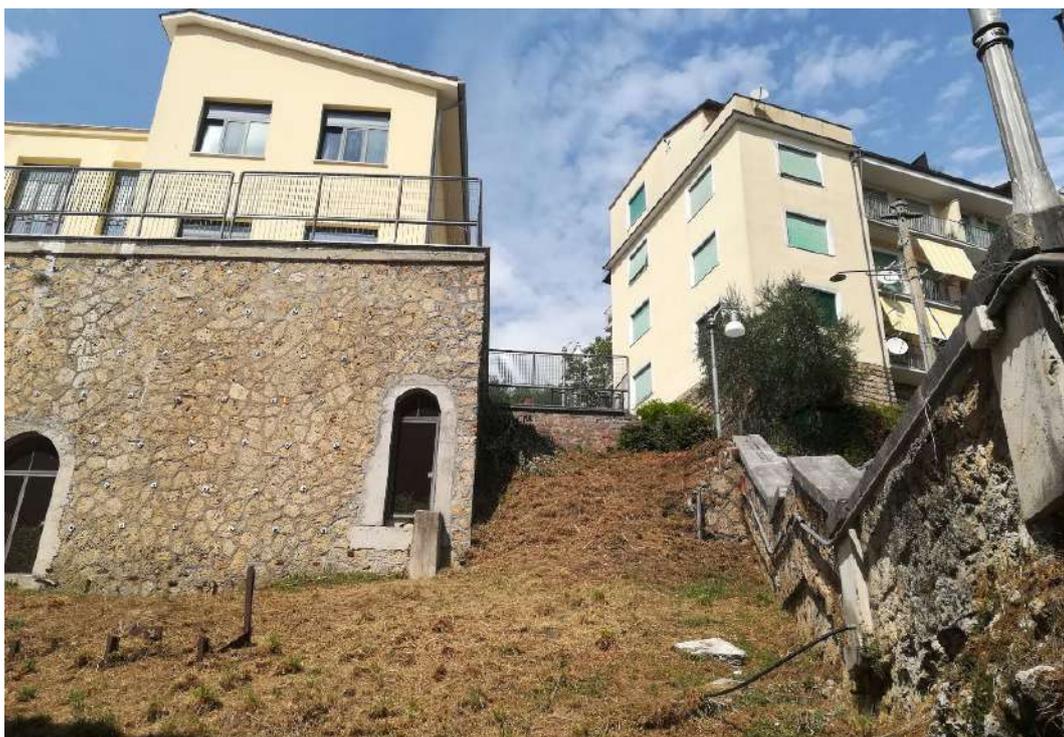


Foto 12 – Pendio esistente tra la scuola materna e la scuola elementare. Sulla destra, la scalinata di via Metastasio



Foto 13 – Banco di arenaria massiccia nei pressi dell'entrata della Scuola Elementare (Corpo B)



Foto 14 – Bancate di arenarie mediamente fratturate su cui poggia il muro di via A. Fogazzaro



Foto 15 – Bancate di arenarie mediamente fratturate su cui poggia il paramento murario di via A. Fogazzaro

Le indagini geognostiche realizzate hanno confermato l'assetto geologico-stratigrafico evidenziato dall'analisi degli affioramenti e dai rilevamenti effettuati in sito. Tutti i sondaggi a carotaggio continuo eseguiti hanno infatti incontrato il banco di roccia arenacea a modeste profondità rispetto al piano campagna, sia a monte, nel sondaggio su via A.Fogazzaro, sia a valle, su via Papa Braschi.

In entrambi i casi, il banco di arenarie è stato incontrato rispettivamente a profondità di -1.7 m (S2p) e 1.5 m (S1dh), al di sotto di una copertura di terreni di riporto presenti al di sotto della sede stradale. Le arenarie si presentano subito massive e litoidi, da poco a moderatamente fratturate fino a localmente molto fratturate, sotto via A.Fogazzaro; il sondaggio eseguito su via Papa Braschi ha mostrato arenarie molto fratturate e debolmente alterate fino a profondità di circa 3.30 m dal piano campagna, seguite inferiormente da rocce arenacee litoidi da poco a mediamente fratturate, di colore grigio con patine di alterazione color ocra.



Foto 16 – Sondaggio S2p (Via A.Fogazzaro) – Arenarie massive da poco a mediamente fratturate sottostanti a circa 1.7 m di terreni di riporto e materiale detritico di copertura



Foto 17 – Sondaggio S1dh (Via Papa Braschi) – Terreni di riporto di spessore 1.5 m seguiti inferiormente da arenarie molto fratturate fino a -3.30 m. A maggiore profondità arenarie massicce poco fratturate

La presenza di arenaria a modeste profondità contraddistingue anche il tratto di versante che separa i due edifici. Il sopralluogo effettuato nell'ambiente presente dietro il muro di valle della scuola materna, su cui poggia il solaio della terrazza del piano terra della scuola stessa (Foto 18), ha consentito di osservare la presenza di un banco di arenaria subaffiorante, in parte ricoperto da calcinacci e riporti. In questo caso la roccia si presenta più tenera e da moderatamente alterata ad alterata.

La documentazione fornita dall'Amministrazione e relativa agli interventi pregressi eseguiti in occasione del crollo del tratto del suddetto muro posto in aderenza a via Metastasio sembra confermare la presenza di arenaria subaffiorante o affiorante, in quanto riferisce di un *“ripido pendio di roccia compatta arenacea”* messa a nudo dal crollo del muro.

All'interno degli stessi documenti si riporta che detto muro *“risultava poggiato direttamente sull'arenaria”*; *“la sua altezza varia da circa 6.5 m fino a circa 3 m in quanto segue l'andamento del banco roccioso di arenaria”* (Foto 18).



Foto 18 – Muro in pietrame su cui poggia il solaio al livello del piano terra della Scuola Materna

Arenarie piu litoidi si osservano alla base del breve raccordo di pendio a valle della scuola materna, come evidenziato nelle fotografie sotto riportate.



Foto 19 – Affioramento di arenarie litoidi lungo il versante sottostante la scuola Materna

L'unico settore che sembra caratterizzato da un differente assetto stratigrafico è quello posto al piede del pendio, in prossimità dell'angolo occidentale del muro perimetrale della scuola elementare, alla base della scalinata di via Metastasio. Il sondaggio S04, eseguito su via Papa Braschi, ha infatti attraversato circa 7 metri di depositi limosi e limoso-sabbiosi di colore marrone, da mediamente consistenti a consistenti, passanti inferiormente alla successione arenacea del substrato litoide.

Detti depositi possono verosimilmente essere ricondotti a depositi colluviali presenti al piede del versante o anche a depositi alluvionali terrazzati di fondovalle, segnalati dalle carte geologiche in corrispondenza del piede del versante destro della valle dell'Aniene.



Foto 20 – Sondaggio S04 – Depositi limosi e limoso-sabbiosi passanti inferiormente ad arenarie litoidi in corrispondenza del piede del versante, presso via Metastasio

6.4. Risultati delle indagini nelle strutture di fondazione

Sono state condotte una serie di indagini finalizzate ad accertare le caratteristiche dei terreni di appoggio delle fondazioni dei due fabbricati.

In una fase iniziale sono stati realizzati dall'Amministrazione comunale 5 saggi di scavo, tesi all'accertamento della natura delle fondazioni, di cui 3 riguardanti la scuola elementare (SG1, SG2, SG3 - Corpo A) e 2 la scuola materna (SG3 – SG4 - Corpo B)

I saggi hanno generalmente evidenziato la presenza di una trave di cls al di sotto del muro esterno dei fabbricati, di spessore pari a circa 0.20 m. La trave poggia su una muratura a sacco a struttura piuttosto caotica costituita da blocchi lapidei a volte squadri, talora di forma irregolare, delimitati da vuoti o inglobati in malta cementizia.

I saggi realizzati sotto la scuola elementare sono stati spinti fino a profondità di circa 0.6-0.8 m. Soltanto il saggio SG1 ha evidenziato la presenza di arenaria a circa -0.6 da p.c.



Foto 21 – Scuola elementare – Saggio SG2



Saggio n° 3 edificio A

Fondazione h 20 cm

Foto 22 – Scuola elementare – Saggio SG3

Sono stati inoltre realizzati n.2 saggi anche al di sotto della Scuola dell'Infanzia (Corpo B), che hanno evidenziato strutture di fondazione complessivamente analoghe. Entrambi i saggi hanno riscontrato la presenza di arenaria a modesta profondità dal piano di calpestio.

Le fondazioni sembrano in questo caso poggiare direttamente sul banco di arenarie. Il saggio SG4 evidenzia fondazioni composte da una trave di cls di 0.2 m seguita da muratura a sacco a sua volta poggiante su arenarie.

Il saggio SG5 mostra arenarie praticamente subaffioranti e a contatto con la muratura.



Foto 23 – Scuola dell'Infanzia – Saggio SG4



ARENARIE

Foto 24 – Scuola dell’Infanzia – Saggio SG5

Al fine di verificare più nel dettaglio le caratteristiche delle fondazioni e la natura dei rispettivi terreni di appoggio sono stati effettuati n.3 carotaggi inclinati nelle strutture fondali della scuola elementare (Corpo A – Carotaggi inclinati SF2, SF3, SF4)

Tutti i carotaggi hanno evidenziato la presenza di una struttura in cls di spessore 0.15-0.2 m seguita inferiormente da muratura mista composta da blocchi lapidei prevalentemente arenacei.

A profondità di circa 0.7-0.8 m dal piano di calpestio, tutti i carotaggi effettuati hanno evidenziato come la struttura di fondazione si appoggi su roccia di arenaria tenera.

Per quanto riguarda il muro di sostegno in muratura che delimita il Plesso scolastico lungo via Papa Braschi, al piede del pendio, le sue strutture di fondazione sono state investigate con il carotaggio inclinato SF1 (L= 3 m). I risultati forniti mostrano la presenza di una fondazione in calcestruzzo, laterizi e pietrame di altezza pari a circa 1.35 m. Su gran parte del muro, dette fondazioni poggiano verosimilmente su roccia arenacea, presente a profondità di circa -1.5 m dal

livello stradale nel sondaggio S1dh (realizzato al piede della struttura di sostegno - v. sezione geologica allegata).

Il carotaggio inclinato SF1, effettuato all'altezza di via Metastasio, ha tuttavia evidenziato come detta fondazione, almeno in questo settore del muro, poggi non su roccia bensì su depositi limosi e limo-sabbiosi di copertura del substrato arenaceo, in accordo con quanto emerso dal sondaggio S04.



Descrizione stratigrafica:

Da 0.00 a 0.10m Pavimentazione esterna

Da 0.10 a 0.30m Soletta in cls

Da 0.30 a 0.80m Blocchi lapidei di riempimento di natura prevalentemente arenacea

Da 0.80 a 1.30m Arenaria giallastra tenera

Foto 25 – Scuola elementare (Corpo A) – Carotaggio inclinato effettuato in fondazione SF2 e descrizione stratigrafica



Descrizione stratigrafica:

Da 0.00 a 0.05m Pavimentazione esterna

Da 0.05 a 0.15m Soletta in cls

Da 0.15 a 0.80m Blocchi lapidei di riempimento di natura prevalentemente arenacea

Da 0.80 a 1.50m Arenaria giallastra tenera

Foto 26 – Scuola elementare (Corpo A) – Carotaggio inclinato effettuato in fondazione SF3 e descrizione stratigrafica



Descrizione stratigrafica:

Da 0.00 a 0.10m Rivestimento esterno

Da 0.05 a 0.20m Soletta in cls

Da 0.20 a 0.80m Blocchi lapidei di riempimento di natura prevalentemente arenacea

Da 0.80 a 2.50m Arenaria giallastra tenera

Foto 27 – Scuola elementare (Corpo A) – Carotaggio inclinato effettuato in fondazione SF4 e descrizione stratigrafica



Descrizione stratigrafica:

Da 0.00 a 0.20m Marciapiede

Da 0.20 a 0.90m Muratura mista composta da elementi lapidei e laterizi

Da 0.90 a 1.40m Calcestruzzo

Da 1.40 a 3.00m Limo sabbioso marrone

Foto 28 – Muro di sostegno su via Papa Braschi – Angolo via Metastasio – Carotaggio inclinato effettuato in fondazione SF1 e descrizione stratigrafica

6.5. Caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso

La classificazione dell'ammasso roccioso è stata effettuata attraverso le seguenti modalità:

- stima visiva dell'indice GSI per ammassi rocciosi fratturati, condotta durante il rilevamento geologico di sito in corrispondenza di affioramenti significativi;
- calcolo dell'indice di qualità RMR sulla base dei dati raccolti durante la caratterizzazione strutturale dell'ammasso in sito ed integrando l'analisi con i risultati delle indagini in sito e laboratorio;
- calcolo dell'indice GSI a partire dall'indice RMR.

In fase di classificazione dell'ammasso roccioso arenaceo si è tenuto conto delle risultanze ottenute dalle indagini di sito e di laboratorio, rispettivamente in termini di valutazione del valore del **parametro RQD** e della resistenza a compressione della roccia.

Sulla base di tutti i rilievi e delle analisi eseguite è stato possibile definire una classificazione dell'ammasso roccioso e valutare i valori di GSI ricavati sia per stima visiva che tramite calcolo dall'indice RMR attraverso la classificazione di Bieniawski.

I dati di RQD ottenuti dai sondaggi ribadiscono sostanzialmente quanto già evidenziato dai rilievi geostrutturali, confermando come sia elevato il grado di fratturazione e fessurazione dell'ammasso arenaceo, ne deriva che la qualità risulta compresa tra discreta e buona.

qualità dell'ammasso	RQD (%)
molto scadente	≤ 25
scadente	$26 \div 50$
discreta	$51 \div 75$
buona	$76 \div 90$
molto buona	> 90

Tabella 2 – Classifica RQD degli ammassi rocciosi

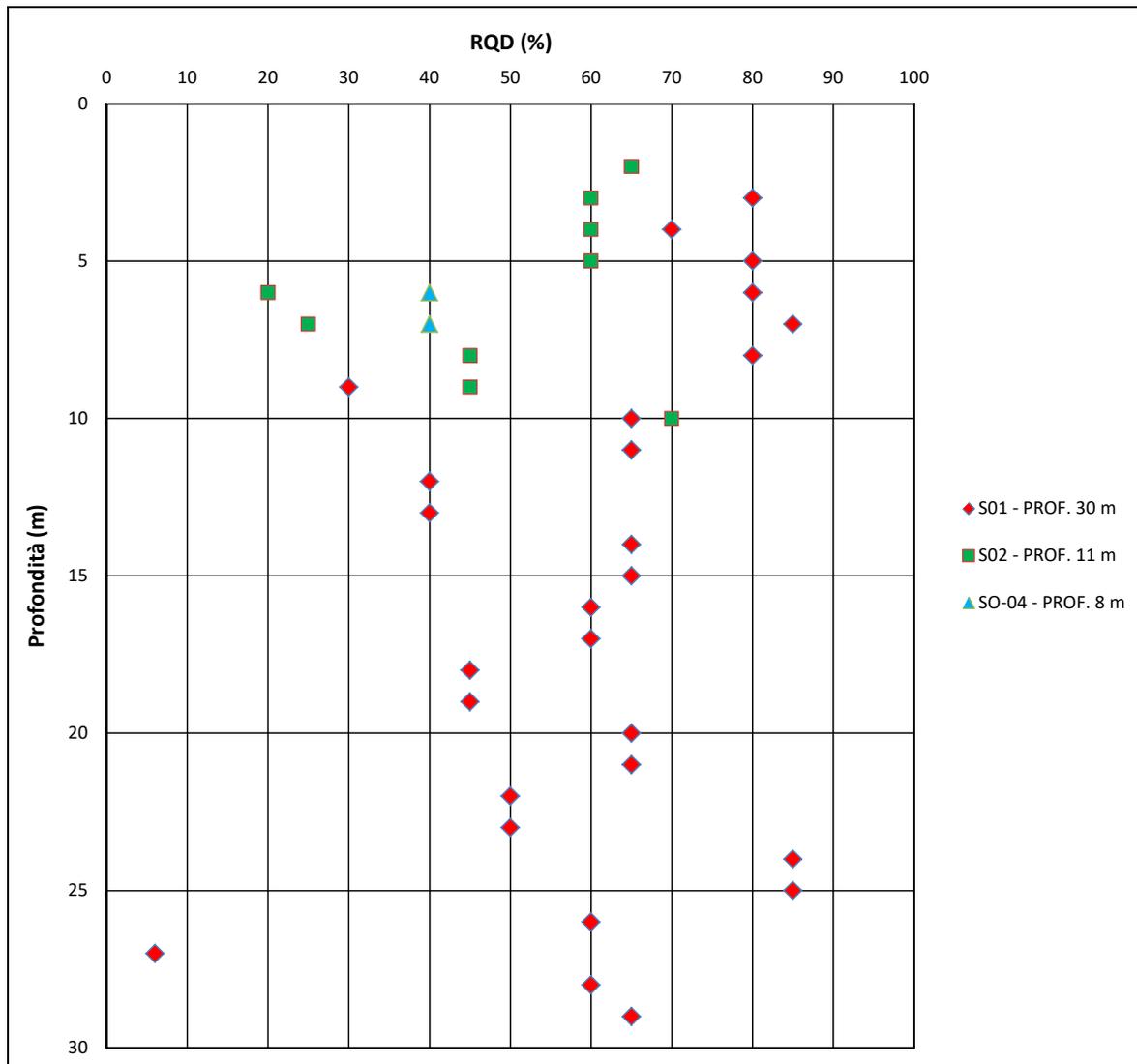


Figura 8 – Andamento dei valori di RQD(%) forniti dai sondaggi geognostici

Le risultanze delle prove di schiacciamento fornite dal laboratorio, eseguite su spezzoni di carota prelevati nel corso dei sondaggi geognostici, evidenziano una certa variabilità dei valori di **resistenza a compressione**.

I valori di Rc complessivamente si attestano su range medio bassi, compresi tra **11-30 MPa (110-300 Kg/cmq)**.

La caratterizzazione geotecnica delle formazioni rocciose è stata condotta facendo riferimento alla classificazione dell'ammasso roccioso proposta da Bieniawski (1989), allo schema concettuale di mezzo continuo (omogeneo o stratificato) e ai criteri di rottura proposti e aggiornati da Hoek & Brown a partire dal 1980. In particolare, il parametro RMR "Rock Mass Rating" è stato valutato sulla dei rilievi geomeccanici e strutturali eseguiti in corrispondenza di singoli affioramenti, così come indicato nelle schede di rilievo strutturale allegate alla presente relazione.

La classificazione di Bieniawski tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia e dell'ammasso roccioso e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato (gallerie, versanti e fondazioni).

$$\text{RMR} = (\text{A1} + \text{A2} + \text{A3} + \text{A4} + \text{A5}) - \text{Ic};$$

I parametri sono:

A1	<Co> (Resistenza a compressione <u>monoassiale</u>);
A2	<RQD%> (Rock <u>Quality Designation</u>);
A3	<s> (Spaziatura delle discontinuità);
A4	Condizioni dei giunti
A5	Condizioni idrauliche dei giunti
<u>Ic</u>	Indice di correzione

Per ognuno di tali coefficienti sono definiti cinque intervalli a ciascuno dei quali corrisponde un "rating" la cui somma individua una classe di qualità dell'ammasso roccioso.

Esistono diverse versioni di questa classificazione. Le più usate sono quelle del 1979 e del 1989.

Classificazione di Bieniawski del 1979

PARAMETRI			INTERVALLI DI VALORI						
1	RESISTENZA ROCCIA INTATTA	Carico puntuale(Mpa) Compressione monoassiale(MPa)	>10 >250	4-10 100-250	2-4 50-100	1-2 25-50	Non applicabile 5-25 1-5 <1		
	Indice		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Indice		20	17	13	8	3		
3	SPAZIATURA GIUNTI (m)		>2	0,6-2	0,6-0,2	0,06-0,2	<0,06		
	Indice		32	15	10	8	5		
4	CONDIZIONE GIUNTI		Superfici molto scabre non continue. Pareti roccia non alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia leg.alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia molto alterate	Superfici lisce o laminate o riempimento<5mm o apertura 1-5mm. Giunti continui	Riempimento tenero con spessore >5mm o giunti aperti>5 mm. Giunti continui		
	Indice		30	25	20	10	0		
5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10m di lunghezza del tunnel (litri/min)	Assente	<10	10-25	25-125	>125		
		Rapporto Pressione acqua nei giunti/Pressione naturale in sito	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Condizioni generali	Giunti asciutti	Umidi	Bagnati	Stillicidio	Venute d'acqua		
	Indice		15	10	7	4	0		

La somma dei 5 indici parziali fornisce il Basic RMR (BRMR). Il Basic RMR in condizioni di giunti asciutti (A5=15) può essere correlato anche in questo caso al parametro G.S.I. (Geological Strength Index), con il quale è classificato l'ammasso secondo Hoek (1994). Tale grandezza è collegata ai fattori m, a ed s dell'ammasso roccioso integro (vedi successivamente). Infatti si ha:

$$GSI = BRMR_{79} - 5 \quad (\text{solo per } BRMR > 23)$$

La classificazione di Bieniawski del 1989 rispetto alle precedenti si differenzia per due aspetti:

1. la possibilità di valutare i parametri A1(resistenza della roccia), A2 (RQD) e A3 (spaziatura) secondo una curva continua e non per classi discrete, come avveniva nelle classificazioni precedenti;
2. la possibilità di ricavare il parametro A4 (condizione dei giunti) in modo meno soggettivo, utilizzando una tabella più dettagliata.

Il parametro A4 viene ricavato attraverso la sommatoria di una serie di indici parziali, che tengono in considerazione la rugosità, l'apertura, la persistenza lineare, il riempimento e il grado di alterazione dei giunti.

PARAMETRI	INTERVALLI DI VALORI				
Lunghezza giunto	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Indice	6	4	2	1	0
Apertura giunto	Chiuso	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
Indice	6	5	4	1	0
Rugosità giunto	Molto rugoso	Rugoso	Leggerm. rugoso	Liscio	Laminato
Indice	6	5	3	1	0
Riempimento	Nessuno	Compatto<5mm	Compatto>5mm	Molle<5mm	Molle>5mm
Indice	6	4	2	2	0
Alterazione giunti	Non alterati	Legg. alterati	Mediam. alterati	Molto alterati	Decomposti
Indice	6	5	3	1	0

Una ulteriore e più attuale valutazione di GSI è stata ricavata attraverso l'utilizzo di grafici dove le caratteristiche strutturali dell'ammasso in termini di grado di fatturazione e disturbo tettonico sono intercorrelate con le caratteristiche delle superfici di discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura.

L'assunzione di base, comune ad altri sistemi classificazione, è che l'ammasso si comporti in maniera isotropa. In particolare, tenuto conto della natura dell'ammasso roccioso presente nell'area di progetto, è stato utilizzato un diagrammi idoneo per rocce fratturate e stratificate (da "Hoek & Marinos, 2000).

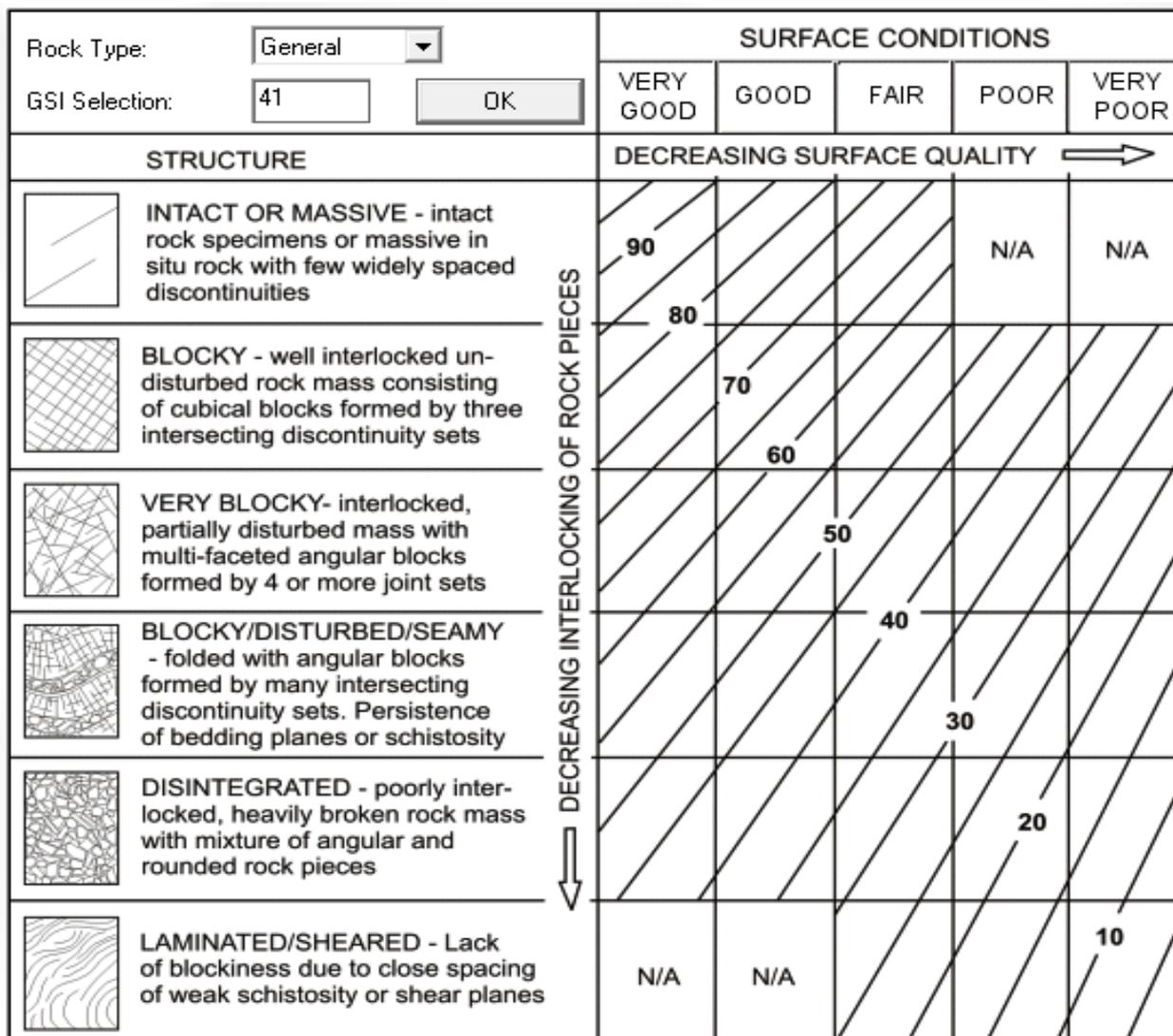


Figura 9 - GEOLOGICAL STRENGTH INDEX per rocce fratturate (da "Hoek & Marinos, 2000)

I dati ricavati dalle stazioni geomeccaniche sono stati utilizzati per la determinazione della qualità dell'ammasso roccioso, in particolare si è fatto riferimento ai 2 punti di rilievo geostrutturale relativi ad altrettanti affioramenti ubicati in adiacenza alla scuola materna e pertanto ubicati nella parte superiore del versante in studio (Foto 29 Foto 30).

Scheda rilievo strutturale	Unità	RMRa	BRMR	GSI (RMR'-5); HOEK et al., 1995)	GSI (HOEK and MARINOS, 2000)
1	Arenarie mediamente fratturate localmente alterate	52	47	47	44-52
2	Arenarie massive poco fratturate	69	71	66	58-68

Tabella 3 – Rilievi geostrutturali: sintesi della classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi



Foto 29 – Rilievo geostrutturale – stazione A



Foto 30 – Rilievo geostrutturale – stazione B

6.5.1. Criterio di rottura di Hoek Brown per ammassi rocciosi e determinazione dei parametri equivalenti di Mohr Coulomb

Il criterio di rottura di Hoek – Brown per un ammasso roccioso è espresso dalla seguente equazione:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c \left(m \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} + s \right)^a$$

dove

σ'_1 e σ'_3 sono gli sforzi efficaci principali rispettivamente massimo e minimo a rottura

m è il valore della costante del criterio di Hoek – Brown per l'ammasso roccioso

s ed a sono due costanti che dipendono dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso

σ_c è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta

PROGETTO DEFINITIVO

Il parametro m può essere ricavato in funzione di GSI, riducendo opportunamente il suo omologo relativo al materiale roccioso intatto m_i , mediante la seguente relazione di natura empirica:

$$m = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 4D}\right)$$

In figura sotto sono riportati valori tipici di m_i del modello Hoek-Brown per alcuni ammassi rocciosi. Sulla base di tale figura considerando Sandstone (19) e Siltstone (9) sono stati assunti i seguenti valori:

- ✓ Arenarie massicce: $m_i = 17$.
- ✓ Arenarie fratturate debolmente alterate: $m_i = 13$

Rock type	Class	Group	Texture			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic		Conglomerate (22)	Sandstone 19 — Greywacke — (18)	Siltstone 9	Claystone 4
		Organic		Chalk 7 — Coal — (8-21)		
	Non-Clastic	Carbonate	Breccia (20)	Sparitic Limestone (10)	Micritic Limestone 8	
		Chemical		Gypstone 16	Anhydrite 13	
	METAMORPHIC	Non Foliated	Marble 9	Hornfels (19)	Quartzite 24	
Slightly foliated		Migmatite (30)	Amphibolite 25 - 31	Mylonites (6)		
Foliated*		Gneiss 33	Schists 4 - 8	Phyllites (10)	Slate 9	
IGNEOUS	Light	Granite 33		Rhyolite (16)	Obsidian (19)	
		Granodiorite (30)		Dacite (17)		
	Dark	Diorite (28)		Andesite 19		
		Gabbro 27 Norite 22	Dolerite (19)	Basalt (17)		
Extrusive pyroclastic type	Agglomerate (20)	Breccia (18)	Tuff (15)			

Figura 10 – Valori tipici di m_i per alcuni ammassi rocciosi

I coefficienti s ed a possono essere calcolati come segue:

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right),$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left[\exp\left(-\frac{GSI}{15}\right) - \exp\left(-\frac{20}{3}\right) \right]$$

Il fattore D , che compare nelle relazioni sopra riportate, è un parametro che consente di tenere conto del grado di disturbo al quale il materiale è soggetto per effetto dello scarico tensionale indotto dallo scavo. In questo caso si è posto $D=1$ (cfr. Figura 11).

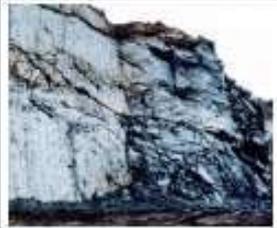
	<p>Small scale blasting in civil engineering slopes results in modest rock mass damage, particularly if controlled blasting is used as shown on the left hand side of the photograph. However, stress relief results in some disturbance.</p>	<p>$D = 0.7$ Good blasting</p> <p>$D = 1.0$ Poor blasting</p>
	<p>Very large open pit mine slopes suffer significant disturbance due to heavy production blasting and also due to stress relief from overburden removal.</p> <p>In some softer rocks excavation can be carried out by ripping and dozing and the degree of damage to the slopes is less.</p>	<p>$D = 1.0$ Production blasting</p> <p>$D = 0.7$ Mechanical excavation</p>

Figura 11 – Linee guida per la scelta del fattore di disturbo D nel caso di scavi e pendii.

Con riferimento al campo di variabilità degli stati tensionali agenti nell'intorno dell'opera, si può procedere alla linearizzazione del criterio di Hoek e Brown e all'individuazione dei parametri (coesione ed angolo d'attrito) del modello di Mohr-Coulomb. La suddetta operazione può essere effettuata secondo differenti strategie, ad esempio, in prima istanza definendo un angolo d'attrito tangente ed una coesione tangente alla curva di Hoek-Brown per assegnata σ . Gli autori del modello hanno appositamente definito ed implementato nel software RocLab, gratuitamente messo a disposizione nel sito www.rocscience.com, una procedura di interpolazione. Mediante applicazione del programma è possibile ottenere i valori di coesione ed angolo d'attrito in funzione dello stato

tensionale in sito calcolato, partendo dall'altezza del pendio (o dello scavo) e dal peso specifico dell'ammasso.

Dalla curva del criterio di Hoek-Brown relativo al caso specifico, mediante interpolazione si ottengono i parametri fisico-meccanici (c' e φ') del criterio di Mohr-Coulomb riportati nelle figure sotto.

In particolare (per una rappresentazione delle diverse unità, si veda sezione geologica allegata):

Litotipo	Unità	c'(MPa)	φ'
1	Arenarie mediamente fratturate localmente alterate	0.082	38°
2-3	Arenarie massicce poco fratturate	0.133	47°

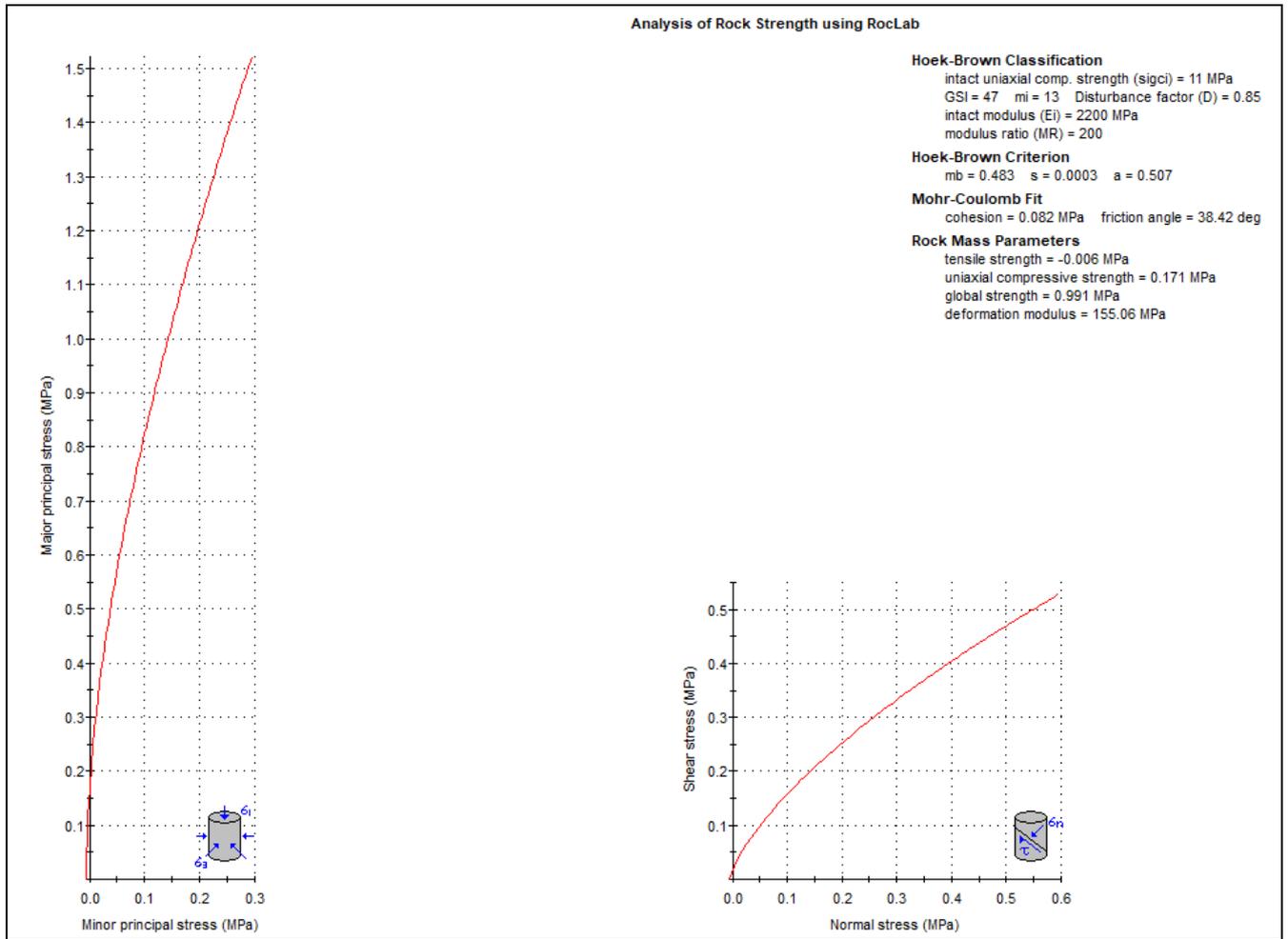


Figura 12 – Arenarie fratturate debolmente alterate

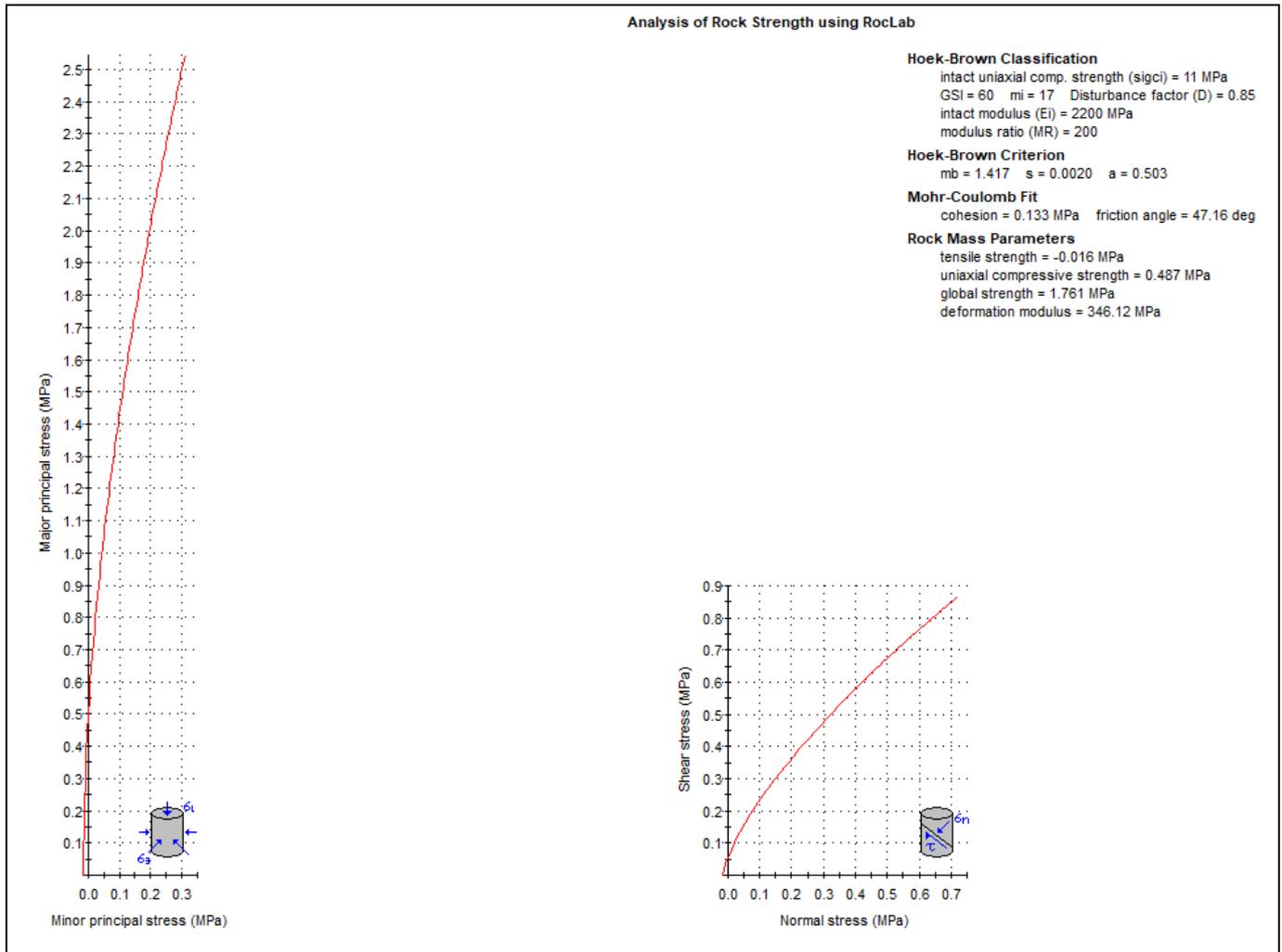


Figura 13 – Arenarie massicce poco fratturate

7. SEZIONI TIPO DI CARATTERE GEOLOGICO E SISMICO

In relazione alle caratteristiche stratigrafiche e litotecniche emerse dalle indagini, è stata redatta n.1 sezione geologica longitudinale. Per la traccia della sezione si veda la planimetria di Figura 2.

SESIONE A-A' - Scala 1:200

m.s.l.m.
410
406
402
398
394
390
386
382
378
374

414 m s.l.
410
406
402
398
394
390
386
382
378
374

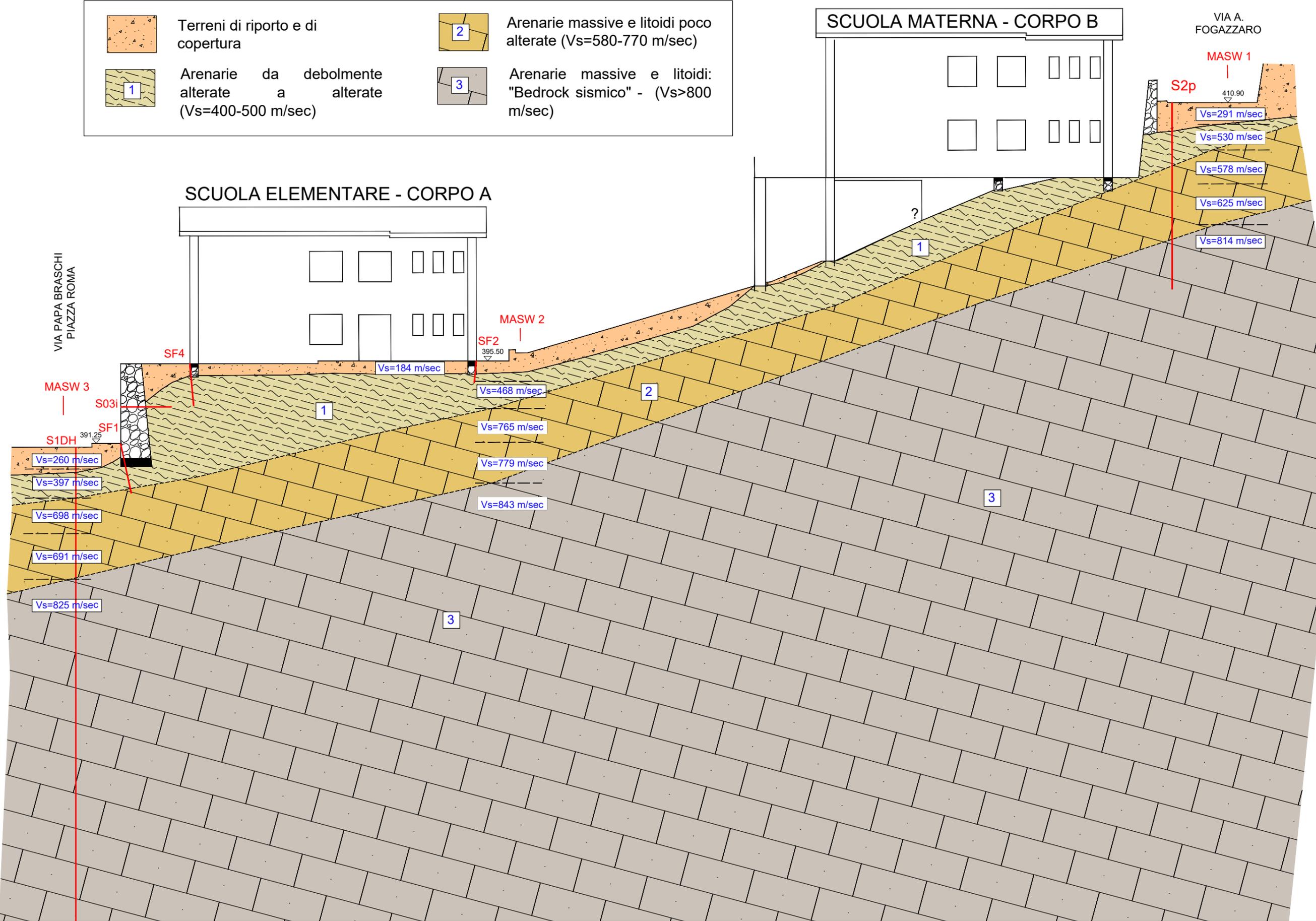
	Terreni di riporto e di copertura		Arenarie massive e litoidi poco alterate (Vs=580-770 m/sec)
	Arenarie da debolmente alterate (Vs=400-500 m/sec)		Arenarie massive e litoidi: "Bedrock sismico" - (Vs>800 m/sec)

SCUOLA MATERNA - CORPO B

VIA A. FOGAZZARO

SCUOLA ELEMENTARE - CORPO A

VIA PAPA BRASCHI
PIAZZA ROMA



?

1

2

1

3

3

MASW 1

S2p

410.90

Vs=291 m/sec

Vs=530 m/sec

Vs=578 m/sec

Vs=625 m/sec

Vs=814 m/sec

MASW 2

SF2

395.50

Vs=184 m/sec

Vs=468 m/sec

Vs=765 m/sec

Vs=779 m/sec

Vs=843 m/sec

MASW 3

S03i

SF1

S1DH

391.25

Vs=260 m/sec

Vs=397 m/sec

Vs=698 m/sec

Vs=691 m/sec

Vs=825 m/sec

8. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E INTERAZIONI CON LA FALDA IDRICA

Dal punto di vista idrogeologico l'area oggetto di studio si colloca ai margini occidentali della importante struttura idrogeologica dei "Monti Simbruini".

Le caratteristiche idrogeologiche generali che contraddistinguono il settore oggetto di studio evidenziano gli aspetti tipici della circolazione idrica sotterranea presente ai margini e nelle grandi aree appenniniche occupate da depositi di piattaforma carbonatica.

La circolazione idrica sotterranea che si sviluppa essenzialmente all'interno dei rilievi calcarei e calcareo dolomitici della dorsale Simbruina, delimitata lungo il margine occidentale e sud-occidentale dalle successioni a bassa permeabilità delle successioni silico-clastiche flyscioidi mioceniche. Le principali sorgenti sono prtante ubicate al piede dei singoli gruppi carbonatici e che costituiscono rispettivamente i seguenti complessi idrogeologici.

16

COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO DI PIATTAFORMA - *potenzialità acquifera medio alta*

Successione di calcari marnosi, marne e calcareniti (*CRETACICO SUP. - MIOCENE*) con spessore fino a centinaia di metri. Gli affioramenti dei litotipi calcarei contribuiscono alla ricarica degli acquiferi carbonatici regionali del dominio di piattaforma. I litotipi marnosi riducono la capacità di ricarica e sostengono falde di modesta entità di interesse locale.

23

COMPLESSO DEI CALCARI DI PIATTAFORMA - *potenzialità acquifera altissima*

Calcarei detritici, micritici, con intercalazioni dolomitiche; calcari organogeni e brecce calcaree della successione laziale abruzzese (*LIAS MEDIO - CRETACICO SUP.*). Spessori variabili da qualche centinaio a 1500 m. E' sede di articolati ed imponenti acquiferi che alimentano le maggiori sorgenti della regione. Le diverse fasi tettoniche hanno determinato un assetto idrogeologico regionale complesso che condiziona lo schema di circolazione idrica sotterranea fra le principali unità idrogeologiche.

Entrambi i complessi sono caratterizzati da permeabilità da medio alta a molto alta per fratturazione e carsismo e sono sede di una falda acquifera regionale con drenaggio preferenziale verso nord-ovest, ovest e sud-ovest.

Tale conformazione favorisce la presenza di importanti sorgenti, situate in genere in corrispondenza della base dei rilievi, a ridosso dei margini occidentale dei rilievi carbonatici, dove i sedimenti del Miocene medio-superiore, rappresentate da sequenze pelitico-arenacee e arenaceo pelitiche, praticamente impermeabili, tamponano i corpi carbonatici, rappresentando quindi la soglia di tali emergenze.

I Monti Simbruini, nello specifico, fanno parte di un'imponente e unica unità idrogeologica, che si allunga per circa 100 km in direzione NO-SE.

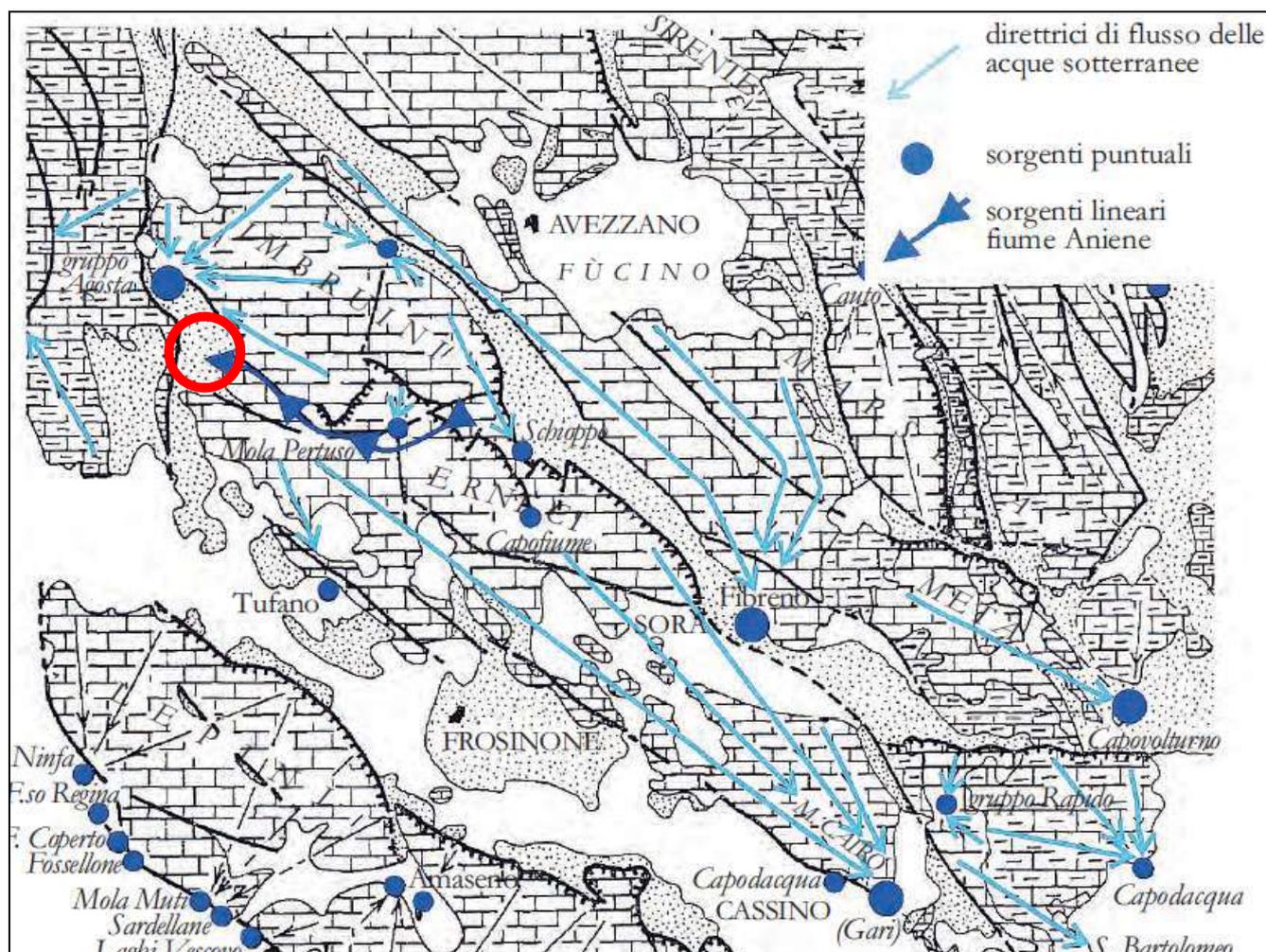


Figura 14 – Inquadramento idrogeologico dell'area (modificato da BONI, 1973).

Questa struttura, costituita quasi interamente da un complesso calcareo, è perfettamente tamponata a SO dai flysch della formazione di Frosinone, a SE dal vulcano di Roccamonfina, a NE dai flysch che seguono l'allineamento Val Roveto - Stretta di Atina - San Vittore, a NO dai flysch che seguono la "linea tettonica Olevano – Antrodoco" (BONI, 1973; CELICO, 1983; BONI et alii, 1986).

La circolazione sotterranea nel massiccio dei Simbruini avviene prevalentemente attraverso sistemi di fratture e di condotti carsici, che influenzano notevolmente sia il flusso sotterraneo, sia il regime di portata delle sorgenti.

Il settore dove ricade Subiaco e l'area i studio rappresenta uno dei principali punti di drenaggio e recapito dell'intera idrostruttura, essendo ubicato in uno dei settori posti all'estrema periferia del rilievo, ed in particolare nel suo vertice nord-occidentale, dove sgorgano le acque che danno

luogo al gruppo delle sorgenti di Agosta (Acqua Marcia – portata $Q=5.4$ mc/sec) ed alle altre importanti emergenze idriche dell’alta Valle dell’Aniene (incremento di portata nell’alveo del fiume Anienea monte di Subiaco – $Q=3.7$ mc/sec).

L’area di progetto ricade all’interno delle successioni silico-clastiche che costituiscono il “Complesso dei Flysh arenacei”, ovvero costituito da successioni argilloso-marnoso-arenacee nel complesso di bassa permeabilità. Laddove prevalgono sequenze di arenarie, come nel caso in esame, la maggiore permeabilità per fratturazione può favorire la formazione di acquiferi locali epidermici discontinui, in grado di alimentare piccole sorgenti.

Sul versante occupati dal plesso scolastico non sono state rilevate venute idriche significative e non si segnalano sorgenti di rilievo.

Nell’ambito dei precedenti lavori effettuati nella scuola sono state evidenziate locali e modeste venute idriche al piede del versante, in corrispondenza del paramento del muro su via Papa Braschi, laddove, in occasione di importanti eventi meteorici, possono concentrarsi afflussi idrici per effetto della circolazione transitoria che instaura nei riporti, nelle coltri colluviali di copertura e negli orizzonti più superficiali e fratturati del basamento arenaceo.

Nei sondaggi effettuati nella campagna di indagini di agosto 2020 non sono stati riscontrati livelli di falda all’interno delle verticali realizzate.

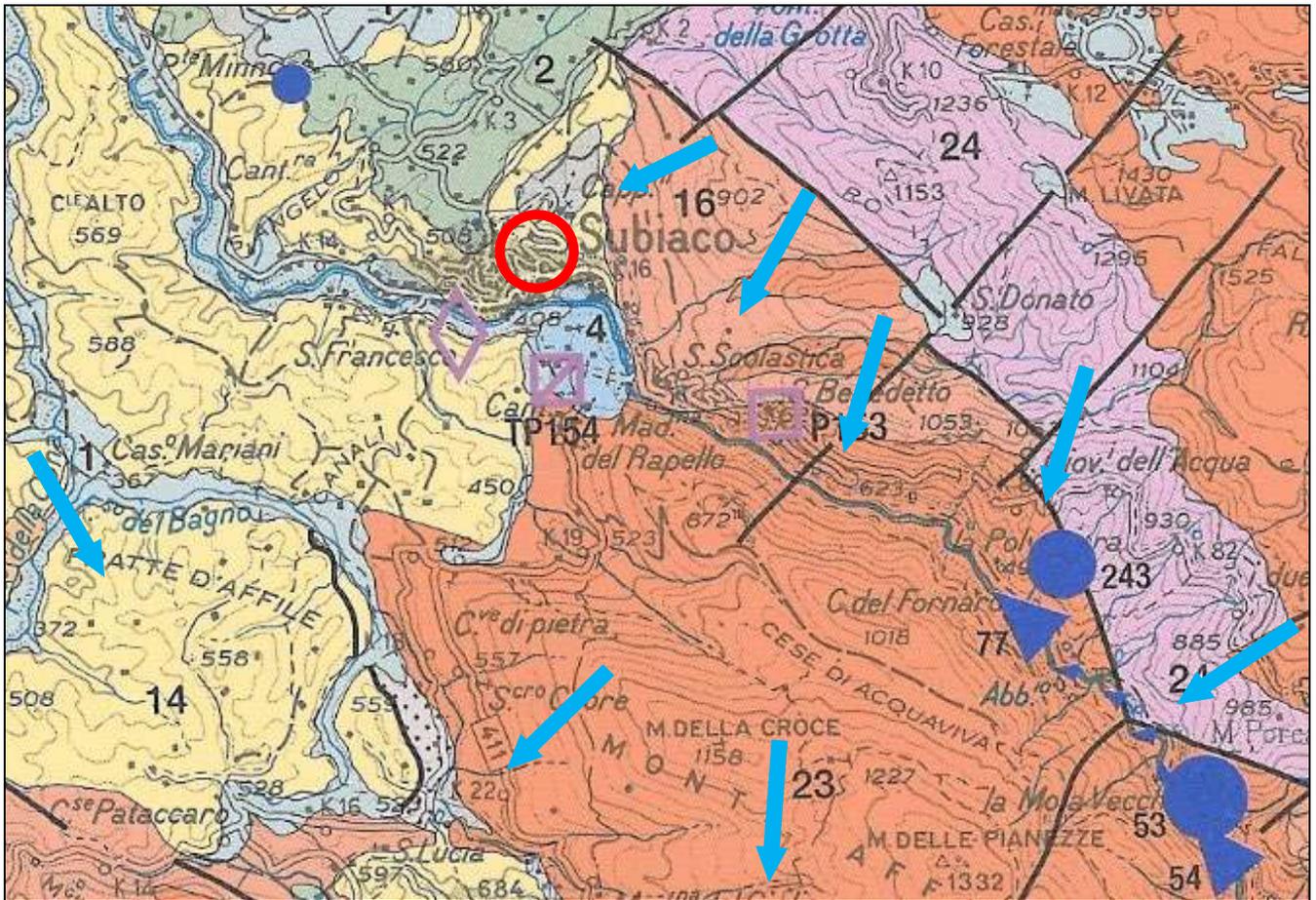
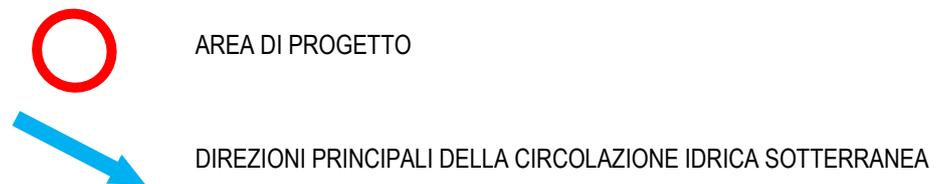


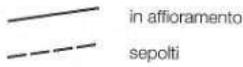
Figura 15 – Stralcio cartografico: CARTA IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE LAZIO
(2013 – Università degli Studi di Roma La Sapienza – Università di Roma 3)



COMPLESSI IDROGEOLOGICI

- 1** **COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI - potenzialità acquifera da bassa a medio alta**
Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture eluviali e colluviali (*OLOCENE*). Spessore variabile da pochi metri ad oltre un centinaio di metri. Dove il complesso è costituito dai depositi alluvionali dei corsi d'acqua perenni presenta gli spessori maggiori (da una decina ad oltre un centinaio di metri) e contiene falde multistrato di importanza regionale. I depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori, con spessori variabili da pochi metri ad alcune decine di metri, possono essere sede di falde locali di limitata estensione.
- 2** **COMPLESSO DEI DEPOSITI DETRITICI - potenzialità acquifera medio alta**
Detriti di falda e di pendio, depositi morenici, di conoidi e di frana e terre rosse (*PLEISTOCENE – OLOCENE*) con spessori variabili fino ad alcune decine di metri. Dove poggia su un substrato più permeabile non contiene falde significative, ma contribuisce alla ricarica delle falde del substrato. Dove è sostenuto da un substrato meno permeabile ospita falde sospese che alimentano sorgenti diffuse a regime generalmente stagionale. Le grandi conoidi possono contenere falde perenni alimentate da infiltrazione zenitale e, localmente, da apporti provenienti dagli acquiferi con cui sono in continuità idraulica.
- 14** **COMPLESSO DEI FLYSCH MARNOSO-ARENACEI - potenzialità acquifera medio bassa**
Associazioni arenaceo-conglomeratiche, arenacee e subordinatamente arenaceo-pelliche (Flysch della Laga, Macigno e formazione Marnoso Arenacea) (*MIOCENE MEDIO - SUP.*). Associazione pelitico-arenacea in strati da sottili a medi (Flysch di Frosinone e formazione marnoso-arenacea) (Miocene medio-superiore). Spessore di alcune centinaia di metri. Il complesso, privo di una circolazione idrica sotterranea di importanza regionale, può ospitare falde locali e discontinue all'interno degli orizzonti calcarenitici fratturati.
- 15** **COMPLESSO DEI FLYSCH MARNOSO-ARGILLOSI - potenzialità acquifera bassissima**
Successioni generalmente caotiche di argille e marne con intercalazioni di arenarie e calcari marnosi (*CRETACICO SUP. – OLIGOCENE*) affioranti prevalentemente nei Monti della Tolfa e nella Valle Latina. Spessori variabili fino ad oltre 1000 m. Il complesso non presenta una circolazione idrica sotterranea significativa.
- 16** **COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO DI PIATTAFORMA - potenzialità acquifera medio alta**
Successione di calcari marnosi, marne e calcareniti (*CRETACICO SUP. - MIOCENE*) con spessore fino a centinaia di metri. Gli affioramenti dei litotipi calcarei contribuiscono alla ricarica degli acquiferi carbonatici regionali del dominio di piattaforma. I litotipi marnosi riducono la capacità di ricarica e sostengono falde di modesta entità di interesse locale.
- 17** **COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO DI BACINO - potenzialità acquifera medio bassa**
Successione di marne e calcari marnosi (*EOCENE – MIOCENE*). Il complesso comprende le formazioni calcareo-marnose che chiudono sia la successione umbro-marchigiana che la successione laziale abruzzese. Spessore massimo di alcune centinaia di metri. L'elevata componente marnosa attribuisce a questo complesso, dove circonda con continuità le strutture carbonatiche del dominio pelagico, il ruolo di chiusura idraulica nei confronti degli acquiferi regionali.
- 23** **COMPLESSO DEI CALCARI DI PIATTAFORMA - potenzialità acquifera altissima**
Calcari detritici, micritici, con intercalazioni dolomitiche; calcari organogeni e breccie calcaree della successione laziale abruzzese (*LIAS MEDIO - CRETACICO SUP.*). Spessori variabili da qualche centinaio a 1500 m. E' sede di articolati ed imponenti acquiferi che alimentano le maggiori sorgenti della regione. Le diverse fasi tettoniche hanno determinato un assetto idrogeologico regionale complesso che condiziona lo schema di circolazione idrica sotterranea fra le principali unità idrogeologiche.
- 24** **COMPLESSO DOLOMITICO BASALE - potenzialità acquifera medio bassa**
Dolomie poste alla base del complesso della corniola e del calcare massiccio e del complesso dei calcari di piattaforma (*TRIAS - LIAS INF.*). Spessore in affioramento fino ad alcune centinaia di metri. La minore permeabilità relativa rispetto ai complessi calcarei sovrastanti, attribuisce a questo complesso il ruolo di aquitard di base della circolazione idrica sotterranea dalle unità idrogeologiche carbonatiche. In relazione all'assetto strutturale del dominio carbonatico assume il ruolo di spartiacque sotterraneo. Dove è presente in estesi affioramenti può contenere falde a quote elevate che alimentano sorgenti e corsi d'acqua perenni (Vallapietra, Flettino, Mainarde, Valcanneto).

LINEAMENTI TETTONICI



SORGENTI PUNTUALI

- 25 Sorgente con numero di riferimento (Le sorgenti con portata inferiore a 10 L/s non sono numerate)
- termale ($T \geq 20\text{ C}^\circ$)
- minerale (TDS > 750 mg/L)
- termominerale ($T \geq 20\text{ C}^\circ$; TDS > 750 mg/L)

Classi di portata portata media misurata (L/s)

- < 10 L/s
- da 10 a 50 L/s
- da 50 a 250 L/s
- da 250 a 1000 L/s
- da 1000 a 5000 L/s
- da 5000 a 10000 L/s
- > 10000 L/s

ISOPIEZE

La piezometria è stata ricostruita solo per gli acquiferi vulcanici e alluvionali

- 2 — Equidistanza 1 m per le isopieze con quota inferiore a 5 m
- 15 — Equidistanza 5 m per le isopieze con quota compresa fra 5 e 20 m
- 60 — Equidistanza 20 m per le isopieze con quota superiore a 20 m

SORGENTI LINEARI



Classi di portata portata media misurata (L/s)

- ▼ da 10 a 50 L/s
- ▼ da 50 a 250 L/s
- ▼ da 250 a 1000 L/s
- ▼ da 1000 a 5000 L/s
- ▼ da 5000 a 10000 L/s
- Decremento di portata in alveo
- ★ Emissione gassosa

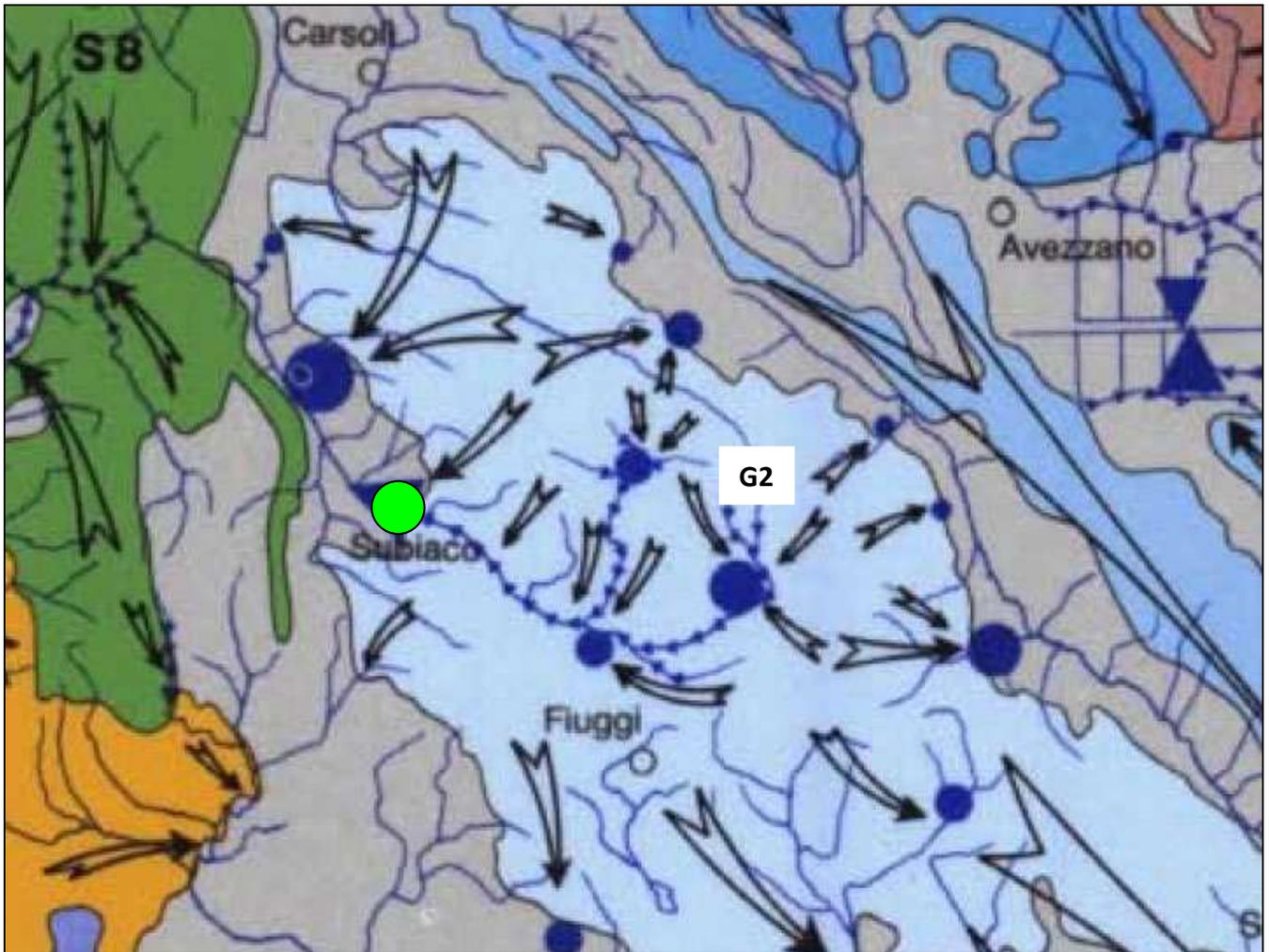
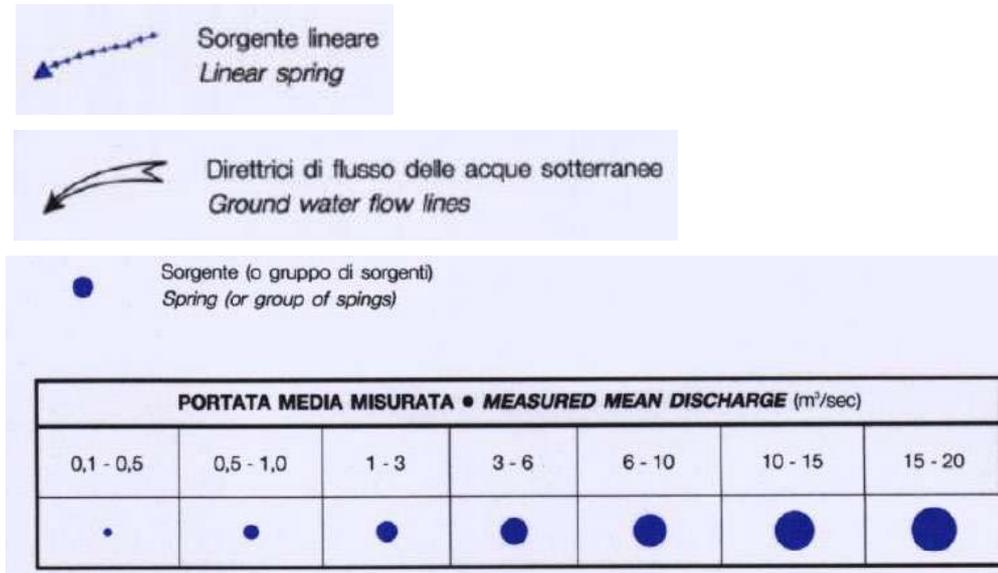


Figura 16 - CARTA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA
(Stralcio estratto da: *Carta Idrogeologica dell'Italia centrale* –
C.Boni, P.Bono, G.Capelli, 1986 – Università di Roma La Sapienza - CNR)



Area in studio

LEGENDA



Nomi delle Idrostrutture

- S8 – Sistema dei Monti Sabini, Prenestini, Cornicolani e Ruffi
- G2 – Gruppo dei Monti Simbruini, Ernici, Monte Cairo, Mainarde e di Monte Cesima

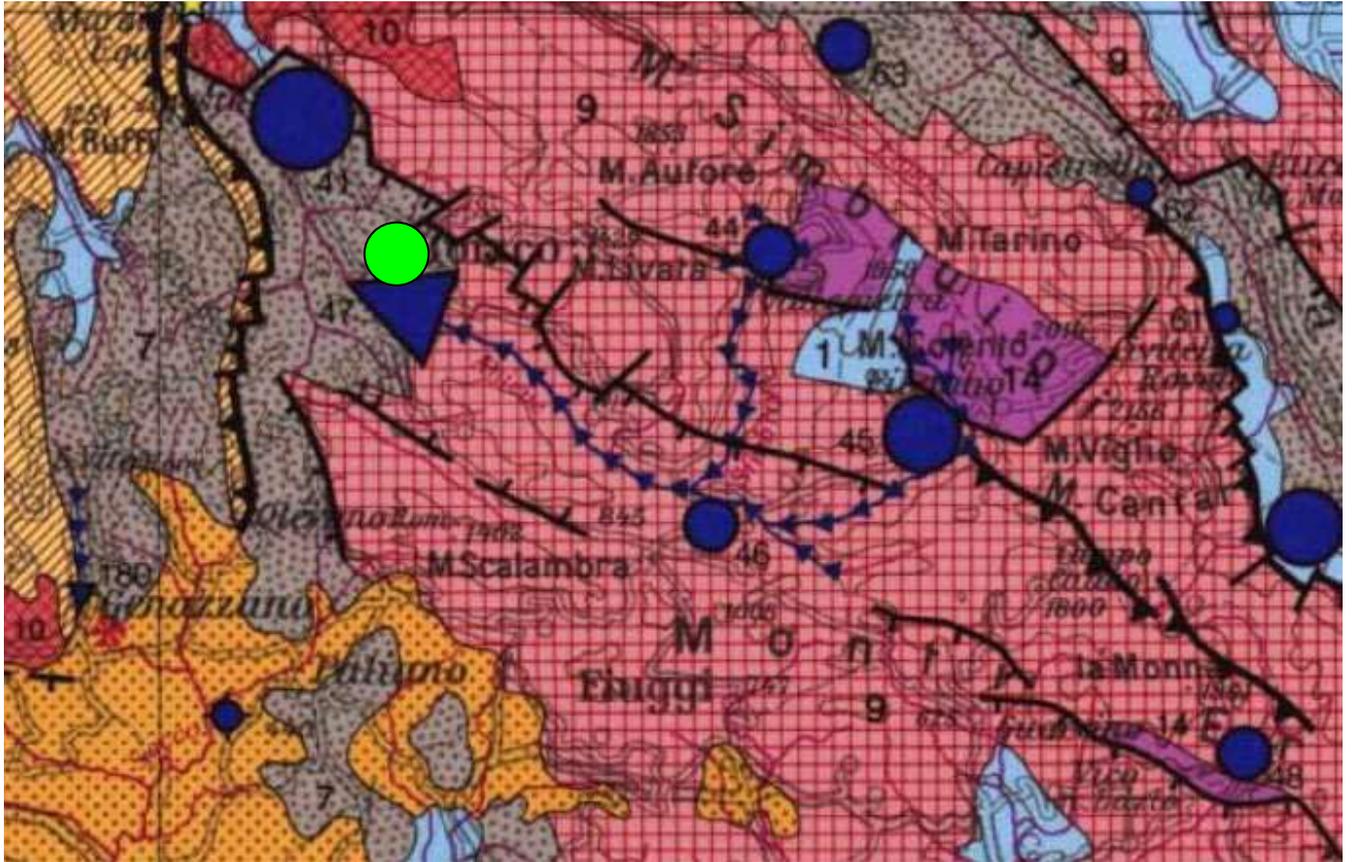
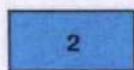


Figura 17 - CARTA IDROGEOLOGICA GENERALE
(Stralcio estratto da: *Carta Idrogeologica dell'Italia centrale* –
C.Boni, P.Bono, G.Capelli, 1986 – Università di Roma La Sapienza - CNR)

LEGENDA



Complesso dei depositi detritici di notevole spessore

Depositi prevalentemente continentali (argillosi, sabbiosi e ghiaiosi) e marini (argillosi, sabbiosi, ciottolosi e calcarenitici) in aree subsidenti; sono caratterizzati da notevole eterogeneità litologica e forti spessori. (PLIOCENE-QUATERNARIO). Spessori variabili da un centinaio ad oltre un migliaio di metri. Questo complesso può contenere falde di tipo multistrato a vario potenziale, dove è bene rialimentato da corsi d'acqua o da acquiferi contigui di altra natura. Trasmissività generalmente elevata che può raggiungere valori di 10^{-2} m²/sec; diffusività notevole negli orizzonti in pressione.



Complesso dei flysch arenacei

Successioni fliocoidi, argilloso-mamoso-arenacee, che passano localmente a termini evaporitici con gessi. (MIOCENE - PLIOCENE p.p.).

Spessori da alcune centinaia ad oltre un migliaio di metri. Rocce con bassa permeabilità di insieme, ma con discreta capacità di immagazzinamento. Circolazione sotterranea diffusa ma quantitativamente molto limitata. Dove le arenarie sono più fratturate e dove è più sviluppata la coltre di alterazione superficiale si trovano acquiferi epidermici discontinui che alimentano piccole sorgenti e sostengono il flusso di base di corsi d'acqua a regime prevalentemente stagionale. Nelle facies prossimali, la tessitura più grossolana dei litotipi prevalentemente arenacei, accentua la capacità di immagazzinamento e la permeabilità di insieme favorendo una più attiva circolazione sotterranea diffusa che sostiene un apprezzabile flusso di base, perenne, del reticolo idrografico. Presso gli affioramenti dei termini evaporitici si possono trovare sorgenti di acque solfuree fredde, con portate esigue. Nel loro complesso questi terreni hanno funzione di «aquiclude» nei confronti degli acquiferi carbonatici e di base per falde contenute in (1), (2), (3) e (4).



Dominio di piattaforma carbonatica, caratterizzato da altissimi valori di infiltrazione efficace e attiva circolazione sotterranea.

Carbonate shelf domain characterised by very high effective infiltration and aquifer capacity.

Complesso di piattaforma carbonatica

Successione calcarea (intraibospariti, oospariti e biomicriti prevalenti) e calcareo-dolomitica di piattaforma subsidente, priva di significative intercalazioni terrigene; sono stati unificati i lembi calcarei miocenici trasgressivi sui carbonati mesozoici. (GIURASSICO p.p. - MIOCENE INFERIORE).

Spessore da poche centinaia a circa 3000 metri.

Questa monotona successione carbonatica, formata da strati di spessore considerevole (mediamente 50 cm) e priva di significative intercalazioni plastiche, ha reagito alle sollecitazioni tettoniche come una massa rigida e fragile. La piattaforma carbonatica è stata interessata da tre successive fasi tettoniche: a) smembramento in grandi settori, divisi da profondi solchi orientati NO-SE, progressivamente colmati da depositi terrigeni (6), (7), (8); b) generale traslazione verso NE con conseguente restringimento dei solchi ed accavallamento dei carbonati sui depositi terrigeni; c) ultima fase marcatamente distensiva, particolarmente attiva in corrispondenza dei solchi preesistenti e lungo la periferia. La piattaforma risulta oggi suddivisa in strutture sufficientemente definite corrispondenti ai diversi sistemi idrogeologici individuati. Le successive fasi tettoniche, diversamente caratterizzate, oltre ad aver determinato l'assetto idrogeologico regionale, hanno sviluppato un particolare tipo di permeabilità che condiziona i caratteri idrogeologici dell'intero dominio. I carbonati di piattaforma sono stati minutamente frammentati da un esteso reticolo di fratture, distribuito in modo uniforme, che solo localmente assume particolare sviluppo. Tali condizioni hanno favorito un processo di infiltrazione particolarmente intenso, ma omogeneamente distribuito, che ha dato origine ad un reticolo carsico, ancora in piena evoluzione, molto esteso e ramificato, ma raramente penetrabile e spettacolare. L'abbondantissima infiltrazione alimenta falde imponenti che saturano la base delle strutture carbonatiche e drenano, con moto lento, verso le grandi sorgenti poste alla periferia dei sistemi carsici, caratterizzate da regimi di portata generalmente molto regolari.

Falde carsiche imprigionate si estendono sotto i depositi fliocoidi (6) e (7) e argillosi (5) rispettivamente nelle depressioni intrappenniniche e nelle zone costiere.

Il ruscellamento è ridottissimo (inferiore all'1% delle precipitazioni) ed effimero; il reticolo di drenaggio, immaturo, non incide le strutture tanto da raggiungere la quota di saturazione. I corsi d'acqua perenni alimentati dalla falda dei carbonati sono una eccezione (Valle dell'Aniene). L'infiltrazione efficace media annua varia localmente da 800 a 1000 mm, in rapporto all'entità delle precipitazioni; la media sull'intero complesso è stata valutata 886 mm.

La precipitazione media annua varia localmente da 1000 a 2000 mm; la media sul complesso è stata valutata 1250 mm.

Queste rocce si estendono, con spessore di alcune centinaia di metri («Calcarea massiccio») alla base del (12) e (13).

Successione basale dell'Appennino centrale, dolomitica e metamorfica, caratterizzata da limitata infiltrazione e ridotta percolazione.

Dolomitic and metamorphic substratum of the central Apennines characterized by limited infiltration and reduced percolation.

14

Complesso dolomitico

Dolomie massive e sovente sfarinate, prevalenti, con locali passaggi eteropici a formazioni marnose; intercalazioni evaporitiche raramente affioranti ma attraversate da numerose perforazioni profonde. Nel settore nord-occidentale: calcari dolomitici brecciati («Cavernoso»). (TRIASSICO - LIASSICO INFERIORE).

Affioramenti dolomitici ridotti alla base della (9) e (10), più estesi alla base di (12) e (13) e particolarmente alla base della (11) dove le dolomie hanno formato bassofondi stabili (Monti della Meta, delle Mainarde, del Matese) coperti da serie ridotte. Le dolomie si possono differenziare dalle altre formazioni carbonatiche dell'Appennino centrale perché hanno caratteri idrogeologici, almeno apparentemente, simili a quelli di rocce con permeabilità interstiziale. Hanno infatti limitata permeabilità d'insieme ed elevata capacità di immagazzinamento. Hanno la particolarità di trovarsi sature fino a quote superiori a 1000 metri. Ospitano, infatti, falde con gradienti idraulici superiori al 20‰ che alimentano un regolare scorrimento perenne ad alta quota, generalmente assente negli altri terreni carbonatici. Sono incise da un reticolo drenante esteso ed articolato. Mancano ancora attendibili valutazioni quantitative dell'infiltrazione efficace che può essere tuttavia stimata a 200-400 mm per precipitazioni annue rispettivamente di 1000-1500 mm.

9. CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

Per una rappresentazione degli aspetti geologici dell'area in cui ricade l'area oggetto della presente indagine è stato allegato uno stralcio della carta geologica in scala 1:50.000 della Carta Geologica d'Italia – Foglio 376 - SUBIACO.

Con riferimento all'esigenza di allegare al presente studio geologico una carta geologica di dettaglio in scala 1:1000, si evidenzia come il sito di progetto ricada in un'area quasi completamente urbanizzata, con affioramenti estremamente localizzati, puntuali e di modesta superficie.

Pertanto l'attività di rilevamento geologico non ha consentito una rappresentazione dell'assetto geologico-stratigrafico dell'area più significativa di quanto indicato nello stralcio della carta geologica allegato alla relazione.

Si fa presente che una rappresentazione di dettaglio delle caratteristiche stratigrafiche e idrogeologiche del sottosuolo è costituita dalla sezione geologica allegata, che deriva dall'analisi e interpretazione delle indagini geognostiche realizzate nella campagna di agosto 2020.

CARTA GEOLOGICA

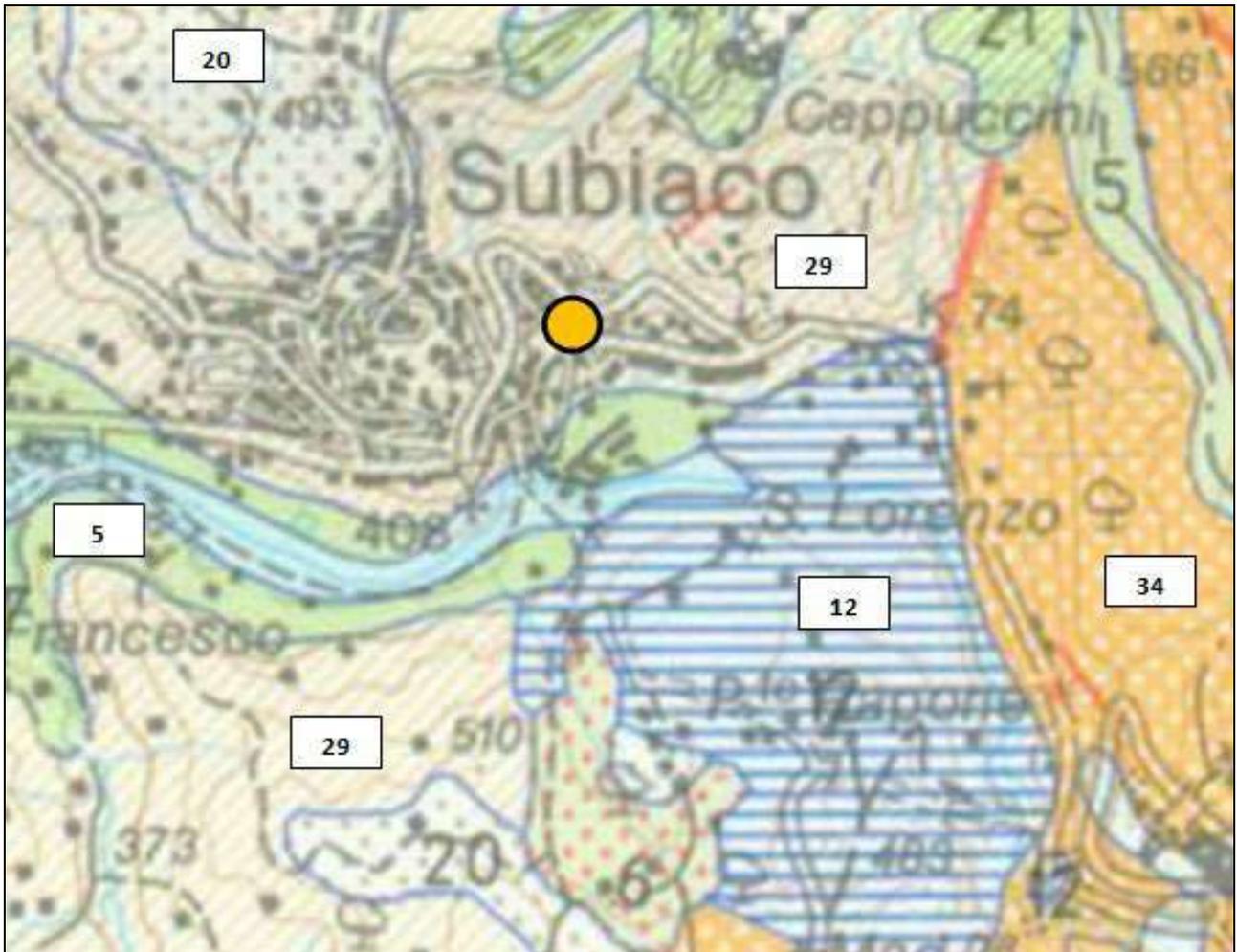


Figura 18 – Carta Geologica di Subiaco

(Stralcio da: Carta Geologica d'Italia – Scala 1:50.000 – Foglio 376)

Legenda: 34: Calcari biodetritici e biocalcareni ("Formazione dei Calcari a Briozoi e Litotamni") - (Miocene inferiore);
29: Associazione arenaceo-pelitica – Arenarie giallo e grigie in strati molto spessi con rare peliti – (Miocene superiore);
20: Detriti di falda e breccie cementate (Pleistocene); 12: Travertino (Pleistocene – Olocene); 5: Depositi colluviali e
terre rosse (Olocene); 1: depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene)

AREA DI PROGETTO



10. SISMICITA'

10.1. Pericolosità sismica dell'area

Il territorio di Subiaco ricade all'interno della medio-alta valle dell'Aniene, in un'area che può considerarsi complessivamente di medio-alta pericolosità sismica.

Studi recenti riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin et al., 1996) indicano, per la zona in oggetto, dei valori intorno all'ottavo grado della scala macrosismica MCS.

Le notizie sulla sismicità dell'area sono complessivamente scarse prima del 1867, data che segna l'inizio dei contatti tra Subiaco e l'antico collegio Romano.

Il primo evento, occorso a Subiaco, risalente al 1879, è del V° MCS. Nel 1941; a Cervara di Roma c'è stato l'evento più forte che il catalogo riporti e che è stato seguito, per un paio di settimane, da decine di repliche (Di Filippo, 1943); ancora nel 1961, nel comune di Rocca di Botte, si susseguirono due eventi a distanza di due giorni, del VI° e VII° MCS. L'ultimo terremoto in ordine temporale è quello recente dell'11 Marzo 2000 che ha colpito l'area di Canterano valutato del VI° MCS.

Nella valutazione della pericolosità sismica del territorio in studio è importante evidenziare come quest'ultimo sia situato a poche decine di chilometri da importanti zone sismogenetiche distribuite sull'Appennino Laziale-Abruzzese.

La Valle dell'Aniene si colloca infatti in prossimità di importanti aree sismogenetiche quali il Fucino, l'Aquilano e il Frusinate. Dall'analisi del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (Boschi et al. 1995 – Boschi et al. 2000) si nota che al suo interno non vi ricadono eventi sismici di magnitudo maggiore di 6.

E' stata effettuata una ricerca dei principali terremoti che hanno interessato il comune di Subiaco consultando il catalogo della sismicità storica dall'anno 1000 al 2011 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV (catalogo CPT15-DBMI15).

Tra i principali terremoti con epicentro proprio nell'area di Subiaco si segnala quello del 1160, di **Magnitudo M=5.33**, con risentimenti e danni anche nel settore oggetto di studio di intensità massime di 8-9 MCS, e l'evento del 1348, di **magnitudo M=5.56** e intensità pari a 8 MCS.

Per quanto riguarda i terremoti di provenienza appenninica, sono quelli legati alle principali zone sismogenetiche da cui si originano eventi di elevata magnitudo le cui onde possono provocare danni anche nel settore oggetto di studio.

In particolare, i settori ritenuti a maggiore pericolosità sismica sono distribuiti nella zona del Fucino.

Si segnalano i terremoti del 1349, con epicentro nell'Appennino Laziale-Abruzzese, di magnitudo $M=6.27$ e intensità nella zona di Subiaco pari a 8-9 MCS.

Infine, il terremoto, della Marsica del 1915, di magnitudo $M=7.08$, con intensità locali di 7-8 MCS.

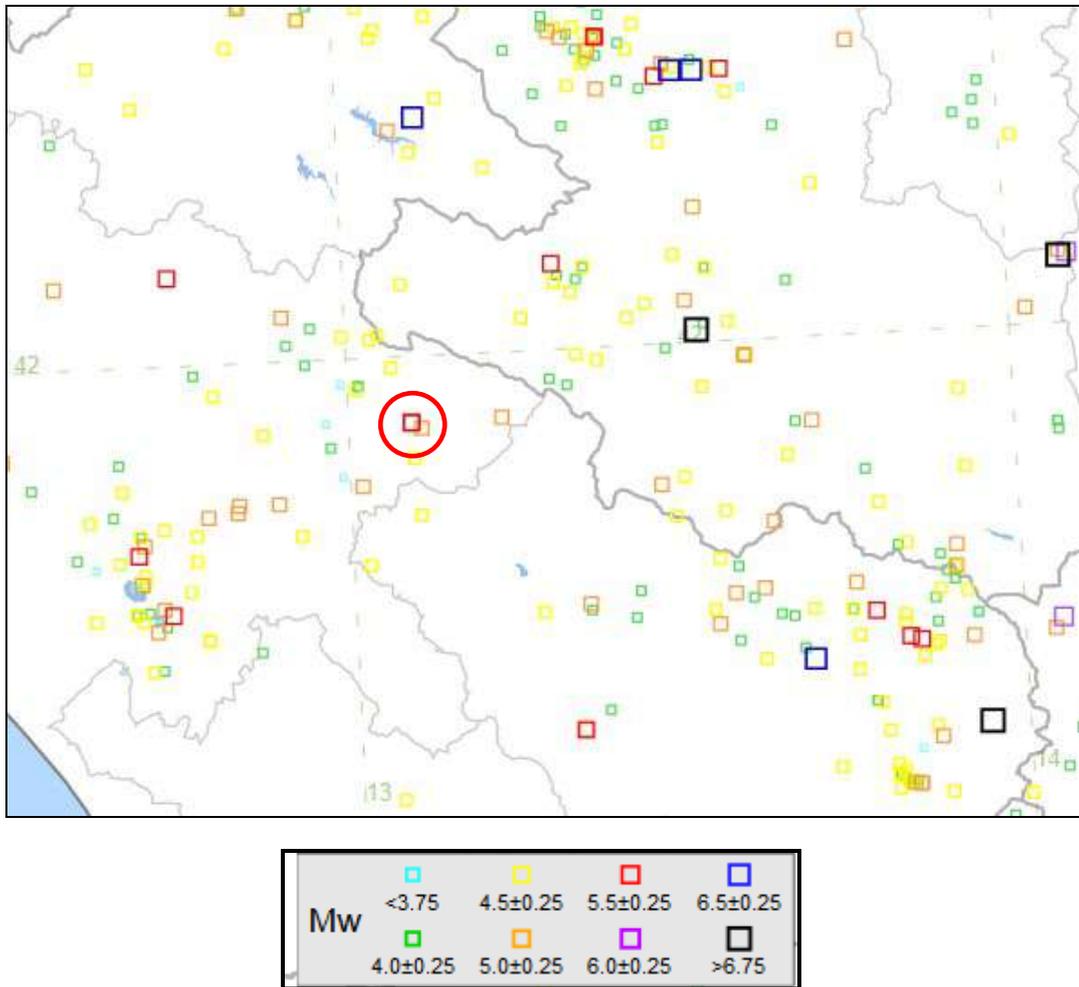


Figura 19 – Storia sismica e **Valori di Magnitudo** - Terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse nella **finestra temporale 1900-2014**. (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15>)

 **Area in studio**

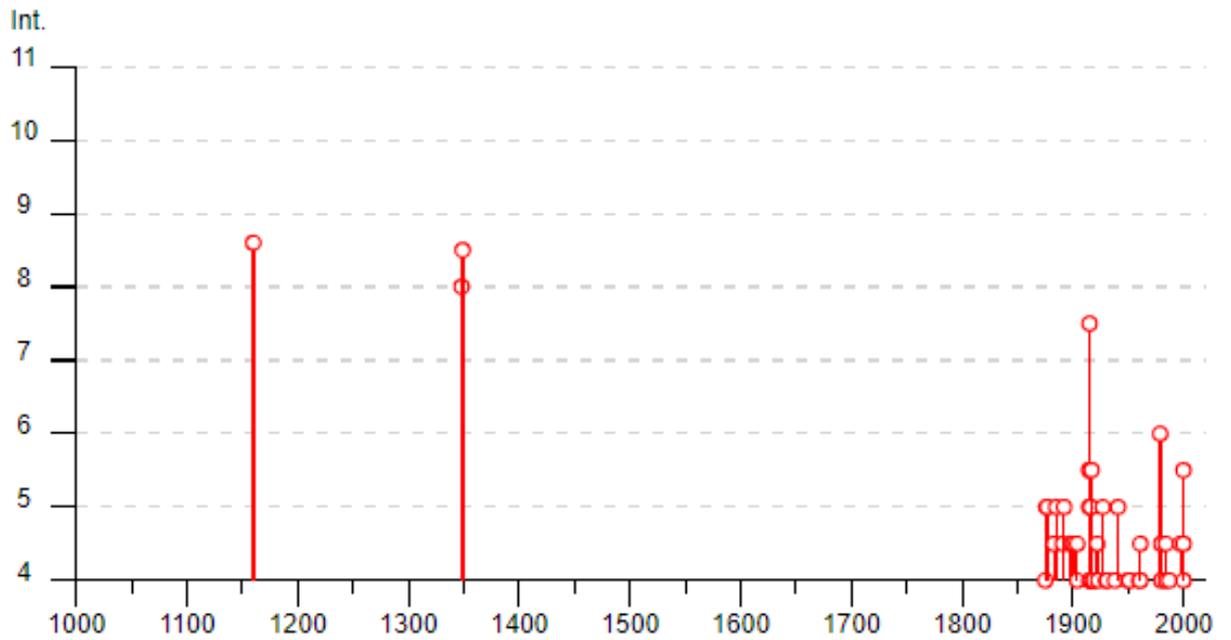


Figura 20 - Terremoti storici registrati nel territorio di Subiaco

PLESSO SCOLASTICO VIA FOGAZZARO – PIAZZA ROMA – SUBIACO (ROMA)
Adeguamento statico, sismico, energetico e funzionale

PROGETTO DEFINITIVO

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
HD	🔗	1160	10	15			Subiaco	2	7-8	5.33
8	🔗	1348	09	13			Subiaco	1	8	5.56
8-9	🔗	1349	09	09			Appennino laziale-abruzzese	17	9	6.27
3	🔗	1873	03	12	20	04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
3	🔗	1873	07	12	06	06	Val Comino	61	7-8	5.38
F	🔗	1874	02	24	06	52	Aquilano	26	6-7	5.12
4	🔗	1875	12	06			Gargano	97	8	5.86
5	🔗	1876	10	26	14	18	Monti Prenestini	29	7	5.06
5	🔗	1877	08	24	02	45	Lazio meridionale	54	7	5.21
4-5	🔗	1883	09	02	07	03	Colli Albani	27	5-6	4.67
5	🔗	1885	04	10	01	44	Appennino laziale-abruzzese	44	5	4.57
3-4	🔗	1889	12	08			Gargano	122	7	5.47
4-5	🔗	1891	05	09	00	16	Val Roveto	41	5	4.42
3	🔗	1892	01	21	20	15	Valle del Salto	14	5	4.40
5	🔗	1892	01	22			Colli Albani	81	7	5.14
4-5	🔗	1898	06	27	23	38	Reatino	186	8	5.50
4-5	🔗	1899	07	19	13	18 5	Colli Albani	122	7	5.10
4-5	🔗	1901	07	31	10	38 3	Sorano	76	7	5.16
4	🔗	1904	02	24	15	53 2	Marsica	56	8-9	5.68
4-5	🔗	1904	02	25	00	29 1	Marsica	34	5-6	4.56
NF	🔗	1909	08	25	00	22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
2-3	🔗	1911	04	10	09	43	Colli Albani	79	6	4.74
NF	🔗	1913	10	04	18	26	Molise	205	7-8	5.35
3-4	🔗	1914	04	14	02	49	Marsica	22	5	4.26
7-8	🔗	1915	01	13	06	52 4	Marsica	1041	11	7.08
4	🔗	1915	01	14	01	50	Marsica	9		4.64

PLESSO SCOLASTICO VIA FOGAZZARO – PIAZZA ROMA – SUBIACO (ROMA)
Adeguamento statico, sismico, energetico e funzionale

PROGETTO DEFINITIVO

5-6	🔗	1915 01 14 07 17	Marsica	12	5-6	4.88
2	🔗	1915 01 14 16 55 2	Marsica	5	4	4.60
3-4	🔗	1915 01 21 12 29 2	Marsica	4	4	4.83
4	🔗	1915 02 27 23 23 0	Marsica	9	6	4.77
5-6	🔗	1915 04 05 06 18 5	Valle dell'Aniene	21	6	4.80
5	🔗	1915 09 23 18 07	Marsica	18	6	5.07
5	🔗	1915 12 04 01 02	Marsica	27	5-6	4.47
5	🔗	1916 01 26 12 22	Sorano	34	6	4.72
F	🔗	1916 07 04 05 06	Monti Sibillini	18	6-7	4.82
NC	🔗	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
2	🔗	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	40	8	5.50
4	🔗	1917 01 03 01 35	Marsica	57		
5-6	🔗	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	44	5-6	4.68
2-3	🔗	1919 04 20 06 32	Marsica	11	4-5	4.11
3	🔗	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
2-3	🔗	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	67	7-8	5.36
2	🔗	1919 10 21 00 24	Gargano	24	5-6	5.03
4	🔗	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
3	🔗	1920 06 21 07 22	Val Comino	21	5	4.62
4-5	🔗	1922 12 29 12 22 0	Val Roveto	119	6-7	5.24
4	🔗	1923 05 13 14 30 5	Valle del Salto	21	5	4.33
2-3	🔗	1925 09 24 13 33 4	Molise occidentale	50	7	5.26
3-4	🔗	1926 12 18 21 07 2	Marsica	24	5	4.24
5	🔗	1927 10 11 14 45 0	Marsica	81	7	5.20
2-3	🔗	1927 12 26 15 06 1	Colli Albani	38	7	4.89
3-4	🔗	1929 01 14 04 01	Monti della Meta	32	4-5	4.42
2	🔗	1930 04 07 17 17 1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50
4	🔗	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67

PLESSO SCOLASTICO VIA FOGAZZARO – PIAZZA ROMA – SUBIACO (ROMA)
Adeguamento statico, sismico, energetico e funzionale

PROGETTO DEFINITIVO

4	🔗	1931 10 21 07 35	Ciocciaria	23	5	4.23
4	🔗	1938 08 12 02 28 3	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
5	🔗	1941 09 08 16 30	Alto Aniene	16	6	4.35
3	🔗	1943 01 29	Monti Sibillini	50	6-7	4.94
2	🔗	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	95	8	5.42
4	🔗	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69
4	🔗	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25
4	🔗	1960 03 14 04 44	Marsica	40	7	4.72
2	🔗	1961 04 06 11 34 4	Val Roveto	13	6	4.55
4	🔗	1961 04 10 06 56	Alto Aniene	19	6	4.55
4-5	🔗	1961 04 12 00 44	Alto Aniene	44	6-7	4.62
6	🔗	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
4-5	🔗	1980 06 14 20 56 5	Marsica	69	5-6	4.96
4	🔗	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	🔗	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
4	🔗	1984 05 11 10 41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
4	🔗	1987 04 11 02 26 2	Colli Albani	72	6	4.35
3	🔗	1989 10 23 21 19 1	Colli Albani	65	6	4.32
3	🔗	1989 12 19 14 28 2	Colli Albani	39	5-6	3.90
NF	🔗	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
2	🔗	1990 06 19 02 42 5	Alto Aniene	40	5-6	3.82
3-4	🔗	1994 08 05 22 01 2	Val Roveto	81	5-6	4.15
3	🔗	1994 08 07 06 31 1	Val Roveto	103	5-6	4.25
NF	🔗	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
3-4	🔗	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
4-5	🔗	1997 11 06 02 20 2	Monti Tiburtini	91	5-6	4.19
3-4	🔗	1998 05 12 21 46 3	Monti Simbruini	48	5	3.77
NF	🔗	1998 08 15 05 18 0	Reatino	233	5-6	4.42

PROGETTO DEFINITIVO

5-6		2000 03 11 10 35 2	Valle dell'Aniene	214	6	4.25
3		2000 05 22 15 48 2	Valle dell'Aniene	48	5-6	3.45
4		2000 05 28 09 29 1	Valle dell'Aniene	58	6	3.88
4-5		2000 06 27 07 32 3	Valle dell'Aniene	138	6	4.24
2-3		2000 11 13 17 28 2	Valle dell'Aniene	29	5	3.57
3-4		2001 12 20 01 54 0	Valle dell'Aniene	47	5	3.96
2-3		2004 10 05 23 00 2	Valle dell'Aniene	78	4	3.30

Tabella 4 – Numero di eventi e storia sismica di Subiaco
(da: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)

10.2. Zonazione sismogenetica ZS9

Il Lazio è caratterizzato da una sismicità che si distribuisce lungo fasce (Zone sismogenetiche) a caratteristiche sismiche omogenee, allungate preferenzialmente NW-SE, nella direzione della costa tirrenica e della catena montuosa appenninica. Lungo queste fasce la sismicità si distribuisce in modo omogeneo e gradualmente crescente dalla costa verso l'Appennino.

Il territorio comunale di Subiaco ricade in adiacenza alle zone sismogenetiche connesse sia al margine interno della piastra padano-adriatico-ionica in subduzione sotto la catena appenninica, sia alla tettonica distensiva del margine tirrenico e delle aree di vulcanismo recente. Conseguentemente, si tratta rispettivamente di eventi caratterizzati da meccanismi di rottura di tipo thrust e strike slip (compressivi), sia di tipo misto di tipo dip-slip e strike-slip.

Con riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa della pericolosità sismica - Ordinanza PCM 20-03-03 n. 3274), la sismicità può essere suddivisa in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima Mw_{max} .

L'area di progetto ricade a 25-30 Km di distanza da importanti zone sismogenetiche a cui è associata una magnitudo massima Mw di riferimento (Figura 21):

- **zona sismogenetica 920 (Frusinate) - $Mw=6.14$.**
- **zona sismogenetica 923 (Appennino abruzzese – Sannio – Irpinia Basilicata) - $Mw=7.06$.**

La zona 923 include le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che hanno caratterizzato l'arco appenninico settentrionale e centrale. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante i tradizionali approcci geomorfologici e paleosismologici.



Figura 21 - Zonazione sismogenetica ZS9 – Carta Sismogenetica d'Italia

Nome ZS	Numero ZS	M _{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Tabella 5 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di Lavoro, 2004 – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica)

10.3. Strutture sismogenetiche

La seguente Figura 22 evidenzia le aree sismogenetiche (poligoni color marrone), definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenute attive, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni arancioni).

Con riferimento al “Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3”, si osserva che l’area su cui ricade il territorio comunale di Subiaco ricade a 25 km e 45 KM a W-SW di distanza da due importanti strutture sismogenetiche, rispettivamente ubicate a N-NE, denominata “**Salto Lake-Ovindoli-Barrea**” (massima magnitudo attesa $M=6.7$), e **Borbona-L’Aquila-Aremogna** (massima magnitudo attesa $M=6.5$).

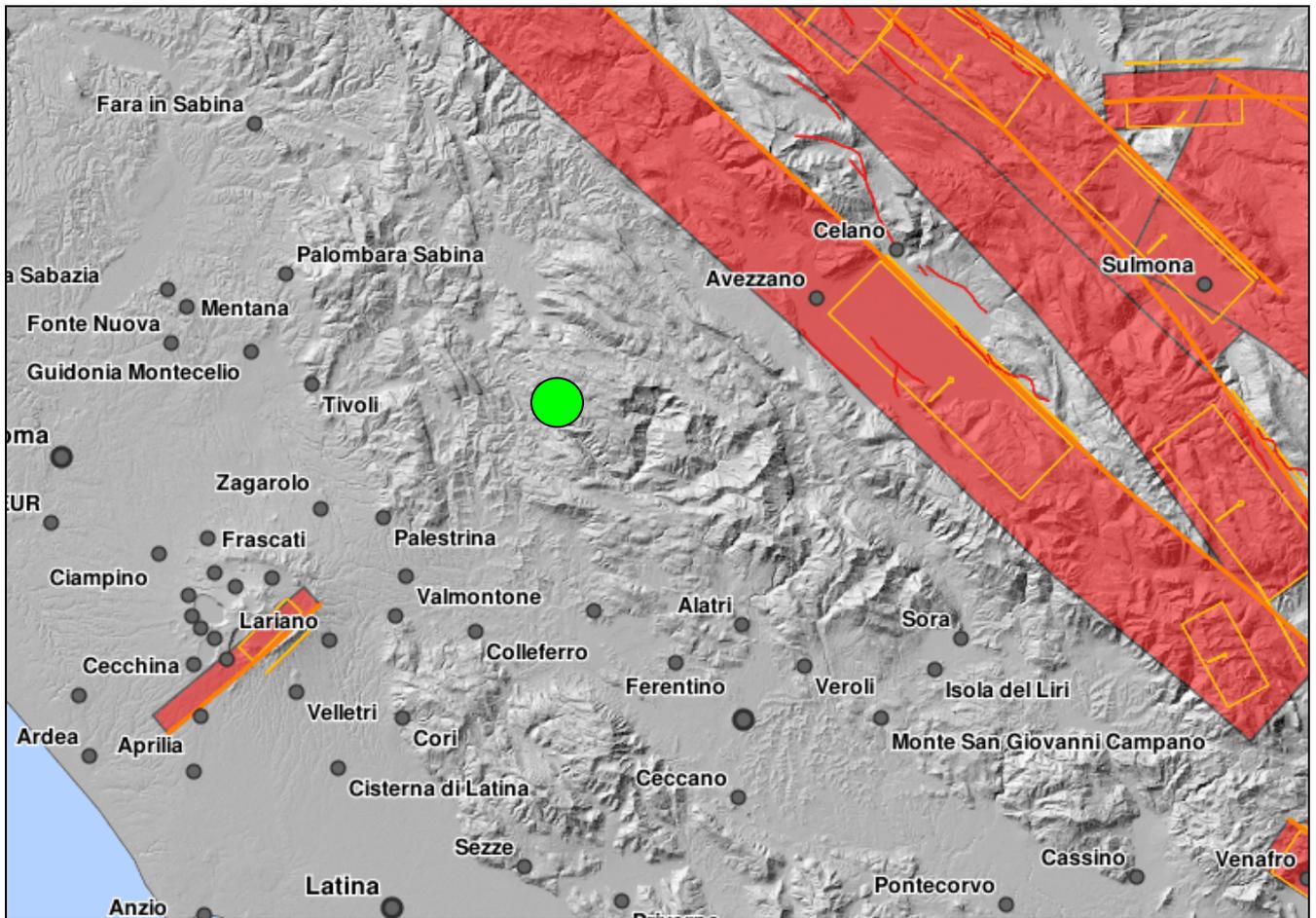
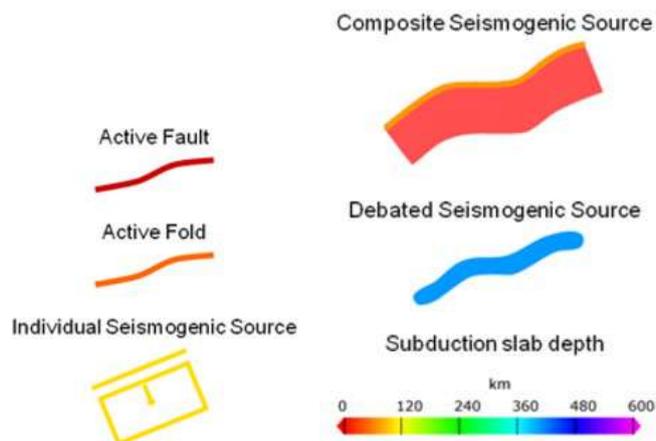


Figura 22 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse - Database DISS3



10.4. **Faglie attive e capaci**

In accordo con quanto stabilito negli ICMS (Gruppo di lavoro MS, 2008), è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene), ed è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno. Questa definizione si riferisce al piano di rottura principale della faglia (piano su cui avviene la maggiore dislocazione).

La catalogazione delle faglie capaci è restituita consultando il catalogo delle faglie attive e capaci ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults) dell'Istituto Superiore per la Protezione e per la Ricerca Ambientale. Il progetto ITHACA che riporta la stima della pericolosità dei terremoti legati alla fagliazione superficiale per magnitudo >6 e in grado di produrre una rilevante deformazione tettonica permanente.

L'area di progetto non ricade in prossimità di faglia attive e capaci.

La FAC più vicina denominata "*Pagliara dei Marsi*" si pone a circa 18 km di distanza (Figura 23).

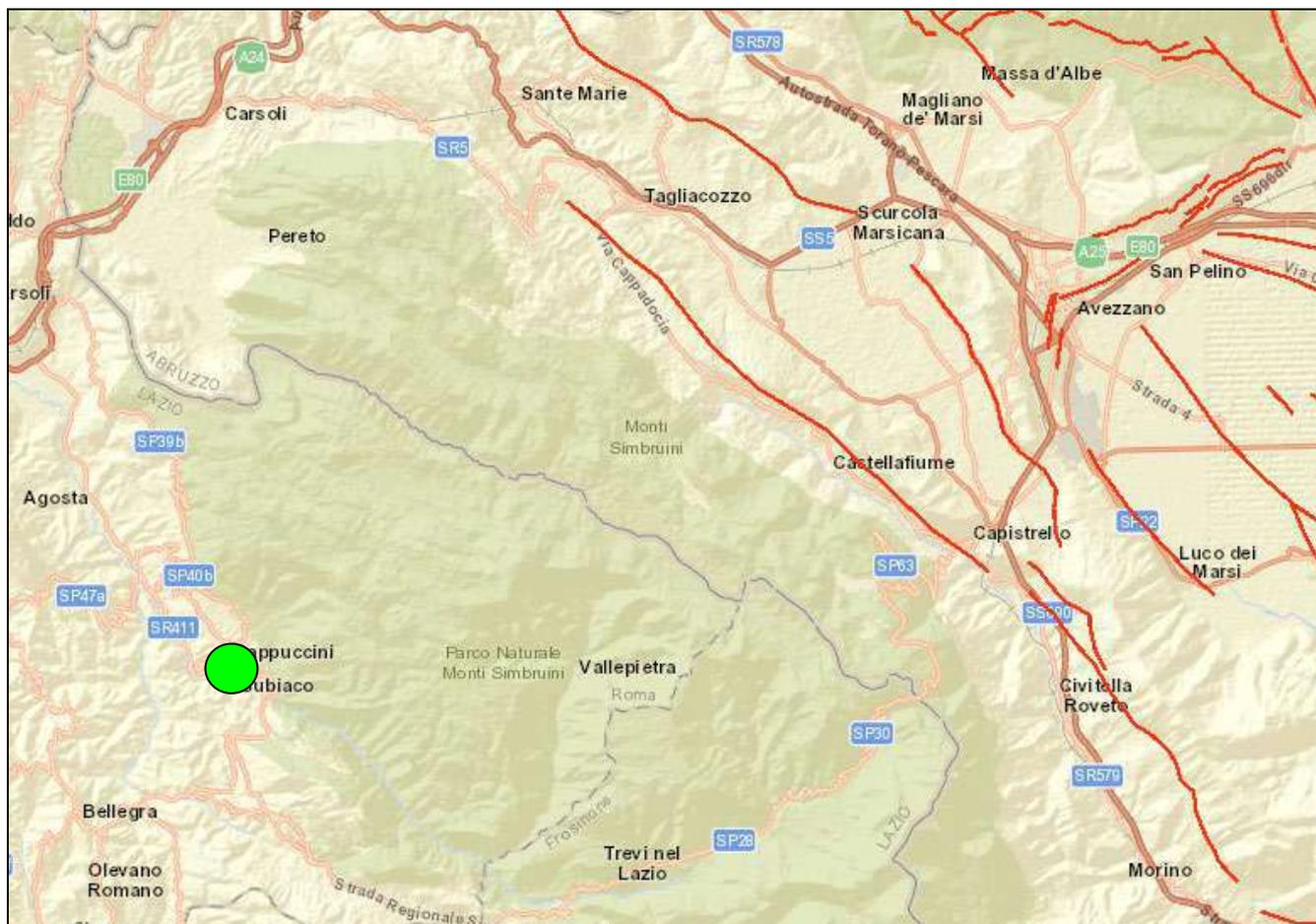


Figura 23 - Catalogo delle Faglie Capaci ITHACA
(<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>)

10.5. Classificazione sismica dell'area

Contestualmente alla redazione della mappa della pericolosità di base, le ordinanze del P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e n° 3519 del 28/04/2006 hanno delineato i criteri per la nuova classificazione sismica di tutto il territorio nazionale basandosi proprio sui valori di $a(g)$ espressi. La nuova classificazione sismica del territorio nazionale prevede quindi le seguenti tipologie di zone:

- Zona 1 - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
- Zona 2 - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- Zona 3 - I comuni inclusi in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.

- Zona 4 - È la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

Con la nuova classificazione sismica della Regione Lazio - Delibera di giunta regionale n. 387 del 22.05.2009, si definisce l'istituzione di sottozone sismiche, che creano l'occasione di poter differenziare in modo dettagliato la pericolosità sismica sul territorio regionale. La nuova zonazione sismica sostituisce la precedente del GR 766/03.

La riclassificazione definisce la presenza di sottozone sismiche che permettono di definire aree intermedie di pericolosità sismica. La creazione di sottozone ha interessato soltanto le precedenti zone sismiche 2 e 3, con la suddivisione in 4 sottozone sismiche (dalla 2A, ovvero la maggiore sottozona della zona sismica 2, fino alla sottozona sismica 3B, corrispondente alla sottozona meno pericolosa della zona sismica 3).

Secondo la recente proposta di riclassificazione sismica da parte della Regione Lazio, seguita all'emanazione dell'OPCM 3519/06 con cui lo Stato ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio, il territorio comunale di Subiaco è stato inserito in una zona sismica denominata **sottozona 2B**.

I corrispondenti valori di accelerazione sismica attesi secondo la proposta di riclassificazione (2009) sono riportati nella tabella di seguito allegata.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

- Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

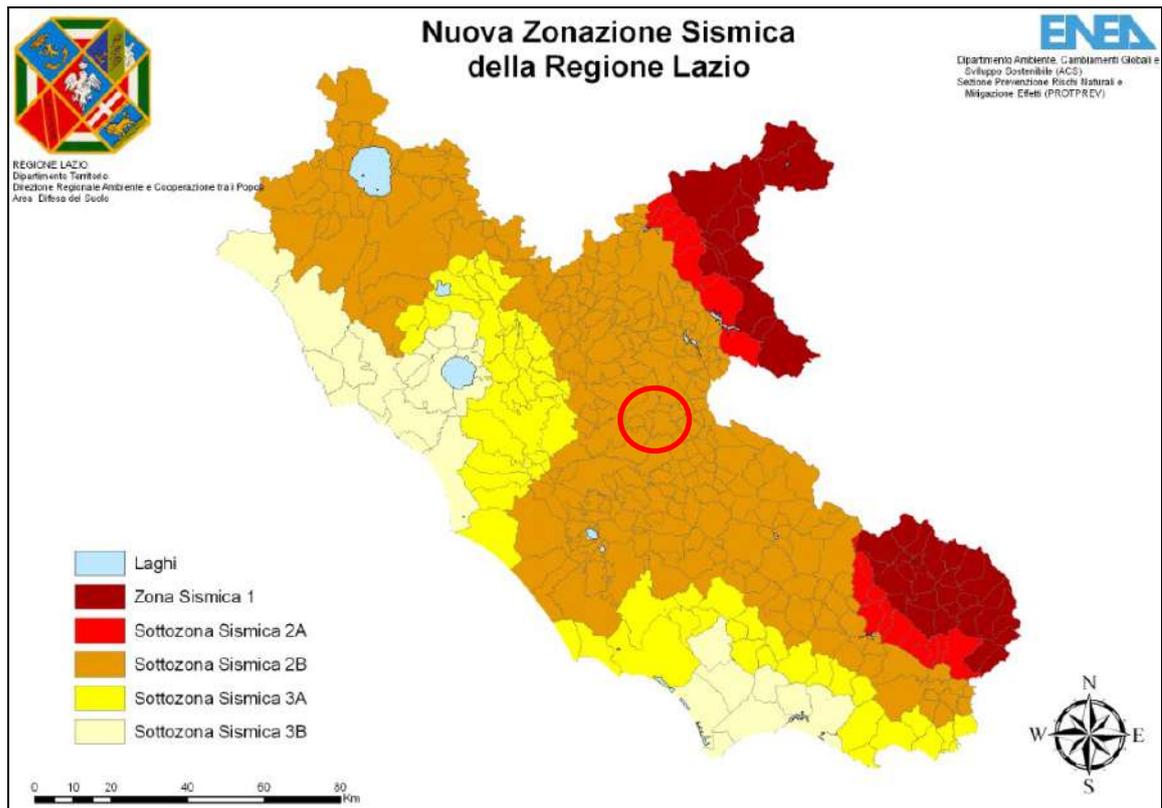


Figura 24 – Nuova classificazione sismica Regione Lazio

Le massime intensità macrosismiche per il territorio di Subiaco sono pari a $I_{mcs}=8-9$.

Secondo uno studio di Enea, le massime intensità macrosismiche relative agli ultimi 1000 anni per l'area oggetto di studio ricadono nell'intervallo tra di 8-8.5 MCS.

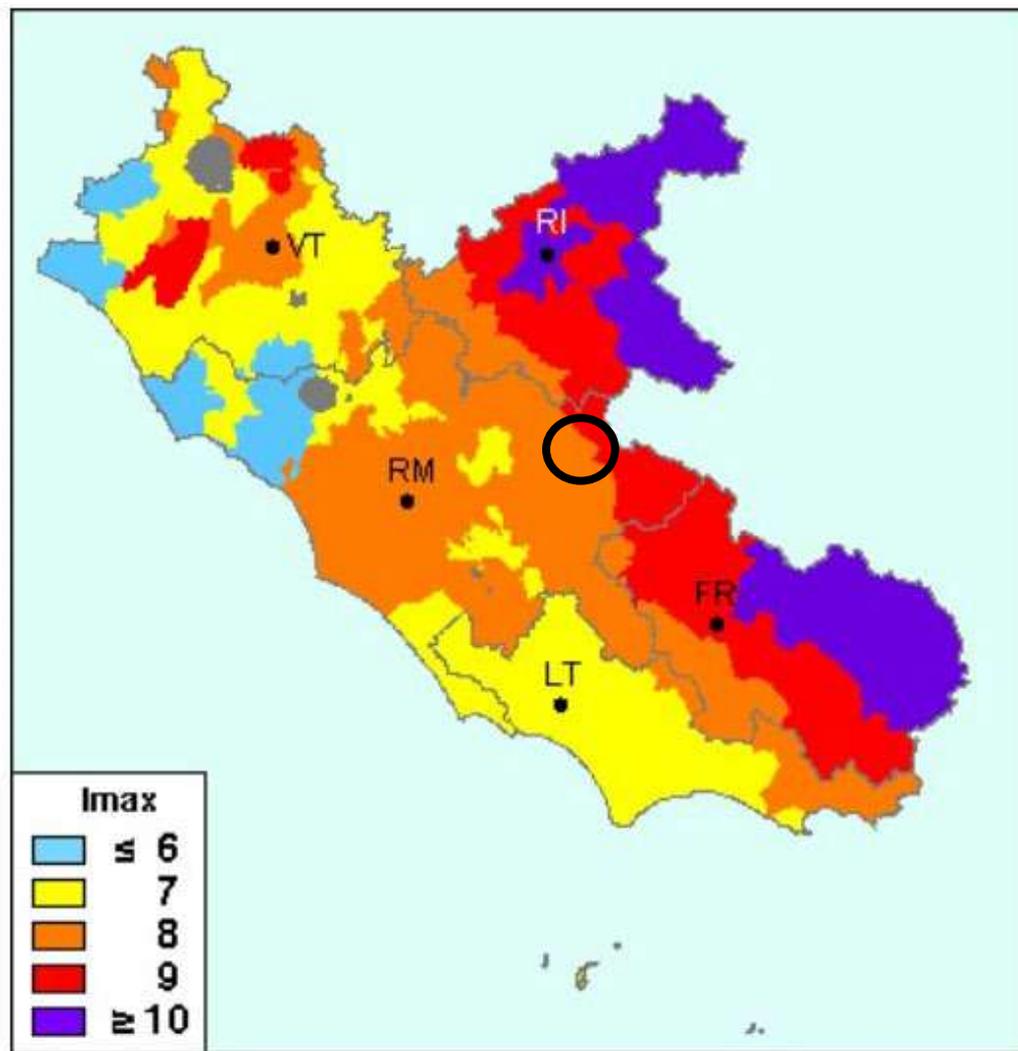


Figura 25 - Massime Intensità macrosismiche nella Regione Lazio
(da: GNDT – ING – SSN – Massime intensità macrosismiche nei comuni italiani)

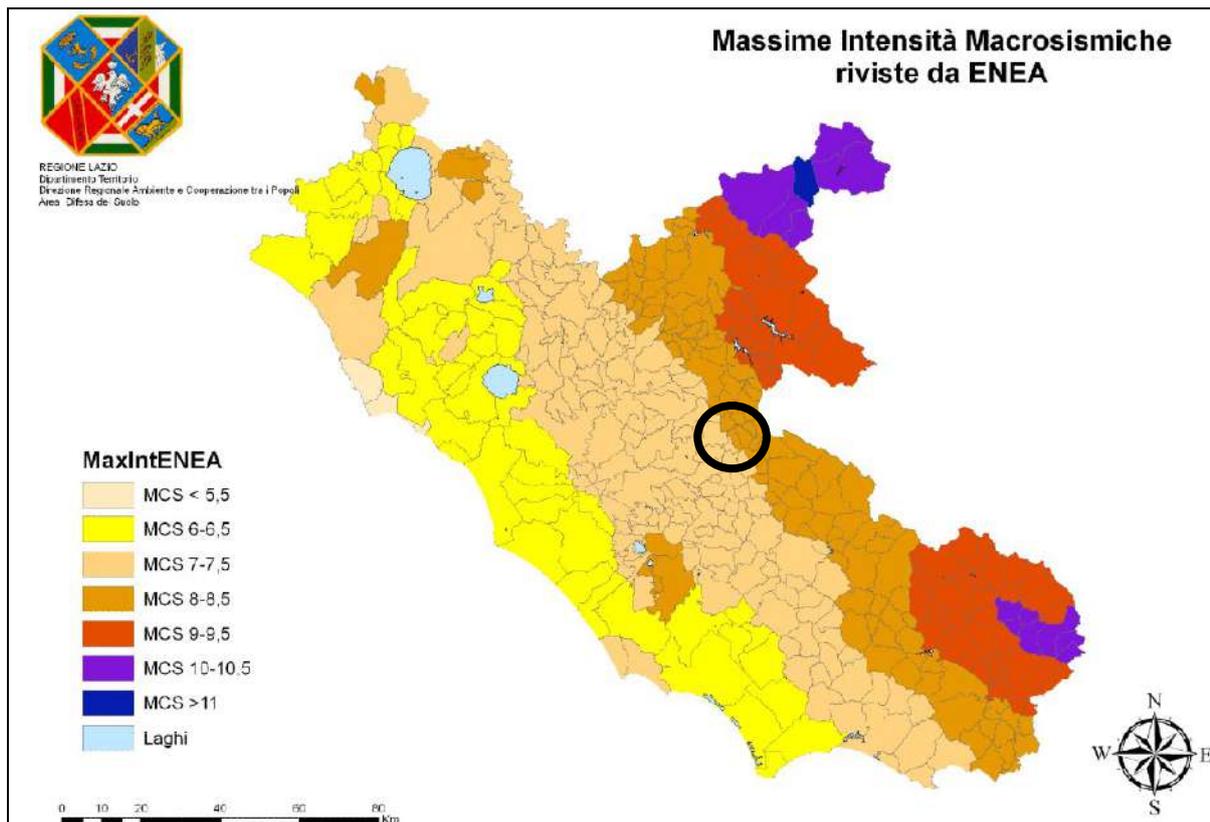


Figura 26 - Massime Intensità macrosismiche negli ultimi 1000 anni (Fonte: Enea)

10.6. Mappa della pericolosità sismica di base

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), recependo i suggerimenti della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, ha coordinato la redazione della mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche, richiesta dall'ordinanza del P.C.M. datata 20 marzo 2003 n. 3274, All. 1.

La pericolosità sismica rappresenta una stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. Tale valutazione può essere effettuata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, oppure con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati.

In dettaglio, la pericolosità sismica di base rappresenta una componente della pericolosità sismica precedentemente descritta, dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti).

La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

A scala nazionale l'INGV ha quindi provveduto a stimare l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante $a(g)$, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA, che costituisce il principale parametro descrittivo della pericolosità di base.

Tale parametro, la cui unità di misura è l'accelerazione di gravità $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, utilizzato anche per la definizione dell'azione sismica di riferimento per opere ordinarie (Classe II delle Norme Tecniche per le Costruzioni), convenzionalmente rappresenta l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante che, in un intervallo di tempo di 50 anni, ha una probabilità del 10% di superare il valore indicato (cfr. scala colore), per effetto di sismi di intensità maggiore rispetto a quelli considerati per la classificazione del territorio.

A livello locale è disponibile una mappa più dettagliata dell' $a(g)$ prodotta sempre dall'INGV e consultabile sul sito dell'istituto all'indirizzo "<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>", riportata nella Figura 27.

Dall'analisi della mappa si può osservare che l'area di interesse presenta valori di $a(g)$ compresi tra 0.15-0.75g.

Procedendo ad una **analisi di disagregazione** sono stati valutati i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Nello specifico, si è proceduto ad una analisi bidimensionale in termini di magnitudo e distanza M-R, che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.

Mediante tale procedura, è stato definito il cosiddetto terremoto di scenario, ovvero il terremoto che definisce lo scenario di pericolosità, in termini di magnitudo e distanza, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito.

Nell'area di progetto, come indicato nella

Figura 28, il maggiore contributo alla pericolosità deriva da terremoti con epicentri ubicati a distanze comprese nell'intervallo 0-10 km, con valori di magnitudo massime $M=5-5.5$.

Tuttavia, prendendo in considerazione tutti i valori maggiori di zero, gli intervalli si ampliano fino a comprendere magnitudo comprese tra $M=6-7.5$ per distanze variabili nel range 30-50 Km, sia pure per tali valori, con contributi percentuali molto bassi.

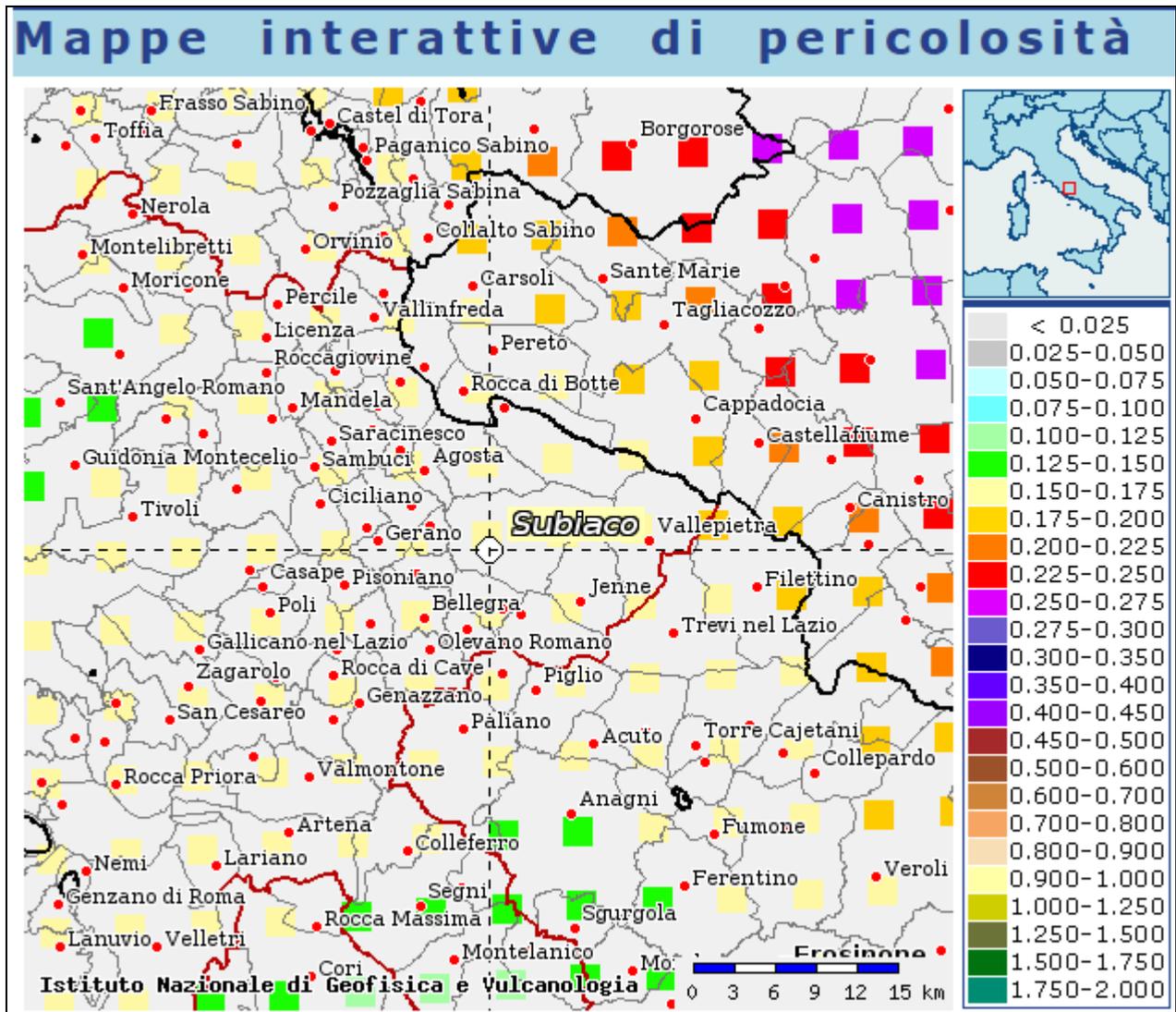
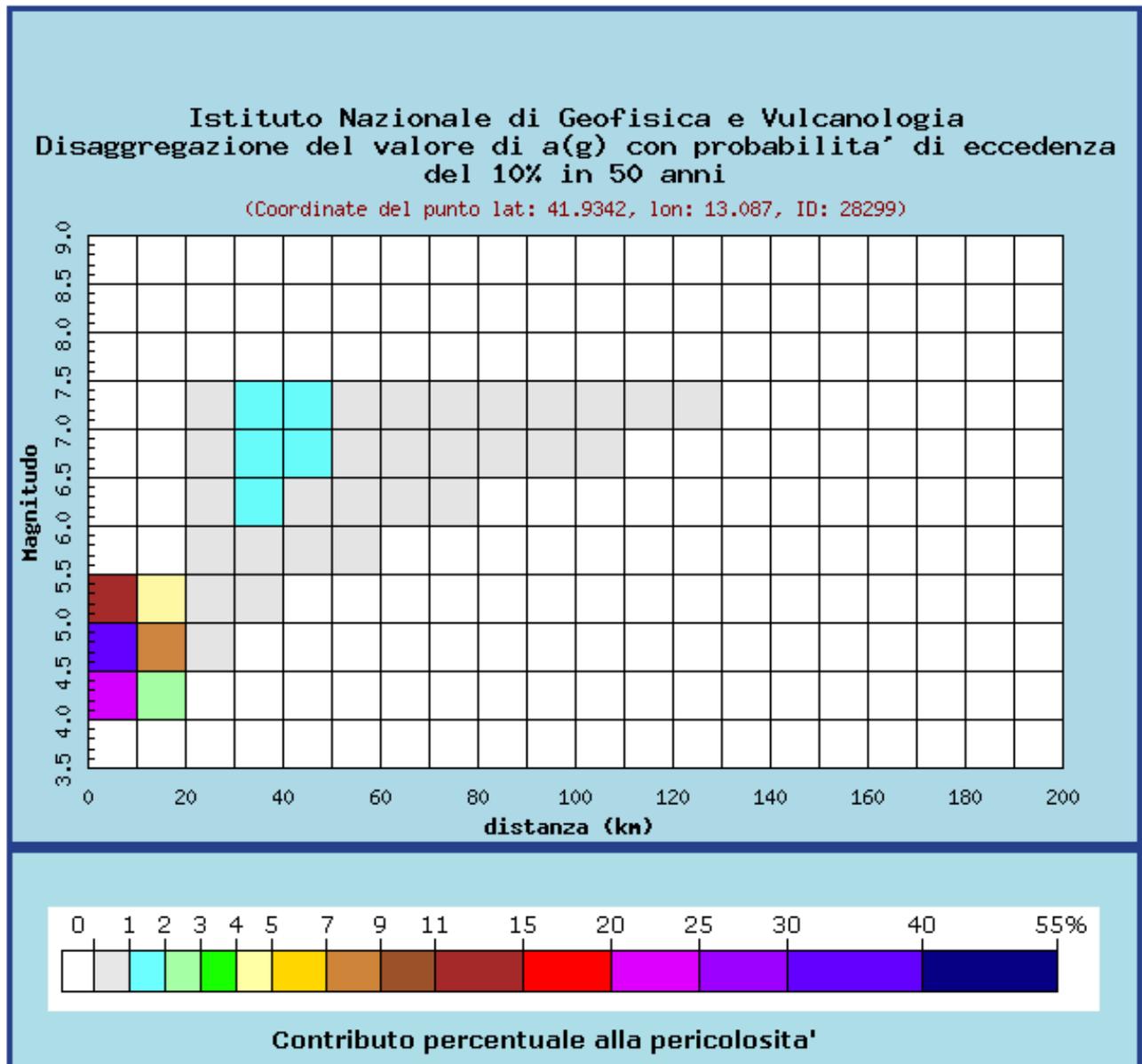


Figura 27 - Mappa di pericolosità sismica dell'area studiata redatta dall'INGV.
(La figura è tratta dal sito dell'INGV: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 41.9342, lon: 13.087, ID: 28299)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	24.500	32.600	11.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.990	7.070	4.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.342	0.991	0.678	0.946	0.995	0.606	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.118	0.742	1.440	1.840	1.300	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.165	0.788	1.330	1.110	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.314	0.827	0.809	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071	0.452	0.535	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.195	0.306	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.124	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.050	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.024	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza	Epsilon									
5.020	12.200	1.150									

Figura 28 - **Analisi di disaggregazione in termini di magnitudo distanza M-R**
(La figura è tratta dal sito dell'INGV: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

11. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

11.1. Categoria di sottosuolo ricavata da indagini sismiche down hole e masw

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo, le indagini sismiche eseguite nell'area di progetto, consistite nell'esecuzione di n.3 linee sismiche masw e n. 1 prova downhole, hanno evidenziato la presenza di diversi sismostrati caratterizzati da velocità medie di propagazione delle onde di taglio (V_s) complessivamente elevate e crescenti con la profondità, in accordo con la presenza di roccia arenacea fin da profondità modeste rispetto al profilo topografico.

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

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

dove:

h_i e lo spessore (in metri) dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

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

Le prospezioni sismiche hanno consentito di ottenere un valore della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri. In relazione ai valori di V_s ottenuti, **tutte le indagini sismiche eseguite hanno fornito una categoria di sottosuolo B.**

PROGETTO DEFINITIVO

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-7.2}$ (m/s)	$V_{S\ 0-7.8}$ (m/s)	<i>Categoria Sottosuoli di Fondazione (D.M. 17/01/2018)</i>
<i>MASW n. 1</i>	[496]	-	<i>B</i>
<i>MASW n. 2</i>	[456]	-	<i>B</i>
<i>MASW n. 3</i>	-	[479]	<i>B</i>

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-8.0}$ (m/s)	<i>Categoria Sottosuolo di Fondazione (D.M. 17/01/2018)</i>
<i>S01-DH</i>	[603 ÷ 604]	<i>B</i>

Tabella 6 - Categoria Sottosuolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica Masw e Down Hole.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Tabella 7 – Categorie di sottosuolo – NTC 2018

11.2. 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 (Tab. 3.2.III NTC18):

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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 $i > 30^\circ$

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso dell'area di studio, la categoria della superficie topografica risulta essere:

T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
----	--

12. **STRALCIO DELLA CARTOGRAFIA PAI**

Nell'ambito del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, sono state prese in esame le aree di pericolosità geomorfologica presenti nel territorio al fine di valutarne eventuali interferenze con l'area oggetto del presente studio.

A tal fine, si è allegato uno stralcio delle planimetrie del rischio frane contenute nel sito dell'ISPRA (<http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/>), su cui sono riportate le aree a rischio idrogeologico ricavate dal Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Lazio.

In relazione a quanto emerso dall'analisi della documentazione consultata, l'area oggetto di studio non ricade in aree a pericolosità per frana.



PAI – Pericolosità Frana

Figura 29 – Stralcio Cartografia della pericolosità da frana –
(PAI – da: <http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2>)

13. MICROZONAZIONE SISMICA

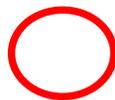
Nell'ambito del presente studio si è proceduto alla verifica degli aspetti legati alla microzonazione sismica riferiti al territorio su cui ricade il settore di progetto.

Il Comune di Subiaco, nel gennaio 2012, ha redatto e validato uno Studio di Microzonazione sismica di Livello 1 e prodotto una Carta delle Zone omogenee in Prospettiva Sismica ("Carta delle MOPS" – Scala 1:10.000).

Il settore dove ricade il Plesso scolastico di via A.Fogazzaro è classificato come un'area stabile "SA4" suscettibile di amplificazione sismica locale. Si allega uno stralcio della Carta delle MOPS del comune di Subiaco.

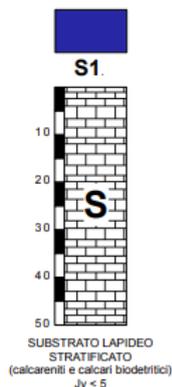


Figura 30 – Stralcio della Carta delle MOPS
(da: Studio di Microzonazione Sismica - Livello 1 di MS - Comune di Minturno)

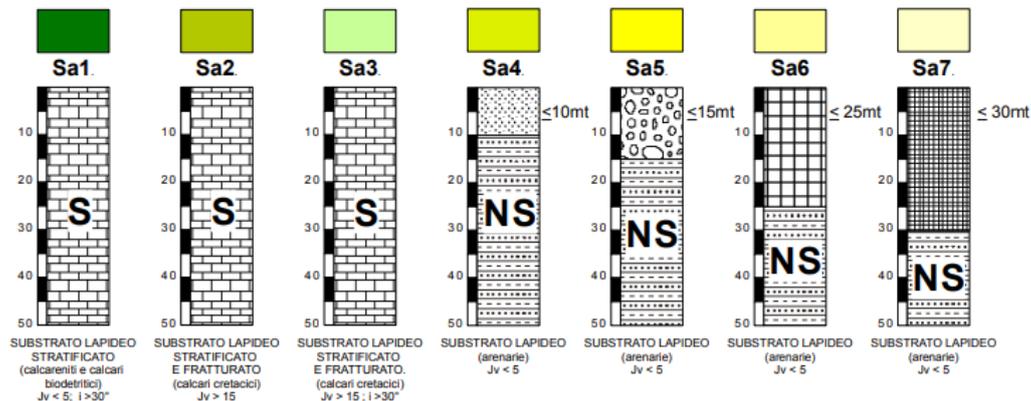


AREA DI PROGETTO

ZONE STABILI



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA



ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

		INSTABILITA' DI VERSANTE		
Stato		Frane attive	Frane quiescenti	Frane inattive
Tipologia		Frana Complessa	Frana per crollo o ribaltamento	Scorrimento
				Frana per colata

FORME DI SUPERFICIE



14. CONCLUSIONI E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

Nell'ambito della progetto definitivo dell'adeguamento statico, sismico, energetico e funzionale del Plesso scolastico di Via Fogazzaro, ubicato nel centro abitato di Subiaco (Rm), è stato redatto uno studio geologico-tecnico di dettaglio diretto a verificare i caratteri geologico-stratigrafici generali dell'area interessata nonché la natura litologica e litotecnica del sottosuolo sui cui ricadono i due edifici corrispondenti alla Scuola elementare (Corpo A) e alla scuola materna (corpo B).

I due edifici ricadono su un tratto di pendio compreso tra Piazza del Campo e via Papa Braschi, posta a quote di circa 391 m s.l.m., e la sovrastante via Fogazzaro, distribuita intorno a 411 m s.l.m..

Per la definizione di dettaglio degli aspetti geologici, nel mese di agosto 2020 è stata condotta una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e sismiche, comprendente sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo, prove spt in sito, prelievi di campioni indisturbati e rimaneggiati, linee sismiche del tipo masw e down hole e indagini di sismica passiva singola HVSR.

Sono state inoltre eseguite indagini per la caratterizzazione dei terreni di appoggio delle fondazioni, rappresentate da carotaggi inclinati con carottrice elettrica, spinti fino a profondità di circa 2-3 m. Ulteriori informazioni sulle strutture di fondazione sono state ricavate da saggi di scavo eseguiti da parte dell'Amministrazione comunale.

Dal punto di vista geologico-stratigrafico, l'intero versante è costituito da una successione di rocce lapidee prevalentemente arenacee, affioranti localmente in alcune limitate porzioni del versante e prevalentemente costituite da arenarie massive mal stratificate di colore da giallastro a grigio, da massive a moderatamente fratturate. In superficie si presentano localmente alterate e costituite da una roccia meno litoide, nel complesso coerente e caratterizzata da un inferiore livello di cementazione.

Dal punto di vista morfologico, l'originaria morfologia del versante è stata in parte modificata a seguito della realizzazione dei fronti di scavo in roccia arenacea per la realizzazione dei corpi A e B della scuola elementare e materna rispettivamente. Osservando l'andamento della scalinata posta in adiacenza agli edifici e rappresentata da via Metastasio, la pendenza originaria del pendio può valutarsi dell'ordine variabile tra 19°-20° e 25°-28°.

Allo stato attuale, non si evidenziano problematiche di dissesto complessivo del versante, che si presenta stabile nelle attuali condizioni geomorfologiche in relazione alla presenza di roccia arenacea subaffiorante.

Sono state condotte una serie di indagini finalizzate ad accertare le caratteristiche dei terreni di appoggio delle fondazioni dei due fabbricati. I risultati delle indagini hanno accertato che le murature perimetrali di entrambi i fabbricati poggiano direttamente sulla roccia arenacea, per quanto alterata nella sua parte corticale e più superficiale.

A seguito della costruzione dei due fabbricati sono state realizzate due strutture di sostegno principali, entrambe in pietrame, rispettivamente ubicate a presidio di via A.Fogazzaro, a monte del corpo B, e a sostegno della terrazza da cui si accede al Corpo A, tra quest'ultimo e via Papa Braschi. Entrambe le strutture poggiano su roccia arenacea, ad eccezione del settore posto nei pressi dell'angolo est del muro sotto la scuola elementare, presso via Metastasio, laddove i terreni di fondazione sono rappresentati da 6-7 m di depositi limosi e limoso-sabbiosi.

I litotipi presenti a tergo delle due strutture sono in parte costituiti da roccia arenacea e, nella porzione medio-superiore del paramento, da materiali di riporto.

Allo stato attuale non si osservano segnali di dissesto in corrispondenza delle strutture di sostegno descritte.

Il paramento murario sottostante via A.Fogazzaro termina direttamente su una parete di roccia arenacea alta circa 3 m fratturata e localmente alterata, le cui caratteristiche geostrutturali sono in parte mascherate dalla copertura vegetale. In fase di intervento, i tratti maggiormente fratturati dell'ammasso saranno interessati da locali interventi di consolidamento mediante chiodatura.

Il versante di raccordo tra i due fabbricati presenta roccia arenacea subaffiorante, ricoperta da modesti spessori di riporti.

Il muro su cui poggia il solaio della terrazza della scuola materna – lato valle - poggia su arenarie ed è stato oggetto di pregressi interventi di consolidamento, anche in fondazione. Il retrostante muro perimetrale della scuola materna è anch'esso verosimilmente poggiante su arenaria ma non è stato oggetto di indagine diretta nella presente fase progettuale. In relazione a quanto osservato, si rendono necessari ulteriori approfondimenti da condurre in sede di progettazione esecutiva, da estendere anche a un ulteriore e adiacente locale seminterrato presente al di sotto del piano terra della scuola materna, rappresentato in alcuni documenti urbanistici ma non direttamente osservato nell'ambito del presente studio a causa delle difficoltà di accesso dal versante.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico locale, le indagini geognostiche non hanno evidenziato la presenza di falda nel sottosuolo. Lungo il versante la circolazione idrica sotterranea è modesta e transitoria, per lo più concentrata nelle coltri detritiche di copertura e a tergo delle strutture di sostegno (segnalate locali venute d'acqua) in occasione di importanti e prolungati eventi meteorici, tamponata alla base dalle successioni arenaceo-pelitiche a bassa permeabilità. Nell'ambito del progetto di adeguamento si ritengono necessari interventi che assicurino un efficace drenaggio a tergo dei muri, da ottenersi realizzando almeno una fila microdreni inclinati dal paramento in pietrame.

Con riferimento alla Pericolosità e al Rischio idrogeologico, sono state prese in esame le aree di pericolosità geomorfologica presenti nel territorio al fine di valutarne eventuali interferenze con l'area oggetto del presente studio. In relazione a quanto emerso dall'analisi dell'elaborato di Piano di Assetto Idrogeologico, l'area di progetto non ricade all'interno aree a pericolosità geomorfologica per frana.

Nell'ambito del presente studio si è proceduto alla verifica degli aspetti legati alla Microzonazione sismica riferiti al territorio su cui ricade il settore di progetto.

Sono stati presi in esame gli Studi di Microzonazione sismica di Livello 1 redatti dal comune di Subiaco, che hanno prodotto una Carta delle Zone omogenee in Prospettiva Sismica ("Carta delle MOPS" – Scala 1:10.000). L'area su cui ricade il deposito COTRAL è classificata come *"area stabile suscettibile di amplificazione sismica locale"*

Per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio, secondo la più recente proposta di riclassificazione sismica da parte della Regione Lazio il comune di Subiaco è classificato in una zona di medio-alta sismicità denominata "sottozona 2B".

Per quanto riguarda la categoria di sottosuolo, le indagini geognostiche condotte nel 2020 in diversi punti del versante hanno fornito una categoria di sottosuolo B. In relazione alla classe d'uso e alla vulnerabilità dell'opera, è stata condotta una Analisi di Risposta Sismica Locale RSL, alla quale si rimanda per quanto riguarda i valori di accelerazione attesi al livello delle fondazioni. Tenuto conto delle considerazioni di cui ai precedenti capitoli, le opere di progetto si ritengono compatibili con il contesto geologico-tecnico, geomorfologico, idrogeologico e sismico locale.

ALLEGATO 1

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE – Campagna Agosto 2020

INDAGINI GEOGNOSTICHE



COMMITTENTE: COMUNE DI SUBIACO
OGGETTO: INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE
CANTIERE: COMPLESSO SCOLASTICO DI PIAZZA ROMA E
VIA FOGAZZARO - SUBIACO (RM)

Job n° 50/20
Rev 0 del 04/09/2020
N° pag. 22 escl. All.

SOLGEOTEK S.r.l.

SOLGEOTEK S.r.l.
Via Martucci, 17
81055 - Santa Maria C.V.
P. IVA 04073180616



 solgeotek soluzioni geotecniche	Comune di SUBIACO (RM) Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco	Rev 0 del 04/09/2020
Job n. 50/20	Indagini geognostiche e geofisiche	Pag.1 di 22

INDICE

1. PREMESSA.....	2
1.2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	2
2. SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	3
2.1 STANDARD PENETRATION TEST	5
2.2 PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI.....	7
2.3 PRELIEVO CAMPIONI LITOIDI	8
3. INSTALLAZIONE PIEZOMETRO	9
4. PROSPEZIONI GEOFISICHE.....	10
4.1 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	11
4.2 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI M.A.S.W.	11
4.2.1 INTERPRETAZIONE ED ANALISI DATI M.A.S.W.	12
4.3 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI DOWN HOLE.....	13
4.3.1 INTERPRETAZIONE ED ANALISI DATI DOWN HOLE	14
4.4 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI MICROTREMORI AMBIENTALI (HVSr).....	15
4.4.1 INTERPRETAZIONE ED ANALISI DATI MICROTREMORI AMBIENTALI (HVSr).....	15
4.5 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI SISMICA A RIFRAZIONE (SR).....	17
4.5.1 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI - TOMOGRAFIA SISMICA.....	17
5. SONDAGGI IN FONDAZIONE.....	18
5.1 STRATIGRAFIE SONDAGGI IN FONDAZIONE	19

ALLEGATI:

- **UBICAZIONI**
- **STRATIGRAFIE**
- **RAPPORTI INDAGINI SISMICHE MASW**
- **RAPPORTO INDAGINE SISMICA DOWN HOLE**
- **RAPPORTO INDAGINI SISMICHE HVSr**
- **RAPPORTO INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE**
- **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**
- **CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO**



SOLGEOTEK s.r.l.

via Martucci 17 - 81055 - S. Maria C.V. (CE) - tel. 0823.699800 - fax. 0823.589086

P. IVA 04073180616 - web: www.solgeotek.it - email: info@solgeotek.it



 solgeotek soluzioni geotecniche	Comune di SUBIACO (RM) Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco	Rev 0 del 04/09/2020
Job n. 50/20	Indagini geognostiche e geofisiche	Pag.2 di 22

1. Premessa

A seguito dell'incarico ricevuto dal Comune di Subiaco (RM), la Solgeotek S.r.l. ha eseguito una campagna di indagini geognostiche, geotecniche di sito e di laboratorio allo scopo di determinare le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni del sottosuolo dell'area sita presso il complesso scolastico di Piazza Roma e Via Fogazzaro nel comune di Subiaco.

Il piano di indagine, come da apposito ordine di lavoro, si è concretizzato nella realizzazione di:

- n° 4 Sondaggi Geognostici a Carotaggio Continuo;
- n° 4 S.P.T.;
- n° 1 prelievo di campioni indisturbati di terreno;
- n° 4 prelievi di campioni litoidi;
- n° 3 indagini sismiche superficiali MASW;
- n° 1 indagine sismica Down Hole;
- n° 2 indagini sismiche HVSR;
- n° 1 indagine sismica a rifrazione;
- n° 1 installazione di piezometro a tubo aperto;
- n° 4 carotaggi inclinati in fondazione
- Prove di laboratorio geotecnico;
- Prove di laboratorio su rocce.

1.2 Normativa e documenti di riferimento

- **A.G.I.** Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- **A.N.I.S.I.G.** Modalità tecnologiche e norme di misurazione e contabilizzazione per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche;
- **D.Lgs. 81/08 e s.m.i.** Titolo IV - Cantieri temporanei o mobili.



SOLGEOTEK s.r.l.

via Martucci 17 - 81055 - S. Maria C.V. (CE) - tel. 0823.699800 - fax. 0823.589086

P. IVA 04073180616 - web: www.solgeotek.it - email: info@solgeotek.it



2. Sondaggi Geognostici

Sono stati eseguiti n° 4 sondaggi a carotaggi continuo che hanno avuto lo scopo di:

- ricostruire il profilo stratigrafico dei terreni mediante l'esame delle carote estratte;
- effettuare prove S.P.T.;
- effettuare il prelievo di campioni indisturbati di terreno e campioni di roccia;
- installare piezometro a tubo aperto;
- installare tubazione in PVC ($\Phi=80\text{mm}$) per indagine sismica Down Hole.

I sondaggi hanno raggiunto le seguenti profondità dal locale piano campagna:

SONDAGGIO	PROFONDITÀ DAL P.C.(M)	METODO DI PERFORAZIONE
S 01-DH	30.0	Rotazione con doppio carotire e corona diamantata
S 02-P	11.0	Rotazione con doppio carotire e corona diamantata
S 03-i	3.0 (sondaggio orizzontale in muro di contenimento)	Rotazione con carotiere semplice
S 04	10.0	Rotazione con carotiere semplice, doppio carotire e corona diamantata

Tab. 1 - Tabella riassuntiva dei carotaggi.

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una sonda di perforazione tipo **PSM980G** avente le seguenti caratteristiche:

- attrezzatura a testa di rotazione idraulica;
- velocità di rotazione di 0-600 giri-min;
- coppia massima = 980 Kgm;
- spinta sulla testa di rotazione Kg 3000;
- avanzamento idraulico testa di rotazione;
- carro cingolato;
- doppia morsa idraulica;
- argano idraulico;
- freno blocca aste.





Fig. 1 - Sonda PSM980G

Le carote estratte dai sondaggi a carotaggio continuo, utilizzate per la ricostruzione stratigrafica delle verticali investigate, sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in PVC, munite di scomparti divisorii e coperchio apribile.

Ogni cassetta è stata fotografata con una macchina digitale HUAWEI P8.

I certificati relativi alle stratigrafie, che si allegano, contengono le seguenti informazioni:

- indicazioni sul cantiere;
- committente;
- numero progressivo;
- lunghezza del sondaggio;
- scala grafica;
- nominativi degli operatori e dello sperimentatore;
- profondità dal p.c. dei vari litotipi;
- spessori dei vari litotipi attraversati;
- descrizione litologica.

 solgeotek soluzioni geotecniche	Comune di SUBIACO (RM) Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco	Rev 0 del 04/09/2020
Job n. 50/20	Indagini geognostiche e geofisiche	Pag.5 di 22

2.1 Standard Penetration Test

La prova SPT viene eseguita nel corso della perforazione in modo discontinuo ed è standardizzata dalle seguenti norme:

♦ **A.G.I.- Associazione Geotecnica Italiana (1977):**

Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

♦ **A.S.T.M.-D1586-67(74); D1586-84:**

Standard method for Penetration test and Split-Barrel Sampling of Soils.

♦ **ISSMFE Techn. Committee (1988):**

Standard Penetration Test (SPT): International Reference Test Procedure.

Dopo la pulizia del foro sono state svolte le seguenti operazioni:

- impiego di un dispositivo per lo sganciamento del maglio con peso di 63.5 Kg da un'altezza di caduta pari a 76 cm; la massa battente corre lungo le aste di collegamento al terminale di infissione;
- infissione del campionatore Raymond con superfici lisce apribile longitudinalmente aventi le seguenti caratteristiche:
 - ♦ diametro esterno = 51 mm
 - ♦ diametro interno = 35 mm
 - ♦ lunghezza L = 457 mm
 - ♦ lunghezza scarpa l = 76 mm
 - ♦ angolo scarpa $\alpha = 16^\circ - 23^\circ$

L'esecuzione della prova ha seguito le successive fasi:

- controllo con scandaglio della quota del fondo foro raggiunta;
- calo a fondo foro dell'attrezzatura di prova;
- infissione preliminare dei primi 15 cm e dei successivi 30 cm contando separatamente il numero dei colpi per ogni tratto di 15 cm.

In figura 2, 3 e 4, si riportano alcune curve rappresentative con le quali, tramite opportune correlazioni, è possibile acquisire dati sul comportamento a rottura e sulla deformabilità dei terreni investigati:



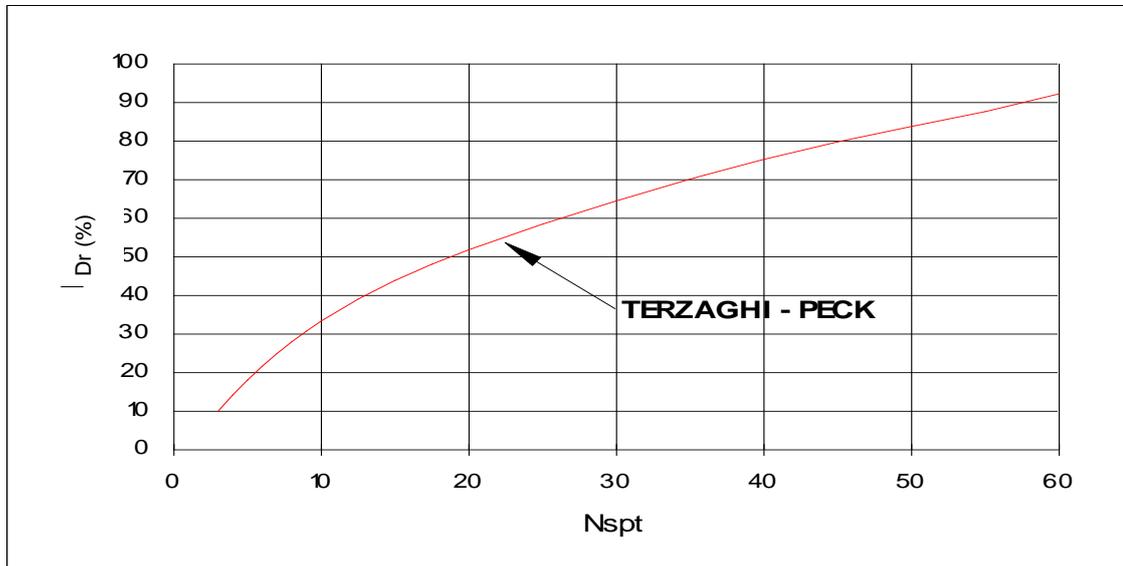


Fig. 2 - Densità relativa in funzione di Nspt.

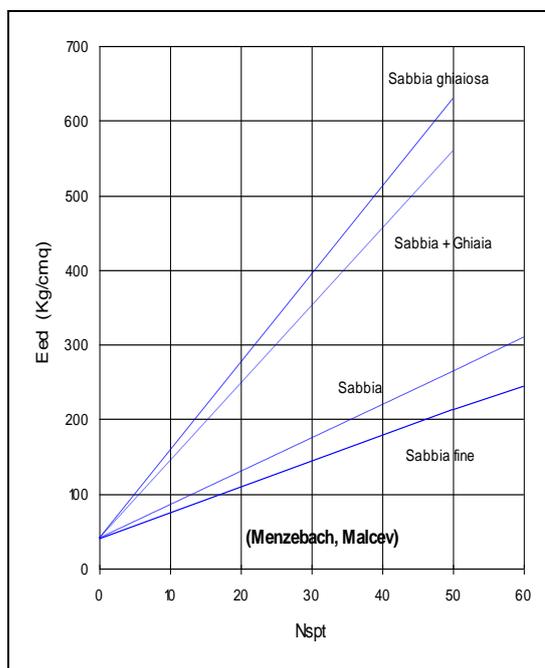


Fig. 3 - Modulo edometrico in funzione di Nspt.

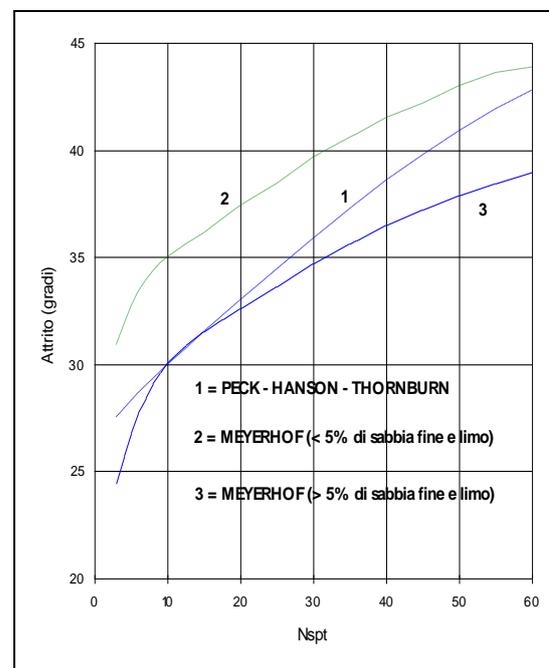


Fig. 4 - Angolo di attrito in funzione di Nspt

A seguire viene presentata una tabella riepilogativa delle prove Standard Penetration Test realizzate e riferite ai relativi sondaggi.

SONDAGGIO (n°)	PROFONDITÀ (m)	SPT (n°)	COLPI (n°)	N _{SPT}	TIPO DI PUNTA
S 01-DH	3.00-3.19	1	11-RIF	RIF	Punta Chiusa
S 04	1.5-1.95	1	8-5-5	10	Punta Chiusa
	5.0-5.45	2	5-4-4	8	Punta Chiusa
	7.00-7.10	3	RIF	RIF	Punta Chiusa

Tab. 2 - Tabella riassuntiva Prove SPT.

2.2 Prelievo Campioni Indisturbati

Nel corso delle perforazioni sono stati prelevati n° 1 campione indisturbato di terreno, con l'ausilio di un campionatore a pareti sottili del tipo Shelby. Il campionatore è composto da una testa con valvola a sfera e relativi sfiati, collegata con viti a brugola al tubo di infissione che funge da contenitore. Il tubo di infissione, che contiene il campione di terreno, è costituito da un tubo d'acciaio adeguatamente levigato all'interno, e possiede la base tagliente con angolo di scarpa tra 4° e 15°, in modo da minimizzare il disturbo del terreno per effetto delle operazioni di prelievo. Questo tipo di campionatore di norma viene utilizzato anche per il prelievo di campioni indisturbati in terreni coesivi (classe di qualità Q5), che permette, quindi, la determinazione delle caratteristiche geotecniche.

Dopo il prelievo le fustelle, contenenti i campioni indisturbati, sono state controllate e sigillate ermeticamente con un velo di paraffina al fine di migliorare la conservazione nel trasporto.

Su ogni fustella è riportata:

- ◆ la designazione del committente, del cantiere e del sondaggio;
- ◆ il tipo di prelievo e il tipo di campionatore;
- ◆ la profondità del prelievo;
- ◆ la profondità della falda;



- ◆ la data del prelievo.

A seguire viene presentata una tabella riepilogativa dei campioni prelevati durante le lavorazioni riferita ai relativi sondaggi eseguiti:

SONDAGGIO (n°)	PROFONDITÀ (m)	ID campione	Tipo di campionatore	Data prelievo
S 04	4.5-5.0	C.I. 1	Shelby	04/08/2020

Tab. 3 - Tabella riassuntiva prelievo campioni indisturbati

Il campione è stato analizzato dal laboratorio terre Labortek S.r.l. (Decreto Concessione Ministeriale prot. 4956 del 04/06/2010 – Prove Geotecniche su Terre - Settore A) sito in Santa Maria Capua Vetere (CE).

2.3 Prelievo Campioni Litoidi

Nel corso delle perforazioni sono stati prelevati n° 4 campioni litoidi.

Per ogni campione è riportato:

- ◆ la designazione del committente, del cantiere e del sondaggio;
- ◆ il tipo di prelievo e il tipo di campionatore;
- ◆ la profondità del prelievo;
- ◆ la profondità della falda;
- ◆ la data del prelievo.

A seguire viene presentata una tabella riepilogativa dei campioni prelevati durante le lavorazioni riferita al sondaggio eseguito:



SONDAGGIO (n°)	PROFONDITÀ (m)	ID campione	Data prelievo
S 01-DH	3.2-3.5	C.L. 1	04/08/2020
	5.5-5.8	C.L. 2	04/08/2020
S 02-P	3.5-4.0	C.L. 1	05/08/2020
	9.6-10.0	C.L. 2	05/08/2020

Tab. 4 - Tabella riassuntiva prelievo campioni litoidi

I campioni sono stati analizzati dal laboratorio prove geotecnico Ambiente e Territorio srl Via Matilde Serao snc 83013 MERCOGLIANO (AV)

3. Installazione Piezometro

Durante le lavorazioni il sondaggio S02-P è stato opportunamente attrezzato con piezometro a tubo aperto.

I materiali utilizzati per l'installazione del piezometri sono:

- Tubi ciechi e tubi fessurati in P.V.C. atossico con diametro 2" e slot di 0,5 mm;
- Ghiaia silicea (2 - 5 mm) per il filtro;
- Miscela di cemento - bentonite nel tratto cieco per l'installazione del chiusino.

Al termine della perforazione, è stato posto in opera il rivestimento definitivo costituito da tubazioni in PVC da 2". La tubazione utilizzata è protetta da un opportuno chiusino metallico carrabile.

Attraverso il log stratigrafico in allegato è possibile verificare la profondità e gli spessori dei tratti di piezometro filtranti e ciechi.



4. Prospezioni Geofisiche

Al fine di caratterizzare sismicamente il sottosuolo nell'area oggetto di indagine, sono state eseguite n.3 prospezioni sismiche MASW, n.1 prospezione sismica down hole nel foro di sondaggio S01, n.2 prospezioni sismiche HVSR e n. 1 prospezione di sismica a rifrazione, con le seguenti caratteristiche:

Prospezione sismica	Lunghezza complessiva dello stendimento (m)	Spacing (m)	Offset (m)	Direzione
MASW n.1	50.00	2.00	2.00	N 78° E
MASW n.2	37.50	1.50	1.50	N 90° E
MASW n.3	50.00	2.00	2.00	N 90° E

Tab. 5 - Riepilogo caratteristiche delle fasi di acquisizione relative agli stendimenti geofonici MASW.

Prospezione sismica	Tempo complessivo di acquisizione (min)	Orientamento della terna con il Nord
HVSR n.1	30	SI
HVSR n.2	30	SI

Tab. 6 – Riepilogo caratteristiche della fase di acquisizione dell'indagine di microtremore ambientale.

Prospezione sismica	Profondità complessiva del sondaggio (m)	Offset (m)	Intervalli di quota (m)
DH-S01	30.00	3.00	2.00

Tab. 7 – Riepilogo caratteristiche delle fasi di acquisizione relative alla prospezione sismica down hole.

Prospezione sismica	Lunghezza dello stendimento (m)	Spacing (m)	Offset (m)	Direzione
Rifrazione n.1	50.00	2.00	<i>shot 1= 2.00m da G1</i> <i>shot 2= 1.00m (tra G6 e G7)</i> <i>shot 3= 1.00m (tra G12 e G13)</i> <i>shot 4= 1.00m (tra G18 e G19)</i> <i>shot 5= 2.00m da G24</i>	N 78° E

Tab. 8 – Riepilogo caratteristiche delle fasi di acquisizione relative alla prospezione di sismica a rifrazione.



 solgeotek soluzioni geotecniche	Comune di SUBIACO (RM) Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco	Rev 0 del 04/09/2020
Job n. 50/20	Indagini geognostiche e geofisiche	Pag.11 di 22

4.1 Strumentazione Impiegata

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo.

L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 6kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra.

4.2 Acquisizione ed elaborazione dati M.A.S.W.

Sono state eseguite n. 3 prospezioni sismiche MASW. Per ogni indagine la sorgente è stata posizionata all'inizio ed alla fine di ogni stendimento geofonico, con offset pari a 2.00m e 1.50m, in modo da ottenere profili sismici diretti ed inversi. Le oscillazioni del sottosuolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo i profili di indagine con spacing predefinito. La lunghezza complessiva di ogni stendimento geofonico è stata sufficiente a determinare la



 solgeotek soluzioni geotecniche	Comune di SUBIACO (RM) Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco	Rev 0 del 04/09/2020
Job n. 50/20	Indagini geognostiche e geofisiche	Pag. 12 di 22

sismostratigrafia 2D dei terreni nel sito prescelto fino alla profondità massima di 35.4m dal p.c.

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=2.048s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.5ms$. La frequenza di campionamento è data da: $f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{\text{Nyquist}}=1/2dt=1000Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{\text{min}}=1/T=0.488Hz$.

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di n°2 sezioni sismostratigrafiche 2D delle V_S .

4.2.1 Interpretazione ed analisi dati M.A.S.W.

Le indagini sismiche MASW effettuate, considerando la sismostratigrafia a varie profondità dal p.c. in funzione dell'individuazione del bedrock sismico, hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine nella **categoria di sottosuolo di fondazione B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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.*) del D.M. 17 gennaio 2018. Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti fino ad individuare il bedrock sismico o qualora non individuato nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.



Le elaborazioni degli stendimenti sismici hanno quindi consentito di individuare, per il sito in studio, la presenza di sismostrati, le cui caratteristiche sono riepilogate nelle schede allegate:

Di seguito si riportano in tabella i valori di V_{seq} calcolati a partire dal piano campagna:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S0-7.2}$ (m/s)	$V_{S0-7.8}$ (m/s)	<i>Categoria Sottosuoli di Fondazione (D.M. 17/01/2018)</i>
MASW n. 1	[496]	-	B
MASW n. 2	[456]	-	B
MASW n. 3	-	[479]	B

Tab. 9 – Categoria Sottosuolo di fondazione ottenuta dalle prospezioni sismiche MASW.

Gli elaborati completi relativi alle prove effettuate sono riportate nelle schede allegate.

4.3 Acquisizione ed elaborazione dati Down Hole

E' stata eseguita n.1 indagine sismica tipo Down Hole all'interno del sondaggio S01 perforato e opportunamente condizionato fino alla profondità di 30m dal p.c..

La sorgente sismica è costituita da una massa battente (maglio dal peso di 6kg) in oscillazione libera ed urtante una piastra circolare in alluminio (generazione onde P, S_x e S_y); come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della sorgente energizzante posizionata alla distanza di 3m dal boccaforo.

Le oscillazioni del terreno sono state rilevate da una sonda geofonica tridimensionale (3 geofoni Geospace a 4.5Hz ortogonali tra loro) calata nel perforo a profondità decrescenti (da quota fondo foro a quota bocca foro) con intervalli di 2m.

Quando la battuta non risultava netta, o comunque il segnale non era significativo per la presenza di noise ambientale, la prova veniva ripetuta.

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=0.546s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.266ms$. La frequenza di campionamento è data



da: $f_{\text{campionamento}}=1/dt=3750\text{Hz}$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{\text{Nyquist}}=1/2dt=1875\text{Hz}$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{\text{min}}=1/T=1.831\text{Hz}$.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata con il programma Intersism 2.1 della Geo&soft International che permette di eseguire l'intero processo di elaborazione di una colonna sismostratigrafica.

4.3.1 Interpretazione ed analisi dati Down Hole

L'indagine sismica Down Hole effettuata, considerando la sismostratigrafia a varie profondità dal p.c. in funzione dell'individuazione del bedrock sismico, ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine nella **categoria di sottosuolo di fondazione B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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.*) del D.M. 17 gennaio 2018. Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti fino ad individuare il bedrock sismico o qualora non individuato nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

<i>Sismostrati</i>	<i>Profondità (m)</i>	V_P (m/s)	V_S (m/s)
S1	0.00 – 4.00	1376	524
S2	4.00 – 8.00	1888	711
S3	8.00 – 22.00	2752	1088
S4	22.00 – 30.00	3299	1371

Tab. 10 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_P e V_S per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica Down Hole - S 01.



Di seguito si riporta in tabella il valore di V_{seq} calcolato a partire dal piano campagna:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-8.0}$ (m/s)	<i>Categoria Sottosuolo di Fondazione (D.M. 17/01/2018)</i>
<i>S01-DH</i>	<i>[603 ÷ 604]</i>	<i>B</i>

Tab. 11 – Categoria Sottosuolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica Down Hole.

Gli elaborati relativi all'indagine sismica down hole DH-S01 effettuata, in forma grafica e numerica, sono riportati nelle schede allegate.

4.4 Acquisizione ed elaborazione dati Microtremori Ambientali (HVSr)

Il microtremore è stato rilevato da una terna di velocimetri ortogonali tra loro, i quali trasmettono il segnale analogico al sistema di acquisizione/conversione digitale (sismografo MAE A6000S).

La terna di velocimetri ortogonali tra loro (un velocimetro verticale e due orizzontali - Geospace a 4.5Hz) è stata posizionata correttamente (tramite bolla sferica e piedini regolabili) sul piano di calpestio (terreno). La stessa terna è stata orientata con il Nord. Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=1200s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=4ms$. La frequenza di campionamento è data da: $f_{campionamento}=1/dt=250Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{Nyquist}=1/2dt=125Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{min}=1/T=0.00083Hz$

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (HVLab della MAE) per la determinazione della frequenza di picco.

4.4.1 Interpretazione ed analisi dati Microtremori Ambientali (HVSr)

Le elaborazioni dei segnali delle prospezioni sismiche a stazione singola n.1 effettuata permettono di evidenziare un picco molto superficiale pari a 20.85 ± 4.11 Hz con ampiezza pari a 2.51.



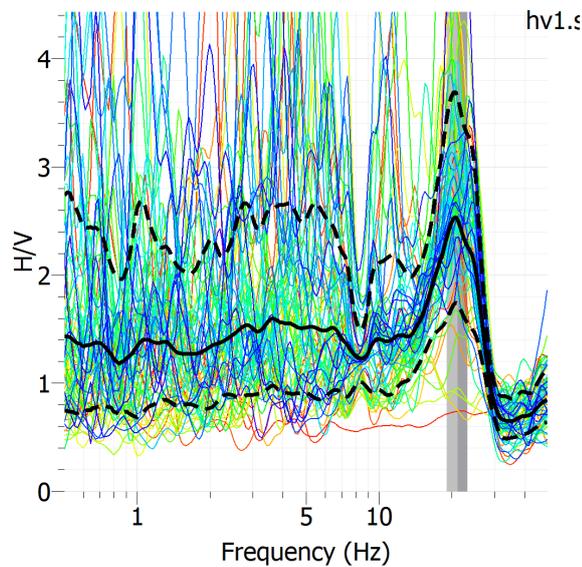


Fig. 5 – Curve H/V Spectral Ratio dell'analisi HVSR n.1

Le elaborazioni dei segnali delle prospezioni sismiche a stazione singola n.2 effettuata permettono di evidenziare un picco poco evidente pari a 16.28 ± 1.89 Hz con ampiezza pari a 1.52, si evidenziano inoltre un ulteriore picco pari a circa 35 Hz.

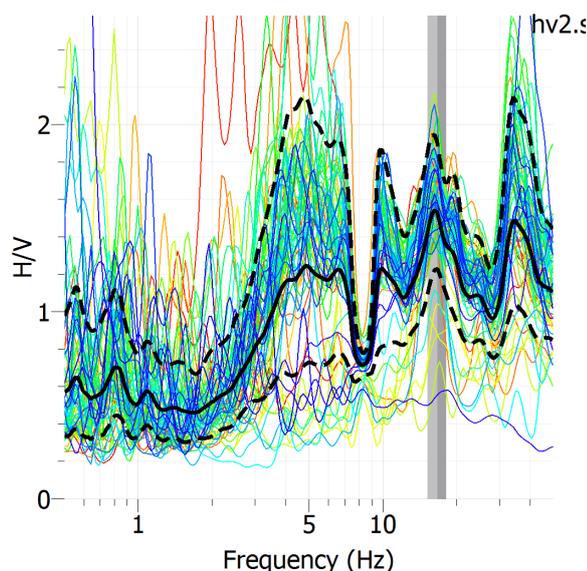


Fig. 6 – Curve H/V Spectral Ratio dell'analisi HVSR n.2

<i>Prospezione sismica</i>	<i>f_o (Hz) picco</i>
<i>HVSR n.1</i>	<i>[20.85 ± 4.11 Hz]</i>
<i>HVSR n.2</i>	<i>[16.28 ± 1.89 Hz]</i>

Tab. 12 – Valori di f_o calcolati, relativi alle prospezioni sismiche HVSR effettuate.

4.5 Acquisizione ed elaborazione dati Sismica a Rifrazione (SR)

Per l'elaborazione di sismica a rifrazione, energizzando il terreno in superficie e misurando i tempi di arrivo delle onde P, sono state determinate le velocità VP dei litotipi e la loro disposizione geometrica bidimensionale.

Lungo lo stendimento sono state eseguite varie energizzazioni con battute in 5 diversi punti (Tab. 1). Per le acquisizioni dei segnali è stata evitata la sommatoria sincrona dei segnali al fine di evitare di "sporcare" i segnali stessi.

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito software (RAYFRACT 3.9) utilizzando il metodo GRM (Metodo Reciproco Generalizzato) per la determinazione della sismostratigrafia delle VP del sottosuolo.

Il Generalized Reciprocal Method (GRM) consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistono di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifratore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti, e nella fattispecie il metodo tomografico, sono dei casi particolari.

4.5.1 Acquisizione ed elaborazione dati - Tomografia Sismica

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=0.546s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.266ms$. La frequenza di campionamento è data da: $f_{campionamento}=1/dt=3750Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{Nyquist}=1/2dt=1875Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{min}=1/T=1.831Hz$.



Il processing dei dati è stato effettuato con il programma RAYFRAC 3.9 che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di n.1 sezione tomografica 2D delle VP.

Gli elaborati relativi all'elaborazione dei dati acquisiti per sismica a rifrazione sono riportati in forma grafica e numerica nelle schede allegate.

L'analisi della prospezione sismica a rifrazione effettuata evidenzia la presenza di due sismostrati ben definiti (Tab. 14).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità media top sismostrato</i>	<i>Spessore medio (m)</i>	<i>V_P (m/s)</i>
<i>S1</i>	<i>0.0m dal p.c.</i>	<i>3.5</i>	<i>1665.3</i>
<i>S2</i>	<i>3.5m dal p.c.</i>	<i>indefinito</i>	<i>2718.0</i>

Tab. 13 – Riepilogo sismostratigrafia onde P prospezione sismica a rifrazione n.1.

5. Sondaggi in fondazione

Sono stati effettuati n° 4 sondaggi in fondazione mediante carotaggio continuo nella muratura in direzione subverticale, il tutto finalizzato all'individuazione del piano di imposta e alla caratterizzazione del sistema fondazione-suolo. Le perforazioni sono state eseguite, per il sondaggio SF1, con la sonda di perforazione tipo **PSM980G** impiegata anche per i sondaggi geognostici, mentre per i carotaggi SF2, SF3 e SF4 è stata utilizzata una carotatrice hilti a corona diamantata mod. DD 350 CA caratterizzata da:

Numero marce	2	Classe di protezione	Classe I
Gamma di perforazione	a telaio ad acqua: 25-400 mm	Funzionamento a secco o ad acqua	Ad acqua
Peso (EPTA) - 01/2003	13.9 kg	Modo di funzionamento	Sistema di perforazione su supporto
Peso sistema completo	34 kg	Angolo max	45 °
Dimensioni (LxPxH)	630 x 150 x 173 mm	Salvavita PRCD	Sì
Tipo mandrino	BL	Sistema di raccolta acqua	Sì



Si riporta, nella seguente tabella, un riwpiologo delle perforazioni eseguite:

CAROTAGGIO ID.	PROFONDITÀ PERFORAZIONE (M DA P.C.)	INCLINAZIONE CAROTAGGIO (°)	Profondità piano posa fondale (m)	SONDA DI PERFORAZIONE UTILIZZATA	METODO DI PERFORAZIONE
SF1	3,00	12	≈1,40	PSM980G	Rotazione con carotiere semplice
SF2	1,30	5	≈0,80	HILTI DD350 CA	Rotazione con carotiere semplice
SF3	1,50	5	≈0,80	HILTI DD350 CA	Rotazione con carotiere semplice
SF4	2,50	5	≈0,80	HILTI DD350 CA	Rotazione con carotiere semplice

5.1 Stratigrafie sondaggi in fondazione

Le perforazioni hanno consentito di ricostruire la composizione della muratura ed i rapporti fondazione/terreno come di seguito riportato:

CAROTAGGIO (SF1)



Postazione





Descrizione stratigrafica:

Da 0.00 a 0.20m Marciapiede

Da 0.20 a 0.90m Muratura mista composta da elementi lapidei e laterizi

Da 0.90 a 1.40m Calcestruzzo

Da 1.40 a 3.00m Limo sabbioso marrone

CAROTAGGIO (SF2)



Postazione



Descrizione stratigrafica:

Da 0.00 a 0.10m Pavimentazione esterna

Da 0.10 a 0.30m Soletta in cls

Da 0.30 a 0.80m Blocchi lapidei di riempimento di natura prevalentemente arenacea

Da 0.80 a 1.30m Arenaria giallastra tenera

CAROTAGGIO (SF3)



Postazione



Descrizione stratigrafica:

Da 0.00 a 0.05m Pavimentazione esterna

Da 0.05 a 0.15m Soletta in cls

Da 0.15 a 0.80m Blocchi lapidei di riempimento di natura prevalentemente arenacea

Da 0.80 a 1.50m Arenaria giallastra tenera

CAROTAGGIO (SF4)



Postazione



Descrizione stratigrafica:

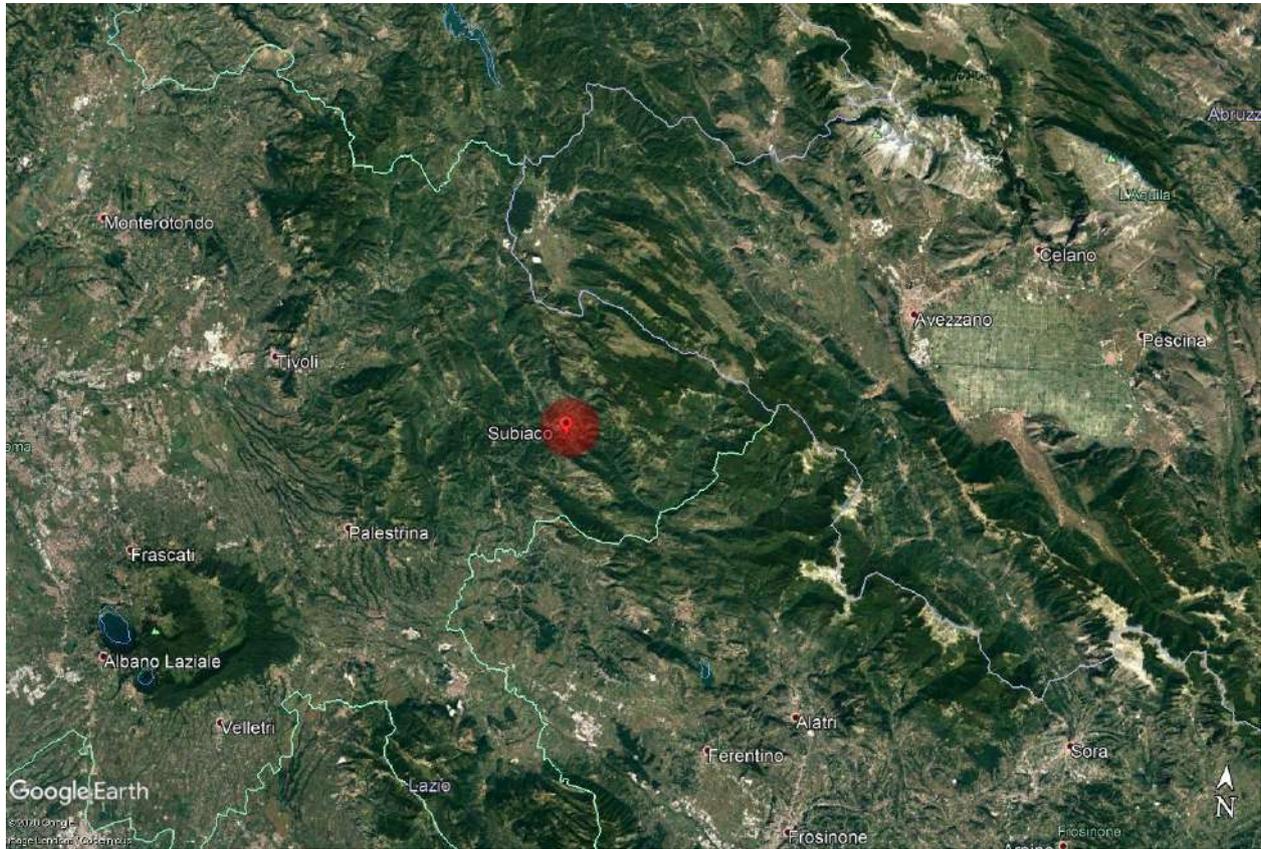
Da 0.00 a 0.10m Rivestimento esterno

Da 0.05 a 0.20m Soletta in cls

Da 0.20 a 0.80m Blocchi lapidei di riempimento di natura prevalentemente arenacea

Da 0.80 a 2.50m Arenaria giallastra tenera

COROGRAFIA DELL'AREA



AREA DI INDAGINE



SCALA LOCALE



 **SONDAGGI A C.C.**

 **SONDAGGIO A C.C. ORIZZONTALE**



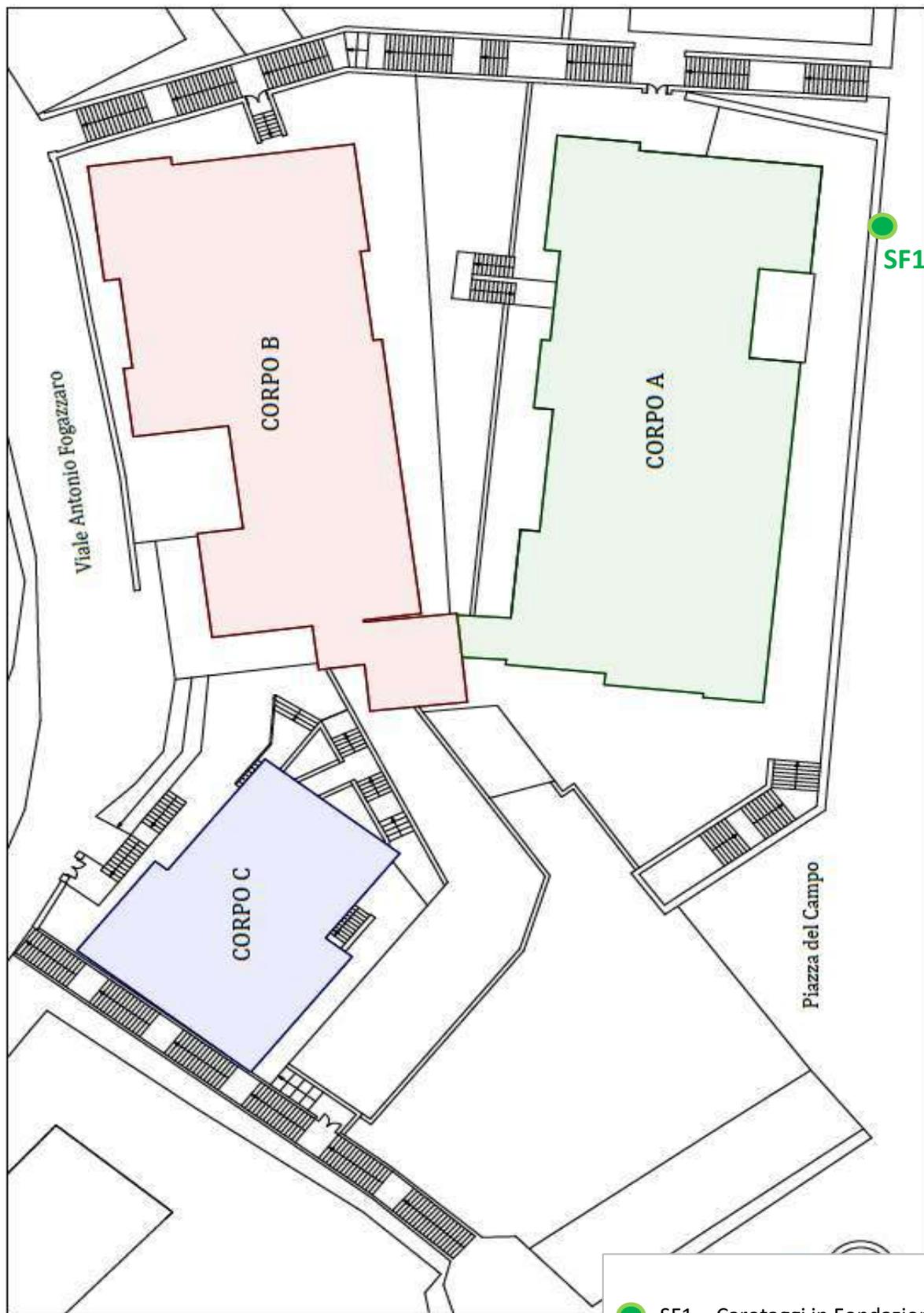
— Stendimenti sismica a rifrazione/MASW

● Prospezione Down Hole

● Sismica Passiva HVSR

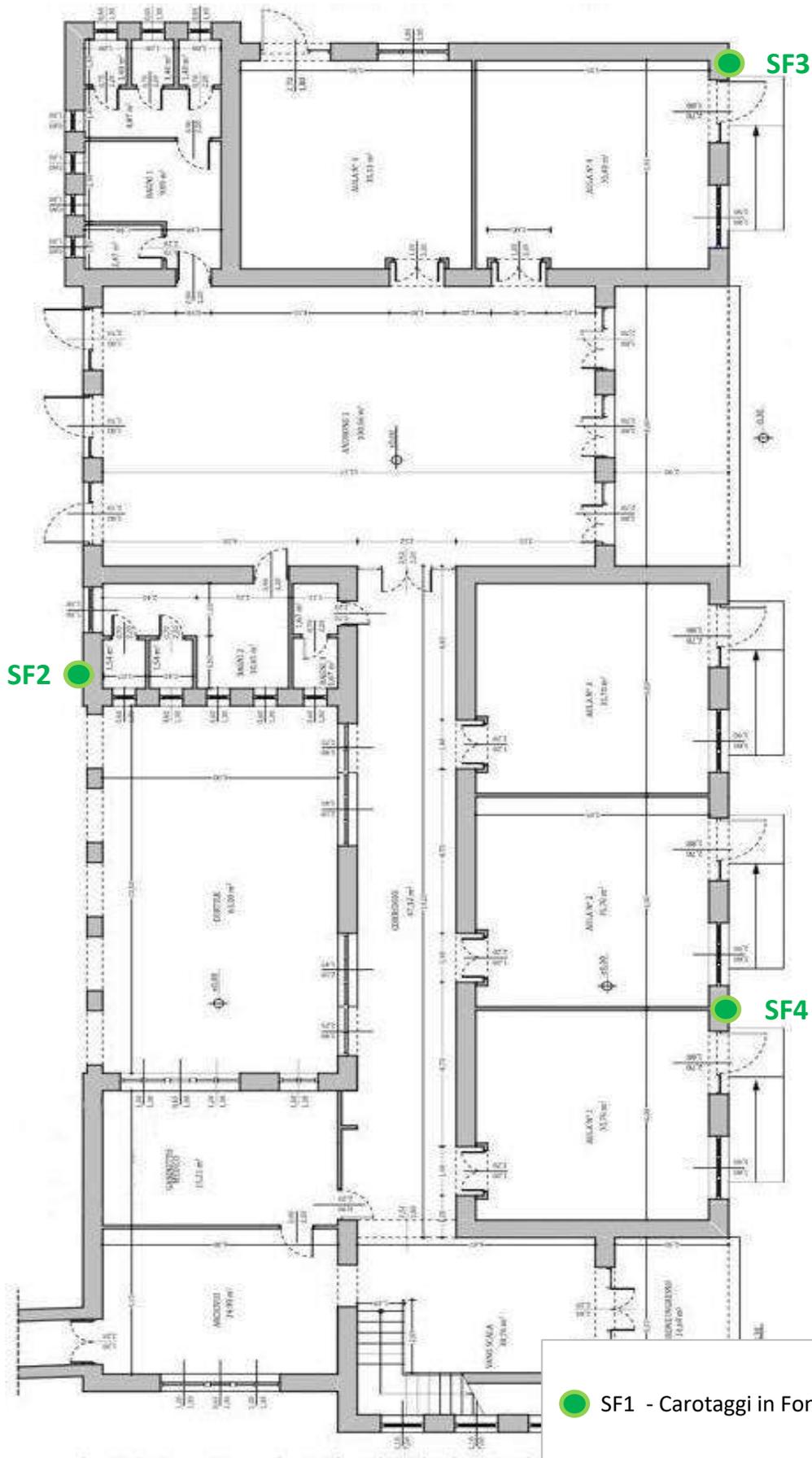


PLANIMETRIA GENERALE



● SF1 - Carotaggi in Fondazione

SCUOLA PRIMARIA - CORPO A



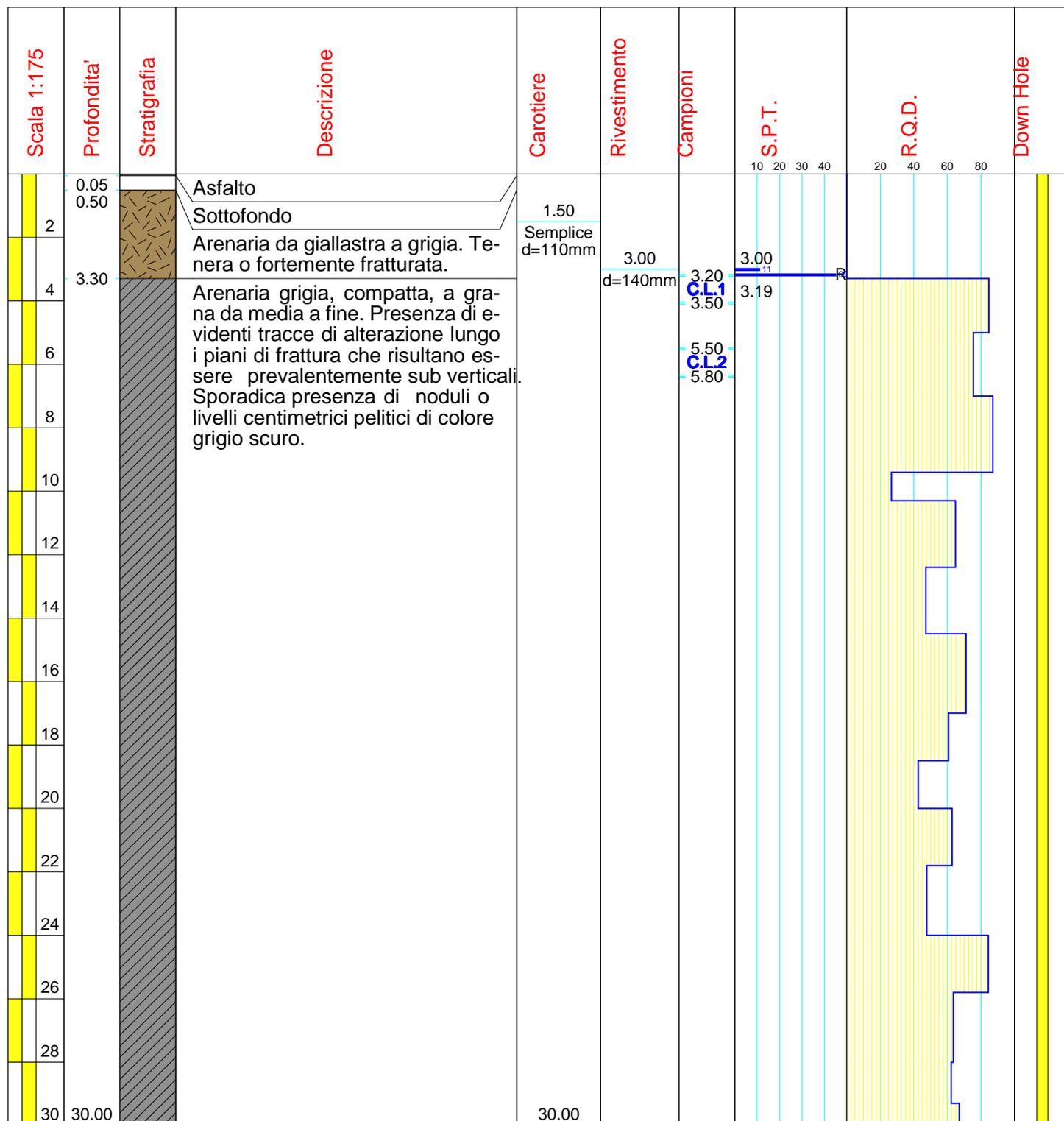
Committente Com. di Subiaco (RM)

 Cantiere Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro

 Progetto/Opera Adeguamento sismico funzionale ed efficientamento energetico

 Sondaggio n° S01-DH Profondità raggiunta (m dal p.c.) 30,0 m Data 03-04/08-2020 Sonda PSM980G

 Operatore Sig. A. Gravante Falda (m dal p.c.) / Coordinate Lat. 41,925877 - Lon. 13,098547

 Quota (m slm) Note/Anomalie

 Doppio+diam.
d=110mm

30.00

Committente Com. di Subiaco (RM)

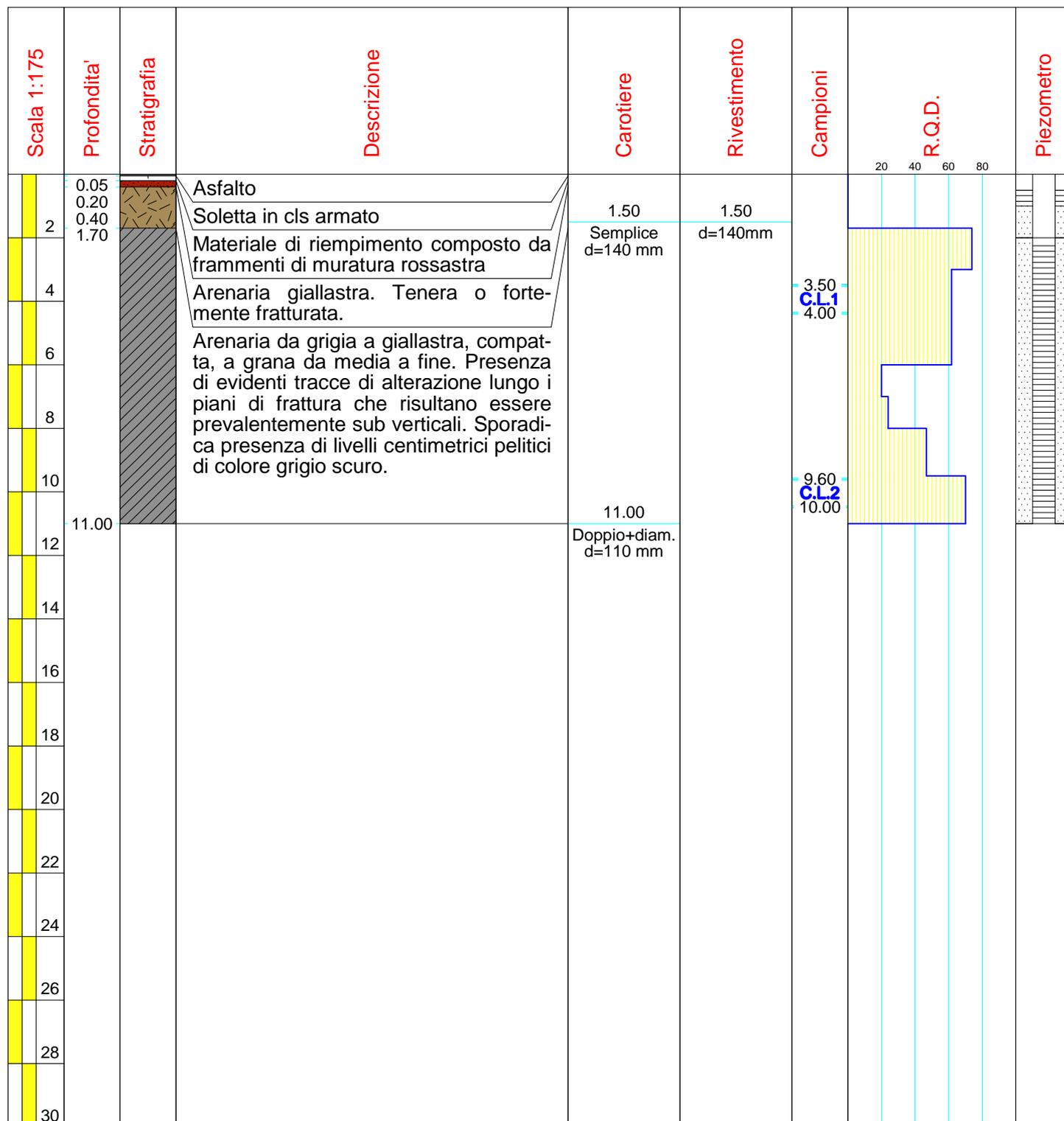
 Cantiere Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro

 Progetto/Opera Adeguamento sismico funzionale ed efficientamento energetico

 Sondaggio n° S02-P Profondità raggiunta (m dal p.c.) 11,0 m Data 05-08-2020 Sonda PSM980G

 Operatore Sig. A. Gravante Falda (m dal p.c.) / Coordinate Lat. 41,926322 - Lon. 13,098487

Quota (m slm) _____ Note/Anomalie _____



Committente Com. di Subiaco (RM)

 Cantiere Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro

 Progetto/Opera Adeguamento sismico funzionale ed efficientamento energetico

 Sondaggio n° S03-i Profondità raggiunta (m dal p.c.) 3,0 m Data 05-08-2020 Sonda PSM980G

 Operatore Sig. A. Gravante Falda (m dal p.c.) / Coordinate Lat. 41,925895 - Lon. 13,098749

 Quota (m slm) Note/Anomalie

Scala 1:175	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere
	0.25		Rivestimento in travertino	3.00 Semplice d=110 mm
	0.90		Malta cementizia con frammenti di travertino	
2	1.50		Probabile muratura costituita da elementi tufacei rossastri con scorie centimetriche.	
4	3.00		Arenaria giallastra, tenera o fortemente fratturata.	
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				

Committente Com. di Subiaco (RM)

 Cantiere Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro

 Progetto/Opera Adeguamento sismico funzionale ed efficientamento energetico

 Sondaggio n° S04 Profondità raggiunta (m dal p.c.) 10,0 m Data 04-08-2020 Sonda PSM980G

 Operatore Sig. A. Gravante Falda (m dal p.c.) / Coordinate Lat. 41,925857 - Lon. 13,098914

Quota (m slm) _____ Note/Anomalie _____

Scala 1:175	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Carotiere	Rivestimento	Campioni	S.P.T.		R.Q.D.		P.P. (Kg/cmq)	V.T. (N/cmq)
							10 20 30 40	20 40 60 80				
	0.05		Asfalto									
	0.50		Sottofondo stradale								2.8	
2			Limo e limo sabbioso di colore marrone chiaro con venature rossastre da alterazione. Struttura laminare con presenza di un livello più francamente sabbioso tra 2.0m e 2.2m.				1.50					
							1.95				3.2	7.50
4											4.0	9.00
											4.2	8.50
6							4.50				3.5	7.00
			Limo sabbioso grigio verdastro con venature rossastre da alterazione. Struttura laminare.				5.00				3.3	7.50
							5.45				1.4	1.50
8	6.10			7.00	7.50		7.00				1.6	2.00
				Semplice d=110 mm	d=140mm						2.5	4.50
10	7.05						7.10					
			Arenaria da grigia a giallastra, compatta, a grana da media a fine. Presenza di tracce di alterazione lungo i piani di frattura che risultano essere prevalentemente sub verticali.									
12	10.00											
14												
16												
18												
20												
22												
24												
26												
28												
30												

Committente: Comune di Subiaco

Cantiere: Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco

MASW N. 1

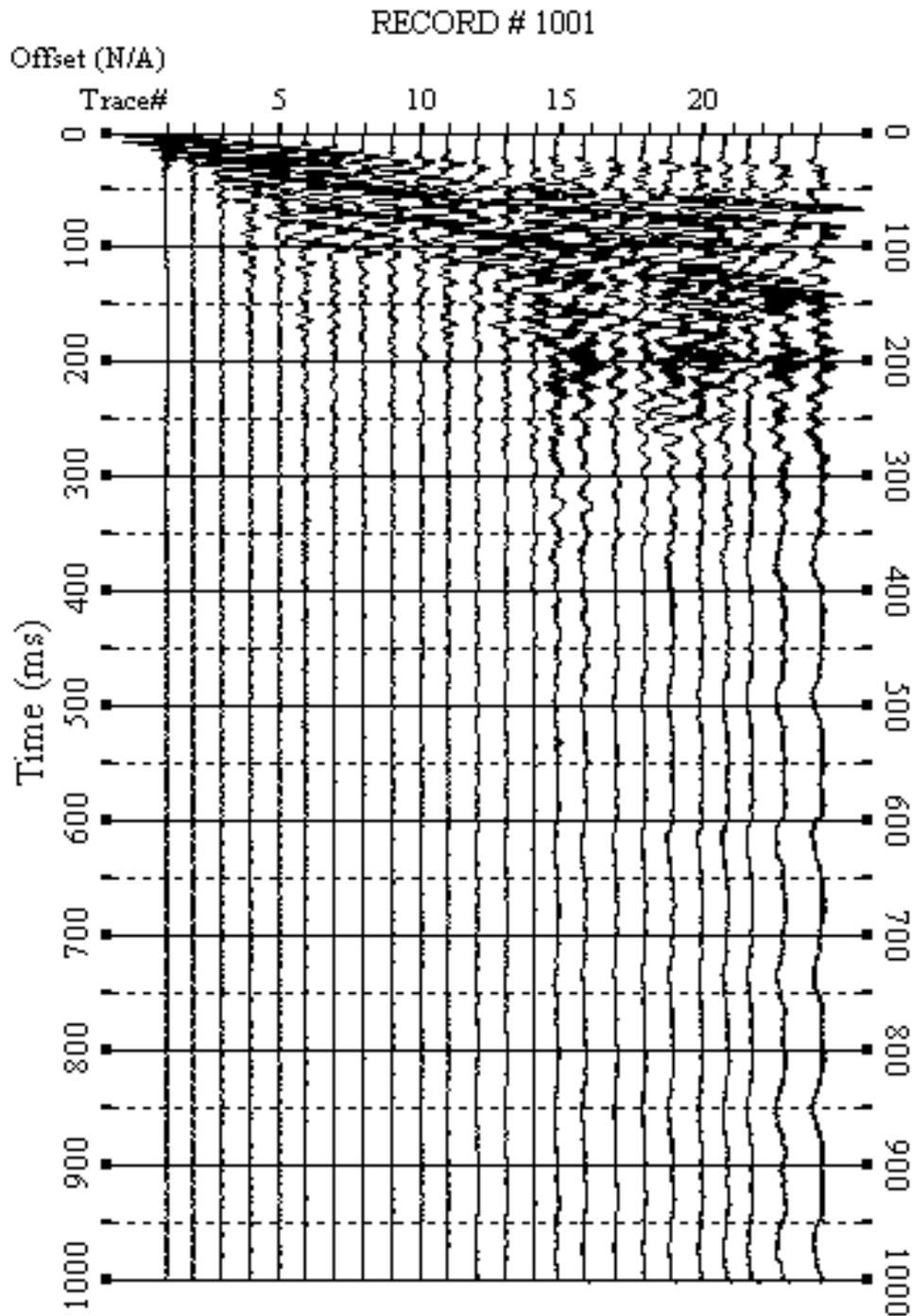


Fig. 1 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1. acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-1000]ms.

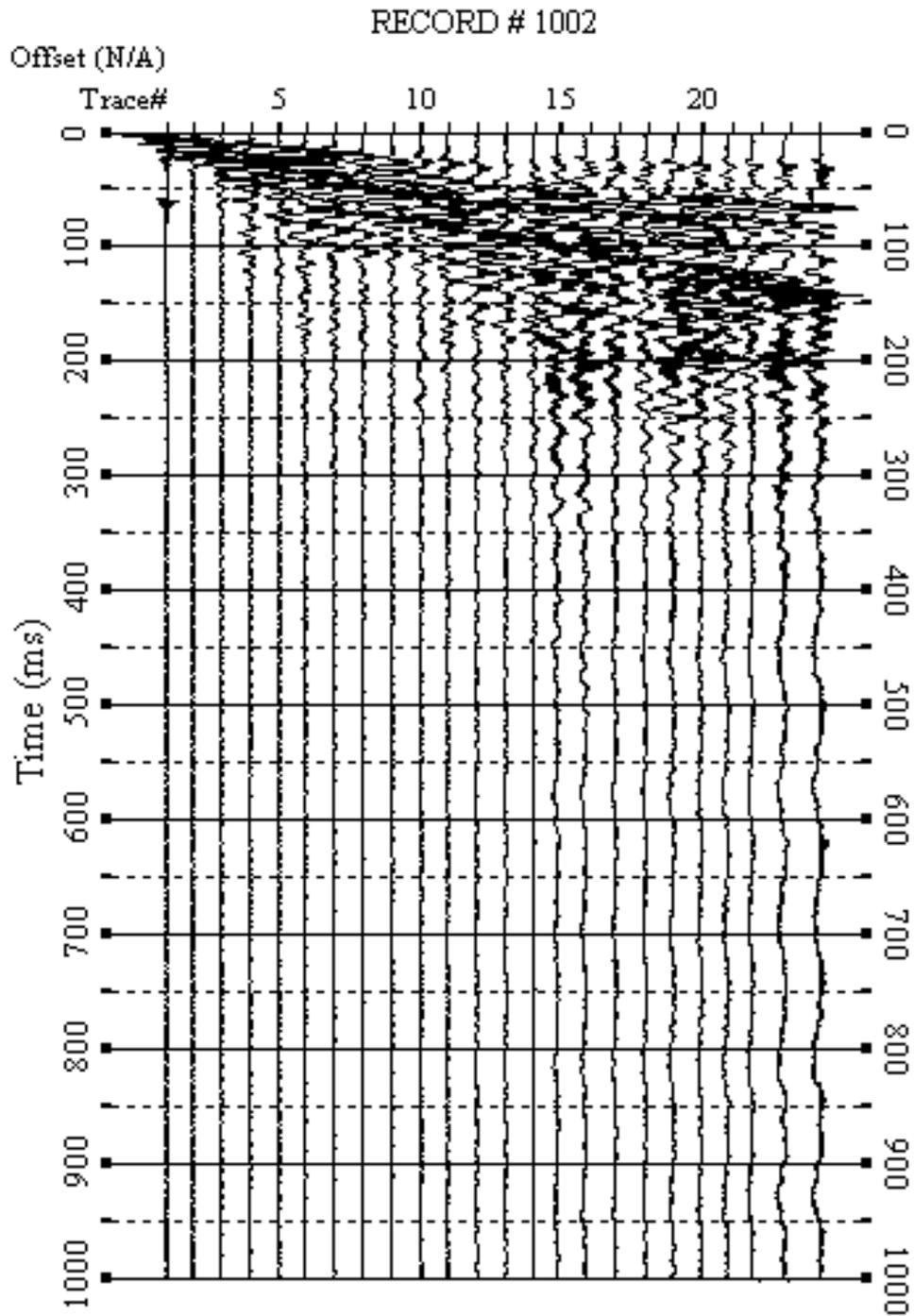


Fig. 2 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-1000]ms.

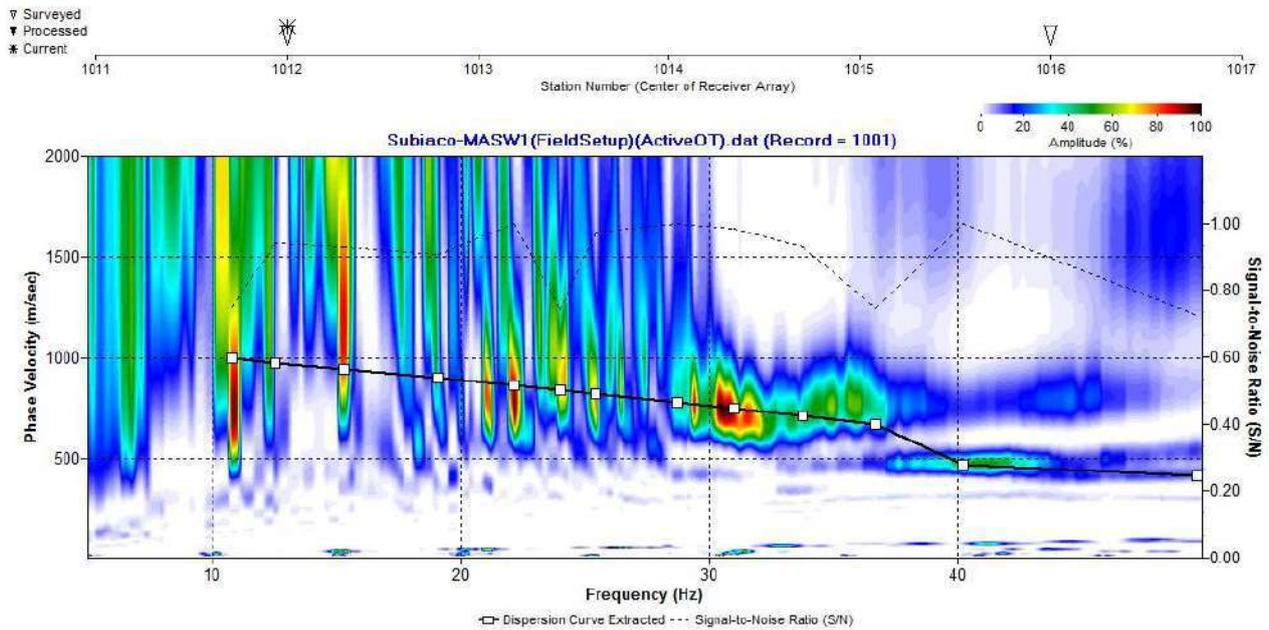


Fig. 3– Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1.

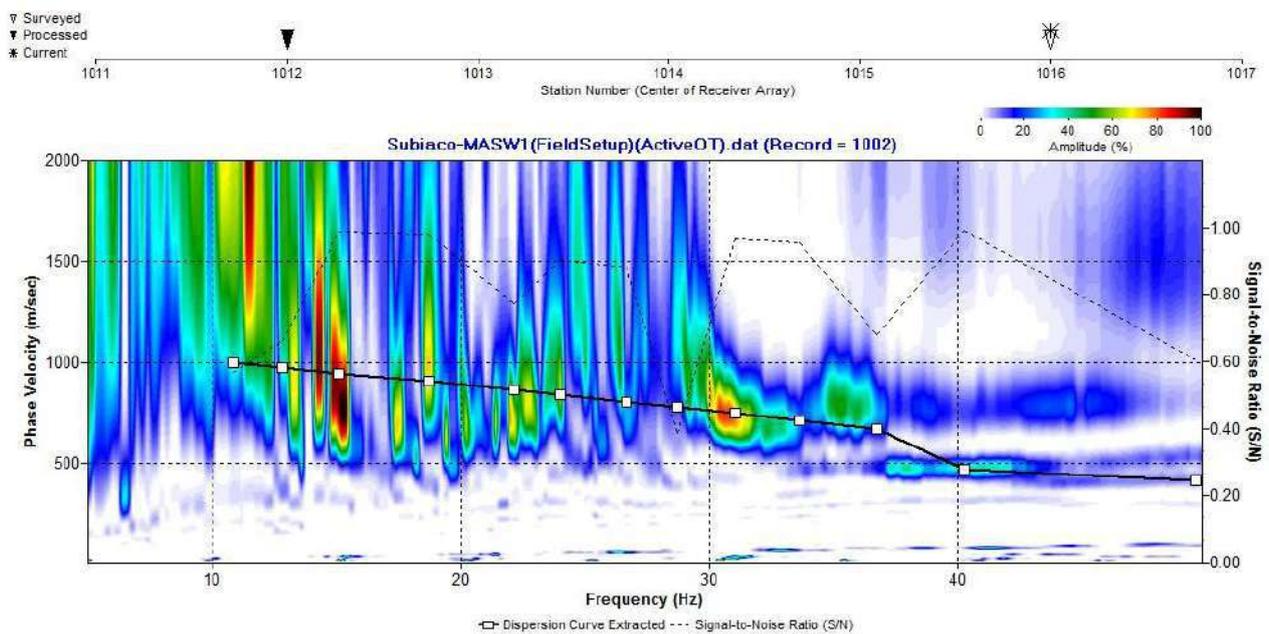


Fig. 4 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2.

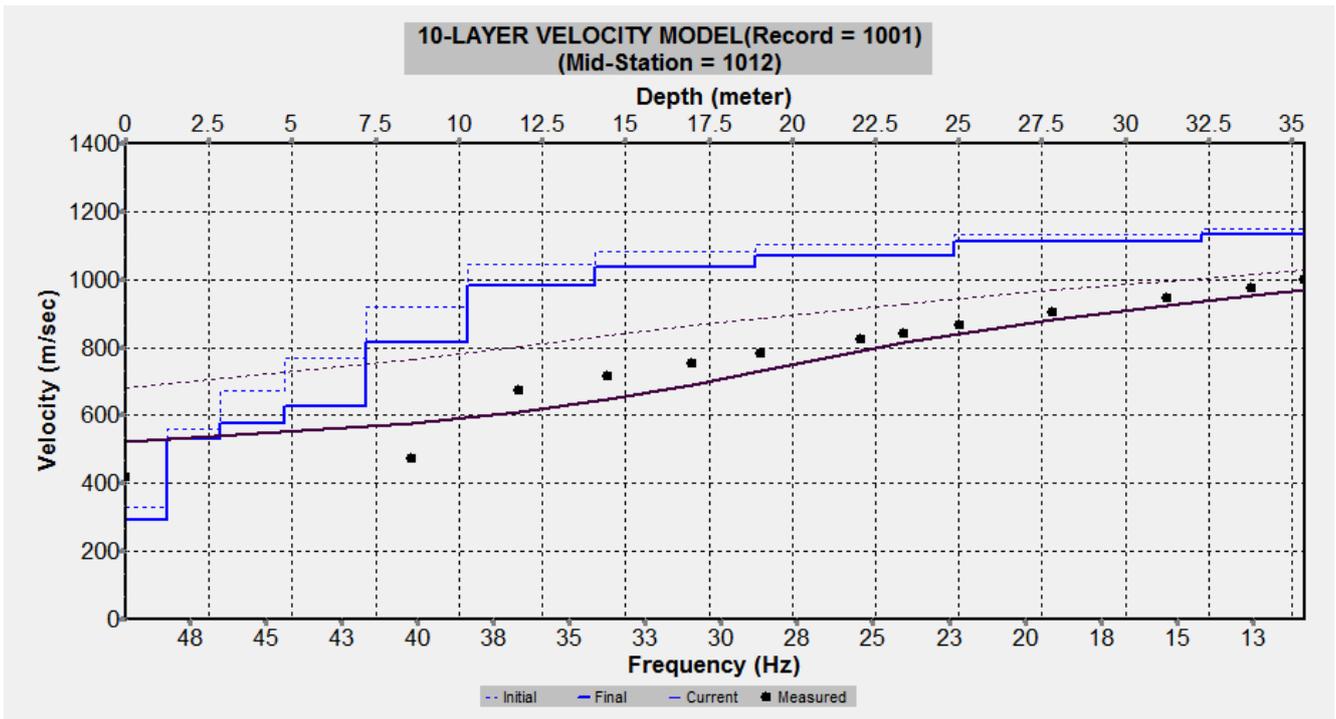


Fig. 5 – Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 1.

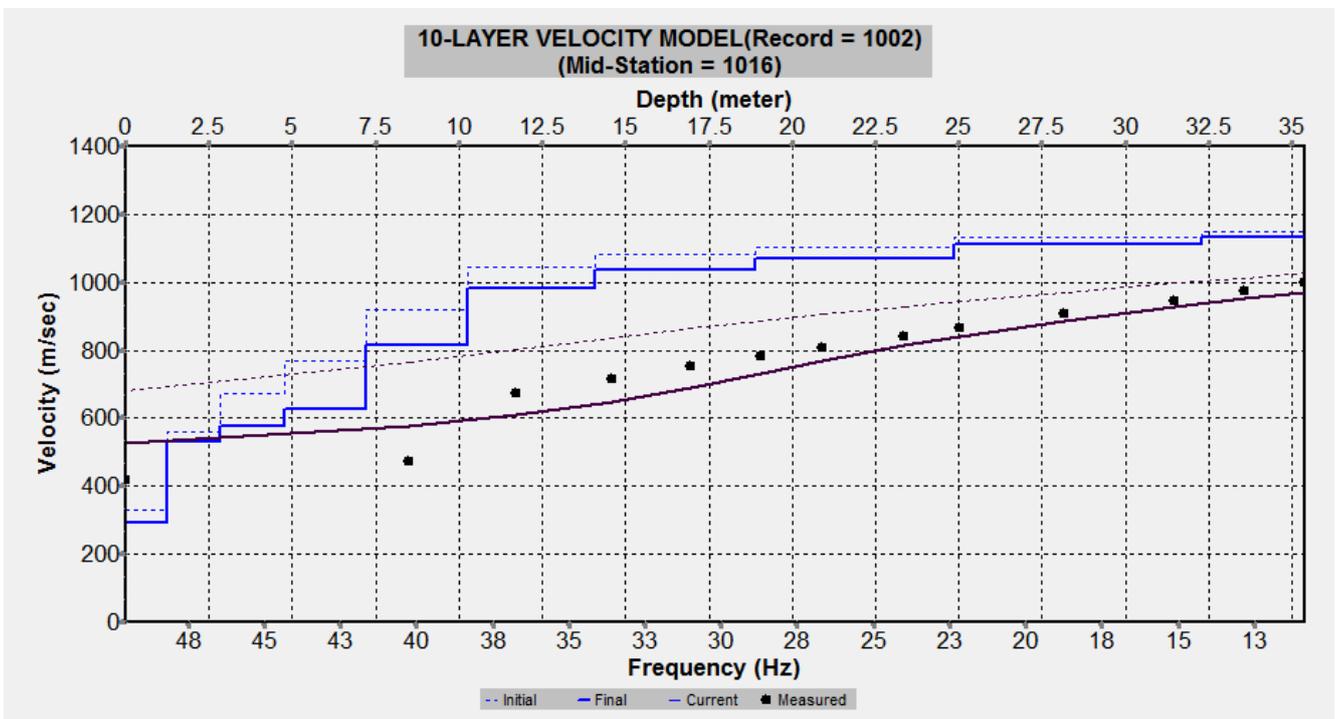


Fig. 6 – Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 2.

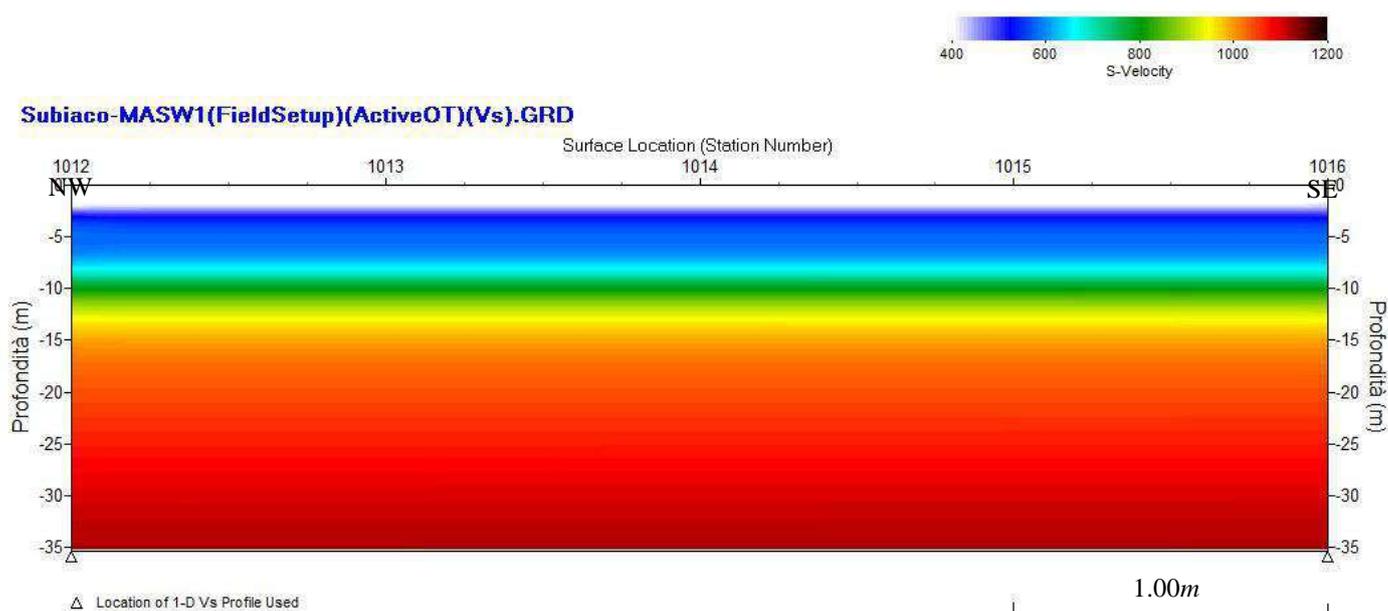


Fig. 7 – Modello sismostratigrafico 2D delle V_S ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 1.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_S (m/s) acquisizione n.1</i>	<i>V_S (m/s) acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.3	291	291
S2	1.3 – 2.8	530	530
S3	2.8 – 4.8	578	578
S4	4.8 – 7.2	626	625
S5	7.2 – 10.3	815	814
S6	10.3 – 14.1	981	980
S7	14.1 – 18.9	1035	1035
S8	18.9 – 24.8	1069	1069
S9	24.8 – 32.3	1110	1111
S10	32.3 – 35.4	1132	1133

Tab. 1- Prospetto delle determinazioni dei valori di V_S per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.1

<i>Prospezione sismica</i>	<i>$V_{S\ 0-7.2}$ (m/s)</i>	<i>Categoria sottosuolo (D.M.17/01/2018)</i>
MASW n. 1	[496]	B

Tab. 2 – Valori di $V_{S,eq}$ calcolati a partire dal p.c.

Committente: Comune di Subiaco

Cantiere: Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco

MASW N. 2

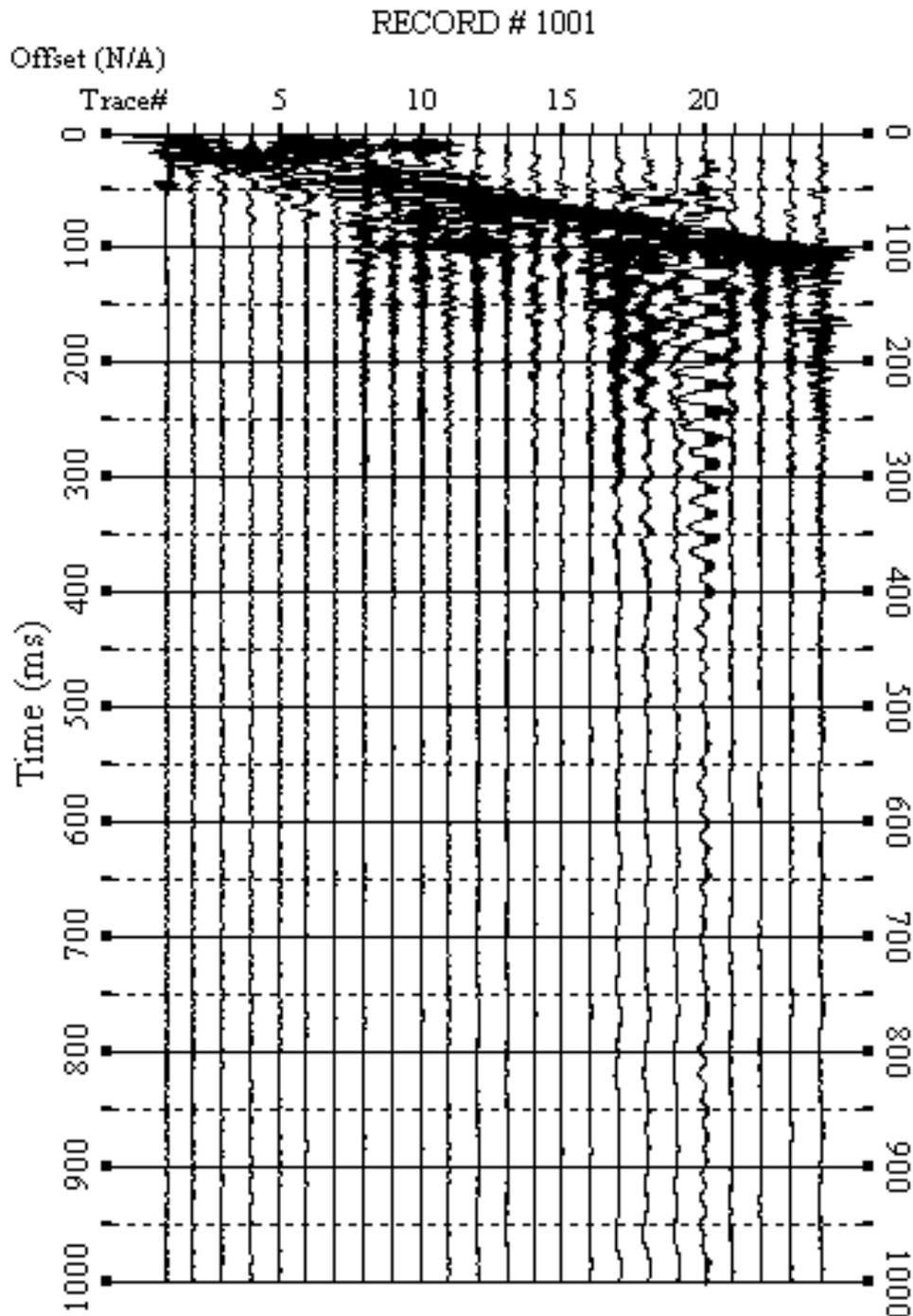


Fig. 1 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 2. acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-1000]ms.

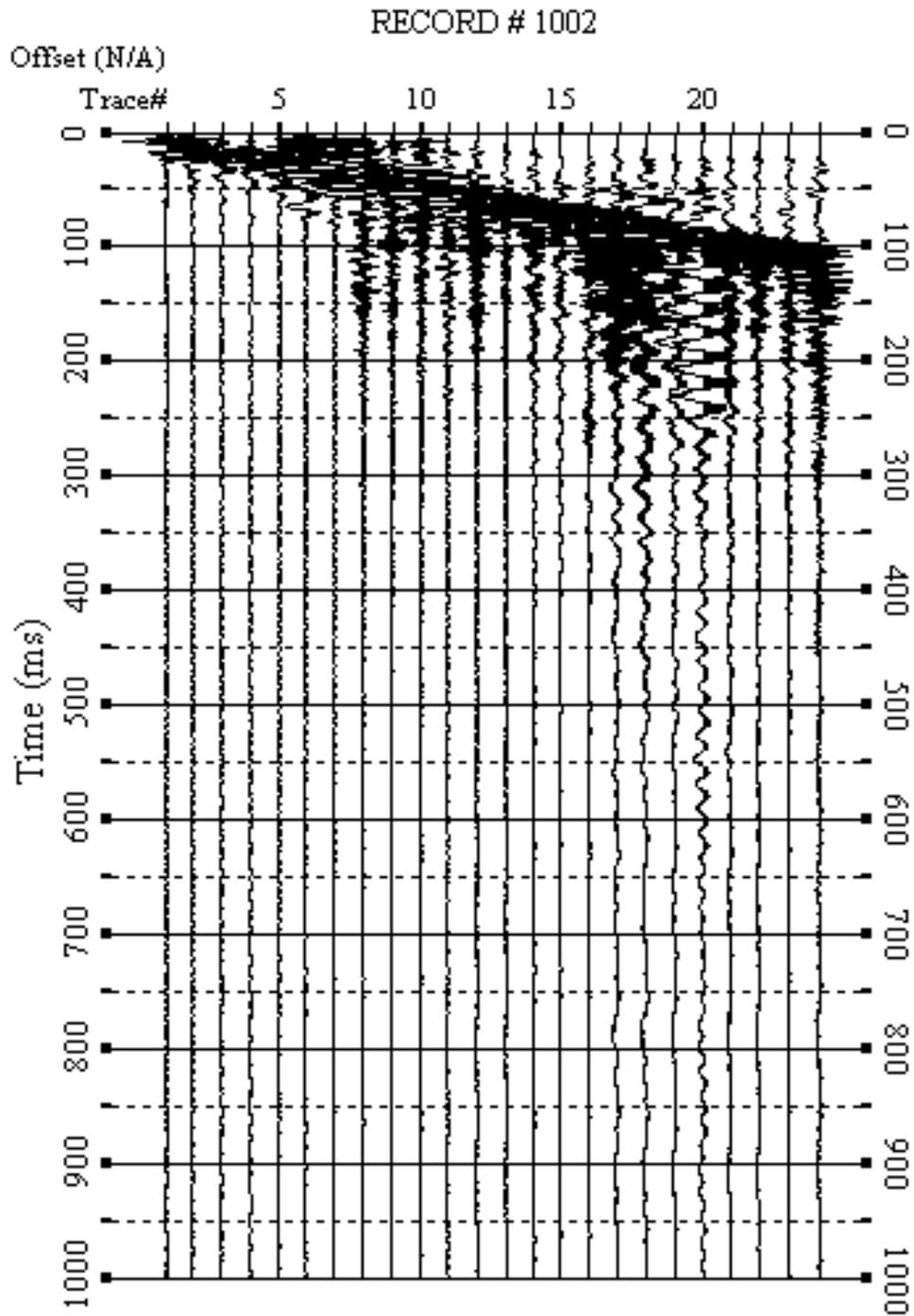


Fig. 2 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-1000]ms.

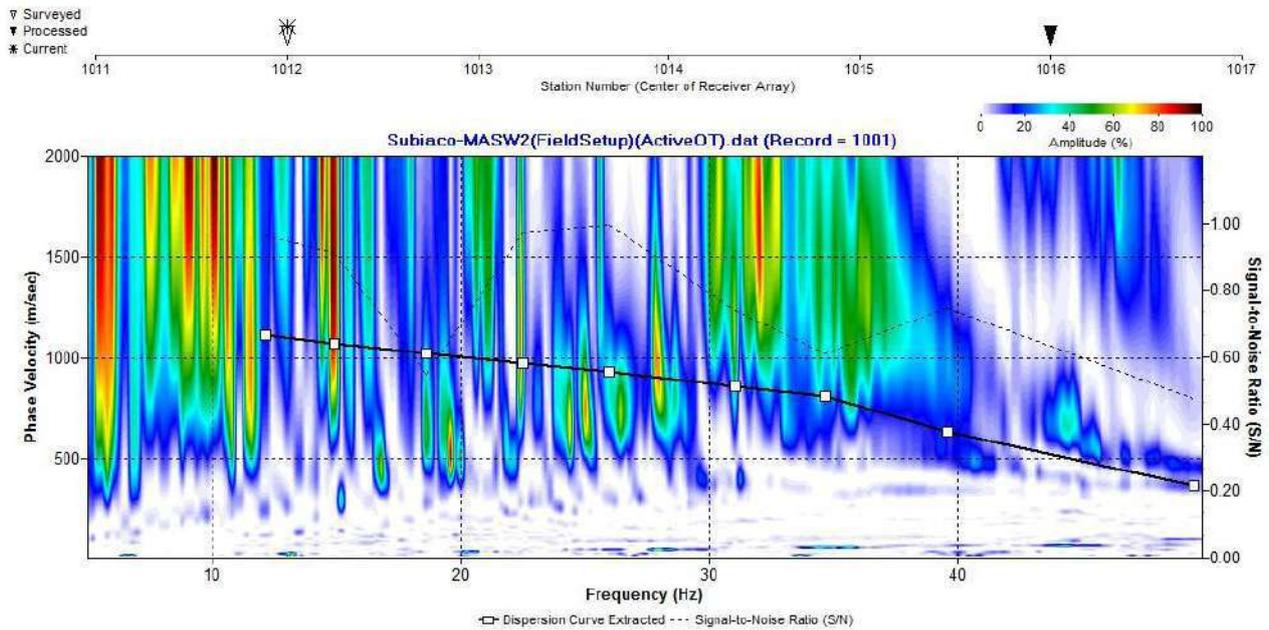


Fig. 3– Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 1.

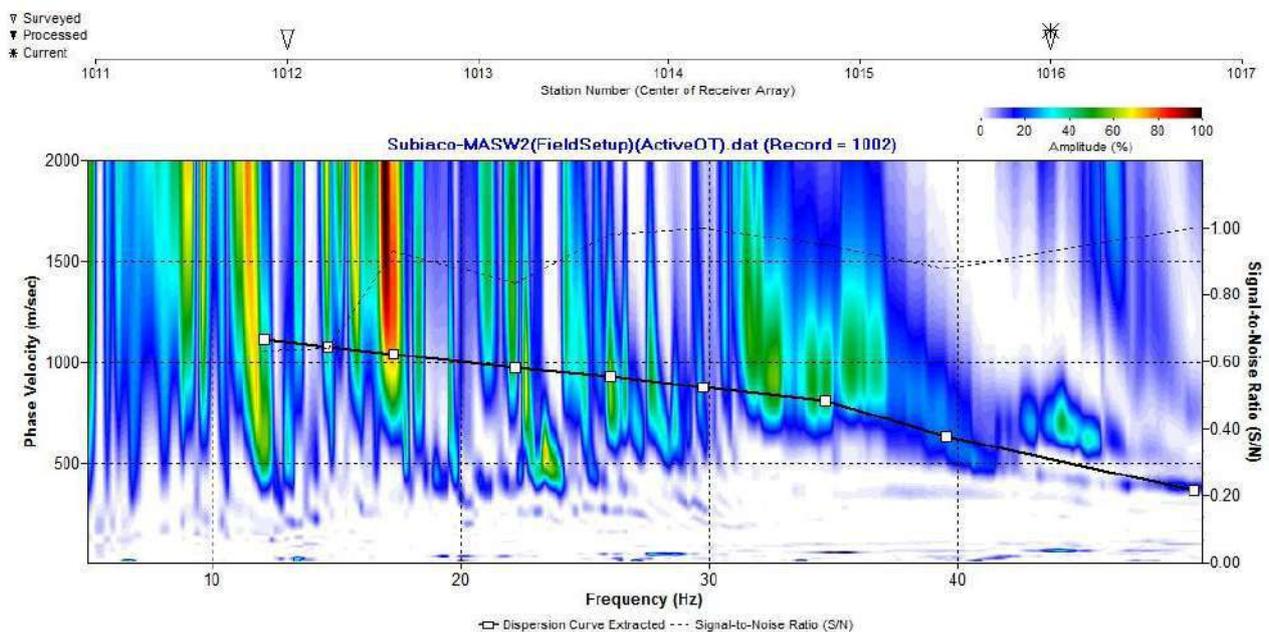


Fig. 4 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 2.

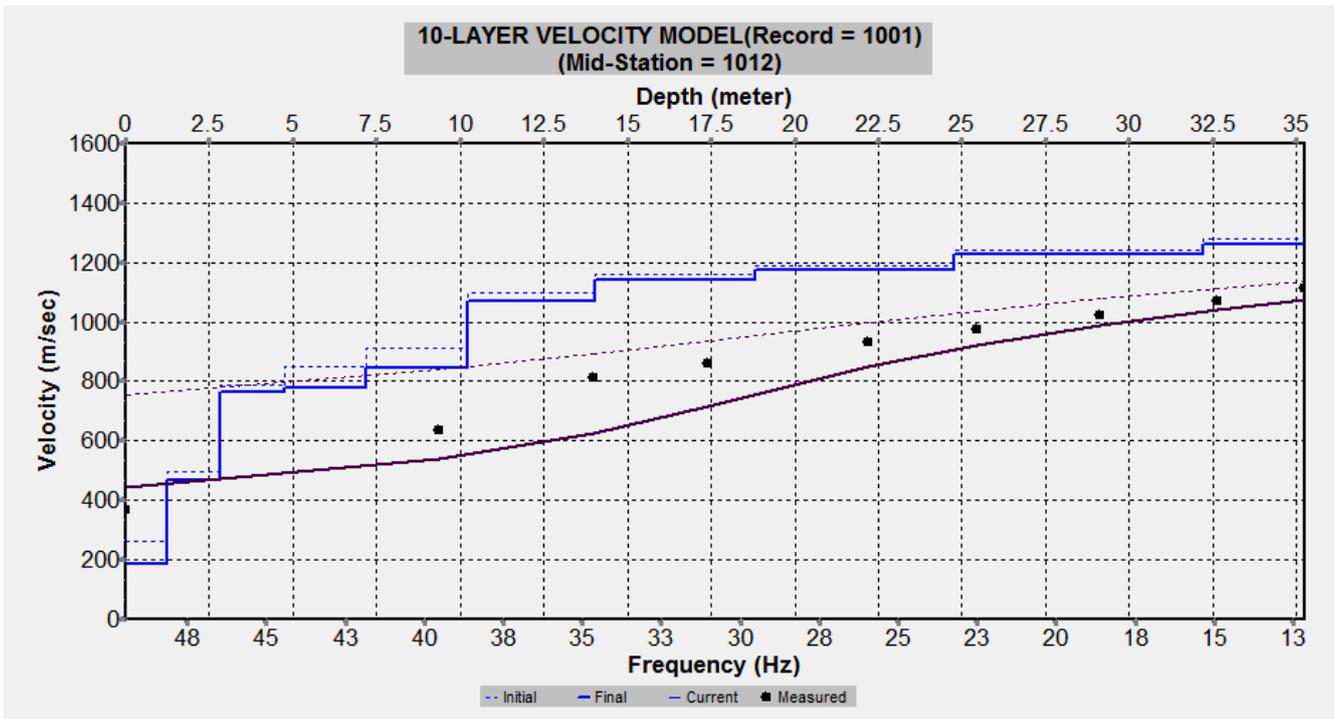


Fig. 5 – Profilo verticale 1D delle V_S ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 2 - acquisizione n. 1.

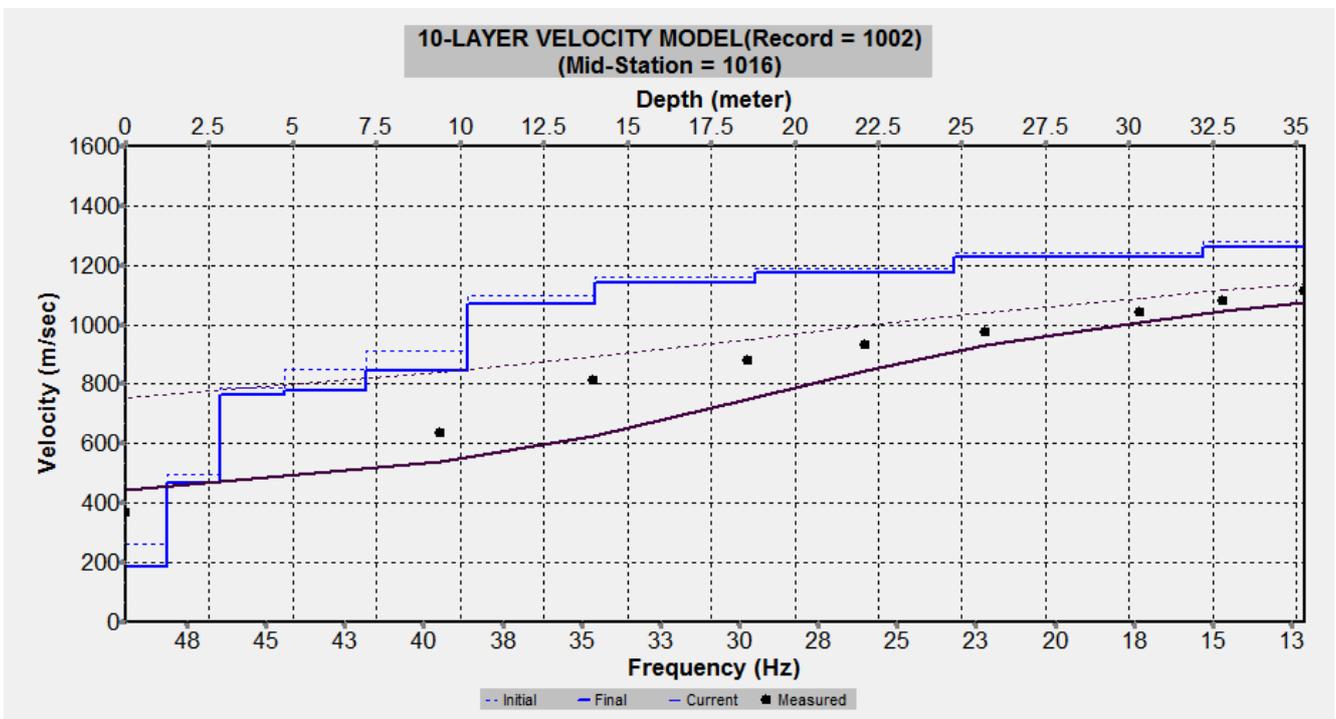


Fig. 6 – Profilo verticale 1D delle V_S ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 2 - acquisizione n. 2.

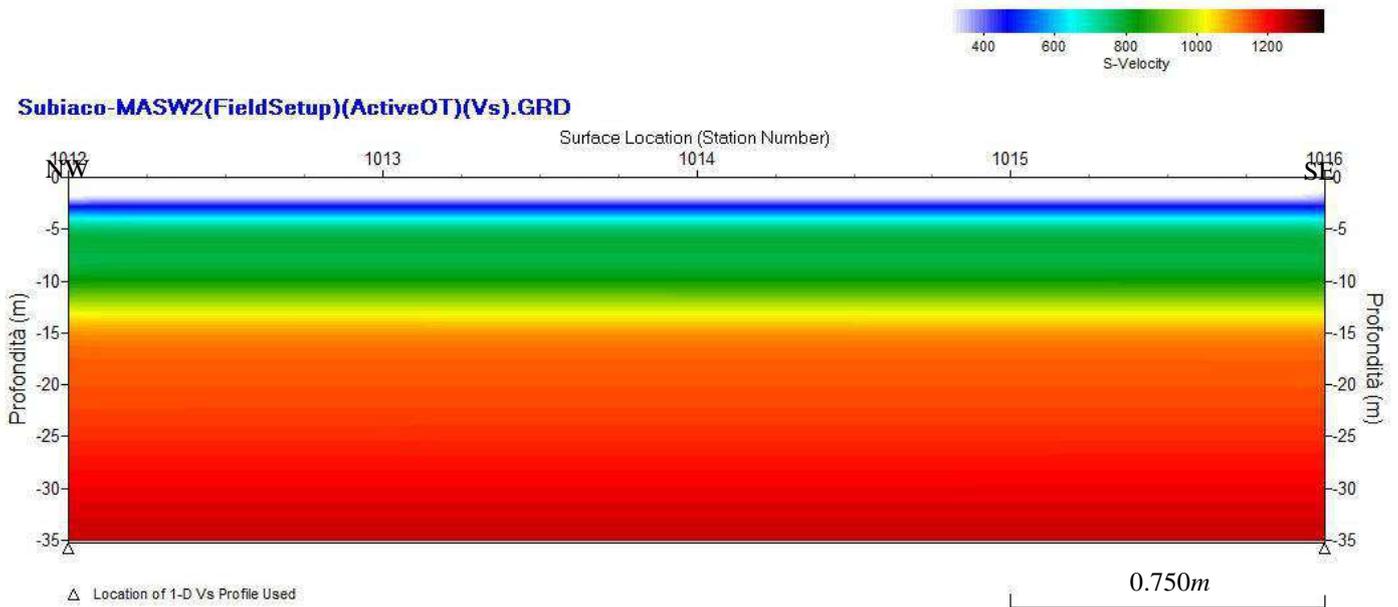


Fig. 7 – Modello sismostratigrafico 2D delle V_S ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 2.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_S (m/s) acquisizione n.1</i>	<i>V_S (m/s) acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.2	184	184
S2	1.2 – 2.8	468	468
S3	2.8 – 4.8	765	765
S4	4.8 – 7.2	779	779
S5	7.2 – 10.2	844	843
S6	10.2 – 14.1	1071	1070
S7	14.1 – 18.8	1142	1142
S8	18.8 – 24.8	1174	1174
S9	24.8 – 32.2	1226	1226
S10	32.2 – 35.2	1262	1262

Tab. 1- Prospetto delle determinazioni dei valori di V_S per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.2

<i>Prospezione sismica</i>	<i>$V_{S\ 0-7.2}$ (m/s)</i>	<i>Categoria sottosuolo (D.M.17/01/2018)</i>
MASW n. 2	[456]	B

Tab. 2 – Valori di $V_{S,eq}$ calcolati a partire dal p.c.

Committente: Comune di Subiaco

Cantiere: Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco

MASW N. 3

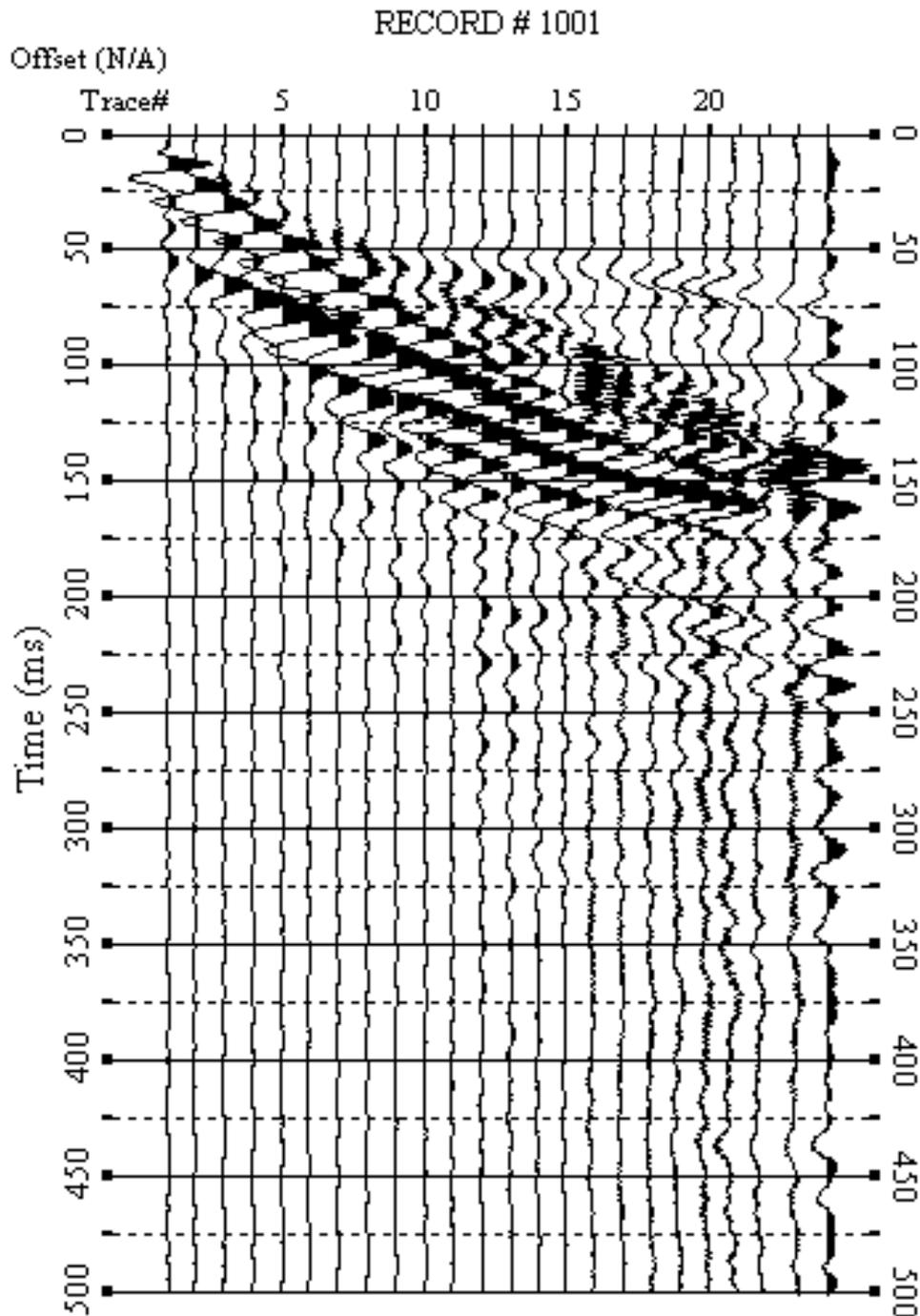


Fig. 1 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 3. acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-500]ms.

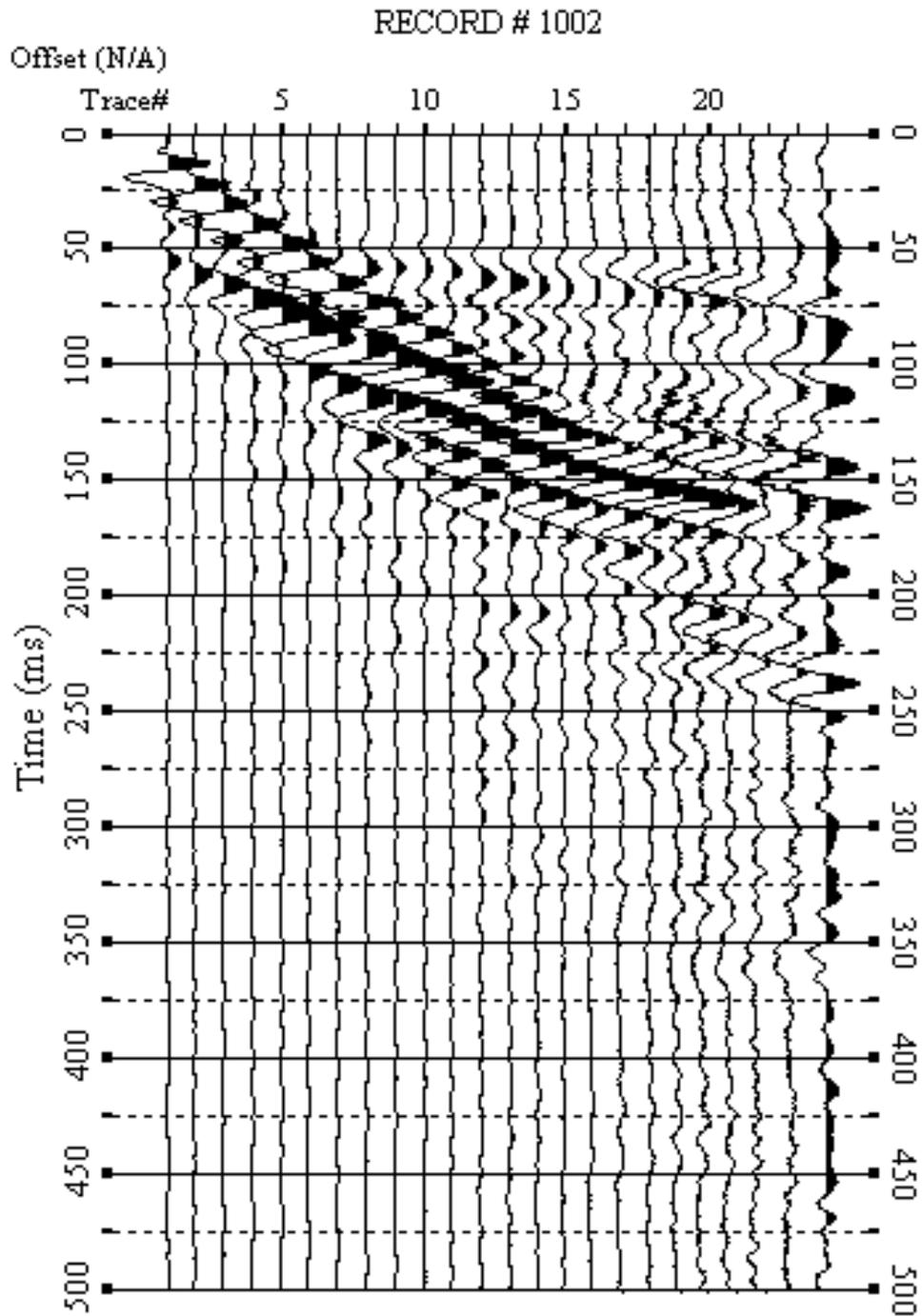


Fig. 2 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-500]ms.

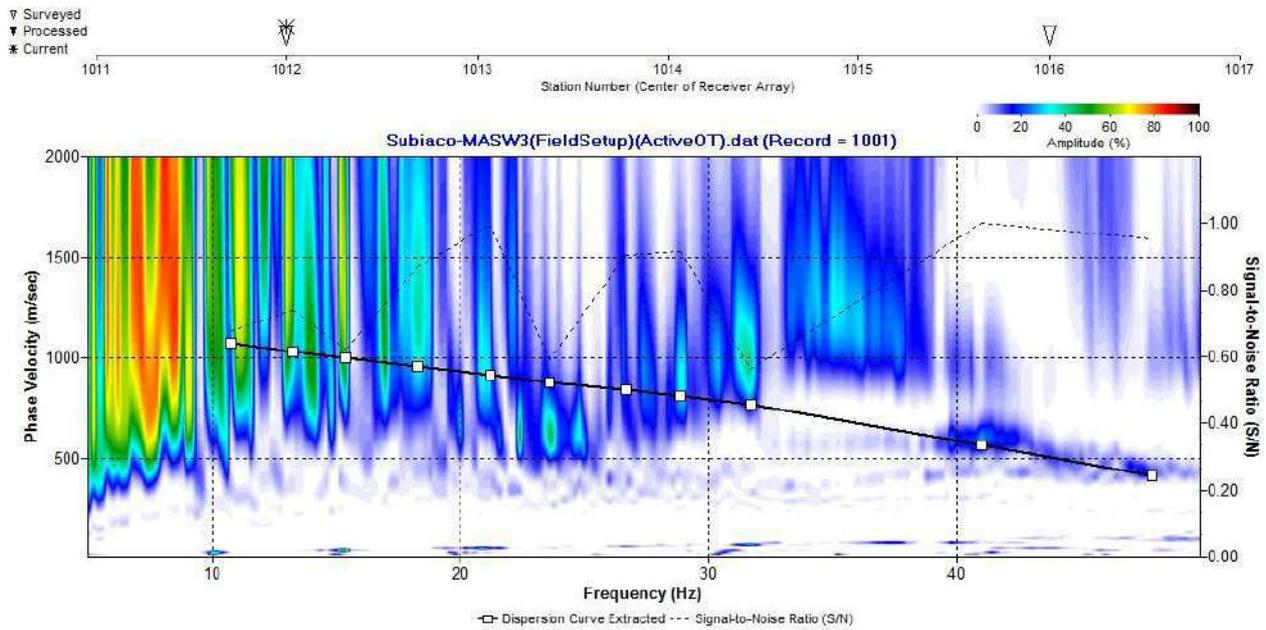


Fig. 3– Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 1.

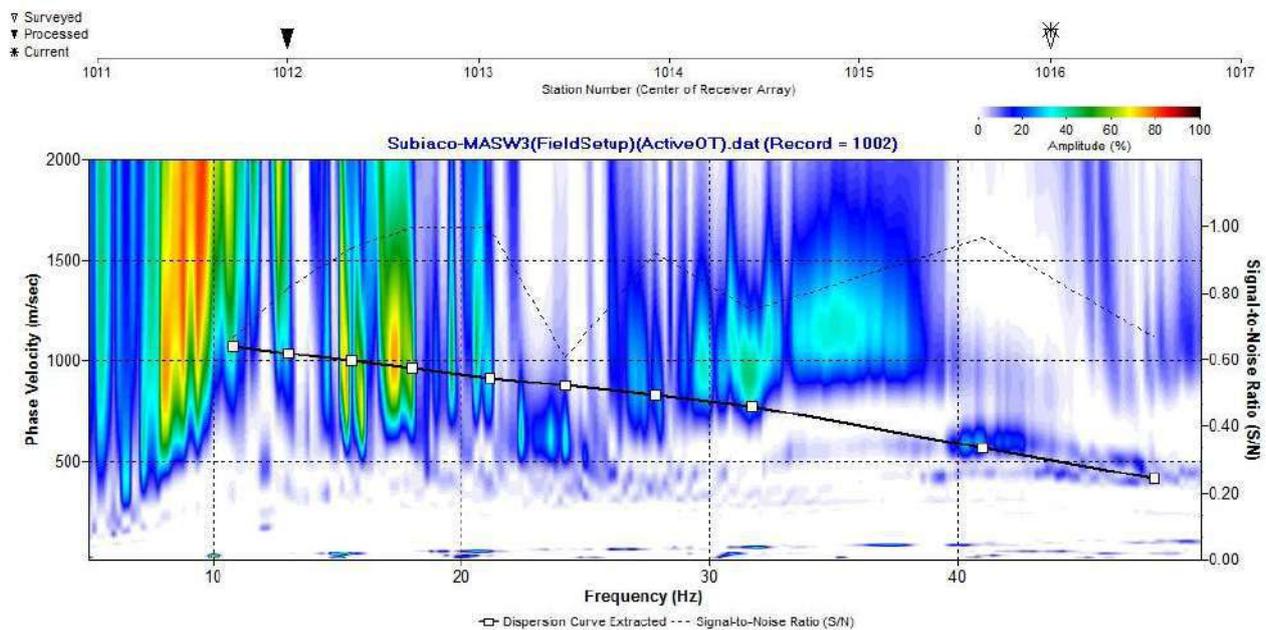


Fig. 4 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 2.

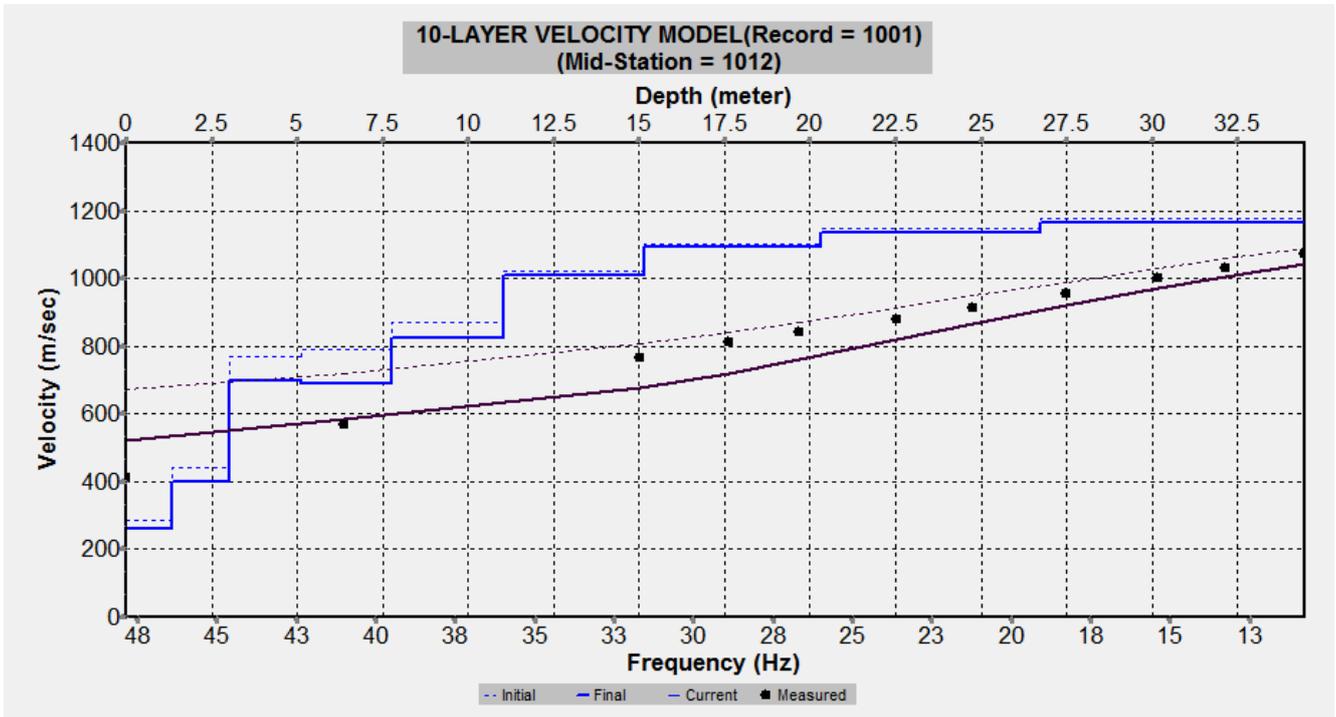


Fig. 5 – Profilo verticale 1D delle V_S ottenuto dall’inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 3 - acquisizione n. 1.

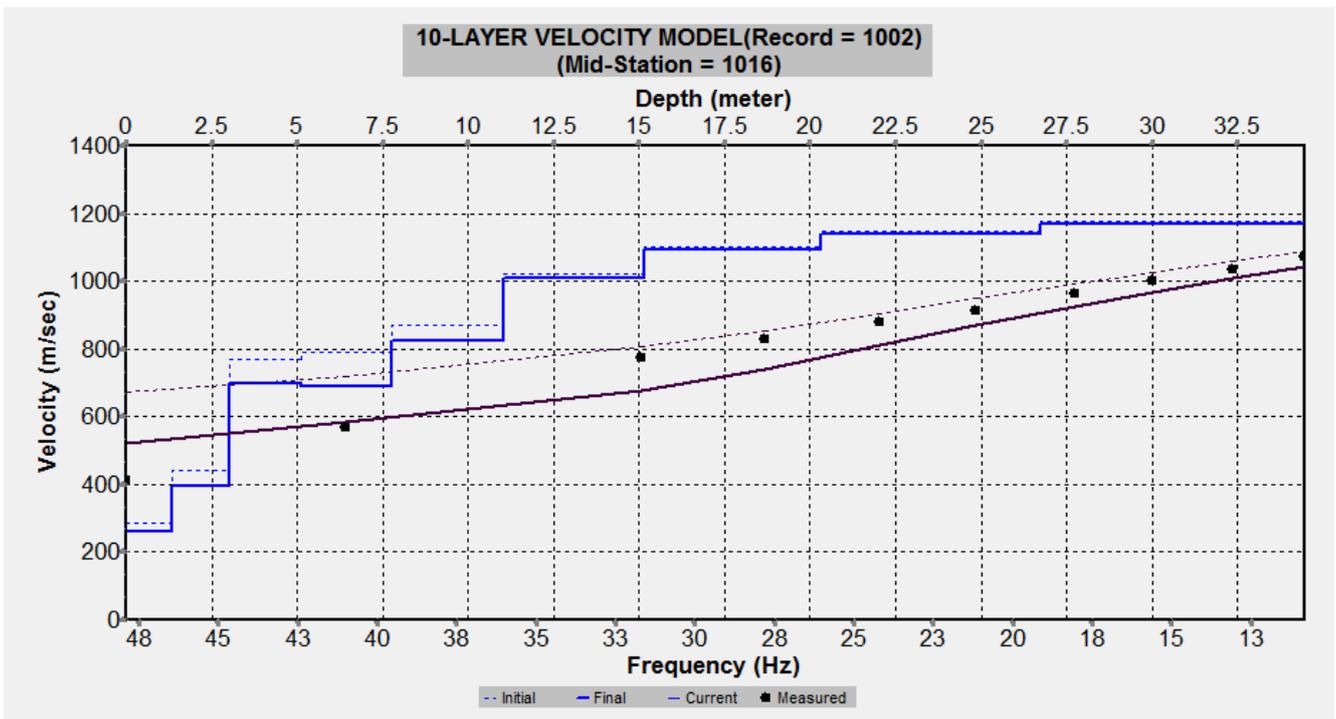


Fig. 6 – Profilo verticale 1D delle V_S ottenuto dall’inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 3 - acquisizione n. 2.

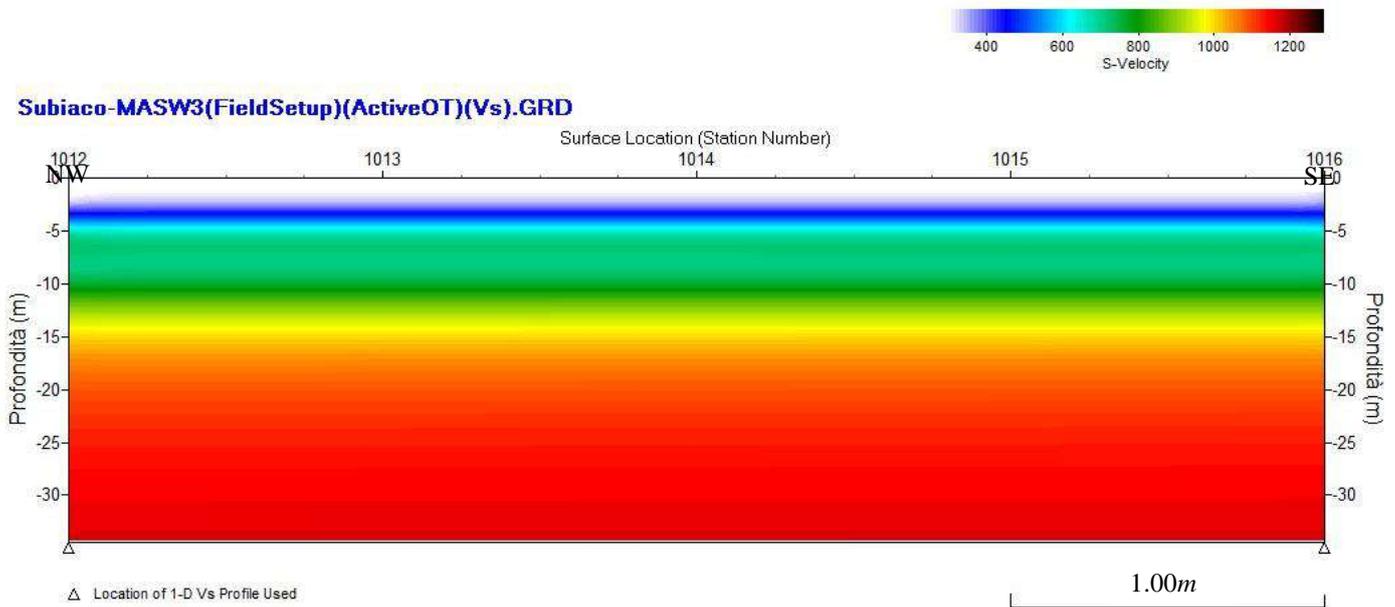


Fig. 7 – Modello sismostratigrafico 2D delle V_S ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 3.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_S (m/s) acquisizione n.1</i>	<i>V_S (m/s) acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.3	260	260
S2	1.3 – 3.0	397	397
S3	3.0 – 5.1	698	698
S4	5.1 – 7.8	690	691
S5	7.8 – 11.1	824	825
S6	11.1 – 15.2	1010	1011
S7	15.2 – 20.3	1094	1095
S8	20.3 – 26.7	1137	1139
S9	26.7 – 34.8	1166	1168

Tab. 1- Prospetto delle determinazioni dei valori di V_S per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.3

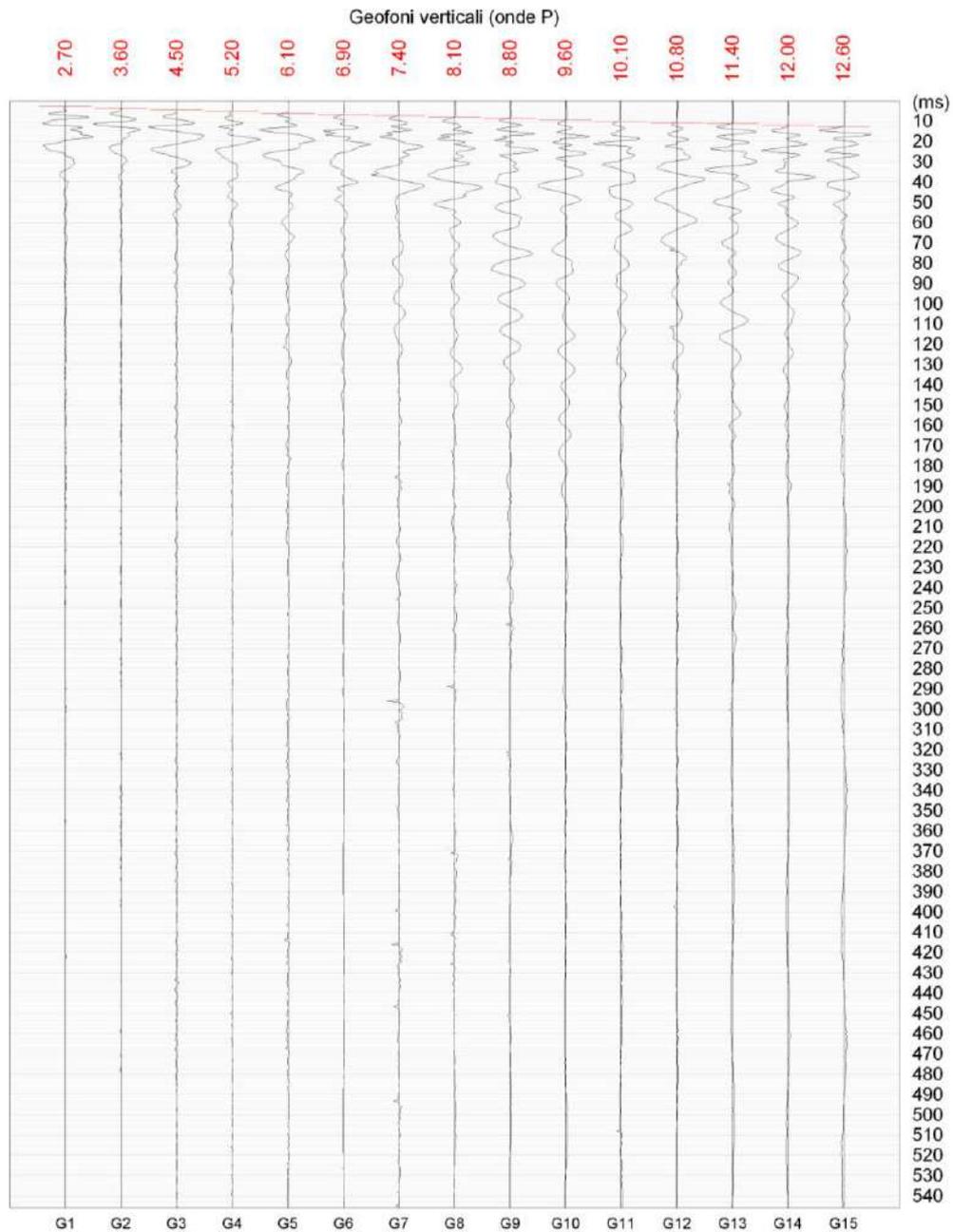
<i>Prospezione sismica</i>	<i>$V_{S0-7.8}$ (m/s)</i>	<i>Categoria sottosuolo (D.M.17/01/2018)</i>
MASW n. 3	[479]	B

Tab. 2 – Valori di $V_{S,eq}$ calcolati a partire dal p.c.

Committente: Comune di Subiaco

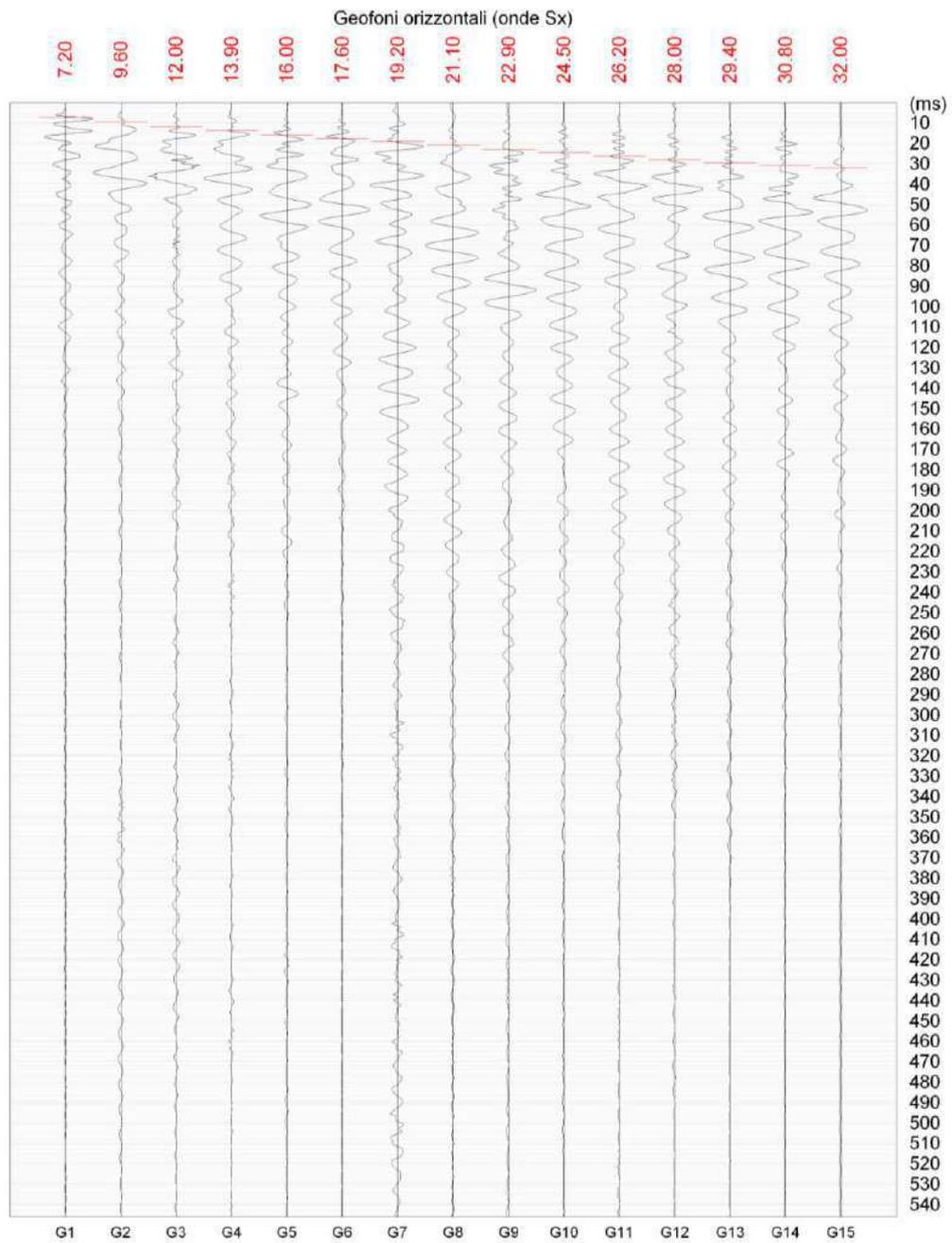
Cantiere: Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco

DH N. 1 (S01)



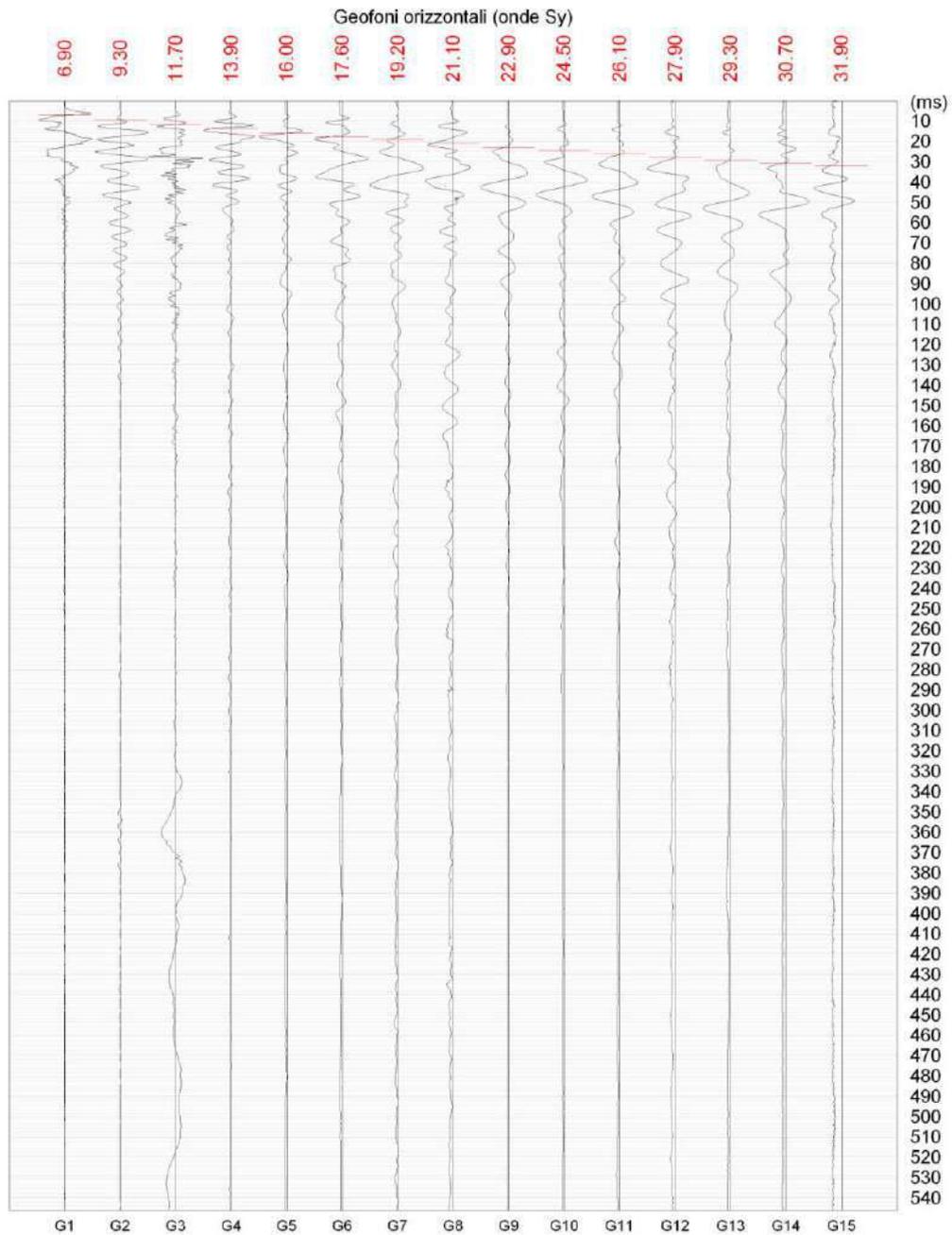
www.geoandsoft.com

Fig. 1 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica DH n. 1: Onde P. Finestra temporale [0-540]ms.



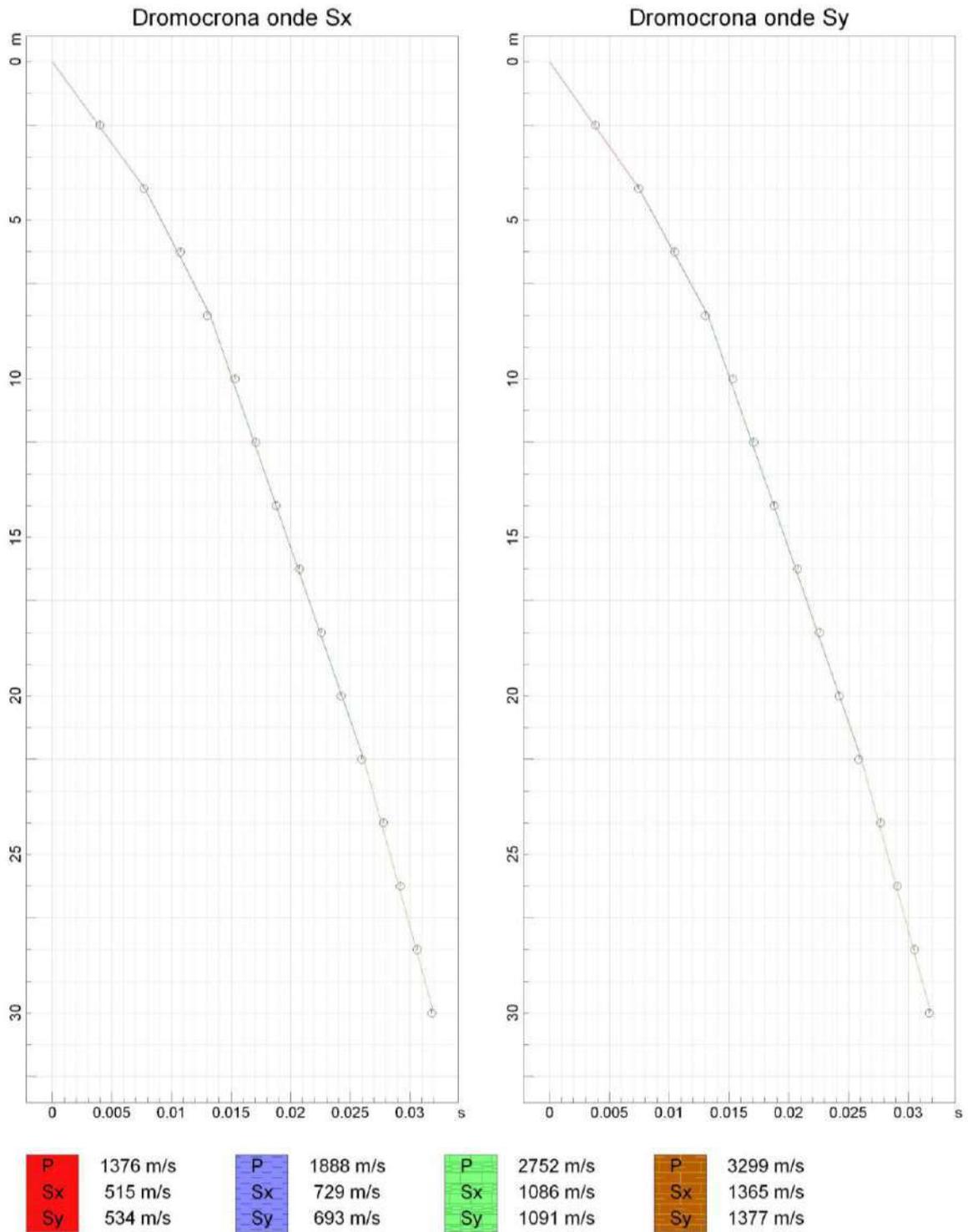
www.geosoft.com

Fig. 2 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica DH n. 1: Onde Sx. Finestra temporale [0-540]ms.



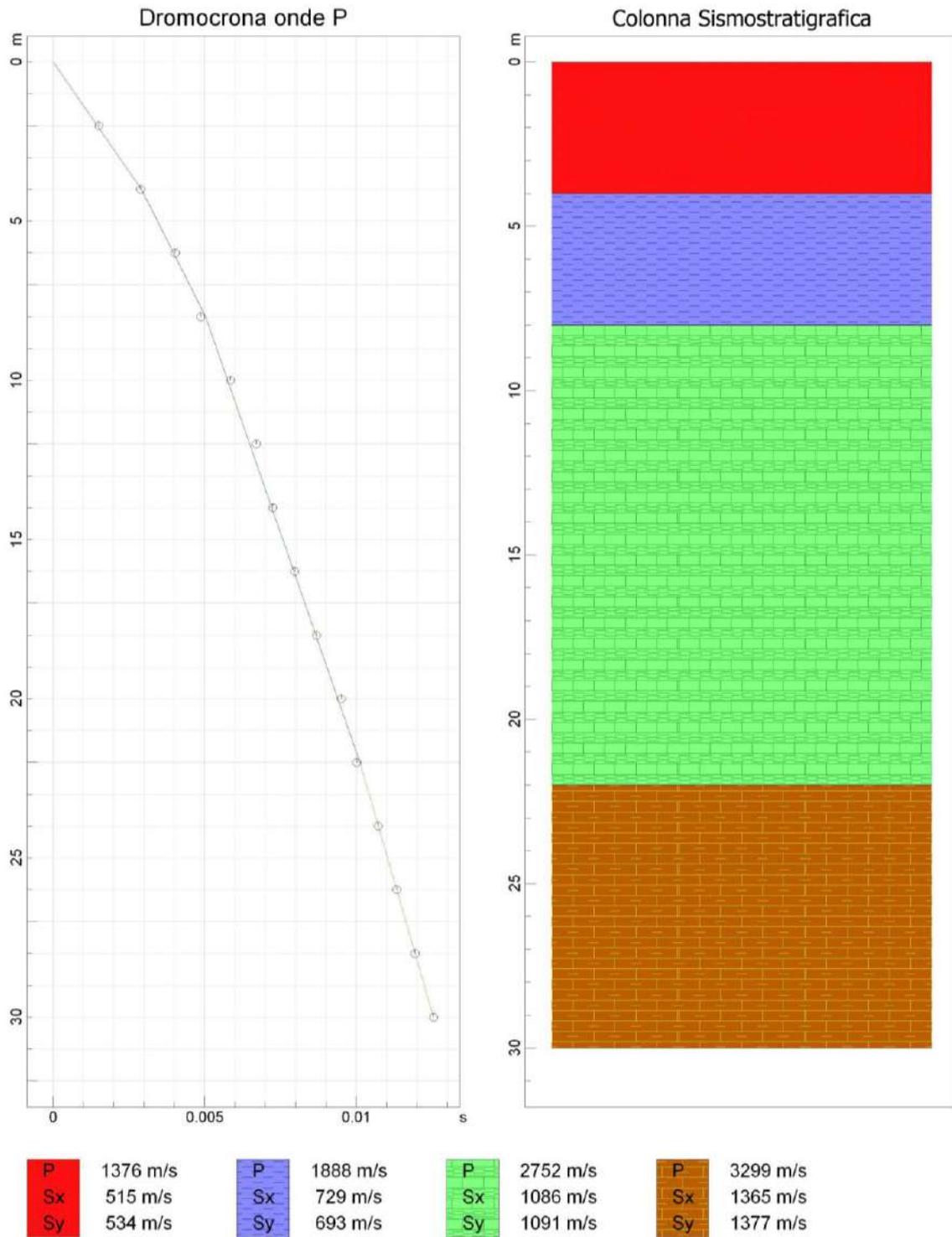
www.geandsoft.com

Fig. 3– Sismogrammi relativi all’indagine Sismica DH n. 1: Onde Sy. Finestra temporale [0-540]ms.



www.geoandsoft.com

Fig. 4 – Dromocrona relative all'indagine Sismica DH n. 1: Onde Sx e Sy.



www.geoandsoft.com

Fig. 5 – Dromocrona relativa all'indagine Sismica DH n. 1: Onde P e colonna sismostratigrafica

DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO = 3.00 [m]

PRIMI ARRIVI

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	2.00	2.70	7.20	6.90	1.50	3.99	3.83
2	4.00	3.60	9.60	9.30	2.88	7.68	7.44
3	6.00	4.50	12.00	11.70	4.02	10.73	10.46
4	8.00	5.20	13.90	13.90	4.87	13.01	13.01
5	10.00	6.10	16.00	16.00	5.84	15.33	15.33
6	12.00	6.90	17.60	17.60	6.69	17.07	17.07
7	14.00	7.40	19.20	19.20	7.24	18.77	18.77
8	16.00	8.10	21.10	21.10	7.96	20.74	20.74
9	18.00	8.80	22.90	22.90	8.68	22.59	22.59
10	20.00	9.60	24.50	24.50	9.49	24.23	24.23
11	22.00	10.10	26.20	26.10	10.01	25.96	25.86
12	24.00	10.80	28.00	27.90	10.72	27.78	27.68
13	26.00	11.40	29.40	29.30	11.32	29.21	29.11
14	28.00	12.00	30.80	30.70	11.93	30.62	30.53
15	30.00	12.60	32.00	31.90	12.54	31.84	31.74

Tab. 1- Prospetto dei tempi di primo arrivo registrati e correzione in base alla distanza di sparo

VELOCITA' ONDE

Strato	Profondità [m]	Velocità Onde P [m/s]	Velocità Onde Sx [m/s]	Velocità Onde Sy [m/s]
1	4	1376	515	534
2	8	1888	729	693
3	22	2752	1086	1091
4	30	3299	1365	1377

Tab. 2 - Prospetto della stratigrafia sismica e delle velocità calcolate

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	V_P (m/s)	V_S (m/s)	<i>Densità</i> ρ (kg/m ³)	<i>Coefficiente di Poisson</i> ν (-)	<i>Modulo di taglio</i> G (kPa)	<i>Modulo di Young</i> E (kPa)	<i>Modulo di incompressibilità</i> k (kPa)
S1	0.00 – 4.00	1376	525	1850	0.42	509103	1440573	2823943
S2	4.00 – 8.00	1888	711	1950	0.42	986398	2795496	5635664
S3	8.00 – 22.00	2752	1089	2100	0.41	2488161	7003016	12586811
S4	22.00 – 30.00	3299	1371	2200	0.40	4135290	11542461	18429763

Tab. 3 - Prospetto delle determinazioni dei moduli dinamici per i sismostrati riscontrati.

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-8.0}$ (m/s)	<i>Categoria sottosuolo</i> (D.M.17/01/2018)
DH n. 1 (S01)	[603]	B

Tab. 4 – Valori di $V_{S,eq}$ calcolati a partire dal p.c.

Committente: Comune di Subiaco

Cantiere: Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco

HVSR N. 1

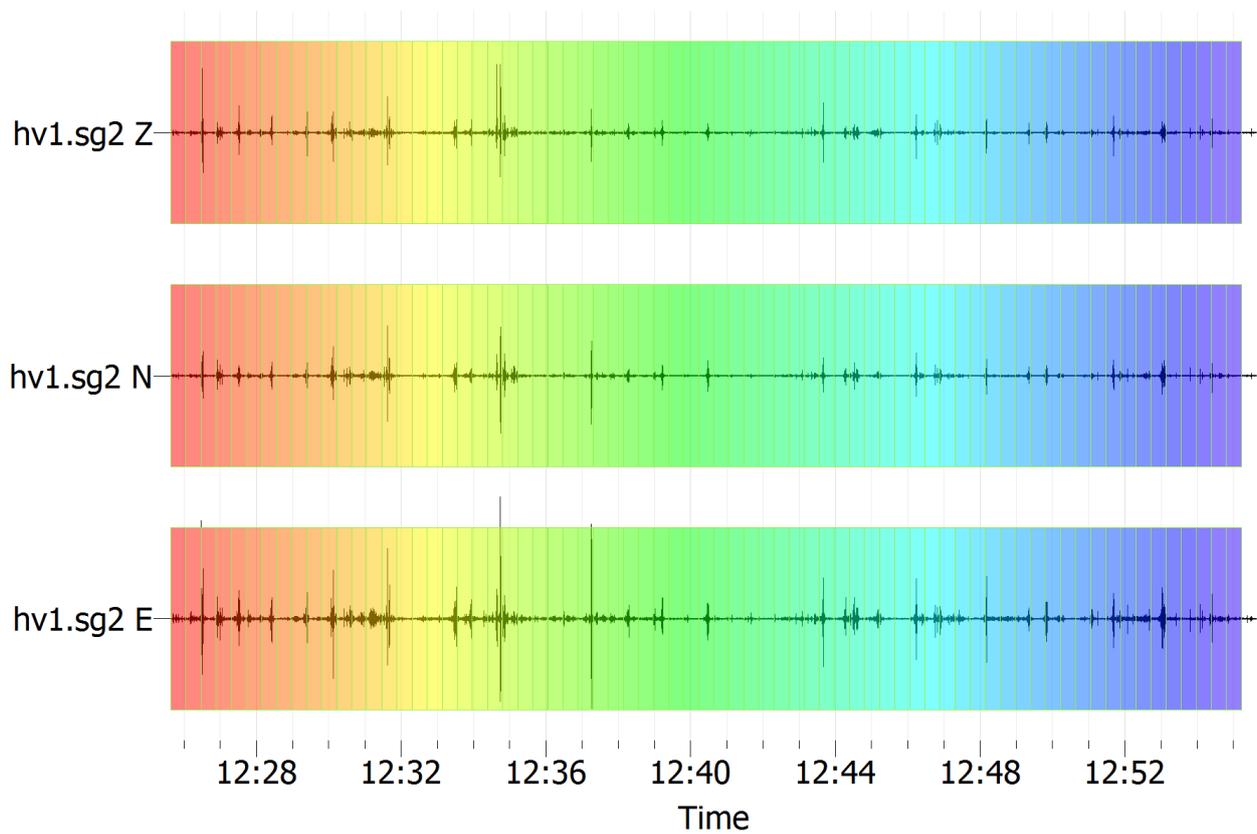


Fig. 1 – HVSR 1 - Segnali sismici del microtremore acquisito nelle tre componenti ortogonali tra loro (verticale ed orizzontali). In verde sono riportate le finestre temporali utilizzate.

Di seguito si riportano le curve H/V Spectral Ratio dell'analisi effettuata ed i relativi grafici (Figg. 2 – 5) e la valutazione dei criteri del progetto Sesame (Tab. 1).

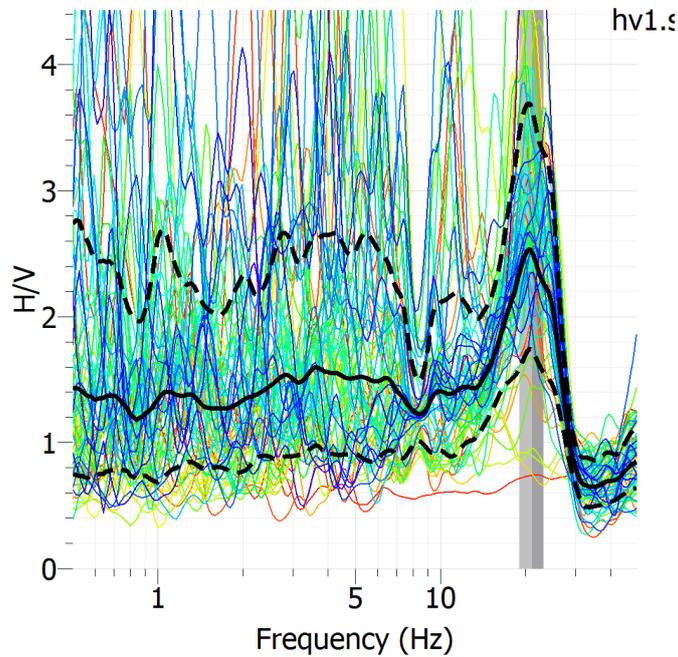


Fig. 2 – Andamento del rapporto H/V per il gruppo di registrazioni effettuate – HVSR n.1.

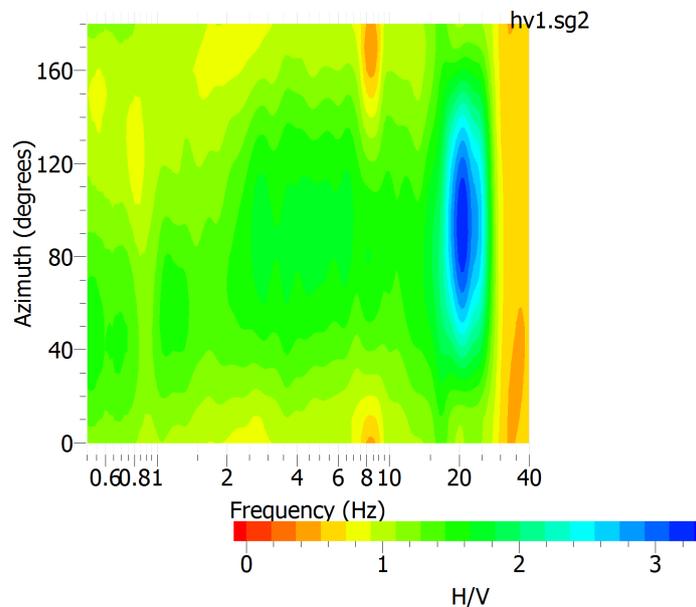


Fig. 3 – Grafico di direzionalità della curva HV – HVSR.

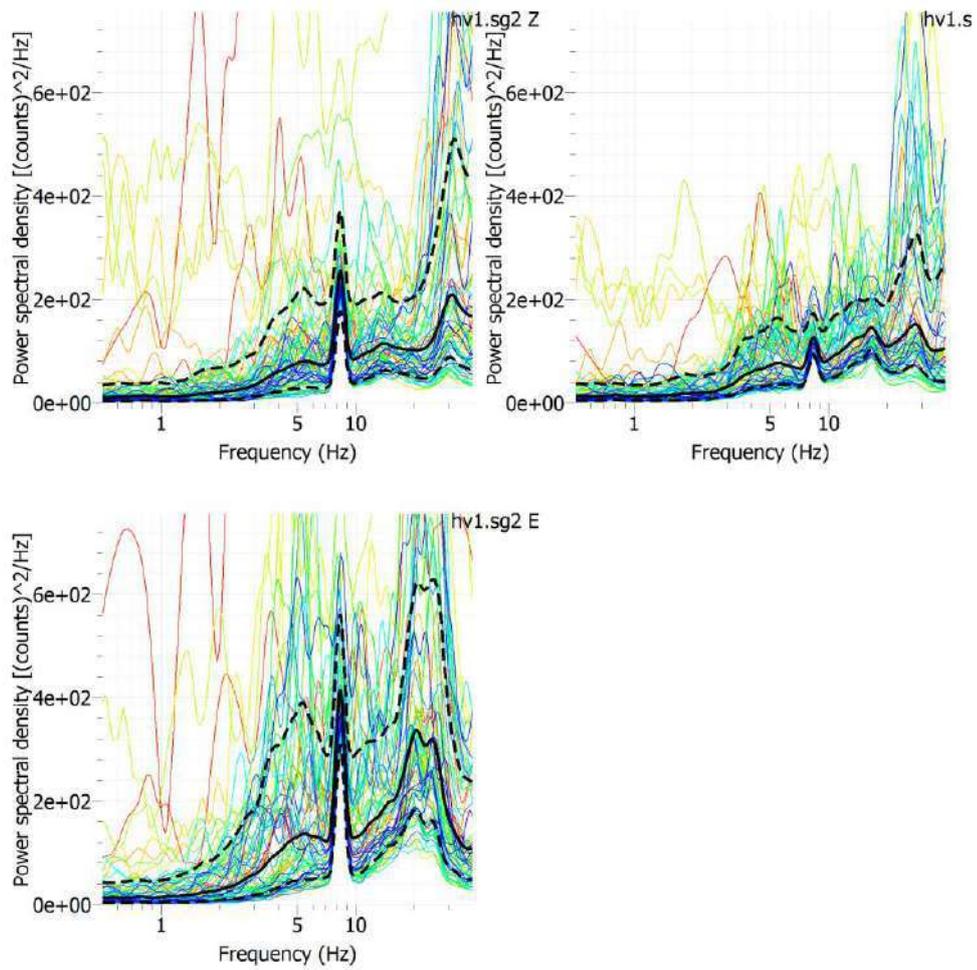


Fig. 4 – Spettri di ampiezza calcolati per ciascuna finestra e per ciascuna componente.

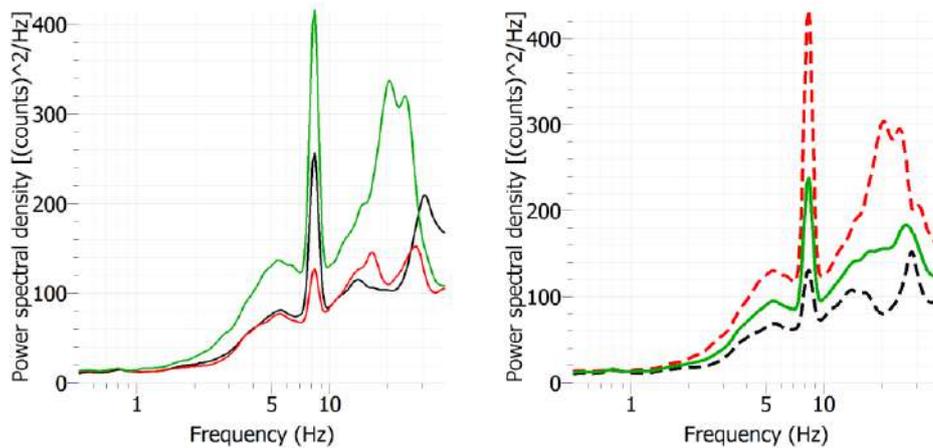


Fig. 5 - Diagramma del Rapporto degli Spettri orizzontali (colori verde e rosso) su verticale (colore nero).

Criteria for a reliable HVSR Curve			
$f_0 > 10/L_w$	(20.85 > 0.25)	OK	
$n_c(f_0) > 200$	(37009 > 200)	OK	
If $f_0 > 0.5\text{Hz}$ - $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5 f_0 < f < 2f_0$ If $f_0 < 0.5\text{Hz}$ - $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5 f_0 < f < 2f_0$	Superato = 0 volte su 501	OK	
Criteria for a clear HVSR peak			
Exist f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	Max 2.532 - min 0.932	OK	
Exist f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	Max 2.486 - min 0.647	OK	
$A_0 > 2$	2.5 < 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	20.34 \pm 20.85	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.0143 > 0.5625		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.0955 < 1.58		NO

Tab. 1 - Criteri Sesame, 2004 per la valutazione dell'affidabilità statistica della curva HV e della chiarezza dei picchi di risonanza individuati.

Prospezione sismica	Frequenza di picco (Hz)
HVSR n. 1	[20.85 \pm 4.11 Hz]

Tab. 2 - Frequenza caratteristica di picco del sito

Committente: Comune di Subiaco

Cantiere: Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco

HVSR N. 2

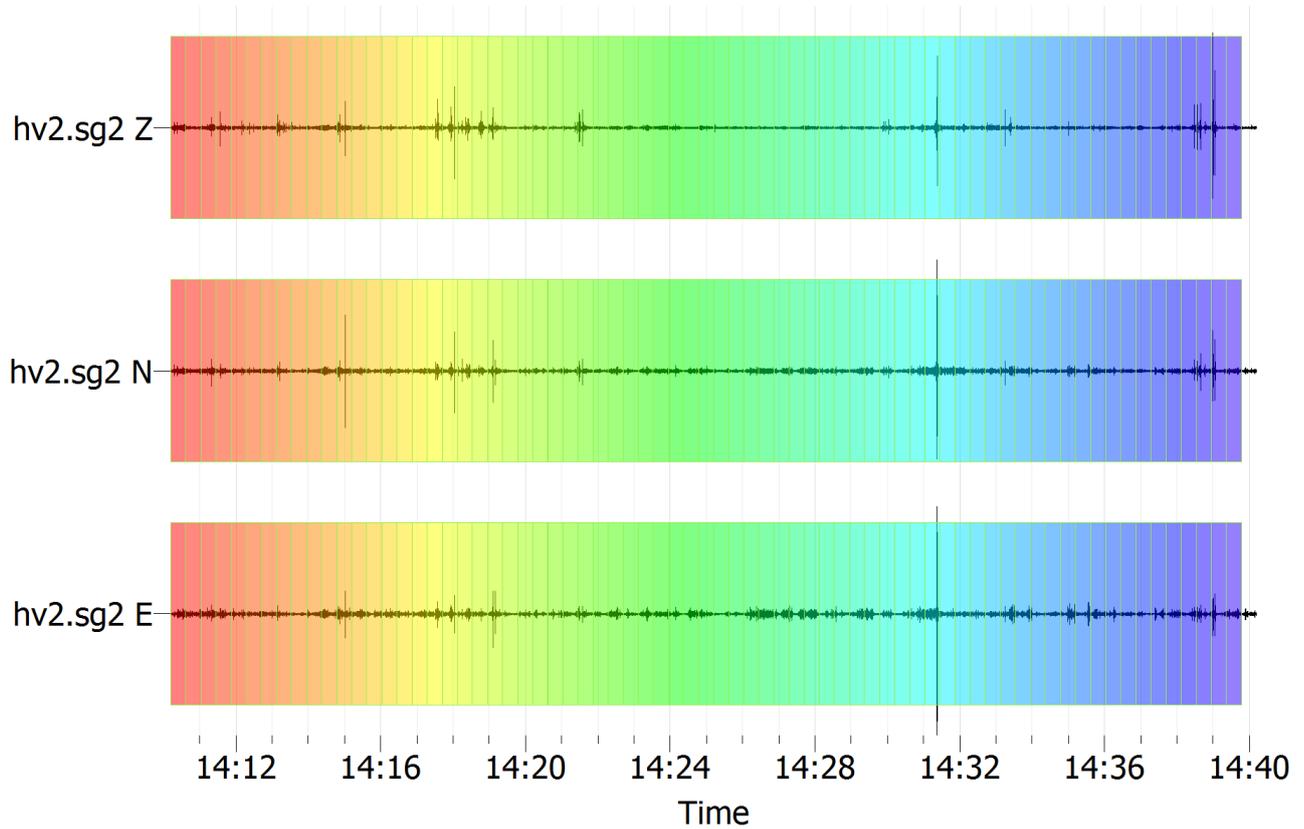


Fig. 1 – HVSR 2 - Segnali sismici del microtremore acquisito nelle tre componenti ortogonali tra loro (verticale ed orizzontali). In verde sono riportate le finestre temporali utilizzate.

Di seguito si riportano le curve H/V Spectral Ratio dell'analisi effettuata ed i relativi grafici (Figg. 2 – 5) e la valutazione dei criteri del progetto Sesame (Tab. 1).

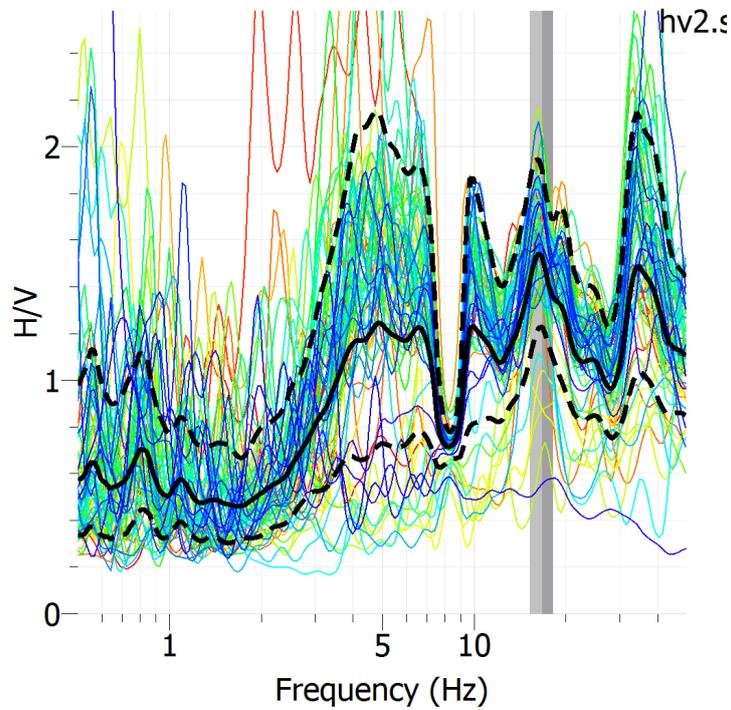


Fig. 2 – Andamento del rapporto H/V per il gruppo di registrazioni effettuate – HVSR n.2.

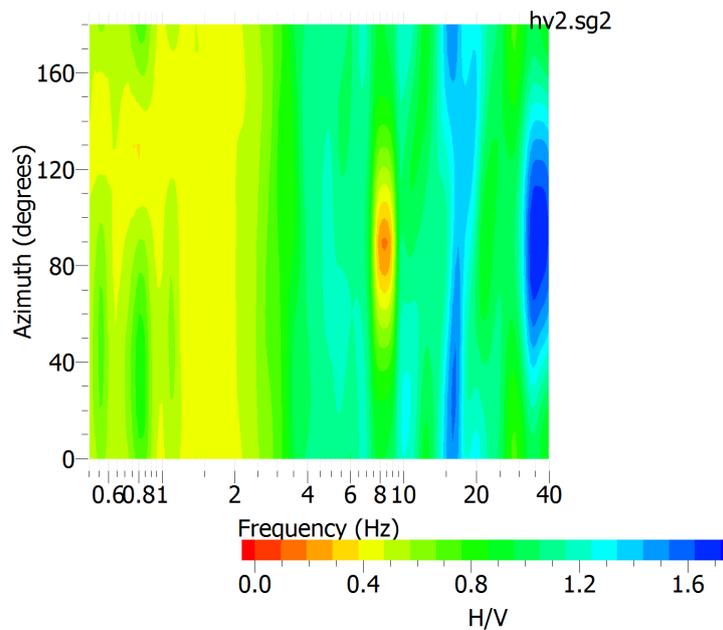


Fig. 3 – Grafico di direzionalità della curva HV – HVSR.

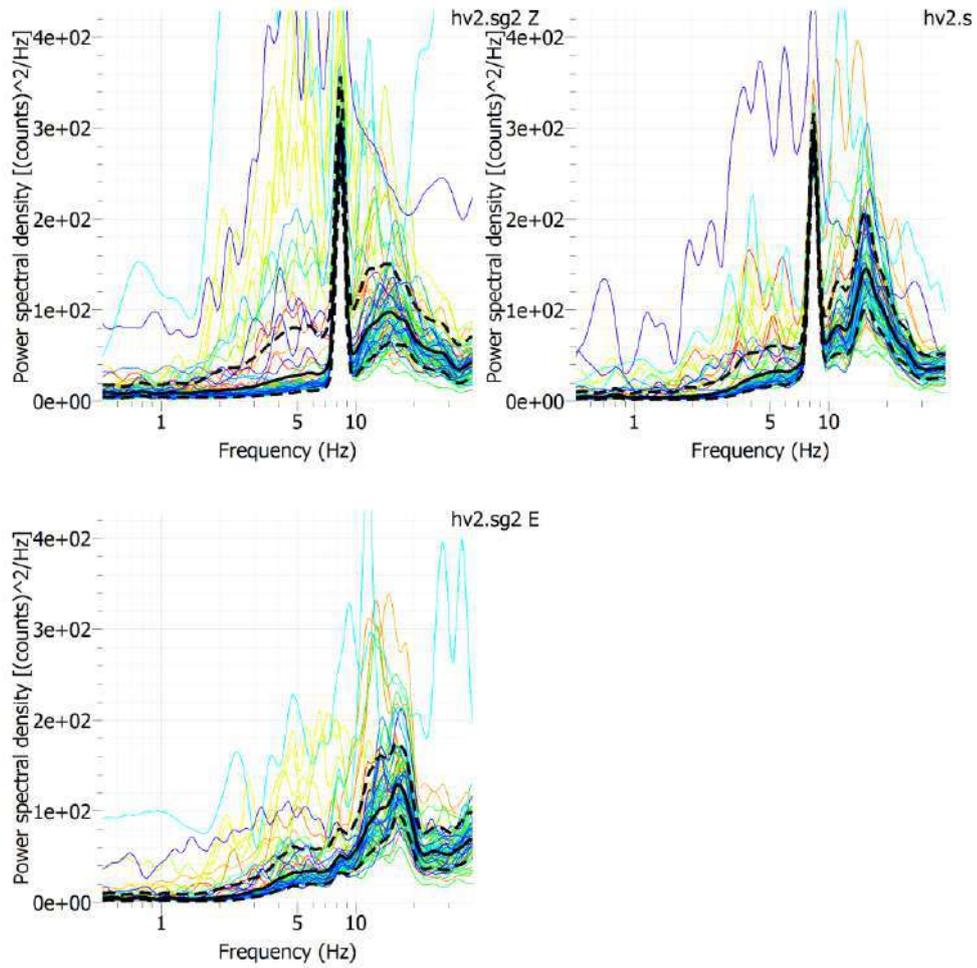


Fig. 4 – Spettri di ampiezza calcolati per ciascuna finestra e per ciascuna componente.

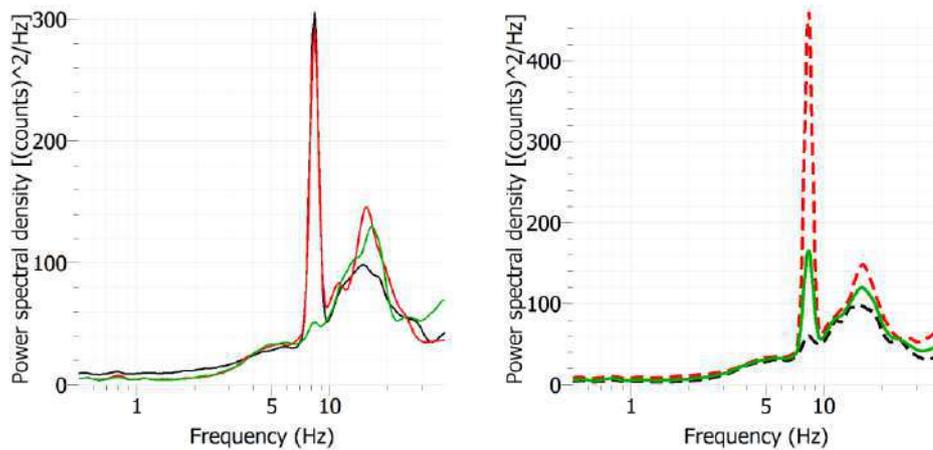


Fig. 5 - Diagramma del Rapporto degli Spettri orizzontali (colori verde e rosso) su verticale (colore nero).

Criteria for a reliable HVSR Curve			
$f_0 > 10/L_w$	(16.28 > 0.25)	OK	
$n_c(f_0) > 200$	(28897 > 200)	OK	
If $f_0 > 0.5\text{Hz}$ - $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5 f_0 < f < 2f_0$ If $f_0 < 0.5\text{Hz}$ - $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5 f_0 < f < 2f_0$	Superato = 0 volte su 621	OK	
Criteria for a clear HVSR peak			
Exist f' in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f') < A_0/2$	Max 1.542 - min 0.715	OK	
Exist f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	Max 1.485 - min 0.932		NO
$A_0 > 2$	1.5262 < 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	-		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$			NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.10 < 1.58	OK	

Tab. 1 - Criteri Sesame, 2004 per la valutazione dell'affidabilità statistica della curva HV e della chiarezza dei picchi di risonanza individuati.

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Frequenza di picco (Hz)</i>
HVSR n. 2	[16.28 ± 1.89 Hz]

Tab. 2 - Frequenza caratteristica di picco del sito

Committente: Comune di Subiaco

Cantiere: Complesso scolastico Piazza Roma/Via Fogazzaro - Subiaco

SISMICA A RIFRAZIONE N. 1

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 13 [ms]	FBP da 25 [ms]	FBP da 37 [ms]	FBP da 50 [ms]
1	2.00	0.00	1.07	6.70	11.15	19.67	22.27
2	4.00	0.00	1.82	5.40	10.37	18.85	21.55
3	6.00	0.00	2.73	4.20	9.66	17.88	20.86
4	8.00	0.00	3.95	3.01	8.83	17.01	20.21
5	10.00	0.00	4.48	1.86	8.05	16.04	19.39
6	12.00	0.00	5.69	0.50	7.22	14.96	18.51
7	14.00	0.00	6.76	0.53	6.37	13.94	17.84
8	16.00	0.00	7.82	1.54	5.54	12.84	17.17
9	18.00	0.00	8.88	2.38	4.59	11.48	16.50
10	20.00	0.00	9.95	3.22	3.56	10.20	15.62
11	22.00	0.00	10.71	4.36	2.35	9.06	14.80
12	24.00	0.00	11.46	5.42	1.16	7.70	13.92
13	26.00	0.00	12.22	6.43	0.60	6.38	13.10
14	28.00	0.00	12.99	7.40	1.99	5.33	12.01
15	30.00	0.00	13.76	8.37	3.26	4.37	11.20
16	32.00	0.00	14.44	9.60	4.51	3.28	10.19
17	34.00	0.00	15.16	11.10	5.71	1.91	8.77
18	36.00	0.00	15.66	12.12	6.58	0.53	7.41
19	38.00	0.00	16.34	12.96	7.59	0.38	5.93
20	40.00	0.00	16.97	13.79	8.43	2.04	4.80
21	42.00	0.00	17.56	14.54	9.28	3.34	3.73
22	44.00	0.00	18.10	15.24	10.06	4.71	2.37
23	46.00	0.00	18.69	16.03	10.89	5.82	1.66
24	48.00	0.00	19.28	16.97	11.56	6.87	0.83

Tab. 1 – Posizione geofoni e primi arrivi

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	1.sg2
13.00	0.00	2.sg2
25.00	0.00	3.sg2
37.00	0.00	4.sg2
50.00	0.00	5.sg2

Tab. 2 – Posizione spari


SOLGEOTEK s.r.l.

via Martucci 17 - 81055 - S. Maria C.V. (CE) - tel. 0823.699800 - fax. 0823.589086

P. IVA 04073180616 - web: www.solgeotek.it - email: info@solgeotek.it

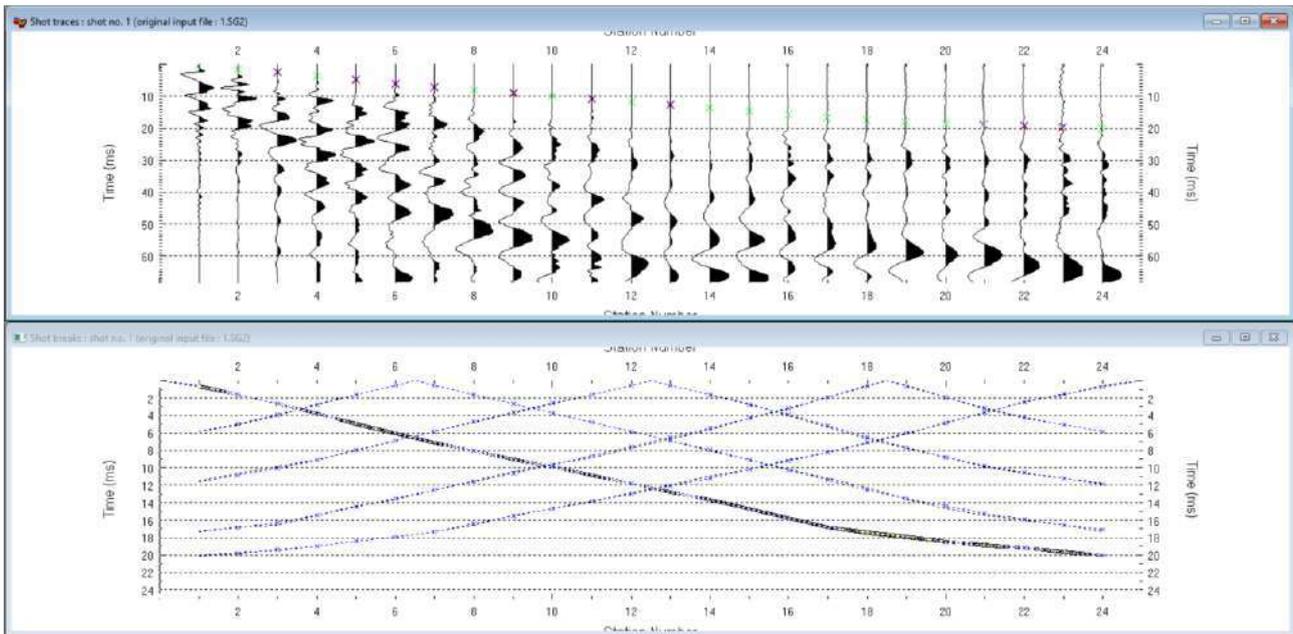


Fig. 1 – PICKING SHOT 1 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).

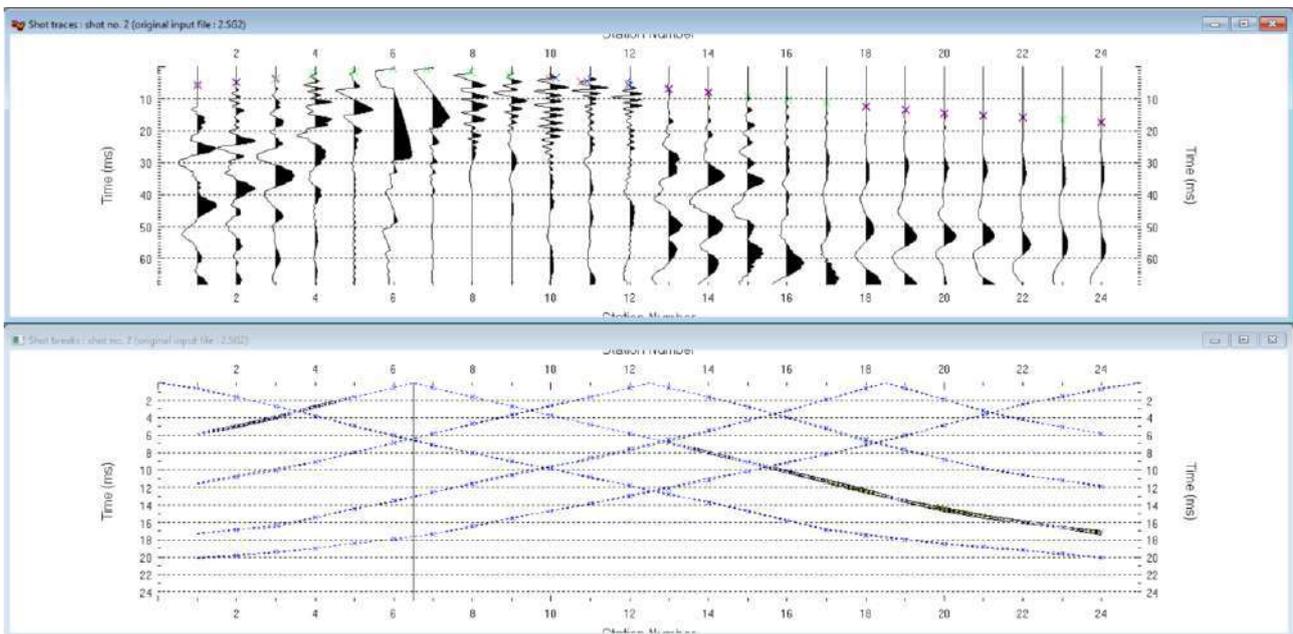


Fig. 2 – PICKING SHOT 2 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).

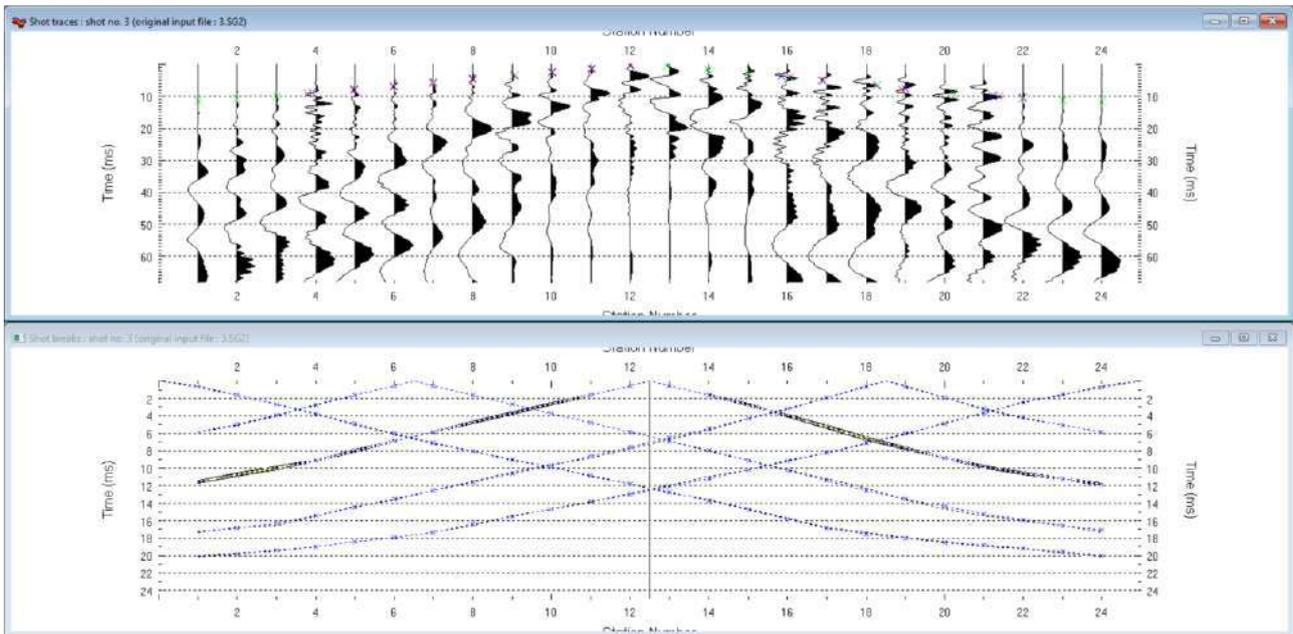


Fig. 3 – PICKING SHOT 3 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).

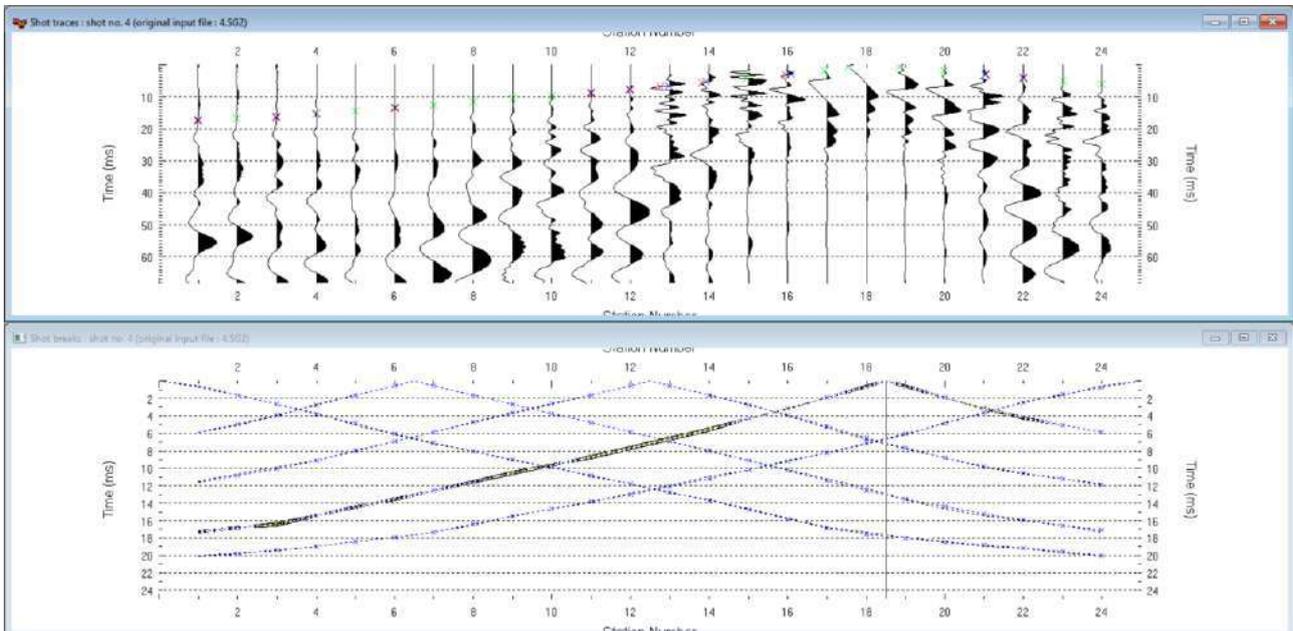


Fig. 4 – PICKING SHOT 4 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).

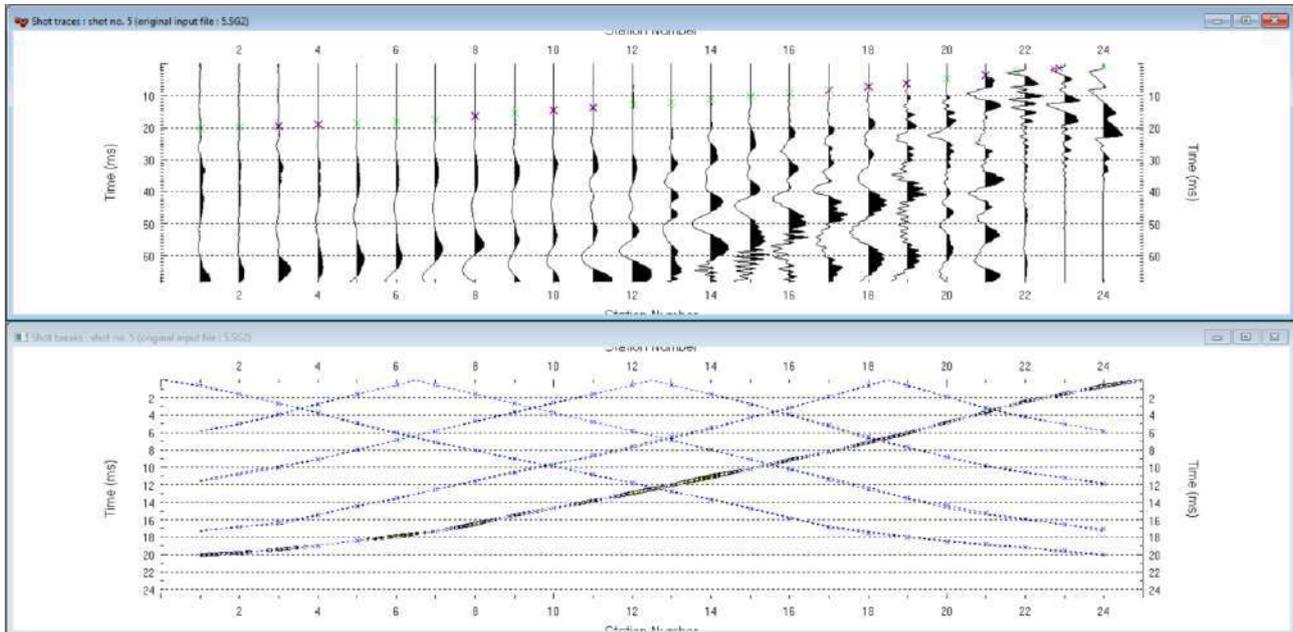


Fig. 5 – PICKING SHOT 5 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).

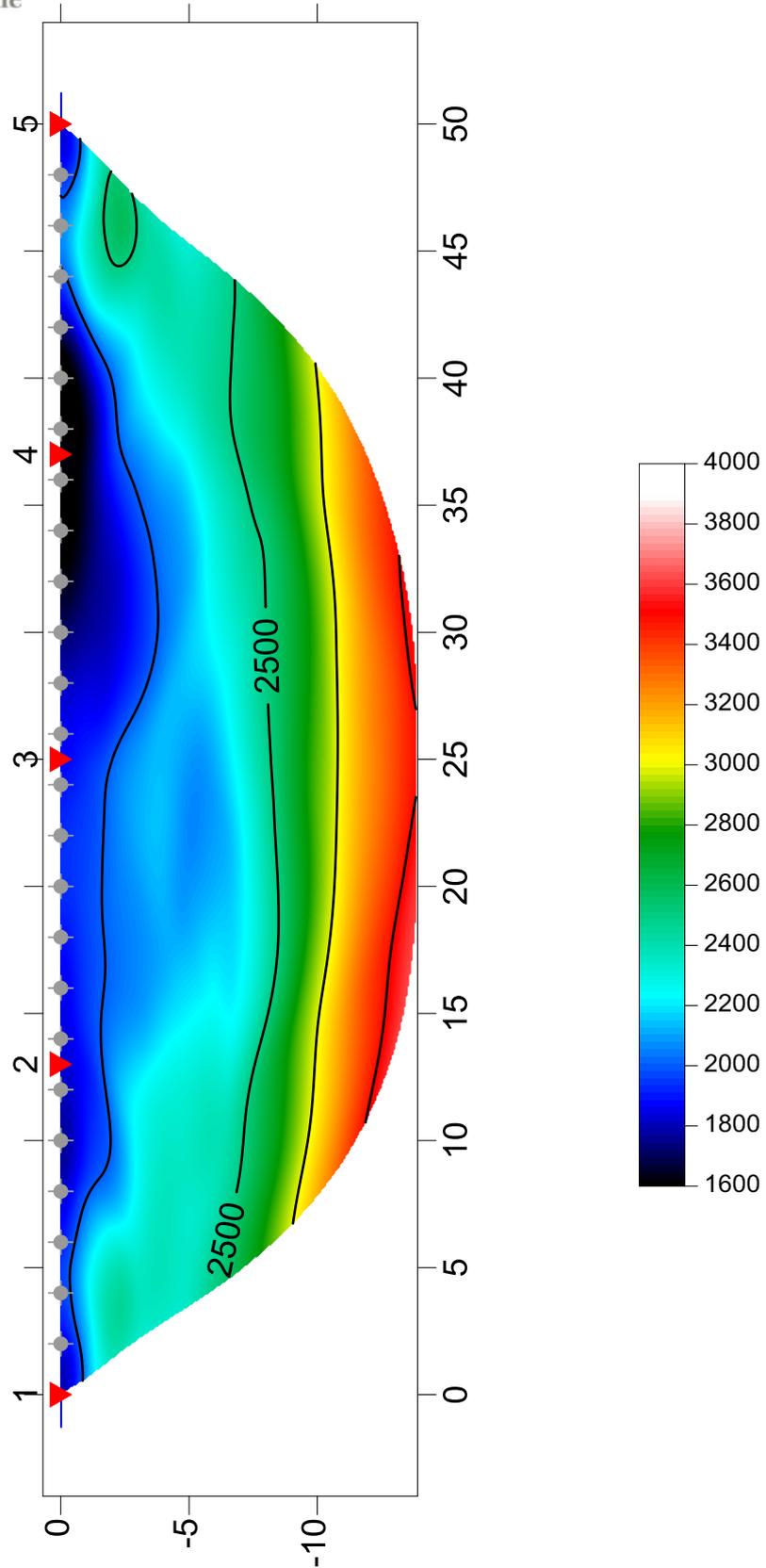


Fig. 6 - SEZIONE TOMOGRAFICA 2D

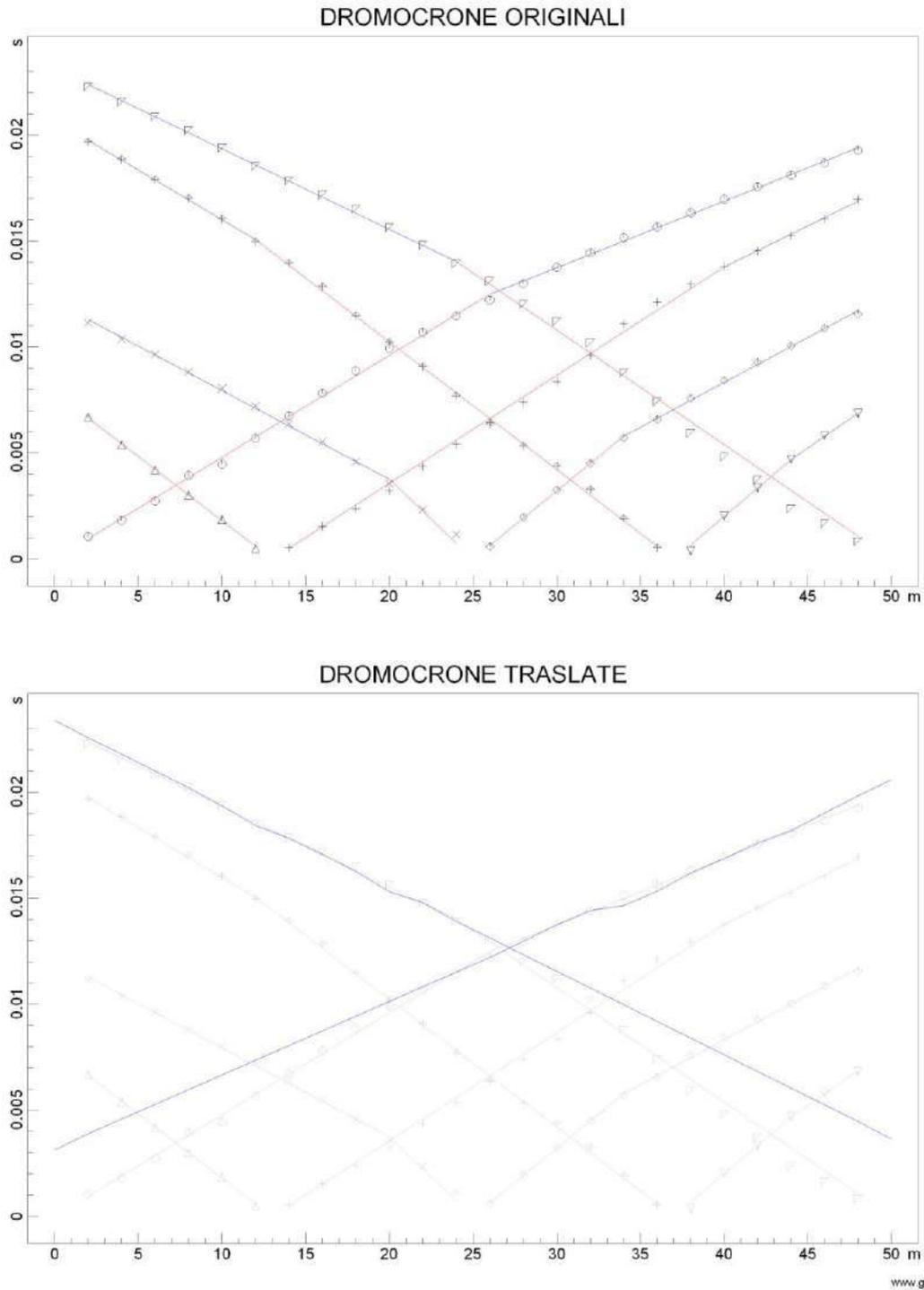


Fig. 7 - DROMOCRONE ORIGINALI E TRASLATE; ELABORAZIONE SEMPLIFICATA EFFETTUATA CON SOFTWARE INTERSISM 2.1.

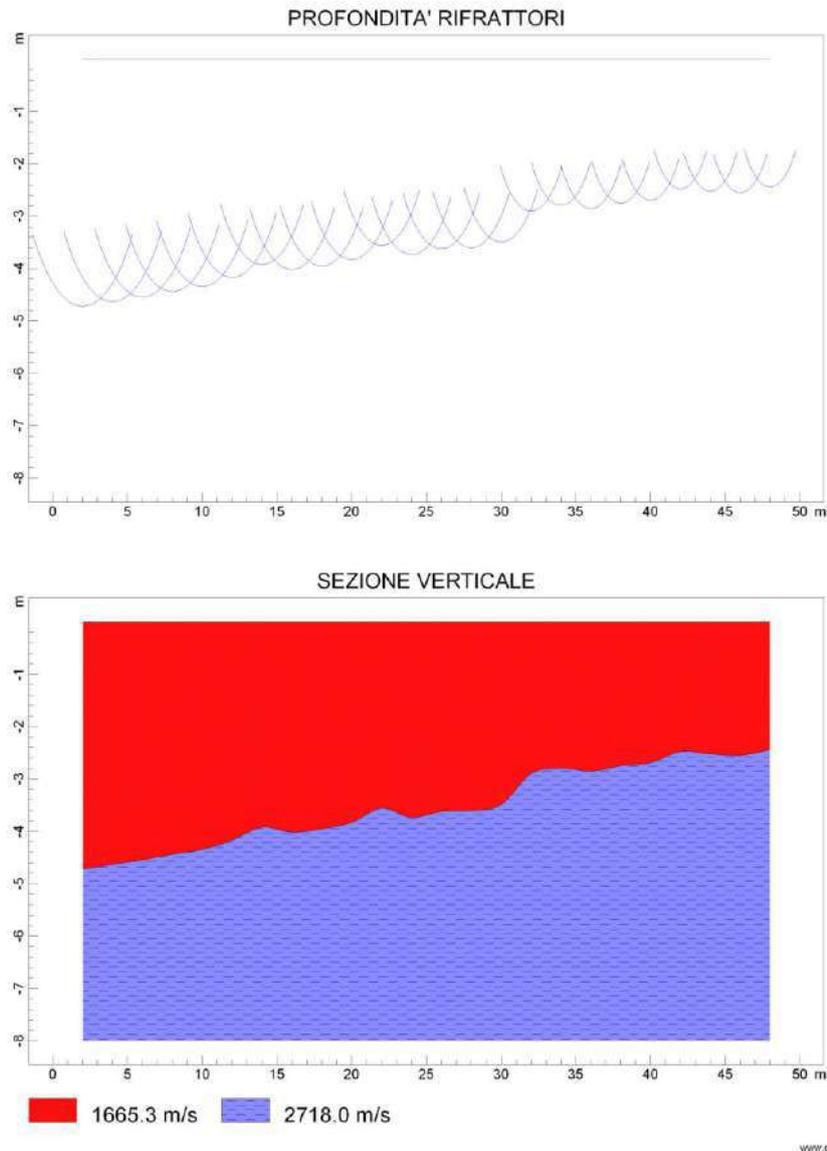


Fig. 8 - PROFONDITÀ RIFRATTORE E SEZIONE 2D DELLE V_P ; ELABORAZIONE SEMPLIFICATA EFFETTUATA CON SOFTWARE INTERSISM 2.1.

<i>Sismostrato</i>	<i>Spessore medio (m)</i>	<i>V_P (m/s)</i>
<i>S1</i>	<i>3.5</i>	<i>1665.3</i>
<i>S2</i>	<i>indefinito</i>	<i>2718.0</i>

Tab. 3 - Velocità degli strati

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Sondaggio S01-DH



Postazione di sondaggio









Sondaggio S02-P



Postazione di sondaggio





Sondaggio S03-i



Postazione di sondaggio



Sondaggio S04



Postazione di sondaggio



INDAGINI SISMICHE



Prospezione di sismica a rifrazione / MASW n.1



Prospezione sismica MASW n.2



Prospezione sismica MASW n.3



Prospezione sismica Down-Hole n.1



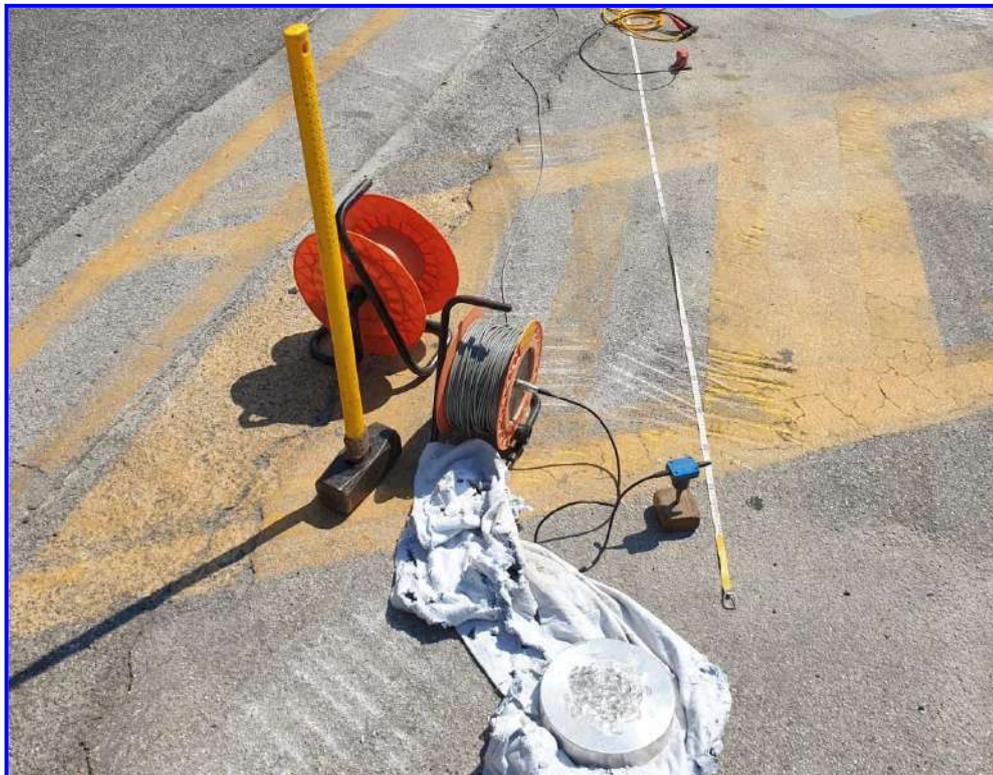
Prospezione sismica passiva HVSR n.1



Prospezione sismica passiva HVSR n.2



Sonda geofonica da foro a tre componenti (3 geofoni Geospace a 4.5Hz).



Sorgente energizzante, costituita da massa battente su piastra di alluminio. Come starter/trigger è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz.



Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.V. (Ce)
Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830
web: www.laborotek.it mail: info@laborotek.it
pec: laborotek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale
Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	28S4C1-01
Del	03/09/2020
Verb. di Accettazione n°	28/20
Job n°	23/20

Committente:	Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)		
Cantiere:	Complesso Scolastico Piazza Roma - Via Fogazzaro - Comune di Subiaco (RM)		
Progetto:	Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficientamento Energetico		
Data consegna in laboratorio	24/08/20	Data esecuzione prove:	01/09/20
		Stato:	Indisturbato
Profondità prelievo (m):	4,50 - 5,00	Sondaggio	S4
		Campione	C1

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Lunghezza (cm)	<input type="text" value="49,00"/>	Diametro (cm)	<input type="text"/>	Colore	<input type="text" value="grigio"/>	Odore	<input type="text" value="assente"/>
Classe del Campione	Q 5 <input checked="" type="checkbox"/>	Q 4	<input type="checkbox"/>	Q 3	<input type="checkbox"/>	Q 2	<input type="checkbox"/>
Pocket Penetrometer Test	<input type="text" value="200"/>	Kpa	Pocket Vane Test	<input type="text"/>	N/cm2		
Classificazione CNR-UNI 10006	<input type="text"/>						
Descrizione Campione	Sabbia con limo di colore grigio, molto consistente, umido al tatto, non reagente ad HCl, con presenza di rari litici millimetrici subarrotondati di colore biancastro e marrone chiaro.						

PROVE ESEGUITE SUL CAMPIONE

<input checked="" type="checkbox"/>	Apertura Campione
<input checked="" type="checkbox"/>	Caratteristiche Fisiche
<input checked="" type="checkbox"/>	Peso Specifico
<input checked="" type="checkbox"/>	Analisi Granulometrica per setacciatura
<input checked="" type="checkbox"/>	Analisi Granulometrica per sedimentazione
<input checked="" type="checkbox"/>	Limite Liquido
<input checked="" type="checkbox"/>	Limite Plastico
	Limite di ritiro
	Analisi Chimiche

	Prova Edometrica
	Prova di Permeabilità
<input checked="" type="checkbox"/>	Prova di Taglio Diretto
	Prova di Taglio Residuo
	Prova Triassiale C.I.D.
	Prova Triassiale C.I.U.
	Prova Triassiale U.U.
<input checked="" type="checkbox"/>	Prova ad espansione Laterale Libera
	Prova di Compattazione

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Vincenzo Pace

Direttore Tecnico

Dott. Geol. Vincenzo Pace





Certificato n°	28S4C1-02
Del	03/09/2020
Verbale di Accettazione n°	28/20
Job n°	23/20

Committente:	Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)		
Cantiere:	Complesso Scolastico Piazza Roma - Via Fogazzaro - Comune di Subiaco (RM)		
Progetto:	Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficiamento Energetico		
Data consegna in laboratorio:	24/08/2020	Data Esecuzione prova:	01/09/2020
Stato:	Indisturbato		
Profondità prelievo (m):	4,50 - 5,00	Sondaggio	S4
Campione	C1		

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA w (ASTM D 2216)

Provino n°	Rec. n°	Massa Recipiente (g)	Massa Rec.+ Camp. Umido (g)	Massa Rec.+ Camp. Secco (g)	Massa d' acqua (g)	Massa Camp. essiccato (g)	Contenuto d'Acqua %	Contenuto d'Acqua Medio %
1	M55	38,81	43,11	42,44	0,67	3,63	18,5	18,4
2	42	39,34	44,35	43,57	0,78	4,23	18,4	
3	C1	38,65	43,78	42,99	0,79	4,34	18,2	

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME DEI GRANI γ_s (ASTM D 854)

Picn. n°	Massa Picn. (g)	Massa Camp. Secco+ picnometro (g)	Massa Camp. Secco (g)	Massa Pic.+ Acqua (g)	Massa Pic.+ Acqua+ Camp.secco (g)	Peso di Volume dei Grani γ_s (KN/m ³)	Peso di Volume dei Grani Medio γ_s (KN/m ³)
5	34,42	39,49	5,07	100,57	103,69	25,47	25,39
9	35,17	40,21	5,04	101,63	104,72	25,32	

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME NATURALE γ_n (BS 1377 T15/e)

Provino n°	Volume Fust. (cm ³)	Massa Fustella (g)	Massa Fust. + Camp. Umido (g)	Massa Campione Umido (g)	Peso di Volume Naturale (KN/m ³)	Peso di Volume Naturale Medio (KN/m ³)
1	40	59,23	130,11	70,88	17,38	17,45
2	40	59,01	130,64	71,63	17,57	
3	40	58,99	129,90	70,91	17,39	

DETERMINAZIONE GRANDEZZE DI STATO

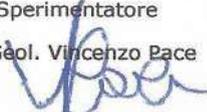
Peso dell'unità di volume secco	$\gamma_d =$	14,53	KN/m ³
Porosità	$n =$	0,43	
Rapporto dei vuoti	$e =$	0,75	
Grado di saturazione	$S_r =$	64	%

VOLUME IMMERSO SOMMERSO γ' E SATURO γ_{sat}

Peso del volume sommerso	$\gamma' =$	8,72	KN/m ³
Peso del volume saturo	$\gamma_{sat} =$		KN/m ³

Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Vincenzo Pace



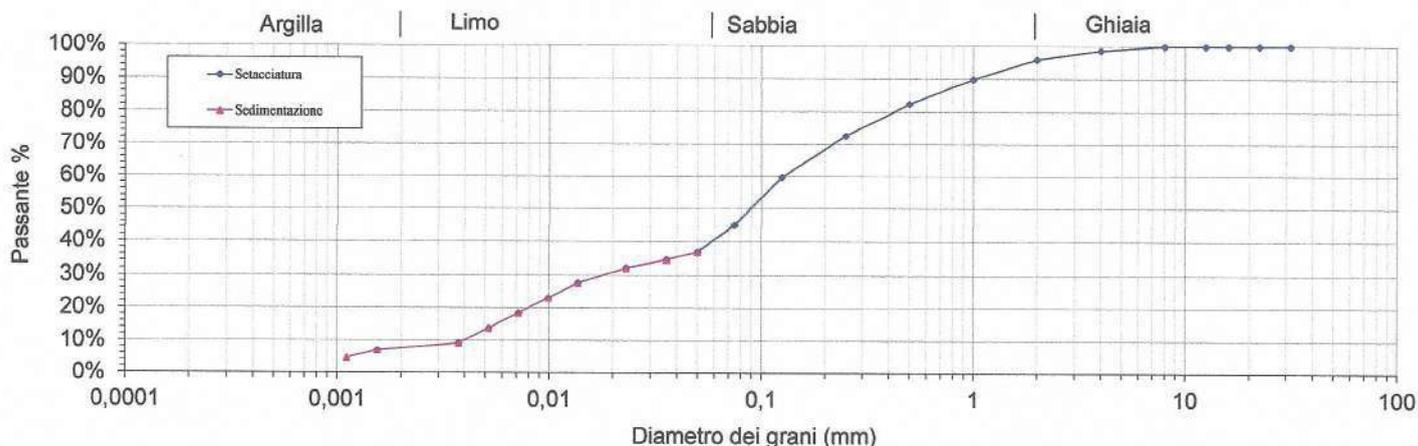



Certificato n°	28S4C1-03
Del	03/09/2020
Verbale di Accettazione n°	28/20
Job n°	23/20

Data Consegna in Laboratorio:	24/08/2020	Data Esecuzione Prova:	02/09/2020
Committente: Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)		Cantiere: Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficientamento Energetico	
Progetto:	Realizzazione di un Complesso Commerciale		
Sondaggio	Campione	Profondità di Prelievo (m)	
S4	C1	4,50 - 5,00	

ANALISI GRANULOMETRICA (Norm. internamente (Rif. AGI 1994) - AGI 1977)

DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA



Setacciatura													
Diametro (mm)	31,50	22,40	16,00	12,50	8,000	4,000	2,000	1,000	0,500	0,250	0,125	0,075	
Passante %	100%	100%	100%	100%	100,00%	98,71%	95,90%	89,91%	82,37%	72,62%	59,74%	45,02%	
Sedimentazione													
Diametro (mm)	0,0501	0,0359	0,0231	0,0137	0,0099	0,0072	0,0052	0,0038	0,0016	0,0011	0,0000	0,0000	
Passante %	36,81%	34,51%	32,21%	27,61%	23,01%	18,41%	13,80%	9,20%	6,90%	4,60%	0,00%	0,00%	

COMPOSIZIONE %	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	4,10%	50,89%	31,21%	12,53%

Definizione granulometrica:

Sabbia con limo argillosa con tracce di ghiaia

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Vincenzo Pace




Committente:	Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)		
Cantiere:	Complesso Scolastico Piazza Roma - Via Fogazzaro - Comune di Subiaco (RM)		
Progetto:	Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficiamento Energetico		
Data consegna in laboratorio:	24/08/2020	Data Esecuzione prova:	02/09/2020
Profondità prelievo (m):	4,50 - 5,00	Sondaggio	S4
		Campione	C1
Stato:	Indisturbato		

DETERMINAZIONE DEL LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4943; BS 1377)

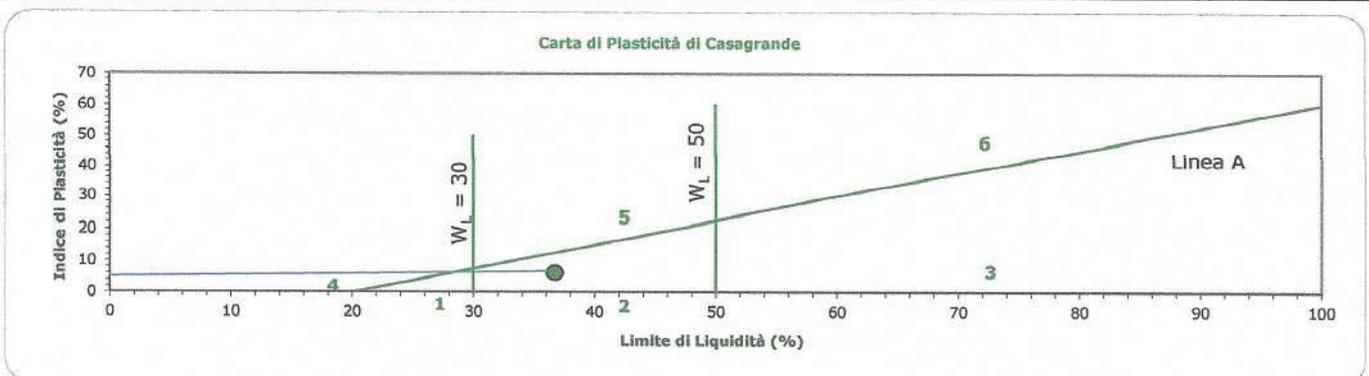
Provino n°	Vetrino n°	Massa Vetrino (g)	Numero Colpi	Massa vetr. + campione umido (g)	Massa vetr. + campione secco (g)	Contenuto d'acqua (%)
1	Z10	39,72	21	42,89	42,04	36,64
2	Z1	39,93	35	43,68	42,70	35,38
3	HI	40,16	58	44,22	43,18	34,44



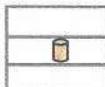
DETERMINAZIONE DEL LIMITE PLASTICO (ASTM D 4943; BS 1377)

Provino n°	Vetrino n°	Massa Vetrino (g)	Massa vetr. + campione umido (g)	Massa vetr. + campione secco (g)	Contenuto d'acqua (%)
1	A6	39,75	42,59	41,92	30,88
2	C3	43,32	46,23	45,52	32,27

Limite Liquido WL (%)	36,21	Limite Plastico Wp (%)	32	Indice di Plasticità Ip (%)	5	Indice di Consistenza Ic (%)	
------------------------------	--------------	-------------------------------	-----------	------------------------------------	----------	-------------------------------------	--



- 1) Limi inorganici di bassa compressibilità
- 2) Limi inorganici di media compr. e limi organici
- 3) Limi inorganici di alta compr. e argille org.



- 4) Argille inorg. di bassa plasticità
- 5) Argille inorg di media plasticità
- 6) Argille inorg. di alta plasticità

Lo Spettatore
 Dott. Geol. Vincenzo Pace





Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)
 Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830
 web: www.laborotek.it mail: info@laborotek.it
 pec: laborotek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale
 Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	28S4C1-05
Del	03/09/2020
Verb. di Accettazione n°	28/20
Job n°	23/20

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Committente:	Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)		
Cantiere:	Complesso Scolastico Piazza Roma - Via Fogazzaro - Comune di Subiaco (RM)		
Progetto:	Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficientamento Energetico		
Data consegna in laboratorio:	24/08/20	Data esecuzione prova:	01/09/20
			Indisturbato
Profondità prelievo (m):	4,50 - 5,00	Sondaggio	S4
		Campione	C1

Nome prova	Provino n°	H ₀ mm	A ₀ cm ²	γ _n KN/m ³	γ _d KN/m ³	W _o %	W _f %	S _o %	S _f %
TD200112	1 ○	30,00	36,00	17,47	14,39	18,56	23,39	64,25	72,99
TD200113	2 □	30,00	36,00	17,51	14,26	18,75	24,41	65,81	73,66
TD200114	3 △	30,00	36,00	17,46	14,32	18,86	23,98	64,98	73,21

Nome prova	Provino n°	σ _v Kpa	H mm	dt h	V micron/min
TD200112	1 ○	50,00	29,38	24,00	40,00
TD200113	2 □	100,00	28,30	24,00	40,00
TD200114	3 △	150,00	27,56	24,00	40,00

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Vincenzo Pace





Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)
 Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830
 web: www.laborotek.it mail: info@laborotek.it
 pec: laborotek@italia-pec.it

Certificato n°	28S4C1-05
Del	03/09/2020
Verb. di Accettazione n°	28/20
Job n°	23/20

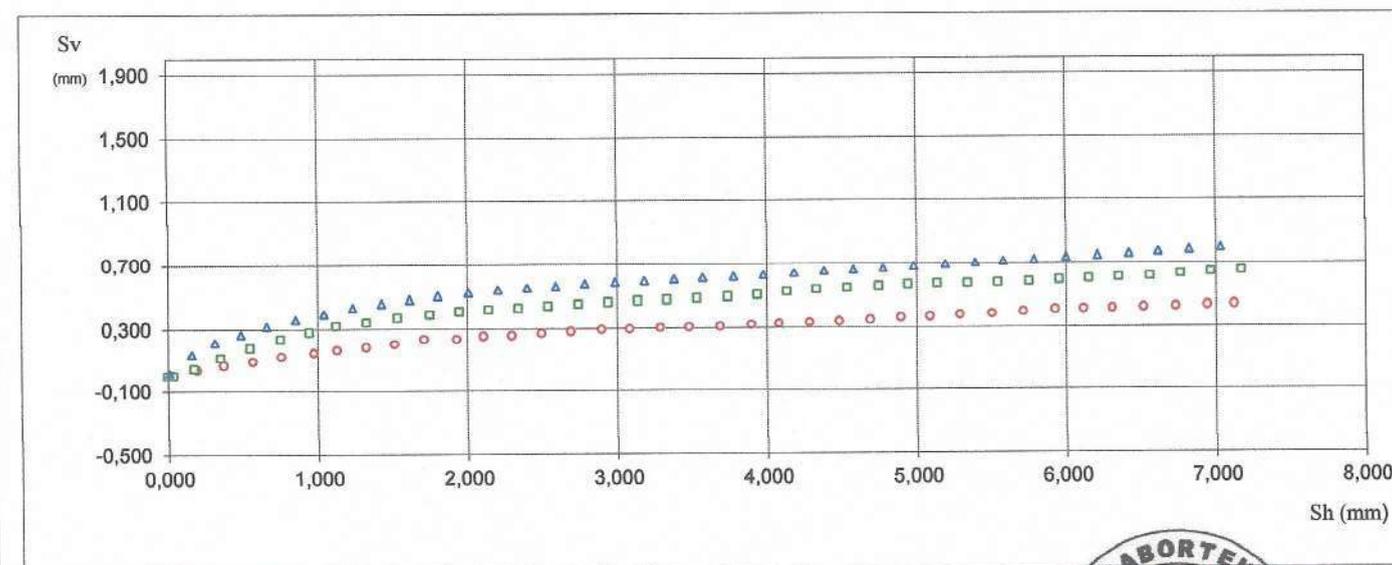
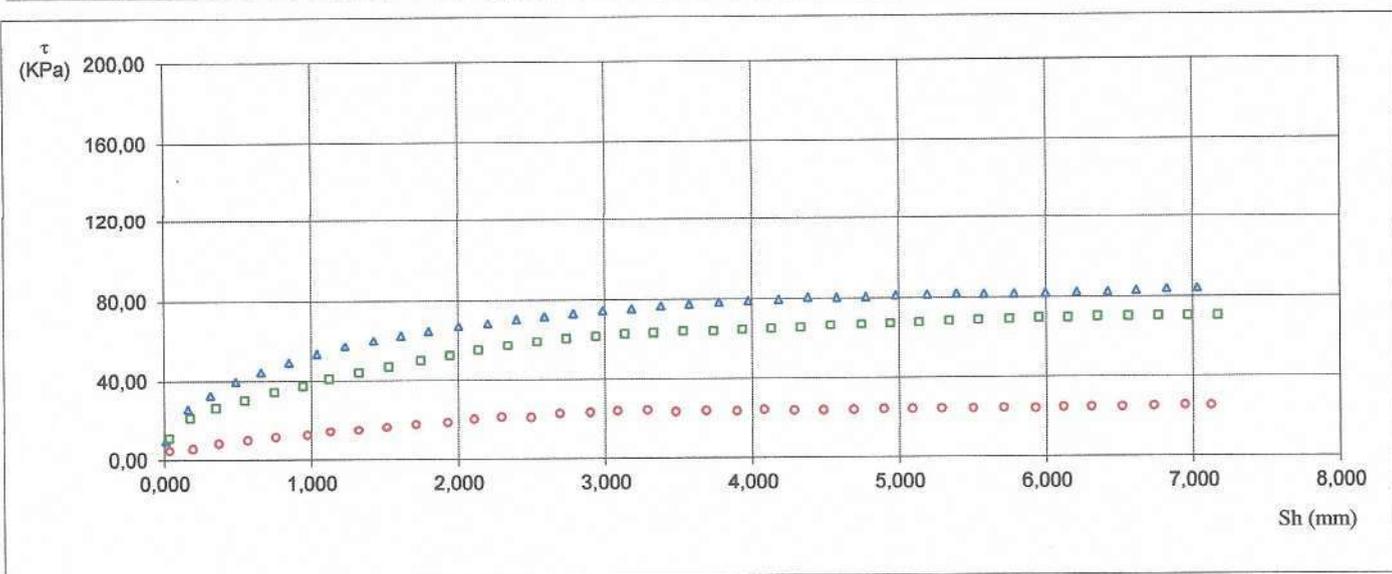


Decreto di Concessione Ministeriale
 Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Committente:	Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)		
Cantiere:	Complesso Scolastico Piazza Roma - Via Fogazzaro - Comune di Subiaco (RM)		
Progetto:	Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficientamento Energetico		
Data consegna in laboratorio:	24/08/20	Data esecuzione prova:	01/09/20
		Stato:	Indisturbato
Profondità prelievo (m):	4,50 - 5,00	Sondaggio	S4
		Campione	C1



Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Vincenzo Pace

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Vincenzo Pace
 Conferenza Ministeriale
 HTT n° 4956
 S. Maria C.V. (CE)
 TDB del 13/02/2017



Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)
 Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830
 web: www.laborotek.it mail: info@laborotek.it
 pec: laborotek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale
 Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Certificato n°	28S4C1-05
Del	03/09/2020
Verb. di Accettazione n°	28/20
Job n°	23/20

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Committente: Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)			
Cantiere: Complesso Scolastico Piazza Roma - Via Fogazzaro - Comune di Subiaco (RM)			
Progetto: Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficiamento Energetico			
Data consegna in laboratorio:	24/08/20	Data esecuzione prova:	01/09/20
		Stato:	Indisturbato
Profondità prelievo (m):	4,50 - 5,00	Sondaggio	S4
		Campione	C1

Nome Prova TD200112		
Provino n° 1 ○		
Sh (mm)	Sv (mm)	τ (Kpa)
0,036	0,004	4,594
0,197	0,040	5,499
0,373	0,070	8,217
0,567	0,094	9,705
0,758	0,126	11,322
0,975	0,150	12,357
1,131	0,167	14,169
1,324	0,186	14,945
1,515	0,205	16,369
1,712	0,236	28,600
1,929	0,235	28,500
2,109	0,253	21,790
2,296	0,259	21,415
2,496	0,270	21,156
2,693	0,282	23,033
2,898	0,293	23,421
3,084	0,296	24,133
3,289	0,303	24,391
3,481	0,306	23,550
3,689	0,311	23,938
3,898	0,322	23,615
4,082	0,327	24,197
4,286	0,333	23,809
4,485	0,339	23,809
4,691	0,349	23,938
4,897	0,363	24,262
5,090	0,370	24,262
5,289	0,378	24,391
5,504	0,385	24,391
5,713	0,395	24,521
5,928	0,409	24,197
6,117	0,413	24,844
6,309	0,417	24,844
6,518	0,421	24,909
6,733	0,425	25,168
6,944	0,433	25,426
7,122	0,437	25,233

Nome Prova TD200113		
Provino n° 2 □		
Sh (mm)	Sv (mm)	τ (Kpa)
0,000	0,001	-0,194
0,035	0,001	10,723
0,175	0,048	21,510
0,351	0,115	26,419
0,548	0,181	30,294
0,750	0,236	34,428
0,944	0,281	37,464
1,123	0,321	41,081
1,326	0,342	44,117
1,531	0,370	46,958
1,748	0,393	49,736
1,945	0,408	52,256
2,140	0,420	55,097
2,340	0,430	57,167
2,538	0,441	59,039
2,740	0,452	60,525
2,940	0,463	61,622
3,137	0,469	62,786
3,332	0,476	63,303
3,533	0,485	64,078
3,739	0,494	64,078
3,937	0,503	64,658
4,133	0,520	65,239
4,331	0,535	65,628
4,536	0,543	66,725
4,747	0,554	67,114
4,944	0,562	67,436
5,138	0,567	68,017
5,341	0,570	68,664
5,543	0,573	69,117
5,753	0,579	69,503
5,952	0,590	70,083
6,151	0,599	70,019
6,351	0,605	70,536
6,561	0,611	70,472
6,765	0,628	70,667
6,966	0,640	70,667
7,169	0,648	70,667

Nome Prova TD200114		
Provino n° 3 ▲		
Sh (mm)	Sv (mm)	τ (Kpa)
0,012	0,018	9,511
0,160	0,140	26,073
0,314	0,216	32,800
0,488	0,268	39,725
0,660	0,316	44,511
0,854	0,360	49,169
1,042	0,396	53,311
1,234	0,434	57,064
1,428	0,460	60,039
1,614	0,481	62,561
1,802	0,504	64,697
2,007	0,522	67,028
2,205	0,538	68,450
2,400	0,549	70,456
2,590	0,558	71,814
2,786	0,573	73,239
2,988	0,583	74,531
3,184	0,591	75,503
3,382	0,602	76,667
3,574	0,609	77,508
3,779	0,617	78,414
3,978	0,626	79,061
4,184	0,637	79,642
4,381	0,650	80,550
4,578	0,658	80,356
4,777	0,668	80,614
4,983	0,683	81,325
5,194	0,695	81,647
5,394	0,703	81,972
5,581	0,711	81,778
5,787	0,720	81,778
6,000	0,733	82,103
6,211	0,746	82,425
6,422	0,756	82,489
6,616	0,768	83,136
6,824	0,780	83,847
7,031	0,791	84,236

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Vincenzo Pace

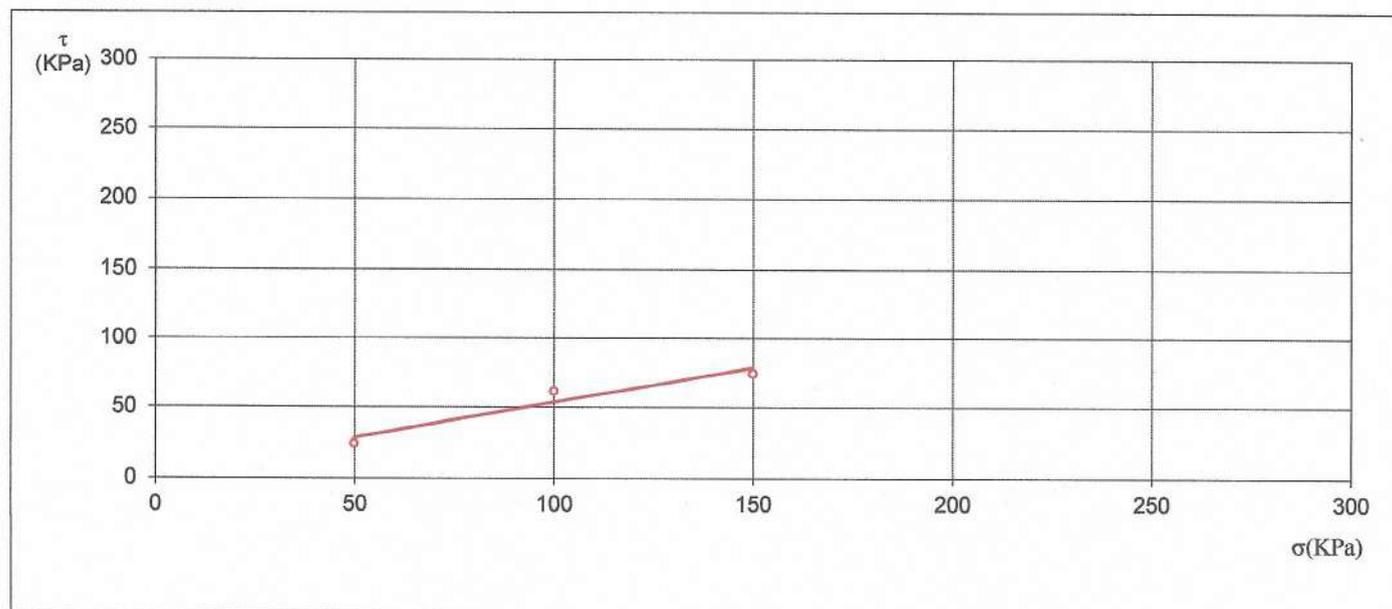
Il Direttore
 Dott. Geol. Vincenzo Pace



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)				
Cantiere: Complesso Scolastico Piazza Roma - Via Fogazzaro - Comune di Subiaco (RM)				
Progetto: Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficientamento Energetico				
Profondità prelievo (m):	4,50 - 5,00	Sondaggio	S4	Campione
				C1

Provino	Pressione Verticale	Resistenza al Taglio	Deformazione orizzontale	Deformazione verticale Sv
n°	σV (Kpa)	τ (Kpa)	Sh (mm)	(mm)
1	50	24,13	3,08	0,30
2	100	61,62	2,94	0,46
3	150	74,53	2,99	0,58



Angolo di Attrito	Coesione intercetta
ϕ	C
(gradi)	(KPA)
26,58	3,03



Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)
 Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830
 web: www.laborotek.it mail: info@laborotek.it
 pec: laborotek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale
 Prot. 4956 del 04/06/2010
 Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



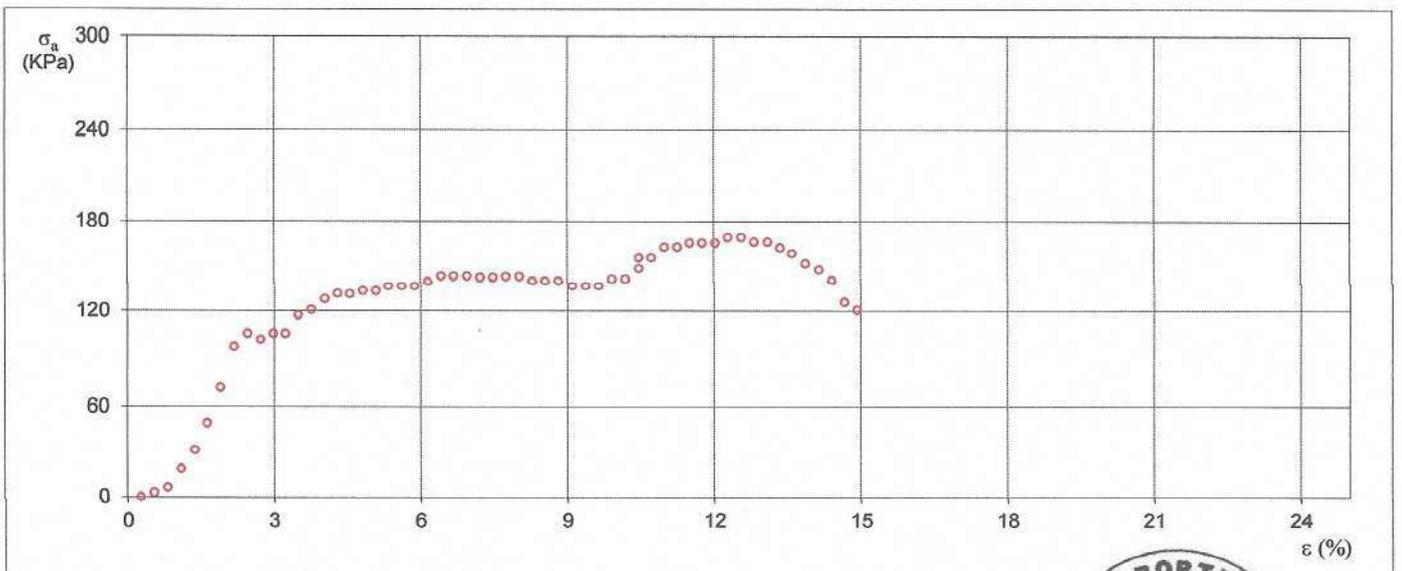
Certificato n°	28S1C1-07
Del	03/09/2020
Verb di Accettazione n°	28/20
Job n°	23/20

PROVA DI ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ASTM D2166)

Committente:	Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)		
Cantiere:	Complesso Scolastico Piazza Roma - Via Fogazzaro - Comune di Subiaco (RM)		
Progetto:	Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficientamento Energetico		
Data consegna in laboratorio:	24/08/2020	Data esecuzione prova:	02/09/2020
		Stato:	Indisturbato
Profondità prelievo (m):	4,50 - 5,00	Sondaggio	S4
		Campione	C1

Altezza provino	76,20 mm	Umidità iniziale	18,70 %
Sezione provino	11,40 cm ²	Deformazione a rottura	12,57 %
Peso di volume naturale	17,85 KN/m ³	Sforzo a Rottura	169,76 Kpa

Deform. %	Tensione Kpa								
0,00	-3,36	3,24	106,65	6,43	143,62	9,65	136,49	12,572	169,757
0,29	0,00	3,50	117,30	6,89	143,62	9,92	141,42	12,835	166,536
0,56	2,98	3,77	120,63	6,97	143,62	10,20	141,42	13,110	166,536
0,84	6,24	4,04	127,66	7,23	142,65	10,47	148,88	13,360	162,815
1,12	18,54	4,30	131,35	7,49	142,65	10,47	155,88	13,609	158,954
1,39	31,14	4,55	131,03	7,76	143,24	10,73	155,88	13,885	152,021
1,64	48,91	4,82	133,19	8,03	143,24	11,00	163,12	14,160	147,826
1,92	71,94	5,09	133,19	8,29	140,02	11,26	163,12	14,423	140,692
2,19	97,87	5,34	136,23	8,56	140,08	11,51	165,83	14,672	125,624
2,47	106,65	5,62	136,23	8,83	140,08	11,77	165,83	14,934	120,350
2,73	102,77	5,88	136,23	9,11	136,49	12,05	165,83		
2,99	106,65	6,15	139,72	9,38	136,49	12,30	169,76		



Handwritten signature





Via Martucci, 19 - 81055 S. Maria C.v. (Ce)
 Tel.: 0823.797119 Fax: 0823.587830
 web: www.labortek.it mail: info@labortek.it
 pec: labortek@italia-pec.it



Decreto di Concessione Ministeriale
 Prot. 4956 del 04/06/2010
 Prove Geotecniche su Terre (Settore A)



Committente:	Solgeotek S.r.l. (per conto del Comune di Subiaco - RM)		
Cantiere:	Complesso Scolastico Piazza Roma - Via Fogazzaro - Comune di Subiaco (RM)		
Progetto:	Adeguamento Sismico Funzionale ed Efficientamento Energetico		
Data consegna in laboratorio	24/08/20	Data esecuzione prove:	01/09/20
		Stato:	Indisturbato
Profondità prelievo (m):	4,50 - 5,00	Sondaggio	S4
		Campione	C1

FOTO CAMPIONE



Lo Sperimentatore

Dott. Geol. Vincenzo Pace

Direttore Tecnico

Dott. Geol.

