Firmato digitalmente da
Vania Paterra
CN = Paterra Vania
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Chieti
C = IT

COMUNE di PALENA

(PROVINCIA DI CHIETI)

COMMITTENTE:

AMMINISTRAZIONE COMUNALE

OGGETTO:

MIGLIORAMENTO SISMICO ISTITUTO COMPRENSIVO SITO NEL COMUNE DI PALENA, IN VIA FRENTANA N. 2

RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA

Il Relatore
Dott. Geol. Eustachio Pietromartire

Firmato digitalmente da
Eustachio Pietromartire
CN = Pietromartire Eustachio
O = Ordine Geologi Abruzzo
93009690665
C = IT

N. 20_18, APRILE 2018

Sommario

1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO 3

2. METODOLOGIA DI INDAGINE E DI LAVORO 6
2.1 SONDAGGI E PROVE IN FORO 8
2.2 PROSPEZIONE SISMICA DI SUPERFICIE DI TIPO MASW 13
2.2.1 Caratteristiche delle attrezzature 13
2.2.2 Modalità esecutive 15
2.2.3 Elaborazione dei dati 16
2.3 INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR 16
2.3.1 Elaborazione dei dati 17

3. INQUARAMENTO GEOGRAFICO 20

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO 25

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 32

6. CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI 47
6.1 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA 49

7. LITOSTRATIGRAFIA DEI TERRENI E LORO CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE . 52

8. SISMICITÀ DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI 54
8.1 CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE 55

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE 60
9.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE UTILIZZATE PER IL CALCOLO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE 62
9.2 METODOLOGIA DI ELABORAZIONE 63
9.3 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA 65
9.4 RISULTATI 65
9.5 CALCOLO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE 72

10. CONCLUSIONI 73

ALLEGATI:

CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:25.000)

CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:5.000)

CARTA GEOLOGICA (SCALA 1:100.000)

STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA (AGG. PAI DGR 375 DEL 2015, FUORI SCALA)

STRALCIO CARTA PERICOLOSITÀ E RISCHIO (AGG. PAI DGR 375 DEL 2015, FUORI SCALA)

CARTA DELLE PENDENZE (SCALA 1:5.000)

CARTA DELLE MOPS (MZS I LIVELLO, SCALA 1:5.000)

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

INDAGINE GEOGNOSTICA

INDAGINI GEOFISICHE

CERTIFICATI DI LABORATORIO

CERTIFICATI DI LABORATORIO DI RIFERIMENTO

TABELLE VALORI DEGLI SPETTRI REGOLARIZZATI

Via Fontevecchia, 4 65010 Spoltore (PE) tel/fax 085.412875 e-mail: eu.pietromartire@gmail.com

P. IVA 01795460680 C.F. PTRSCH48B17L186Z

1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico-tecnico, geomorfologico e sismico, eseguito nel territorio comunale di Palena (CH) a supporto del progetto "MIGLIORAMENTO SISMICO ISTITUTO COMPRENSIVO SITO NEL COMUNE DI PALENA, IN VIA FRENATANA N. 2". Il sito di progetto si ubica nel settore settentrionale del centro abitato di Palena (CH).

Lo studio è finalizzato alla valutazione delle litologie affioranti, all'individuazione del trend morfoevolutivo, alla ricostruzione dell'ambito geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico e sismico in cui s'inserisce il sito di progetto.

L'inquadramento geologico e fisiografico dell'areale di studio risulta essere noto sia per la provincia geologica di appartenenza sia per la documentazione bibliografica esistente.

Per la ricostruzione dettagliata della litostratigrafia locale, con conseguente determinazione dei parametri geotecnici, e per la definizione della categoria di sottosuolo, è stata programmata una campagna d'indagine geognostiche, geotecnica e geofisica.

Nello specifico, la campagna di indagine geognostica e geotecnica ha previsto l'esecuzione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a – 30,00 metri dal p.c., con prove S.P.T e prelievo di campioni indisturbati da inviare al laboratorio geotecnico.

La campagna d'indagine geofisica ha previsto l'esecuzione di una prova sismica di superficie di tipo MASW e una misura di rumore ambientale HVSR. Per la descrizione della metodologia di indagine e della strumentazione utilizzata si rimanda al capitolo seguente.

Tutti i risultati della campagna d'indagine sono stati utilizzati anche per la valutazione della risposta sismica locale con individuazione dei fattori di amplificazione e del relativo spettro di risposta del sito di progetto.

I certificati delle prove sono in calce alla relazione, unitamente all'ubicazione delle stesse. Inoltre, allegati alla presente relazione vi sono riportati i certificati di precedenti analisi di laboratorio eseguite su terreni appartenenti allo stesso litotipo.

Per la stesura del presente elaborato, è stato, inoltre, consultato lo Studio di Microzonazione Sismica di I Livello del territorio comunale.

La normativa nazionale e regionale di riferimento è la seguente:

- *D.M. 11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*
- G.U. n. 29 del 04 febbraio 2008;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori *Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"* (Gazzetta Ufficiale del 26.02.2009 n. 47, supplemento ordinario n. 27).
- D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni.
- *L.R. 26 Ottobre 1992 N°93 "Norme per lo snellimento di procedure per gli interventi di costruzione riparazione, sopraelevazione e ampliamento nelle zone dichiarate sismiche ai sensi della legge 2 febbraio 1974, n.64."*
- Legge Regionale 11 Agosto 2011, n. 28 – Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche.
- *D.M. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";*
- *O.P.C.M. 20 marzo 2003 " Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*
- *O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 "criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n.108 del 11/05/2006).*
- *O.P.C.M. 13 novembre 2010, n.3907 pubblicata nella G.U. 1 dicembre 2010, n.281, S.O.*

- *Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture "Norme tecniche per le costruzioni" (GU n.29 del 04/02/2008).*
- *Raccomandazioni sulla programmazione ed eseguizione delle indagini geognostiche e geotecniche (A.G.I., 1977).*
- *L.R. 16.09.1998 n.81 e L. R. 24.08.2001 n.43 – Servizio Difesa del Suolo – Autorità dei Bacini Regionali – "piano di stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del fiume sangro L. 18.05.1989 n.183 art.17 comma 6 ter. edito dalla Regione Abruzzo Direzione Territorio Urbanistica, Beni Ambientali, Parchi, Politiche e Gestione dei Bacini Idrografici.*
- Delibera Regione Abruzzo del 05.11.2007 n. 1049, in particolar modo a quanto contenuto nell'Allegato F "*Specifiche tecniche in materia di scarpate*" richiamato nell'art. 20 delle misure di salvaguardia parte integrante della deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità dei Bacini di rilievo regionale n. 8 del 31.07.2007 pubblicato nel BURA n. 66 23.11.2007 in cui si fa obbligo agli E
- UNI EN 1997 – 1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1998 – 5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

2. METODOLOGIA DI INDAGINE E DI LAVORO

Per acquisire le conoscenze anticipate in premessa, ricostruire l'assetto geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, litostratigrafico e sismico si è predisposta una metodologia di lavoro per step successivi, propedeutici e consequenziali.

Lo studio è stato quindi condotto attraverso le seguenti fasi:

- Sopralluoghi preliminari;
- Reperimento di materiale bibliografico (*cartografia topografica in scala 1:25.000 e 1:5.000, geologica da varie fonti e dal Servizio Geologico d'Italia, geomorfologica e pubblicazioni scientifiche*);
- Ricerca, presso i nostri archivi, di indagini geologiche, studi e rilievi geologici - geomorfologici svolti in precedenza nella stessa zona e in aree limitrofe;
- Rilevamento geologico e geomorfologico;
- Realizzazione di cartografia georeferenziata;
- Programmazione ed esecuzione di una campagna di indagine geognostica e geotecnica e prove di laboratorio;
- Elaborazione e interpretazione finale dei dati bibliografici, di rilevamento e della campagna di indagine;
- Determinazione della categoria di sottosuolo e valutazione della risposta sismica locale.

Come affermato precedentemente, l'inquadramento geologico e fisiografico dell'areale di studio risulta essere noto sia per la provincia geologica di appartenenza sia per la documentazione bibliografica esistente.

Per la ricostruzione dettagliata della litostratigrafia locale, con conseguente determinazione dei parametri geotecnici, e per la definizione della categoria di sottosuolo, è stata programmata una campagna di indagine geognostiche, geotecnica e geofisica.

Nello specifico, la campagna di indagine geognostica e geotecnica ha previsto l'esecuzione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a – 30,00 metri dal p.c., con prove S.P.T e prelievo di campioni indisturbati da inviare al laboratorio geotecnico (vedi tabella seguente).

INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA			
Sigla	**Profondità (metri dal p.c.)**	**Prove S.P.T.**	**Prelievo campioni indisturbati**
S1	-30,00	6	2

PROVE DI LABORATORIO			
Sigla	**Campione**	**Profondità**	**Prove geotecniche**
S1	C1	3,00 – 3,50	Analisi granulometrica, peso di volume, Limiti di Attemberg, Prova edometrica, Taglio diretto
S1	C2	9,50 – 10,00	Analisi granulometrica, peso di volume, Limiti di Attemberg, Taglio diretto

La campagna d'indagine geofisica ha previsto l'esecuzione di una prova sismica di superficie di tipo MASW e una misura di rumore ambientale HVSR (vedi tabella seguente).

INDAGINI GEOFISICHE		
Sigla	**Lunghezza (metri)**	**Durata (minuti)**
MASW	50,00	-
HVSR	-	30’

Per la descrizione della metodologia d’indagine, della strumentazione utilizzata si rimanda al capitolo seguente. I certificati sono in calce alla relazione.

Tutti i risultati della campagna d’indagine sono stati utilizzati anche per la valutazione della risposta sismica locale con individuazione dei fattori di amplificazione e del relativo spettro di risposta del sito di progetto.

I certificati delle prove sono in calce alla relazione, unitamente all’ubicazione delle stesse. Inoltre, allegati alla presente relazione vi sono riportati i certificati di precedenti analisi di laboratorio eseguite su terreni appartenenti allo stesso litotipo.

Per la stesura del presente elaborato, è stato, inoltre, consultato lo Studio di Microzonazione Sismica di I Livello del territorio comunale.

2.1 SONDAGGI E PROVE IN FORO

Il carotaggio continuo viene effettuato, conformemente alla natura dei terreni attraversati, utilizzando un sistema di perforazione tradizionale costituito da batteria di aste e carotiere semplice da 101 mm di diametro, con avanzamento a “secco” per un miglior recupero dei terreni carotati.

La stabilizzazione del foro è stata ottenuta previo rivestimento, mediante tubazioni da 127 mm di diametro. I terreni terebrati sono attentamente esaminati dal geologo presente in cantiere che provvede a redigere la tabella stratigrafica di dettaglio e a

fotografare i reperti di carotaggio, conservati in apposite cassette catalogatrici in plastica provviste di divisori e coperchio.

Figura 1 - Foto postazione di sondaggio geognostico.

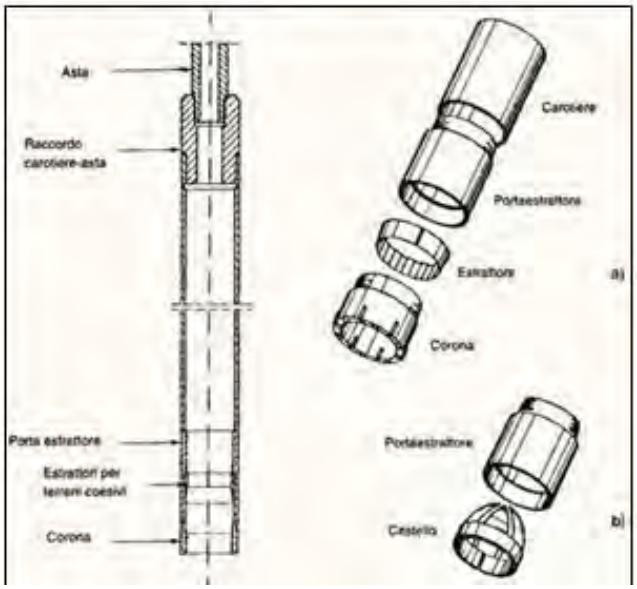


Figura 2 – Carotiere semplice.

Le informazioni di dettaglio, sulla natura dei terreni terebrati, sono sintetizzate, unitamente alla documentazione fotografica, nelle stratigrafie di sondaggio allegate alla presente relazione. Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*).

2.1.1 Prova Standard Penetration Test (S.P.T.)

Si tratta di prove geotecniche in foro di sondaggio, tipo S.P.T. (*Standard Penetration Test*), per la definizione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni a diverse profondità, ottenendo informazioni di carattere geotecnico sia per i terreni di copertura che per i terreni del substrato.

Le prove S.P.T. sono effettuate in avanzamento all'interno dei fori di sondaggio, con la porzione di foro sovrastante opportunamente rivestita.

Per l'esecuzione delle prove sono utilizzate attrezzature conformi a quanto stabilito nelle normative di riferimento ASTM D.1586/67 – 74, UNI ENV 1997-3:2002 -

Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Progettazione assistita con prove in sito, UNI EN ISO 22476-3:2005 Indagini e prove geotecniche – Prove in sito – Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test).

La prova consiste nella infissione a percussione, secondo una procedura standardizzata, di un campionatore a pareti grosse di dimensioni standard (campionatore Raymond) o di un campionatore a punta chiusa nel fondo di un foro di sondaggio e nella registrazione dei colpi necessari per una penetrazione di 30 cm.

Il tubo campionatore è collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

Per la prova sono utilizzate le seguenti attrezzature standard:

- Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- Testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- Maglio di acciaio di 63.5 kg;
- Dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0.76 m;
- Centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna.

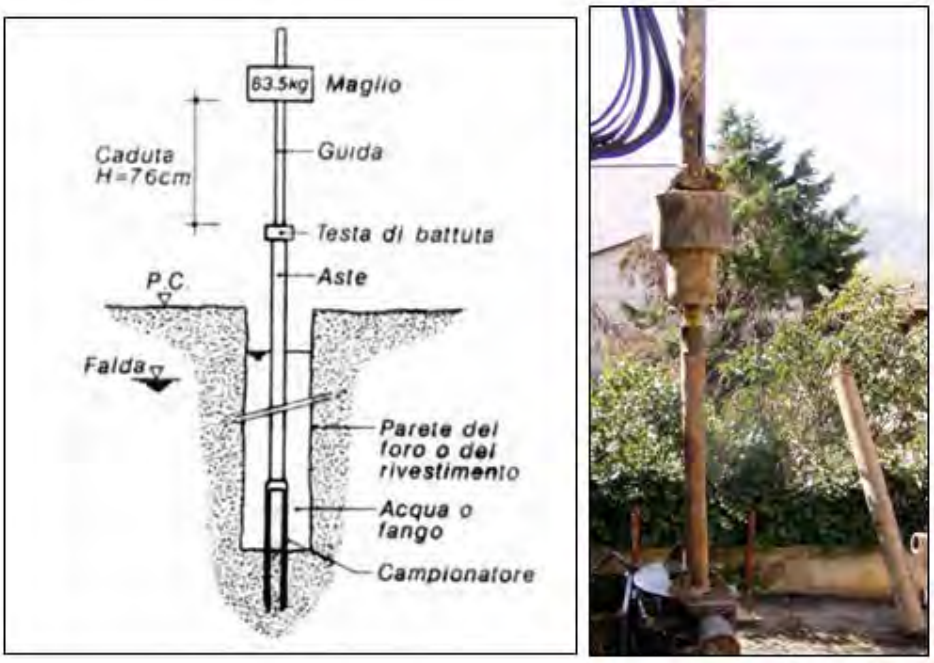


Figura 3 - Attrezzatura per l'esecuzione della prova S.P.T.

Il campionatore Raymond, ha diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm.

Esso consta di un tubo diviso longitudinalmente a metà; i due semitubi sono tenuti insieme, durante l'infissione, o da una scarpa tagliente avvitata alla base e da un anello in testa o da una punta conica, a seconda delle litologie interessate dalla prova.

Durante la prova si misura:

N_1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
N_2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;
N_3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$\mathbf{N_{SPT} = N_2 + N_3}$$

2.2 PROSPEZIONE SISMICA DI SUPERFICIE DI TIPO MASW

L'analisi spettrale delle onde di superficie, denominata MASW (Multi-Spectral Analysis of Surface Waves) consiste nell' energizzazione del terreno dalla superficie e nella registrazione delle onde di superficie di tipo Rayleigh in corrispondenza di una serie di geofoni allineati in asse con la sorgente.

Attraverso un procedimento di inversione della curva di dispersione prodotta si giunge alla ricostruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio Vs per la successiva determinazione dei moduli di elasticità tangenziali (G0) a bassissimi livelli di deformazione.

La tecnica MASW si basa sulla registrazione delle onde di superficie in corrispondenza di una serie di geofoni a interasse fisso (MASW) o variabile (SASW-M), allineati con la sorgente.

Le metodologie consentono di definire il profilo di velocità delle onde di taglio dei terreni; adottando diverse strumentazioni e diversi protocolli sperimentali la prospezione può essere applicata a:

- ✓ caratterizzazione delle pavimentazioni e del corpo dei rilevati stradali;
- ✓ caratterizzazione di terreni in superficie o in profondità, fino a qualche decina di metri, anche per la determinazione del parametro della V_{s30} (velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità).

2.2.1 Caratteristiche delle attrezzature

Per l'esecuzione delle indagini MASW è stata utilizzata la seguente strumentazione e software di elaborazione:

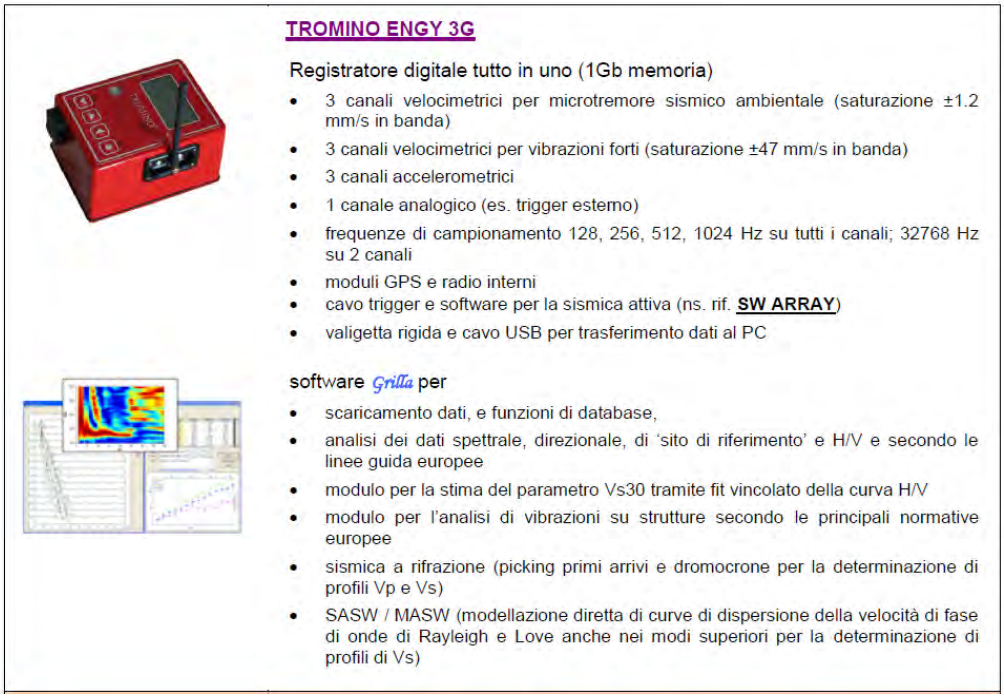
- ✓ cordella metrica e strumenti per la pulizia e preparazione della superficie del terreno;

- ✓ sistema di energizzazione di tipo impulsivo, costituito da una mazza di massa di 10 kg, in relazione alla lunghezza degli stendimenti.
- ✓ un sismografo multicanale del tipo TROMINO ENGY 3G avente le seguenti caratteristiche:

La procedura di prova prevede la disposizione dei ricevitori (in questo caso del Tromino Engy 3G) lungo un allineamento sulla superficie della verticale da investigare.

La prova si esegue trasmettendo da una sorgente al terreno una forza di tipo impulsivo, attraverso il sistema di energizzazione a massa battente.

La sorgente sarà ubicata alternativamente su entrambi gli estremi dell' allineamento. Ciò consente di ottenere una compensazione di eventuali distorsioni di fase interne dei geofoni e una parziale riduzione degli effetti dovuti a discontinuità locali o a stratificazioni leggermente inclinate del deposito.



TROMINO ENGY 3G

Registratore digitale tutto in uno (1Gb memoria)

- 3 canali velocimetrici per microtremore sismico ambientale (saturazione ±1.2 mm/s in banda)
- 3 canali velocimetrici per vibrazioni forti (saturazione ±47 mm/s in banda)
- 3 canali accelerometrici
- 1 canale analogico (es. trigger esterno)
- frequenze di campionamento 128, 256, 512, 1024 Hz su tutti i canali; 32768 Hz su 2 canali
- moduli GPS e radio interni
- cavo trigger e software per la sismica attiva (ns. rif. **SW ARRAY**)
- valigetta rigida e cavo USB per trasferimento dati al PC

software *Grilla* per

- scaricamento dati, e funzioni di database,
- analisi dei dati spettrale, direzionale, di 'sito di riferimento' e H/V e secondo le linee guida europee
- modulo per la stima del parametro Vs30 tramite fit vincolato della curva H/V
- modulo per l'analisi di vibrazioni su strutture secondo le principali normative europee
- sismica a rifrazione (picking primi arrivi e dromocrone per la determinazione di profili Vp e Vs)
- SASW / MASW (modellazione diretta di curve di dispersione della velocità di fase di onde di Rayleigh e Love anche nei modi superiori per la determinazione di profili di Vs)

Figura 4 – Esecuzione prova MASW.

2.1.2 Modalità esecutive

La superficie di appoggio su cui è stato realizzato l'allineamento è stata preventivamente regolarizzata. Il campionamento temporale è stato tarato in modo da garantire che tutto il treno d'onda relativo alla propagazione delle onde superficiali sia registrato, quindi la durata dell'acquisizione è maggiore o uguale al tempo necessario per l'armonica più lenta a raggiungere il sensore più lontano. L'intervallo di campionamento dovrà garantire la stima delle armoniche di interesse in base alle regole del campionamento (frequenza di campionamento almeno doppia - meglio se pari a cinque volte - della frequenza più alta da registrare).

2.2.3 Elaborazione dei dati

Una volta completata la caratterizzazione in sito della verticale di indagine e definita la curva di dispersione sperimentale tra velocità di fase e lunghezze d'onda, si esegue il processo di inversione per giungere alla definizione di un modello numerico e della corrispondente curva di dispersione numerica.

Il processo di inversione è stato realizzato col software Grilla dedicato, attraverso una procedura iterativa: andrà ipotizzato un profilo stratigrafico verticale di prima ipotesi caratterizzato da determinati spessori di terreno e dati valori del coefficiente di Poisson e della densità. Il processo di iterazione verrà ripetuto variando opportunamente i parametri di input e sarà concluso una volta giunti ad un modello che presenti una curva di dispersione numerica assimilabile con buona approssimazione a quella sperimentale. Il profilo di velocità delle onde di taglio Vs così ottenuto, sarà quindi utilizzato per stimare la variazione del modulo di taglio G0 in funzione della profondità.

Per la presente campagna è stata eseguita n.° 01 indagine di tipo MASW ubicata come da planimetria allegata.

2.3 INDAGINE SISMICA PASSIVA HVSR

Per definire la frequenza di risonanza caratteristica dei litotipi affioranti nell'area di studio sono state eseguite due indagini di sismica passiva (HVSR) note anche come "microtremore", tali indagini studiano il campo d'onda delle vibrazioni ambientali. Queste ultime sono movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze non percepibili dall'uomo (dell'ordine di 10-4 - 10-2 mm).

La metodologia utilizzata, chiamata anche tecnica Nakamura (1989), è stata introdotta per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970). Tale tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V (H= componente orizzontale e V= componente verticale) di rumore ambientale (seismic noise), ovvero delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro

a tre componenti. La tecnica di Nakamura assume che i microtremori consistano di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia causa di amplificazione al sito.

L'esito della prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto tra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

2.3.1 Elaborazione dei dati

I dati acquisiti saranno convertiti in file ASCII mediante software "Grilla" in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del Progetto Europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali; si opera su finestre di selezione del segnale il cui numero non deve essere inferiore a 10 per un segnale complessivo utile non inferiore a 200-400 secondi. Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante grafici dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f0 (Frequenza di risonanza e la sua deviazione standard). Nella tabella seguente, riprodotta anche nel Report di indagine, si illustra la qualità del segnale acquisito in base al Progetto SESAME.

Criteria for a reliable H/V curve

i) $f_0 > 10 / l_w$

and

ii) $n_c(f_0) > 200$

and

iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f0 > 0.5Hz$

or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f0 < 0.5Hz$

Criteria for a clear H/V peak

(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)

i) $\exists\, f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$

ii) $\exists\, f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$

iii) $A_0 > 2$

iv) $f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$

v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$

vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = number of significant cycles
- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$)
- $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- f^- = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
- f^+ = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{logH/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{logH/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer
- h = depth to bedrock
- h_{min} = lower-bound estimate of h

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

La prima parte dei criteri è dedicata alla valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V, ovvero se la registrazione è stata effettuata per un periodo sufficientemente lungo e se è stata analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati. La seconda parte dei criteri valuta la chiarezza del picco H/V ovvero se la curva è geometricamente ben definita.

Per l'affidabilità della curva H/V devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi. L'interpretazione delle informazioni ottenute dalle misure di HVSR è stata effettuata basandosi sulle indicazioni descritte nel testo "Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola; D. Albarello, S. Castellano, Supplemento alla rivista trimestrale Ingegneria Sismica, Anno XXVII – n. 2 – 2011.

La curva H/V ottenuta è stata osservata congiuntamente allo spettro delle singole componenti, da tale operazione non è stato possibile discernere il picco di natura stratigrafica da quello eventualmente generato da fonti di disturbo di origine antropica. Infatti le componenti spettrali NS, EW e Z (componente verticale) hanno comunemente ampiezze simili alla frequenza di risonanza e generano una forma “a occhio” tra le componenti orizzontali che è indicativa di risonanza stratigrafica.

Figura 5 - Esecuzione prova HVSR.

3. INQUARAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio si colloca sul fronte sud-orientale della dorsale montuosa della Maiella, contraddistinto da un paesaggio collinare particolarmente inciso che funge da raccordo tra la struttura carbonatica dei rilievi e i termini terrigeni collinari e costieri. L'abitato di Palena, a circa 676 metri s.l.m., dal punto di vista fisiografico, si sviluppa sul fronte orientale del gruppo della Maiella, in una porzione subpianeggiante che si interpone tra le falde montane ed i rilievi collinari incisi dal Fiume Aventino.

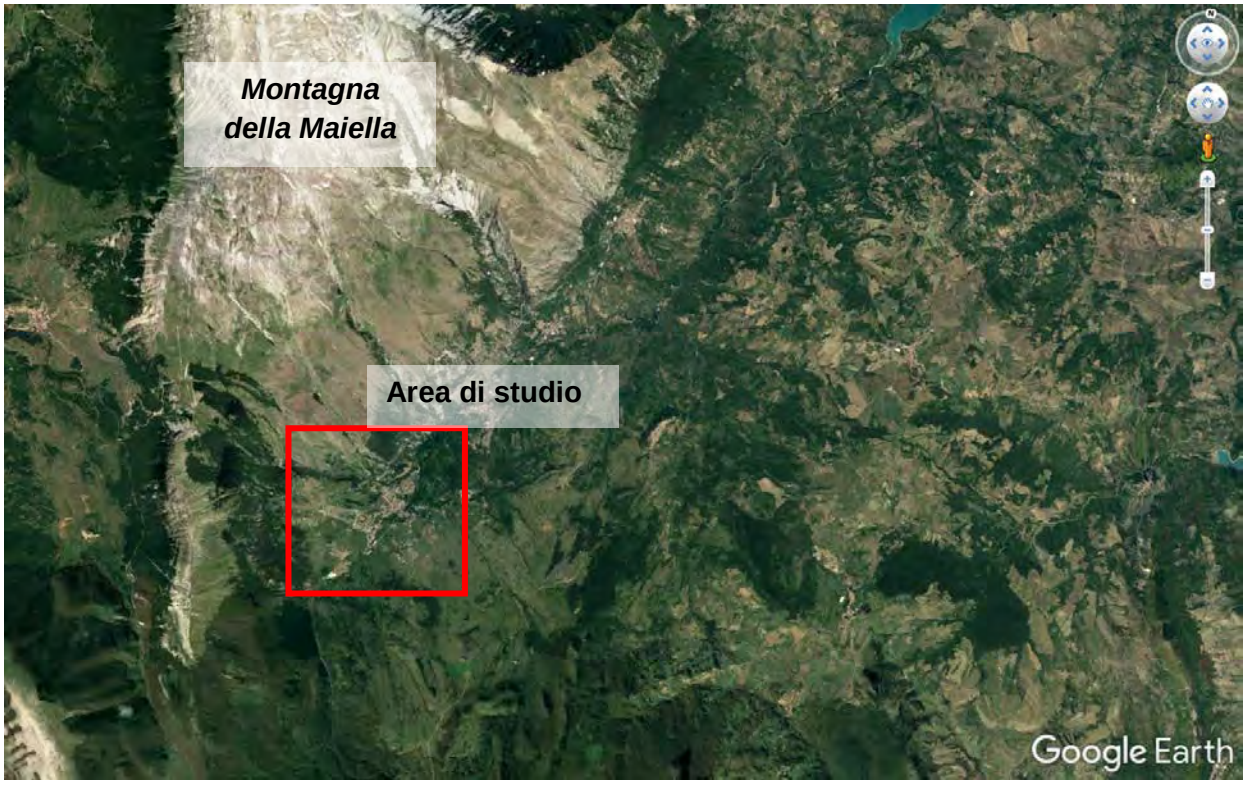


Figura 6 - Inquadramento geografico area di studio, indicata nel riquadro rosso (immagine da Google Earth).

Dal punto di vista amministrativo il sito di progetto rientra nel comune di Palena, in provincia di Chieti, ed è confinato a N e nordest dai Comuni di Pacentro e

Lettopalena, ad est dal Comune di Montenerodomo e Gamberale, a sud dal Comune di Ateleta, a sudovest dal Comune di Pescocostanzo e, infine, ad ovest dal Comune di Cansano e Campo di Giove (fig. 7).

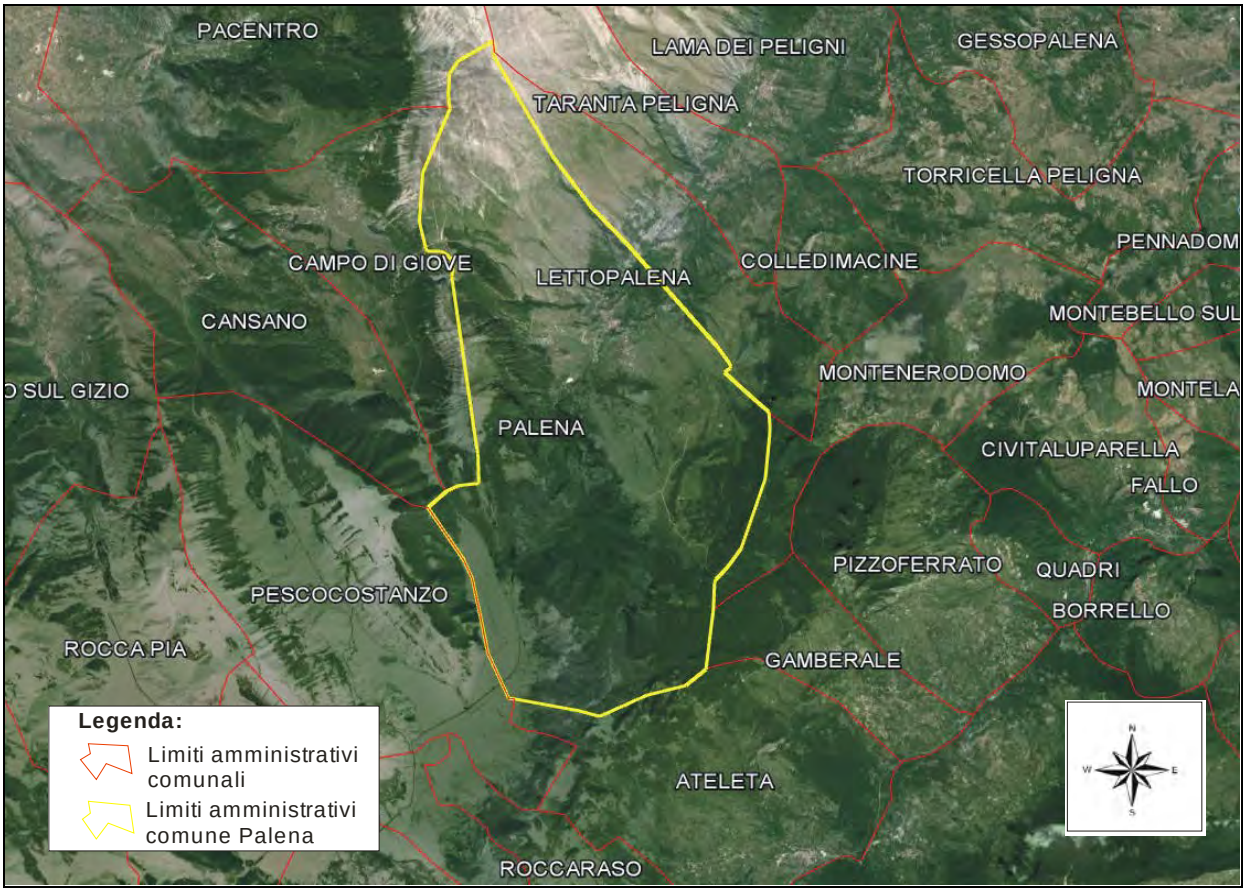


Figura 7 - Inquadramento amministrativo territorio comunale di Palena (CH).

Dal punto di vista idrografico l'area di studio rientra nel bacino idrografico del Fiume Aventino (fig. 8).

A zone a marcata acclività, con pareti talora subverticali, sviluppate in corrispondenza dei termini calcarei della Maiella, si contrappongono aree morfologicamente più blande in corrispondenza dei termini di natura terrigena che disegnano un paesaggio dalle pendenze più dolci che contrastano con i versanti erti e subverticali dei corpi montani.

Gli erti versanti montani risultano incisi da profondi canali che veicolano le acque stagionali provenienti dalle quote elevate. Alla base di essi le fasce detritiche derivanti dallo smantellamento delle porzioni carbonatiche superiori costituiscono una fascia frastagliata più o meno estesa che funge da ripido raccordo con i termini pelitici costituenti le colline sottostanti. Il paesaggio accidentato dal punto di vista topografico è determinato dalle variazioni litologiche frequenti e rilevanti.

L'area di studio si sviluppa nel settore occidentale dell'abitato di Palena, in particolare in Via Crocetta Sant'Antonio.

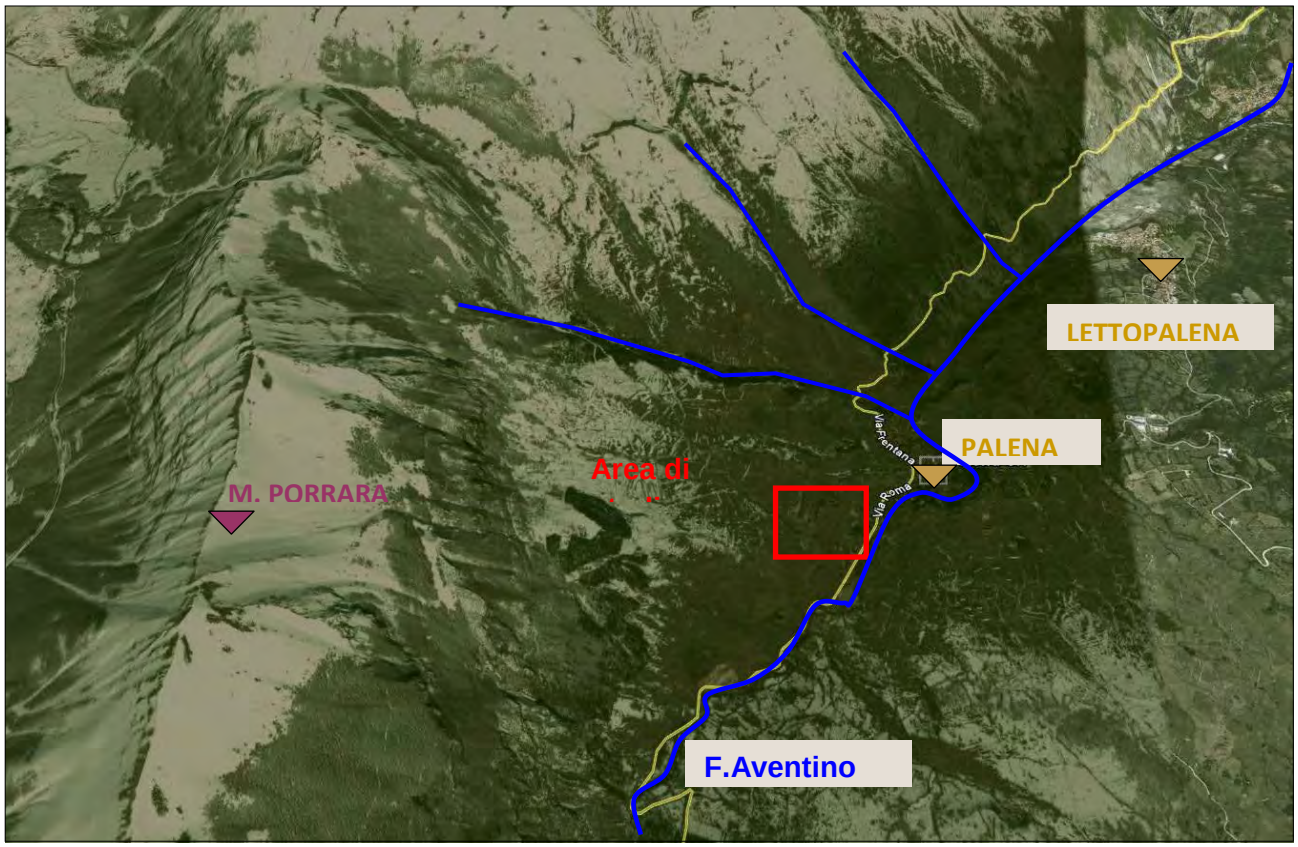


Figura 8 - Inquadramento geografico dell'area di studio mediante visione aerea. Risulta particolarmente evidente il contrasto morfologico che si determina al passaggio tra il dominio montano e quello collinare, versanti erti e fortemente incisi lasciano spazio a colline dai profili morbidi e regolari. In azzurro sono evidenziate le principali direttrici di drenaggio che veicolano i cospicui apporti del settore montano.

Nella nuova cartografia regionale, il territorio comunale in oggetto è confinato nel Foglio 379 tavola O in scala 1:25.000 (Regione Abruzzo, 2000) (fig. 9). In riferimento alla Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000, l'area in esame è individuata nell' Elemento 379021 (fig. 10).

Il sito di progetto si ubica nel settore settentrionale del centro abitato di Palena (CH), in corrispondenza di Via Frentana n. 2, su un territorio di quote di circa 760 metri s.l.m.

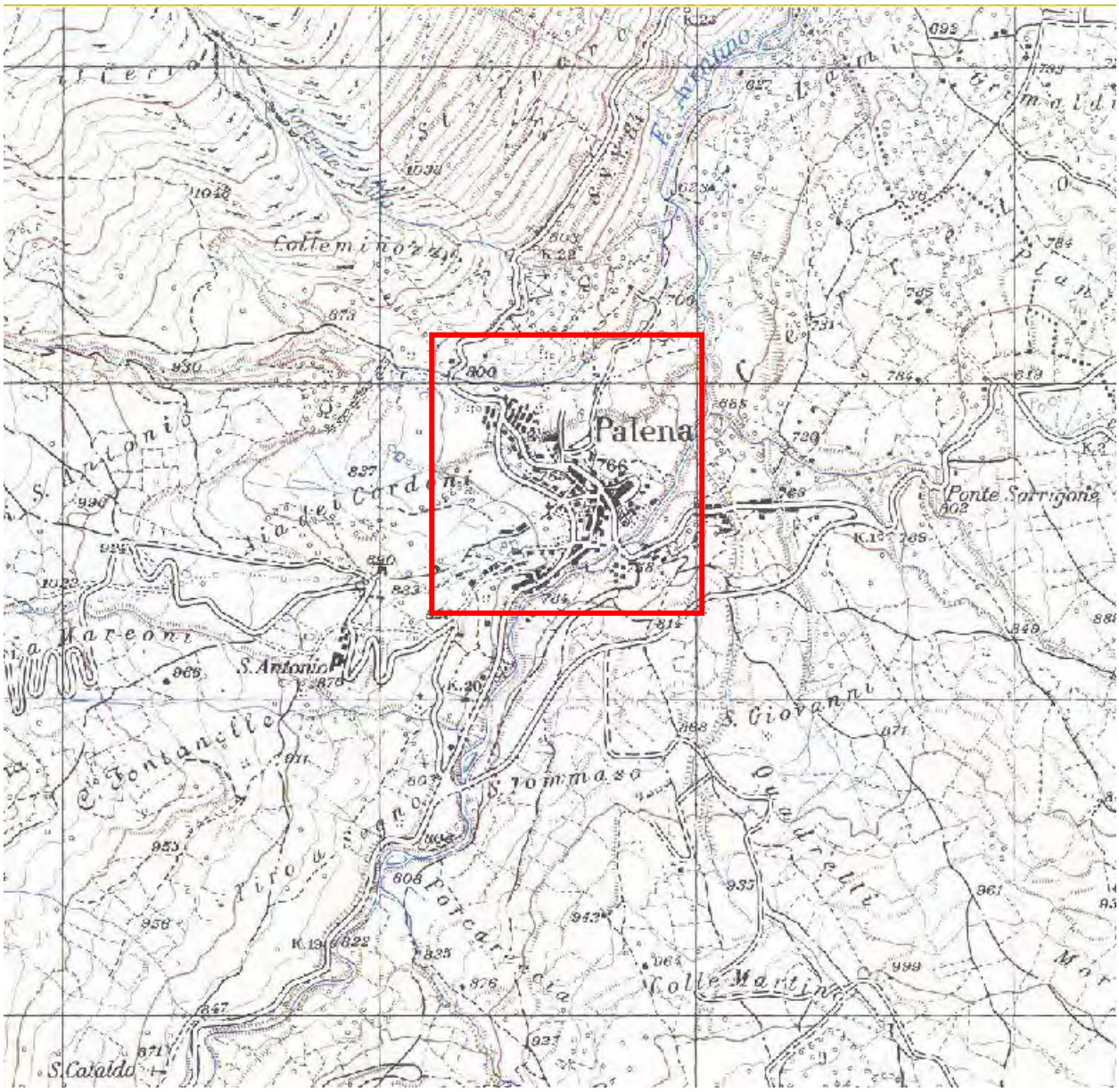


Figura 9 - Stralcio di Foglio 379 ovest della Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di studio.

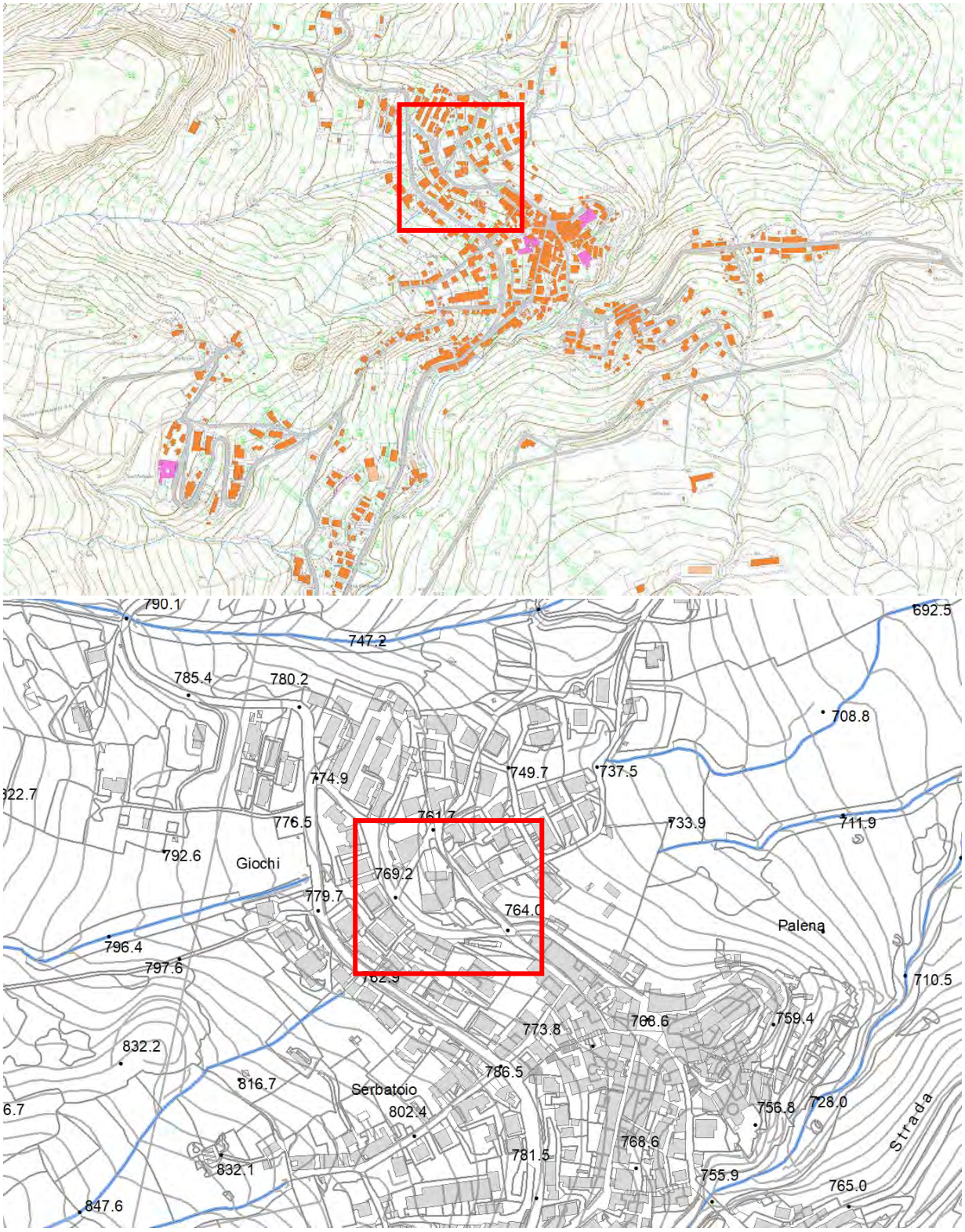


Figura 10 - Stralcio di Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000, nel riquadro rosso è indicato il sito di progetto.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame s'inserisce nella porzione centrale dell'Appennino abruzzese caratterizzata da una configurazione geologica molto articolata e varia. Essa può schematizzarsi come un mosaico di successioni di rocce sedimentarie litostratigraficamente diverse, proprie di regioni geologiche dell'Appennino centrale paleogeograficamente differenti, portate a contatto e più o meno disarticolate al loro interno per effetto degli sconvolgimenti tettonici che hanno accompagnato l'orogenesi appenninica.

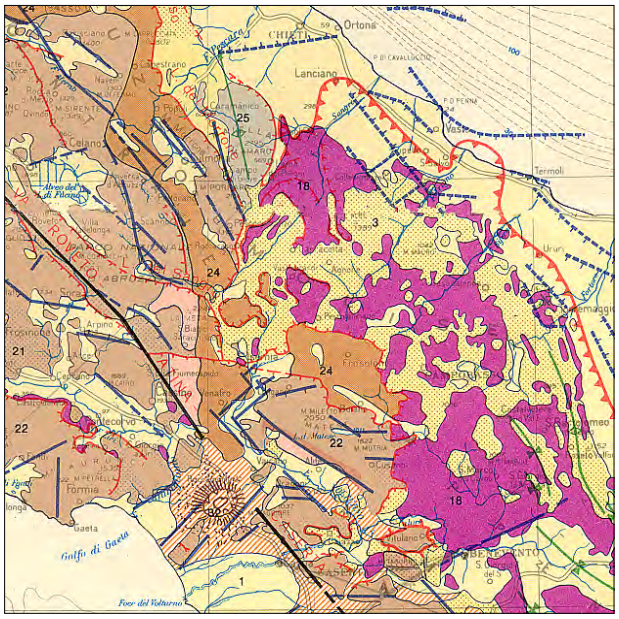
Da tale assetto ne deriva una variabilità litologica, sia superficiale che sotterranea, in alcuni casi notevole, anche tra siti posti a breve distanza tra loro.

In linea generale, in Abruzzo, si distinguono principalmente due diversi sistemi deposizionali: il sistema carbonatico di piattaforma/bacino affiorante nelle dorsali della catena e quello silicoclastico di avanfossa. Il primo è costituito da termini dal Trias superiore al Cretacico superiore, con situazioni di rampa carbonatica/bacino riconoscibili fino al Miocene medio; il secondo sistema è tipico di una sedimentazione terrigena (arenacea e argillosa) legata all'erosione della catena in sollevamento.

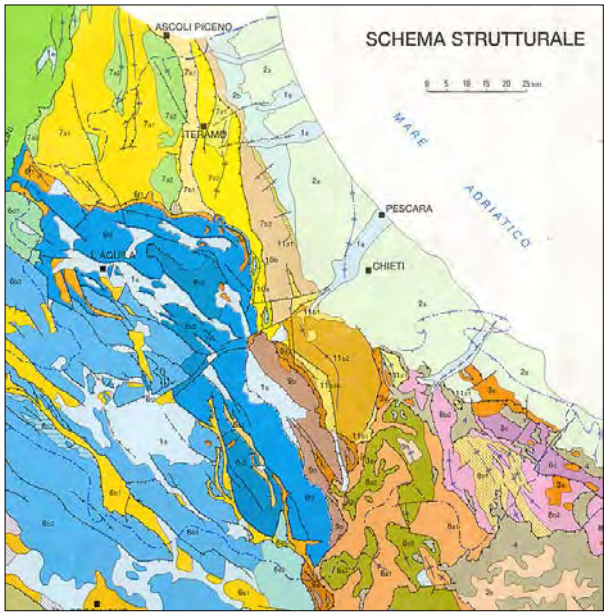
La catena appenninica è il risultato di una compressione prevalentemente diretta verso NE che ha provocato la formazione di pieghe delle successioni coeve presenti e la loro successiva sovrapposizione mediante elementi tettonici chiamati "sovrascorrimenti".

Nel settore appenninico in esame, dal punto di vista tettonico-sedimentario, si possono distinguere due settori: un settore occidentale in cui affiorano successioni prevalentemente carbonatiche di età compresa tra il Lias medio e il Miocene superiore, mentre nel settore orientale affiorano prevalentemente successioni calcareo-terrigene depositatesi in ambiente di bacino più o meno profondo (Facies

Molisana) di età compresa tra l'Eocene ed il Miocene.



– assetto strutturale dell'Appennino abruzzese.



– assetto strutturale dell'Appennino abruzzese.

Figura 11 - Schema strutturale dell'Appennino abruzzese.

Le successioni ascrivibili alla facies molisana appartengono ad un'unica unità tettonica denominata del "medio Sangro".

Nel Pliocene medio-superiore, tale unità ha subito una serie di stress compressivi che hanno dato origine a pieghe e a faglie e ad un generale sollevamento. Le faglie, generatesi durante queste fasi, presentano direzioni variabili anche se prevalgono quelle ad andamento quasi meridiano.

Le unità tettono-stratigrafiche coinvolte hanno subito, come conseguenza del sistema descritto, una compressione al fronte e una distensione al retro, rispettivamente realizzate da sovrascorrimenti e faglie distensive.

L'area di interesse è situata in una zona strutturalmente e tettonicamente molto articolata, perché in essa s'incontrano e sovrappongono più unità, ciascuna

caratterizzata dalla deformazione di successioni deposte in ambienti paleogeografici diversi.

La distribuzione areale dei terreni e delle rocce affioranti è il risultato della complessa storia geologica dell'appennino centrale caratterizzata da frequenti variazioni di ambiente di sedimentazione e di sconvolgimenti tettonici più o meno continui ma particolarmente violenti nel corso della fase parossistica che ha accompagnato l'orogenesi appenninica (Miocene sup-Pliocene inf.).

L'effetto di maggior rilievo delle grandi dislocazioni, associate all'orogenesi dell'appennino centrale, è un complesso accorciamento della crosta superficiale attraverso una serie di deformazioni, accavallamenti e traslazioni di masse rocciose anche di notevoli dimensioni.

Il territorio di Palena è costituito da terreni appartenenti a province tettoniche paleogeografiche ascrivibili al bacino molisano e alle unità derivanti dalla deformazione della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese, ben differenziate e caratterizzate da diverse serie stratigrafiche con caratteri geologici distinti.

L'area in esame s'inserisce in corrispondenza del margine sud-orientale del massiccio della Maiella che rappresenta la struttura carbonatica più esterna dell'Appennino centrale.

Nella parte meridionale, essa è costituita da una successione che inizia con termini in facies di piattaforma carbonatica ristretta del Cretacico inferiore, seguono depositi di rampa carbonatica riferibili all'intervallo Cretacico superiore-Miocene superiore (calcari, calcari marnosi e marne); la sequenza carbonatica è ricoperta da depositi evaporitici del Messiniano e, infine, da depositi sinorogenici silicoclastici del Pliocene inferiore (Cipollari et al., 2001).

Le formazioni a prevalente contenuto carbonatico sono rappresentate ad ovest dall'Unità "Porrara" e a nord dall'Unità "Maiella".

I termini prevalentemente terrigeni sono individuabili nel Flysch del Monte Porrara e nel Flysch della Maiella, sovrastante la Formazione Gessoso-Solfifera. I depositi flyschoidi, su cui sorge l'abitato di Palena; sono elementi terrigeni marini che rappresentano il risultato dell'erosione dell'Appennino depostisi in ambiente di avanfossa (fig. 12).

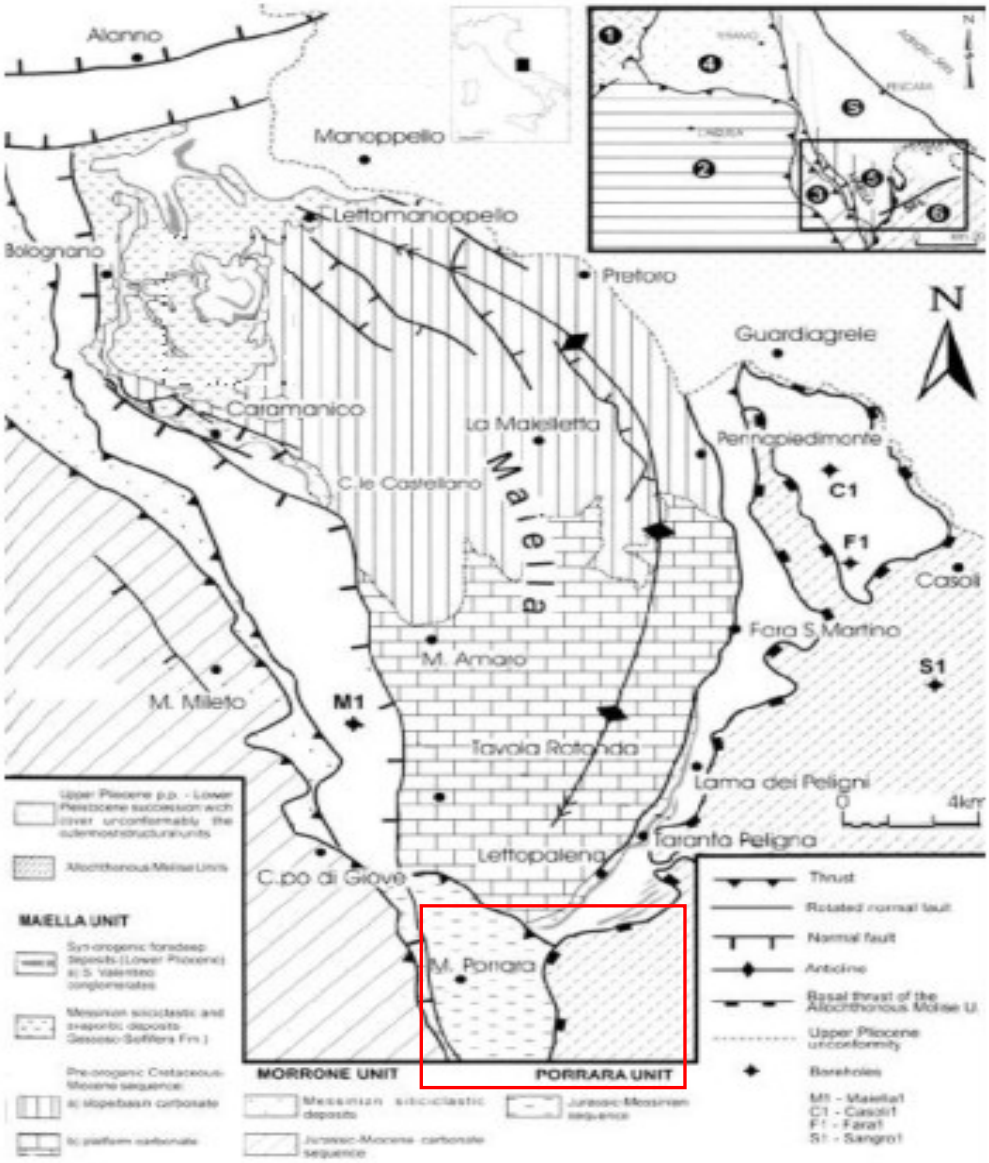


Figura 12 - Schema geologico-strutturale del massiccio della Maiella (tratto da SCISCIANI *et alii*, 2000). Nel riquadro rosso è inserita l'area di studio.

I pochi affioramenti del substrato, in corrispondenza delle erosioni fluviali e nei tagli stradali, rendono difficoltosa, una precisa cartografia dei limiti litologici e l'identificazione delle strutture tettoniche, per lo più sepolte e mascherate dai depositi quaternari recenti delle coperture.

Le formazioni affioranti nell'area presa in esame sono rappresentate da:

- UNITA' "PORRARA" E UNITA' "MAIELLA"

Tale unità è caratterizzata da successioni riconducibili alla piattaforma laziale-abruzzese esterna, mentre per l'Unità "Maiella" alla piattaforma apulo-adriatica: affiorano litologie prevalentemente calcaree, a contenuto paleontologico e grana variabili, a seconda dell'ambiente deposizionale.

- FLYSCH DEL MONTE PORRARA (Messiniano post-evaporitico)

E' caratterizzato da prevalenti peliti con intercalazioni di marne gessose nerastre, talora bituminose, e passanti localmente (ad esempio: Capo di Fiume, Valico della Forchetta) verso l'alto ad un'alternanza pelitico-arenacea torbiditica con conglomerati arenacei.

- FLYSCH DELLA MAIELLA (Pliocene inferiore)

E' costituito da termini litologici differenti. Nell'area d'interesse affiorano prevalentemente peliti con rare intercalazioni arenitiche.

- FORMAZIONE GESSOSO-SOLFIFERA (Messiniano)

E' sottostante la precedente formazione; è rappresentata da diversi termini litologici: marne e marne calcaree, calcari evaporitici localmente brecciati, marne tripolacee fogliettate bituminose, micriti dolomitiche con intercalazioni calcarenitiche e gessi.

La complicazione strutturale e tettonica dell'area derivano, inoltre, dalla sovrapposizione sui precedenti termini di unità legate alla deformazione del bacino molisano, provenienti da sud. Esse sono rappresentate da alternanze argilloso-arenacee (Flysch di Agnone, Messiniano) e argille marnose e/o alternanze di calcari marnosi e di marne (Burdigaliano-Oligoce superiore?).

I termini di substrato nella fascia di studio, difficilmente risultano affioranti, in quanto gli intensi processi esogeni ne hanno determinato l'alterazione della porzione più superficiale e pertanto risultano obliterati da materiale di differente genesi e natura di età olocenica.

Nella parte mediana del versante che da nord-est a sud-ovest degrada verso l'abitato di Palena, in corrispondenza delle incisioni torrentizie e dei canaloni si rilevano depositi detritici che tendono nel loro sviluppo alla formazione di un'unica fascia detritica che funge da raccordo con i termini flyschioidi.

Gli elementi prodotti dal disfacimento delle pareti calcaree si accumulano, favoriti dalla brusca caduta di pendenza, secondo angoli compresi fra i valori della pendenza di accumulo e quella di distacco.

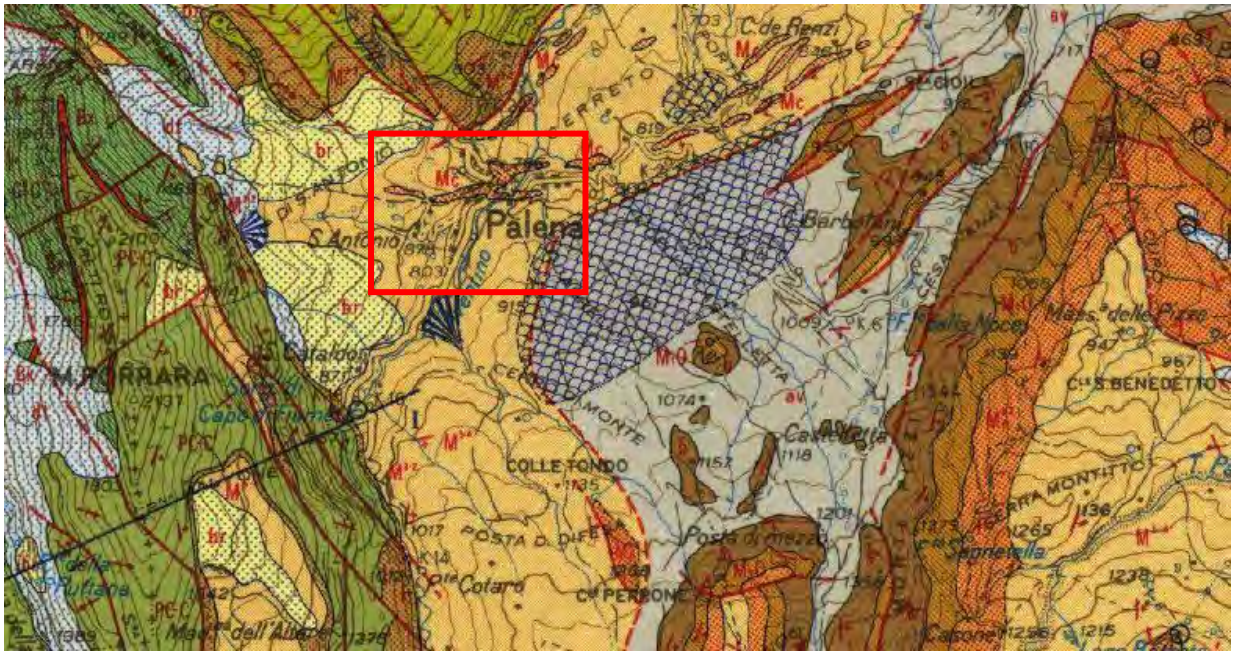
Essi risultano avere uno sviluppo planare estremamente frammentato con l'aspetto di lingue e lenti più o meno estese e discontinue, lo spessore di questi depositi varia da zona a zona in virtù delle ondulazioni della superficie di appoggio e dell'entità degli apporti locali.

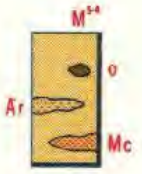
Pertanto nel versante di stretto interesse è stato possibile rilevare e terebrare, depositi detritici variamente intercalati a livelli e lenti a prevalenza limoso-argillosa senza alcuna continuità spaziale né verticale, che rendono il deposito estremamente eterogeneo.

Il grado di alterazione di tali termini risulta variabile con la profondità in funzione del grado di pervasività degli agenti esogeni, pertanto le caratteristiche tecniche dei materiali migliorano al crescere della profondità.

In particolare, l'area di progetto rientra nel Foglio Geologico 153 "Agnone" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (fig. 13).

Come si evince nella carta geologica di seguito riportata, nel sito di progetto sono presenti arenarie micacee grigio giallastre, a volte fogliettate, alternate ad argille siltose. Sono intercalate a varie altezze puddinghe ad elementi calcarei per lo più arrotondati.





Arenarie micacee grigio-giallastre, a volte fogliettate, alternate ad argille siltose plumbee o subordinatamente a calcari marnosi chiari (Roccasicura) (M^{3-4}).
Verso l'alto prevale la componente arenacea con sabbie grossolane, argille semicoerenti e lenti conglomeratiche (Castel di Sangro, Quadri, F. Trigno) o con arenarie grossolane (Ar) (M. Miglio, Agnone, Poggio Sannita, i Colli). Inglobati nella formazione si rinvengono blocchi e lembi di formazioni più antiche (o).
Puddinghe ad elementi calcarei per lo più arrotondati e cemento generalmente calcareo, con ostreidi (Mc).
Localmente la parte basale della formazione può comprendere l'Elveziano e quella sommitale la base del Pliocene inferiore. Fossili: *Globorotalia menardii* (D'ORB.) *G. ventriosa* OGNIBEN, *Orbulina universa* (D'ORB.), *O. bilobata* (D'ORB.), *Globigerina nepenthes* TODD., *G. falconensis* BLOW, *Globigerinoides obliquus* BOLLI, *Globoquadrina altispira* (CUSH. & JARVIS), *Elphidium decipiens* (COSTA) *Cibicides* cfr. *refulgens* (MONTF.), *Marginulina costata coarctata* (SILV), *Nonion boueanum* (D'ORB.). *MESSINIANO - TORTONIANO.*

Figura 13 - Stralcio di Foglio 153 "Agnone" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, con relativa legenda, nel riquadro rosso è indicata l'area di progetto.

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'aspetto morfologico della fascia collinare-pedemontana in esame risulta condizionato direttamente dall'assetto geologico-strutturale e dal grado di erodibilità dei litotipi. Infatti, la diversa natura dei litotipi affioranti si riflette sulle forme morfologiche a testimonianza di una risposta differenziata all'azione di modellamento degli agenti esogeni.

L'andamento generale del territorio è tipico dell'intero settore montano abruzzese, situato precisamente a ridosso del rilievo calcareo della Maiella. Tale zona manifesta una topografia e una morfologia variegata e articolata legata all'assetto tettonico e stratigrafico, infatti il passaggio tra il settore montano e collinare avviene molto rapidamente, costituendo una caratteristica peculiare di tutti i centri abitati presenti nel settore meridionale della Maiella.

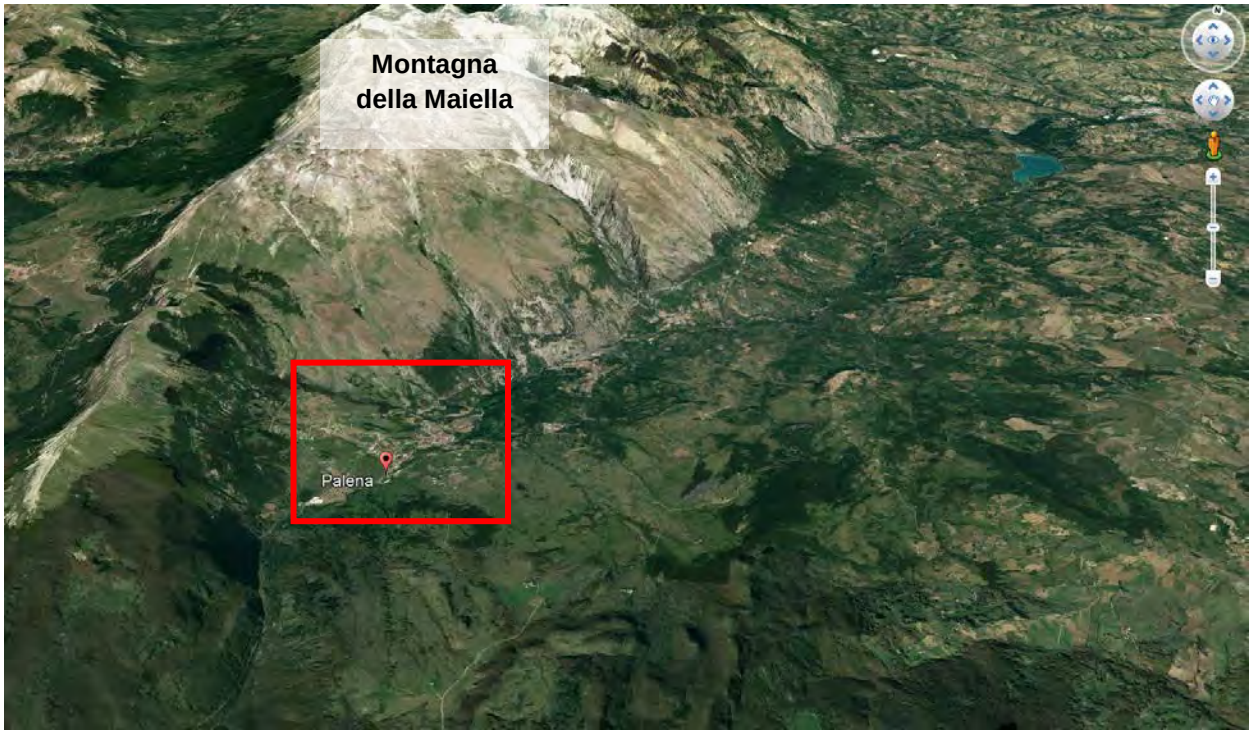


Figura 14 - Inquadramento fisiografico dell'area di studio. Evidente è la variazione del trend morfologico al variare del dominio geologico.

Tra le forme morfologiche troviamo versanti calcarei molto ripidi che immergono rapidamente verso sud, dovuti strettamente alla culminazione assiale dell'anticlinale della Maiella; tali versanti presentano localmente forme carsiche sia epigee che ipogee, costituiti da forti incisioni, valloni e forre carsiche.

Spostandoci più a valle la morfologia cambia sensibilmente, infatti la natura prevalentemente argillosa dei terreni affioranti, costituiscono un andamento più dolce e collinare, in cui si instaurano piccoli fossati che risultano incassati nei termini flyschoidi e sono affluenti per lo più stagionali del Fiume Aventino.

L'abitato di Palena sorge sul versante sinistro del F. Aventino ad una quota media di circa 800 metri alle pendici del Monte Porrara del gruppo della Maiella ad ovest del paese.

In seno a tali pendici si apre una depressione, alquanto estesa, ma relativamente poco incavata, che inizia pressappoco a quota 924 e digrada versno nord – est con profilo longitudinale sensibilmente inclinato. A circa 830 metri di quota essa è attraversata dalla strada statale n. 84 a cavallo della quale si sviluppa la periferia Nord Occidentale dell'abitato.

La depressione in parola, cui viene attribuita la denominazione di F.sso Santa Lucia, continua ancora a degradare verso valle fino a raggiungere il Fiume Aventino.

Nella zona sud-occidentale del territorio comunale di Palena, l'intero versante, a partire dal bordo del M. Porrara, si presenta piuttosto articolato con la presenza di rotture e gradini morfologici, in parte di natura antropica. Si rilevano altresì ondulazioni del terreno ed acclività variabili, con ampi tratti sub-pianeggianti delimitati da tratti mediamente acclivi. Scavi e fronti di scarpate rilevano la presenza in superficie di litologie per lo più detritiche con brecce poligeniche con clasti a spigoli vivi cementati con livelli a matrice sabbiosa e limosa, non mancano livelli di paleosuolo.

Proseguendo da monte verso valle lo spessore delle brecce diminuisce fino a scomparire del tutto. Nella porzione più a valle del versante, in prossimità della strada

provinciale Frentana, lo spessore rilevato delle brecce, come si evince da dati bibliografici, è pari a circa 3 m. Dal detrito di falda si passa ad argille siltose con sottili intercalazioni arenacee di colore ocra sottilmente stratificate con struttura a reggipoggio. L'intero versante è segnato da una serie di incisioni e fossi a carattere torrentizio.

Gli elementi che si osservano lungo questo tratto di versante evidenziano aree caratterizzate da elementi geomorfologici quali, nicchie di distacco, orli di scarpata e corpi di frana prevalentemente di colamento con tratti interessati da deformazioni superficiali lente e zone che seppure inserite all'interno di tali corpi di frana non evidenziano attualmente grossi problemi.

Fenomeni di erosione e conseguenti movimenti si segnalano in corrispondenza delle incisioni dei fossi, particolarmente attivi in concomitanza di eventi di precipitazioni abbondanti.

In destra idrografica del fiume Aventino, tutto il versante compreso tra i rilievi calcarei dei Monti Pizzi e il fiume è caratterizzato da una debole acclività, mediamente il 12%. La morfologia generale del pendio è caratterizzata dalla presenza di rotture morfologiche coincidenti con l'affioramento dei banconi conglomeratici, rintracciabili lungo tutto il versante a varie altezze con giacitura a reggipoggio rispetto al pendio. Verso monte la stessa morfologia blanda viene interrotta da brusche rotture morfologiche per l'appunto coincidenti con l'affioramento di litologie più competenti (conglomerati). Nel settore sud orientale dell'area in esame in località Cotte e sulla sinistra idrografica del Vallone della Castelletta si rilevano delle "colate" detritiche/corticali con la presenza in superficie di blocchi calcarei e detritici.

L'altro elemento geomorfico del territorio comunale di Palena è il fiume Aventino che nasce dalle sorgenti Capo di Fiume e, dopo un breve tratto di circa 2 Km, si incanala attraverso il centro abitato del paese. Il suo regime idrografico ha caratteristiche montane e torrentizie, con elevate pendenze e notevoli variazioni del livello idrometrico in concomitanza di frequenti ed abbondanti precipitazioni atmosferiche. In particolare, il versante in sinistra idrografica, con giacitura degli strati a

franapoggio presenta un'acclività elevata, per diventare sub-pianeggiante in corrispondenza dei fabbricati esistenti e della strada provinciale. Mentre in destra idrografica, con strati a reggipoggio, si passa da un primo tratto praticamente verticale ad un profilo con acclività intorno ai 10°-15°. Questo lato del versante non presenta fenomeni di dissesto, fatta eccezione per alcuni crolli di blocchi isolati dall'intenso grado di fratturazione. Localmente, la vegetazione arborea mette in evidenza processi di denudamento ed erosione, dovuti proprio alla notevole acclività del pendio. L'alveo del fiume è rappresentato da una profonda incisione. La presenza di solchi di erosione a varie altezze indica una origine dovuta a una forte azione erosiva del fiume il cui letto doveva risultare, in tempi non lontani, molto più alto di quello attuale. Il fiume attraversa una "valle stretta", ampia circa 20-25 metri, delimitata verso sud da un gradino morfologico con un dislivello di circa 3 metri, che genera una piccola cascata e verso nord da un altro salto alto circa 6 metri. I due salti che si osservano devono essersi formati per erosione regressiva a partire dal momento in cui l'acqua ha perforato lo sbarramento roccioso. La morfologia della sezione della "stretta" non è simmetrica, a causa di una serie di crolli e scivolamenti, soprattutto in corrispondenza della sponda sinistra con giacitura degli strati a franapoggio; sono presenti, inoltre, sempre sul versante occidentale, marmitte di erosione a valle del primo salto.

L'analisi geomorfologica dell'area ha permesso il riconoscimento diretto delle forme e dei processi legati a diversi agenti morfogenetici; in particolare si è rilevata la presenza delle forme generate dall'azione della forza di gravità e dall'erosione delle acque correnti superficiali.

L'azione dell'attività gravitativa nell'area in esame, interessa le zone collinari che insistono su formazioni argilloso sabbiose; tutti i versanti, infatti anche se poco acclivi, sono soggetti a lenti movimenti gravitativi. Questo fenomeno non può prescindere dalla presenza, su questi versanti, di una coltre superficiale eluvio – colluviale più o meno spessa, responsabile in parte di detti movimenti. Spesso, infatti, i fenomeni franosi sono in relazione alle coltri di alterazione superficiale e sono rappresentati da movimenti lenti di colamento e scorrimento, che possono coinvolgere masse alterate di spessore fino ad oltre 20 m. Questi fenomeni di instabilità hanno in genere carattere stagionale e

le zone interessate possono essere caratterizzate da fenomeni di soliflusso e da fenomeni franosi.

I soliflussi si manifestano come lenti movimenti di versante che interessano soprattutto la coltre eluvio - colluviale, e sono dovuti all'imbibizione d'acqua da parte dei terreni argillosi e limosi di cui è costituita la coltre. La coltre può essere coinvolta per tutto il suo spessore, fino a raggiungere il substrato argilloso, con manifestazioni anche molto vistose. Il fenomeno interessa vaste porzioni dei versanti, producendo lobi, ondulazioni e variazioni di pendenza, talvolta talmente accentuati da risultare prossimi a fenomeni di colata. Data la lenta cinematica, gli edifici urbani posti sui versanti coinvolti, non subiscono generalmente danni evidenti ma traslano anch'essi con la coltre limoso - argillosa. La distribuzione dei soliflussi sul territorio considerato risulta bassa, tanto che i pendii, anche quelli a più debole inclinazione, presentano solo in alcuni tratti delle forme ondulate. Questi fenomeni si individuano sia in destra che in sinistra idrografica del fiume Aventino. Soliflussi si segnalano nella zona di Colle Tondo (porzione sud del territorio comunale), nella zona compresa tra il campo sportivo e i capannoni delle cooperative/aziende agricole.

Le frane sono distribuite su buona parte dei versanti come manifestazione più intensa della loro degradazione, coinvolgendo le parti meno superficiali di un pendio fino ad interessare il substrato argilloso. Le azioni che alterano gli equilibri naturali di un versante sono molteplici, le principali cause predisponenti sono quelle connesse ai fattori geologici, morfologici e idrogeologici come la forma e le dimensioni dei corpi geologici, la diversità litologica, la giacitura degli strati, l'alterazione, la permeabilità e la pendenza e quelle determinanti legate alla combinazione di più fattori, compresi quelli dovuti al decadimento delle proprietà meccaniche dei terreni interessati anche a seguito di un evento sismico.

I colamenti, presenti nel territorio del comune di Palena, consistono in movimenti plastici a velocità variabile a seconda del litotipo coinvolto e delle cause al contorno. All'interno delle aree in frana non si distinguono in maniera netta la zone in movimento da quelle in posto né tanto meno una superficie di distacco ben definita. Nella maggior parte dei casi i limiti sono sfumati, soprattutto quando il movimento coinvolge le zone in

cui lo spessore della coltre è rilevante. Risultano più evidenti quando la pendenza dei versanti è maggiore e quindi minore è lo spessore della coltre. A rendere più difficile la determinazione dei limiti è l'attività antropica, con coltivazioni e arature che possono in qualche modo mascherare le reali condizioni del terreno. Le colate interessano la coltre eluvio - colluviale e il substrato argilloso, con tipiche ondulazioni, lobi di soliflusso, rigonfiamenti, depressioni a conca e scarpatine. La massa in frana è in continuo movimento lento e frazionato, verso valle. A valle il corpo di frana si espande sul versante assumendo delle forme particolarmente lobate. Nella maggioranza dei casi, le colate rappresentano dei fenomeni che si stanno evolvendo in maniera lente, per cui non ancora raggiungono le forme caratteristiche. In altri casi, alla base del corpo di frana si sono istaurate delle condizioni erosive dovute alle acque superficiali, quali lo sviluppo di vallecole e di approfondimenti in alveo di torrenti e fossi, tali da rendere non perfettamente definibile la parte terminale della frana. Si è notato inoltre come le colate siano frequenti nelle immediate vicinanze dei solchi di erosione, tanto che in alcuni casi rappresentano il loro alveo.

Durante l'inverno 1964 – 1965 uno smottamento franoso proveniente dalle falde della Porrara, in loc.tà Aia dei Gordoni, all'indomani di copiosissime precipitazioni che si ebbero in quel periodo, fece arrivare i suoi effetti sino alla circonvallazione Frentana e alle case ad essa prospicienti (all'attuale zona del distributore di benzina). Tale evento provocò la distruzione e il danneggiamento di un gran numero di fabbricati.

In seguito a questo evento di dissesto, il Genio Civile, con un I lotto di lavori ha eseguito le seguenti opere: captazione delle sorgenti maggiori, realizzazione di una condotta di adduzione alla vasca di raccolta, creazione di una vasca di raccolta e la condotta di scarico della predetta vasca al tombino esistente sulla strada statale.

Con le piogge della primavera successiva, la frana, dopo una momentanea stabilizzazione, ha ripreso il suo movimento verso valle, provocando danni e mettendo in pericolo anche l'edificio scolastico ubicato a valle del tratto di strada comunale. Successivamente a questo evento l'ufficio Genio Civile ha redatto una seconda perizia. Il II° lotto di lavori prevedeva la costruzione di un cunicolo di calcestruzzo cementizio ricoperto superiormente da un vespaio in pietrame. Le acque raccolte dal cunicolo

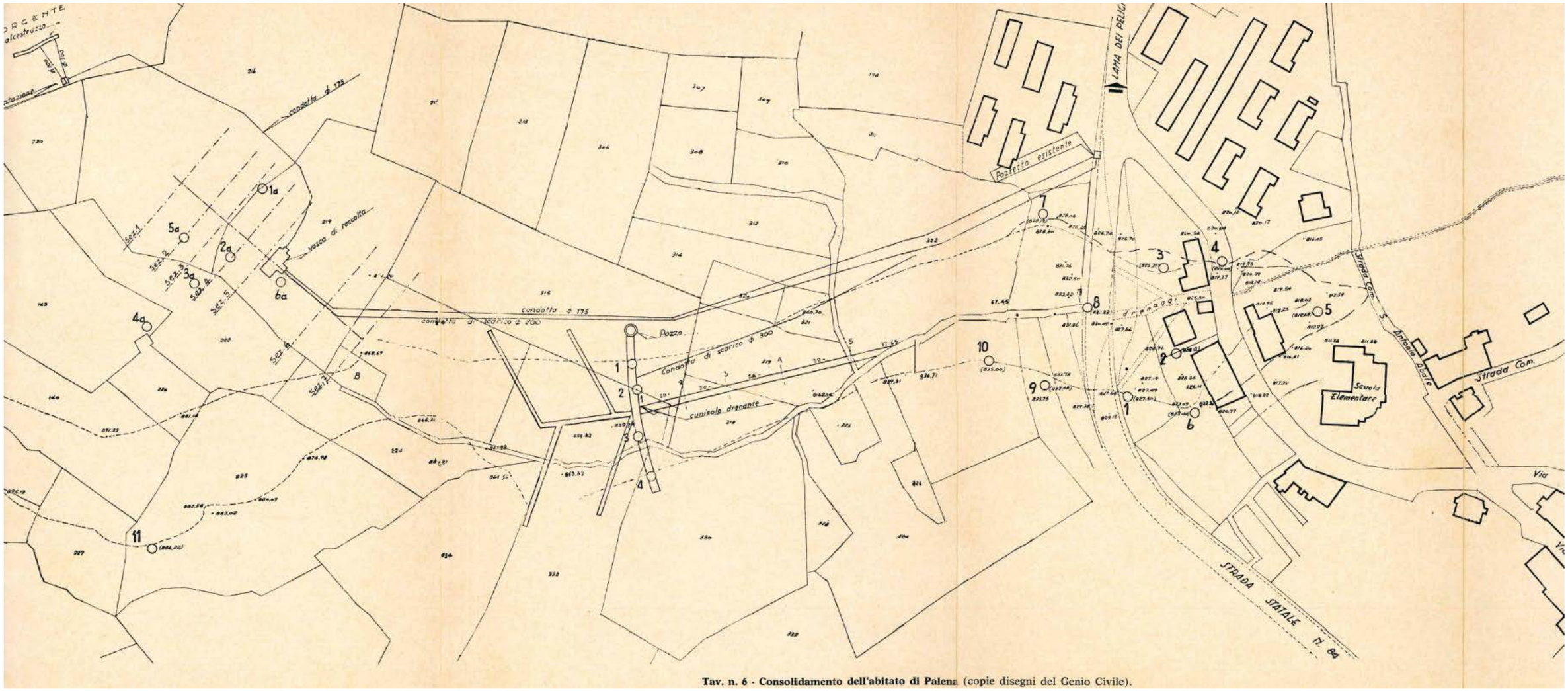
vennero convogliate allo scarico con tubi di acciaio. Per il ripristino della viabilità e l'eliminazione della minaccia incombente sulla scuola e su altri fabbricati, fu eseguito lo sgombero della massa terrosa ivi accumulatasi di circa 40.000 mc.

Ultimato il II° lotto di lavori si è riscontrato che il vespaio retrostante il cunicolo era stato interessato da nuovi smottamenti, per cui l'Ufficio Genio Civile ha redatto una terza perizia. Quest'ultima comprendeva i seguenti lavori: drenaggio a monte di quello principale (a forma di spina di pesce con innesti sfalzati ed a quattro bracci), riapertura del cunicolo fino alla strada, copertura con tubi di un ulteriore tratto di Fosso S. Lucia.

Di seguito si riportano foto storiche dell'evento franoso e una tavola inerente il consolidamento dell'abitato di Palena (copia disegni del Genio Civile).

Il progetto di consolidamento sopra descritto, nella terza fase di realizzazione, ha subito una variante in corso d'opera. Quest'ultima consisteva nella realizzazione di ulteriori bracci drenati distribuiti a spina di pesce e posizionati per tutto il corpo di frana, fino alla strada statale n. 84 (vedi foto Volo Cassa del Mezzogiorno 1975).

Come è possibile osservare nella tavola dei disegni del Genio Civile, il perimetro del corpo di frana è a forma di "lingua" e si è spinto fino a lambire la strada Comunale di S. Antonio Abate, senza coinvolgere la Scuola Elementare. La porzione terminale del corpo di frana rappresenta il corpo di accumulo che è sovrascorso sopra il vecchio piano campagna probabilmente senza che il sottostante terreno si sia mobilizzato. Dalla terebrazione di sondaggio eseguita nell'area di sedime della scuola, precisamente centralmente al sito, si riscontra la presenza di uno strato colluviale di circa 3,00 metri e di uno strato eluviale di circa 2,00 metri. Sottostante si trova la formazione di base, costituita da limi argillosi sabbiosi duri, di cui si osserva la struttura sedimentaria primaria. Questo a testimonianza che in passato il sito su cui sorge la scuola elementare non è stato coinvolto dal movimento gravitativo di tipo colamento, ma forse da probabili movimenti gravitativi di tipo superficiale (soliflussi).



Tav. n. 6 - Consolidamento dell'abitato di Palena (copie disegni del Genio Civile).

Figura 15 - Stralcio foto aerea 1975.

L'area di studio è stata oggetto di aggiornamento dal progetto di piano PAI (PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI DI RILIEVO REGIONALE ABRUZZESI E DEL BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME SANGRO L.18.05.1989 n.183 art.17 comma 6 ter. edito dalla REGIONE ABRUZZO DIREZIONE TERRITORIO URBANISTICA, BENI AMBIENTALI, PARCHI, POLITICHE E GESTIONE DEI BACINI IDROGRAFICI – Servizio Difesa del Suolo – Autorità dei Bacini Regionali L.R. 16.09.1998 n.81 e L.R. 24.08.2001 n.43) e la nuova cartografia, di cui di seguito si riportano gli stralci, è stata approvata con DGR 375 del 2015. L'aggiornamento della cartografia di Piano PAI ha previsto la riperimetrazione e l'ampliamento di un'area a pericolosità molto elevata in loc.tà Aia Marconi e in parte del centro abitato e di seguito si riportano le note tecniche inerenti a tale perimetrazione. Morfologicamente essa corrisponde ad un'ampia zona incisa dal Fosso dei Cordoni, area in cui nell'anno 1965 si generò una frana d'imponenti dimensioni, di cui, ancora oggi, sono facilmente riconoscibili la zona di distacco e la zona di transito della frana storica. Tale dissesto verificatosi in passato, avendo esaurito l'energia di rilievo e avendo agito sulle cause predisponenti con interventi di consolidamento, si può considerare stabilizzato, sia artificialmente sia naturalmente. All'interno dell'area della frana storica, puntualmente, si rilevano aree instabili rappresentate da: fenomeni di crollo lungo le scarpate in brecce; fenomeni di colata che interessano le coltri eluvio – colluviali argilloso – limose; fenomeni di colata detritica lungo l'asse dell'impluvio, fenomeni di soliflusso localizzati.

Come si evince dalla cartografia ufficiale PAI, una piccola porzione settentrionale dell'edificio scolastico è compresa in un settore caratterizzato da pericolosità moderata (P1), generata da una frana di colamento in stato inattivo.

Secondo quanto riportato nell'*Art. 18 - Disciplina delle aree a pericolosità moderata (P1) comma 1 e 2 (Norme di Attuazione Piano PAI)*, gli interventi previsti dal progetto sono consentiti ed è facoltà dell'Amministrazione Comunale valutare la necessità della redazione di uno Studio di compatibilità idrogeologica.

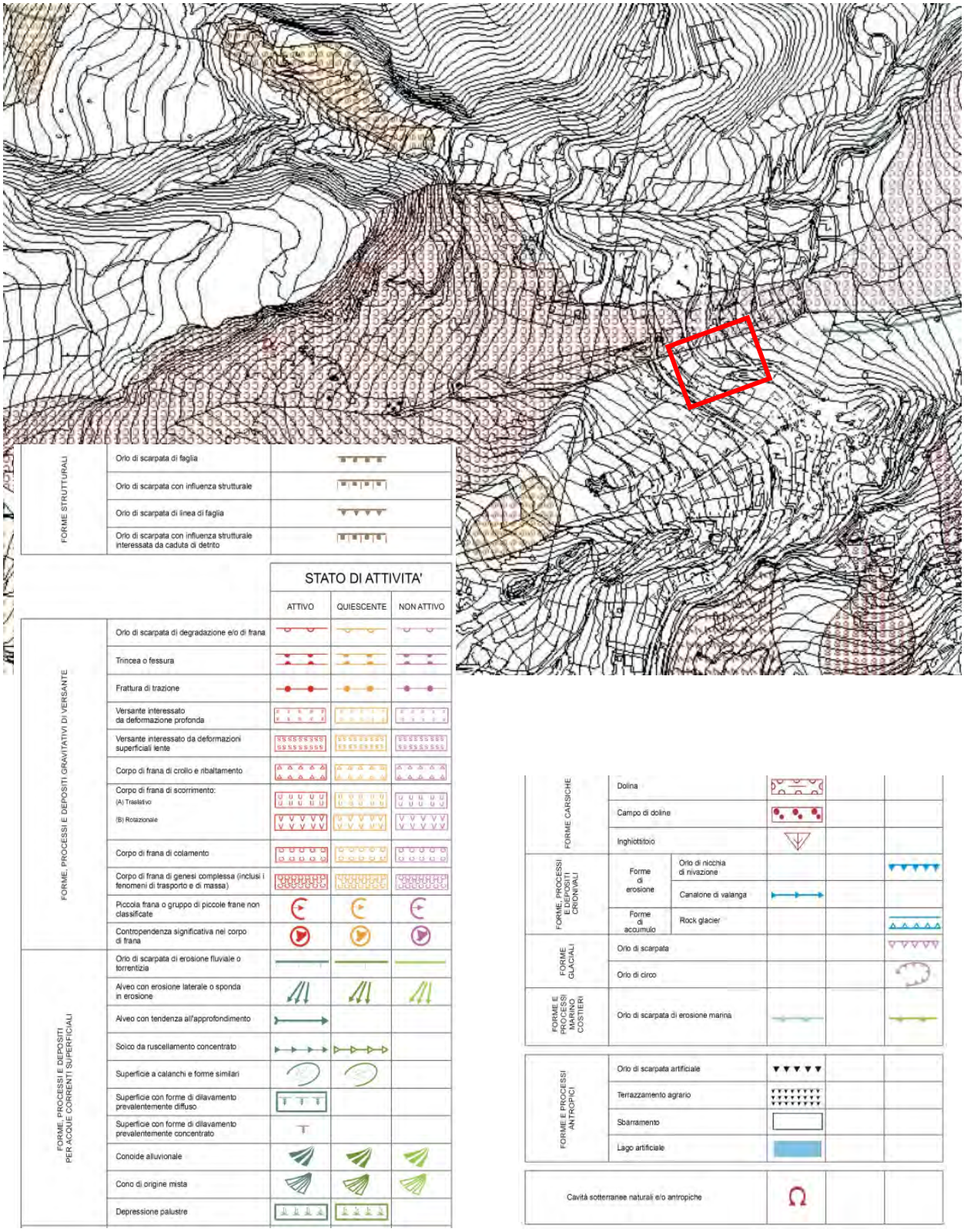


Figura 16 – Aggiornamento 375 del 2015, Carta Geomorfologica PAI in scala 1:25.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di studio.

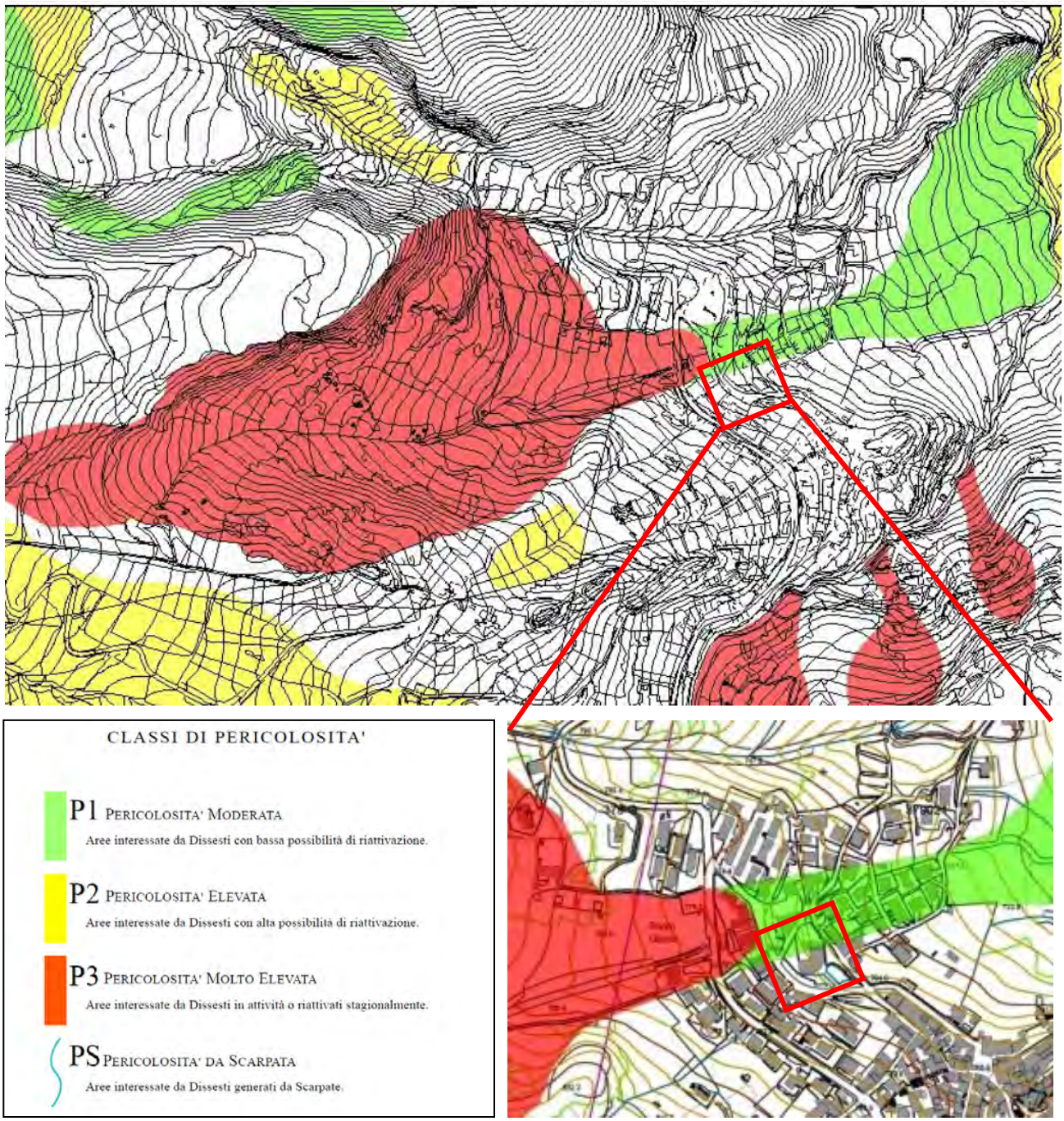


Figura 17 - Aggiornamento 375 del 2015, Carta della Pericolosità PAI in scala 1:25.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di studio.

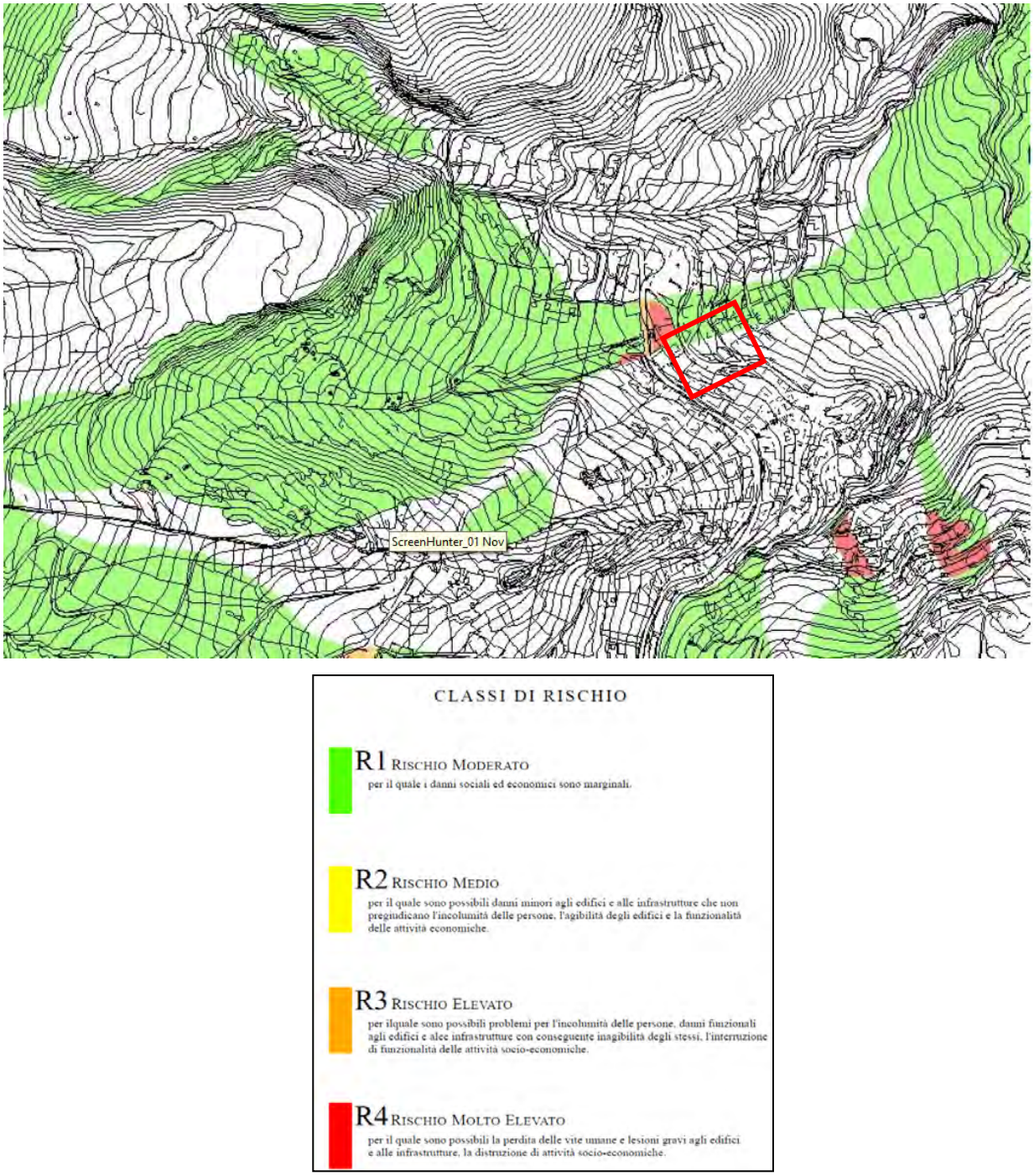


Figura 18 - Aggiornamento 375 del 2015, Carta del Rischio PAI in scala 1:25.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di studio.

Per avere un quadro completo dei dissesti cartografati nell'area di studio è stata visionata la cartografia di Piano IFFI. In questa si osserva che in corrispondenza di F.sso Cordoni è riportato un colamento lento.

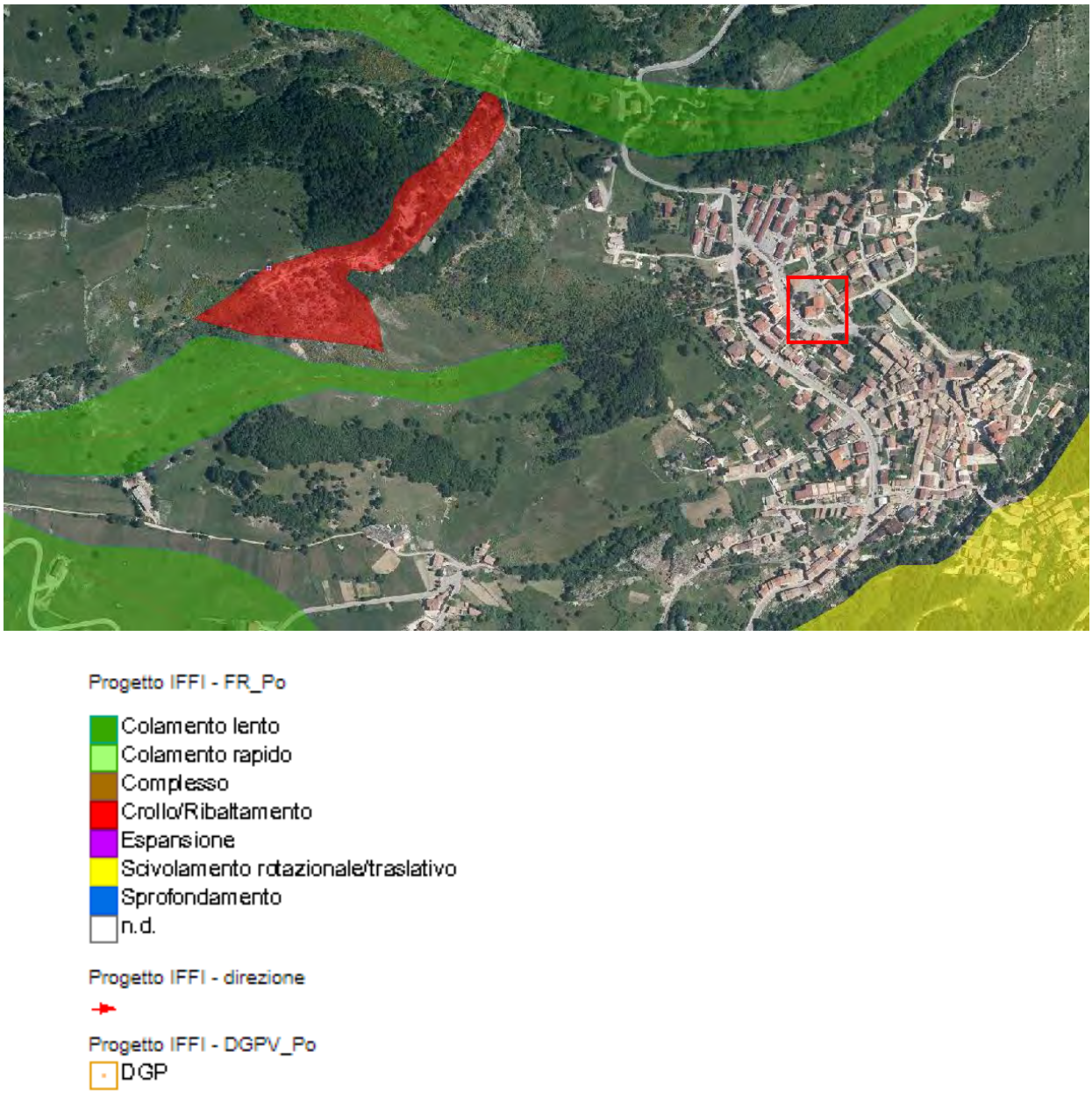


Figura 19 – Stralcio cartografia IFFI, nel riquadro rosso è indicata l'area di studio .

Per una migliore definizione delle forme del territorio, attraverso l'uso del software ArcGIS, è stata realizzata la carta delle pendenze sul DEM costruito con passo della cella 5X5 metri. Nell'area di progetto le acclività sono comprese tra 0° e 20°.

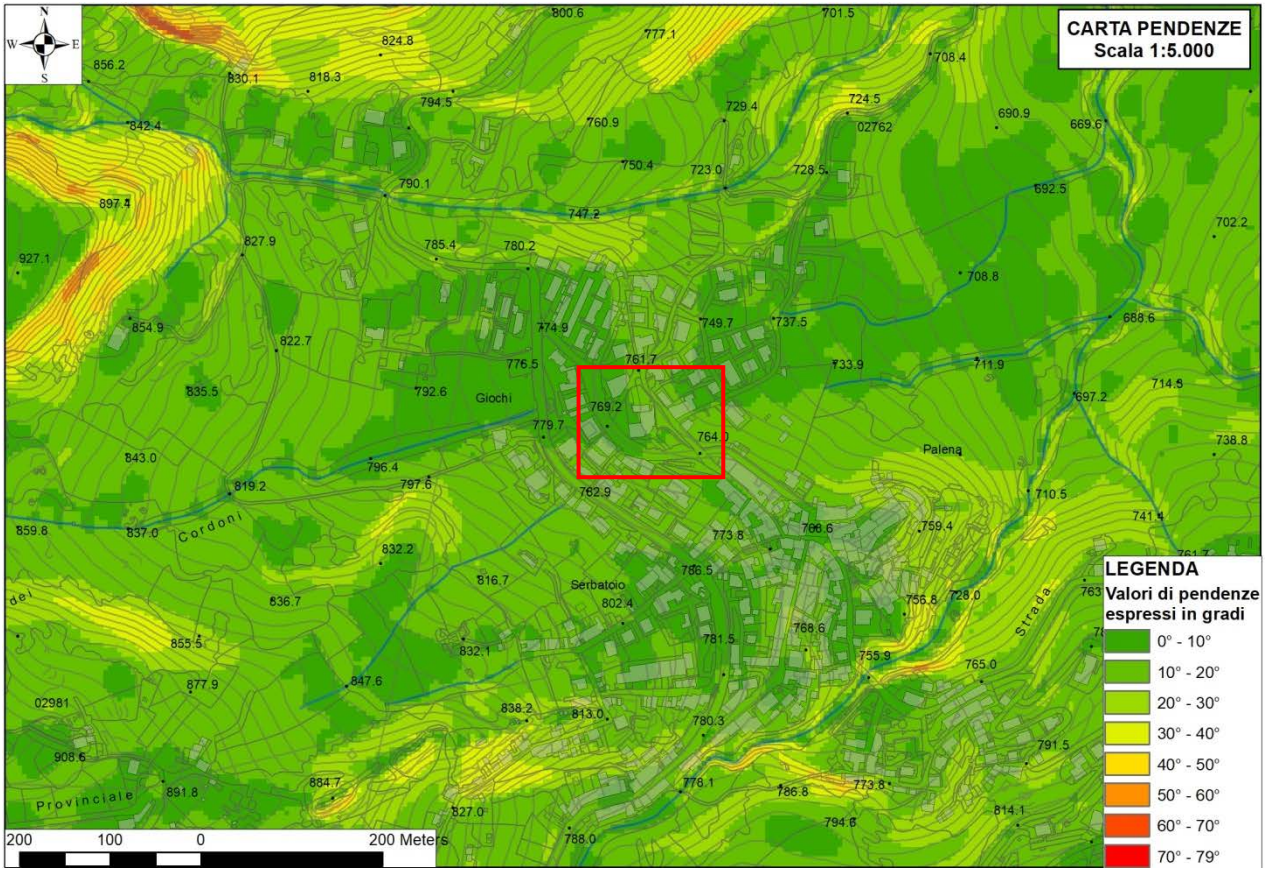


Figura 20 - Carta delle pendenze derivata dal DEM con passo della cella 5X5 metri realizzato attraverso l'uso del software ArcGIS, nel riquadro rosso è indicata l'area di progetto (non in scala).

6. CARATTERI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI

L'area di studio rientra nel bacino idrografico del F. Aventino.

Quest'ultimo nasce sul versante nord-est del Monte Porrara, dalla confluenza delle acque del torrente Cotaio e della Sorgente denominata Capo di Fiume, nel territorio di Palena. Percorre circa 45 km e attraversa i territori delle Terre dei Trabocchi, toccando i comuni di Lettopalena, Taranta Peligna, Colledimacine, Lama dei Peligni, Gessopalena, Civitella Messer Raimondo e Casoli.

Il fiume Aventino raccoglie diversi torrenti e fiumi tra i quali quello del Verde. Termina la sua corsa sfociando nelle acque del Sangro, il secondo fiume in Abruzzo per lunghezza.

L'Aventino si contraddistingue per il suo carattere torrentizio, la sua è una portata che cambia in base alla stagione, quindi il periodo migliore per "navigarlo" è quello che va da aprile e si prolunga per tutta la stagione estiva.

Durante la discesa del fiume, ci si immerge completamente in una rigogliosa e incontaminata vegetazione, uno scenario di eccezionale bellezza nel quale si riesce a contemplare in silenzio lo spettacolo della natura. L'unico suono percepibile è quello dell'acqua che scorre e lentamente ci trasporta verso valle.

Il bacino idrografico sotteso copre una superficie di circa 436,96 kmq e misura un perimetro di circa 108,45 km. Il bacino imbrifero, amministrativamente, rientra prevalentemente nella provincia di Cheti, e a seguire, in quella di L'Aquila e Pescara.

Nome	Area (Km^2)	Perimetro (Km)	Quota (m s.l.m.)			Estensione latitudinale[1] (m)		Estensione longitudinale[1] (m)	
			min	med	max	N min	N max	E min	E max
Fiume Aventino	436,96	108,45	83	992	2790	4637585	4671580	2443948	2468380

Nome sottobacino	Province	Numero Comuni	Area del bacino ricadente nella Provincia (Km^2)	% Area totale del bacino ricadente nella Provincia
Fiume Aventino	Chieti	17	431,87	93,8
	L'Aquila	3	4,70	1,08
	Pescara	3	0,39	0,09

Il sottobacino idrografico del Fiume Aventino, in prossimità delle sorgenti, presenta marne e calcari marnosi, alternati ad argille marnose dell'Oligocene superiore–Messiniano. Il complesso risulta piegato da un'importante sinclinale. Un sovrascorrimento, vergente a Ovest, induce il contatto tra tali unità e l'alternanza argilloso–arenacea del Messiniano, che, con la medesima vergenza, a sua volta sovrascorre sui terreni pelitico–arenacei del Messiniano–Pliocene inferiore.

Nel settore occidentale di tale dominio, si rinviene la successione calcareo–clastica in facies di scarpata–bacino prossimale, del Lias medio–Oligocene, parzialmente ricoperta dalle marne argillose, marne e marne calcaree emipelagiche del Miocene inferiore–Miocene superiore p.p.. Queste marne sovrascorrono, da Ovest verso Est, sull'alternanza di marne bituminose nerastre della Formazione gessoso–solfifera del Messiniano.

Più a valle, a circa metà corso, si rinvengono gli stessi sedimenti marnosi e argilloso–arenacei dell'alto corso, qui sottoposti al complesso, eterogeneo e caotico, di ripetute alternanze di argille rosse, grigie, nere e verdi, del Cretaceo superiore–Oligocene inferiore.

Prima della confluenza con il Fiume Sangro, il Fiume Aventino incide il proprio reticolo idrografico sulle argille marnose, con intercalazioni rare di arenarie torbiditiche, del Pliocene inferiore e sulle argille grigio-azzurre del Pliocene inferiore.

Depositi alluvionali recenti e attuali sono abbondantemente distribuiti lungo tutto il corso del fiume.

6.1 Idrologia e idrogeologia dell'area

L'idrografia dell'area in esame è fortemente condizionata dal regime pluviometrico e dalla litologia delle formazioni affioranti. La zona è soggetta ad intense precipitazioni concentrate nel periodo autunno-inverno con temperature medie non elevate che riducono l'evapotraspirazione. Le precipitazioni abbondanti e ricorrenti sia piovose che nevose, contribuiscono ad aumentare la saturazione dei terreni, in spessori via via maggiori quanto maggiore e prolungato è l'apporto idrico.

La particolare posizione orografica non favorisce l'evapotraspirazione per cui le acque che si infiltrano nel terreno tendono a permanervi per lunghi periodi, mantenendo le condizioni di saturazione inalterate nel tempo.

Lungo le pendici dei rilievi proliferano fossi e rii spesso secchi per parte dell'anno e attivi solo in coincidenza dei periodi delle massime precipitazioni ed in fase di scioglimento delle coperture nevose. Essi hanno un regime a carattere torrentizio con variazioni di portata molto evidenti, sia stagionalmente sia in occasioni di forti precipitazioni. Le massime portate si hanno in corrispondenza dei mesi autunnali molto piovosi ed in primavera in concomitanza dello scioglimento delle nevi.

Ulteriore aspetto che influenza la stabilità della zona, risulta essere la registrazione di eventi metereologici particolarmente intensi e prolungati che, in particolar modo nella fascia pedemontana alzano di molto le medie delle precipitazioni. Tali eventi, concentrati in alcuni periodi favoriscono l'attivazione dei fenomeni franosi per eccessive saturazioni della porzione coesiva ed innalzano in maniera brusca le portate dei fossi che aumentano la loro incidenza nella modellazione dei fianchi vallivi innescando fenomeni gravitativi per erosione alla base, che retrogrediscono progressivamente verso monte.

L'azione dei corsi d'acqua infatti, esercita un'erosione alla base dei versanti rendendo precario l'equilibrio morfologico dei pendii, in particolare il fiume Aventino.

Dal punto di vista idrogeologico l'elemento dominante dell'area in esame è rappresentato dalla natura prevalentemente argillosa dei terreni del substrato che non permette la formazione di falde acquifere.

Tali terreni hanno, infatti, una granulometria fine o molto fine che non favorisce la circolazione idrica sotterranea, ma predilige un drenaggio superficiale piuttosto che l'infiltrazione, com'è possibile osservare dall'andamento morfologico della zona e dalla presenza di fossi e torrenti ad erosione prevalentemente concentrata.

Nella porzione della coltre di alterazione la permeabilità è frutto dell'allentamento interparticellare subito dal substrato ad opera degli agenti esogeni e dal grado di fratturazione della formazione per stress tettonici subiti. Per cui in essa è possibile una certa circolazione idrica per percolazione e dispersione corticale.

L'assetto idrogeologico della coltre d'alterazione risente dell'eterogeneità della litologia, da cui ne derivano differenze di permeabilità sia in senso verticale sia areale. I termini di coltre hanno un comportamento da puramente coesivo a localmente pseudogranulare che non favorisce l'instaurarsi di una vera e propria falda continua spazialmente. In tale situazione, le acque di dispersione corticale si infiltrano e portano a saturazione i terreni più superficiali maggiormente degradati causando un aumento delle pressioni neutre.

Nel corpo di substrato, costituito da materiale fine, è possibile soltanto la formazione di vene d'acqua a scarso potenziale idrico in corrispondenza delle intercalazioni sabbiose.

Dal punto di vista applicativo, ne consegue che la formazione eluvio – colluviale può essere definita "acquitardo", sorretto dalla formazione di base che funge da "acquiclude".

A seguito di intense e prolungate precipitazioni, la formazione eluvio – colluviale può saturarsi totalmente con aumento delle pressioni interstiziali che agiscono sulla tensione efficace, la quale governa il comportamento meccanico della formazione. Le

significative variazioni stagionali di contenuto d'acqua nella parte alta della coltre eluvio – colluviale, generano delle variazioni di volume significative (essiccazioni e rigonfiamenti) che possono generare sollecitazioni notevoli sulle strutture stesse.

Inoltre, considerata la composizione litologica della formazione, prevalentemente argilloso – limosa, anche se la morfologia dell'area di progetto è caratterizzata da pendii di bassa acclività (0° - 20°), le acque d'infiltrazione dei periodi autunno – primavera all'interno della coltre eluvio – colluviale possono generare fenomeni gravitativi.

Per cui, è consigliabile una corretta regimentazione delle acque superficiali e, ove necessario, in particolare in corrispondenza di muri di sostegno etc, la realizzazione di drenaggi profondi.

Come si evince della terebrazione di sondaggio eseguita, fino alla quota di indagine, non si rileva la presenza di falda acquifera.

7. LITOSTRATIGRAFIA DEI TERRENI E LORO CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE

La situazione litostratigrafica locale, come anticipato nei capitoli precedenti, è stata ricostruita attraverso l'analisi dei risultati dell' indagine geognostica, geotecnica e prove di laboratorio eseguite nell'ambito del presente progetto. Quest'ultime sono state confrontate con i risultati di precedenti analisi di laboratorio eseguite su terreni appartenenti allo stesso litotipo.

Dalle conoscenze geologiche maturate nel corso degli anni, quindi, è noto che l'area in esame si pone nell'ambito delle Unità Alanno-Majella caratterizzate da una variabilità composizionale data dalla presenza di peliti con intercalazioni di conglomerati e brecce calcaree, queste ultime si presentano talora direttamente affioranti talora in associazione caotica con i depositi pelitici. Tale unità litologica è coeva alla deposizione della formazione pelitica appartenente all'unità Alanno-Maiella (Ghisetti e Vezzani, 1985).

Di seguito si descrive il profilo stratigrafico caratterizzante il sito di progetto. Le unità individuate sono:

- *Argilla limosa poco sabbiosa (coltre eluvio - colluviale):*

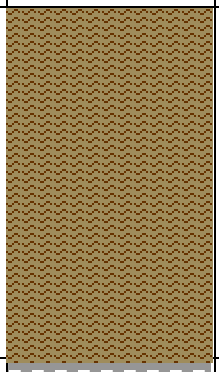
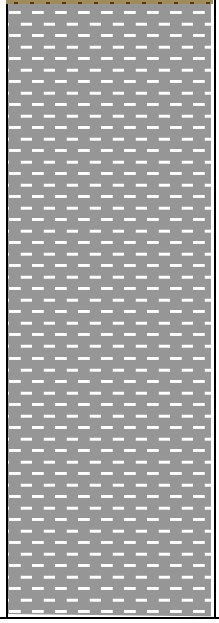
  Costituito da argille limose, a vario tenore sabbioso, di colore avana grigio – verdastro con venature grigio – azzurre ed ocracee, di bassa – media consistenza, "sensibili". Sono presenti rari clasti poligenici eterometrici di diametro massimo pari a 2 cm. Lo spessore è circa 4,70 metri.

- *Argilla limosa sabbiosa (formazione di base):*

  Costituito da argilla limosa di colore grigio, da molto consistente a duro, con livelli millimetrici e centimetrici di sabbie fini.

Di seguito si riporta il profilo litostratigrafico e il modello geologico – tecnico a cui il progettista può fare riferimento per le sue considerazioni di carattere tecnico.

PROFILO LITOSTRATIGRAFICO E MODELLO GEOLOGICO - TECNICO

PROFONDITÀ (METRI)	***PROFILO STRATIGRAFICO***	***DESCRIZIONE***	***PARAMETRI GEOTECNICI***
0,00 4,70		*Coltre eluvio - colluviale*	γ_n = 19,05 KN /m^3 γ_d=15,63 KN/m^3 ϕ = 17,50° Cu= 78,00 – 147,00 kPa c'= 2,78 kPa M =3922,00 kPa
4,70 >30,00		*Formazione di base*	γ_n = 20,80 KN /m^3 γ_d= 18,10 KN /m^3 ϕ = 22° Cu= 294,00 kPa c'= 15,00 kPa M =24516,00 kPa

γ_n= peso di volume naturale, γ_d= peso di volume secco; ϕ = angolo di attrito, Cu = coesione non drenata; c' = coesione efficace; M = modulo edometrico.

Come si evince della terebrazione di sondaggio eseguita, fino alla quota di indagine, non si rileva la presenza di falda acquifera.

8. SISMICITÀ DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

In seguito al ripetersi di eventi sismici calamitosi che hanno investito anche zone ritenute e classificate con la 64/74 non sismiche, per una ridefinizione del rischio sismico, è stata emanata, in data 20 Marzo 2003, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" pubblicata sulla G.U. n. 105 del 8.5.2003. Alla stessa è allegata la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, articolata in quattro zone, a sismicità alta, media e bassa; mentre per la quarta zona, di nuova introduzione, è data facoltà alla Regione di imporre l'obbligo della progettazione antisismica. In base alla riclassificazione sismica del territorio, il Comune di ***Palena*** è individuato in ***Zona sismica 1*** (fig. 21).

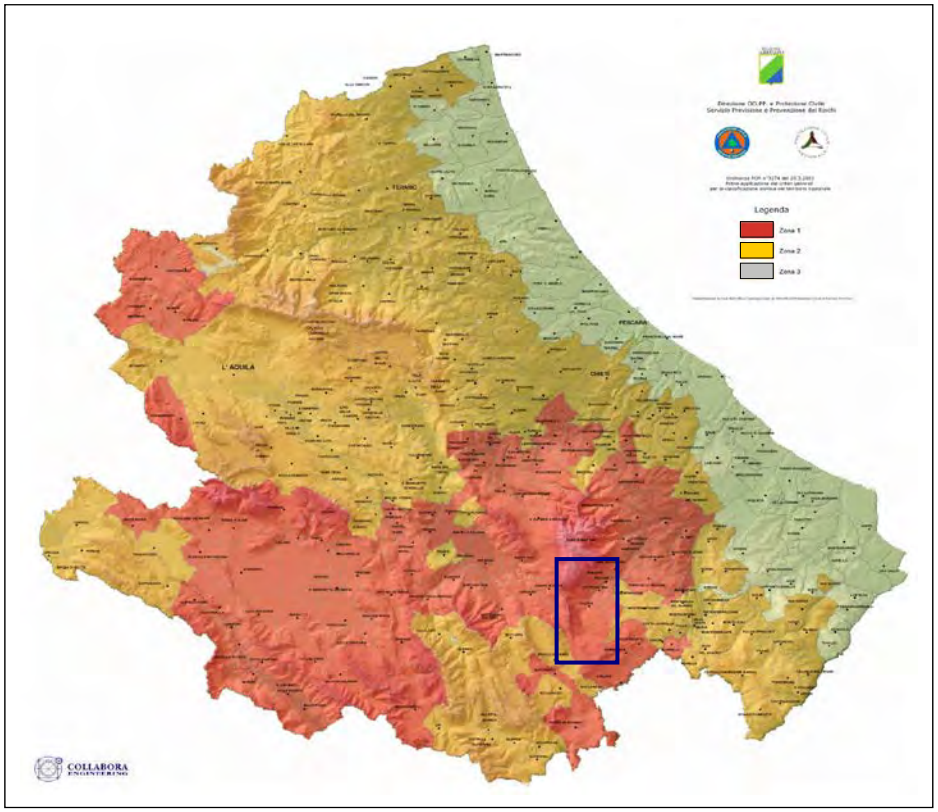


Figura 21 - Carta della classificazione delle zone sismiche della Regione Abruzzo.

8.1 Categoria di suolo di fondazione

Il Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008 recante *"Norme Tecniche per le Costruzioni",* e successivi aggiornamenti, raccoglie in modo unitario le norme nazionali che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire criteri univoci di sicurezza e pubblica incolumità.

In particolare, per quanto di nostra competenza, nel decreto sono definiti i modelli per la descrizione delle azioni agenti sulle strutture con particolare riferimento all'azione sismica.

Come indicato nel Decreto, le azioni sismiche di progetto sono definite sulla base della "pericolosità sismica di base", caratteristica del sito di costruzione.

Questa è funzione di diversi parametri:

- $\mathbf{a_g}$ accelerazione orizzontale massima del sito;
- $\mathbf{F_o}$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $\mathbf{T_c}$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Allo stato attuale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la normativa definisce le seguenti categorie di sottosuolo a cui si può fare riferimento per valutare la risposta sismica locale:

A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3,0 m.

B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un

graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 e 800 m/s.

C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s.

D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s.

E *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categoria C e D*, con profondità del substrato non superiore a 30 metri.

Nelle definizioni precedenti Vs30 è intesa come la velocità equivalente di propagazione, entro 30 m di profondità, delle onde di taglio, ed è definita dalla seguente espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s].}$$

L'andamento dello spettro di risposta elastico, oltre che dalla litologia, è anche influenzato dalle condizioni topografiche del sito in esame. Queste ultime sono definite e classificate come mostrato nella tabella seguente.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante,pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Come anticipato nei capitoli precedenti, al fine di determinare la categoria di sottosuolo, è stata programmata ed eseguita una campagna di indagine geofisica, in occasione della quale è stata svolta una prova di sismica di superficie di tipo MASW e una misura di rumore ambientale HVSR. I risultati di Vs,30 della prova MASW e HVSR sono rispettivamente pari a 465 e 581 m/s, per cui al sito di progetto può essere associata una **categoria di sottosuolo "B".**

Relativamente alla categoria topografica, come emerge dai sopralluoghi effettuati e dall'osservazione della carta delle pendenze, l'area di studio appartiene ad una **categoria topografica "T2"**.

Nella definizione della pericolosità sismica di base è importante evidenziare il comportamento dei valori di ag/g. Nel sito ufficiale dell'INGV, attraverso l'applicazione Webgis, è possibile visualizzare tali valori. In accordo con l'Allegato 7 OPCM 3907/2010, questi sono espressi con rettangoli colorati (in corrispondenza dei nodi della maglia di riferimento) in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno (ag), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi orizzontali (Vs30 > 800 m/s). Per il territorio comunale di Palena tali valori sono compresi tra 0.200 ÷ 0.275 g (fig. 22).

In particolare l'accelerazione al suolo, così come definita dall'Ordinanza n.3907 Attuazione dell'articolo 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con

modificazioni, della legge 24 giugno 2009, n. 77, per il Comune di Palena è pari a **ag = 0.231561 g**.

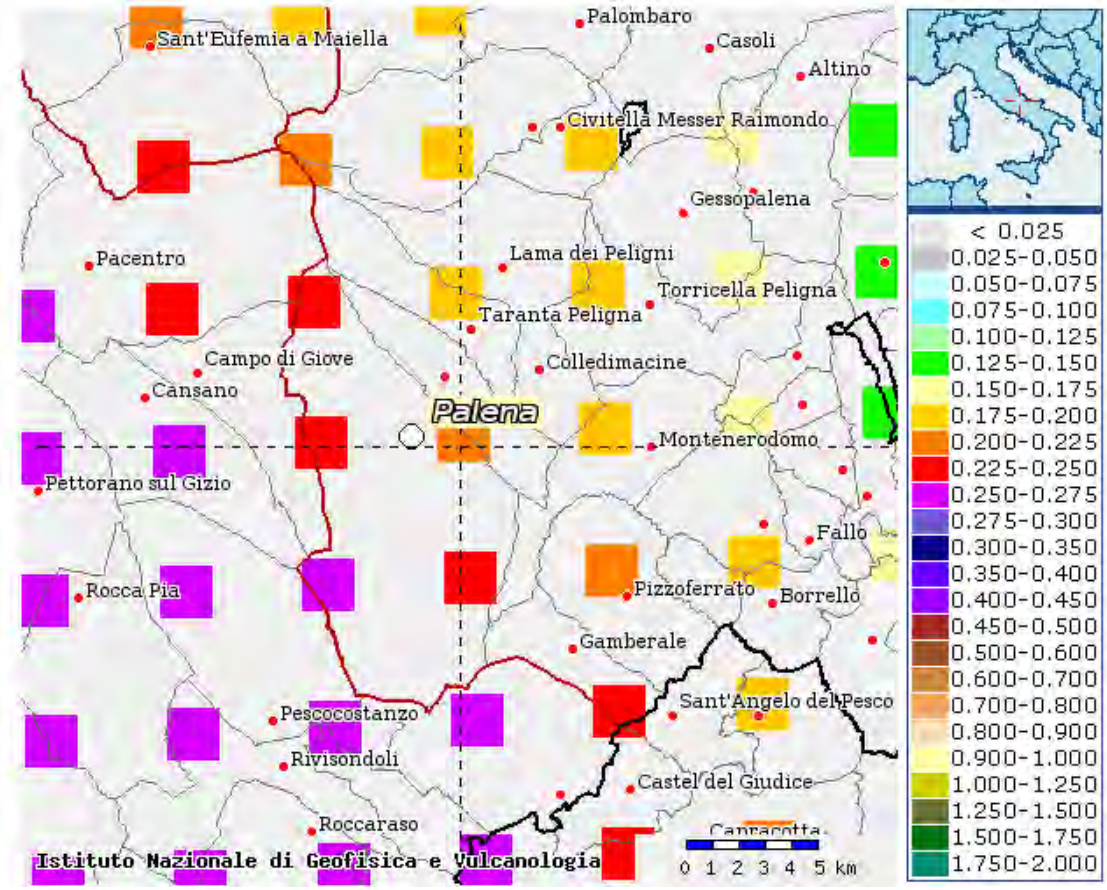
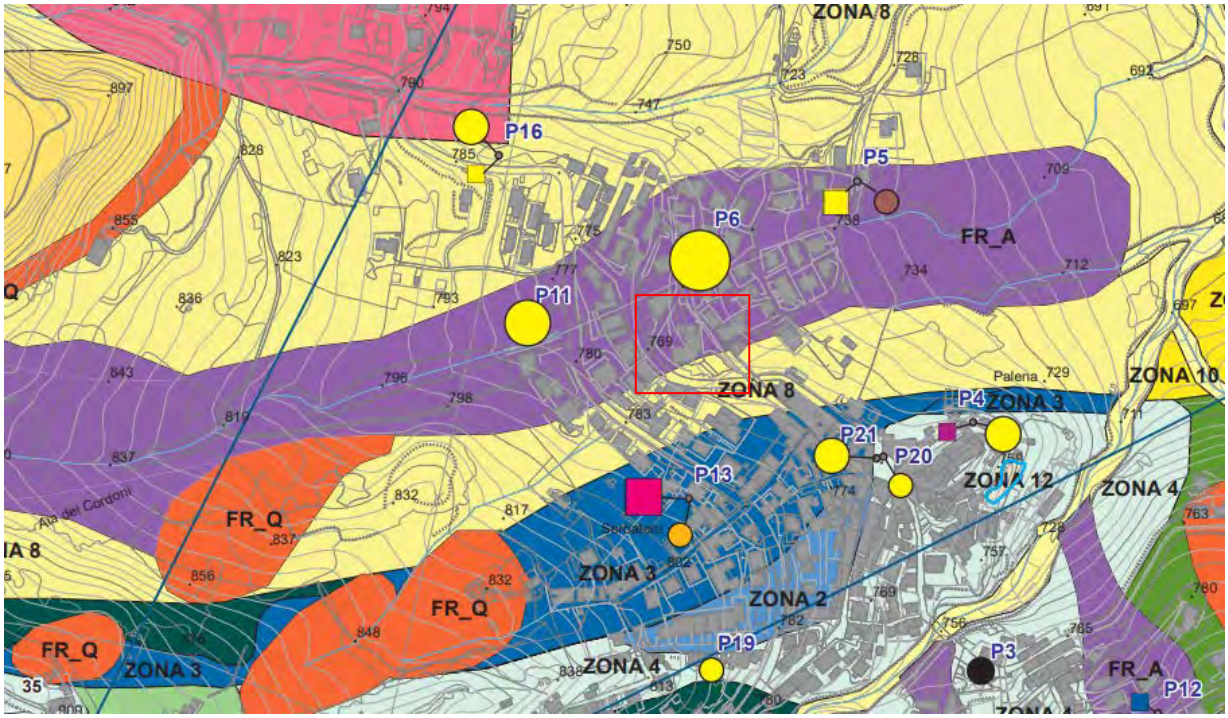


Figura 22 - Mappa interattiva di pericolosità sismica (INGV).

Di seguito e in allegato alla presente relazione si riporta lo stralcio della carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica). Dall'osservazione di questa si nota che il sito in esame è inserito nella zona di attenzione per instabilità di versante attiva. Questa è circondata da una "zona 8" costituita da sabbia ghiaiosa moderatamente addensata su substrato coesivo sovraconsolidato.



ZONA 8

ZONE DI ATTENZIONE

Sabbia ghiaiosa moderatamente addensata (E5) con frazione fine interstiziale coesiva (h inferiore a 20 m; Vs circa uguale a 300 m/s).

Substrato coesivo sovraconsolidato (D) (Argille e limi con intercalazioni di gessi) (h > 12 m; Vs > 800 m/s).

Zona di attenzione per instabilità di versante attiva (ZA_FR_A)

Zone di attenzione per instabilità di versante quiescente (ZA_FR_Q)

Zone di attenzione per instabilità di versante inattiva (ZA_FR_I)

Zona di attenzione per faglie attive e capaci (ZA_FAC)

P 6

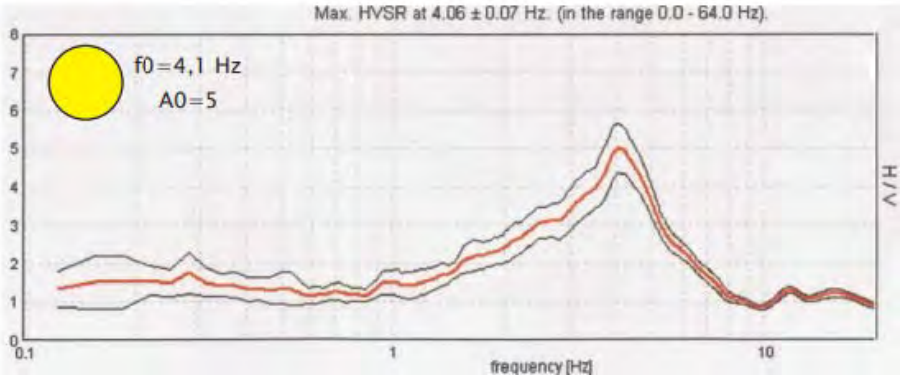


Figura 23 - Stralcio di Carta delle MOPS allegata alla Microzonazione Sismica di I livello, nel riquadro rosso è indicato il sito di progetto.

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per risposta sismica locale si intende l'insieme delle modifiche che il moto sismico subisce nell'immediato sottosuolo a causa delle condizioni geologiche, morfologiche e geotecniche locali.

Il moto sismico generato da un terremoto alla superficie di un sito in condizioni *free-field* (cioè in assenza di strutture) dipende da un insieme di fenomeni fisici che schematicamente possono essere raggruppati in tre categorie fondamentali:

- meccanismo di sorgente;
- propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito;
- effetti di sito;

I primi due gruppi di fenomeni definiscono il moto sismico di ingresso al sito che può poi subire, nelle decine/centinaia di metri più superficiali, importanti modifiche a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali del sito in esame. Queste ultime indicano l'insieme delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi superficiali e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. L'insieme delle modifiche che il moto sismico di ingresso al sito subisce, in termini di ampiezza, contenuto in frequenza e durata, per effetto delle condizioni locali, è indicato globalmente con il termine di effetti di sito o risposta sismica locale.

Generalmente l'espressione risposta sismica locale è associata ai terreni a comportamento sismico stabile, cioè quei terreni che, sotto le sollecitazione prodotte da un terremoto, pur potendo amplificare il moto sismico, sono soggetti a limitate deformazioni permanenti mantenendosi lontani dalla rottura.

Con il termine effetti locali di instabilità si indicano invece gli effetti di sito che comportano deformazioni permanenti importanti ovvero un comportamento sismico

instabile (frane, densificazione o liquefazione di depositi sabbiosi, collassi di cavità, fagliazione superficiale).

La risposta sismica locale è il risultato di molteplici fenomeni fisici (riflessioni multiple, diffrazione, focalizzazione, risonanza etc.) che le onde subiscono in corrispondenza delle eterogeneità e discontinuità degli strati più superficiali e in corrispondenza delle irregolarità topografiche.

A seconda dei principali fenomeni fisici responsabili si possono distinguere:

1) effetti stratigrafici, che hanno luogo in corrispondenza di depositi soffici poggianti su un basamento rigido in condizioni essenzialmente di strati piani e paralleli (1D);

2) effetti di valle o di bordo che hanno luogo allorché la morfologia del contatto tra basamento e terreni soffici di copertura assume andamenti complessi caratterizzati da geometrie marcatamente 2D/3D;

3) effetti topografici che hanno luogo in prossimità delle strutture morfologiche superficiali, es. alla cresta di un rilievo roccioso dove il moto sismico è generalmente amplificato rispetto alla base dello stesso.

L'analisi della risposta sismica locale, eseguita alla scala delle opere di ingegneria, mediante metodi sperimentali e, più frequentemente, con metodi numerici consente di quantificare le modifiche esercitate sul moto sismico dalle condizioni locali permettendo una stima più accurata delle sollecitazioni sismiche sulle strutture e quindi una più accurata progettazione antisismica.

9.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE UTILIZZATE PER IL CALCOLO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Con riferimento a quanto riportato nel Par. 7.11.3 del D.M. 14/01/2008 e successive modifiche e aggiornamenti, le indagini geotecniche volte alle analisi di risposta sismica locale, a rigore, devono consentire la definizione delle condizioni stratigrafiche di sottosuolo, le proprietà fisiche e le proprietà meccaniche degli strati del terreno sia a piccole che a grandi deformazioni, il regime delle pressioni interstiziali, la profondità e morfologia del substrato rigido.

A tal fine le indagini geologiche, geotecniche e sismiche eseguite per il sito in esame sono consistite in:

- n. 01 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a profondità di 30.00 metri dal piano campagna, con prove S.P.T.;
- n.01 acquisizione di sismica attiva mediante l'utilizzo dell'analisi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- n.01 registrazione di microtremore sismico ambientale, metodo a Stazione Singola HVSR, mediante l'utilizzo del TROMINO ®.

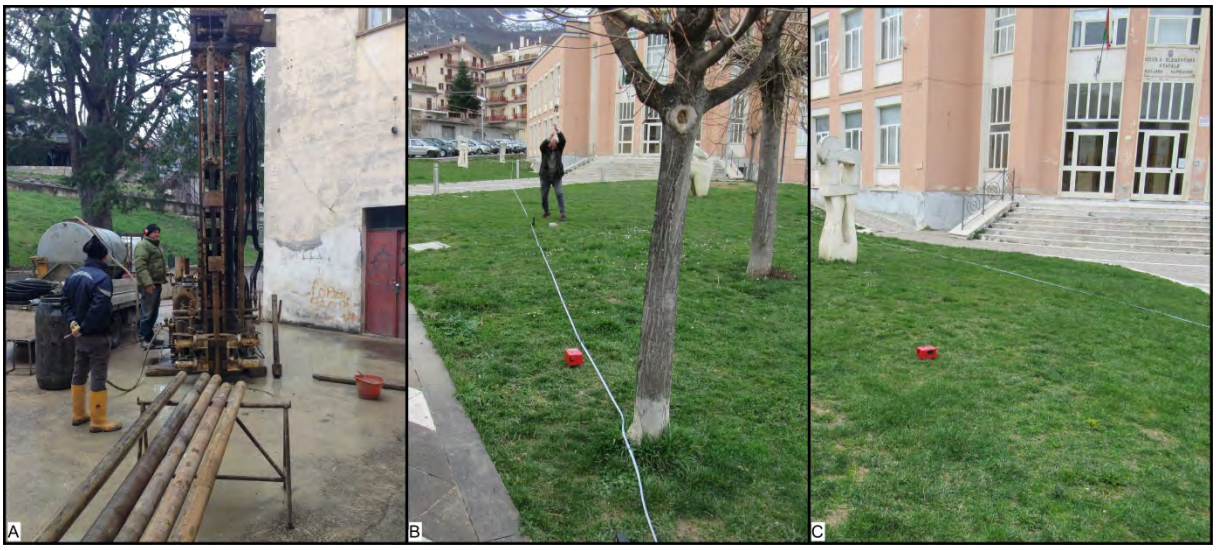


Figura 1 Ubicazione delle Indagini. A) Sondaggio a carotaggio continuo, B) Acquisizione MASW, C) Registrazione di microtremore rapporto HVSR.

Per le analisi condotte, sono stati confrontati i valori di F0 registrati con i valori registrati nello studio di MZS di livello 1. In allegato si riporta la carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica.

9.2 METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

Le simulazioni numeriche 1D sono state eseguite tramite il codice di calcolo Strata. Le caratteristiche geotecniche dei terreni e della roccia di base estrapolate dagli studi eseguiti e prese in esame sono:

- *Peso nell'unita di volume dei terreni e della roccia;*
- *Profilo delle velocità delle onde di compressione;*
- *Velocità delle onde di taglio Vs del terreno;*
- *Modulo di taglio;*
- *Damping;*
- *Coefficiente di Poisson;*
- *Curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del fattore di smorzamento (G/G0 – γ e D – γ);*

Per quanto concerne la scelta dell'input sismico, sono stati selezionati 7 accelerogrammi naturali spettrocompatibili come input per le analisi dinamiche. A livello nazionale va ricordato che le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC – 08 & NTC - 18) non consentono l'utilizzo di accelerogrammi artificiali per applicazioni geotecniche, come riportato al § 3.2.3.6 delle norme stesse e al § 3.2.3.6 della Circolare Applicativa (C.S.LL.PP, 2009).

La ricerca degli accelerogrammi naturali è quindi effettuata nelle banche dati disponibili principalmente sulla base di coppie magnitudo-distanza desunte da studi sismotettonici e di sismicità storica (ad es. Pagliaroli e Lanzo, 2008) e, subordinatamente, dello stile tettonico. Altro aspetto essenziale sono le condizioni di sottosuolo della stazione di registrazione. Se, ad esempio, lo scopo della selezione è

quello di selezionare input per analisi di risposta sismica locale, la ricerca sarà effettuata con riferimento a registrazioni su affioramento roccioso con piano campagna orizzontale cioè, con riferimento alle NTC-08 ed NTC-18, categoria di sottosuolo A (VS30≥800 m/s) e categoria topografica T1. Inoltre, la ricerca è effettuata limitatamente ai segnali free-field cioè con riferimento a strumenti installati ad adeguata distanza da strutture (edifici, dighe, ecc.). Ove non sia possibile soddisfare contemporaneamente tutti i predetti criteri (cioè magnitudo, distanza, categoria di sottosuolo e meccanismo di faglia considerate in ordine di importanza decrescente), si può rinunciare al vincolo imposto dai parametri gerarchicamente meno importanti. Ad esempio laddove non sia disponibile un adeguato numero di registrazioni free-field, possono essere ammesse anche quelle relative a stazioni installate in prossimità o al piano terra di edifici.

Analogamente la scarsità di registrazioni disponibili può rendere necessario estendere la ricerca anche a meccanismi di faglia diversi da quello considerato e a condizioni di sottosuolo diverse. Ad esempio per la risposta locale si può estendere la ricerca anche alla categoria di sottosuolo B (terreni rigidi) con valori di VS30 comunque prossimi a quelli relativi alla categoria A (ad es. VS30>600 m/s).

Esistono numerose banche dati accessibili gratuitamente sul web. A titolo di esempio si citano la banca dati di segnali accelerometrici:

- la banca dati italiani ITACA (Italian Accelerometric Archive - http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet/),
- la banca dati greca ITSAK (http://www.itsak.gr/en/main),
- la banca dati europea ESD - European Strong-Motion Database (http:\\www.isesd.cv.ic.ac.uk\ESD\),
- la banca dati mondiale del PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center – (http://peer. berkeley.edu/peer_ground_motion_database).

Per il seguente studio di Risposta Sismica Locale gli accelerogrammi sono stati esportati dal sito ITACA.

9.3 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

In accordo con i risultati ottenuti da Ashford et alii (1997), il fattore di amplificazione topografica, alla cresta del pendio, può essere:

- S_T = 1.0 per pendii di inclinazione minore di 15°
- S_T = 1.2 per pendii di inclinazione maggiore di 15° e minore di 30°
- S_T = 1.4 per pendii di inclinazione maggiore di 30° (fino a 75°)
- S_T = 1.55 per pendii subverticali (rupi)

Lungo il pendio si usa un fattore topografico S_T , se l'inclinazione è maggiore di 15°.

Nel caso specifico, considerando le pendenze medie del pendio sono comprese tra circa 0° - 20°, la categoria topografica di riferimento del sito in esame è T2.

9.4 RISULTATI

Nell'area di studio il substrato è rappresentato da una formazione argillosa, plio-pleistocenica, posta a circa 5 – 6 metri di profondità; su di esso vi sono depositi continentali caratterizzati da limi argillosi di colore grigio-brunastro intercalati a sabbie limose di colore grigio. Nel tratto più superficiale sono presenti depositi eluvio colluviale.

Tale modello geologico deriva dallo studio delle indagini pregresse sommate a quelle acquisite ex novo.

L'area si sviluppa su un pianoro che digrada verso est e nord-est ad una quota di circa 800-700 metri s.l.m.

Per la definizione del modello di sottosuolo, in termini di caratterizzazione dei terreni e delle rocce finalizzata alla risposta sismica locale, si è fatto riferimento al risultato del sondaggio ed alle prove geofisiche eseguite il 19/03/2013 (vedi allegati) e dai studi presenti in letteratura.

Ai differenti litotipi individuati, sono state attribuite proprietà fisiche e meccaniche differenti sulla base dei risultati sopra menzionati e, laddove assenti per una specifica litologia, sulla base di dati di letteratura. Di seguito si riporta una tabella con la sintesi dei parametri fisico-meccanici, associati ad ogni terreno investigato e richiesti dal codice di calcolo, la geometria, la densità, il modulo di taglio iniziale G0, lo smorzamento iniziale e le curve che descrivono il comportamento non lineare dei materiali.

Litologia	**Vs (m/s)**	**γ (kN/m^3)**	**Curve dinamiche**	**Spessori**
1- Argille limose	350	19.06	Darendeli e Stokoe 2001	5
2- Formazione Argillosa alterata	650	21.00	Comportamento lineare D=1	22
3- Formazione Argillosa	800	22.00	Comportamento lineare D=1	---

Tab. 1 Modello geologico.

Sulla base di tali informazioni, è stata effettuata l'analisi monodimensionale puntuale utilizzando come input sismico n° 7 accelegrammi naturali spettrocompatibili con lo spettro su roccia, ricavati da la banca dati italiani ITACA (Italian Accelerometric Archive - http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet/).

Le “NTC08 & NTC18” definiscono le azioni sismiche su ciascuna costruzione in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d’uso Cu.

$$V_R = V_N \times Cu$$

La vita nominale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Analisi Stato Limite di salvaguardia della Vita SLC:

- Sono stati scelti accelerogrammi spettrocompatibili, per una probabilità di superamento PVR=5% (SLC), con VR 75 anni, Cu 1,5 e VN 50 anni.

Analisi Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV:

- Sono stati scelti accelerogrammi spettrocompatibili, per una probabilità di superamento PVR=10% (SLV), con VR 75 anni, Cu 1,5 e VN 50 anni.

Analisi Stato Limite di salvaguardia della Vita SLD:

- Sono stati scelti accelerogrammi spettrocompatibili, per una probabilità di superamento PVR=63% (SLD), con VR 75 anni, Cu 1,5 e VN 50 anni.

Analisi Stato Limite di salvaguardia della Vita SLD:

- Sono stati scelti accelerogrammi spettrocompatibili, per una probabilità di superamento PVR=81% (SLO), con VR 75 anni, Cu 1,5 e VN 50 anni.

In uscita il codice fornisce spettri di risposta ed accelerogrammi.

In questo studio, i risultati delle elaborazioni numeriche sono stati espressi in termini di storie temporali dell'accelerazione orizzontale in superficie in corrispondenza dei nodi selezionati e dei rispettivi spettri di risposta con smorzamento pari al 5%.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva degli accelerogrammi di input, riferiti ad PVR=10% (SLV), in cui sono riassunte le caratteristiche rilevanti.

Accelerogramma	**M_W**	**Station Lat**	**Station Long**	**Elev**	**Cl_EC8**	**Dist_Ep**	**Event date YYYYMMDD**
IT.ANT..HNN.D.20090406.013240.C.ACC	6.1	42.418110	13.078598	568	A*	26.2	20090406
IT.BSC..HNE.D.19801123.183453.C.ACC	6.9	41.009722	15.376111	887	A	28.3	19801123
IT.BSC..HNN.D.19801123.183453.C.ACC	6.9	41.009722	15.376111	887	A	28.3	19801123
IT.CLO..HGE.D.20161030.064018.C.ACC	6.5	42.899300	13.326800	1456	A*	7.8	20161030
IT.FCC..HGN.D.20161030.064018.C.ACC	6.5	42.754501	13.193200	1553	A*	11.0	20161030
IT.MMO..HGN.D.20161030.064018.C.ACC	6.5	42.899300	13.326800	1030	A*	19.2	20161030
IV.T1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC	6.5	42.751556	13.044636	869	A*	10.5	20161030

Tab.2 caratteristiche spettri input SLV.

Dove :
M_W : MAGNITUDE_W
Lat : STATION_LATITUDE_DEGREE
Long : STATION_LONGITUDE_DEGREE
Elev : STATION_ELEVATION_M
Cl_EC8 : SITE_CLASSIFICATION_EC8
Dist_Ep : EPICENTRAL_DISTANCE_KM

Di seguito si riporta l'accelerogramma e gli spettri di risposta in superficie.

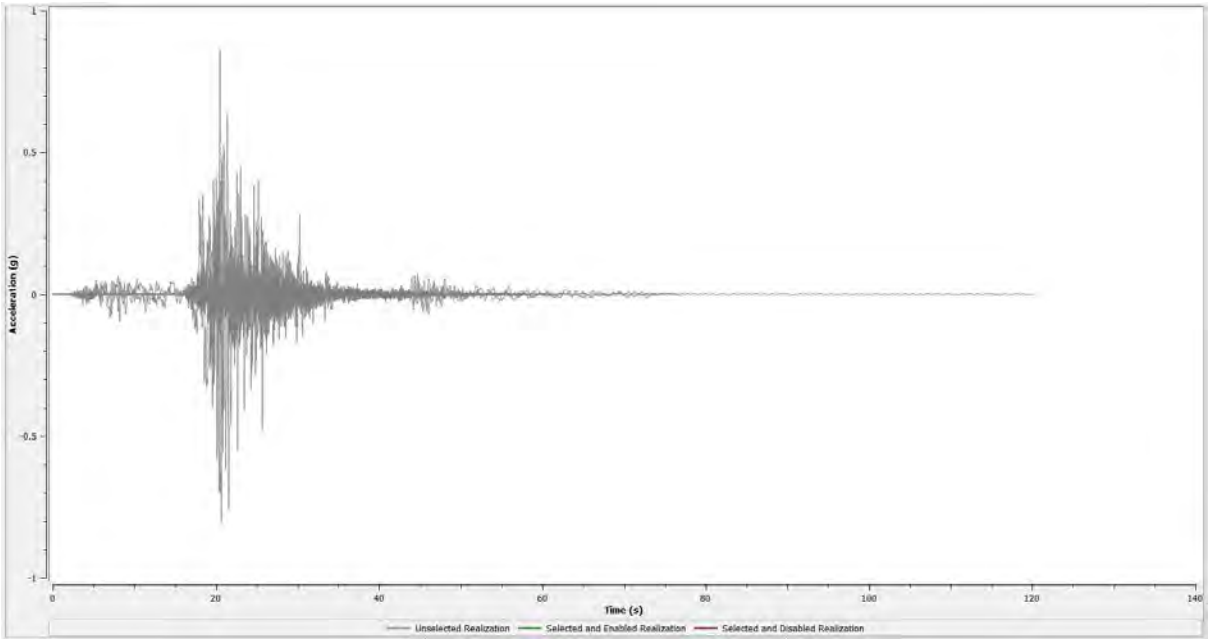


Figura 2 - Storia temporale dell'accelerazione al bedrock (SLV).

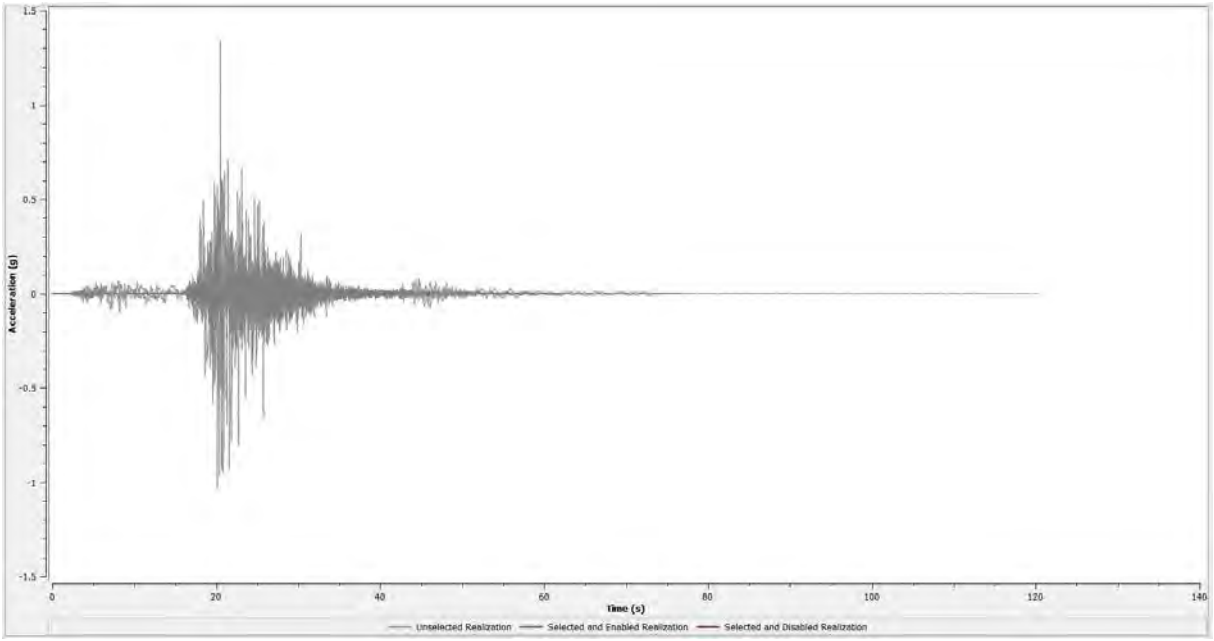


Figura 3 - Storia temporale dell'accelerazione in superficie (SLV).

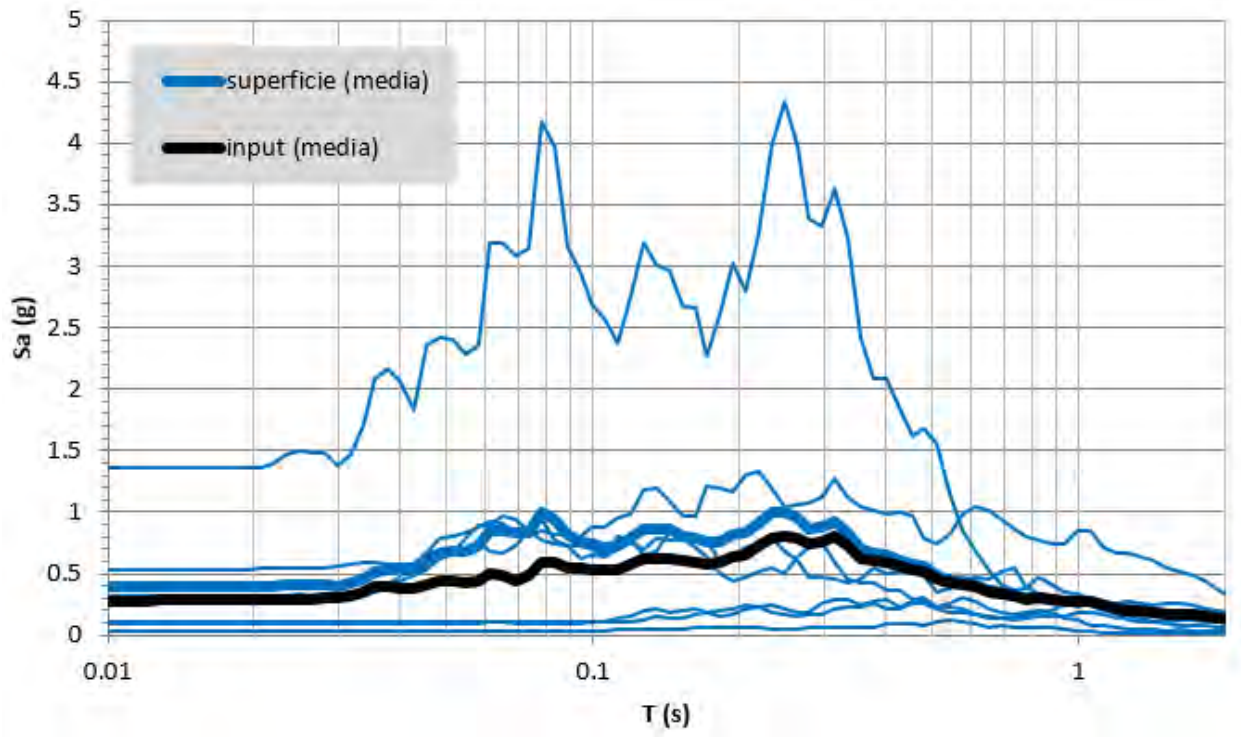


Figura 4 - Spettri di risposta elastici in superficie (SLV).

Nell'immagine sottostante sono riportati i grafici della deformazione tangenziale massima per la modellazione sismica riferita al sito di progetto.

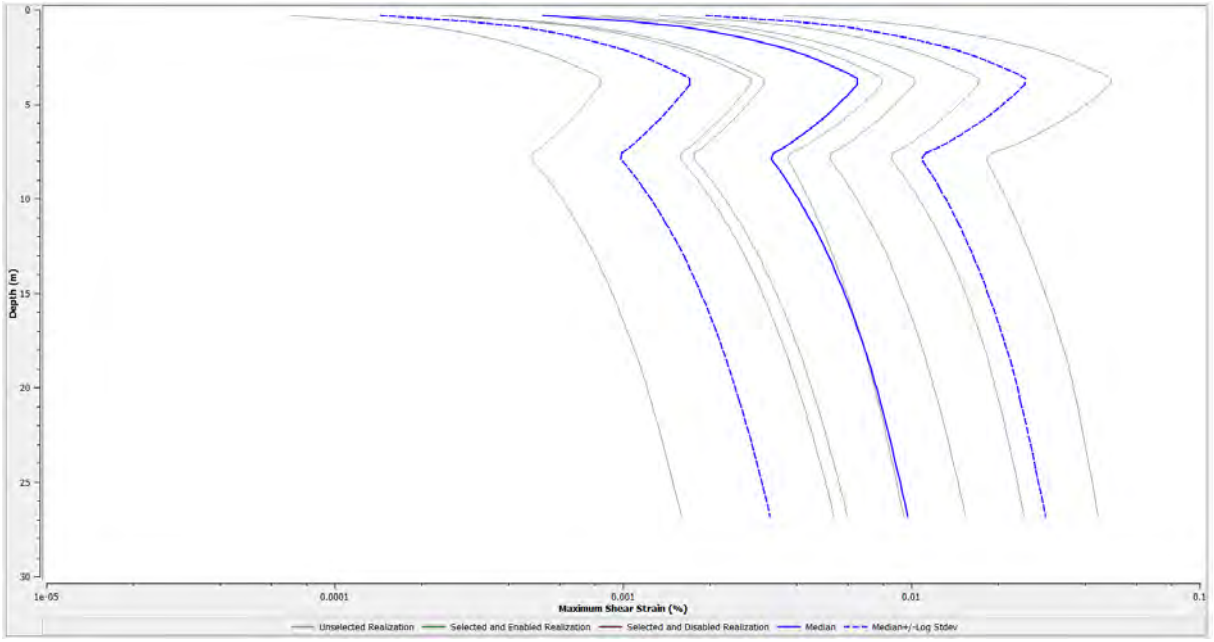


Figura 5 - Deformazione tangenziale massima (SLV).

Il comportamento non lineare del terreno è stato interpretato secondo il modello lineare equivalente, caratterizzato dalla variazione del modulo di taglio G e dello smorzamento D con il livello di deformazione di taglio γ.

Noto lo spettro di risposta, l'amplificazione è stata quantificata attraverso il calcolo del fattore di amplificazione FA, i cui valori sono stati qui calcolati come rapporto tra l'integrale dello spettro di pseudo-accelerazione di output per tre differenti intervalli di integrazione (0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s) e i corrispondenti parametri di input.

9.5 CALCOLO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Successivamente alla modellazione numerica è stata calcolata la media delle 7 accelerazioni spettrali. Questa media, in seguito, è stata regolarizzata e lisciata al fine di ottenere uno spettro regolarizzato.

Vengono riportati quindi gli spettri regolarizzati per PVR =5% SLC, PVR =10% SLV PVR =63% SLD e PVR =81% SLO.

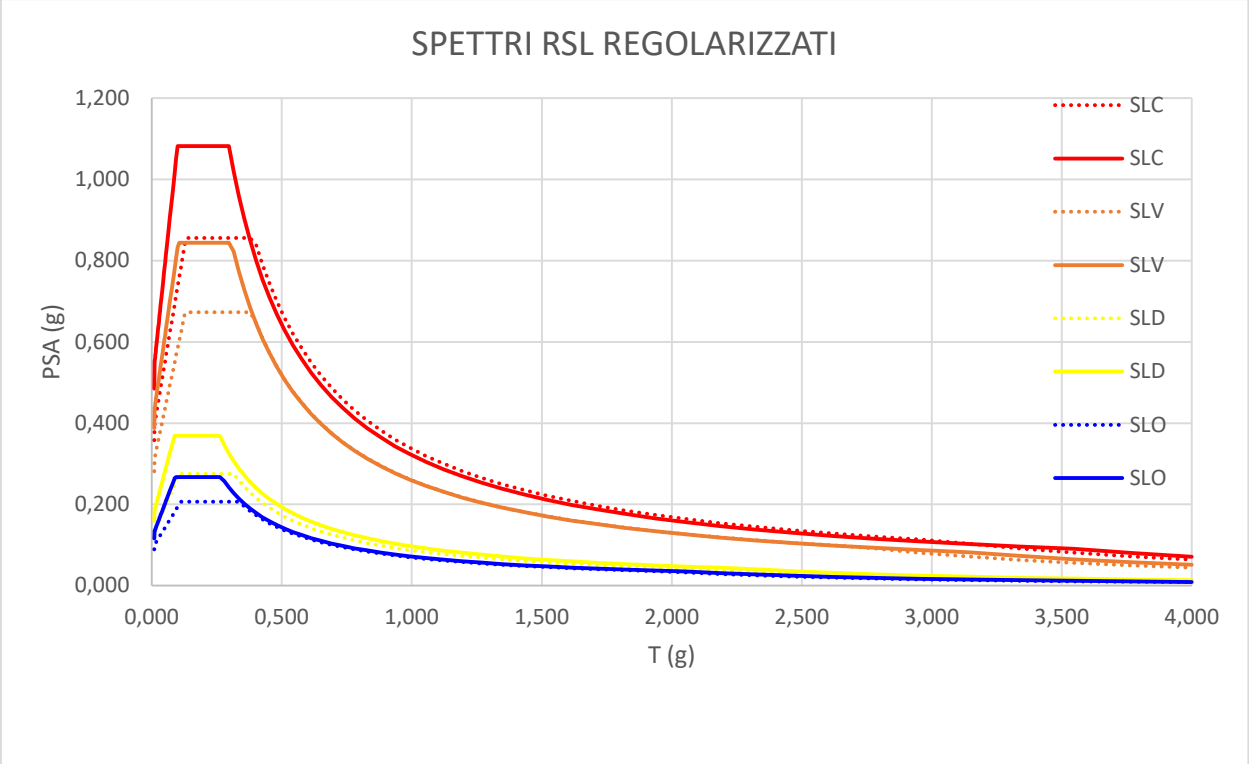


Figura 6 – Spettri di risposta regolarizzati.

10. CONCLUSIONI

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico-tecnico, geomorfologico e sismico, eseguito nel territorio comunale di Palena (CH) a supporto del progetto "MIGLIORAMENTO SISMICO ISTITUTO COMPRENSIVO SITO NEL COMUNE DI PALENA, IN VIA FRENATANA N. 2". Il sito di progetto si ubica nel settore settentrionale del centro abitato di Palena (CH).

Lo studio è finalizzato alla valutazione delle litologie affioranti, all'individuazione del trend morfoevolutivo, alla ricostruzione dell'ambito geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico e sismico in cui s'inserisce il sito di progetto. L'inquadramento geologico e fisiografico dell'areale di studio risulta essere noto sia per la provincia geologica di appartenenza sia per la documentazione bibliografica esistente.Per la ricostruzione dettagliata della litostratigrafia locale, con conseguente determinazione dei parametri geotecnici, e per la definizione della categoria di sottosuolo, è stata programmata una campagna di indagine geognostiche, geotecnica e geofisica.Nello specifico, la campagna di indagine geognostica e geotecnica ha previsto l'esecuzione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a – 30,00 metri dal p.c., con prove S.P.T e prelievo di campioni indisturbati da inviare al laboratorio geotecnico. La campagna di indagine geofisica ha previsto l'esecuzione di una prova sismica di superficie di tipo MASW e una misura di rumore ambientale HVSR. Per la descrizione della metodologia di indagine e della strumentazione utilizzata si rimanda al capitolo seguente. I certificati delle prove sono in calce alla relazione, unitamente all'ubicazione delle stesse. Inoltre, allegati alla presente relazione vi sono riportati i certificati di precedenti analisi di laboratorio eseguite su terreni appartenenti allo stesso litotipo.

Tutti i risultai della campagna di indagine sono stati utilizzati anche per la valutazione della risposta sismica locale con individuazione dei fattori di amplificazione e del relativo spettro di risposta del sito di progetto.

I certificati delle prove sono in calce alla relazione, unitamente all'ubicazione delle stesse. Per la stesura del presente elaborato, è stato, inoltre, consultato lo Studio di Microzonazione Sismica di I Livello del territorio comunale.

L'area di studio si colloca sul fronte sud-orientale della dorsale montuosa della Maiella, contraddistinto da un paesaggio collinare particolarmente inciso che funge da raccordo tra la struttura carbonatica dei rilievi e i termini terrigeni collinari e costieri.

Dal punto di vista geologico il territorio di Palena è costituito da terreni appartenenti a province tettoniche paleogeografiche ascrivibili al bacino molisano e alle unità derivanti dalla deformazione della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese, ben differenziate e caratterizzate da diverse serie stratigrafiche con caratteri geologici distinti. L'area in esame si inserisce in corrispondenza del margine sud-orientale del massiccio della Maiella che rappresenta la struttura carbonatica più esterna dell'Appennino centrale. Cartograficamente, l'area di progetto rientra nel Foglio Geologico 153 "Agnone" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, e stratigraficamente, nel sito di progetto, sono presenti arenarie micacee grigio giallastre alternate ad argille siltose con intercalazioni di puddinghe ad elementi calcarei per lo più arrotondati.

L'abitato di Palena sorge sul versante sinistro del F. Aventino ad una quota media di circa 800 metri alle pendici del Monte Porrara del gruppo della Maiella ad ovest del paese. L'area di studio è stata oggetto di aggiornamento dal progetto di piano PAI (PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI DI RILIEVO REGIONALE ABRUZZESI E DEL BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME SANGRO L.18.05.1989 n.183 art.17 comma 6 ter. edito dalla REGIONE ABRUZZO DIREZIONE TERRITORIO URBANISTICA, BENI AMBIENTALI, PARCHI, POLITICHE E GESTIONE DEI BACINI IDROGRAFICI – Servizio Difesa del Suolo – Autorità dei Bacini Regionali L.R. 16.09.1998 n.81 e L.R. 24.08.2001 n.43) e la nuova cartografia è stata approvata con DGR 375 del

2015. L'aggiornamento della cartografia di Piano PAI ha previsto la riperimetrazione e l'ampliamento di un'area a pericolosità molto elevata in loc.tà Aia Marconi e in parte del centro abitato. Come si evince dalla cartografia ufficiale PAI, parte dell'area di progetto è ricompresa in un settore caratterizzato da pericolosità moderata (P1), generata da una frana di colamento in stato di attività inattivo. Secondo quanto riportato nell'*Art. 18 - Disciplina delle aree a pericolosità moderata (P1) comma 1 e 2 (Norme di Attuazione Piano PAI)*, gli interventi previsti dal progetto sono consentiti ed è facoltà dell'Amministrazione Comunale valutare la necessità della redazione di uno Studio di compatibilità idrogeologica.

La situazione litostratigrafica locale, come anticipato nei capitoli precedenti, è stata ricostruita attraverso l'analisi dei risultati dell' indagine geognostica, geotecnica e prove di laboratorio eseguite nell'ambito del presente progetto. Quest'ultime sono state confrontate con i risultati di precedenti analisi di laboratorio eseguite su terreni appartenenti allo stesso litotipo. Il sedime di progetto risulta caratterizzato dalla presenza delle seguenti litologie: coltre eluvio - colluviale (argilla limosa poco sabbiosa) e formazione di base (argilla limosa sabbiosa). Come si evince della terebrazione di sondaggio, non è stata rilevata la presenza di falda acquifera, fino alla quota di indagine.

Sismicamente il territorio comunale di Palena risulta classificato come ***Zona sismica 1***. In particolare, come da Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri numero 3907 del 13 Novembre 2010, la pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno "ag" per il tempo di ritorno di 475 anni, per il territorio comunale di Palena è pari ad **ag = 0. 231561 g**.

Come anticipato nei capitoli precedenti, al fine di determinare la categoria di sottosuolo, è stata programmata ed eseguita una campagna di indagine geofisica, in occasione della quale è stata svolta una prova di sismica di superficie di tipo MASW e una misura di rumore ambientale HVSR. I risultati di Vs,30 della prova MASW e HVSR sono rispettivamente pari a 465 e 581 m/s, per cui al sito di progetto può essere associata una **categoria di sottosuolo "B".** Relativamente alla categoria topografica,

come emerge dai sopralluoghi effettuati e dall'osservazione della carta delle pendenze, l'area di studio appartiene ad una **categoria topografica "T2"**.

Per lo studio di risposta sismica locale e dei fattori di amplificazione si rimanda al capitolo 9.0.

Il Progettista per le sue considerazioni progettuali può fare riferimento ai parametri fisico meccanici riportati nel cap. 7.

Si rimane a disposizione per ulteriori chiarimenti.

ALLEGATI

CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:25.000)

CARTA COROGRAFICA (SCALA 1:5.000)

CARTA GEOLOGICA (SCALA 1:100.000)

STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA (AGG. PAI DGR 375 DEL 2015, FUORI SCALA)

STRALCIO CARTA PERICOLOSITÀ E RISCHIO (AGG. PAI DGR 375 DEL 2015, FUORI SCALA)

CARTA DELLE PENDENZE (SCALA 1:5.000)

CARTA DELLE MOPS (MZS I LIVELLO, SCALA 1:5.000)

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

INDAGINE GEOGNOSTICA

INDAGINI GEOFISICHE

CERTIFICATI DI LABORATORIO

CERTIFICATI DI LABORATORIO DI RIFERIMENTO

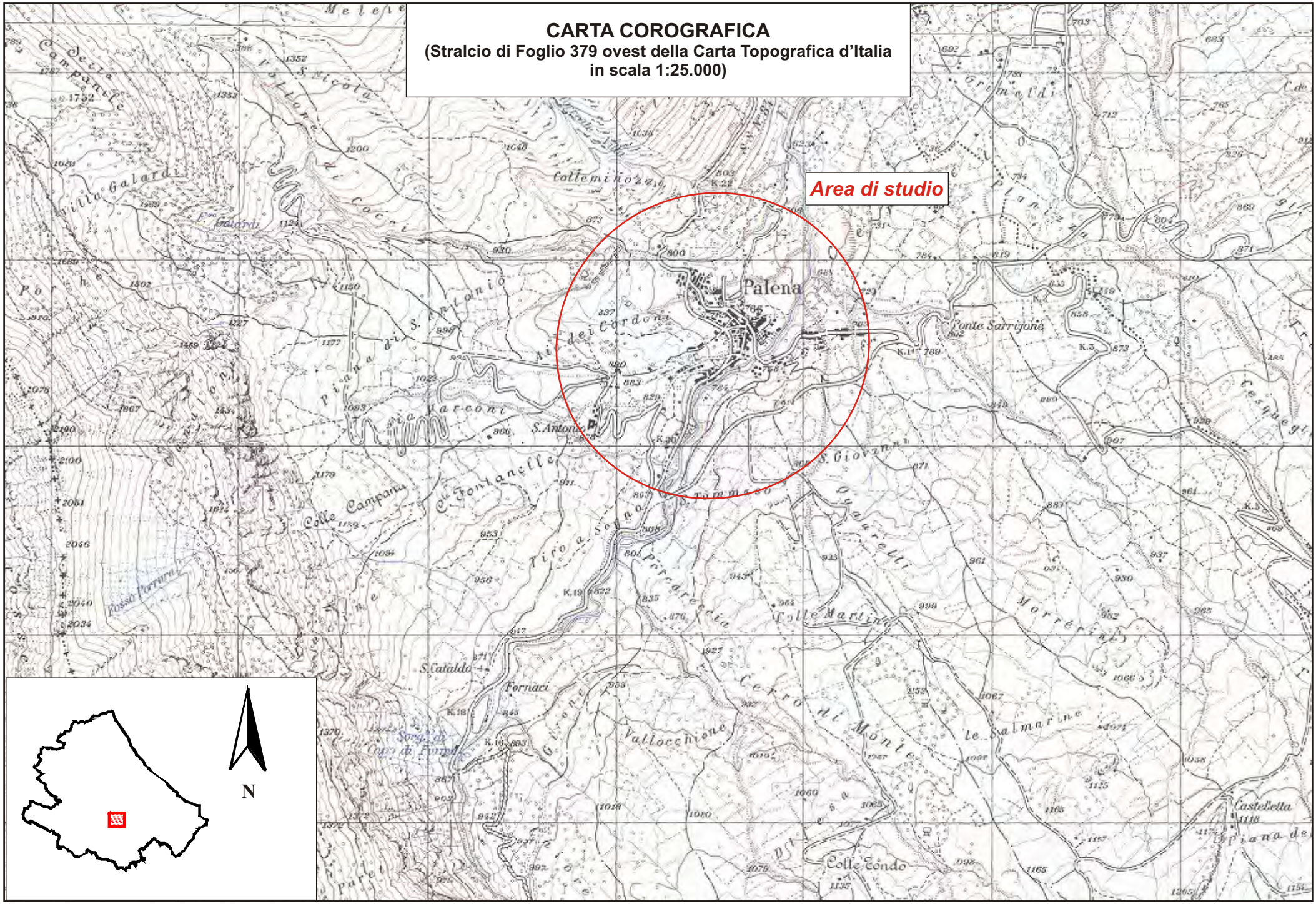
TABELLE VALORI DEGLI SPETTRI REGOLARIZZATI

CARTA COROGRAFICA

(SCALA 1:25.000)

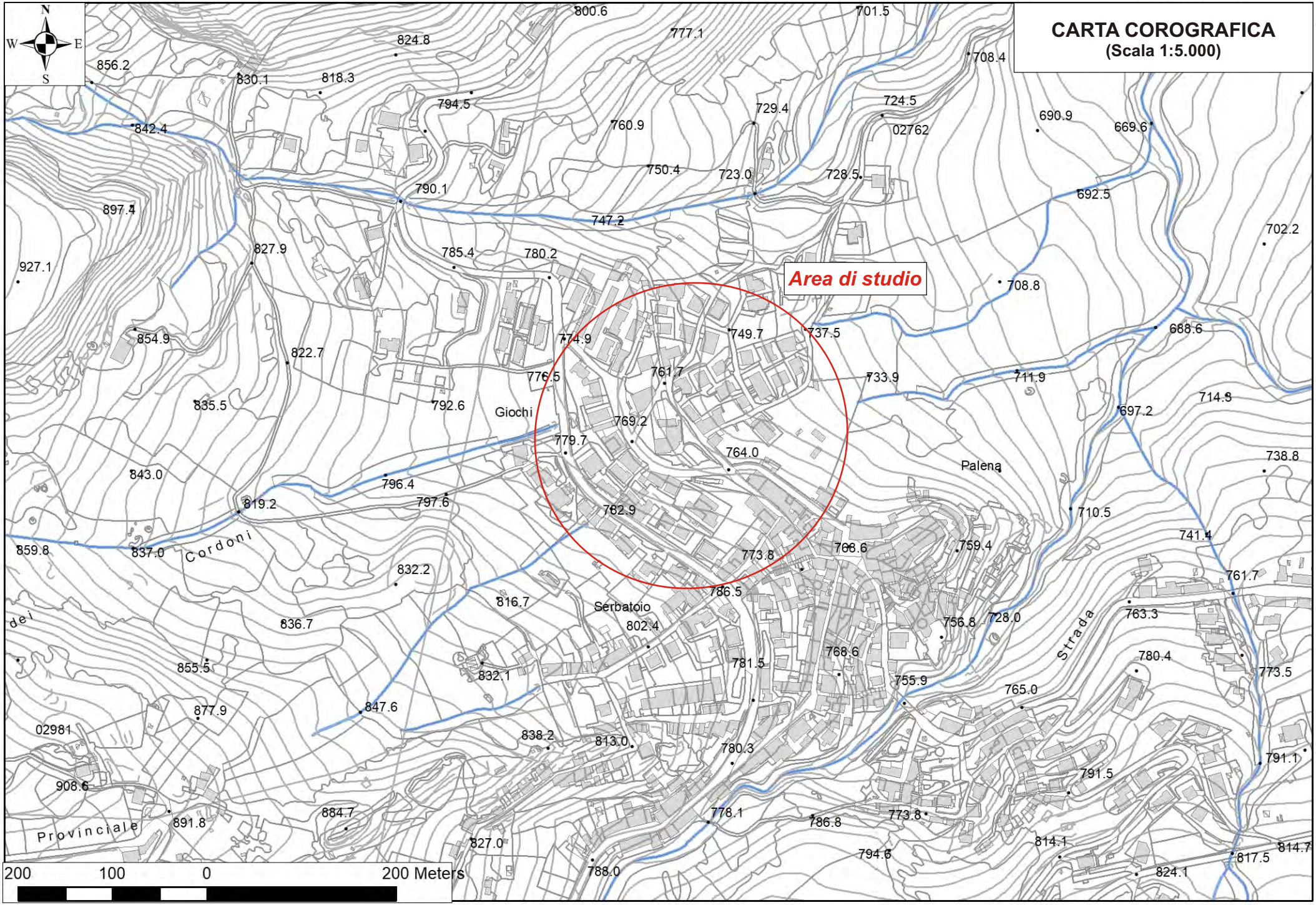
CARTA COROGRAFICA

(Stralcio di Foglio 379 ovest della Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000)



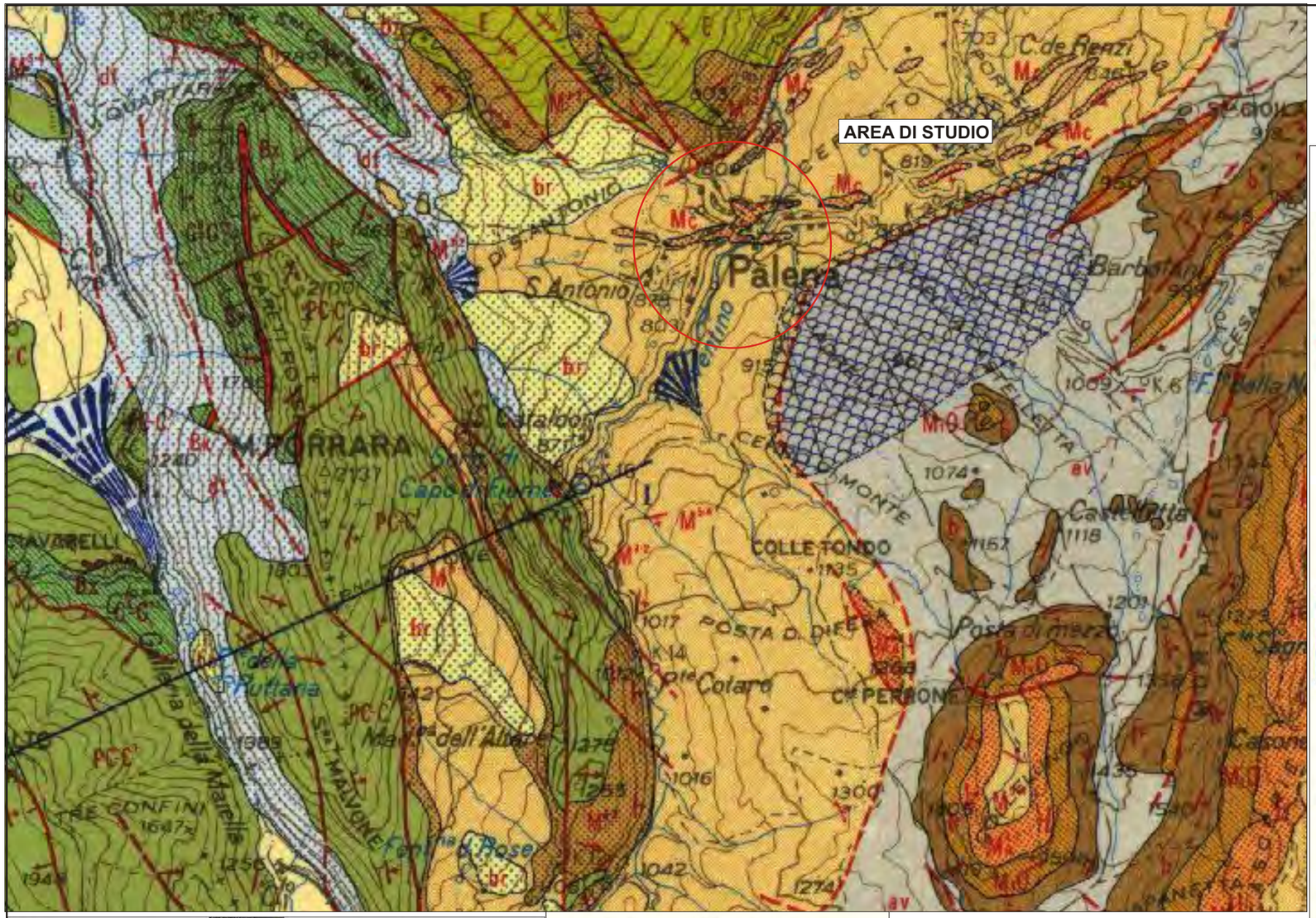
CARTA COROGRAFICA

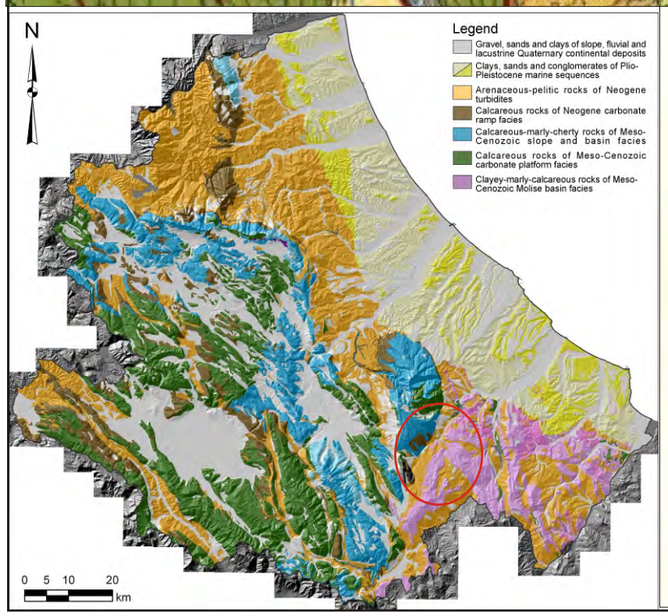
(SCALA 1:5.000)

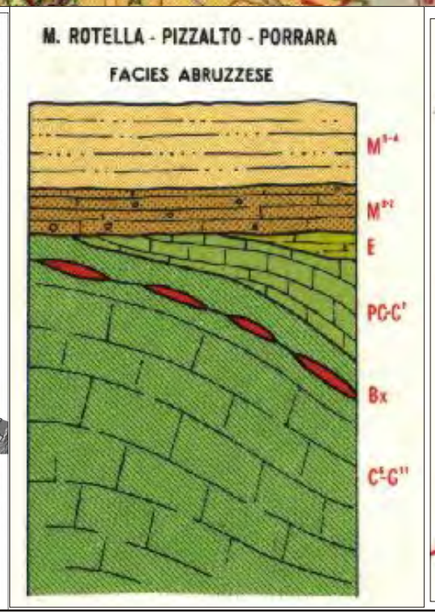

CARTA COROGRAFICA
(Scala 1:5.000)
N
W
E
S
Area di studio
Giochi
Palena
Serbatoio
Cordoni
dei
Strada
Provinciale
856.2
824.8
800.6
777.1
701.5
708.4
830.1
818.3
794.5
729.4
724.5
690.9
669.6
842.4
760.9
02762
750.4
723.0
728.5
790.1
692.5
897.4
747.2
702.2
827.9
785.4
780.2
927.1
708.8
854.9
822.7
774.9
749.7
737.5
688.6
776.5
761.7
733.9
711.9
714.8
835.5
792.6
769.2
697.2
779.7
764.0
738.8
843.0
796.4
819.2
797.6
782.9
710.5
741.4
859.8
837.0
773.8
706.6
759.4
761.7
832.2
786.5
816.7
763.3
836.7
802.4
756.8
728.0
855.5
832.1
768.6
781.5
780.4
773.5
755.9
765.0
877.9
847.6
02981
838.2
813.0
780.3
791.1
908.6
791.5
884.7
778.1
773.8
891.8
786.8
827.0
814.1
814.7
794.6
817.5
788.0
824.1
200
100
0
200 Meters

CARTA GEOLOGICA

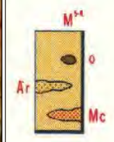
(SCALA 1:100.000)



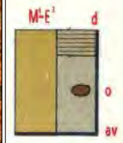




CARTA GEOLOGICA
(Stralcio di Foglio 153 "Agnone" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000), Fuori scala

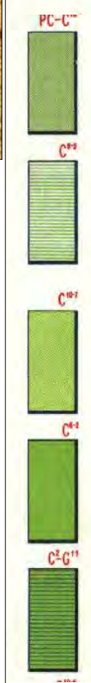


Arenarie micacee grigio-giallastre, a volte fogliettate, alternate ad argille siltose plumbee o subordinatamente a calcari marnosi chiari (Roccasicura) (M^{3-4}).
Verso l'alto prevale la componente arenacea con sabbie grossolane, argille semicoerenti e lenti conglomeratiche (Castel di Sangro, Quadri, F. Trigno) o con arenarie grossolane (Ar) (M. Miglio, Agnone, Poggio Sannita, i Colli). Inglobati nella formazione si rinvengono blocchi e lembi di formazioni più antiche (o).
Puddinghe ad elementi calcarei per lo più arrotondati e cemento generalmente calcareo, con ostreidi (Mc).
Localmente la parte basale della formazione può comprendere l'Elveziano e quella sommitale la base del Pliocene inferiore. Fossili: *Globorotalia menardii* (D'ORB.) *G. ventriosa* OGNIBEN, *Orbulina universa* (D'ORB.), *O. bilobata* (D'ORB.), *Globigerina nepenthes* TODD., *G. falconensis* BLOW, *Globigerinoides obliquus* BOLLI, *Globoquadrina altispira* (CUSH. & JARVIS), *Elphidium decipiens* (COSTA) *Cibicides* cfr. *refulgens* (MONTF.), *Marginulina costata coarctata* (SILV), *Nonion boueanum* (D'ORB.). *MESSINIANO - TORTONIANO.*



Calcari grigio-chiari debolmente marnosi tipo "scaglia cinerea" con sottili liste e noduli di selce varicolore prevalentemente rossa, alternate a esili partimenti di marne arenacee scagliettate verdi o rosse; le marne a luoghi predominanti contengono microfaune prevalentemente risedimentate; intercalazioni a vari livelli di lenti torbiditiche calcaree non molto potenti; localmente il tetto della formazione giunge al Langhiano (M^1E^2). Fossili: spicole di spongiari, radiolari, *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globoquadrina* spp., *Amphistegina* sp., *Catapsidrax dissimilis* (CUSH. & BERM.), *Cibicides grimsdalei* NUTT., *Bolivina tectiformis* CUSH., *Gyroidina girardana* (REUSS), *Parrella mexicana* (COLE), *Vulvulina eocaena* MONTAGNE, *Globigerina ampliapertura* BOLLI, *Globorotalia* cfr. *increbescens* (BANDY), *G. centralis* CUSH. & BERM.. *AQUITANIANO - EOCENE SUP.*.

Argilliti e argille siltose prevalentemente verdi e rosse con subordinati livelli arenacei, calcareo marnosi avana e verdastri, calcarenitici grigio-avana (av); verso l'alto livelli diasprigni con patine manganesifere e di marne bituminose prevalentemente verdine e color tabacco (d). Inglobati nella formazione si rinvengono blocchi e lembi di formazioni più antiche. Non affiora il letto della formazione. Fossili: radiolari, spicole di spugna, *Globorotalia opima* BOLLI, *G. obesa* BOLLI, *Globigerina ciperoensis angustisuturalis* BOLLI, *Siphonodosaria nuttalli* (CUSH. & JARV.), *Glomospira charoides* (JON & PARK.). *AQUITANIANO - OLIGOCENE.*



Calcareniti bianche a cemento spatico, ben stratificate, con frammenti di rudiste, frequentemente alternate a brecciole poligeniche e conglomerati mono e poligenici a cemento ed elementi calcarei, prevalentemente bianchi. Fossili: *Globorotalia* spp., *Miscellanea* sp., Rotalidae, *Orbitoides media* (D'ARCH.), *O. apiculata* SCHLUMB., *Siderolites calcitrapoides* (LAMARK), *Globotruncana contusa* (CUSH.), *G. stuarti* (LAPP.). *PALEOCENE - CAMPANIANO.*

Diaspri varicolori con intercalazioni di calcari detritici, calcari tipo "scaglia" e marne; brecciole poligeniche con arnioni e straterelli di selce grigio-cerulea. Nella parte basale brecce ad elementi calcarei e selciosi a cemento verdastro calcitico o marnoso, con rari letti di selce varicolore, in banchi e strati; livelli discontinui di marne verdognole in grossi banchi. Fossili: *Globotruncana lapparenti coronata* BOLLI, *G. helvetica* BOLLI, *Rotalipora appenninica* (RENZ.), *Praeglobotruncana stephani* (GANDOLFI), *Ticinella* spp.. *SANTONIANO - ALBIANO.*

FACIES UMBRA

Calcari finemente micritici biancastri sottilmente stratificati tipo "scaglia", con noduli e letti di selce, talora con intercalazioni calcarenitiche biancastre pseudosaccaroidi. Fossili: *Globotruncana caliciformis* (DE LAPP.), *G. rosetta* (CARSEY), *G. lapparenti lapparenti* (BROTZEN), *G. lapparenti tricarinata* (QUEREAU), *G. lapparenti coronata* (BOLLI). *CAMPANIANO - TURONIANO.*

Calcari, calcareniti, e conglomerati bioclastici silicizzati, talora in grossi banchi, con abbondanti arnioni e livelli di selce e con qualche intercalazione marnosa verdastra; tipico orizzonte basale a noduli sferoidali di selce. Fossili: frammenti di rudiste, piccoli radiolari, *Orbitolina* sp., *Hedbergella* sp., *Rotalipora appenninica* (RENZ). *CENOMANIANO - BARREMIANO.*

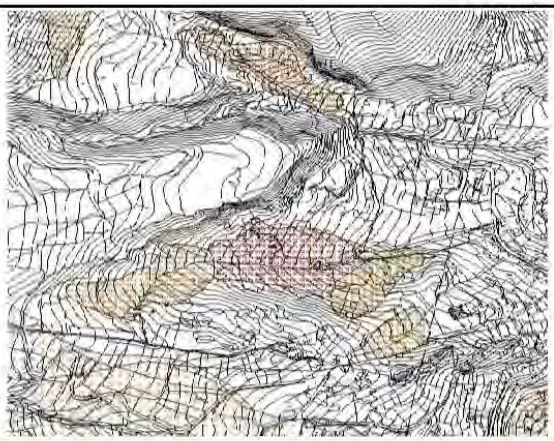
Calcari finemente micritici bianchi a frattura concoide tipo "maiolica", con qualche intercalazione calcarenitica; noduli e liste di selce. Fossili: *Calpionellites darderi* (COLOM), *Tintinnopsella oblonga* CADISCH, *Calpionellopsis thalmanni* (COLOM), *Calpionella elliptica* (CADISCH), *C. alpina* (LORENZ). *HAUTERIVIANO - TITONIANO.*

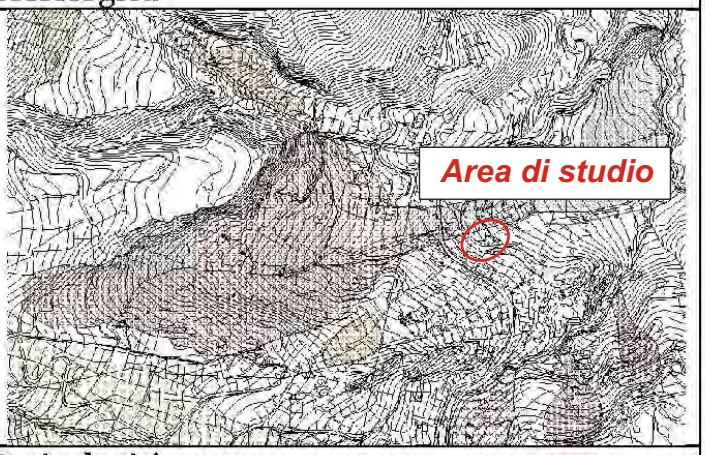
STRALCIO CARTA GEOMORFOLOGICA

(AGG. PAI DGR 375 DEL 2015, FUORI SCALA)

1. PALENA

ATTUALE	MODIFICATA
Carta Geomorfologica	





FORME STRUTTURALI	Orlo di scarpata di faglia	
	Orlo di scarpata con influenza strutturale	
	Orlo di scarpata di linea di faglia	
	Orlo di scarpata con influenza strutturale interessata da caduta di detrito	

		STATO DI ATTIVITA'		
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE	Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana			
	Trincea o fessura			
	Frattura di trazione			
	Versante interessato da deformazione profonda			
	Versante interessato da deformazioni superficiali lente			
	Corpo di frana di crollo e ribaltamento			
	Corpo di frana di scorrimento: (A) Traslativo			
	(B) Rotazionale			
	Corpo di frana di colamento			
	Corpo di frana di genesi complessa (inclusi i fenomeni di trasporto e di massa)			
	Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate			
	Contropendenza significativa nel corpo di frana			

FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia	
	Alveo con erosione laterale o sponda in erosione	
	Alveo con tendenza all'approfondimento	
	Solco da ruscellamento concentrato	
	Superficie a calanchi e forme similari	
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuso	
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato	
	Conoide alluvionale	
	Cono di origine mista	
	Depressione palustre	

FORME CARSICHE	Dolina		
	Campo di doline		
	Inghiottitoio		
FORME, PROCESSI E DEPOSITI CRIONIVALI	Forme di erosione	Orlo di nicchia di nivazione	
		Canalone di valanga	
	Forme di accumulo	Rock glacier	
FORME GLACIALI	Orlo di scarpata		
	Orlo di circo		
FORME E PROCESSI MARINO COSTIERI	Orlo di scarpata di erosione marina		

FORME E PROCESSI ANTROPICI	Orlo di scarpata artificiale	
	Terrazzamento agrario	
	Sbarramento	
	Lago artificiale	

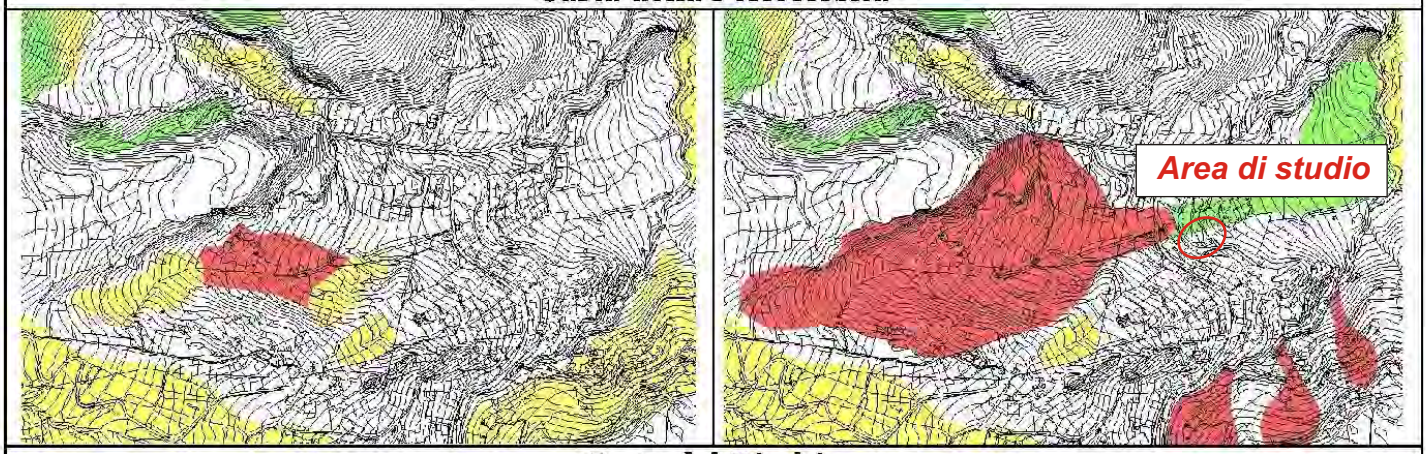
Cavità sotterranee naturali e/o antropiche	Ω

STRALCIO CARTA PERICOLOSITÀ E RISCHIO

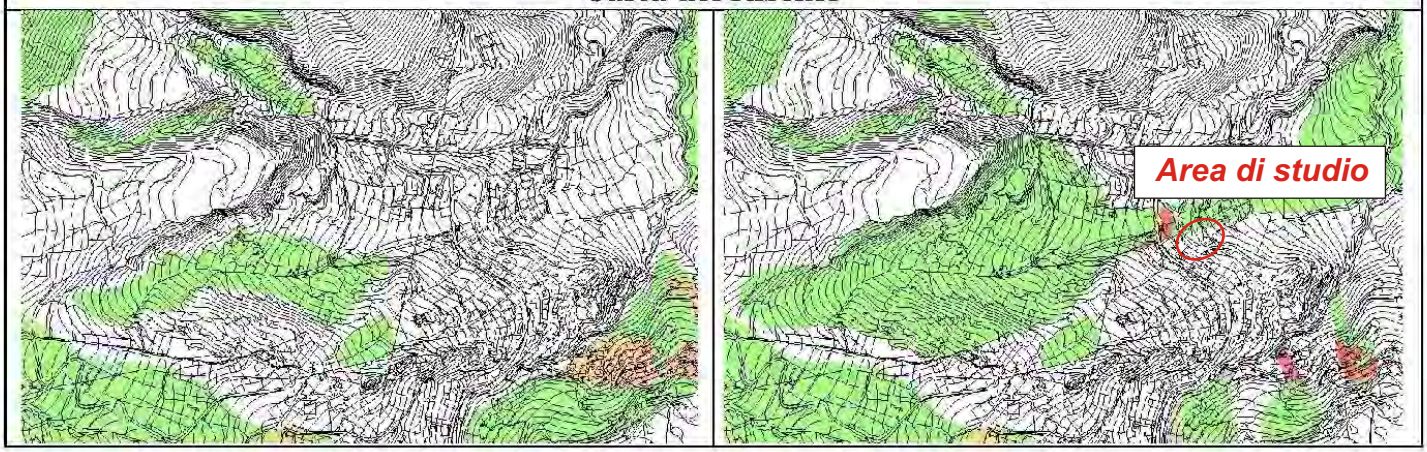
(AGG. PAI DGR 375 DEL 2015, FUORI SCALA)

AUTORITA' DEL BACINO INTERREGIONALE DEL FIUME SANGRO

Carta della Pericolosità



Carta del Rischio



CLASSI DI PERICOLOSITA'

P1 PERICOLOSITA' MODERATA
Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione.

P2 PERICOLOSITA' ELEVATA
Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione.

P3 PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente.

PS PERICOLOSITA' DA SCARPATA
Aree interessate da Dissesti generati da Scarpate.

CLASSI DI RISCHIO

R1 RISCHIO MODERATO
per il quale i danni sociali ed economici sono marginali.

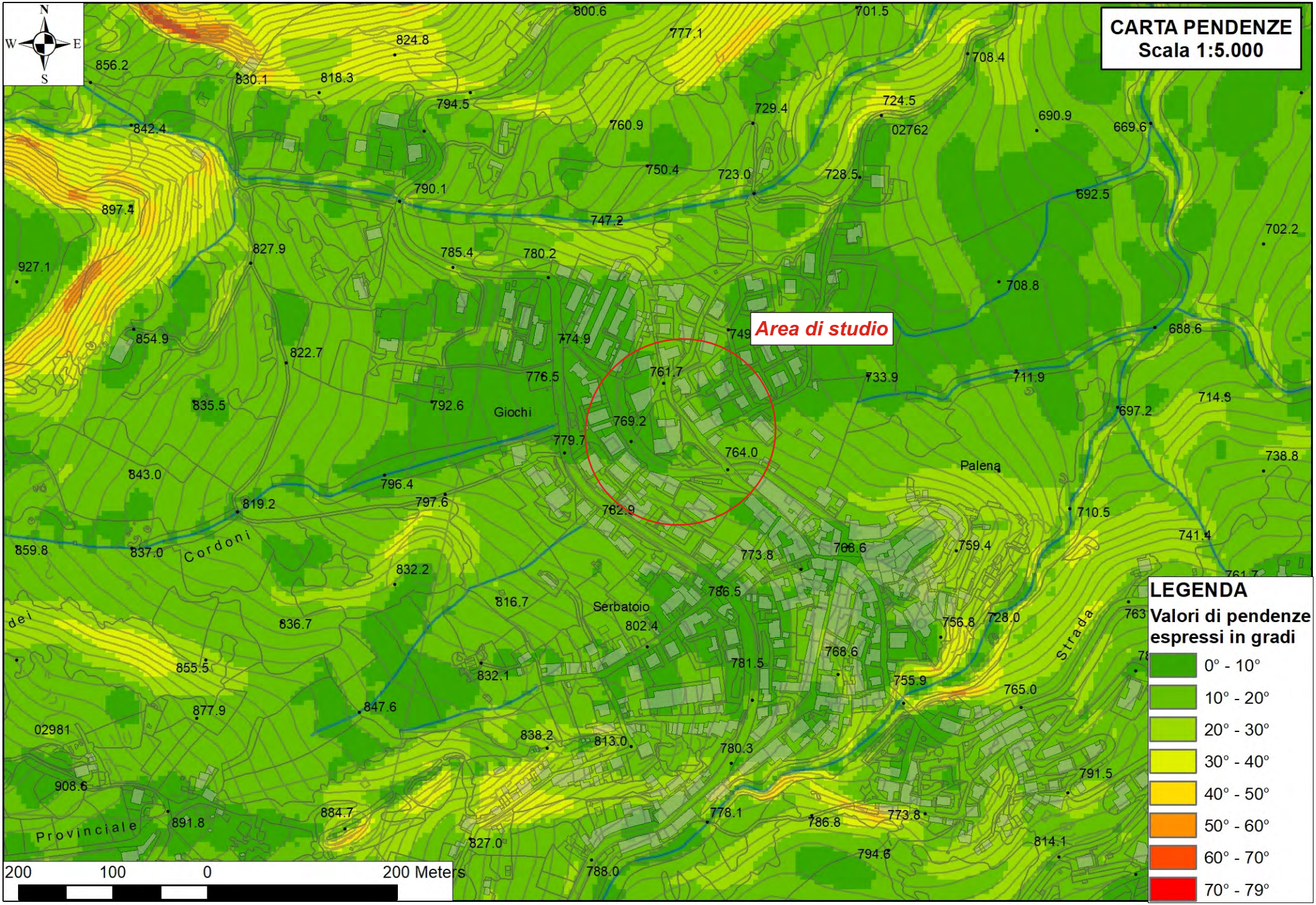
R2 RISCHIO MEDIO
per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

R3 RISCHIO ELEVATO
per ilquale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alee infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche.

R4 RISCHIO MOLTO ELEVATO
per il quale sono possibili la perdita delle vite umane e lesioni gravi agli edifici e alle infrastrutture, la distruzione di attività socio-economiche.

CARTA DELLE PENDENZE

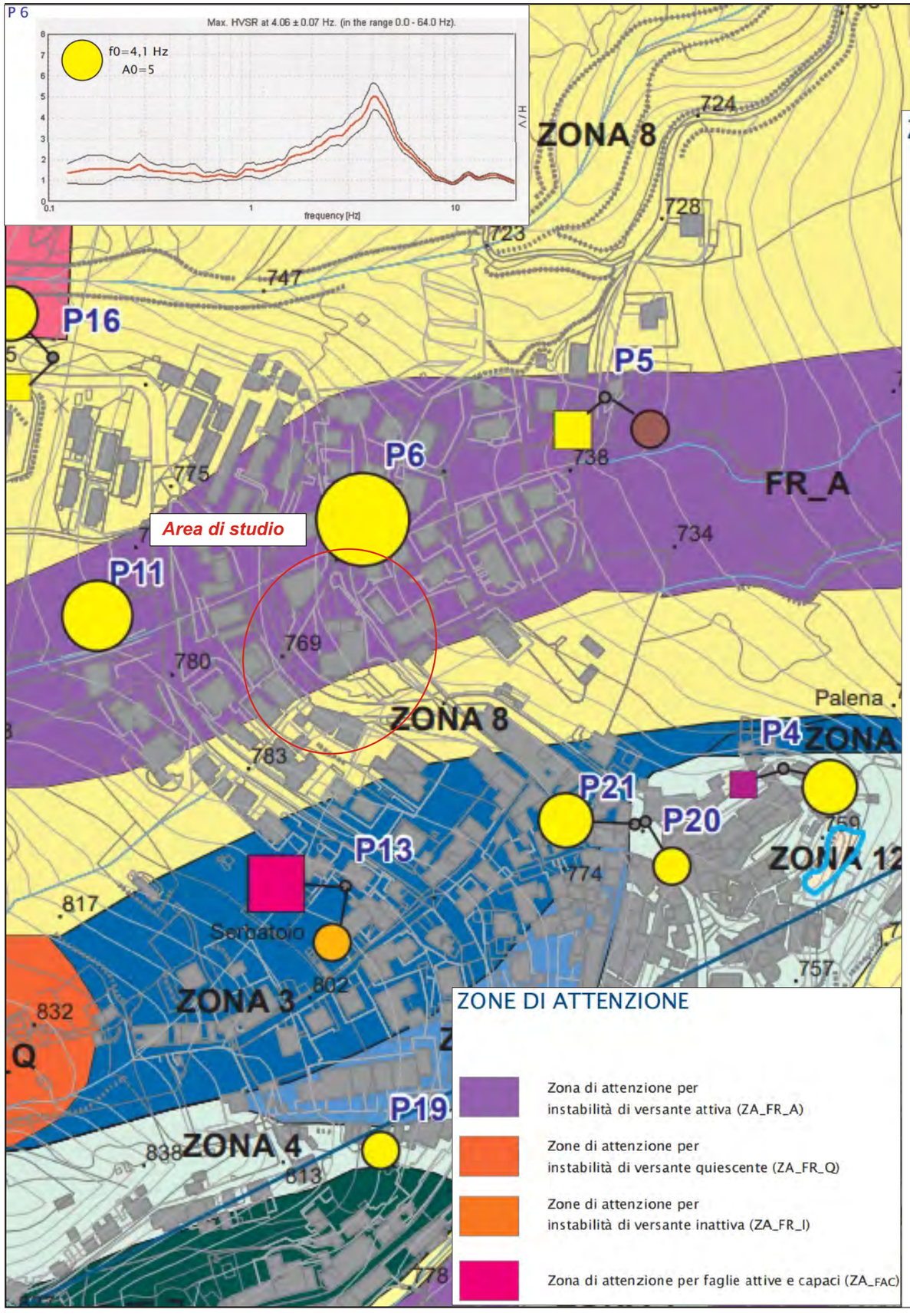
(SCALA 1:5.000)


CARTA PENDENZE
Scala 1:5.000
N
S
E
W
Area di studio
Giochi
Palena
Serbatoio
Cordoni
Strada
Provinciale
LEGENDA
Valori di pendenze espressi in gradi
0° - 10°
10° - 20°
20° - 30°
30° - 40°
40° - 50°
50° - 60°
60° - 70°
70° - 79°
200 100 0 200 Meters

CARTA DELLE MOPS

(MZS I LIVELLO, SCALA 1:5.000)

CARTA MOPS
(Stralcio di carta redatta nell'ambito della Microzonazione Sismica di I livello in scala 1:5.000), fuori scala



ZONE DI ATTENZIONE

- Zona di attenzione per instabilità di versante attiva (ZA_FR_A)
- Zone di attenzione per instabilità di versante quiescente (ZA_FR_Q)
- Zone di attenzione per instabilità di versante inattiva (ZA_FR_I)
- Zona di attenzione per faglie attive e capaci (ZA_FAC)

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 4

Substrato granulare
molto cementato stratificato (B1)
(Conglomerati cementati)
(i>15°; h circa uguale a 20 m
Vs > 800 m/s).

ZONA 5

Limo argilloso (F3)
(h: 3-5 m;
Vs circa uguale a 100-120 m/s).

Substrato granulare
molto cementato stratificato (B1)
(Conglomerati cementati)
(h circa uguale a 20 m
Vs > 800 m/s).

ZONA 6

Substrato coesivo
sovraconsolidato (D2)
(Argille)
(i>15°; h > 10 m
Vs > 800 m/s).

ZONA 7

Substrato coesivo
sovraconsolidato (D)
(Argille e limi con
intercalazioni di gessi)
(i>15°; h > 12 m
Vs > 800 m/s).

ZONA 8

Sabbia ghiaiosa
moderatamente addensata (E5)
con frazione fine interstiziale
coesiva (h inferiore a 20 m;
Vs circa uguale a 300 m/s).

Substrato coesivo
sovraconsolidato (D)
(Argille e limi con
intercalazioni di gessi)
(h > 12 m; Vs > 800 m/s).

ZONA 9

Ghiaia sabbiosa (E4)
scolta con frazione fine
interstiziale coesiva
(h variabile tra i 4 e i 10 m;
Vs circa uguale a 150-200 m/s).

Substrato coesivo
sovraconsolidato (D2)
(Argille)
(h > 10 m; Vs > 800 m/s).

ZONA 10

Sabbia ghiaiosa
moderatamente addensata (E5)
con frazione fine interstiziale
coesiva (h inferiore a 20 m;
Vs circa uguale a 300 m/s).
Substrato coesivo
sovraconsolidato (D2)
(Argille)
(h > 10 m; Vs > 800 m/s).

ZONA 11

Limo argilloso (F3)
(h: 3-5 m;
Vs circa uguale a 100-120 m/s).

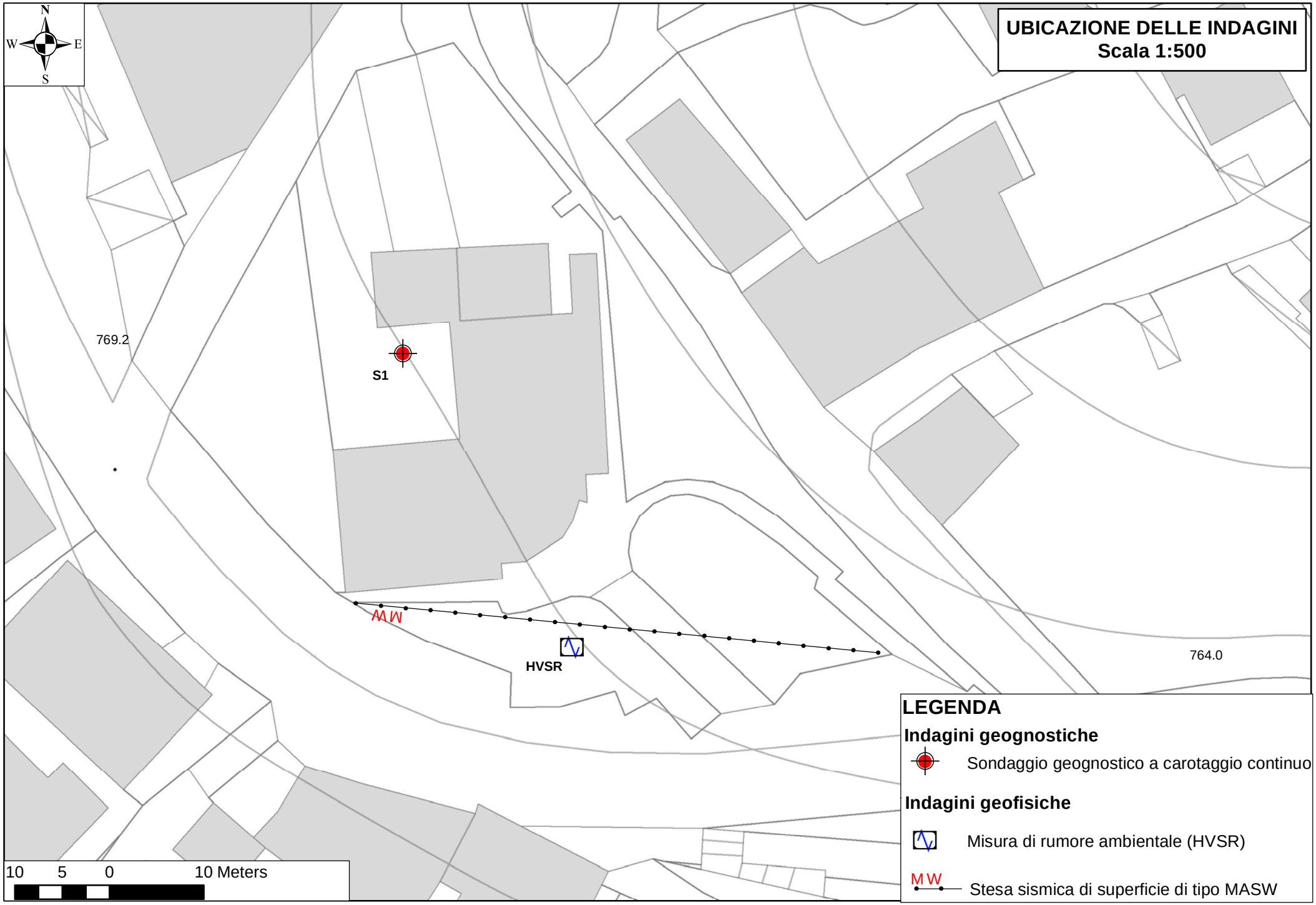
Substrato coesivo
sovraconsolidato (D)
(Argille e limi con
intercalazioni di gessi)
(h > 12 m

ZONA 12

Deposito antropico (G)
(h circa uguale a 5 - 6 m)

Substrato granulare
molto cementato stratificato (B1)
(Conglomerati cementati)
(h circa uguale a 20 m
Vs > 800 m/s).

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE


N
W
E
S
UBICAZIONE DELLE INDAGINI
Scala 1:500
769.2
S1
MW
HVSR
764.0
LEGENDA
Indagini geognostiche
Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
Indagini geofisiche
Misura di rumore ambientale (HVSR)
MW
Stesa sismica di superficie di tipo MASW
10 5 0 10 Meters

INDAGINE GEOGNOSTICA

geognostica	Committente: GEOL. Eustachio Pietromartire	Unità : CMV 420	S1_1
		Perforazione: ROTAZIONE ϕ 101 mm	
	Opera: Miglioramento simico Istituto Comprensivo	Rivestimento : ϕ 127 mm	Scala:1/100
		Sh=Shelby;Mz=Mazier;Os=Osterberg;Dn=Denison;T2;T6;T6S	Data inizio: 26/03/18
	Località: Via dei Frentani n.20 - Palena (CH)	Geologo: R. Pagliarini	Data fine: 26/03/18
		Operatore: Antonio Narcisi	Campionatore: Sh

Profondità (m)	Spessore (m)	Stratigrafia	Descrizione litologica	Pocket Penetrometer (kg/cmq) 1 2 3 4	S.P.T.	Campioni	Piezometro	Falda	Rivestimento
0,40	0,40		Pavimentazione costituita da cls e misto di cava						
1,20	0,80		Limo argilloso a vario tenore sabbioso di colore avana di bassa-media consistenza con all'interno rari clasti poligenici eterometrici (f max. 10-20 mm) sub-angolosi e frammenti di laterizi (materiale di riporto)		1,80 4 7 9	3,0 3,5			1,5
2,70	3,10								
4,70	2,00		Limo argilloso di colore avana di bassa consistenza con livelli di sabbia fine millimetrici		5,00 8 15 18				
			Limo argilloso di colore avana da mediamente consistente a consistente con livelli di sabbia fine millimetrici e talora screziature limose di colore grigio			9,5 10,0			
	15,3		Limo argilloso di colore grigio da consistente a duro con intercalazioni di sabbia fine da mm a cm		10,00 21 32 62 >6 15,00 38 47 60 >6				
20,0	3,0		Limo argilloso di colore grigio da molto consistente a duro, a tratti marnoso, con intercalazioni di sabbia fine da mm a cm		21,00 32 42 57				
23,0									

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
SONDAGGIO **S1**
da 0,00 a 23,00 mt. Dal p.c.

geognostica	Committente: GEOL. Eustachio Pietromartire	Unità : CMV 420	S1_2
		Perforazione: ROTAZIONE ϕ 101 mm	
	Opera: Miglioramento simico Istituto Comprensivo	Rivestimento : ϕ 127 mm	Scala:1/100
		Sh=Shelby;Mz=Mazier;Os=Osterberg;Dn=Denison;T2;T6;T6S	Data inizio: 26/03/18
	Località: Via dei Frentani n.20 - Palena (CH)	Geologo: R. Pagliarini	Data fine: 26/03/18
		Operatore: Antonio Narcisi	Campionatore: Sh

Profondità (m)	Spessore (m)	Stratigrafia	Descrizione litologica	Pocket Penetrometer (kg/cmq) 1 2 3 4	S.P.T.	Campioni	Piezometro	Falda	Rivestimento
23,0	7,00		Limo argilloso di colore grigio da molto consistente a duro, a tratti marnoso, con intercalazioni di sabbia fine da mm a cm	>6	25,00 33 45 66				
30,0				>6					

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
SONDAGGIO **S1**
da 23,0 a 30,00 mt. Dal p.c.

Postazione Sondaggio S1

INDAGINI GEOFISICHE

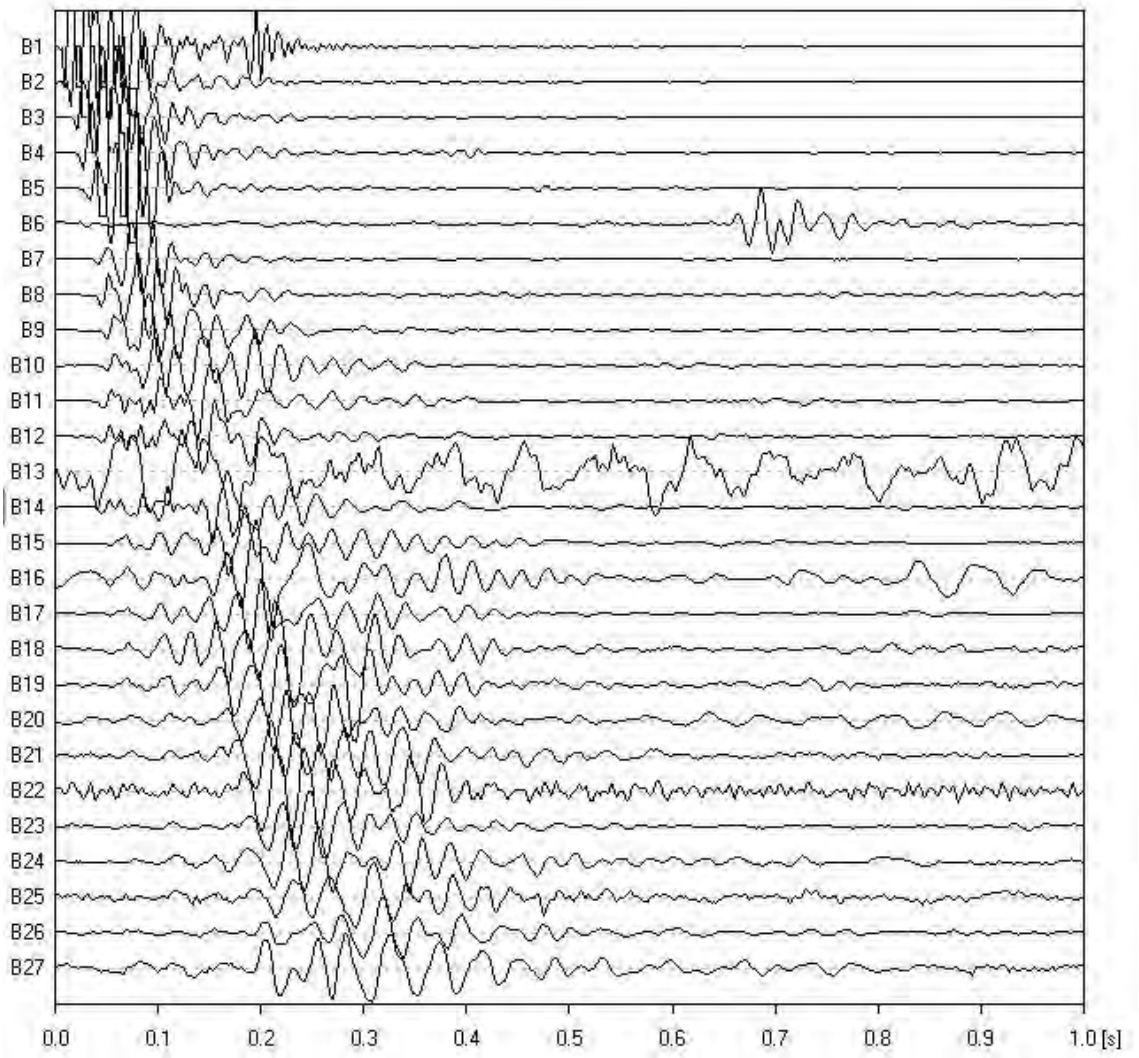
19-03-2018, [Z] MASW PALENA 1

Start recording: 19/03/18 14:29:18 End recording: 19/03/18 14:48:21
Trace length: 0h00'01".
Sampling rate: 512 Hz

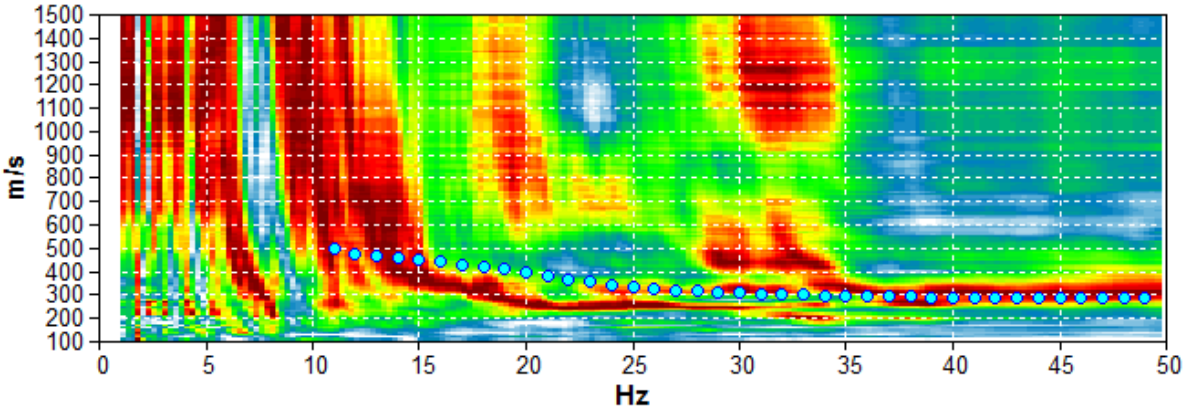
Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17 ; B18 ; B19 ; B20 ; B21 ; B22 ; B23 ; B24 ; B25 ; B26 ; B27

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 48.0 50.0 52.0 m.

TRACES

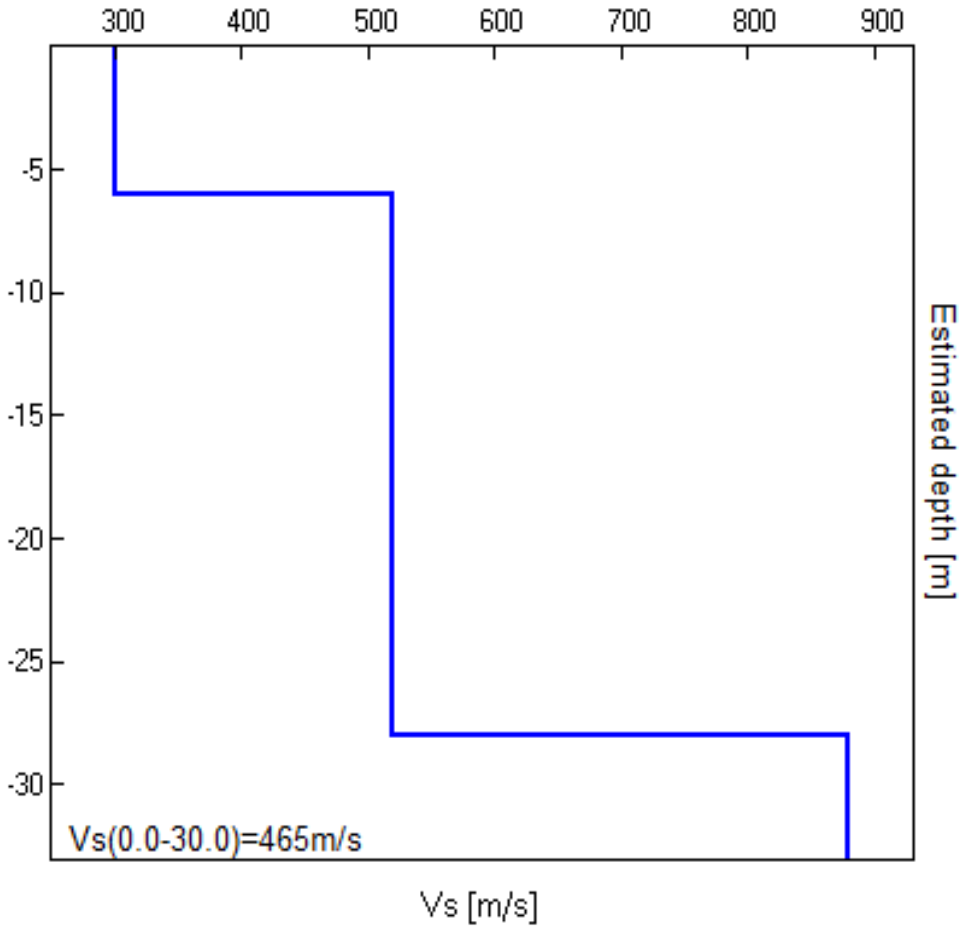


MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.00	6.00	300	0.42
28.00	22.00	520	0.42
inf.	inf.	880	0.42

Vs(0.0-30.0)=465m/s



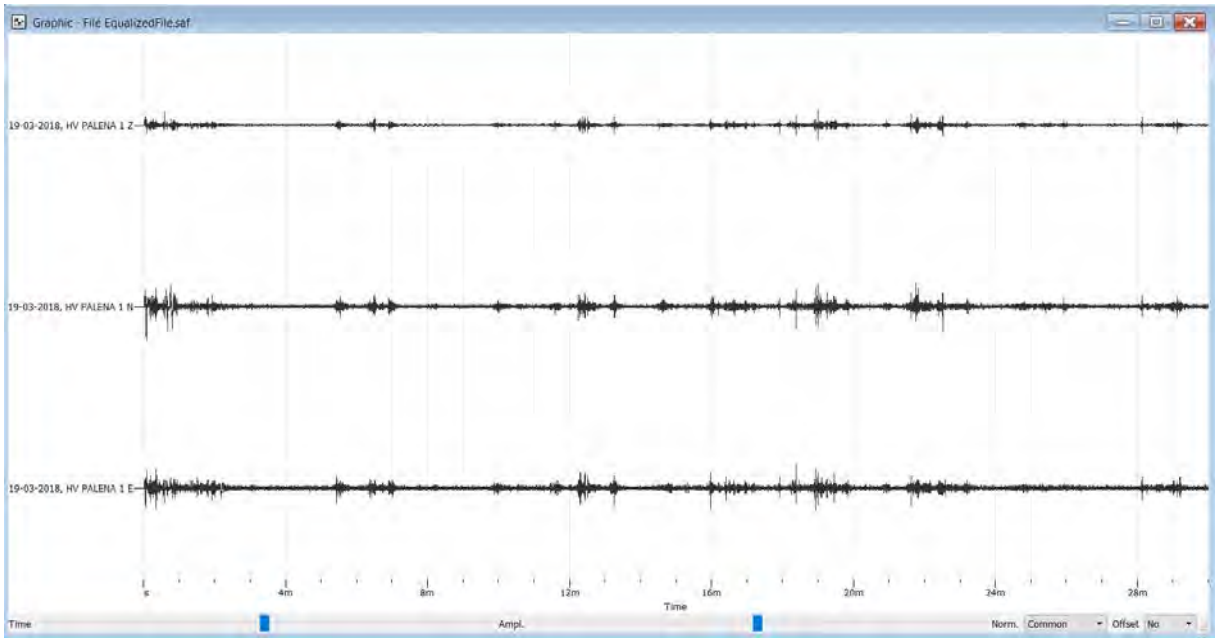
HVSR 1, PALENA

Instrument: TE3-0088/01-14
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: 51
Start recording: 19/03/18 13:28:03 End recording: 19/03/18 13:58:03
Channel labels: UP DOWN; NORTH SOUTH; EAST WEST ;
GPS data not available

Trace length: 0h 30' 00''. (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: KONNO & OHMACHI
Smoothing costant: 40%

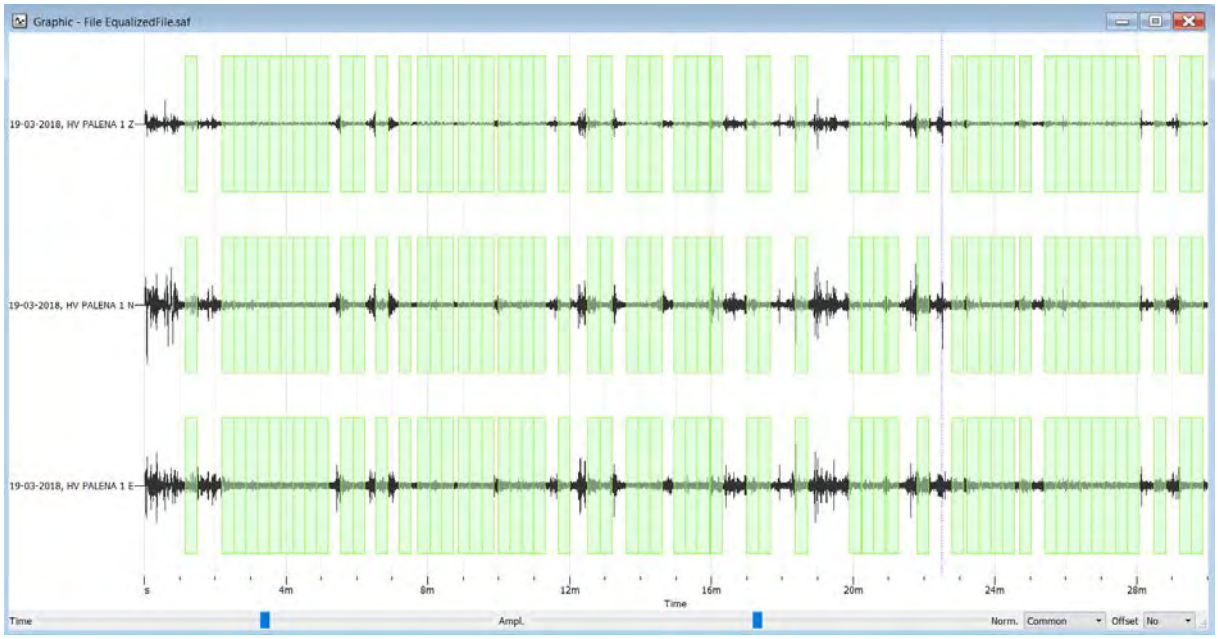
GRAPHIC TRACES:

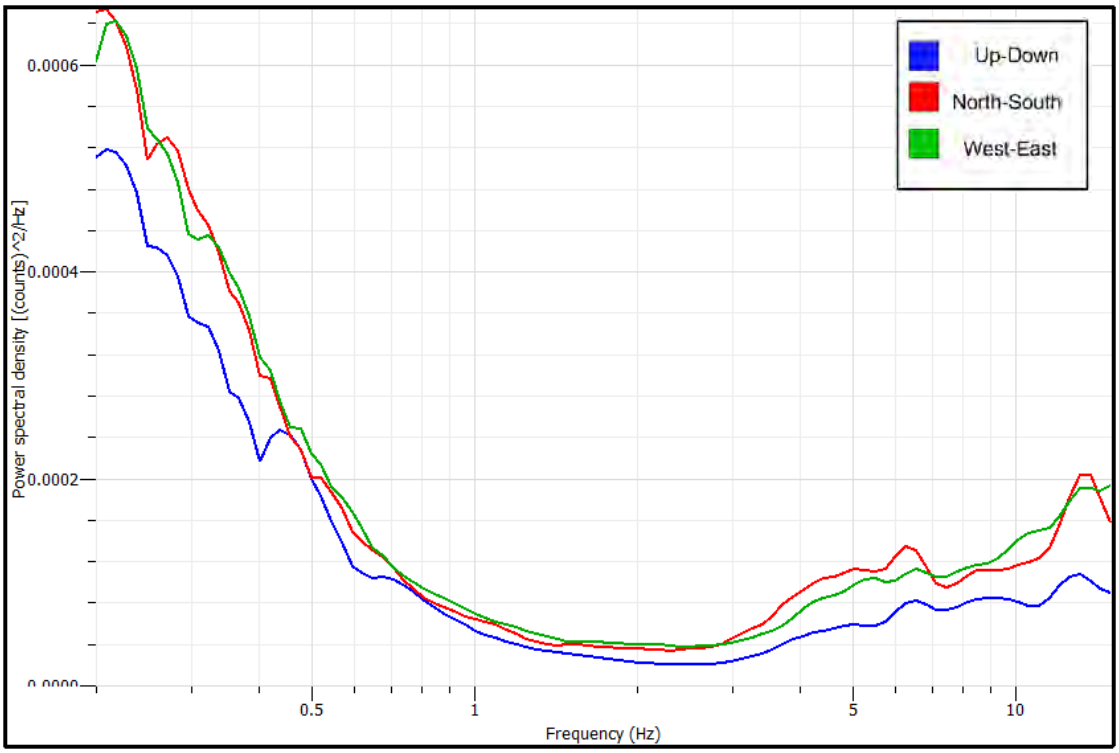
Channel labels: UP-DOWN; NORTH-SOUTH; EAST-WEST ;



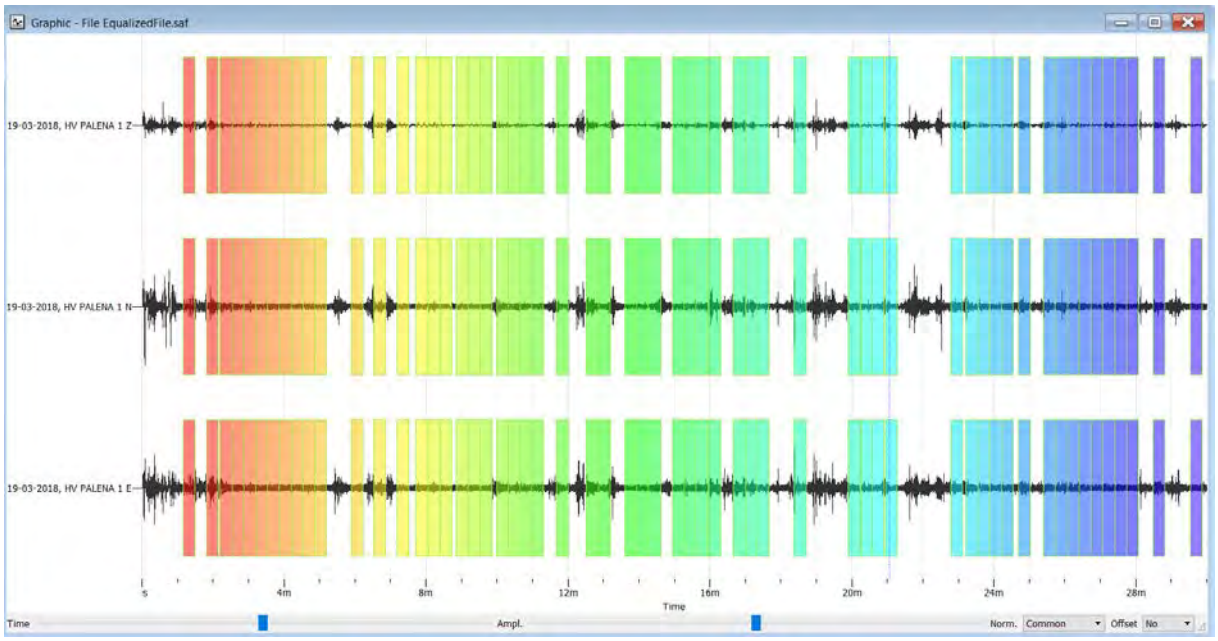
GRAPHIC TRACES WITH TIME WINDOWS SELECTED:

Channel labels: UP-DOWN; NORTH-SOUTH; EAST-WEST ;

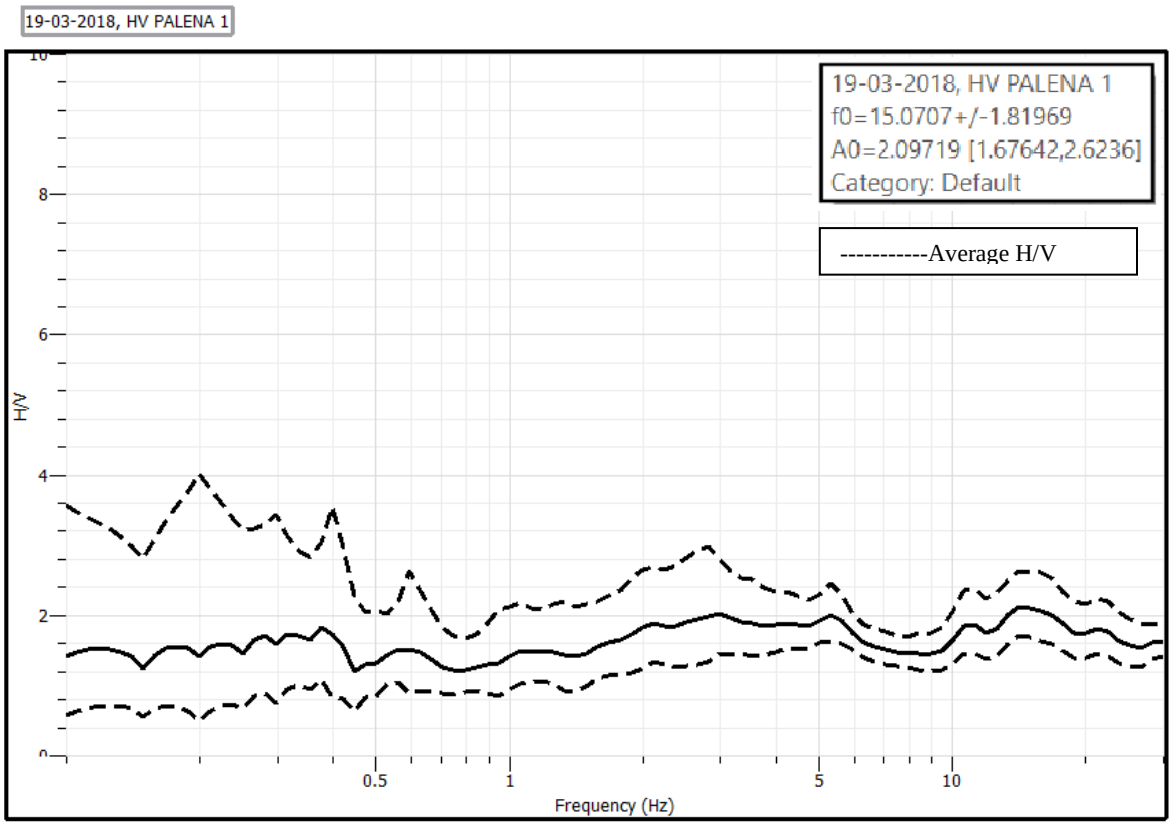




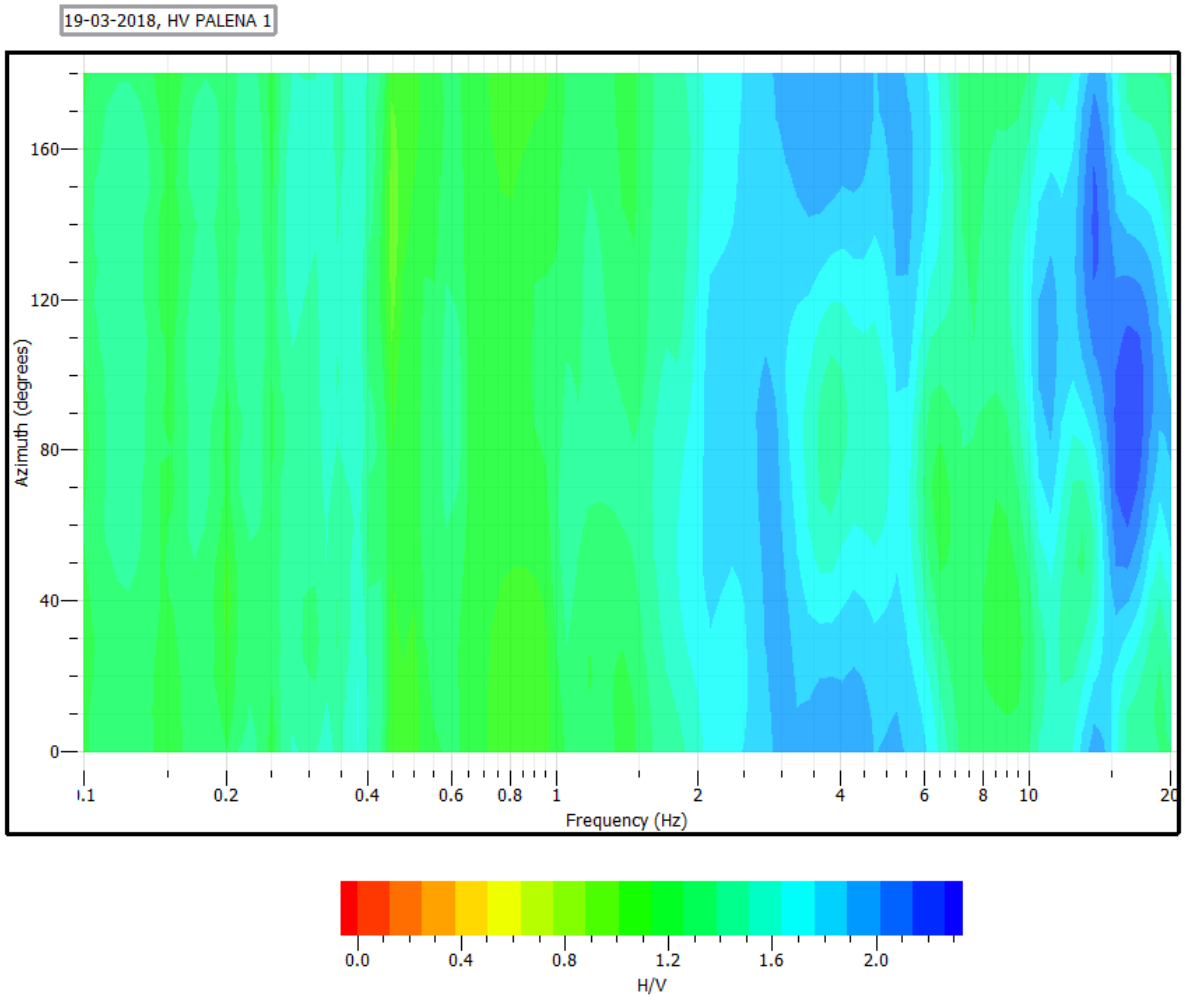
TIME WINDOWS HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



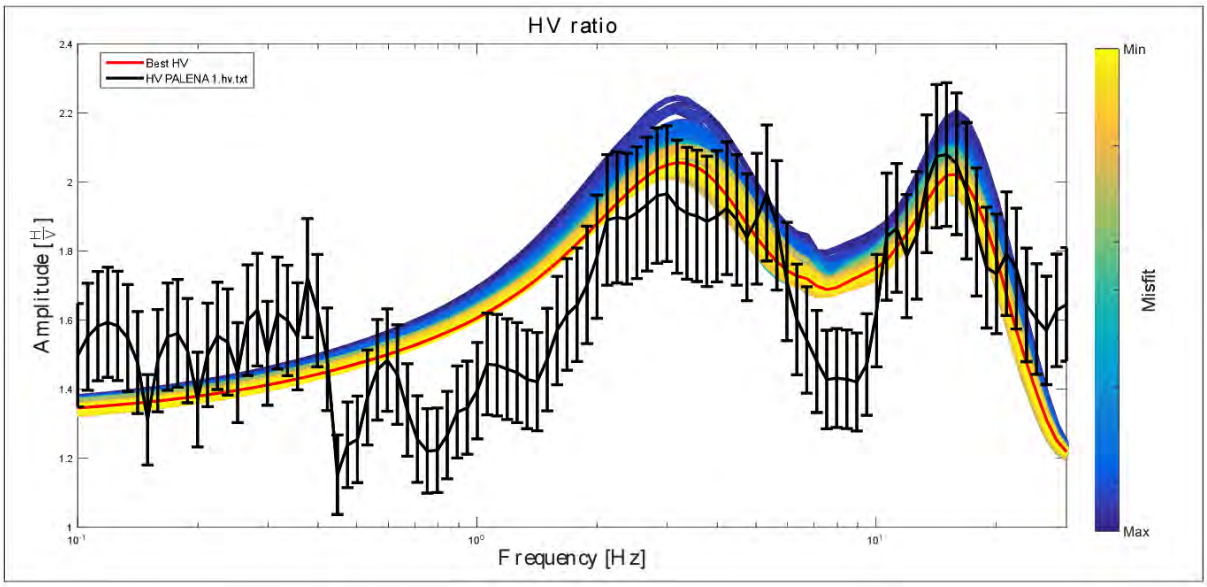
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



HV RATIO ROTATION

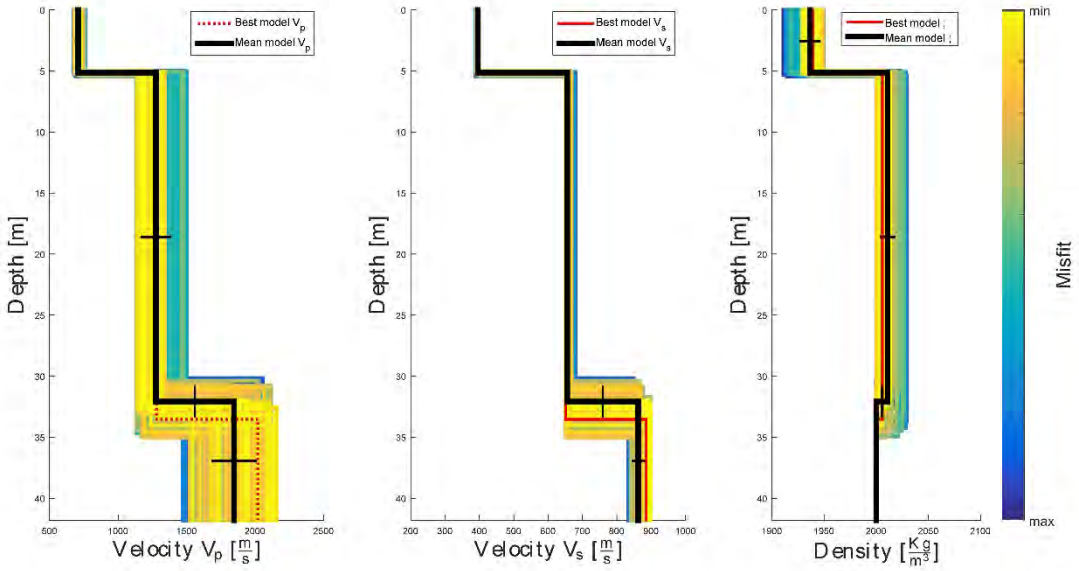


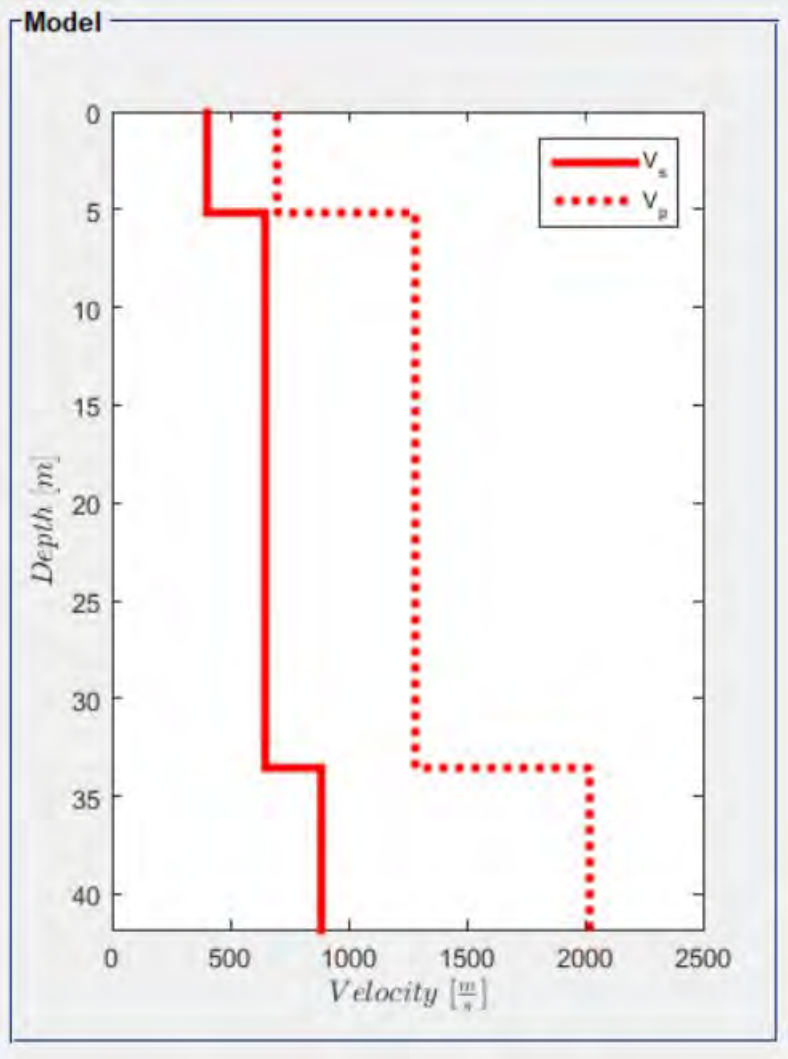
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC HV ratio



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	350	0.42
27.00	≅ 22.00	650	0.40
inf.	inf.	860	0.40

Vs(0.0-30.0)= 581 m/s




Model
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Depth [m]
0
500
1000
1500
2000
2500
Velocity [m/s]
Vs
Vp

CERTIFICATI DI LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

Data: 09/04/2018 **Certificato: 630418**

RIFERIMENTI COMMESSA			
Il Richiedente:	Dott. Geol. Pietromartire Eustachio		
Verbale di Accettazione	N°: 1070318	Data: 26/03/2018	
Riferimento Ordine	N°:	Data:	

INFORMAZIONI GENERALI SUL CAMPIONE IN INGRESSO		
Alterazioni Esterne: ☐	Tipologia Campionatore: SHELBY	Data Prelievo: 26/03/2018
Ditta che ha effettuato il prelievo: Geognostica Srl		

INTESTAZIONE CERTIFICATO ED IDENTIFICAZIONE CAMPIONE			
Committente:	Dott. Geol. Pietromartire Eustachio		
Cantiere:	Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)		
Sondaggio: 1	Campione: 1	Profondità da m: 3,00	a m: 3,50

TRACCIABILITA'	
Codice Campione:	EU1
Consegna Campione:	26/03/2018
Apertura:	27/03/2018
Inizio Prove:	27/03/2018
Fine Prove:	09/04/2018

ESCLUSIONI / ANOMALIE / DIFFORMITA' / NOTE

Non Riscrontrate

PROVE ESEGUITE	ID PROVA	PAG.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO
Descrizione Macroscopica e Caratteristiche Fisiche	EU1DeMaCaFi	2	*Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - AGI,1994 Classificazione delle terre: ASTM D 2487-85 D3282-83*
Contenuto d'Acqua	EU1W	3	*ASTM D2166*
Granulometria Secca+Umida	EU1Aeo	4	*Raccomandazioni AGI 1997*
Limiti di Atterberg	EU1LL/LP	5	*ASTM D4318-00*
Taglio Diretto	EU1TD	6-7	*Raccomandazioni AGI 1997*
Edometrica	EU1Edo	8-11	*Raccomandazioni AGI 1997*
	Totale Pag.	11	

Lo Sperimentatore
Dott.Geol. Legnini Manila

Il Direttore
Dott. Geol. Luca Di Matteo

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

DESCRIZIONE CAMPIONE

Lunghezza: 50 cm.	Diametro: 8,5 cm.	Classe di Qualità: Non Dichiarata

Descrizione Macroscopica: Limo argilloso di colore avana grigio-verdastro con venature grigio azzurre ed ocracee. Presenta struttura foliettata e piani di fratturazione translucidi.

CARATTERISTICHE FISICHE DEL CAMPIONE

Peso Specifico (*):	2,7	g/cm³	Limite del ritiro:	-	%	Contenuto Naturale Acqua:	21,93	%
Densità Naturale:	1,943	g/cm³	Limite Liquido:	43,02	%	Grado di Saturazione:	85,34	%
Densità secca:	1,594	g/cm³	Limite Plastico:	20,81	%	Indice di Attività:	0,453	
Densità satura:	2,004	g/cm³	Porosità:	0,41	%	Indice dei Vuoti:	0,694	

Indice di Plasticità IP:	22,21
Indice di Consistenza IC:	0,95
Grado di Plasticità:	Plastico
Stato:	Solido-Plastico
Class. Granulometrica (M.I.T.)	Argilla con Limo
Class. Granulometrica (USCS):	CL

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

cm.	Resistenza Pocket Kg/cm²	Resist. Vanetest Kg/cm²	Consistenza	Collocazione Prove Meccaniche
10	2,5-2,7		MOLTO CONSISTENTE	
20	0,6-0,8		MODERATAMENTE CONSISTENTE	
30	4,1-4,3		ESTREMAMENTE CONSISTENTE	Edometrica
40	3,8-4		MOLTO CONSISTENTE	Taglio Diretto
50	5,1-5,3		ESTREMAMENTE CONSISTENTE	Taglio Diretto

(*)Ove non specificatamente richiesto, viene assegnato un peso specifico di 2,7 g/cm³

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

CONTENUTO NATURALE D'ACQUA

ASTM D2166

Contenuto d'Acqua Medio (%): 22,03

Passo N°	Contenitore N°	Tara (g)	Peso Lordo Umido (g)	Peso Lordo Secco (g)	Contenuto Acqua (%)
1	17	22,42	49,65	44,88	21,24
2	30	33,71	58,52	53,91	22,82

ID Prova: W

Data Stampa: 09/04/2018

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

ANALISI GRANULOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

Ciottoli %	0	**Ghiaia %**	0	**Sabbia %**	4	**Limo %**	47	**Argilla %**	49		
D10 (mm)	-	**D30 (mm)**	0,0008	**D50 (mm)**	0,0022	**D60 (mm)**	0,0037	**Coeffic. di Uniformita**		-	
Passante Setaccio 200 (%):		99,460		**Peso Netto Totale (g):**		50		**Diametro Max (mm)**		2	

CLASSIFICAZIONE

USCS: CL - Argille inorganiche di media plasticità.

AGI / ASTM: Argilla con Limo

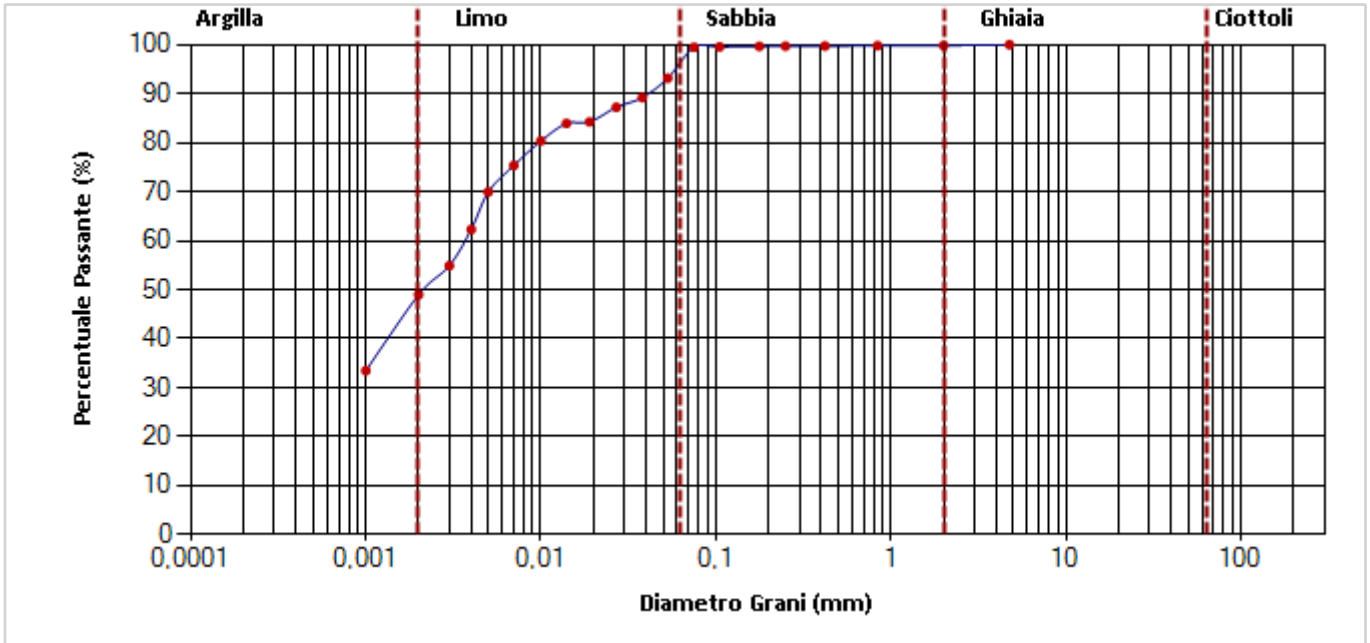
VAGLIATURA

Setac. ASTM	Diam. (mm)	Peso (g)	Parz. P/S (%)	Passante (%)	Setac. ASTM	Diam. (mm)	Peso (g)	Parz. P/S (%)	Passante (%)
4"	101,5				20	0,84	0,02	0,04	99,8
2"	50,5				35	0,5			
1"	25,4				40	0,42	0,03	0,06	99,74
1/2"	12,7				60	0,25	0,02	0,04	99,7
3/8"	9,5				80	0,177	0,02	0,04	99,66
4	4,76				140	0,105	0,05	0,1	99,56
10	2	0,08	0,16	99,84	200	0,075	0,05	0,1	99,46
18	1				230	0,063			

SEDIMENTAZIONE

Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
0,053	93,167	0,007	75,346
0,038	89,204	0,005	69,936
0,027	87,221	0,004	62,282
0,019	84,249	0,003	54,89
0,014	83,927	0,002	48,944
0,01	80,361	0,001	33,47

C U R V A G R A N U L O M E T R I C A



LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

LIMITI DI ATTERBERG

ASTM D4318-00

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Liquido)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)	N.COLPI
62,24	51,17	25,83	43,69	14
62,26	50,66	23,64	42,93	26
63,89	51,92	23,6	42,27	38

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Plastico)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)
40,66	39,55	34,3	21,14
18,49	17,54	12,9	20,47

DIAGRAMMA N° COLPI / CONTENUTO ACQUA

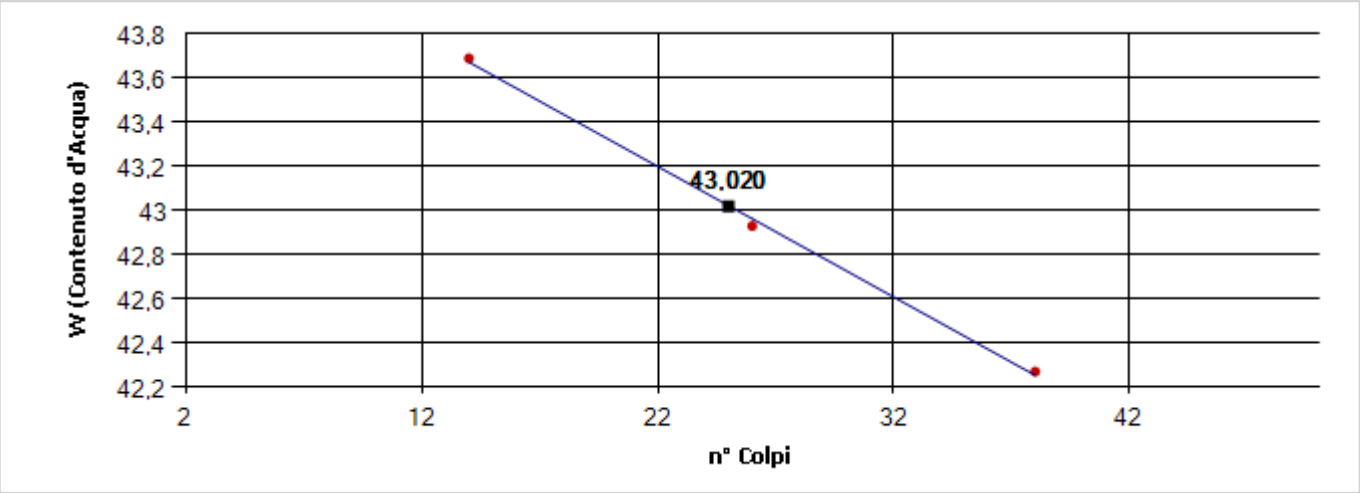
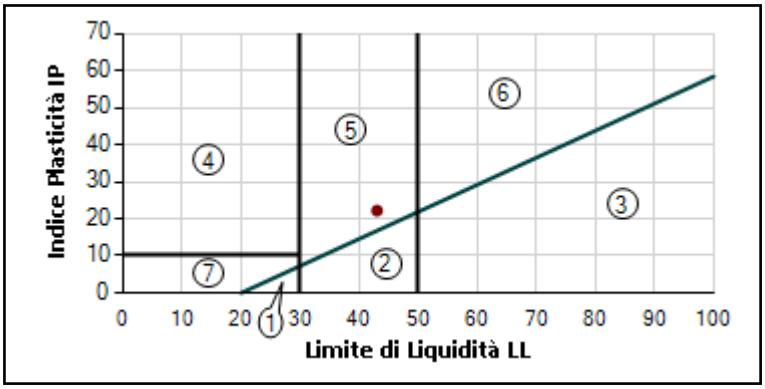


DIAGRAMMA DI PLASTICITA'



1. Limi Inorganici di Bassa Compressibilità
2. Limi Inorganici di Media Compressibilità
3. Limi Inorganici di Alta Compressibilità e Argille Organiche
4. Argille Inorganiche di Bassa Plasticità
5. Argille Inorganiche di Media Plasticità
6. Argille Inorganiche di Alta Plasticità
7. Terreni Incoerenti

Limite di Liquidità	**(LL)**	43,02	**%**	Indice di Plasticità	**(IP)**	22,21
Limite di Plasticità	**(LP)**	20,81	**%**	Indice di Consistenza	**(IC)**	0,95
Limite di Ritiro	**(LR)**	-	**%**	Attività [IP / (% Peso Argilla)]		0,453

Carta di Plasticità di Casagrande: Argille Inorganiche di Media Plasticità.

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE ED ALLA FASE DI ROTTURA

Prov.	Altezza	Sezione	Cont. Acq.	Densita Nat.	CONSOLIDAZIONE 24H		Velocità Def.	CARATTERISTICHE A ROTTURA			
N.	**H** (cm)	**A** (cm²)	W (%)	Yn (g/cm³)	**σv** (Kpa)	**δh** (mm)	(micron/min)	**σv** (Kpa)	**ε** (mm)	**τ** (Kpa)	**δT** (h)
1	2,00	36,45	21,02	1,915	100,00	0,65	4,00	100,00	0,71	33,14	2,95
2	2,00	36,45	22,79	1,922	200,00	0,75	4,00	200,00	1,16	68,70	4,83
3	2,00	36,45	21,01	1,917	300,00	1,34	4,00	300,00	4,88	96,46	20,33

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - SCORRIMENTO ORIZZONTALE

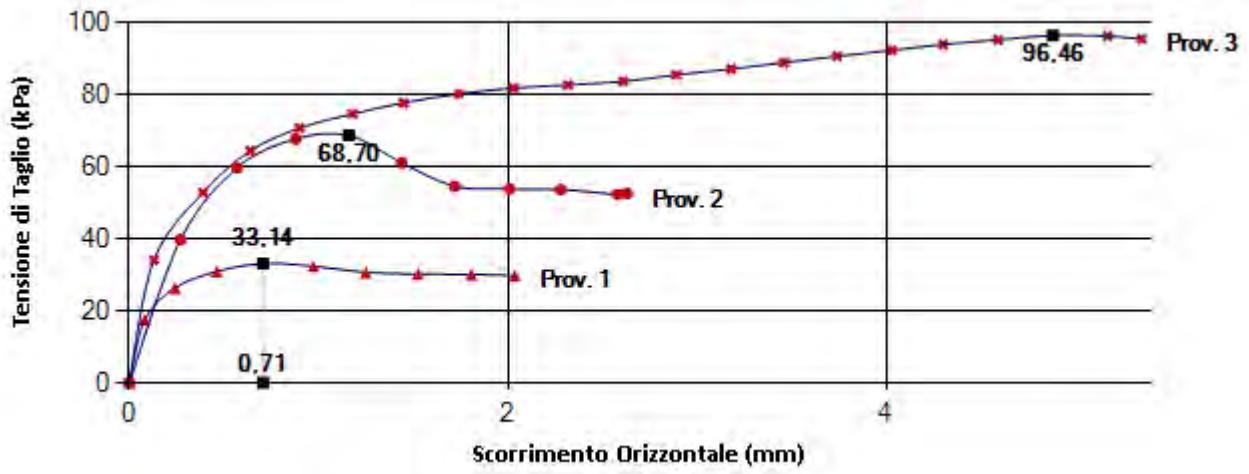
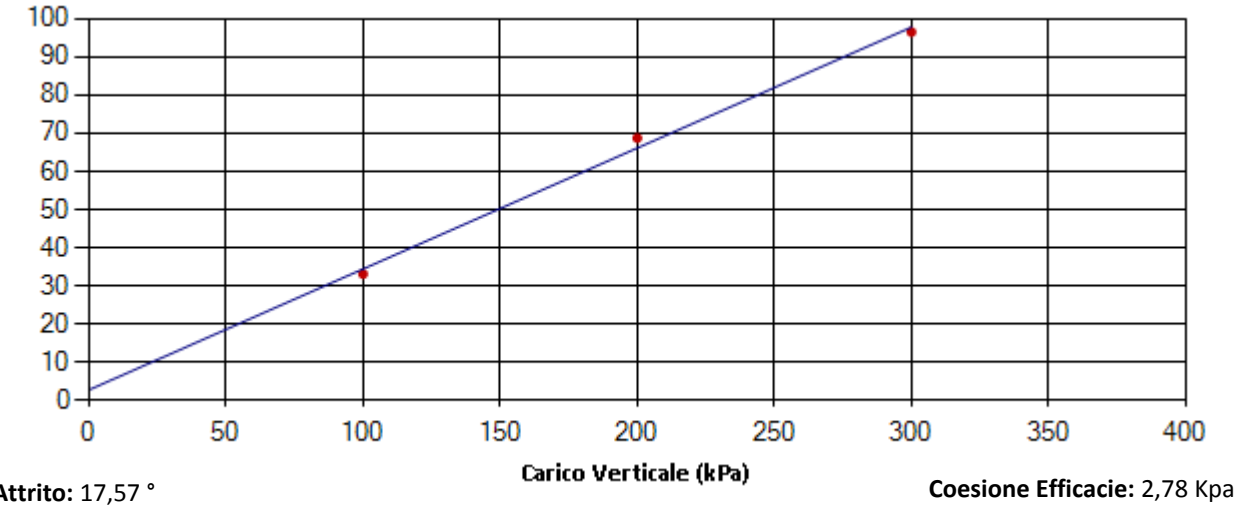


DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - CARICO VERTICALE



Angolo Attrito: 17,57 °

Coesione Efficacie: 2,78 Kpa

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

DATI SPERIMENTALI

PROVINO 1

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale **δh** (mm)	Deformaz. Orizzont. **ε** (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,65	0	0,000
1,00	-	0,081	17,490
2,00	-	0,242	26,346
3,00	-	0,462	30,966
4,00	-	0,707	33,139
5,00	-	0,973	32,368
6,00	-	1,251	30,650
7,00	-	1,526	30,228
8,00	-	1,807	30,069
8,81	-	2,038	29,805

PROVINO 2

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale **δh** (mm)	Deformaz. Orizzont. **ε** (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,75	0	0,000
1,00	-	0,27	39,698
2,00	-	0,57	59,737
3,00	-	0,88	67,739
4,00	-	1,16	68,700
5,00	-	1,44	61,097
6,00	-	1,72	54,565
7,00	-	2,01	53,816
8,00	-	2,28	53,660
9,00	-	2,58	52,313
9,19	-	2,63	52,546

PROVINO 3

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale **δh** (mm)	Deformaz. Orizzont. **ε** (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
18,00	-	4,88	96,464
19,00	-	5,17	96,280
19,70	-	5,35	95,479
0,00	1,34	0	0,236
1,00	-	0,13	34,112
2,00	-	0,39	52,859
3,00	-	0,64	64,428
4,00	-	0,9	70,746
5,00	-	1,18	74,661
6,00	-	1,45	77,748
7,00	-	1,74	80,239
8,00	-	2,03	81,841
9,00	-	2,32	82,730
10,00	-	2,61	83,679
11,00	-	2,89	85,520
12,00	-	3,18	87,150
13,00	-	3,46	88,930
14,00	-	3,74	90,650
15,00	-	4,03	92,370
16,00	-	4,3	93,973
17,00	-	4,59	95,248

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Sezione	A	20,10	(cm²)	Peso di Volume	γ_n	1,968	(g/cm³)
Altezza Iniziale	H	2,00	(cm)	Peso Specifico	γ_s	2,7	(g/cm³)
Umidità Naturale Iniz.	W_n	22,14	(%)	Umidita Naturale Fin.	W_f	22	(%)
Indice Vuoti Iniziale	e_0	0,676	(-)	Grado di Saturazione	S_r	88,43	(%)

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI

Passo	Pressione Imposta	Tempo	Deformazione Assiale	Indice Vuoti	Modulo Edometrico	Coefficiente Compressibilità	Coefficiente Consolidazione	Coefficiente Permeabilità	Consolidaz. Secondaria
N.	σ_1 (kPa)	**t** (h)	**δ** (mm)	**e** (-)	E_{ed} (MPa)	m_v (1/MPa)	C_v (cm²/sec)	**k** (cm/sec)	C_α (%)
1	24,39	24	0,345	0,67	7,069	0,142	-	-	-
2	48,78	24	1,205	0,656	2,836	0,353	-	-	-
3	97,56	24	2,72	0,63	3,220	0,311	-	-	-
4	195,12	24	4,38	0,603	5,877	0,170	-	-	-
5	390,23	24	6,24	0,571	10,490	0,095	-	-	-
6	780,46	24	9,145	0,523	13,433	0,074	-	-	-
7	1.560,92	24	12,375	0,469	24,163	0,041	-	-	-
8	390,23	24	10,52	0,5	-	-	-	-	-
9	97,56	24	7,895	0,544	-	-	-	-	-
10	24,39	24	5,135	0,59	-	-	-	-	-

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

DIAGRAMMA CARICHI - DEFORMAZIONE

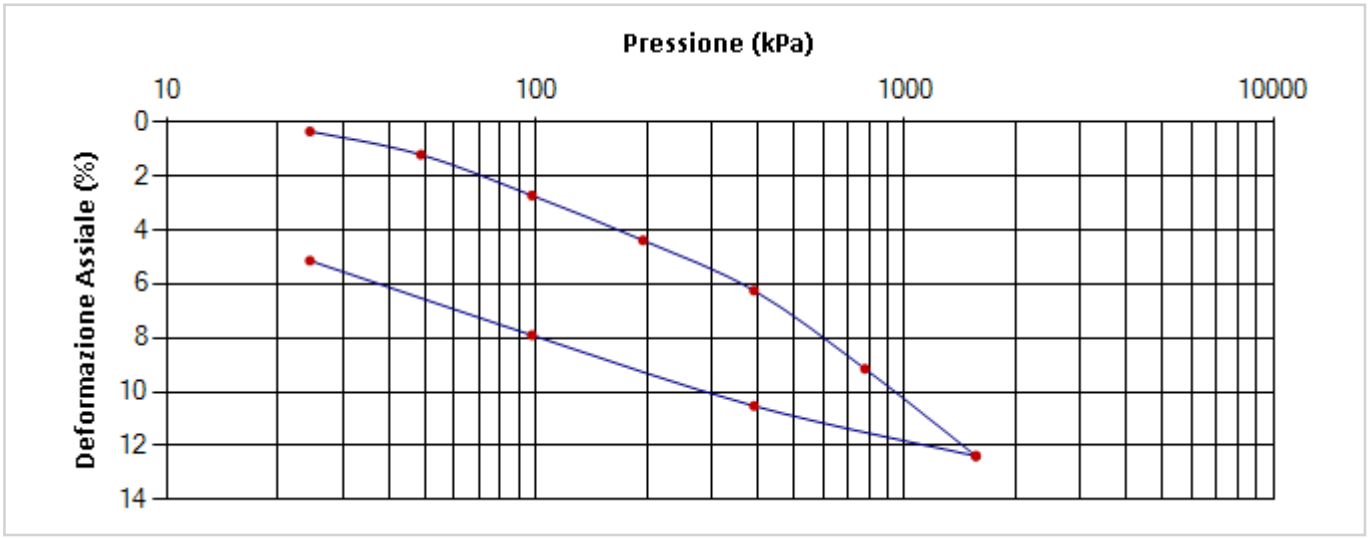
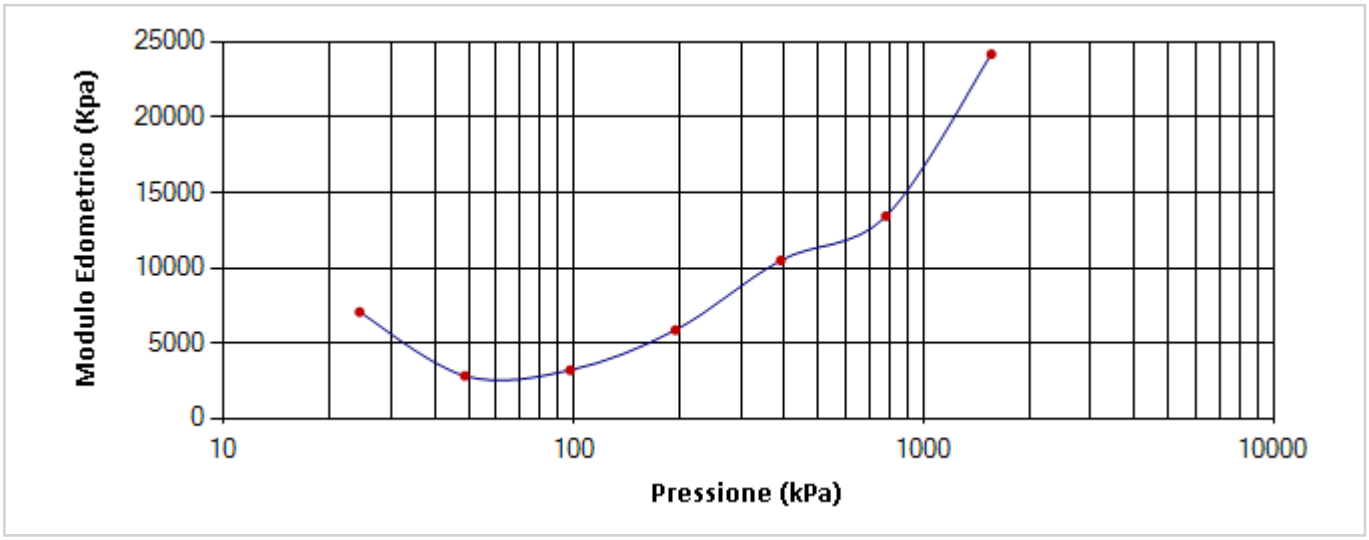


DIAGRAMMA CARICHI - MODULO EDOMETRICO



LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

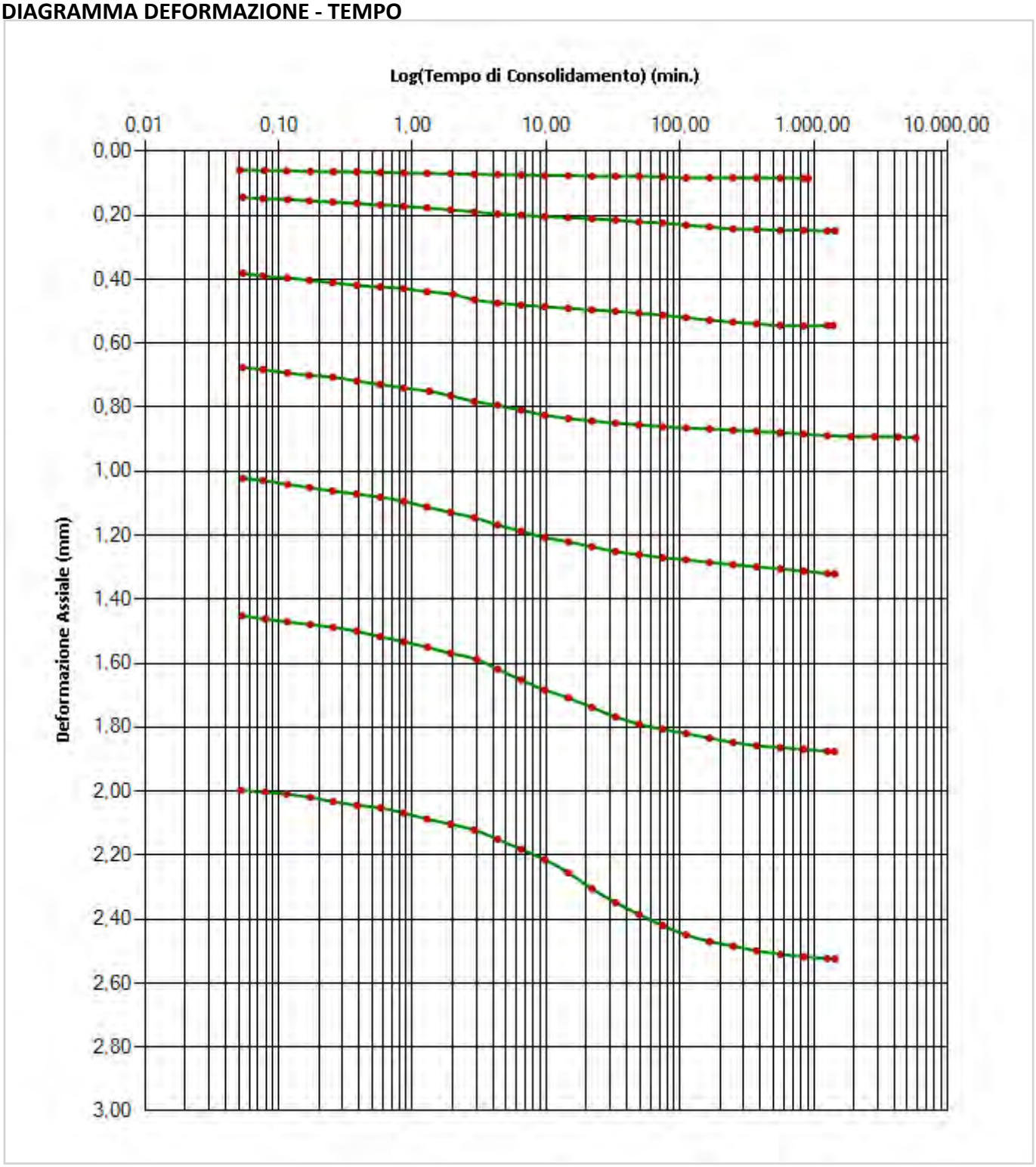
ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

DIAGRAMMA DEFORMAZIONE - TEMPO



LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 630418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	1
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	3,00
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	3,50

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

PASSO: 1 **Metodo Usato: Taylor**

Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento
0,051	0,059	0,573	0,066	6,487	0,074	73,895	0,08	841,708	0,085
0,078	0,06	0,857	0,068	9,733	0,076	110,844	0,083	913,097	0,085
0,114	0,061	1,283	0,069	14,601	0,076	166,267	0,083		
0,172	0,063	1,926	0,07	21,897	0,078	249,398	0,083		
0,257	0,064	2,887	0,072	32,842	0,078	374,095	0,084		
0,382	0,065	4,327	0,073	49,267	0,078	561,14	0,084		

PASSO: 2 **Metodo Usato: Casagrande**

Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento
0,054	0,144	0,574	0,168	6,49	0,2	73,896	0,224	841,708	0,247
0,076	0,148	0,858	0,172	9,735	0,204	110,842	0,231	1262,56	0,249
0,116	0,151	1,284	0,177	14,6	0,207	166,264	0,236	1441,54	0,249
0,17	0,155	1,926	0,183	21,898	0,211	249,398	0,243		
0,253	0,159	2,887	0,189	32,844	0,215	374,095	0,244		
0,383	0,163	4,326	0,196	49,263	0,221	561,141	0,247		

PASSO: 3 **Metodo Usato: Casagrande**

Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento
0,054	0,381	0,573	0,424	6,492	0,481	73,895	0,512	841,709	0,546
0,076	0,39	0,857	0,429	9,733	0,486	110,845	0,52	1262,561	0,545
0,116	0,396	1,282	0,439	14,598	0,491	166,264	0,528	1390,786	0,545
0,17	0,403	2,003	0,447	21,899	0,496	249,396	0,534		
0,253	0,411	2,886	0,464	32,844	0,5	374,095	0,539		
0,382	0,419	4,328	0,474	49,267	0,506	561,14	0,545		

PASSO: 4 **Metodo Usato: Casagrande**

Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento
0,054	0,676	0,57	0,729	6,488	0,809	73,895	0,861	841,707	0,884
0,076	0,682	0,858	0,74	9,735	0,825	110,844	0,865	1262,56	0,889
0,116	0,693	1,336	0,75	14,598	0,835	166,266	0,868	1893,842	0,892
0,169	0,7	1,926	0,764	21,895	0,843	249,395	0,872	2840,76	0,892
0,253	0,706	2,885	0,782	32,843	0,85	374,092	0,875	4261,138	0,893
0,383	0,718	4,326	0,794	49,267	0,855	561,138	0,88	5772,21	0,895

PASSO: 5 **Metodo Usato: Casagrande**

Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento
0,054	1,022	0,573	1,081	6,491	1,188	73,898	1,27	841,708	1,312
0,076	1,029	0,857	1,094	9,731	1,207	110,845	1,277	1262,56	1,32
0,116	1,041	1,282	1,112	14,601	1,221	166,263	1,285	1433,028	1,321
0,17	1,051	1,925	1,129	21,896	1,236	249,397	1,292		
0,253	1,062	2,886	1,145	32,845	1,251	374,093	1,299		
0,381	1,071	4,326	1,168	49,266	1,261	561,141	1,305		

PASSO: 6 **Metodo Usato: Casagrande**

Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento
0,053	1,452	0,57	1,517	6,491	1,652	73,896	1,806	841,707	1,869
0,079	1,462	0,858	1,533	9,731	1,684	110,842	1,82	1262,561	1,875
0,115	1,471	1,294	1,55	14,6	1,708	166,263	1,834	1427,924	1,876
0,172	1,479	1,924	1,569	21,896	1,738	249,398	1,848		
0,255	1,488	3,016	1,588	32,846	1,768	374,091	1,858		
0,381	1,5	4,325	1,619	49,264	1,791	561,137	1,864		

PASSO: 7 **Metodo Usato: Casagrande**

Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento	Tempo (min)	Cedimento
0,052	1,997	0,576	2,052	6,49	2,182	73,895	2,42	841,709	2,517
0,079	2,003	0,856	2,068	9,733	2,214	110,845	2,449	1262,559	2,523
0,114	2,009	1,284	2,087	14,597	2,255	166,265	2,47	1440,404	2,524
0,172	2,019	1,924	2,103	21,899	2,305	249,395	2,484		
0,255	2,033	2,887	2,121	32,842	2,348	374,093	2,499		
0,385	2,044	4,327	2,15	49,264	2,385	561,142	2,51		

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

Data: 09/04/2018 **Certificato: 640418**

RIFERIMENTI COMMESSA			
Il Richiedente:	Dott. Geol. Pietromartire Eustachio		
Verbale di Accettazione	N°: 1070318	Data: 26/03/2018	
Riferimento Ordine	N°:	Data:	

INFORMAZIONI GENERALI SUL CAMPIONE IN INGRESSO		
Alterazioni Esterne: ☐	Tipologia Campionatore: SHELBY	Data Prelievo: 26/03/2018
Ditta che ha effettuato il prelievo: Geognostica Srl		

INTESTAZIONE CERTIFICATO ED IDENTIFICAZIONE CAMPIONE			
Committente:	Dott. Geol. Pietromartire Eustachio		
Cantiere:	Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)		
Sondaggio: 1	Campione: 2	Profondità da m: 9,50	a m: 10,00

TRACCIABILITA'	
Codice Campione:	EU2
Consegna Campione:	26/03/2018
Apertura:	27/03/2018
Inizio Prove:	27/03/2018
Fine Prove:	09/04/2018

ESCLUSIONI / ANOMALIE / DIFFORMITA' / NOTE

Non Riscrontrate

PROVE ESEGUITE	ID PROVA	PAG.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO
Descrizione Macroscopica e Caratteristiche Fisiche	EU2DeMaCaFi	2	*Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - AGI,1994 Classificazione delle terre: ASTM D 2487-85 D3282-83*
Contenuto d'Acqua	EU2W	3	*ASTM D2166*
Granulometria Secca+Umida	EU2Aeo	4	*Raccomandazioni AGI 1997*
Limiti di Atterberg	EU2LL/LP	5	*ASTM D4318-00*
Taglio Diretto	EU2TD	6-7	*Raccomandazioni AGI 1997*
	Totale Pag.	7	

Lo Sperimentatore
Dott.Geol. Legnini Manila

Il Direttore
Dott. Geol. Luca Di Matteo

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 640418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	2
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	9,50
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	10,00

DESCRIZIONE CAMPIONE

Lunghezza:	11 cm.	Diametro:	8,5 cm.	Classe di Qualità:	Non Dichiarata

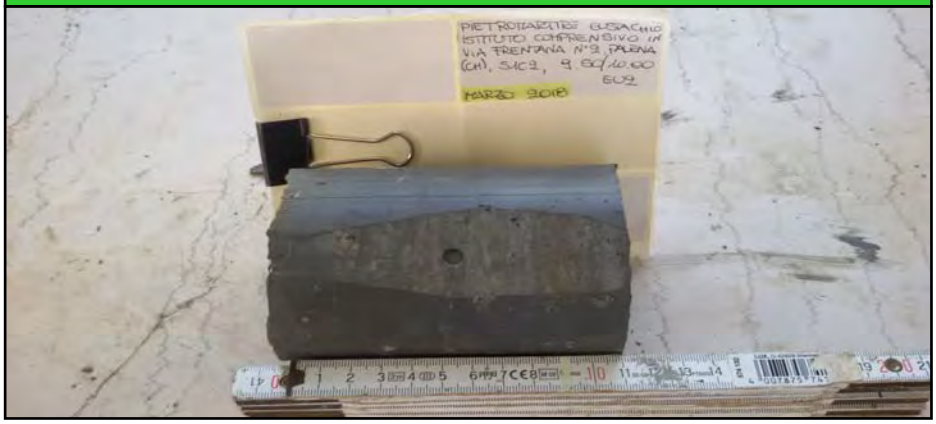
Descrizione Macroscopica: Limo argilloso marnoso debolmente sabbioso di colore grigio azzurro con venature olivastre. Presenta frammenti marnoso-arenacei e struttura foliettata.

CARATTERISTICHE FISICHE DEL CAMPIONE

Peso Specifico (*):	2,7	g/cm³	Limite del ritiro:	-	%	Contenuto Naturale Acqua:	15,03	%
Densità Naturale:	2,130	g/cm³	Limite Liquido:	51,69	%	Grado di Saturazione:	88,63	%
Densità secca:	1,852	g/cm³	Limite Plastico:	19,51	%	Indice di Attività:	0,7	
Densità satura:	2,166	g/cm³	Porosità:	0,31	%	Indice dei Vuoti:	0,458	

Indice di Plasticità IP:	32,18
Indice di Consistenza IC:	1,139
Grado di Plasticità:	Plastico
Stato:	Solido
Class. Granulometrica (M.I.T.)	Argilla con Limo Sabbioso
Class. Granulometrica (USCS):	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



cm.	Resistenza Pocket Kg/cm²	Resist. Vanetest Kg/cm²	Consistenza	Collocazione Prove Meccaniche
10	6-6,1		ESTREMAMENTE CONSISTENTE	Taglio Diretto
20	6,3-6,5		ESTREMAMENTE CONSISTENTE	Taglio Diretto
30	-			
40	-			
50	-			
60	-			

(*)Ove non specificatamente richiesto, viene assegnato un peso specifico di 2,7 g/cm³

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 640418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	2
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	9,50
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	10,00

CONTENUTO NATURALE D'ACQUA

ASTM D2166

Contenuto d'Acqua Medio (%): 14,33

Passo N°	Contenitore N°	Tara (g)	Peso Lordo Umido (g)	Peso Lordo Secco (g)	Contenuto Acqua (%)
1	24	28,77	47,16	44,74	15,15
2	25	23,97	50,1	46,99	13,51

ID Prova: W

Data Stampa: 11/04/2018

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 640418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	2
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	9,50
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	10,00

ANALISI GRANULOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

Ciottoli %	0	**Ghiaia %**	0	**Sabbia %**	21	**Limo %**	33	**Argilla %**	46		
D10 (mm)	-	**D30 (mm)**	0,0009	**D50 (mm)**	0,0031	**D60 (mm)**	0,0059	**Coeffic. di Uniformita**		-	
Passante Setaccio 200 (%):		85,840	**Peso Netto Totale (g):**			250	**Diametro Max (mm)**			2	

CLASSIFICAZIONE

USCS: - Argille inorganiche di alta plasticità.

AGI / ASTM: Argilla con Limo Sabbioso

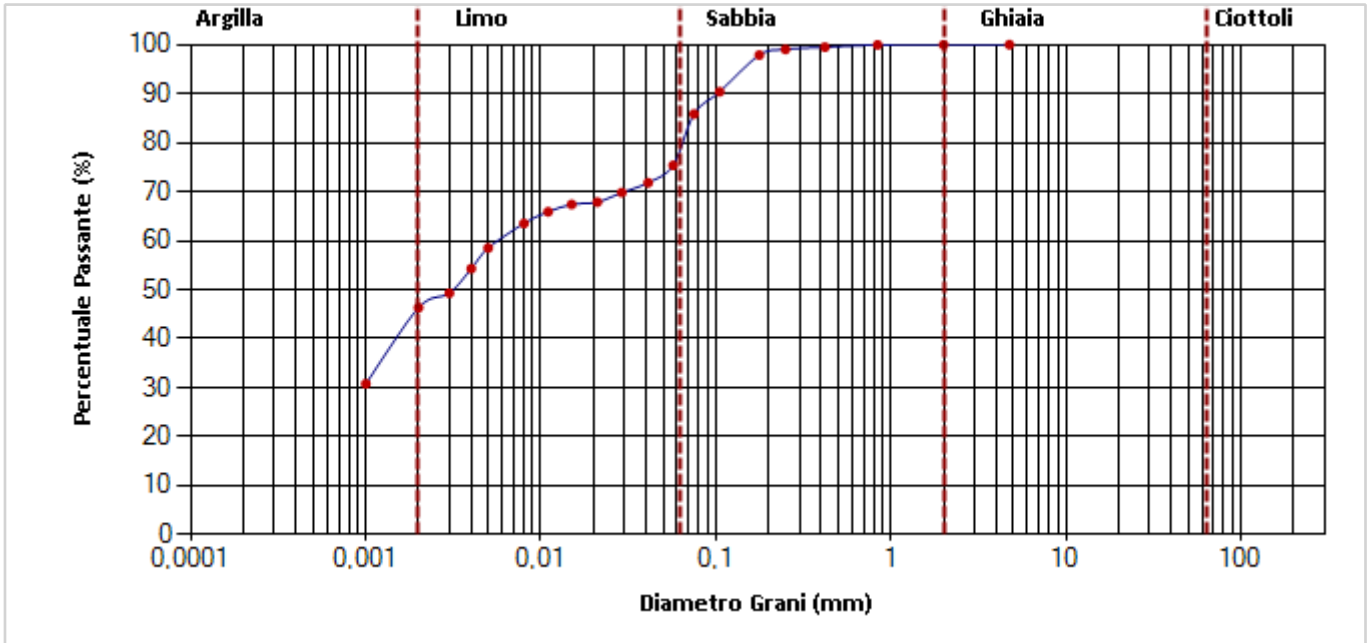
VAGLIATURA

Setac. ASTM	Diam. (mm)	Peso (g)	Parz. P/S (%)	Passante (%)	Setac. ASTM	Diam. (mm)	Peso (g)	Parz. P/S (%)	Passante (%)
4"	101,5				20	0,84	0,08	0,03	99,95
2"	50,5				35	0,5			
1"	25,4				40	0,42	1,1	0,44	99,51
1/2"	12,7				60	0,25	1,14	0,46	99,05
3/8"	9,5				80	0,177	2,93	1,17	97,88
4	4,76				140	0,105	18,7	7,48	90,4
10	2	0,05	0,02	99,98	200	0,075	11,39	4,56	85,84
18	1				230	0,063			

SEDIMENTAZIONE

Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
0,057	75,383	0,008	63,523
0,041	71,82	0,005	58,513
0,029	69,84	0,004	54,296
0,021	67,861	0,003	49,286
0,015	67,403	0,002	46,316
0,011	65,899	0,001	30,798

C U R V A G R A N U L O M E T R I C A



LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 640418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	2
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	9,50
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	10,00

LIMITI DI ATTERBERG

ASTM D4318-00

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Liquido)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)	N.COLPI
69,92	56,42	31,79	54,81	16
64,32	50,41	23,48	51,65	23
76,56	63,05	35,26	48,61	36

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Plastico)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)
17,18	16,6	13,57	19,14
16,99	16,34	13,07	19,88

DIAGRAMMA N° COLPI / CONTENUTO ACQUA

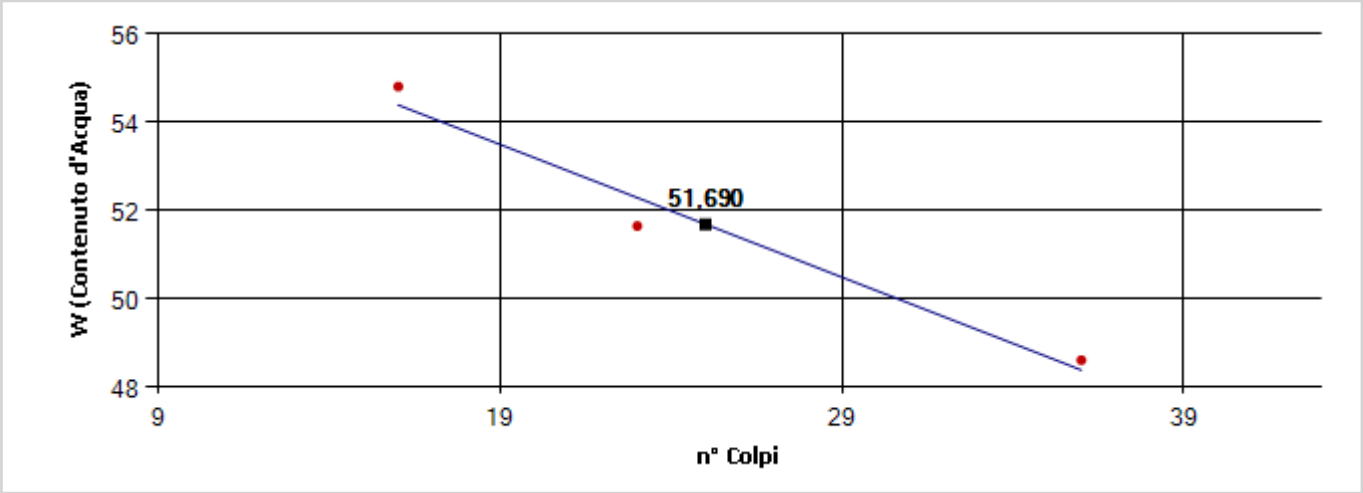
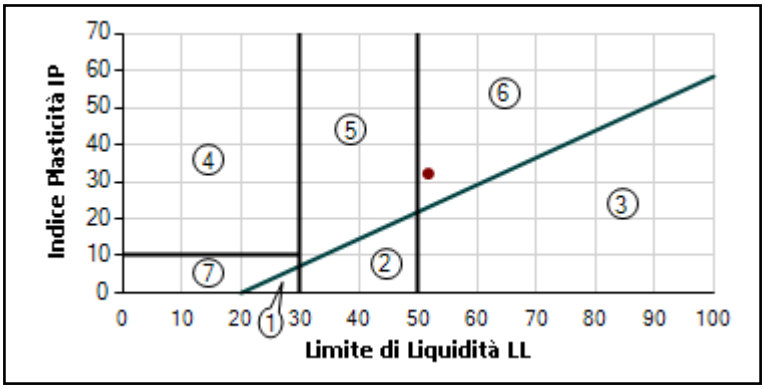


DIAGRAMMA DI PLASTICITA'



1. Limi Inorganici di Bassa Compressibilità
2. Limi Inorganici di Media Compressibilità
3. Limi Inorganici di Alta Compressibilità e Argille Organiche
4. Argille Inorganiche di Bassa Plasticità
5. Argille Inorganiche di Media Plasticità
6. Argille Inorganiche di Alta Plasticità
7. Terreni Incoerenti

Limite di Liquidità	**(LL)**	51,69	**%**	Indice di Plasticità	**(IP)**	32,18	
Limite di Plasticità	**(LP)**	19,51	**%**	Indice di Consistenza	**(IC)**	1,139	
Limite di Ritiro	**(LR)**	-	**%**	Attività [IP / (% Peso Argilla)]		-	

Carta di Plasticità di Casagrande: Argille Inorganiche di Alta Plasticità.

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 640418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	2
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	9,50
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	10,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE ED ALLA FASE DI ROTTURA

Prov.	Altezza	Sezione	Cont. Acq.	Densita Nat.	CONSOLIDAZIONE 24H		Velocità Def.	CARATTERISTICHE A ROTTURA			
N.	**H** (cm)	**A** (cm²)	W (%)	Yn (g/cm³)	**σv** (Kpa)	**δh** (mm)	(micron/min)	**σv** (Kpa)	**ε** (mm)	**τ** (Kpa)	**δT** (h)
1	2,00	36,51	16,91	2,150	100,00	0,11	4,00	100,00	0,79	56,08	3,29
2	2,00	36,51	14,58	2,128	200,00	0,36	4,00	200,00	1,15	96,06	4,80
3	2,00	36,45	15,71	2,112	300,00	0,60	4,00	300,00	0,97	138,72	4,03

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - SCORRIMENTO ORIZZONTALE

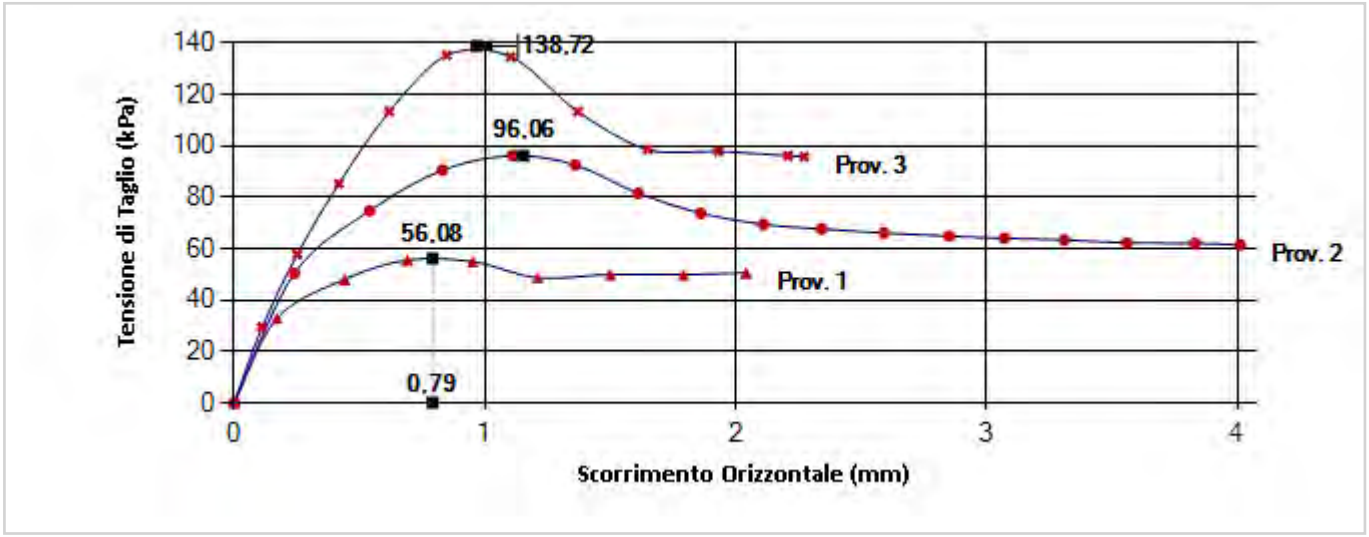
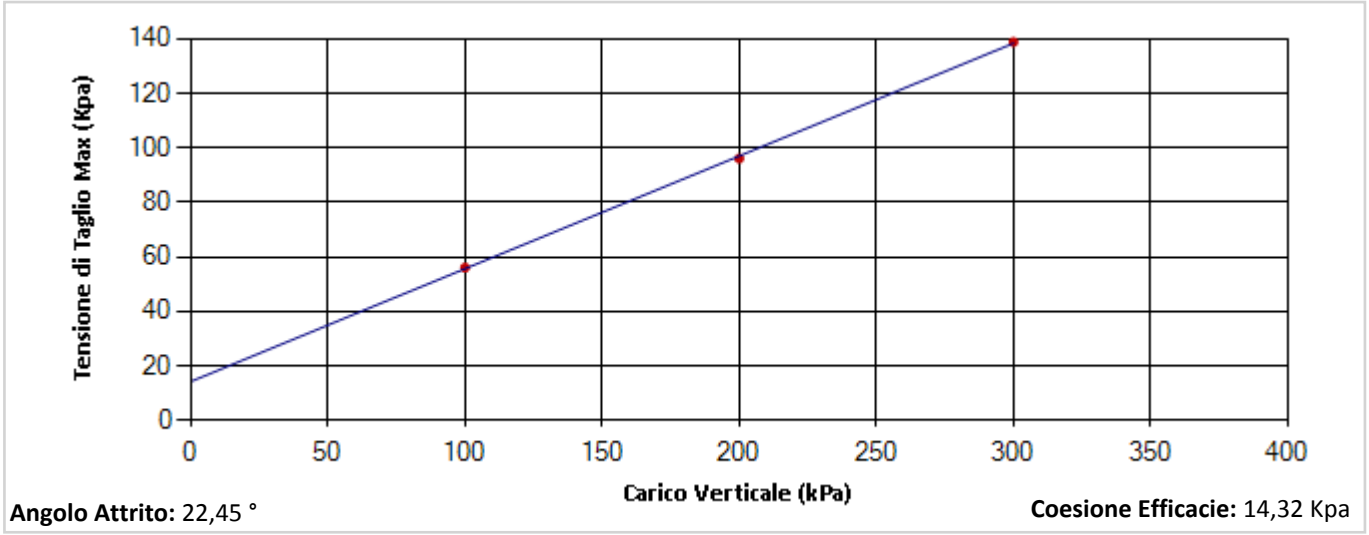


DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - CARICO VERTICALE



Angolo Attrito: 22,45 °

Coesione Efficacie: 14,32 Kpa

LABORATORIO GEOTECNICO
Via Cagliari, 3 - 65010 Villa Raspa di Spoltore (PE)
TEL. 085 4155618 Fax 0857993874 gealaboratorio@gmail.com

ISO9001:2015 certificato n° 482343
Autorizzazione Ministeriale n°4536 Settore Terre

N° Certiicato: 640418	Committente: Dott. Geol. Pietromartire Eustachio	Consegna:	26/03/2018	Sondaggio:	1
		Apertura:	27/03/2018	Campione:	2
Data: 09/04/2018	Cantiere: Istituto Comprensivo in via Frentana n.2 - Palena (CH)	Inizio Prova:	27/03/2018	da mt:	9,50
		Fine Prova:	09/04/2018	a mt:	10,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

DATI SPERIMENTALI

PROVINO 1

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale **δh** (mm)	Deformaz. Orizzont. **ε** (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,11	0	0,000
1,00	-	0,17	32,873
2,00	-	0,44	48,022
3,00	-	0,69	55,486
4,00	-	0,95	54,886
5,00	-	1,21	48,650
6,00	-	1,5	49,929
7,00	-	1,79	49,907
7,24	-	2,04	50,523

PROVINO 2

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale **δh** (mm)	Deformaz. Orizzont. **ε** (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,36	0	0,000
1,00	-	0,24	50,340
2,00	-	0,54	74,673
3,00	-	0,83	90,477
4,00	-	1,11	96,081
5,00	-	1,36	92,479
6,00	-	1,61	81,474
7,00	-	1,86	73,673
8,00	-	2,11	69,373
9,00	-	2,34	67,614
10,00	-	2,59	66,037
11,00	-	2,85	64,796
12,00	-	3,07	63,966
13,00	-	3,31	63,320
14,00	-	3,56	62,183
15,00	-	3,83	61,975
15,83	-	4,01	61,380

PROVINO 3

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale **δh** (mm)	Deformaz. Orizzont. **ε** (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,60	0	0,000
1,00	-	0,111	29,514
2,00	-	0,251	57,767
3,00	-	0,417	85,215
4,00	-	0,618	113,224
5,00	-	0,847	135,073
6,00	-	1,102	134,510
7,00	-	1,37	113,224
8,00	-	1,648	98,513
9,00	-	1,931	97,748
10,00	-	2,208	96,082
10,21	-	2,272	95,712

CERTIFICATI DI LABORATORIO DI RIFERIMENTO

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di riconoscimento e classificazione			
Peso di volume e riepilogo caratteristiche fisiche			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.2-2C	1 di 1	0	UNI CEN ISO/TS 17892-2

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - S**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Richiedente	**Dott. Geol. Eustachio Pietromartire** **Via Fontevecchia, 4** **65010 Spoltore (PE)**
Direttore dei Lavori	--
Proprietario	-- --
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ TECNOLAB ★ ORTONA

Cantiere

Consolidamento e risanamento idrogeologico, Comune di Palena (CH)

Schema del campione

Poket Penetrometer: kPa (N.E.= non effettuabile) Lunghezza campione : 42,5 cm

P.Alta						P.Bassa
	550	450	>600	>600	>600	
Prove effettuate:		TD		UU		

UU: prova triassiale non consolidata non drenata TD: prova di taglio diretto in scatola di Casagrande

Peso di volume naturale	γ	=	20,91	kN/m³
Peso di volume del secco	γ_d	=	--	kN/m³
Peso di volume dei granuli *	γ_s	=	26,48	kN/m³

*Norme di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1/3 *= dove non richiesto dato presupposto per calcolo indici*

Contenuto d'acqua	w	=	13,3	%

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-3

Limite Liquido	w_L	=	48	%	**Indice di Plasticità**	I_P	=	32 --
Limite Plastico	w_P	=	16	%	**Indice di Consistenza**	I_C	=	>1 --
Limite di Ritiro	w_S	=	--	%				

Norme di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-12
N.D.= non determinabile N.P.= non plastico

Porosità	n	=	30	%	**Grado di Saturazione**	S_r	=	82	%
Indice dei vuoti	e	=	0,435	-					

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di riconoscimento e classificazione
Foto e descrizione del campione

Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Richiedente	**Dott. Geol. Eustachio Pietromartire** **Via Fontevecchia, 4** **65010 Spoltore (PE)**
Direttore dei Lavori	--
Proprietario	-- --
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**

Cantiere

Consolidamento e risanamento idrogeologico, Comune di Palena (CH)

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ TECNOLAB ★ ORTONA

foto del campione

Descrizione del campione:

limo con argilla di colore grigio debolmente sabbiosa

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di Riconoscimento e Classificazione
Misura del contenuto d'acqua

Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.3-1C	1 di 1	0	CEN ISO/TS 17892-1

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - t**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Richiedente	**Dott. Geol. Eustachio Pietromartire** **Via Fontevecchia, 4** **65010 Spoltore (PE)**
Direttore dei Lavori	--
Proprietario	-- --
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**
Apparecchiatura di prova	Bilancia Forno Essiccatore Contenitori di alluminio o di acciaio

Variazioni rispetto alla specifica di prova	nessuna
Identificazione procedure non normalizzate	non utilizzate
Anomalie riscontrate	nessuna
Incertezza dei risultati delle misure	non dichiarata

Dati dichiarati dal Committente: Nulla da dichiarare

Cantiere

Consolidamento e risanamento idrogeologico, Comune di Palena (CH)

ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Prova n.	1	2	3

m_c	Massa del contenitore (g)	7,08	6,68	6,91
m_1	Massa del contenitore e del campione umido (g)	213,38	184,35	205,33
m_2	Massa del contenitore e del provino essiccato (g)	190,53	162,53	181,97
m_d	Massa del provino essiccato (g)	183,45	155,85	175,06
m_w	Massa dell'acqua (g)	22,85	21,82	23,36
w	Contenuto d'acqua (%)	12,5	14,0	13,3

Contenuto d'Acqua (medio)	13,3

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di Riconoscimento e Classificazione
Determinazione della distribuzione granulometrica metodo della setacciatura

Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Cr_POP 1.1a-1C	1 di 3	0	UNI CEN ISO/TS 17892-4

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - u**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Richiedente	**Dott. Geol. Eustachio Pietromartire** **Via Fontevecchia, 4** **65010 Spoltore (PE)**
Direttore dei Lavori	--
Proprietario	-- --
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**
Apparecchiatura di prova	Serie di Crivelli — Bilancia Serie di Setacci UNI — Essiccatore Forno — Setacciatore Meccanico

Variazioni rispetto alla specifica di prova	**nessuna**
Identificazione procedure non normalizzate	**non utilizzate**
Anomalie riscontrate	**nessuna**
Incertezza dei risultati delle misure	**non dichiarata**

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE — TECNOLAB — ORTONA

Dati dichiarati dal Committente: Nulla da dichiarare

Cantiere

Consolidamento e risanamento idrogeologico, Comune di Palena (CH)

ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Massa g: 215,76 — Tara g: 0

Setacci UNI mm	Tratt. Vaglio e tara [g]	Tratt. Netto al vaglio [g]	Tratt. Netto Progressivo [g]	Trattenuto Progressivo %	Passante Progressivo %
16					
12,5					
10					
8					
4	0,00	0,00	0,00	0,0	100,0
2	1,08	1,08	1,08	0,5	99,5
1	2,16	2,16	3,24	1,5	98,5
0,425	1,96	1,96	5,20	2,4	97,6
0,25	1,19	1,19	6,39	3,0	97,0
0,125	8,29	8,29	14,68	6,8	93,2
0,063	7,79	7,79	22,47	10,4	89,6
fondo	0,62	0,62			

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di Riconoscimento e Classificazione

Determinazione della distribuzione granulometrica metodo della sedimentazione

Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Cr_POP 1.1a-1C	2 di 3	0	UNI CEN ISO/TS 17892-4

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - u**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Richiedente	**Dott. Geol. Eustachio Pietromartire** **Via Fontevecchia, 4** **65010 Spoltore (PE)**
Direttore dei Lavori	--
Proprietario	-- --
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**
Apparecchiatura di prova	Densimetro, Bilancia, Forno, Soluzione di esametafosfato, Termometro-cronometro, di sodio

Variazioni rispetto alla specifica di prova	**nessuna**
Identificazione procedure non normalizzate	**non utilizzate**
Anomalie riscontrate	**nessuna**
Incertezza dei risultati delle misure	**non dichiarata**

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ TECNOLAB ★ ORTONA ★

Dati dichiarati dal Committente: Nulla da dichiarare

Cantiere

Consolidamento e risanamento idrogeologico, Comune di Palena (CH)

ESPRESSIONE DEI RISULTATI

γ_s = 2,700 g/ cm^3 Peso specifico dei grani* C_m = 0,50 X = 89,59 % passante allo 0.075

P_s = 53,81 g Peso secco del camp. C_d = -3,00 $H_R = 17{,}713 - 0.2733\ (R + C_M)$

*= dato presupposto ove non richiesto

Tempo min.	Temperatura °C	Lettura R	L. Corretta R'	L. Temp. CT	D mm	L.Corretta R'+CT+CD	Passante Parziale	Passante Totale
0,50	25,00	33,5	34,0	1,25	0,052038	31,50	95,19	85,27
1	25,00	32,5	33,0	1,25	0,037388	30,50	92,24	82,63
2	25,00	31,0	31,5	1,25	0,027052	29,00	87,81	78,66
4	25,00	29,4	29,9	1,25	0,019582	27,40	83,09	74,43
8	25,00	28,0	28,5	1,25	0,014121	26,00	78,95	70,73
15	25,00	26,0	26,5	1,25	0,010593	24,00	73,05	65,44
38	25,00	23,0	23,5	1,25	0,006910	21,00	64,20	57,51
67	21,80	21,8	22,3	0,45	0,005478	19,80	58,29	52,22
127	25,00	19,0	19,5	1,25	0,003959	17,00	52,39	46,93
372	25,00	16,0	16,5	1,25	0,002388	14,00	43,54	39,00
504	25,00	15,0	15,5	1,25	0,002073	13,00	40,58	36,36
1440	25,00	13,0	13,5	1,25	0,001251	11,00	34,68	31,07

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di Riconoscimento e Classificazione			
Determinazione della distribuzione granulometrica metodo della setacciatura e sedimentazione			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Cr_POP 1.1a-1C	3 di 3	0	UNI CEN ISO/TS 17892-4

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - u**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Richiedente	**Dott. Geol. Eustachio Pietromartire** **Via Fontevecchia, 4** **65010 Spoltore (PE)**
Direttore dei Lavori	--
Proprietario	-- --
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**
Apparecchiatura di prova	Serie di Crivelli — Bilancia Serie di Setacci UNI — Essiccatore Forno — Setacciatore Meccanico

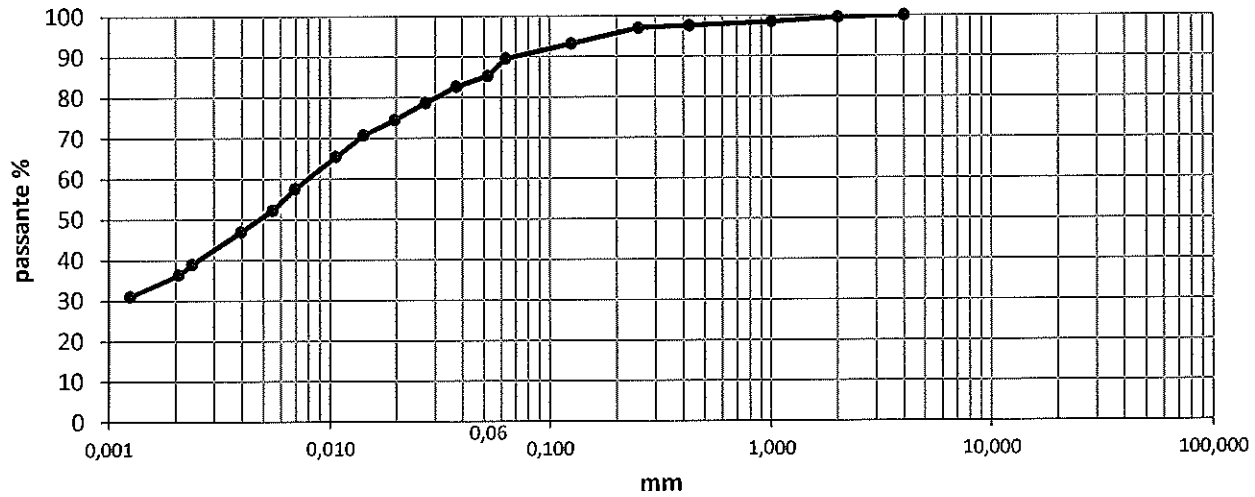
Variazioni rispetto alla specifica di prova	**nessuna**
Identificazione procedure non normalizzate	**non utilizzate**
Anomalie riscontrate	**nessuna**
Incertezza dei risultati delle misure	**non dichiarata**

Dati dichiarati dal Committente: Nulla da dichiarare

Cantiere

Consolidamento e risanamento idrogeologico, Comune di Palena (CH)

GRAFICO DEI RISULTATI



Risultato della prova

Ghiaia (>2mm))= 0 % Sabbia (0,06-2 mm)= 12 % Limo (0,002-0,06 mm)= 53 % Argilla (< 0,002 mm)= 35 %

Classifica granulometrica (AGI - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche 1977):

LIMO CON ARGILLA SABBIOSO

Classificazione UNI EN ISO 14688 : saclSi

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di Riconoscimento e Classificazione

Determinazione dei limiti di consistenza (liquido-plastico)

Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Cr_POP 1.5b-1C	1 di 2	0	CNR UNI 10014

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - v**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Richiedente	**Dott. Geol. Eustachio Pietromartire** **Via Fontevecchia, 4** **65010 Spoltore (PE)**
Direttore dei Lavori	--
Proprietario	-- --
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**
Apparecchiatura di prova	Bilancia — Setaccio 0,475 mm Utensile solcatore — Forno Cucchiaio di Casagrande — Cristallizzatore

Variazioni rispetto alla specifica di prova	**nessuna**
Identificazione procedure non normalizzate	**non utilizzate**
Anomalie riscontrate	**nessuna**
Incertezza dei risultati delle misure	**non dichiarata**

Dati dichiarati dal Committente: Nulla da dichiarare

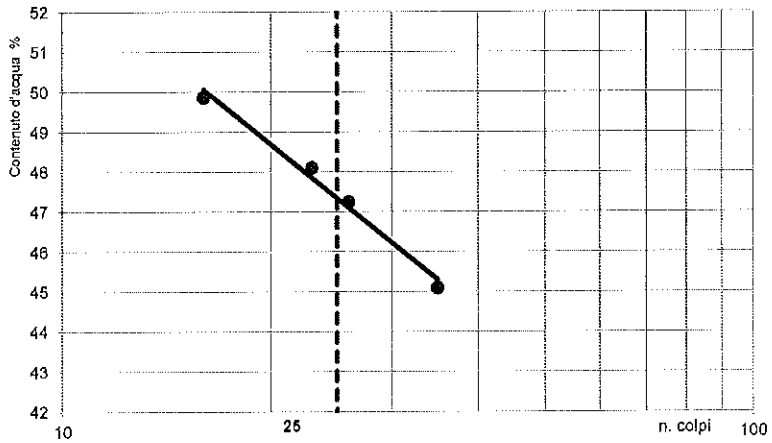
Cantiere

Consolidamento e risanamento idrogeologico, Comune di Palena (CH)

ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Prova n.		1	2	3	4
Massa Tara	(g)	2,53	2,51	2,46	2,50
Massa Camp. Umido + Tara	(g)	74,24	60,86	69,88	61,06
Massa Camp. Secco + Tara	(g)	50,38	41,91	48,25	42,86
Massa Acqua	(g)	23,86	18,95	21,63	18,20
Massa Camp. Secco	(g)	47,85	39,40	45,79	40,36
Contenuto d'Acqua	(%)	49,86	48,10	47,24	45,09
Numero di Colpi	(n°)	16	23	26	35

Limite Liquido W_L
48



Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di Riconoscimento e Classificazione			
Determinazione dei limiti di consistenza (liquido-plastico)			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Cr_POP 1.5a-1C	2 di 2	0	CNR UNI 10014

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - v**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**
Data di esecuzione prova	**3/10/2013**
Attrezzatura di prova	Utensile solcatore — Forno; Cucchiaio di Casagrande — Cristallizzatore

ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Prova n.		1	2	3	4
Massa Tara	(g)	2,49	2,53	2,49	2,45
M. Camp. Umido + Tara	(g)	36,95	34,78	31,66	37,42
M. Camp. Secco + Tara	(g)	32,25	30,25	27,65	32,59
Massa Acqua	(g)	4,70	4,53	4,01	4,83
M. Camp. Secco	(g)	29,76	27,72	25,16	30,14
Contenuto d'Acqua	(%)	15,79	16,34	15,94	16,03

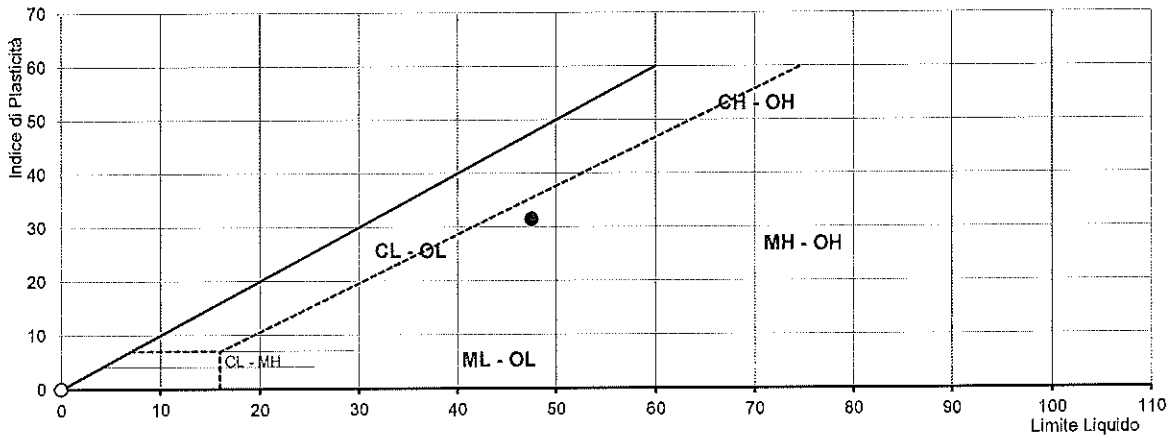
Limite Plastico W_P
16

CALCOLO DEGLI INDICI

Contenuto d' Acqua	W_N =	**13,3**
Limite Liquido	W_L =	**48**
Limite Plastico	W_P =	**16**

Indice plastico	$I_P = W_L - W_P$ =	**32**
Indice di consistenza	$I_C = (W_L - W_N)/ I_P$ =	**>1**
Indice di liquidità	$I_L = (W_N - W_P)/ I_P$ =	**< 0**

Carta di plasticità (ASTM D2487)



Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova di taglio diretto			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.2-2C	1 di 8	0	Raccom. AGI - UNI 17892-10

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - W**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Richiedente	**Dott. Geol. Eustachio Pietromartire** **Via Fontevecchia, 4** **65010 Spoltore (PE)**
Direttore dei Lavori	--
Proprietario	-- --
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**
Apparecchiatura di prova	Macchina di taglio diretto — Bilancia Calibro — Stufa Sistema acquisizione dati Controls

Variazioni rispetto alla specifica di prova	nessuna
Identificazione procedure non normalizzate	non utilizzate
Anomalie riscontrate	nessuna
Incertezza dei risultati delle misure	non dichiarata

Dati dichiarati dal Committente: Nulla da dichiarare

Cantiere

Consolidamento e risanamento idrogeologico, Comune di Palena (CH)

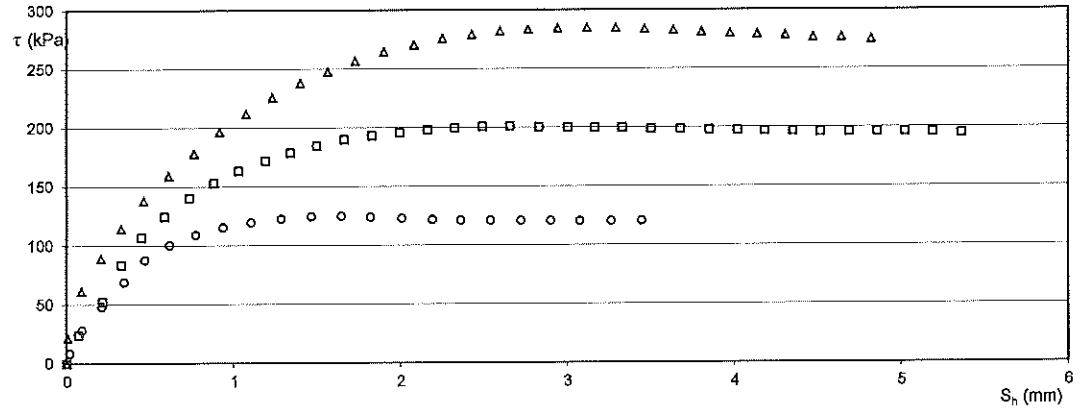
ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Caratteristiche fisiche

Provino	H_0	A_0	γ	γ_d	W	W_f
	mm	cm²	kN/m³	kN/m³	%	%
1	21,8	36,00	21,68	19,49	11,2	14,9
2	21,8	36,00	20,98	18,71	12,1	16,3
3	21,8	36,00	20,43	18,22	12,1	15,5

Consolidazione			Rottura
σ_v	Δ_t	H_f	Veocità
kPa	ore	mm	µm/min
200	24	21,04	5,0
400	48	20,57	5,0
600	72	20,09	5,0

Diagramma (*Tensione di taglio - Spostamento orizzontale*)



Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

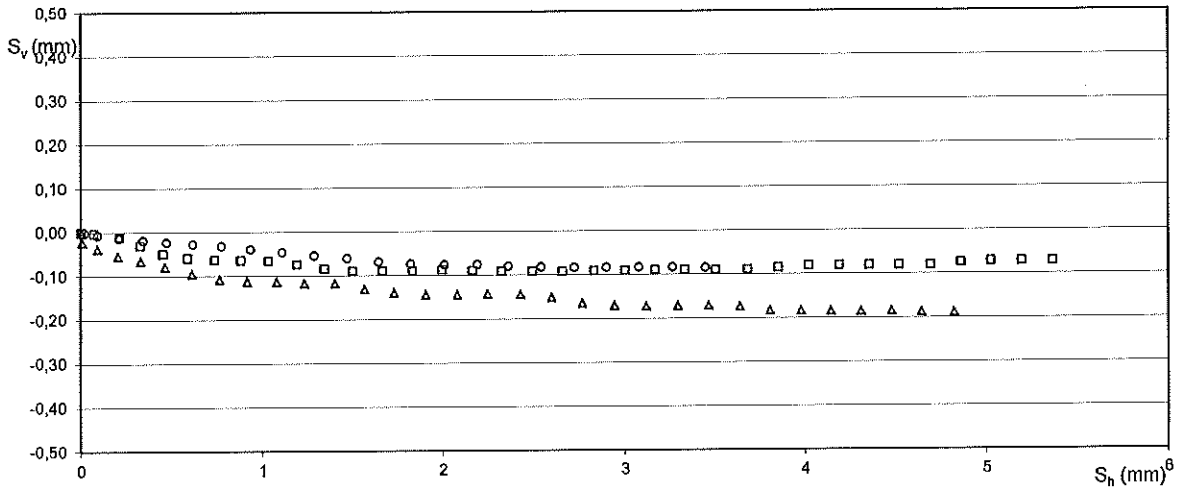
PROVE, RICERCHE
E SPERIMENTAZIONI
SUI MATERIALI
DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova di taglio diretto			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Cr_POP 1.2-2C	2 di 8	0	Raccom. AGI - UNI 17892-10

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - w**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Identificazione campione	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Apparecchiatura di prova	Macchina di taglio diretto — Bilancia Calibro — Stufa Sistema acquisizione dati Controls

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ ORTONA ★ TECNOLAB

Diagramma (*Cedimento verticale - Spostamento orizzontale*)



note

Dall'inviluppo di rottura calcolato con il metodo della regressione lineare delle resistenze massime dei provini (τ) e dei carichi applicati (σ_n) si ottengono i seguenti parametri di resistenza: angolo di attrito (φ) = **22°** e coesione efficace (c') = **43** kPa

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE
E SPERIMENTAZIONI
SUI MATERIALI
DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova di taglio diretto			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.2-2C	3 di 8	0	Raccom. AGI - UNI 17892-10

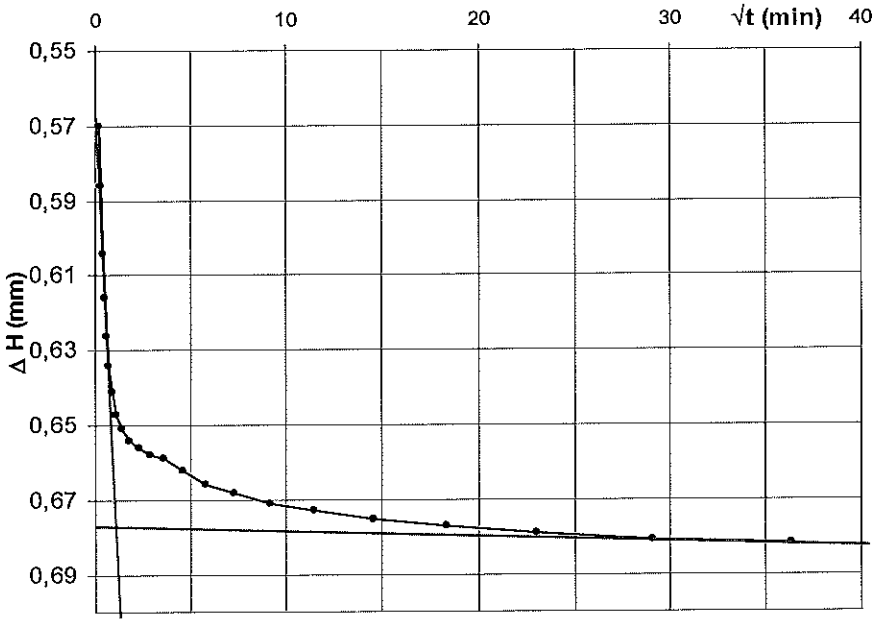
Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - w**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Identificazione campione	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Apparecchiatura di prova	Macchina di taglio diretto — Bilancia Calibro — Stufa Sistema acquisizione dati Controls

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ TECNOLAB ★ ORTONA

TABELLA E GRAFICO DELLA CONSOLIDAZIONE - Provino n.1

pressione di consolidazione σ'_v = 200 kPa

Tempo (t) min	Cedimento Δ H mm
0,054	0,57
0,08	0,586
0,128	0,604
0,203	0,616
0,322	0,626
0,512	0,634
0,811	0,641
1,286	0,647
2,043	0,651
3,249	0,654
5,164	0,656
8,213	0,658
13,058	0,659
20,758	0,662
33,003	0,666
52,476	0,668
83,432	0,671
132,656	0,673
210,923	0,675
335,365	0,677
533,228	0,679
847,835	0,681
1326,49	0,682



t_{100}	=	1,1	min	t_f	=	14,1	min
s_f (1)	=	1,0	mm	v (1)	=	0,071	mm/min
s_f (2)	=	3,0	mm	v (2)	=	0,213	mm/min

Δ H = cedimento del provino durante la fase di consolidazione
t_f = tempo a rottura minimo
s_f = spostamento a rottura stimato (1= valore minimo 2=valore massimo)
v = velocità di prova stimata

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE
E SPERIMENTAZIONI
SUI MATERIALI
DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova di taglio diretto			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.2-2C	4 di 8	0	Raccom. AGI - UNI 17892-10

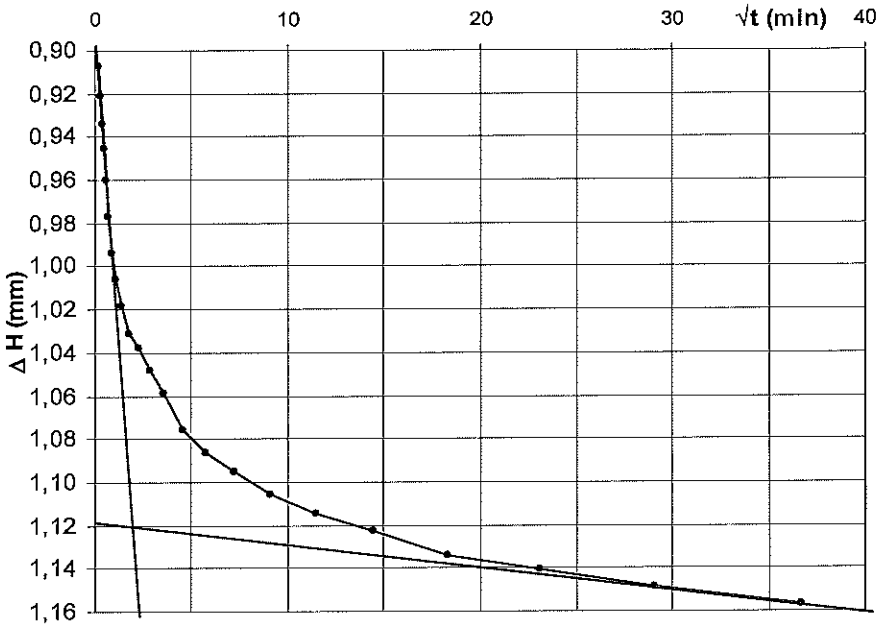
Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - w**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Identificazione campione	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Apparecchiatura di prova	Macchina di taglio diretto — Bilancia Calibro — Stufa Sistema acquisizione dati Controls

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE * ORTONA *
TECNOLAB

TABELLA E GRAFICO DELLA CONSOLIDAZIONE - Provino n.2

pressione di consolidazione σ'_v = 400 kPa

Tempo (t) min	Cedimento Δ H mm
0,054	0,907
0,08	0,921
0,128	0,934
0,203	0,945
0,322	0,96
0,512	0,977
0,811	0,994
1,286	1,006
2,043	1,018
3,249	1,031
5,164	1,038
8,213	1,048
13,058	1,059
20,758	1,076
33,003	1,086
52,476	1,095
83,432	1,106
132,658	1,115
210,923	1,123
335,367	1,134
533,229	1,1406
847,835	1,149
1348,05	1,157



t_{100}	=	3,7	min	t_f	=	47,3	min
s_f (1)	=	1,0	mm	v (1)	=	0,021	mm/min
s_f (2)	=	3,0	mm	v (2)	=	0,063	mm/min

Δ H = cedimento del provino durante la fase di consolidazione
t_f = tempo a rottura minimo
s_f = spostamento a rottura stimato (1= valore minimo 2=valore massimo)
v = velocità di prova stimata

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Tofresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE
E SPERIMENTAZIONI
SUI MATERIALI
DA COSTRUZIONE

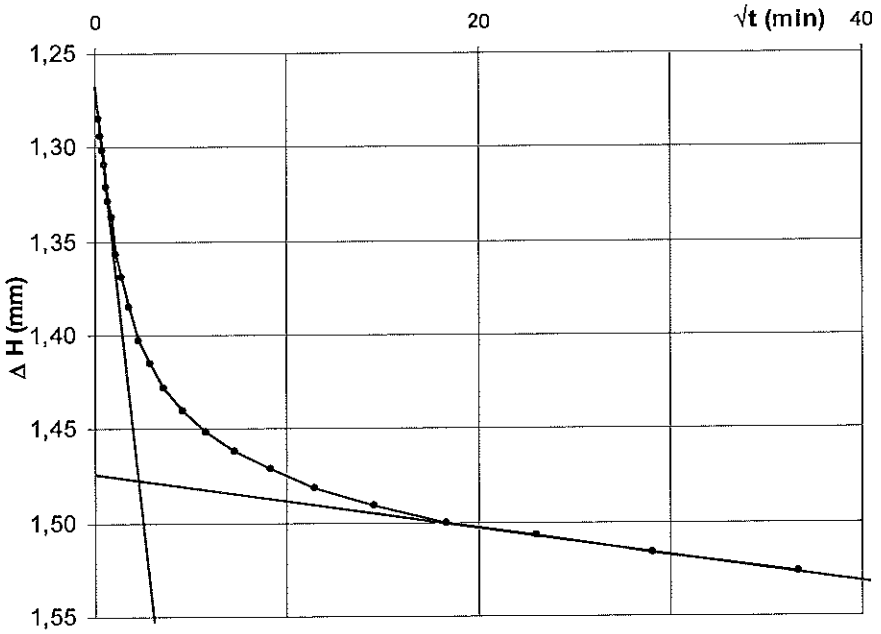
Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova di taglio diretto			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.2-2C	5 di 8	0	Raccom. AGI - UNI 17892-10

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - w**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Identificazione campione	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Apparecchiatura di prova	Macchina di taglio diretto — Bilancia Calibro — Stufa Sistema acquisizione dati Controls

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ ORTONA ★ TECNOLAB

TABELLA E GRAFICO DELLA CONSOLIDAZIONE - Provino n.3

Tempo (t) min	Cedimento Δ H mm
0,052	1,285
0,082	1,294
0,13	1,302
0,204	1,309
0,321	1,321
0,511	1,329
0,809	1,337
1,285	1,357
2,045	1,369
3,251	1,385
5,165	1,403
8,211	1,415
13,057	1,428
20,759	1,44
33,002	1,452
52,472	1,462
83,434	1,471
132,655	1,482
210,922	1,491
335,365	1,5
533,229	1,507
847,835	1,516
1348,06	1,527



t_{100}	=	5,1	min	t_f	=	64,5	min
s_f (1)	=	1,0	mm	v (1)	=	0,015	mm/min
s_f (2)	=	3,0	mm	v (2)	=	0,046	mm/min

Δ H	=	cedimento del provino durante la fase di consolidazione
t_f	=	tempo a rottura minimo
s_f	=	spostamento a rottura stimato (1= valore minimo 2=valore massimo)
v	=	velocità di prova stimata

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE
E SPERIMENTAZIONI
SUI MATERIALI
DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova di taglio diretto			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.2-2C	6 di 8	0	Raccom. AGI - UNI 17892-10

Rapporto di prova n. **8589 - 13 - w**
Data di emissione **29/10/2013**
Rif. Carico n. **8589-13**
Data di carico **26/09/2013**
Identificazione campione **Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di apertura ed esecuzione prove **3/10/2013**
Apparecchiatura di prova Macchina di taglio diretto — Bilancia
Calibro — Stufa
Sistema acquisizione dati Controls

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ ORTONA ★ TECNOLAB

TABELLA RISULTATI DELLA PROVA - Provino n.1

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
0	0	0	0	0
30	0,00	0,02	30	8,2
60	-0,01	0,09	100	27,7
90	-0,01	0,21	172	47,9
120	-0,02	0,34	247	68,5
150	-0,02	0,47	314	87,3
180	-0,03	0,62	361	100,2
210	-0,03	0,78	392	108,8
240	-0,04	0,94	414	115,0
270	-0,05	1,11	430	119,6
300	-0,05	1,29	441	122,4
330	-0,06	1,47	447	124,3
360	-0,07	1,64	448	124,5
390	-0,07	1,82	445	123,5
420	-0,08	2,01	441	122,5
450	-0,08	2,19	438	121,6
480	-0,08	2,36	436	121,1
510	-0,08	2,54	435	120,8
540	-0,08	2,72	434	120,6
570	-0,08	2,90	434	120,4
600	-0,08	3,08	433	120,3
630	-0,08	3,26	433	120,2
660	-0,08	3,44	432	120,1

Legenda: dt : Tempo
dH : Cedimento verticale
Sh : Spostamento orizzontale
F : Forza di taglio
τ : Tensione di taglio

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova di taglio diretto			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.2-2C	7 di 8	0	Raccom. AGI - UNI 17892-10

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - w**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Identificazione campione	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Apparecchiatura di prova	Macchina di taglio diretto — Bilancia Calibro — Stufa Sistema acquisizione dati Controls

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ TECNOLAB ★ ORTONA

TABELLA RISULTATI DELLA PROVA - Provino n.2

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
0	0	0	0	0
30	0,00	0,07	85	23,7
60	-0,01	0,21	188	52,3
90	-0,03	0,33	301	83,7
120	-0,05	0,45	385	106,8
150	-0,06	0,59	450	125,0
180	-0,06	0,73	505	140,4
210	-0,06	0,88	551	153,0
240	-0,07	1,03	590	163,8
270	-0,07	1,19	620	172,1
300	-0,08	1,34	645	179,2
330	-0,09	1,50	665	184,8
360	-0,09	1,66	684	190,0
390	-0,09	1,83	696	193,4
420	-0,09	1,99	705	195,9
450	-0,09	2,16	713	198,1
480	-0,09	2,32	719	199,8
510	-0,09	2,49	723	200,7
540	-0,09	2,65	725	201,3
570	-0,09	2,83	721	200,2

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
600	-0,09	3,00	720	200,1
630	-0,09	3,16	720	200,0
660	-0,09	3,33	719	199,7
690	-0,09	3,50	715	198,7
720	-0,09	3,68	714	198,4
750	-0,09	3,85	712	197,9
780	-0,08	4,02	712	197,7
810	-0,08	4,19	709	196,9
840	-0,08	4,35	708	196,6
870	-0,08	4,52	705	195,9
900	-0,08	4,69	705	195,8
930	-0,08	4,86	706	196,2
960	-0,07	5,02	706	196,0
990	-0,07	5,19	705	195,8
1020	-0,07	5,36	701	194,8

Legenda: dt : Tempo
dH : Cedimento verticale
Sh : Spostamento orizzontale
F : Forza di taglio
τ : Tensione di taglio

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova di taglio diretto			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.2-2C	8 di 8	0	Raccom. AGI - UNI 17892-10

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - w**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Identificazione campione	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Apparecchiatura di prova	Macchina di taglio diretto, Bilancia, Calibro, Stufa, Sistema acquisizione dati Controls

TABELLA RISULTATI DELLA PROVA - Provino n.3

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
0	0	0	0	0
30	-0,02	0,01	78	21,6
60	-0,04	0,09	221	61,4
90	-0,05	0,21	321	89,1
120	-0,07	0,33	412	114,6
150	-0,08	0,46	499	138,5
180	-0,10	0,61	574	159,4
210	-0,11	0,76	642	178,3
240	-0,11	0,92	708	196,6
270	-0,11	1,08	762	211,8
300	-0,12	1,23	812	225,7
330	-0,12	1,40	858	238,3
360	-0,13	1,56	892	247,9
390	-0,14	1,73	925	257,1
420	-0,14	1,90	952	264,6
450	-0,14	2,08	975	270,7
480	-0,14	2,25	994	276,0
510	-0,14	2,43	1005	279,1
540	-0,15	2,60	1015	282,0
570	-0,17	2,76	1022	283,8

dt min	dH mm	Sh mm	F N	τ kPa
600	-0,17	2,94	1024	284,3
630	-0,17	3,12	1025	284,8
660	-0,17	3,29	1025	284,6
690	-0,17	3,46	1022	283,9
720	-0,17	3,64	1018	282,8
750	-0,18	3,80	1013	281,4
780	-0,18	3,98	1007	279,8
810	-0,18	4,14	1006	279,4
840	-0,19	4,31	1002	278,4
870	-0,18	4,48	996	276,8
900	-0,19	4,64	995	276,4
930	-0,19	4,82	988	274,6

Legenda: dt : Tempo
dH : Cedimento verticale
Sh : Spostamento orizzontale
F : Forza di taglio
τ : Tensione di taglio

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica
Prova triassiale non consolidata non drenata

Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Md_POP 1.4-2C	1 di 4	0	UNI CEN ISO/TS 17892-8

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - X**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Richiedente	**Dott. Geol. Eustachio Pietromartire** **Via Fontevecchia, 4** **65010 Spoltore (PE)**
Progettista	--
Proprietario	-- --
Descrizione campione	**campione indisturbato in fustella di acciaio**
Contrassegno	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di prelievo del campione	**non dichiarata**
Data di apertura ed esecuzione prove	**3/10/2013**
Procedura di campionamento	**Infissione di campionatore semplice**
Apparecchiatura di prova	Pressa triassiale, Bilancia, Calibro, Stufa, Sistema acquisizione dati Controls

Variazioni rispetto alla specifica di prova	nessuna
Identificazione procedure non normalizzate	non utilizzate
Anomalie riscontrate	nessuna
Incertezza dei risultati delle misure	non dichiarata

Dati dichiarati dal Committente: Nulla da dichiarare

Cantiere:

Consolidamento e risanamento idrogeologico, Comune di Palena (CH)

ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Caratteristiche fisiche

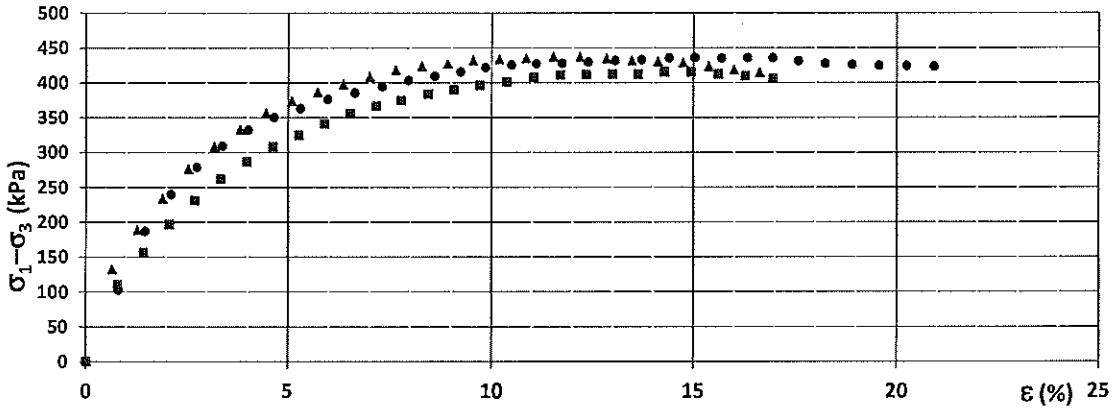
Provino n°	H_0 mm	A_0 cm²	γ KN/m³	γ_d KN/m³	W_0 %
1 (●)	76,2	11,4	21,37	18,60	14,9
2 (■)	76,2	11,4	20,05	17,65	13,6
3 (▲)	76,2	11,4	20,92	18,44	13,5

Rottura

$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	ε %
436	15,0
415	14,3
437	11,5

Pressione in cella

σ_3 kPa
200
400
600



Note

Velocità di prova = 1 mm/min - Dalla media dei valori a rottura Coesione non drenata Cu= 215 kPa

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova triassiale non consolidata non drenata			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Cr_POP 1.2-2C	2 di 4	0	UNI CEN ISO/TS 17892-8

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - x**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Identificazione campione	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di esecuzione prova	**3/10/2013**
Apparecchiatura di prova	Pressa triassiale, Bilancia, Calibro, Stufa

Sistema acquisizione dati Controls

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ TECNOLAB ★ ORTONA ★

TABELLA RISULTATI DELLA PROVA - Provino n.1 (●)

P (N)	$\sigma_1-\sigma_3$ (kPa)	Δ H (mm)
0	0	0,00
118	102,8	0,61
216	186,7	1,13
279	239,5	1,62
327	278,9	2,10
365	309,3	2,58
395	332,3	3,06
418	349,9	3,55
437	363,0	4,04
456	376,0	4,55
471	385,5	5,06
485	394,4	5,57
499	403,1	6,06
511	409,4	6,55
522	415,4	7,04
533	421,5	7,51
542	425,3	7,99
548	427,2	8,46
552	427,7	8,94
559	429,3	9,45
566	431,4	9,95
572	432,6	10,46
580	435,3	10,97
585	436,0	11,46

P (N)	$\sigma_1-\sigma_3$ (kPa)	Δ H (mm)
588	434,9	11,95
593	435,6	12,44
598	435,5	12,92
596	431,2	13,40
595	427,0	13,90
598	425,6	14,40
602	424,6	14,91
606	424,0	15,43
610	423,2	15,95
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00

P (N)	$\sigma_1-\sigma_3$ (kPa)	Δ H (mm)

Legenda
Δ H : Deformazione del provino
$\sigma_1-\sigma_3$: Resistenza del provino
P : Carico verticale sul provino

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE
E SPERIMENTAZIONI
SUI MATERIALI
DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova triassiale non consolidata non drenata			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Cr_POP 1.2-2C	3 di 4	0	UNI CEN ISO/TS 17892-8

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - X**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Identificazione campione	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di esecuzione prova	**3/10/2013**
Apparecchiatura di prova	Pressa triassiale — Bilancia Calibro — Stufa Sistema acquisizione dati Controls

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ ORTONA ★ TECNOLAB

TABELLA RISULTATI DELLA PROVA - Provino n.2 (■)

P	$\sigma_1-\sigma_3$	Δ H
(N)	(kPa)	(mm)
0	0	0,00
126	109,6	0,60
180	155,8	1,09
229	196,5	1,58
270	230,7	2,06
309	261,7	2,54
340	286,0	3,03
368	308,1	3,52
391	324,6	4,01
412	340,5	4,49
433	355,2	4,97
449	365,6	5,45
462	373,4	5,92
477	383,3	6,43
488	389,2	6,91
500	395,7	7,40
509	400,4	7,91
522	407,1	8,41
530	410,8	8,91
534	410,9	9,41
540	412,0	9,90
544	412,0	10,39
552	414,8	10,88
556	414,8	11,39

P	$\sigma_1-\sigma_3$	Δ H
(N)	(kPa)	(mm)
557	412,0	11,89
558	409,5	12,40
557	405,4	12,92
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00

P	$\sigma_1-\sigma_3$	Δ H
(N)	(kPa)	(mm)

Legenda
Δ H : Deformazione del provino
$\sigma_1-\sigma_3$: Resistenza del provino
P : Carico verticale sul provino

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TECNOLAB s.r.l.
66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Telefono 085.903 9193 r.a.
Fax 085.903 9202
www.tecnolab.org
e-mail info@tecnolab.org

sede legale 66026 ORTONA (CH)
Zona Industriale C.da Cucullo
Reg. Trib. di Chieti 6084
CCIAA di Chieti 99996
P. IVA 01626100695

Concessione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
n. 49410 del 02.10.2002 (art. 20 L. 1086/71)

TECNOLAB

PROVE, RICERCHE E SPERIMENTAZIONI SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Prove di deformabilità e Resistenza Meccanica			
Prova triassiale non consolidata non drenata			
Codice	pag.	Rev	Norma Rif.
Cr_POP 1.2-2C	4 di 4	0	UNI CEN ISO/TS 17892-8

Rapporto di prova n.	**8589 - 13 - x**
Data di emissione	**29/10/2013**
Rif. Carico n.	**8589-13**
Data di carico	**26/09/2013**
Identificazione campione	**Sond. 2 Camp. 2 prof.: 25,0-25,5 m**
Data di esecuzione prova	**3/10/2013**
Apparecchiatura di prova	Pressa triassiale — Bilancia Calibro — Stufa Sistema acquisizione dati Controls

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE ★ ORTONA ★ TECNOLAB

TABELLA RISULTATI DELLA PROVA - Provino n.3 (▲)

P (N)	σ_1-σ_3 (kPa)	Δ H (mm)
0	0	0,00
152	132,2	0,48
218	189,0	0,97
272	233,8	1,45
323	276,4	1,94
363	308,3	2,42
395	333,0	2,90
426	356,7	3,39
449	374,1	3,87
467	386,3	4,35
484	397,6	4,84
501	408,6	5,33
516	417,8	5,82
527	423,7	6,30
535	427,1	6,78
545	432,1	7,26
550	433,7	7,76
556	435,1	8,27
563	437,2	8,78
567	437,0	9,28
568	434,5	9,78
569	432,1	10,27
571	430,3	10,75
573	428,7	11,23

P (N)	σ_1-σ_3 (kPa)	Δ H (mm)
570	423,2	11,71
568	418,6	12,18
567	414,7	12,66
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00
0	0,0	0,00

P (N)	σ_1-σ_3 (kPa)	Δ H (mm)

Legenda
Δ H : Deformazione del provino
σ_1-σ_3 : Resistenza del provino
P : Carico verticale sul provino

Note

Lo Sperimentatore
Geol. Guglielmo Torresi

Il Direttore di Laboratorio
Ing. Marco Di Pietro

TABELLE VALORI DEGLI SPETTRI REGOLARIZZATI

SLC

Spettro Input RSL		Spettro Output RSL	
T (s)	Sa (g)	T (s)	Sa (g)
0.010	0.358	0.010	0.485
0.011	0.398	0.011	0.549
0.011	0.401	0.011	0.553
0.012	0.404	0.012	0.557
0.013	0.406	0.013	0.562
0.014	0.409	0.014	0.566
0.014	0.413	0.014	0.572
0.015	0.416	0.015	0.577
0.016	0.420	0.016	0.583
0.017	0.424	0.017	0.589
0.018	0.428	0.018	0.595
0.019	0.432	0.019	0.602
0.021	0.437	0.021	0.610
0.022	0.441	0.022	0.617
0.023	0.447	0.023	0.626
0.025	0.452	0.025	0.634
0.026	0.458	0.026	0.644
0.028	0.464	0.028	0.654
0.030	0.471	0.030	0.664
0.032	0.478	0.032	0.675
0.034	0.485	0.034	0.687
0.036	0.493	0.036	0.700
0.038	0.502	0.038	0.713
0.040	0.511	0.040	0.728
0.043	0.520	0.043	0.743
0.045	0.530	0.045	0.759
0.048	0.541	0.048	0.776
0.051	0.553	0.051	0.794
0.054	0.565	0.054	0.813
0.058	0.578	0.058	0.834
0.061	0.591	0.061	0.856
0.065	0.606	0.065	0.879
0.069	0.621	0.069	0.903
0.074	0.638	0.074	0.930
0.078	0.655	0.078	0.957
0.083	0.674	0.083	0.987
0.088	0.694	0.088	1.018
0.094	0.714	0.094	1.051
0.100	0.737	0.100	1.082
0.106	0.760	0.106	1.082
0.113	0.785	0.113	1.082
0.120	0.812	0.120	1.082
0.127	0.840	0.127	1.082
0.135	0.856	0.135	1.082
0.143	0.856	0.143	1.082

SLV

Spettro Input RSL		Spettro Output RSL	
T (s)	Sa (g)	T (s)	Sa (g)
0.010	0.281	0.010	0.388
0.011	0.314	0.011	0.435
0.011	0.316	0.011	0.438
0.012	0.318	0.012	0.441
0.013	0.320	0.013	0.445
0.014	0.323	0.014	0.448
0.014	0.325	0.014	0.452
0.015	0.328	0.015	0.456
0.016	0.331	0.016	0.460
0.017	0.334	0.017	0.465
0.018	0.337	0.018	0.470
0.019	0.341	0.019	0.475
0.021	0.344	0.021	0.480
0.022	0.348	0.022	0.486
0.023	0.352	0.023	0.492
0.025	0.357	0.025	0.499
0.026	0.362	0.026	0.505
0.028	0.367	0.028	0.513
0.030	0.372	0.030	0.521
0.032	0.377	0.032	0.529
0.034	0.383	0.034	0.538
0.036	0.390	0.036	0.547
0.038	0.397	0.038	0.557
0.040	0.404	0.040	0.567
0.043	0.411	0.043	0.579
0.045	0.420	0.045	0.590
0.048	0.428	0.048	0.603
0.051	0.437	0.051	0.617
0.054	0.447	0.054	0.631
0.058	0.457	0.058	0.646
0.061	0.468	0.061	0.662
0.065	0.480	0.065	0.679
0.069	0.493	0.069	0.697
0.074	0.506	0.074	0.717
0.078	0.520	0.078	0.737
0.083	0.535	0.083	0.759
0.088	0.550	0.088	0.782
0.094	0.567	0.094	0.807
0.100	0.585	0.100	0.833
0.106	0.604	0.106	0.844
0.113	0.624	0.113	0.844
0.120	0.645	0.120	0.844
0.127	0.668	0.127	0.844
0.135	0.673	0.135	0.844
0.143	0.673	0.143	0.844

SLD

Spettro Input RSL		Spettro Output RSL	
T (s)	Sa (g)	T (s)	Sa (g)
0.010	0.119	0.010	0.160
0.011	0.134	0.011	0.185
0.011	0.135	0.011	0.187
0.012	0.136	0.012	0.188
0.013	0.137	0.013	0.190
0.014	0.139	0.014	0.192
0.014	0.140	0.014	0.194
0.015	0.141	0.015	0.196
0.016	0.143	0.016	0.198
0.017	0.144	0.017	0.201
0.018	0.146	0.018	0.203
0.019	0.147	0.019	0.206
0.021	0.149	0.021	0.209
0.022	0.151	0.022	0.212
0.023	0.153	0.023	0.215
0.025	0.155	0.025	0.219
0.026	0.158	0.026	0.223
0.028	0.160	0.028	0.227
0.030	0.163	0.030	0.231
0.032	0.166	0.032	0.235
0.034	0.168	0.034	0.240
0.036	0.172	0.036	0.245
0.038	0.175	0.038	0.250
0.040	0.178	0.040	0.256
0.043	0.182	0.043	0.262
0.045	0.186	0.045	0.268
0.048	0.190	0.048	0.275
0.051	0.195	0.051	0.282
0.054	0.200	0.054	0.290
0.058	0.205	0.058	0.298
0.061	0.210	0.061	0.307
0.065	0.216	0.065	0.316
0.069	0.222	0.069	0.326
0.074	0.228	0.074	0.336
0.078	0.235	0.078	0.347
0.083	0.242	0.083	0.359
0.088	0.250	0.088	0.369
0.094	0.258	0.094	0.369
0.100	0.267	0.100	0.369
0.106	0.275	0.106	0.369
0.113	0.275	0.113	0.369
0.120	0.275	0.120	0.369
0.127	0.275	0.127	0.369
0.135	0.275	0.135	0.369
0.143	0.275	0.143	0.369

SLO

Spettro Input RSL		Spettro Output RSL	
T (s)	Sa (g)	T (s)	Sa (g)
0.010	0.090	0.010	0.116
0.011	0.101	0.011	0.134
0.011	0.101	0.011	0.135
0.012	0.102	0.012	0.137
0.013	0.103	0.013	0.138
0.014	0.104	0.014	0.139
0.014	0.105	0.014	0.141
0.015	0.106	0.015	0.142
0.016	0.107	0.016	0.144
0.017	0.108	0.017	0.145
0.018	0.109	0.018	0.147
0.019	0.110	0.019	0.149
0.021	0.111	0.021	0.151
0.022	0.113	0.022	0.153
0.023	0.114	0.023	0.156
0.025	0.115	0.025	0.158
0.026	0.117	0.026	0.161
0.028	0.119	0.028	0.163
0.030	0.121	0.030	0.166
0.032	0.123	0.032	0.169
0.034	0.125	0.034	0.173
0.036	0.127	0.036	0.176
0.038	0.129	0.038	0.180
0.040	0.132	0.040	0.184
0.043	0.134	0.043	0.188
0.045	0.137	0.045	0.193
0.048	0.140	0.048	0.197
0.051	0.143	0.051	0.203
0.054	0.147	0.054	0.208
0.058	0.150	0.058	0.214
0.061	0.154	0.061	0.220
0.065	0.158	0.065	0.226
0.069	0.162	0.069	0.233
0.074	0.167	0.074	0.240
0.078	0.171	0.078	0.248
0.083	0.177	0.083	0.256
0.088	0.182	0.088	0.265
0.094	0.188	0.094	0.267
0.100	0.194	0.100	0.267
0.106	0.200	0.106	0.267
0.113	0.207	0.113	0.267
0.120	0.207	0.120	0.267
0.127	0.207	0.127	0.267
0.135	0.207	0.135	0.267
0.143	0.207	0.143	0.267

0.152	0.856
0.162	0.856
0.172	0.856
0.183	0.856
0.194	0.856
0.206	0.856
0.219	0.856
0.233	0.856
0.247	0.856
0.263	0.856
0.279	0.856
0.296	0.856
0.315	0.856
0.335	0.856
0.355	0.856
0.378	0.856
0.401	0.839
0.426	0.790
0.453	0.744
0.481	0.700
0.511	0.659
0.543	0.620
0.577	0.584
0.613	0.549
0.651	0.517
0.692	0.487
0.735	0.458
0.781	0.431
0.829	0.406
0.881	0.382
0.936	0.360
0.994	0.339
1.056	0.319
1.122	0.300
1.192	0.282
1.267	0.266
1.346	0.250
1.430	0.235
1.519	0.222
1.614	0.209
1.714	0.196
1.821	0.185
1.935	0.174
2.056	0.164
2.184	0.154
2.320	0.145
2.465	0.137
2.619	0.129
2.782	0.121
2.956	0.114

0.152	1.082
0.162	1.082
0.172	1.082
0.183	1.082
0.194	1.082
0.206	1.082
0.219	1.082
0.233	1.082
0.247	1.082
0.263	1.082
0.279	1.082
0.296	1.082
0.315	1.020
0.335	0.960
0.355	0.904
0.378	0.851
0.401	0.801
0.426	0.754
0.453	0.709
0.481	0.668
0.511	0.629
0.543	0.592
0.577	0.557
0.613	0.524
0.651	0.493
0.692	0.464
0.735	0.437
0.781	0.411
0.829	0.387
0.881	0.365
0.936	0.343
0.994	0.323
1.056	0.304
1.122	0.286
1.192	0.269
1.267	0.254
1.346	0.239
1.430	0.225
1.519	0.211
1.614	0.199
1.714	0.187
1.821	0.176
1.935	0.166
2.056	0.156
2.184	0.147
2.320	0.138
2.465	0.130
2.619	0.123
2.782	0.115
2.956	0.109

0.152	0.673
0.162	0.673
0.172	0.673
0.183	0.673
0.194	0.673
0.206	0.673
0.219	0.673
0.233	0.673
0.247	0.673
0.263	0.673
0.279	0.673
0.296	0.673
0.315	0.673
0.335	0.673
0.355	0.673
0.378	0.673
0.401	0.647
0.426	0.609
0.453	0.573
0.481	0.539
0.511	0.508
0.543	0.478
0.577	0.450
0.613	0.423
0.651	0.399
0.692	0.375
0.735	0.353
0.781	0.332
0.829	0.313
0.881	0.295
0.936	0.277
0.994	0.261
1.056	0.246
1.122	0.231
1.192	0.218
1.267	0.205
1.346	0.193
1.430	0.181
1.519	0.171
1.614	0.161
1.714	0.151
1.821	0.142
1.935	0.134
2.056	0.126
2.184	0.119
2.320	0.112
2.465	0.105
2.619	0.099
2.782	0.091
2.956	0.081

0.152	0.844
0.162	0.844
0.172	0.844
0.183	0.844
0.194	0.844
0.206	0.844
0.219	0.844
0.233	0.844
0.247	0.844
0.263	0.844
0.279	0.844
0.296	0.844
0.315	0.823
0.335	0.774
0.355	0.729
0.378	0.686
0.401	0.646
0.426	0.608
0.453	0.572
0.481	0.538
0.511	0.507
0.543	0.477
0.577	0.449
0.613	0.423
0.651	0.398
0.692	0.375
0.735	0.353
0.781	0.332
0.829	0.312
0.881	0.294
0.936	0.277
0.994	0.260
1.056	0.245
1.122	0.231
1.192	0.217
1.267	0.204
1.346	0.192
1.430	0.181
1.519	0.171
1.614	0.161
1.714	0.151
1.821	0.142
1.935	0.134
2.056	0.126
2.184	0.119
2.320	0.112
2.465	0.105
2.619	0.099
2.782	0.093
2.956	0.088

0.152	0.275
0.162	0.275
0.172	0.275
0.183	0.275
0.194	0.275
0.206	0.275
0.219	0.275
0.233	0.275
0.247	0.275
0.263	0.275
0.279	0.275
0.296	0.275
0.315	0.275
0.335	0.259
0.355	0.244
0.378	0.230
0.401	0.216
0.426	0.203
0.453	0.191
0.481	0.180
0.511	0.170
0.543	0.160
0.577	0.150
0.613	0.141
0.651	0.133
0.692	0.125
0.735	0.118
0.781	0.111
0.829	0.105
0.881	0.098
0.936	0.093
0.994	0.087
1.056	0.082
1.122	0.077
1.192	0.073
1.267	0.068
1.346	0.064
1.430	0.061
1.519	0.057
1.614	0.054
1.714	0.051
1.821	0.048
1.935	0.045
2.056	0.042
2.184	0.038
2.320	0.033
2.465	0.030
2.619	0.026
2.782	0.023
2.956	0.021

0.152	0.369
0.162	0.369
0.172	0.369
0.183	0.369
0.194	0.369
0.206	0.369
0.219	0.369
0.233	0.369
0.247	0.369
0.263	0.368
0.279	0.346
0.296	0.326
0.315	0.307
0.335	0.289
0.355	0.272
0.378	0.256
0.401	0.241
0.426	0.227
0.453	0.213
0.481	0.201
0.511	0.189
0.543	0.178
0.577	0.167
0.613	0.158
0.651	0.148
0.692	0.140
0.735	0.131
0.781	0.124
0.829	0.116
0.881	0.110
0.936	0.103
0.994	0.097
1.056	0.091
1.122	0.086
1.192	0.081
1.267	0.076
1.346	0.072
1.430	0.068
1.519	0.064
1.614	0.060
1.714	0.056
1.821	0.053
1.935	0.050
2.056	0.047
2.184	0.044
2.320	0.040
2.465	0.036
2.619	0.032
2.782	0.028
2.956	0.025

0.152	0.207
0.162	0.207
0.172	0.207
0.183	0.207
0.194	0.207
0.206	0.207
0.219	0.207
0.233	0.207
0.247	0.207
0.263	0.207
0.279	0.207
0.296	0.207
0.315	0.207
0.335	0.207
0.355	0.195
0.378	0.184
0.401	0.173
0.426	0.163
0.453	0.153
0.481	0.144
0.511	0.136
0.543	0.128
0.577	0.120
0.613	0.113
0.651	0.107
0.692	0.100
0.735	0.095
0.781	0.089
0.829	0.084
0.881	0.079
0.936	0.074
0.994	0.070
1.056	0.066
1.122	0.062
1.192	0.058
1.267	0.055
1.346	0.052
1.430	0.049
1.519	0.046
1.614	0.043
1.714	0.041
1.821	0.038
1.935	0.036
2.056	0.032
2.184	0.029
2.320	0.025
2.465	0.022
2.619	0.020
2.782	0.018
2.956	0.016

0.152	0.267
0.162	0.267
0.172	0.267
0.183	0.267
0.194	0.267
0.206	0.267
0.219	0.267
0.233	0.267
0.247	0.267
0.263	0.267
0.279	0.257
0.296	0.242
0.315	0.228
0.335	0.214
0.355	0.202
0.378	0.190
0.401	0.179
0.426	0.168
0.453	0.158
0.481	0.149
0.511	0.140
0.543	0.132
0.577	0.124
0.613	0.117
0.651	0.110
0.692	0.104
0.735	0.098
0.781	0.092
0.829	0.086
0.881	0.081
0.936	0.077
0.994	0.072
1.056	0.068
1.122	0.064
1.192	0.060
1.267	0.057
1.346	0.053
1.430	0.050
1.519	0.047
1.614	0.044
1.714	0.042
1.821	0.039
1.935	0.037
2.056	0.035
2.184	0.031
2.320	0.028
2.465	0.024
2.619	0.022
2.782	0.019
2.956	0.017

3.140	0.104
3.336	0.092
3.544	0.081
3.765	0.072
4.000	0.064

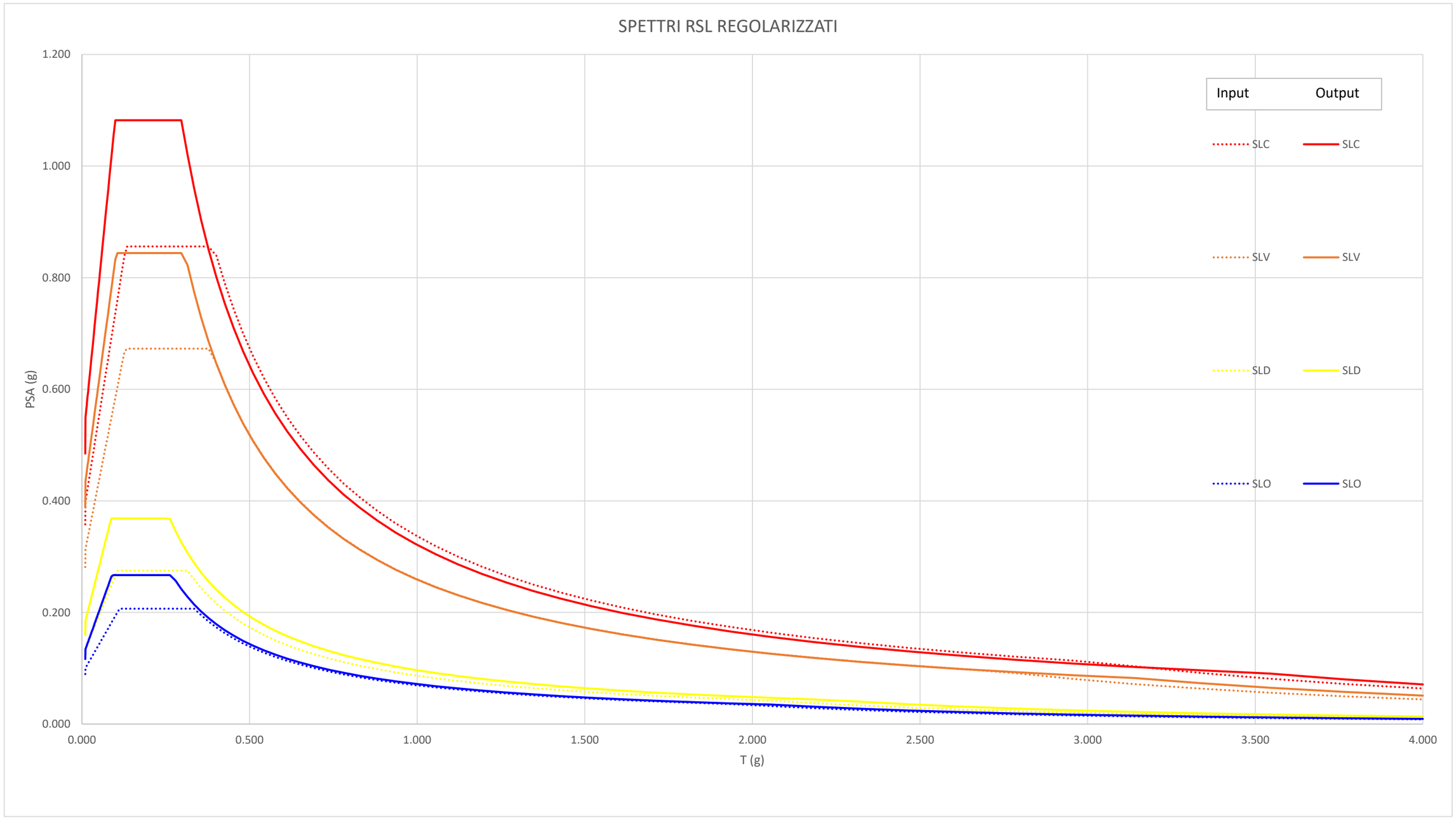
3.140	0.102
3.336	0.096
3.544	0.090
3.765	0.080
4.000	0.071

3.140	0.072
3.336	0.064
3.544	0.056
3.765	0.050
4.000	0.044

3.140	0.082
3.336	0.073
3.544	0.065
3.765	0.058
4.000	0.051

3.140	0.018
3.336	0.016
3.544	0.014
3.765	0.013
4.000	0.011

3.140	0.022
3.336	0.019
3.544	0.017
3.765	0.015
4.000	0.014

3.140	0.014
3.336	0.012
3.544	0.011
3.765	0.010
4.000	0.008

3.140	0.015
3.336	0.013
3.544	0.012
3.765	0.010
4.000	0.009