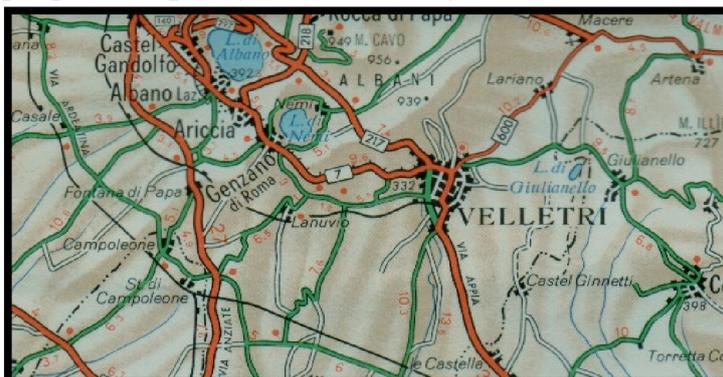


COMUNE DI VELLETRI



PROVINCIA DI ROMA

SERVIZIO DI CONSULENZA GEOLOGICO-TECNICA INERENTE IL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN FABBRICATO CON 24 ALLOGGI DI EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA IN ATTUAZIONE DEL “PIANO NAZIONALE DI EDILIZIA ABITATIVA D.P.C.M. 16 LUGLIO 2009” IN VIA SAN BIAGIO AL FOGLIO NR. 65 MAPPALI NR. 285, 286 NEL COMUNE DI VELLETRI (RM).

Relazione Geologica

Il Geologo

Dr. Pierluigi CERA

A.P. nr. 1453

Tel/fax: 0775527014; cell: 3280259327;
e-mail: piellecera@tiscali.it

SCALA : vedi carte

Data
Aprile 2018



1.PREMESSA

La presente relazione geologico-tecnica, commissionatami dall'Amministrazione comunale di Velletri ha come oggetto il progetto per la realizzazione di un fabbricato con 24 alloggi di Edilizia Residenziale Pubblica in attuazione del "Piano Nazionale di Edilizia Abitativa di cui al D.P.C.M. 16 Luglio 2009" nel comune di Velletri, in via San Biagio e censito nel Foglio catastale nr. 65, Mappali 285, 286.

L'oggetto della seguente relazione ha lo scopo di accertare le caratteristiche geomorfologiche e geologico-tecniche dei terreni, in modo da poter giungere ad una valutazione dell'impatto dell'opera realizzata sull'assetto geologico-ambientale dell'area in esame.

Le indagini eseguite, sono in accordo con le normative esistenti:

Decreto ministeriale 14 Gennaio 2008 e D.G.R. 387 del 22/05/2009 e conforme con le direttive del Regolamento Sismico Regione Lazio in data 13 Luglio 2016 nr. 14 inerente la materia sul rischio sismico.

In base alla nuova direttiva regionale sulla base dell'interazione fra le Pericolosità Geologiche e le Classi d'uso delle Opere si considera il fabbricato con un livello di vulnerabilità in base alla classe sismica del comune di Velletri 2b (Alto).

Allo scopo di ottenere dei dati necessari ad una corretta caratterizzazione geomeccanica dei terreni, l'indagine è stata articolata nelle seguenti fasi:

- Rilevamento geologico dell'area, tale da determinare l'origine e la natura dei litotipi in situ, il loro stato di alterazione, fratturazione e degradabilità;
- Lineamenti geomorfologici, atti a verificare eventuali processi degenerativi in atto o potenzialmente futuri;
- Esecuzione di un sondaggio meccanico a carotaggio continuo spinto alla profondità di 30 metri dal p.c.
- Analisi dei parametri fisici e geotecnici dei terreni interessati alla posa delle fondazioni del fabbricato con prelievo di un campione indisturbato alla profondità di 3,0 metri dal p.c.
- Esecuzione di due prove MASW incrociate nell'area di edificazione
- Esecuzione di una prova HVSr (tromino) al centro del futuro fabbricato
- Sezione stratigrafica dell'area di sedime al di sotto delle fondazioni

Sono stati altresì ricavati dati geologici, tecnici ed idrogeologici da: *Idrogeologia della Provincia di Roma, Regione Vulcanica dei Colli Albani vol.3* (Ugo Ventriglia, 1990); *Geotecnica* (R. Lancellotta, 1991); *Il manuale del Geologo* (M. Casadio e Carlo Elmi,

1995), Carta del PAI, Carta Autorità di Bacino tav XI, Carta della Microzonazione sismica di Livello I del comune di Velletri (geologo Vincenzo Pasquali)

Di seguito, per rispettare il suddetto Regolamento Sismico della Regione Lazio, si sono svolti e sono in fase di elaborazione e verranno allegati alla successiva integrazione a codesta Relazione Geologica, le seguenti prove:

- ☐ secondo sondaggio a carotaggio continuo spinto a 30 m.p.c. con prelievo ed analisi fisiche e geotecniche di due campioni
- ☐ esecuzione di SPT a fondo foro
- ☐ attrezzatura del foro per svolgere la prova geofisica diretta Down-Hole
- ☐ esecuzione di due prove DPSH
- ☐ analisi della Risposta Sismica Locale

2. LINEAMENTI GEOGRAFICI E GEOMORFOLOGICI

L'area designata, dove è ubicato il sito interessato allo studio geologico è sito all'interno dell'area urbanizzata del comune di Velletri, ad un'altimetria di circa 310 metri s.l.m. e si trova nella zona est del comune, dove le acclività risultano essere basse, in quanto sono state modificate dall'urbanizzazione molto intensa.

L'agglomerato urbano del comune di Velletri è posizionato in un colle di prodotti piroclastici di ricaduta, al di sotto dei quali si trovano delle colate laviche leucititiche ben evidenti, con scarpate ai margini destro e sinistro dell'agglomerato urbano.

La zona è dominata da un paesaggio leggermente degradante verso sud e modellato dell'azione dinamica dei corsi d'acqua temporanei che si diramano dai fianchi della cinta Vulcanica in linee preferenziali di scorrimento di flusso nord-sud in modo divergente, originando una serie di valli come quella interessata da fossi Vallone e Peschio, i quali si raccordano a sud del territorio di Velletri nel fosso delle Mole.

La morfologia del sito è caratterizzata da acclività molto basse fino a sub-orizzontali (<8%), contraddistinguendo il paesaggio con un andamento sub pianeggiante, leggermente degradante a sud.

La natura litologica dei terreni presenti in loco è il risultato dell'attività parossistica del vulcano e di quella degli agenti esogeni che hanno risedimentato i prodotti vulcanici nelle valli con spessori elevati a granulometria argillosa limosa debolmente sabbiosa.

Durante i lavori eseguiti con il sondaggio e masw si è evidenziato per l'intera profondità 30 metri p.c. delle piroclastiti vulcaniche sedimentologico può essere ascritto alle *“piroclastiti a granulometria argillosa-limosa debolmente sabbiosa di colore marrone con prodotti femici e leucite analcimizzata tendente con la profondità ad assumere caratteristiche sabbiose addensate,”*.

I dettagli plano-altimetrici e geologici sono riportati negli allegati seguenti:

- Planimetria catastale alla scala 1:2.000;
- Stralcio P.R.G. comune di Velletri alla scala 1:5.000
- Stralcio Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000
- Stralcio Carta I:G:M alla scala 1:25.000
- Stralcio Carta Geologica, sezione geologica alla scala 1:50.000
- Stralcio Carta Idrogeologica della Provincia di Roma alla scala 1:50.000
- Sezione Geologica al di sotto delle fondazioni del fabbricato alla scala 1:500
- Stralcio Carta Geologica di Dettaglio del sito alla scala 1:1.000
- Stralcio Carta Microzonazione sismica di livello I alla scala 1:7.500
- Stralcio Carta del P.A.I. alla scala 1:25.000
- Stralcio Carta Autorità di Bacino XI alla scala 1:25.000
- Colonnina Stratigrafica del Sondaggio alla scala 1:150
- Elaborazione dati prove MASW con grafici e foto delle posizioni
- Elaborazione dati HVRS con grafici e foto sua posizione
- Analisi Fisiche e Geotecniche del campione indisturbato con foto delle cassette catalogatrici

3. LINEAMENTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

3.1 Schema geotettonico dei Colli Albani

La regione dei Colli Albani ricade in un'area tettonizzata ed è situata fra la facies umbro-marchigiana e quella laziale-abruzzese.

La regione è interessata da più sistemi di faglie, alcune con direzione NO-SE, in particolare in Abruzzo, in Campania, nel Lazio meridionale, ed alcune con direzione N-S più determinanti e frequenti nell'Appennino Umbro-Sabino orientale.

Le spinte orogeniche che hanno portato alla formazione di queste faglie hanno avuto il massimo sviluppo nel Miocene.

Realizzazione di un fabbricato per Edilizia Residenziale Pubblica

A causa di queste faglie l'attuale substrato della regione si è venuto a trovare suddiviso in zolle più o meno grandi dislocate in modo vario fra di loro, ma profondamente ribassate rispetto alle vicine masse calcaree mesozoiche affioranti a sud e ad est.

E' nata così una grande zona ribassata che comprende l'attuale fossa pontina, l'attuale fossa romana e tutta la zona compresa tra i monti Prenestini, Tiburtini ed il Mar Tirreno.

Questa zona si è venuta a trovare invasa dal mare pliocenico e successivamente calabriano e siciliano per cui in essa si sono formati depositi di argille che hanno in parte livellato i dislivelli esistenti.

In concomitanza ai depositi di argilla sono seguiti dei movimenti tettonici, la cui massima potenza si è avuta nel Miocene.

La zona a sud di Roma, interessata più direttamente dall'azione del vulcano dei Colli Albani, risulta ancora ribassata rispetto alla zona est di Roma la quale è stata, a sua volta, ribassata rispetto alla zona a nord ovest della stessa.

Infatti l'apparato vulcanico dei Colli Albani si è sviluppato in una zona particolarmente fagliata e ribassata rispetto alle zone circostanti.

La massa magmatica ha avuto la possibilità di sollevarsi più facilmente, raggiungendo la superficie a causa delle tante fratture che non creavano resistenza.

L'attività vulcanica si è sviluppata di certo dopo il Calabriano anche se le diverse fasi tettoniche si sono avute nei precedenti periodi geologici dall'Eocene in poi.

Il magma, risalendo, è venuto a contatto con rocce carbonatiche, assimilando così i calcari e le dolomie che poi nel processo di evoluzione ha dato vita ad una composizione leucitica.

L'attività del Vulcano Laziale, soprattutto all'inizio, non si è sviluppata solo attraverso un condotto principale, bensì in diversi cammini indipendenti che hanno alimentato bocche di esplosione, di più limitata estensione

L'edificio vulcanico si estende per circa 1500 Km² ed ha una struttura tronco conica alta circa 1000 metri, all'interno della quale si evidenzia una depressione calderica di circa 10 Km, al cui interno si erge l'edificio delle Faete, con il cratere dei Campi d'Annibale, e una successione di crateri che ospitano i laghi di Nemi ed Albano e quello prosciugato di Ariccia ed una sequenza di laghetti fossili nella zona nord del Vulcano.

Le successioni stratigrafiche della zona oggetto di questo lavoro sono costituite da terreni prevalentemente vulcanici, appartenenti alla successione delle colate piroclastiche e laviche del Vulcano Laziale, attribuibili alla fase Tuscolana-Artemisio. Il Vulcano Laziale inizia la sua attività intorno ai 0.53 m.a. e per semplicità essa viene suddivisa in tre fasi principali.

La prima fase, in ordine cronologico, comprende 4 cicli caratterizzati dalla messa in posto di colate piroclastiche e piroclastiti, associate a lave di chiusura dell'attività.

Nel primo ciclo vengono eruttate tre colate piroclastiche, in rapida successione, concentrata nella parte SW del complesso vulcanico ed è datata intorno ai 0,6-0,5 m.a.

Nel secondo ciclo, datato 0,480 m.a. circa, si ha la messa in posto più potente di materiale piroclastico, dell'ordine dei 90 metri di spessore, ed è localizzato nella parte orientale del complesso vulcanico (Pozzolane rosse).

Il terzo ciclo ha la stessa unità in colata piroclastica, ma molto meno potente e ridotta in estensione e manca della fase effusiva al tetto.

Nell'ultimo ciclo, datato 0,360 m.a., continua l'emissione di una unità piroclastica con due fasi di flusso note in letteratura (Tufo litoide e Tufo di Villa Senni).

Quest'ultima eruzione determinerà il collasso dell'edificio vulcanico attraverso fratture causate dalla tettonica regionale nella parte sommitale, con emissione ingente di scorie e di lapilli, e con lave in secondo ordine, generando la caldera.

La seconda fase, dei Campi d'Annibale o delle Faete, è anch'essa suddivisa in cicli di minore importanza, in quanto il volume di materiale eruttato si aggira intorno ai 2 Km³, rispetto ai circa 200 Km³ della prima fase: essa è databile tra i 0,300 m.a. e i 0,100 m.a., dove l'attività esplosiva a condotto aperto, di tipo Stromboliano, ha imposto materiali piroclastici alternati a sporadiche colate laviche.

L'attività esplosiva di questa nuova attività, oltre ad aver prodotto un recinto vulcanico interno al vecchio condotto vulcanico, ha dato origine alla formazione di numerosi coni di scorie. Successivamente alcune esplosioni finali hanno dato origine alla formazione dei monti Cavo, Iano e Vescovo.

La terza fase, dove si chiuderà l'attività vulcanica, è detta Idromagmatica finale, datata tra i 0,100 m.a. e i 0,020 m.a. e caratterizzerà la morfologia attuale del complesso vulcanico. Tale fase esplosiva avviene dall'interazione delle masse magmatiche, relativamente limitate e superficiali e la falda acquifera presente nelle rocce sedimentarie carbonatiche intensamente fratturate ed argillose.

3.2 Geologia di dettaglio dell'area oggetto di studio

L'inquadramento geologico dell'area oggetto di studio è caratterizzato dalla presenza di piroclastiti vulcaniche argillose-limose debolmente sabbiose da coesive a granulari incoerenti con la profondità.

Lungo il perimetro del centro storico affiorano le lave leucititiche mentre nella zona di via San Biagio per la forte antropizzazione non si evidenziano litologie in affioramento, comunque da altri sondaggi svolti nelle zone limitrofe al sito oggetto di studio si ha una conferma dello spessore dello strato litologico di più di 30 metri di terreni piroclastici dovuti alla risedimentazione prodotta dalle acque che hanno colmato la zona.

Dal sondaggio svolto per l'intera profondità di battuta sono stati trovati terreni vulcanici del complesso Vulcanico Laziale fino alla profondità di 30,00 dal p.c.

Le unità litostratigrafiche dei terreni affioranti nel sito in esame sono dalla più recente alla più antica:

- ✿ Piroclastiti vulcaniche a granulometria argillosa-limosa tendente a sabbiosa; tali prodotti sono ascrivibili a fenomeni eruttivi della cinta interna dell'apparato vulcanico dei Colli Albani. (Pleistocene medio)

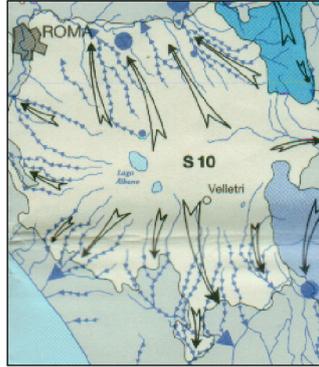
3.3 Idrogeologia ed idrografia

L'area di Velletri appartiene al complesso idrogeologico delle vulcaniti, ovvero delle unità vulcaniche del Distretto dei Colli Albani **S 10**; in generale, le caratteristiche idrogeologiche sono alquanto complesse, essendo il territorio molto vasto e complesso litologicamente

Le serie sedimentarie pre-vulcaniche, con i loro orizzonti sabbiosi permeabili alternati ad argille, e le serie vulcaniche dei Colli Albani, determinano l'alternanza di livelli permeabili-impermeabili. Il sedimento post-vulcanico è decisamente poco permeabile anche se vi sono delle lenti di materiale permeabile contenuto all'interno dei limi e argille; in questo modo si instaurano delle variazioni di permeabilità sia orizzontali che verticali. Il principale corso d'acqua, il fiume Astura con i suoi torrenti, ad esso tributari, rappresentano assi di drenaggio per le circolazioni idriche sotterranee.

Le circolazioni superficiali seguono l'andamento della topografia e della morfologia superficiale

Realizzazione di un fabbricato per Edilizia Residenziale Pubblica



Distretto idrogeologico dei Colli Albani S.10

Dal punto di vista idrografico, l'area esaminata appartiene alla parte alta del *Bacino del fosso delle Mole*, drenato nella parte alta **dal fosso Vallone La Regina e Peschio**, che si diparte dalle pendici del monte Artemisio fino al territorio del comune di Cisterna di Latina, occupando una regione mediamente collinare, con un'altitudine media di 200 m s.l.m. ed una pendenza media del 10,0 %.

In esso affiorano soltanto i terreni quaternari continentali e i prodotti lavici e piroclastici del Vulcano dei Colli Albani.

Sul fondo valle dei fossi sono presenti alluvioni attuali e recenti costituite da limo, sabbie e argille, mentre i sedimenti piroclastici sono caratterizzati dalla presenza dei vari tufi grigi, pozzolane e lapilli varicolori debolmente argillificati. Sono questi terreni che presentano una permeabilità media per porosità (alluvioni, pozzolane) ovvero per discontinuità (tufo litoide).

La falda principale, generalmente profonda, poggia sui livelli impermeabili sottostanti le vulcaniti, ha direzione N-S e presenta una discreta potenzialità dato che, con l'ausilio di pozzi, possono essere emunte portate di vari litri al secondo; si possono incontrare falde secondarie sospese grazie alla discontinuità delle caratteristiche di permeabilità dei tufi e alla presenza di livelli argillosi intercalati alle piroclastiti. L'acquifero del sito in esame è alimentato dal rilievo dei Colli Albani; esso ha elevate capacità di rialimentazione ed è molto ricco in acqua con risorse sotterranee che fluiscono all'interno dei terreni vulcanici caratterizzati da un'elevata trasmissività: 10^{-4} – 10^{-5} cm²/s. Le superfici piezometriche seguono un andamento semicircolare con una continua diminuzione di quota all'avvicinarsi degli assi drenanti e direzione sud.

La permeabilità dei terreni presenti nell'area è variabile e rispecchia la granulometria degli stessi, infatti si passa da valori medio-bassi (Pp^{2-3}) per le alluvioni e le sabbie-limose e (Pf^2) per le lave; a permeabilità medie (Pp^{1-2}) per i tufi e le pozzolane grigie scure; fino ai lapilli e alle scorie vulcaniche, che sono altamente permeabili per

fratture (Pp¹). Quindi i terreni rientranti nel bacino idrografico possono considerarsi nel suo complesso mediamente permeabili.

Dal riquadro Q35 della Carta Idrogeologica della Provincia di Roma allegata alla relazione, si evince che la falda di base si trova ad una profondità che si aggira intorno ai 272 in base ai pozzi catalogati nr. 11, 12, 13 del su indicato riquadro.

4. MODALITA' D'INDAGINE

Per poter definire le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati all'opera in oggetto, in base alle prescrizione della Regione Lazio (Regolamento Sismico del 13 Luglio del 2016) l'opera rientra nel livello di Vulnerabilità Medio svolgendo le seguenti indagini geognostiche.

Si è effettuato un sondaggio meccanico a rotazione continua spinto alla profondità di 30 metri dal p.c. prelevando nel contempo un campione indisturbato a 3,0 metri la p.c. da esso si sono svolte le canoniche analisi fisiche e geotecniche per la caratterizzazione del terreno interessato alle fondazioni.

In ultima si sono svolte anche 3 prove SPT a fondo foro.

Sotto un aspetto generale, i dati ricavati hanno permesso di ricostruire l'andamento stratigrafico dell'area per una profondità adeguata al volume significativo di terreno interessato dalle tensioni indotte dalle strutture.

Di seguito si sono svolte due prove sismiche indirette MASW incrociate nell'area di studio per la caratterizzazione della Vs30 e una prova HVSR (tromino) al centro del futuro fabbricato.

Le caratteristiche tecniche del penetrometro utilizzato e i valori numerici ottenuti sono riassunti in dettaglio negli elaborati grafici e nelle tabelle allegate alla relazione geologica.

Grazie ai valori geotecnici si è potuto redigere quanto segue.

5- CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Per determinare la stratigrafia e le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti, è stato eseguito n°1 sondaggio a carotaggio continuo.

Dai dati ricavati quindi si è rilevato che il terreno al di sotto del piano campagna nel sito in oggetto può definirsi costituito dai seguenti livelli geolitologici:

Realizzazione di un fabbricato per Edilizia Residenziale Pubblica

- □ Piroclastite argillosa-limosa debolmente sabbiosa di colore marrone (Rp > 500kPa); prelievo campione indisturbato a -3,00 m.p.c. a -7,50 m.p.c. SPT (4,6,5 Nspt=11) Pocket Penetrometro (-5,5 m.p.c. 4,0 kg/cm²; -5,9 m.p.c. 3,7 kg/cm²; -6,4 m.p.c. 3,8 kg/cm²; -6,9 m.p.c. 3,6 kg/cm²; -7,4 m.p.c. 3,9 kg/cm²; -9,2 m.p.c. 4,5 kg/cm²); **spessore da 0,00 m.p.c.- 12,30 m.p.c.**
- □ Piroclastite limo-sabbiosa grigio-marrone (cinerite) ricca di leucite; **spessore da 12,30 m.p.c.- 13,00 m.p.c.**
- □ Piroclastite tufacea limo-sabbiosa incoerente marroncina con presenza di elementi femici, biotite e leucite a -13,50 m.p.c. SPT (10,7,8 Nspt=15); **spessore da 13,00 m.p.c.- 19,20 m.p.c.**
- □ Piroclastite limo-sabbiosa grigio-marrone (cinerite) ricca di leucite; **spessore da 19,20 m.p.c.- 21,00 m.p.c.**
- □ Piroclastite tufacea limo-sabbiosa debolmente argillosa incoerente da marrone a verde oliva a -22,00 m.p.c. SPT (10,11,10 Nspt=21); **spessore da 21,00 m.p.c.- 30,00 m.p.c.**

I risultati delle S.P.T. sono stati ricavati calcolando il numero dei colpi di infissione della punta per 45 cm, colpita con un maglio di 63,50 kg da un'altezza di 76,20 cm e correlate alle tabelle delle proprietà delle sabbie.

RIEPILOGO DATI CAMPIONE INDISTURBATO A – 3,00 M.P.C.

“Piroclastite a granulometria argillosa-limosa debolmente sabbiosa di colore marrone”

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	30,7	%
Peso di volume	15,0	kN/m ³
Peso di volume secco	11,5	kN/m ³
Peso di volume saturo	16,7	kN/m ³
Peso specifico	2,49	
Indice dei vuoti	1,124	
Porosità	52,9	%
Grado di saturazione	68,0	%
Limite di liquidità	51,9	%
Limite di plasticità	37,3	%
Indice di plasticità	14,6	%
Indice di consistenza	1,45	
Passante al set. n° 40	SI	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	9,2	%
Limo	22,8	%
Argilla	68,0	%
D 10		mm
D 50		mm
D 60	0,002011	mm
D 90	0,061750	mm
Passante set. 10	98,9	%
Passante set. 42	95,7	%
Passante set. 200	90,8	%

COMPRESSIONE

σ	418	kPa	σ_{Rim}	kPa
c_u	209	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta				
c	29,9	kPa	ϕ	26,2 °

$\gamma_{sat} = 1,70 \text{ g/cm}^3$	$\phi' = 26,20$	$c' = 0,30 \text{ kg/cm}^2$
--------------------------------------	-----------------	-----------------------------

I risultati delle S.P.T. sono stati ricavati calcolando il numero dei colpi di infissione della punta per 45 cm, colpita con un maglio di 63,50 kg da un'altezza di 76,20 cm e correlate alle caratteristiche dei limi-sabbiosi.

Profondità S1	N. colpi	N. Nspt	ϕ' (°)	<u>MODULO ELASTICO DI</u> <u>YOUNG E(kg/cm2)</u>	MODULO DI TAGLIO G (kg/cm2)	Modulo edometrico M (kg/cm2)	Velocità onde S (m/sec)
7,50	4,6,5	11	27,8	51	731	78	174
13,50	10,7,8	15	30,0	64	926	107	206
22,00	10,11,10	21	32,7	84	1195	149	313

6. ANALISI SISMICA TRAMITE L'ESECUZIONE E L'ELABORAZIONE DELLE PROVE SISMICHE M.A.S.W. E H.V.R.S.

Nella presente relazione vengono riportate le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di 2 indagini sismiche con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), effettuata in via San Biagio a Velletri (Rm). Lo scopo delle indagini è stato quello di calcolare, per le aree in oggetto, il parametro Vs30 con cui classificarne sismicamente il suolo ai fini della recente normativa tesa a garantire un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (Eurocodice 7,8; O.P.C.M. 3274 e successive modificazioni; N.T.C. 14.01.2008), desumendolo dall'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità. Nelle pagine seguenti saranno descritte le caratteristiche della metodologia d'indagine, le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse. Per i cenni teorici sul metodo della prova masw e sulle modalità di acquisizione nonché sulle caratteristiche del sismografo si rimanda agli allegati a tergo della relazione geologica.

I grafici e i risultati sono riportati negli allegati della relazione geologica, di seguito vengono redatti i valori sintetici:

Sezione (n°)	Passo (m)	Campionamento	Registrazione	Vs ₃₀ media	Categoria di suolo
MASW 1	2	1 ms	1sec	192	C
MASW 2	2	1 ms	1sec	197	C

GRADO	CLASSE	VELOCITÀ SISMICA (m/s) E DESCRIZIONE DEI TERRENI
Discreto	C	<i>Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180m/s e 360m/s</i>

Nel sito inoltre è stata effettuata una indagine sui microtremori (Vedi allegati) con un tromografo digitale compatto, TROMINO, al fine di individuare la frequenza fondamentale di risonanza del terreno al sito d'indagine:

Analisi	Max H/V (Hz)	A ₀	DIRECTIONAL H/V	Percentuale della traccia analizzata (%)
HVSR 1	a 1.81 ± 0.17 Hz	3.44	SSE-NNW	88

7. SISMICITA' E MODELLO SISMICO DEL SITO

Il sito ricade nel territorio del Comune di Velletri il quale è classificato sismicamente, secondo l'O.P.C.M. n. 3274/03 e l'O.P.C.M. n. 3519/06, come zona sismica 2B.

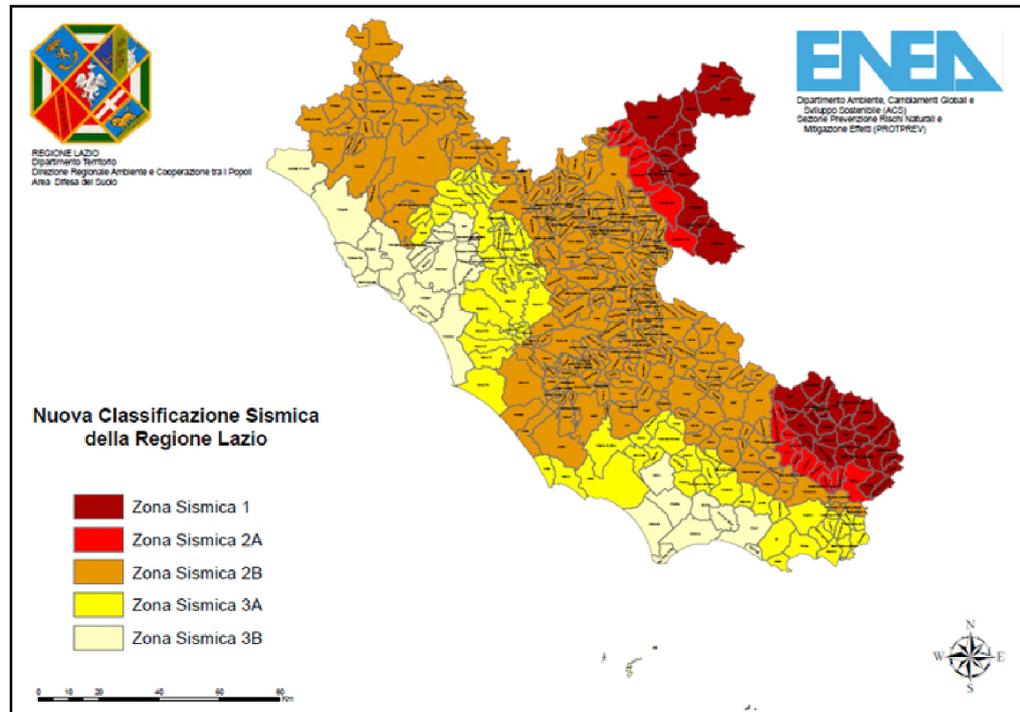


Fig. 9: Classificazione sismica della regione Lazio

Nella tabella di seguito riportata si descrive la classificazione delle zone sismiche, individuate secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo le O.P.C.M. 3274/03 e 3519/06:

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g]
1		$0.25 \leq a_g < 0.278$ (valore Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(valore min per il Lazio) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Tabella III: Dati relativi ai vertici della maglia contenente il sito in studio ai sensi delle NTC 2008.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 la stima della pericolosità sismica viene definita con approccio di tipo "sito dipendente"; ed infatti l'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei vari stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito da costruire, elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione stessa.

Nel sito è stata effettuata una campagna sismica di tipo MASW che ha permesso di ottenere il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi trenta metri (V_{s30}) a partire dal piano di posa delle fondazioni.

Il comune di Velletri, che è inserito nella regione geografica dei Colli Albani, presenta un'attività sismica del tutto particolare: infatti ad una frequenza elevata delle scosse, si contrappone la modesta intensità epicentrale e una esigua estensione areale dell'influenza tellurica.

Questa condizione particolare viene ricondotta all'assetto geo-strutturale della zona, che da profili gravimetrici può essere considerata come una unità sismogenetica isolata, in quanto risulta essere caratterizzata strutturalmente da un basamento carbonatico mesozoico dello spessore di circa 5 Km, intensamente fratturato secondo faglie ortogonali con direzione NNE e ESE e al di sopra del suddetto basamento si trovano le vulcaniti e il complesso argilloso del Plio-Pleistocene.

Le fratture che caratterizzano il basamento carbonatico hanno dato origine all'attività parossistica del vulcano e di conseguenza alla identificazione e localizzazione degli ipocentri in linee di maggiore stress tettonico, che sviluppano la loro energia ad una profondità relativamente bassa, intorno ai 5 Km., ed evidenziano che la vulcano-tettonica locale è attiva e in fase di assestamento definitivo.

In base alle notizie storiche e in particolare dalla messa in atto di una rete di sismografi su tutto il territorio nazionale, si è constatato che nel periodo di tempo tra il 1700 e il 1975 si sono verificati nell'intero comune di Velletri circa 979 terremoti con intensità massima di alcuni pari all'8° della scala Mercalli-Sieberg; questo valore, relativamente elevato, lo si ha, perché gli ipocentri hanno una modesta profondità, dell'ordine delle centinaia di metri.

Tutti gli eventi sismici caratterizzanti la zona dei Colli Albani sono causati da un rilascio d'energia di magnitudo $M < 5,2$ e la maggior parte di essi rientrano in un range tra $3,5 < M < 4,0$. Attraverso alcuni studi riguardanti la variazione della magnitudo in funzione del tempo di ritorno si è constatato, per la zona di Velletri, che con

l'aumentare del tempo di ritorno si ha un lievissimo aumento dell'energia liberata espressa in magnitudo M da un sisma. Infatti in base alle formule:

$$\underline{M = 0,019T + 4,290 \quad \text{per } 4,0 < M < 5,2 \quad M = 0,016T + 3,880 \quad \text{per } 3,5 < M < 4,0}$$

dove M è la magnitudo e T il tempo in ore espresso in logaritmo;

risulta che l'aumento della magnitudo per un tempo di ritorno di cento anni è circa un decimo di unità M e quindi la massima energia esprimibile da un sisma nella zona dei Colli Albani risulta essere intorno alla magnitudo $M = 5,0$ pari all'8° della scala MS.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la categoria del suolo di fondazione può essere ascritta con la categoria C del decreto su indicato: ai depositi di sabbie mediamente addensate o di argille di media consistenza caratterizzati da Vs30 tra i 180/360 m/sec (15 < Nspt < 50; 70 < cu < 250 kPa).

In ultima analisi per valutare gli effetti locali di uno scuotimento tellurico, risulta pregiudiziale la situazione geomorfologica e litologica della zona in esame, nel caso più specifico la morfologia leggermente collinare e la presenza di terreni piroclastici da mediamente ad addensati tenderebbero ad escludere eventuali fenomeni di amplificazione sismica e di liquefazione.

Nella definizione della Vs30, che è la velocità media di propagazione entro i 30 m di profondità delle onde di taglio si utilizzerà la seguente formula $V_{s30} = 30 / (\sum h_i/V_i)$; con h_i e V_i che indicano lo spessore e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 0,000001$). Quindi il sito verrà classificato o in base al valore della Vs30 o dal valore di Nspt trovato.

Per quanto riguarda i valori da immettere nello spettro di risposta elastico della componente orizzontale si utilizzano i seguenti valori:

Categoria del suolo	S	TB	TC	TD
A	1,00	0,15	0,40	2,0
B,C,E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

Per la componente verticale dello spettro di risposta elastico i valori sono:

Categoria del suolo	S	TB	TC	TD
A,B,C,D,E	1,0	0,05	0,15	1,0

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLO

Stato Limite	SLO	Parametri Dipendenti	
ag	0,053 g	S	1,500
Fo	2,439	$\dot{\eta}$	1,250
Tc	0,259 s	T _B	0,142 s
Ss	1,500	T _C	0,425 s
Cc	1,640	T _D	1,813 s
ST	1,000		
q	0,800		
Punti dello spettro d'emissione			
T(s)	Se(g)		
0,142	0,244	T _B	
0,425	0,244	T _C	
1,813	0,057	T _D	

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD

Stato Limite	SLD	Parametri Dipendenti	
ag	0,071 g	S	1,500
Fo	2,372	$\dot{\eta}$	1,250
Tc	0,269 s	T _B	0,145 s
Ss	1,500	T _C	0,435 s
Cc	1,620	T _D	1,885 s
ST	1,000		
q	0,800		
Punti dello spettro d'emissione			
T(s)	Se(g)		
0,145	0,317	T _B	
0,435	0,317	T _C	
1,885	0,073	T _D	

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Stato Limite	SLV	Parametri Dipendenti	
ag	0,163 g	S	1,446
Fo	2,595	η	1,250
Tc	0,276 s	T _B	0,148 s
Ss	1,446	T _C	0,444 s
Cc	1,605	T _D	2,254 s
ST	1,000		
q	0,800		
Punti dello spettro d'emissione			
T(s)	Se(g)		
0,148	0,766	T _B	
0,444	0,766	T _C	
2,254	0,151	T _D	

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC

Stato Limite	SLC	Parametri Dipendenti	
ag	0,208 g	S	1,383
Fo	2,539	η	1,250
Tc	0,283 s	T _B	0,150 s
Ss	1,383	T _C	0,450 s
Cc	1,593	T _D	2,433 s
ST	1,000		
q	0,800		
Punti dello spettro d'emissione			
T(s)	Se(g)		
0,150	0,914	T _B	
0,450	0,914	T _C	
2,433	0,169	T _D	

Tutti i valori inerenti la categoria di appartenenza del sito oggetto di studio, il quale rientra nei nodi di investigazione sismica del comune di Velletri e sono stati ricavati con il programma "Spettri NTC ver. 1.0.3." del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

CONCLUSIONI

In base alla valutazione delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione, in relazione alle entità delle reazioni reologiche e meccaniche del terreno e nel rispetto delle raccomandazioni su prescritte, si può stimare in prima approssimazione che il terreno di fondazione per le opere d'arte in progetto, possiede caratteristiche geotecniche adeguate alle tensioni indotte dalle strutture esistenti.

Il sito oggetto di studio è caratterizzato da una sequenza di materiali piroclastici del Vulcano Laziale, che al tetto assumono caratteristiche geotecniche discrete, in quanto la formazione ha connotati litologici ascrivibili a materiali **piroclastici vulcanici mediamente consistenti argillosi-limosi debolmente sabbiosi, tendenti al sabbioso addensato con il procedere della profondità.**

Visto che la posa delle fondazioni, è da collocare ad una profondità di circa 1,5 metri dal p.c. si è prelevato il campione indisturbato alla profondità di -3,0 m.p.c.; tale litologia del terreno risulta essere rappresentativo dello strato geotecnico interessato dalle opere fondazionali.

In base ai valori trovati, attraverso le analisi fisiche e geotecniche del campione prelevato, nonché le prove S.P.T. svolte a fondo foro, si consiglia di adottare per le future fondazioni dell'edificio e vista la natura litologica del terreno (piroclastica), **l'infissione di pali giustamente dimensionati, con travi di collegamento.**

Per quanto riguarda il valore della **$V_{s30} = 192-197$ m/sec** si rimanda all'analisi dei valori svolti nella prova sismica e spiegati **nel cap. 6** e alla tavola riportata a tergo della suddetta relazione geologico-tecnica; grazie alla prova sismica **si è confermata la natura del terreno con la categoria C del decreto su indicato.**

Non si è osservato nessun tipo di dissesto gravitativo né potenziale né in atto, non sono stati riscontrati altresì elementi o strutture geomorfologiche associabili a dissesti idrogeologici.

Sotto il profilo idrogeologico non sussistono pericoli di contatto e problemi di vulnerabilità delle future strutture fondazionali con eventuali falde: sia temporanee che

Realizzazione di un fabbricato per Edilizia Residenziale Pubblica

di base e vista la conformazione morfologica del sito non dovrebbero esserci problemi di alluvionamento da parte delle acque meteoriche.

La zona di edificazione si presenta con una morfologia sub-orizzontale con leggere pendenze verso sud e risulta essere stabile dal punto di vista geomorfologico e dinamico (assenza di soliflussioni e di piccoli movimenti che possano prefigurare un iniziali smottamenti). Quindi non va calcolato il fattore di sicurezza per lo scivolamento di un pendio, vista la normativa vigente del DPCM 3274/03, che prevede la verifica della stabilità di una massa di terreno delimitata dalla superficie libera e dalla più sfavorevole delle superfici di potenziale scorrimento con inclinazioni $> 15^\circ$ e dislivelli superiori a circa 30 m.

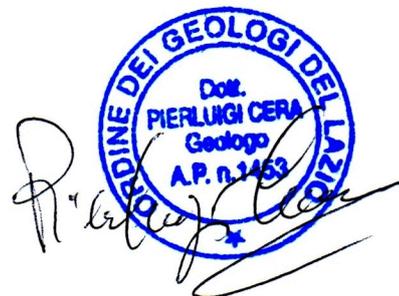
La caratterizzazione dei fenomeni di ruscellamento forzato delle acque meteoriche e i conseguenti fenomeni di erosione, dovuti sia alla saturazione dei sedimenti vulcanoterrigeni, sia ai fenomeni violenti degli agenti atmosferici, potrebbero creare sovraccarichi, che interesserebbero le opere in costruzione, dovuti alle pressioni neutre; dunque è bene che si creino drenaggi superficiali capaci di smaltire con più facilità le precipitazioni meteoriche.

Per qualsiasi verifica alla rispondenza dei valori geotecnici espressi in questa relazione e la situazione di reale riscontro, si resta a completa disposizione del Direttore dei Lavori.

Trevi nel Lazio, Aprile 2018

Il Geologo

Dr. Pierluigi Cera



The image shows a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'P. Cera', written over a circular professional stamp. The stamp is blue and contains the following text: 'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO' around the perimeter, 'Dott. PIERLUIGI CERA' in the center, 'Geologo' below it, and 'A.P. n. 1453' at the bottom. There is a small star symbol at the very bottom of the stamp.

STRALCIO FOGLIO P.R.G.

COMUNE: VELLETRI

LOCALITÀ: VIA SAN BIAGIO



Scala 1:5.000

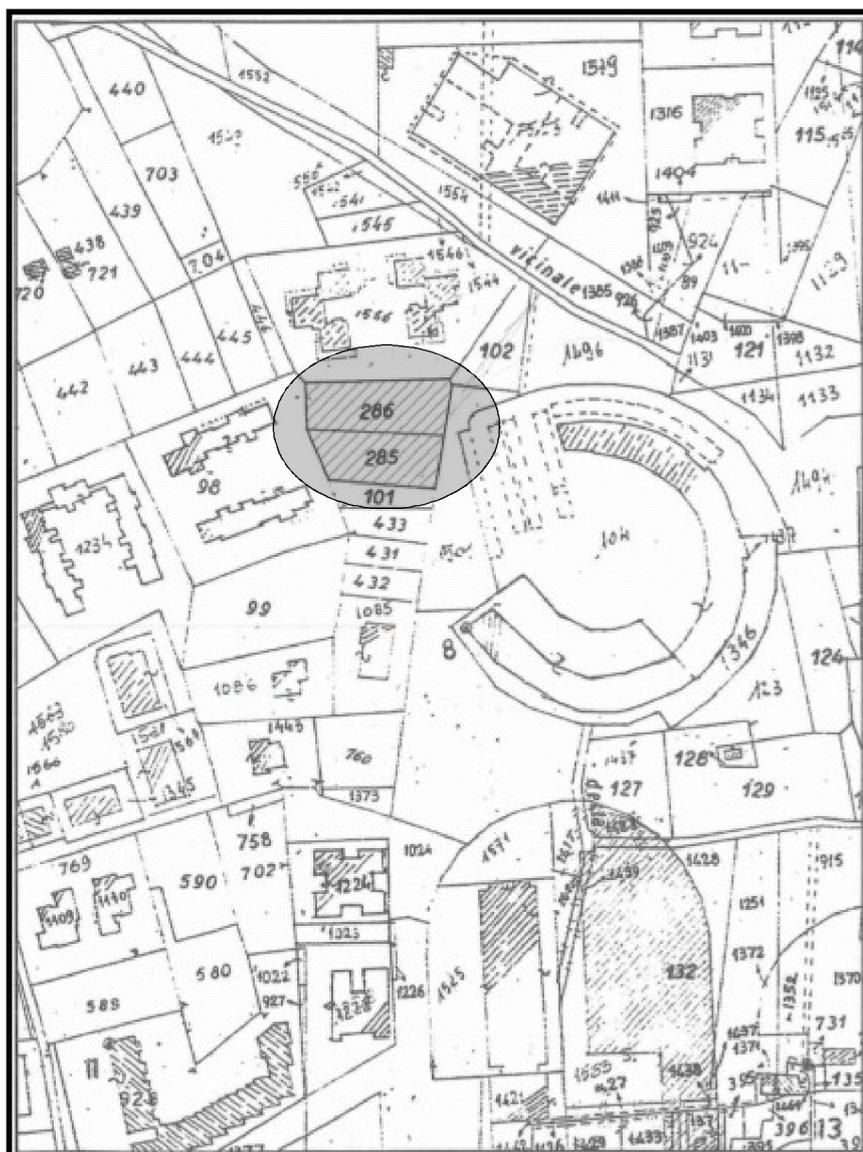
 Area in esame Zona B2 (Sottozona B4: di completamento)

STRALCIO FOGLIO CATASTALE

COMUNE: VELLETRI

LOCALITÀ: VIA SAN BIAGIO

Foglio 65 Mapp.li 285, 286



Scala 1:2.000

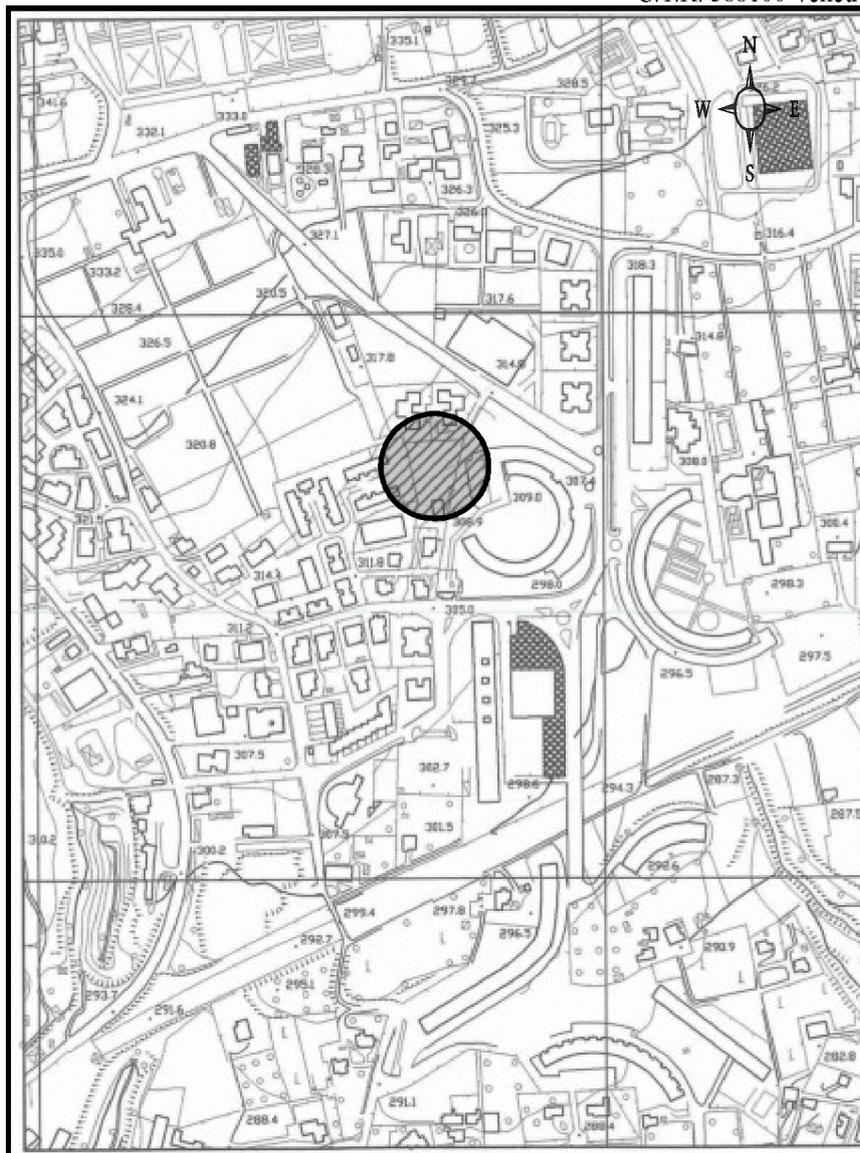
● Area in esame

STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

COMUNE: VELLETRI

LOCALITÀ: VIA SAN BIAGIO

C.T.R. 388100 Velletri



Scala 1:5.000

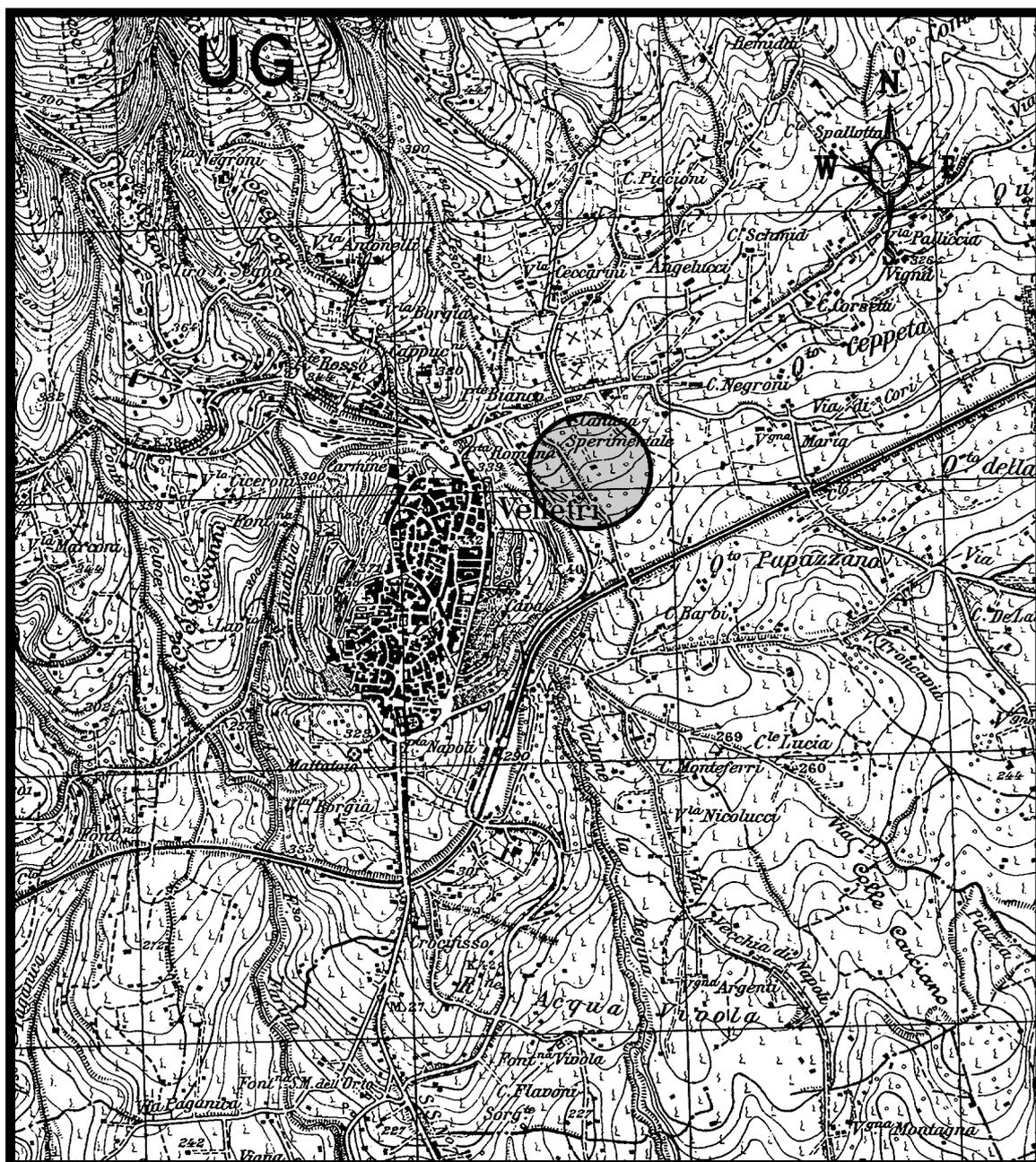


Area in esame

STRALCIO CARTA COROGRAFICA

COMUNE: VELLETRI

LOCALITÀ: VIA SAN BIAGIO



Scala 1:25.000

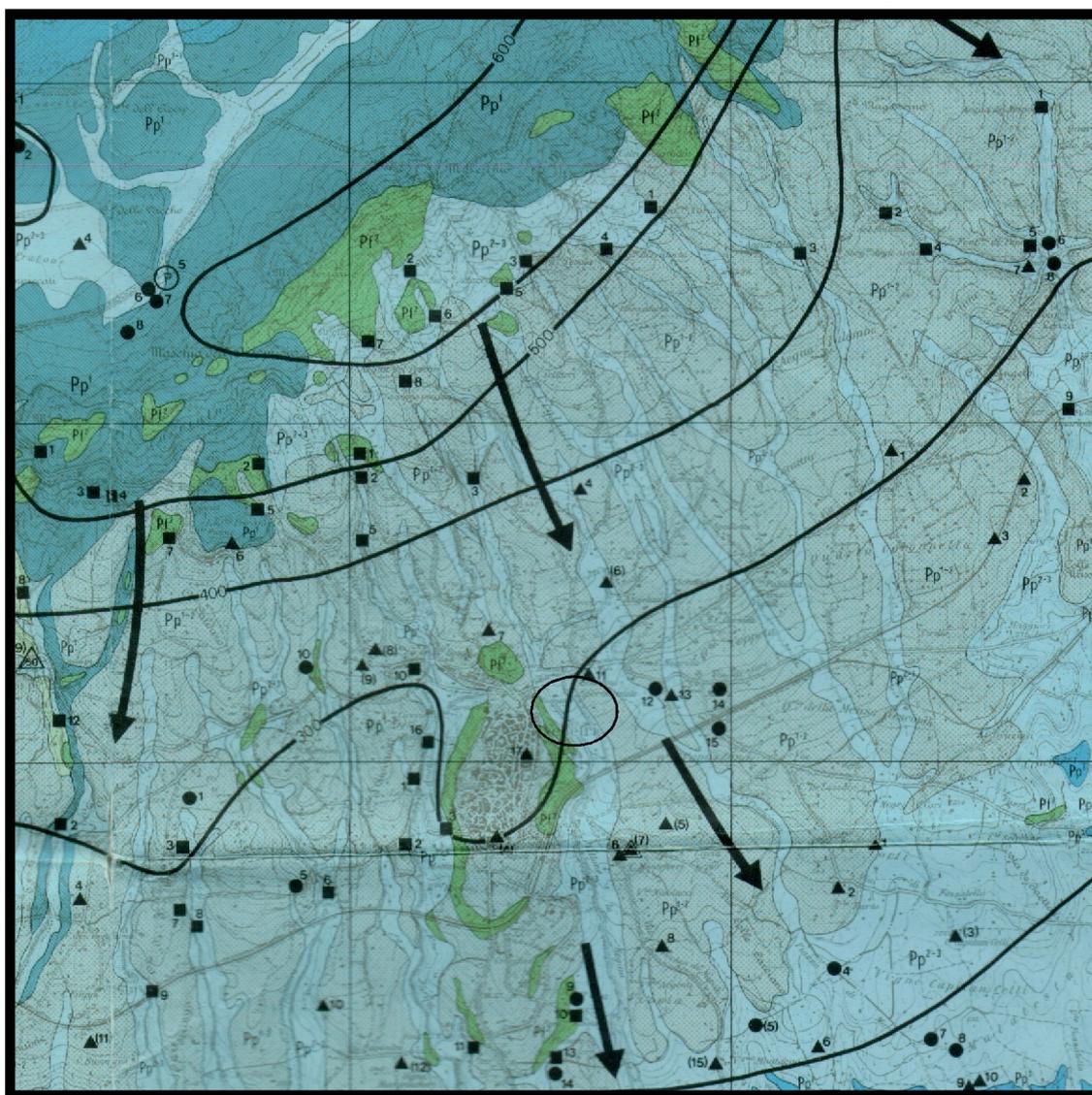
 Area in esame

STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA

COMUNE: VELLETRI

LOCALITÀ: VIA SAN BIAGIO

Foglio I Nord dei Colli Albani



Legenda

Scala 1:50.000

Rocce sciolte-permeabili per porosità

- Pp¹ Molto permeabili
- Pp² Mediamente permeabili
- Pp³ Poco permeabili
- Pp¹⁻² Da molto a mediamente permeabili
- Pp²⁻³ Da mediamente a poco permeabili

Rocce lapidee-permeabili per discontinuità

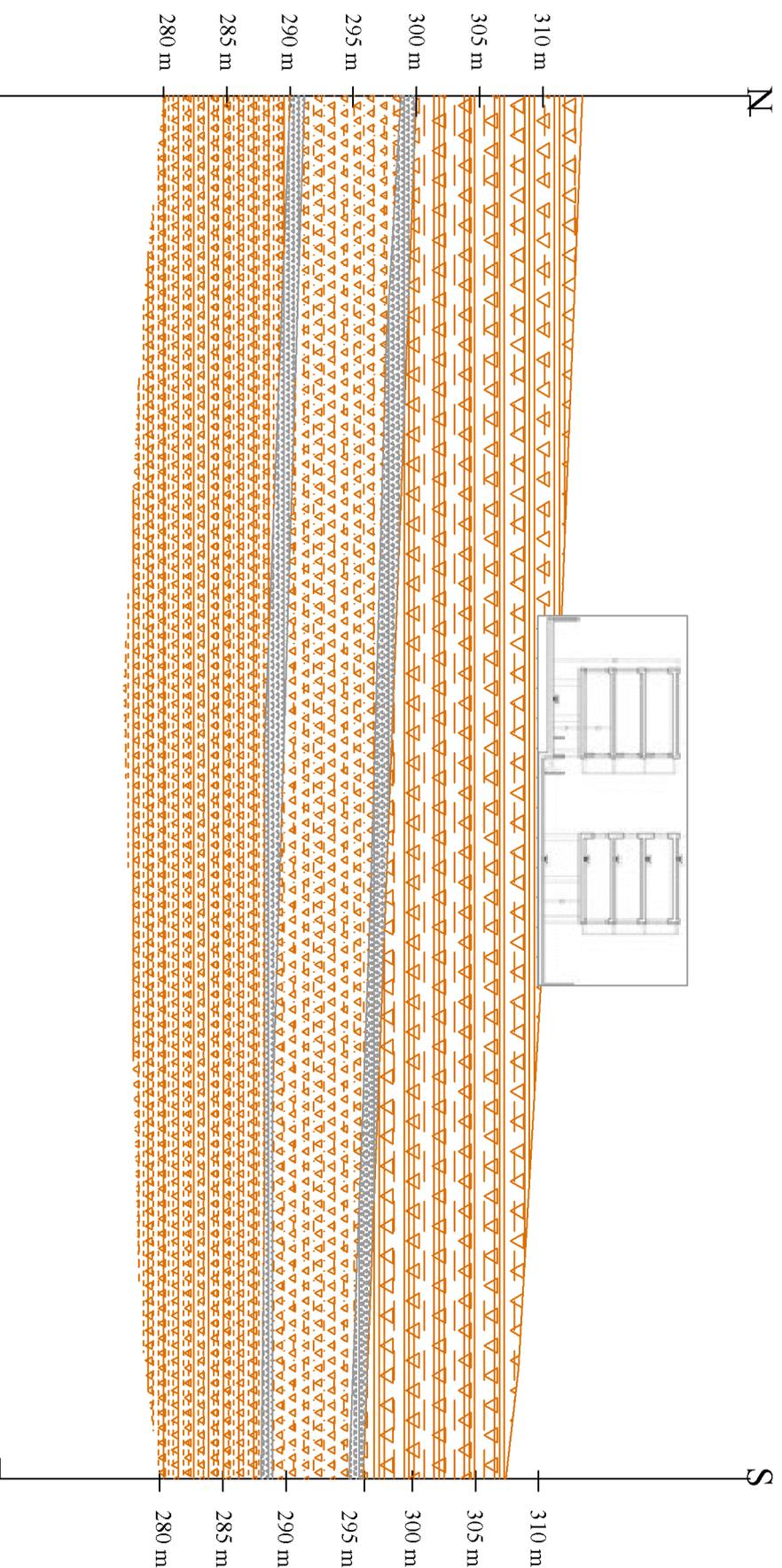
- Pf¹ Molto permeabili
- Pf²⁻³ Mediamente permeabili
- Sorgente
- ▲ Pozzo
- Curve isofreatiche
- Direzioni di flusso
- Area in esame

Sezione geologica interpretativa dell'area interessata al progetto

Tav 7

Comune: VELLETRI

Località: Via San Biagio



Legenda

-  Piroclastite a granulometria argillosa-limosa debolmente sabbiosa
-  Piroclastite a granulometria limosa-sabbiosa da poco ad addensata
-  Piroclastite a granulometria sabbiosa-limosa debolmente argillosa addensata

Il Geologo

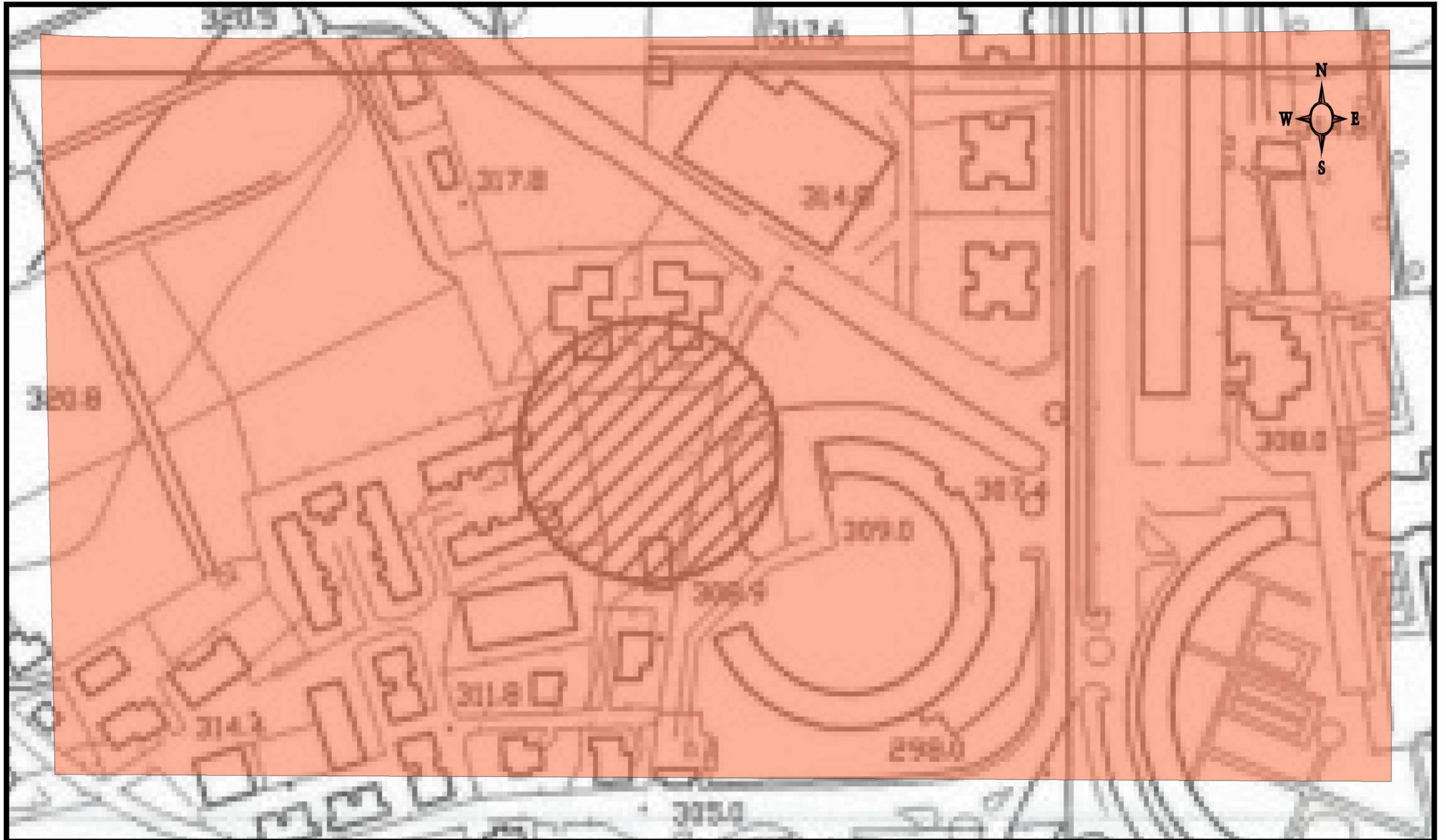
Dr. Pierluigi Cera

Scala 1:500

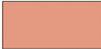
Carta Geologica di Dettaglio

Comune: Velletri

Località: via San Biagio



1:1.000

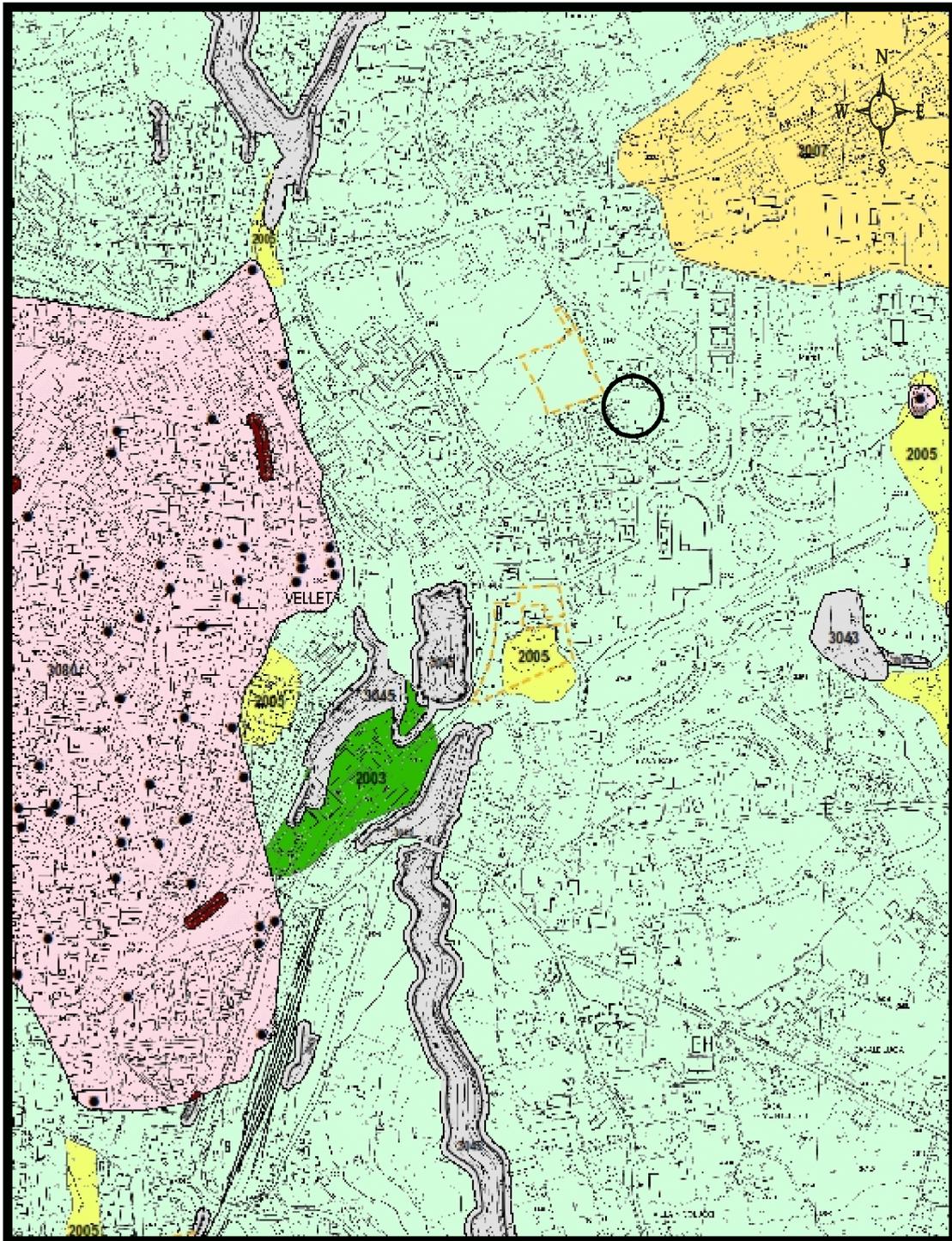
 Piroclastite vulcanica argillosa-limosa deb. sabbiosa (Pleistocene sup.)

 Area in esame

STRALCIO CARTA MICROZONAZIONE SISMICA

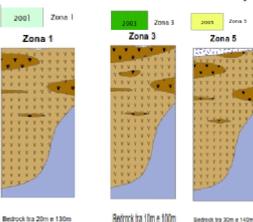
COMUNE: VELLETRI

LOCALITÀ: VIA SAN BIAGIO



Scala 1:7.500

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



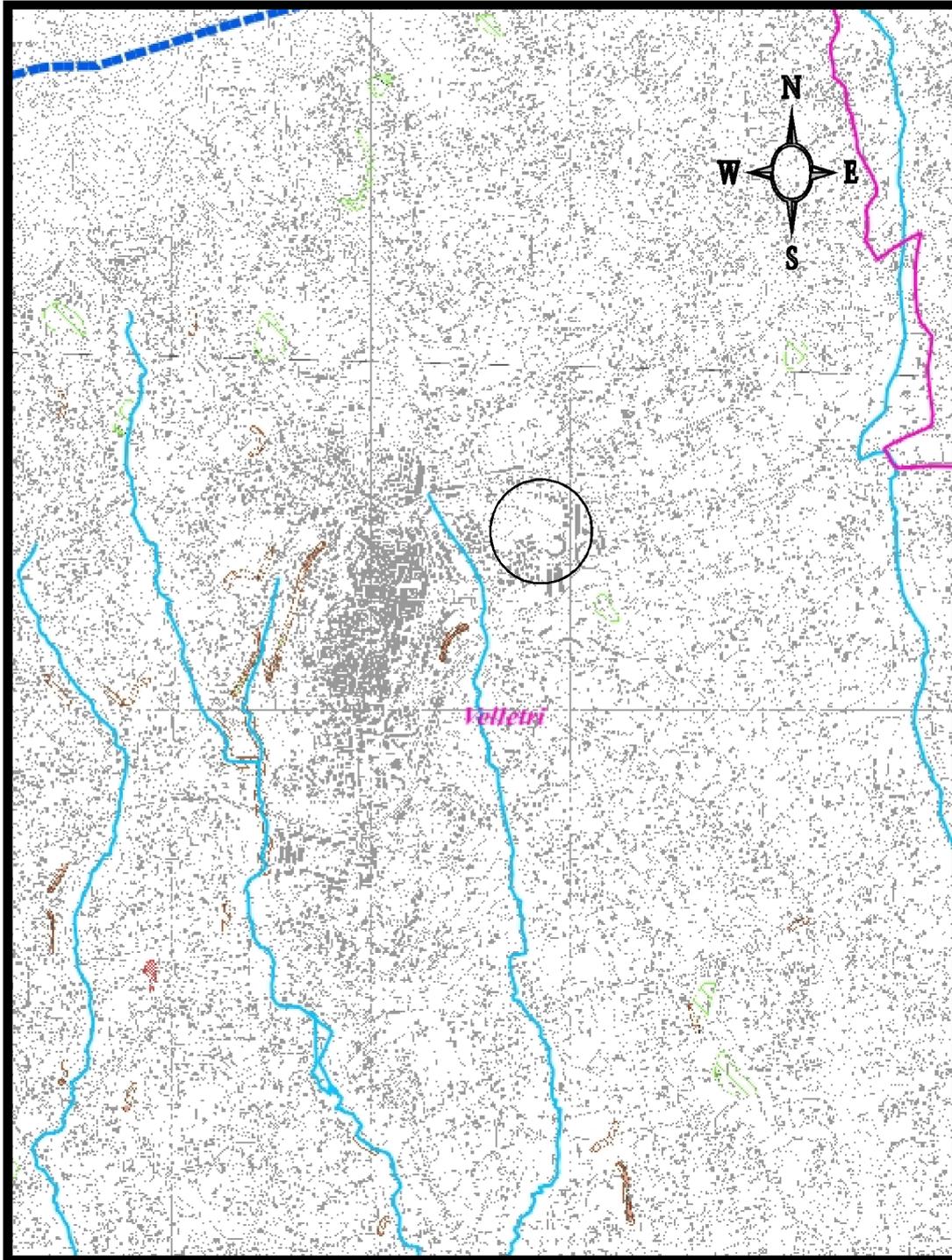
Area in esame

-  Pozzolane Nere, Formazione di Corcolle (Lito-facies piroclastica) non affiorante, Pozzolane Rosse non affioranti. Spessore notevolmente variabile, può raggiungere i 220 m.
-  Unità vulcaniche indifferenziate
-  ZARs_{ND} - Zona di Attenzione per instabilità di versante non definiti
-  Cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/sinkhole
-  Sovrapposizione di zone per instabilità differenti

STRALCIO CARTA P.A.I.

COMUNE: VELLETRI

LOCALITÀ: VIA SAN BIAGIO



Scala 1:25.000

**AREE SOTTOPOSTE A TUTELA
PER PERICOLO D'INONDAZIONE**
(artt. 7 - 23 - 24 - 25 - 26)



Aree a Pericolo A1 (c. 2 art. 7 e art. 23)



Aree a Pericolo A2 (c. 2 art. 7 e art. 23 bis)

Corsi d'acqua principali classificati pubblici
con D.G.R. n° 452 del 01/04/05 (artt. 9 e 27)

**AREE SOTTOPOSTE A TUTELA
PER PERICOLO DI FRANA**
(artt. 6 - 16 - 17 - 18)



Aree a Pericolo A (c. 2 art. 6 e art. 16)



Aree a Pericolo B (c. 2 art. 6 e art. 17)

Limite Regionale
Limiti Comunali

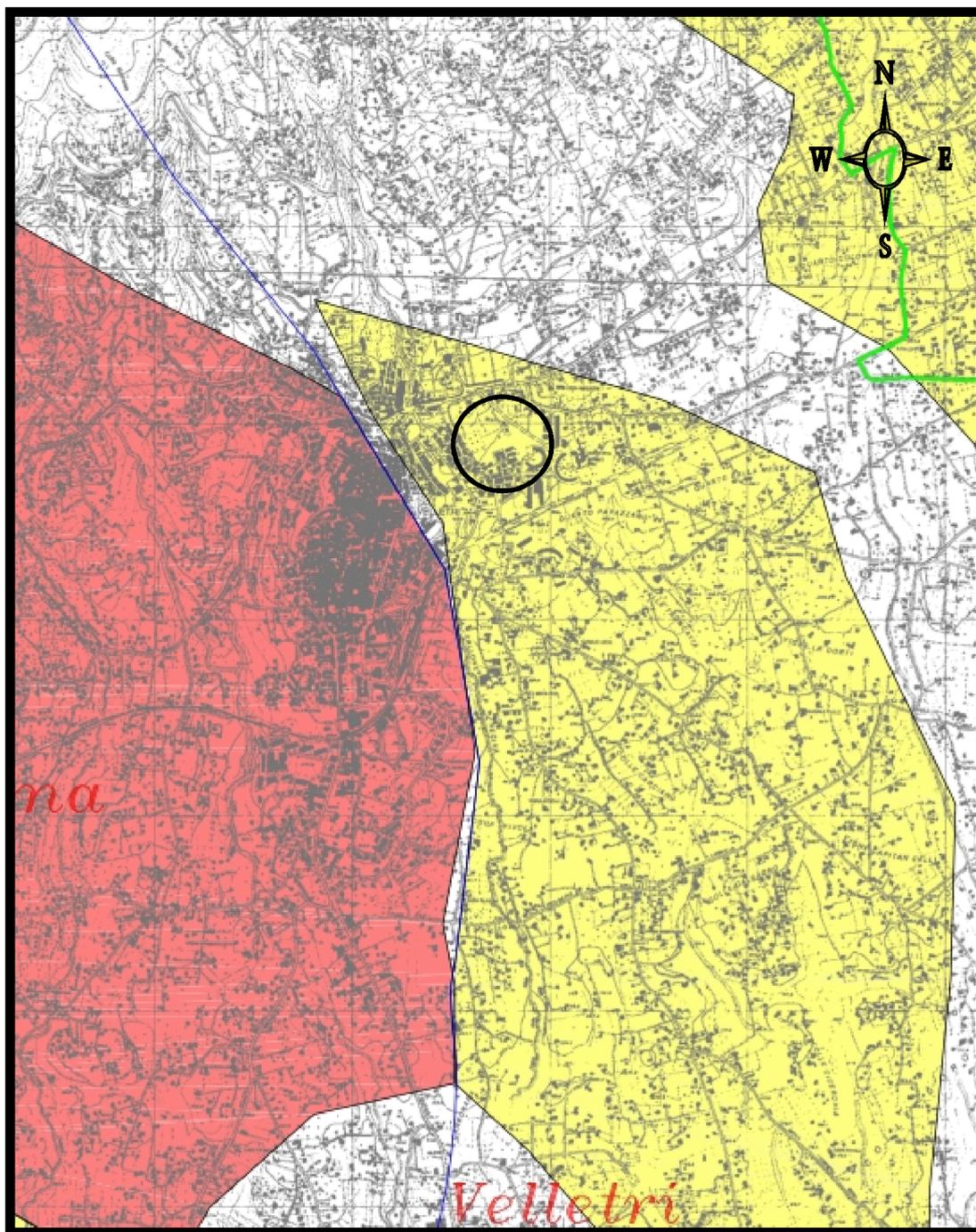


Area in esame

STRALCIO CARTA AUTORITA' DI BACINO REGIONALE

COMUNE: VELLETRI

LOCALITÀ: VIA SAN BIAGIO



Scala 1:25.000

-  Aree Critiche
-  Aree d'Attenzione
-  Limiti Ambiti (14)
-  Limiti Comunali

 Area in esame

Committente Comune di Velletri	Profondità raggiunta 30 m.p.c.	Quota Ass. P.C. 310 m.s.l.m.	Certificato n°	Pagina
Operatore	Indagine geognostica	Note1		Inizio/Fine Esecuzione 6 gennaio 2018
Responsabile geologo Cera Pierluigi	Sondaggio a carotaggio continuo	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y lat: 41,691295 long: 12,787046

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cassa Cablelog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclino metro (I)
1		Piroclastite argillo-limosa debolmente sabbiosa (Rp=500 kPa)													
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12			12.30												
13		Piroclastite limo-sabbiosa con leucite	13.00												
14		Piroclastite tufacea incoerente													
15		limo-sabbiosamediamente addensata con femici, biotite e leucite													
16															
17															
18															
19			19.20												
20		Piroclastite limo-sabbiosa con leucite													
21		Piroclastite tufacea incoerente													
22		sabbiosa-limosa debolmente argillosa													
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30			30.00												

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Sperimentatore

Responsabile

INDICE

1. Premessa

2. Prospezioni sismiche in Metodologia MASW

2.1 Metodologie d'indagine e strumentazioni utilizzate

2.2 Cenni teorici sul metodo MASW

2.3. Elaborazione dati MASW

3. Prova tomografica (HVSr)

3.1 Registrazione microtremori

3.2 Cenni teorici sul metodo di Nakamura

3.3 Modalità di acquisizione

3.4 Elaborazione dati

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono riportate le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di una campagna di indagini sismiche condotte con le metodologie MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e HVSr eseguite nel mese di Dicembre 2017 presso Via San Biagio nel comune di Velletri (RM), su incarico del Geol. Cera.

Nelle pagine seguenti saranno descritte le caratteristiche delle metodologie d'indagine, le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.



Fig. 1 – Ubicazione degli stendimenti Masw da foto aerea (Google Earth).



Fig. 2 – Ubicazione del punto di misura HVSR da foto aerea (Google Earth).

2. PROSPEZIONI SISMICHE IN METODOLOGIA MASW

Scopo delle indagini è stato quello di calcolare, per l'areale in oggetto, il parametro Vs30 con cui classificarne sismicamente il suolo ai fini della normativa tesa a garantire un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e successive modificazioni; D.M. 14.01.2008), desumendolo dall'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

2.1. METODOLOGIA D'INDAGINE E STRUMENTAZIONI UTILIZZATE

Sono state effettuate due indagini sismiche con metodologia Masw.

NORMA DI RIFERIMENTO:

Eurocodice 7,8; O.P.C.M. 3274; NTC 14-01-08

STRUMENTAZIONE:

Sismografo Geode Geometrics, set di geofoni Geostuff 4,5 Hz

SOFTWARE DI ANALISI:

Seisimager SW

OPERATORI:

Geol. Dario Tulli; Ing. Arianna Colantuono

ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI:

Geol. Dario Tulli,.

L'acquisizione dei dati in campagna per la prospezione MASW è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:



Fig. 3 – Particolare della strumentazione utilizzata per le indagini sismiche.

a) Sismografo:

Lo strumento utilizzato è un sismografo GEODE Geometrics a 24 canali, gestito da un computer portatile, con le seguenti caratteristiche:

PARAMETRI TECNICI:

- 24 bit di risoluzione
- Larghezza di banda (1.75 Hz – 20000 Hz)
- Intervallo di campionamento da 0.02 ms.
- Range dinamico di sistema 144 dB
- 16000 campioni per traccia
- Accuratezza del trigger 1/32 del passo di campionamento

b) Sistema energizzante:

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza del peso di 10 Kg, battente su una piastra metallica.

c) Trigger:

Nell'acquisizione MASW il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione.

d) Sistema di ricezione:

Per la ricezione delle onde superficiali durante le prospezioni sismiche sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz.

2.2 CENNI TEORICI SUL METODO MASW

Le prove MASW permettono di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato meccanicamente.

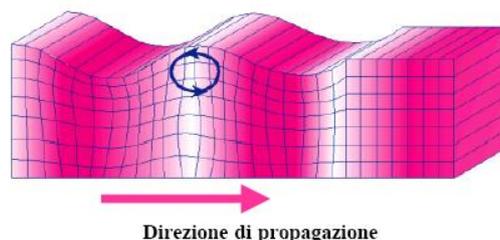


Fig. 4 – Schema di propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde stesse e la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$; in un mezzo disomogeneo, quale i litotipi della superficie terrestre, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92V_s$.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh hanno una buona risoluzione e non sono limitati dalla presenza di inversioni di velocità in profondità come avviene nel metodo a rifrazione.

La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione soprattutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. 3274/03.

Dall'analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh (variazione della loro velocità di fase in funzione della lunghezza d'onda o della frequenza) è possibile, tramite il processo d'inversione determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità. La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_s) e hanno un grado di incertezza nella determinazione della $V_s < 20\%$.

Il metodo di indagine sismico MASW è caratterizzato da un tipo di acquisizione "attivo", le onde superficiali vengono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da geofoni posti a distanze regolari l'uno dall'altro (distanza intergeofonica). L'acquisizione in tecnica MASW consente di ottenere uno spettro nella banda di frequenze maggiori di 4,5 Hz e permette una ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio con le profondità.

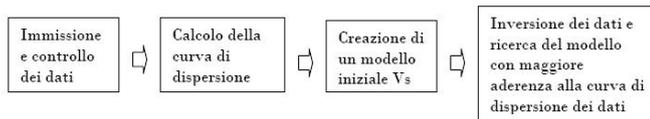
2.3 ELABORAZIONE DATI MASW

L'energia delle onde superficiali decade esponenzialmente con la profondità.

Le onde più lunghe (periodo lungo e basse frequenze) viaggiano più in profondità dando informazioni sulle velocità delle strutture più profonde, mentre le onde più corte (periodo corto e più alte frequenze) viaggiano più in superficie dando informazioni più dettagliate sulle strutture più apicali.

Il risultato finale della fase di acquisizione con la metodica MASW è costituito da una serie di files in formato SEG-2; la qualità del segnale durante l'acquisizione è stata tenuta sotto controllo con un'analisi visuale delle registrazioni.

Successivamente i dati MASW sono stati processati separatamente mediante un software specifico, il SeisImager/SW, secondo il seguente schema di flusso:



La curva di dispersione ottenuta dalla elaborazione dei dati ha mostrato il tipico contenuto in frequenze per le acquisizioni MASW.

La curva così ottenuta è stata utilizzata per generare un modello iniziale delle Vs da sottoporre ad inversione per ottenere il valore del Vs30 ai fini dell'O.P.C.M. 3274 e del D.M. 14.01.2008.

Il dato finale, evidenziato di seguito, è stato ottenuto sottoponendo il nuovo modello iniziale combinato mediante iterazioni di calcolo per la ricerca della migliore aderenza alla curva di dispersione dei dati.

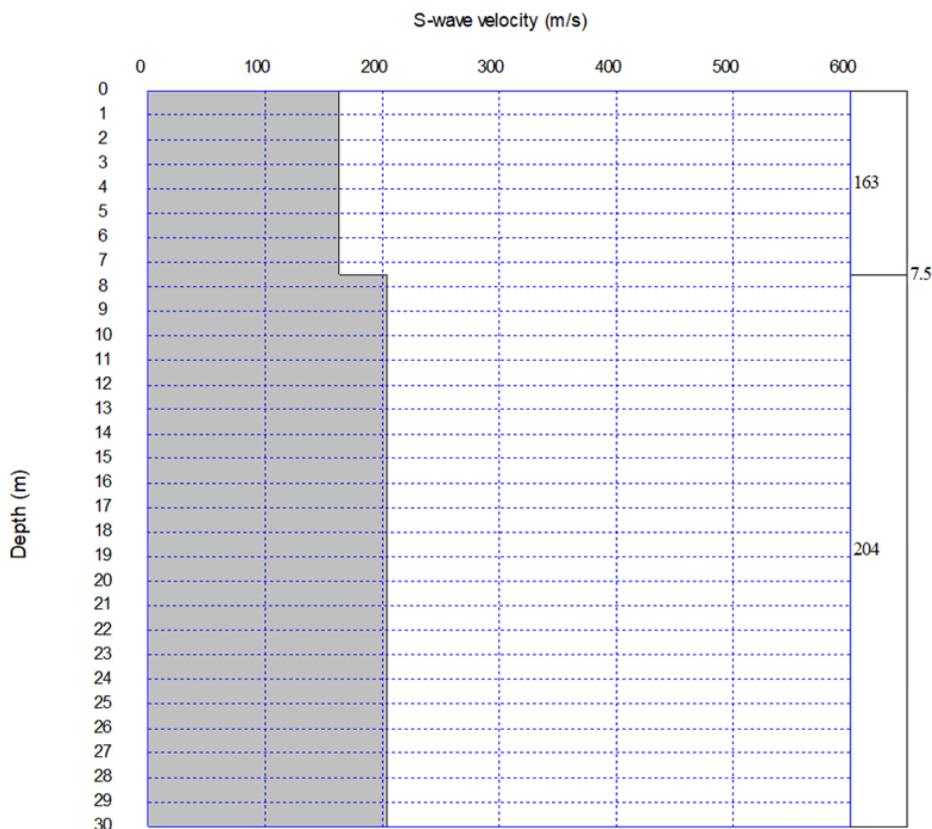


Fig. 5 – Variazioni della velocità delle onde di taglio Vs con la profondità nella MASW 1

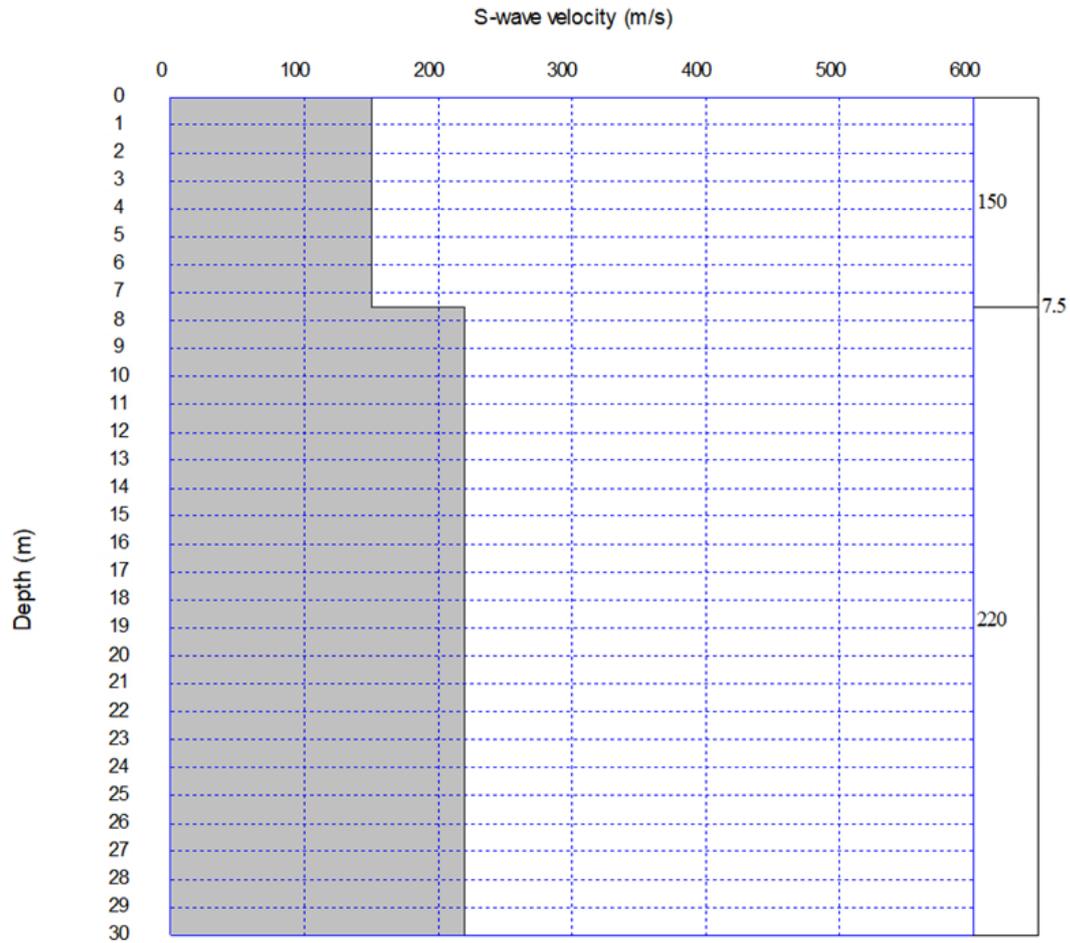


Fig. 6 – Variazioni della velocità delle onde di taglio V_s con la profondità nella MASW 2

Nella seguente tabella sono riassunti per la stesa sismica effettuata la geometria di acquisizione e i risultati ottenuti:

Sezione (n°)	Passo (m)	Campionamento	Registrazione	V_{s30} media	Categoria di suolo
MASW 1	2	1 ms	1sec	192	C
MASW 2	2	1 ms	1sec	197	C

Tab. 1 – Risultati e caratteristiche delle prove MASW.

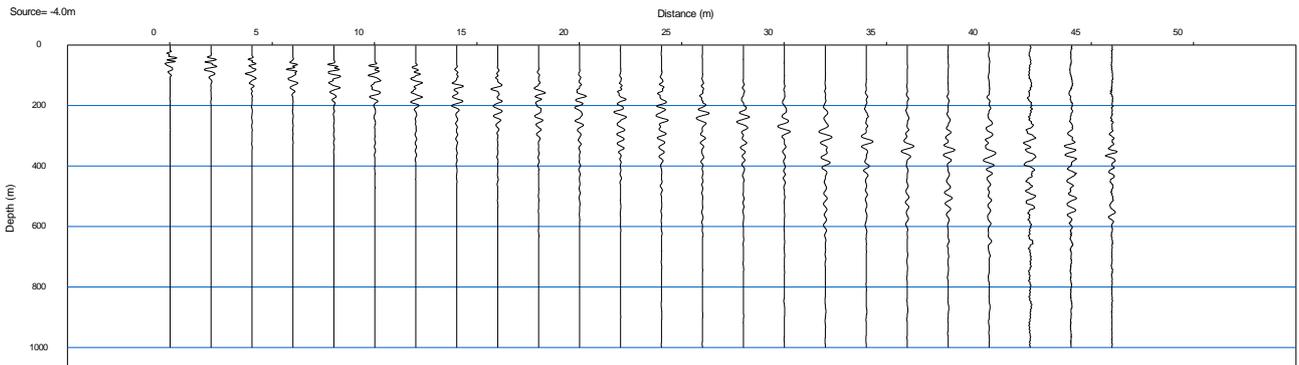


Fig. 7– Registrazione MASW 1.

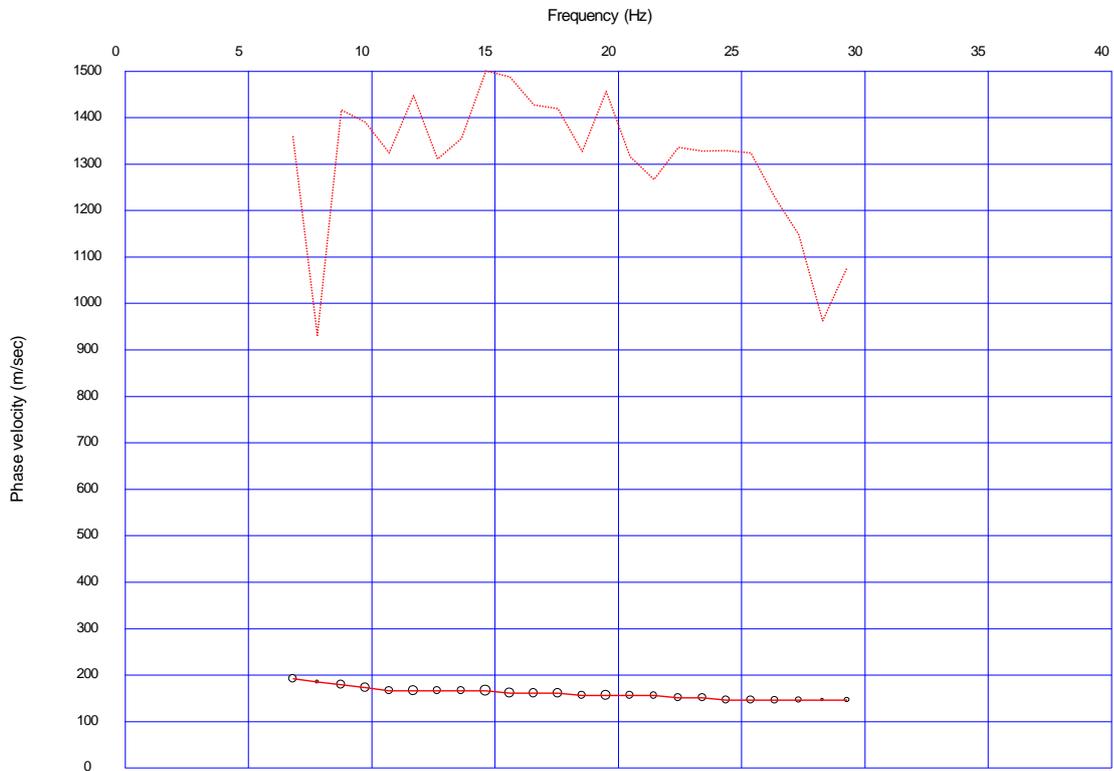


Fig. 8 – Curva di dispersione MASW 1.

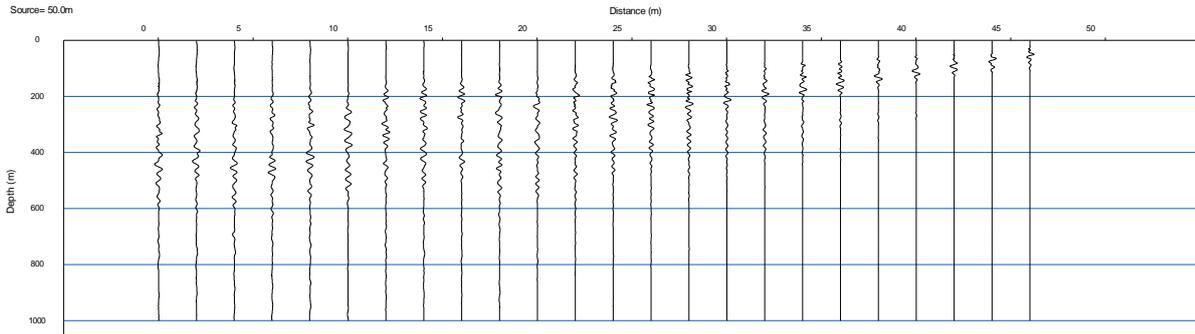


Fig. 9 – Registrazione MASW 2.

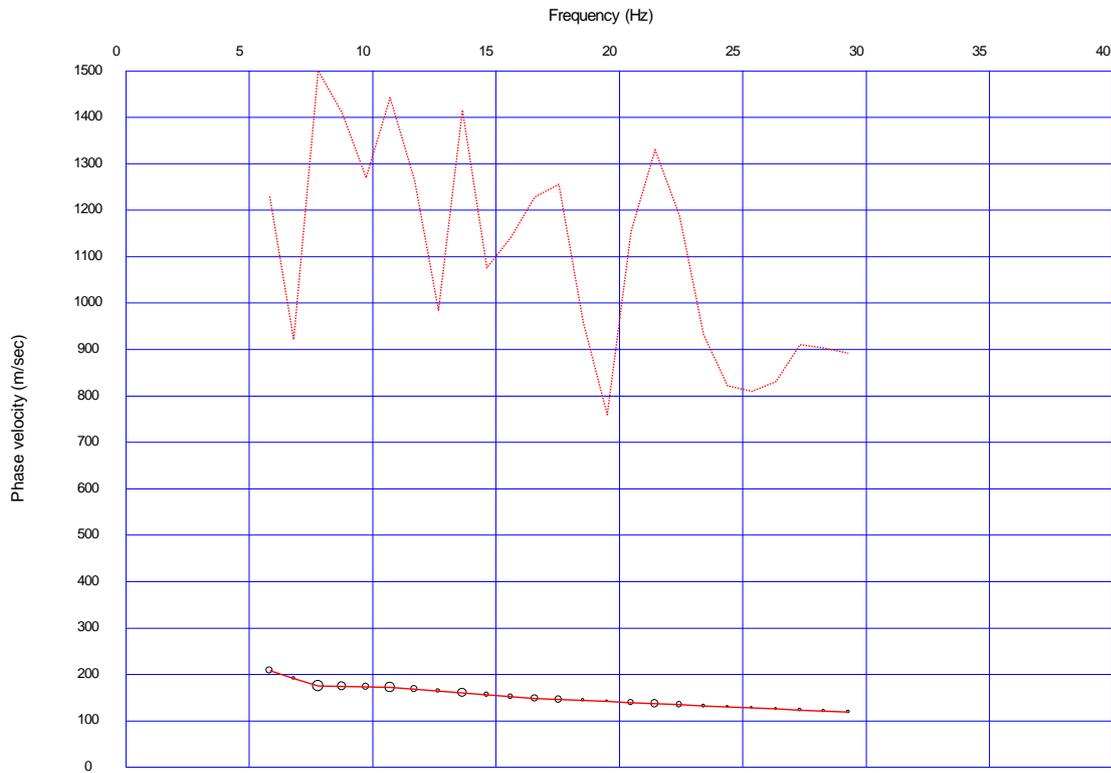


Fig. 10 – Curva di dispersione MASW 2.

3. PROVA TROMOGRAFICA (HVSR)

E' stata effettuata una misurazione di microtremori in campo libero.
L'ubicazione della prove è riportata nel paragrafo introduttivo.

NORMA DI RIFERIMENTO:

Norma UNI 9916:2004

STRUMENTAZIONE:

Tromino Sismico;

SOFTWARE DI ANALISI:

Grilla

OPERATORI:

Geol. Dario Tulli;

ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI:

Geol. Dario Tulli;



Fig. 11: Strumento utilizzato per le indagini.

3.1. REGISTRAZIONE MICROTREMORI

3.2 CENNI TEORICI SUL METODO DI NAKAMURA

La metodica di analisi dei rapporti spettrali (HVSr o Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura, si basa sulla misurazione del rumore sismico ambientale.

I microtremori sono vibrazioni continue del suolo, prodotte da sorgenti naturali o artificiali, di piccola ampiezza (1 – 10 nm) e costituite da onde superficiali quali le onde di Rayleigh ed in minor percentuale da onde di tipo Love.

Alla base di questo tipo di analisi c'è l'assunzione che i microtremori si propagano in strati superficiali di terreno sovrapposti ad un substrato rigido di roccia, che le sorgenti del microtremore sono superficiali e quindi viene trascurato qualsiasi contributo proveniente da sorgenti profonde, che le sorgenti superficiali non influiscono sulle caratteristiche del moto alla sommità del bedrock e che la componente verticale del moto non risente degli effetti di amplificazione da parte degli strati superficiali.

I rapporti tra le componenti orizzontali $RH(\omega)$ e verticali $RV(\omega)$, in superficie ed alla base dello strato sedimentario, sono dipendenti solo dall'altezza del moto dovuto alle sorgenti superficiali ed alle sorgenti alla base ed il loro rapporto spettrale darà:

$$RH(\omega)/RV(\omega) = H_s(\omega)/H_b(\omega) \times V_b(\omega)/V_s(\omega)$$

Empiricamente Nakamura ha evidenziato che alla base dello strato superficiale, e per tutte le frequenze, le ampiezze della componente orizzontale e della componente verticale sono all'incirca uguali, cioè rapporto pari ad 1, da cui si determina che la stima del fattore di amplificazione di sito $S(\omega)$ è data dal rapporto spettrale:

$$S(\omega) = H_s(\omega)/V_s(\omega)$$

La frequenza di risonanza è evidenziata al primo picco individuato dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei segnali registrati.

3.3 MODALITA' DI ACQUISIZIONE

L'acquisizione dati è stata effettuata con un tomografo digitale compatto, TROMINO Micromed S.p.a., a banda larga e ad alta sensibilità e costituito da una terna di velocimetri a breve periodo e smorzati criticamente orientati nelle tre direzioni dello spazio che permettono la registrazione di microtremori nel campo di frequenze compreso fra 0 e 200 Hz.

La misurazione è stata eseguita in condizioni di basso rumore ambientale e scegliendo una finestra temporale di 40 minuti per garantire stabilità al segnale e per filtrare eventuali fenomeni transienti.

Si è orientata la componente longitudinale N-S verso nord al fine di valutare eventuali amplificazioni polarizzate.

3.4 ELABORAZIONE DATI

I dati registrati sono stati elaborati mediante un software dedicato (Grilla) e si è seguita la procedura consigliata nelle linee guida del SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo teso alla standardizzazione e al miglioramento delle tecniche di microzonazione sismica usando il rumore ambientale.

L'interpretazione consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

I minimi della componente verticale vengono interpretati come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, in tal modo si può ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

I dati spettrali prodotti dalle elaborazioni numeriche vengono analizzati in genere entro l'intervallo 0.1 – 20.0 Hz, in quanto oltre tali limiti si ritiene che non vi siano frequenze significative dal punto di vista geologico-geotecnico.

L'analisi dei microtremori è stata utilizzata per fornire la frequenza di risonanza del terreno al punto di misura nel sito di indagine nel range di frequenze comprese fra 0.0 e 64.0 Hz;

La durata delle misurazioni è stata di 40 minuti, l'analisi è stata effettuata con frequenza di campionamento di 128 Hz e intervallo di campionamento di 20 secondi.

Di seguito si riportano i grafici delle risultanze dell'analisi tomografica effettuata e quindi la curva H/V (HVSR); il grafico H/V TIME HISTORY che mostra le "finestre temporali" della traccia analizzata per l'elaborazione della curva H/V permettendo di individuare eventuali finestre di disturbo all'interno della registrazione e di eliminarle; il grafico DIRECTIONAL H/V che rappresenta la proiezione del HVSR lungo le diverse direzioni, da 0° a 180° in senso orario, dove 0° rappresenta la direzione del Nord dello strumento, e permette di vedere se una componente orizzontale è dominante sull'altra.

Infine il grafico SINGLE COMPONENT SPECTRA che mostra l'andamento delle singole componenti nelle tre direzioni (N-S, E-O e Verticale).

Analisi	Max H/V (Hz)	A₀	DIRECTIONAL H/V	Percentuale della traccia analizzata (%)
HVSR 1	1.81 ± 0.17 Hz	3.44	SSE-NNW	88

T1

Analisi qualitativa della misura secondo le linee guida SESAME 2005:

Picco H/V a 1.81 ± 0.17 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3842.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 88	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.125 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.44 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.09567 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.17341 < 0.18125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2633 < 1.78$	OK	

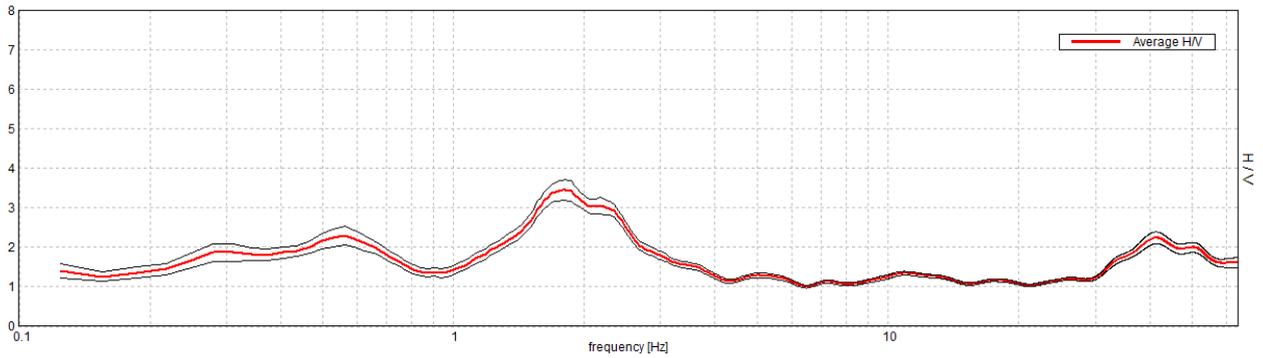
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

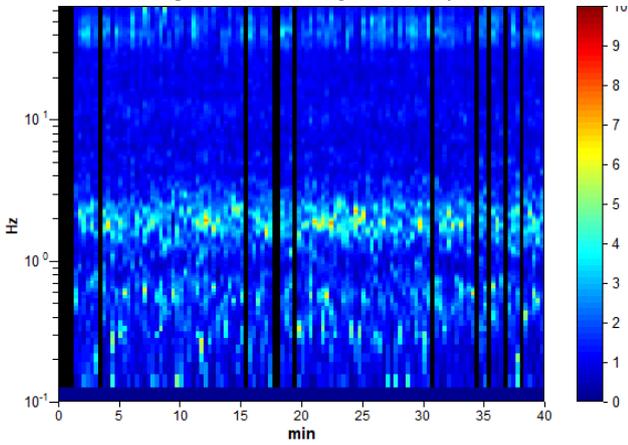
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

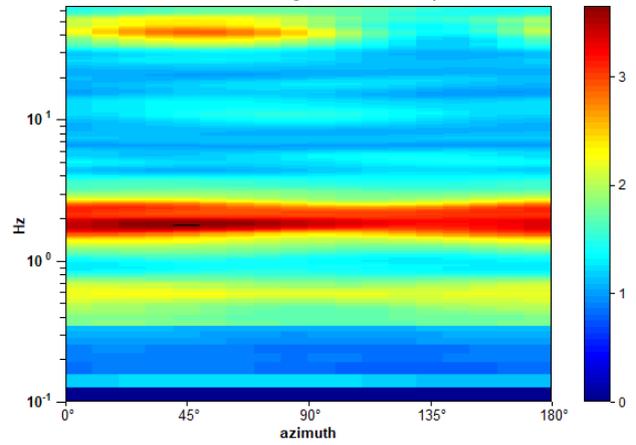
Max. H/V at 1.81 ± 0.17 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



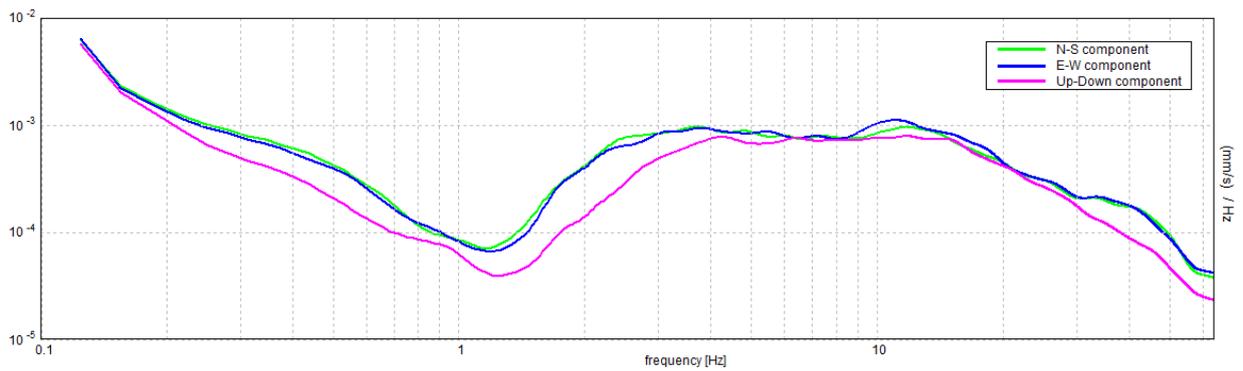
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Report Fotografico



Acquisizione MASW 1



Acquisizione MASW 2



Acquisizione HVSr 1



COMMITTENTE: DOTT. CERA PIERLUIGI		
RIFERIMENTO: Via S. Biagio - Velletri		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.3

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	30,7	%
Peso di volume	15,0	kN/m ³
Peso di volume secco	11,5	kN/m ³
Peso di volume saturo	16,7	kN/m ³
Peso specifico	2,49	
Indice dei vuoti	1,124	
Porosità	52,9	%
Grado di saturazione	68,0	%
Limite di liquidità	51,9	%
Limite di plasticità	37,3	%
Indice di plasticità	14,6	%
Indice di consistenza	1,45	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	9,2	%
Limo	22,8	%
Argilla	68,0	%
D 10		mm
D 50		mm
D 60	0,002011	mm
D 90	0,061750	mm
Passante set. 10	98,9	%
Passante set. 42	95,7	%
Passante set. 200	90,8	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	418	kPa	σ_{Rim}	kPa
c_u	209	kPa	$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c	29,9	kPa	ϕ 26,2 °
c_{Res}		kPa	ϕ_{Res} °

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d °
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu} °
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu} °
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u °

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

Epivulcanite a granulometria argilloso limosa, debolmente sabbiosa, di colore marrone ($R_p > 500$ kPa).



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00110 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/01/18	Inizio analisi: 16/01/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 6 del 15/01/18	Apertura campione: 16/01/18	Fine analisi: 17/01/18

COMMITTENTE: DOTT. CERA PIERLUIGI		
RIFERIMENTO: Via S. Biagio - Velletri		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.3

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 30,7 %

Struttura del materiale:

- Omogeneo
- Stratificato
- Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 2,00 mm

Epivulcanite a granulometria argilloso limosa, debolmente sabbiosa, di colore marrone (R_p > 500 kPa).

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00109 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/01/18	Inizio analisi: 16/01/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 6 del 15/01/18	Apertura campione: 16/01/18	Fine analisi: 16/01/18

COMMITTENTE: DOTT. CERA PIERLUIGI		
RIFERIMENTO: Via S. Biagio - Velletri		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.3

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 15,0 kN/m³

Epivulcanite a granulometria argilloso limosa, debolmente sabbiosa, di colore marrone ($R_p > 500$ kPa).

1
31750



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00108 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/01/18	Inizio analisi: 19/01/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 6 del 15/01/18	Apertura campione: 16/01/18	Fine analisi: 19/01/18

COMMITTENTE: DOTT. CERA PIERLUIGI		
RIFERIMENTO: Via S. Biagio - Velletri		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.3

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = **Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,49**

γ_{sc} = **Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,49**

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 24,4 °C

Dimensione massima delle particelle: 2,00 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

Epivulcanite a granulometria argilloso limosa, debolmente sabbiosa, di colore marrone ($R_p > 500$ kPa).



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00107	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/01/18	Inizio analisi: 18/01/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 6 del 15/01/18		Apertura campione: 16/01/18	Fine analisi: 19/01/18

COMMITTENTE: DOTT. CERA PIERLUIGI		
RIFERIMENTO: Via S. Biagio - Velletri		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.3

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

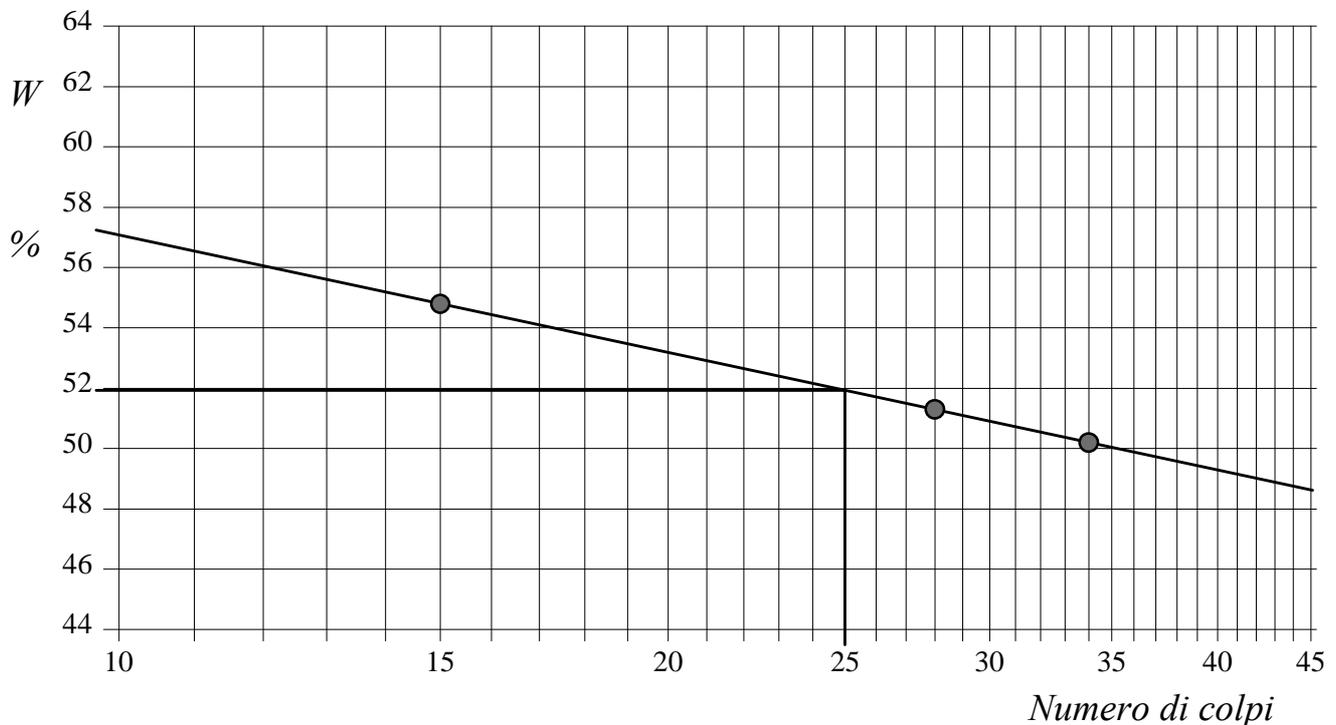
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	51,9 %
Limite di plasticità	37,3 %
Indice di plasticità	14,6 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	15	28	34		Umidità (%)	37,2	37,4
Umidità (%)	54,8	51,3	50,2		Umidità media	37,3	

Determinazione del Limite di liquidità



Epivulcanite a granulometria argilloso limosa, debolmente sabbiosa, di colore marrone ($R_p > 500$ kPa).



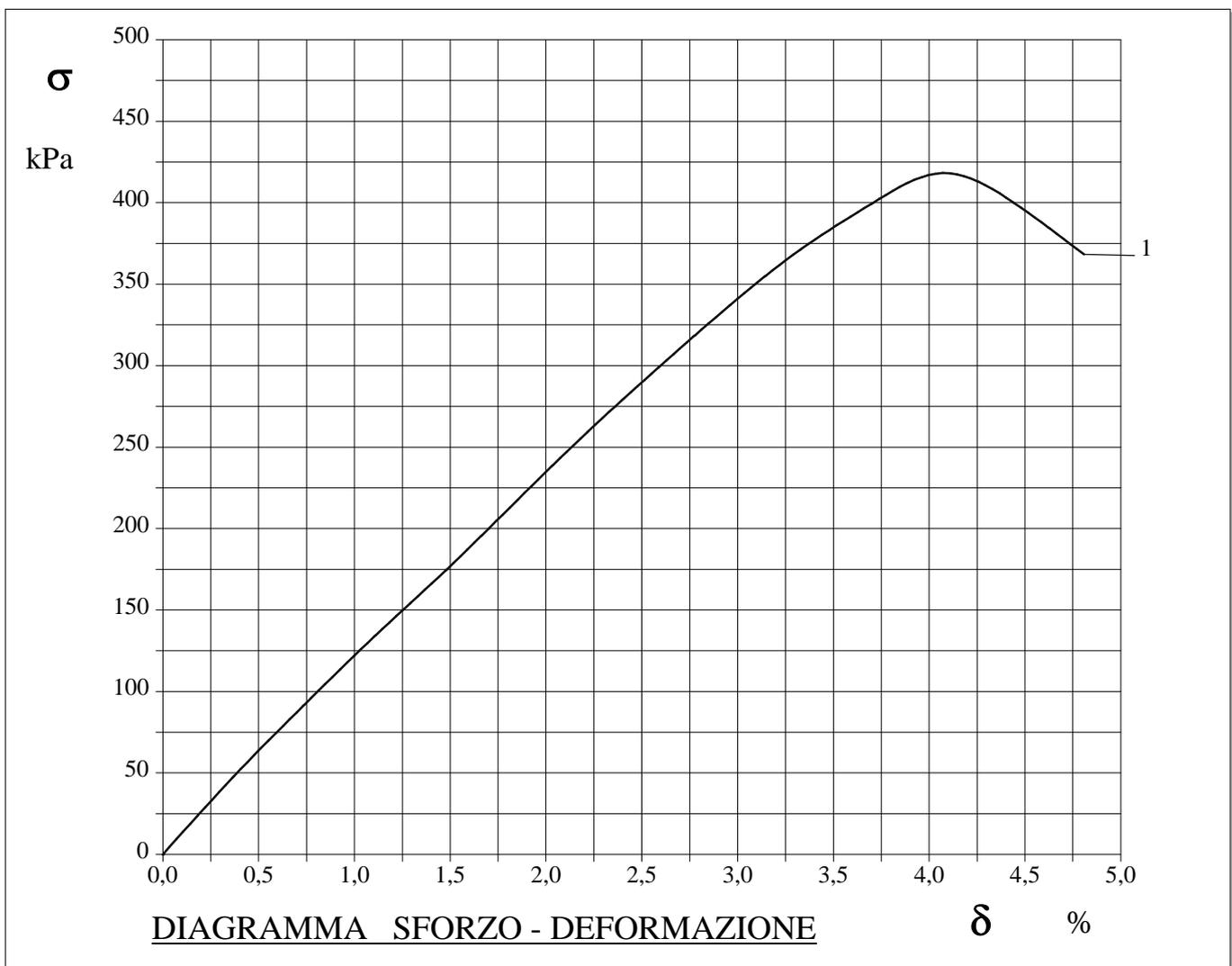
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00105	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 19/01/18	Inizio analisi: 18/01/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 6 del 15/01/18		Apertura campione: 16/01/18	Fine analisi: 18/01/18

COMMITTENTE: DOTT. CERA PIERLUIGI		
RIFERIMENTO: Via S. Biagio - Velletri		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.3

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	----	----
Velocità di deformazione (mm/min):	0,950	----	----
Peso di volume (kN/m³):	16,9	----	----
Umidità naturale (%):	----	----	----



Epivulcanite a granulometria argilloso limosa, debolmente sabbiosa, di colore marrone (Rp > 500 kPa).

1
31750

Lo sperimentatore
Dott. Ankeia Serepanti

Il direttore del laboratorio
Dott. Sergio Rabottino



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00104	Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 19/01/18	Inizio analisi: 16/01/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 6 del 15/01/18		Apertura campione: 16/01/18	Fine analisi: 18/01/18

COMMITTENTE: DOTT. CERA PIERLUIGI		
RIFERIMENTO: Via S. Biagio - Velletri		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	41,5 43,7	38,5 42,1	39,1 43,1
Peso di volume (kN/m³):	15,5	15,1	14,6
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,012 mm / min	

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

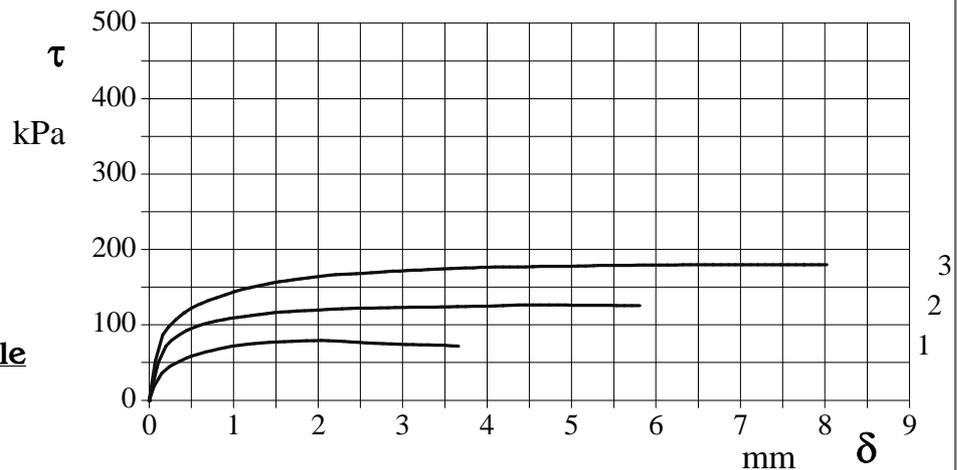
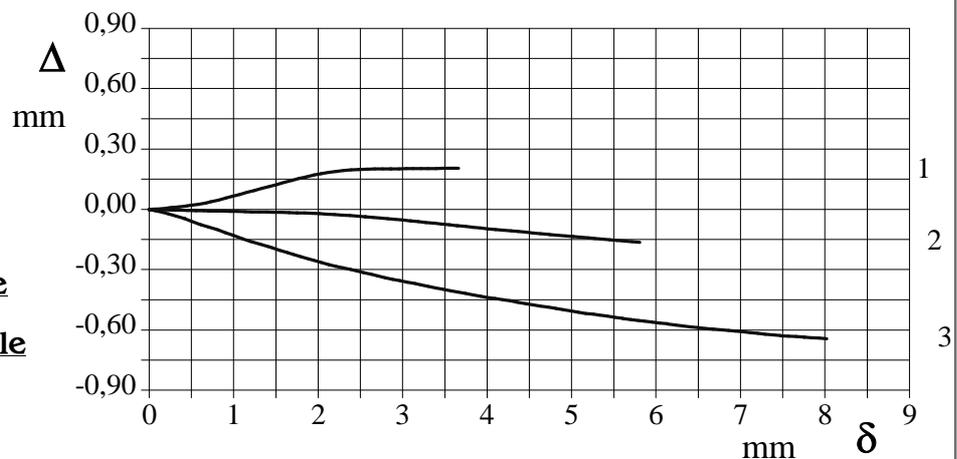


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



Epivulcanite a granulometria argilloso limosa, debolmente sabbiosa, di colore marrone (Rp > 500 kPa).

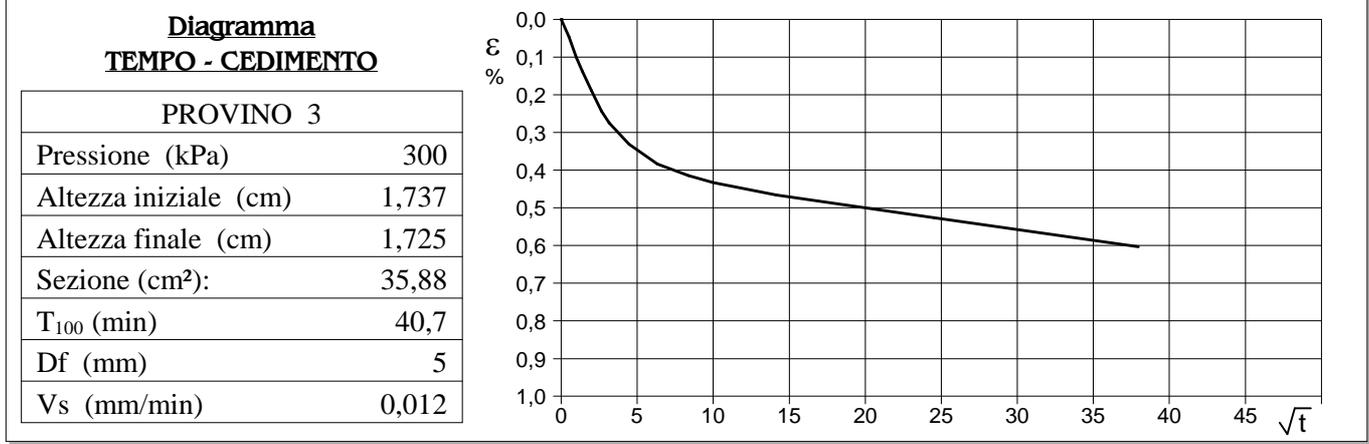
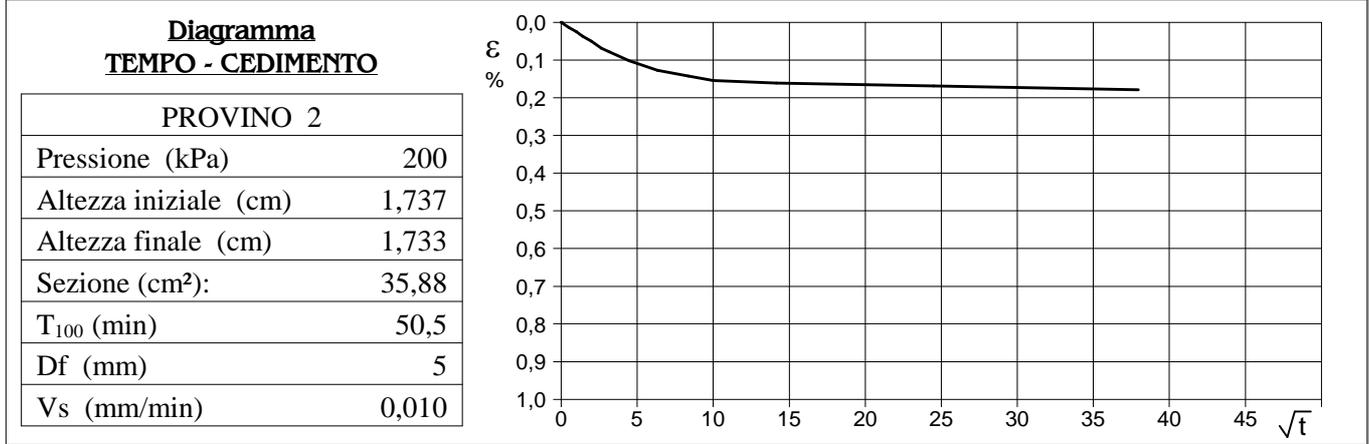
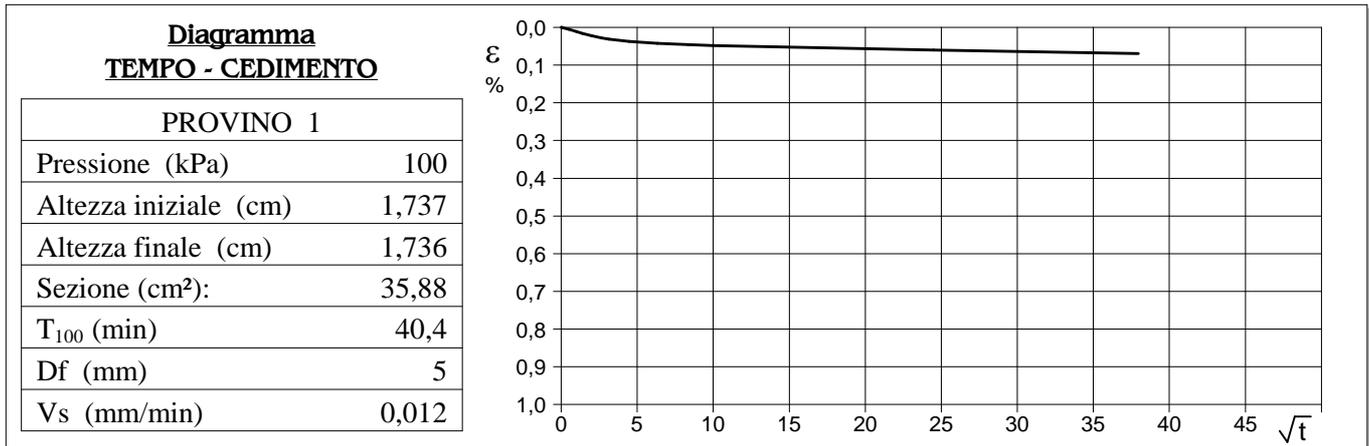


CERTIFICATO DI PROVA N°: 00104	Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 19/01/18	Inizio analisi: 16/01/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 6 del 15/01/18		Apertura campione: 16/01/18	Fine analisi: 18/01/18

COMMITTENTE: DOTT. CERA PIERLUIGI		
RIFERIMENTO: Via S. Biagio - Velletri		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080



1
31750

Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 10 \times T_{100}$ Vs = Df / tf

Lo sperimentatore
Dott. Angela Serepanti

Il direttore del laboratorio
Dott. Sergio Rabottino

1. Premessa	p. 1
2. Lineamenti geografici e geomorfologici	p. 2
3. Lineamenti geologici ed idrogeologici	p. 3
4. Modalità di indagine	p. 7
5. Caratteristiche litologiche	p. 8
6. Analisi sismica tramite l'esecuzione e l'elaborazione prove sismiche masw ed hvsr	p. 10
7. Sismicità e modello sismico del sito	p. 11
Conclusioni	p. 16

TAV. 1	Stralcio Catastale	1:2.000
TAV. 2	Stralcio P.G.R.	1:5.000
TAV. 3	Stralcio Carta Tecnica Regionale	1:5.000
TAV. 4	Stralcio Carta I.G.M	1:25.000
TAV. 5	Stralcio Carta Geologica della Provincia di Roma	1:50.000
TAV. 6	Stralcio Carta Idrogeologica della Provincia di Roma	1:50.000
TAV. 7	Sezione Geologica al di sotto delle fondazioni del fabbricato	1:500
TAV. 8	Stralcio Carta Geologica di Dettaglio	1:1.000
TAV. 9	Stralcio Carta Microzonazione sismica di livello I	1:7.500
TAV. 10	Stralcio Carta del P.A.I.	1:25.000
TAV. 11	Stralcio Carta Autorità di Bacino Regionale	1:25.000
TAV. 12	Colonnina Stratigrafica del Sondaggio	1:150
TAV. 13	Elaborazione dati prove MASW con grafici e foto della posizioni	
TAV. 14	Elaborazione dati prova HVSR e foto della posizione	
TAV. 15	Analisi Geotecniche del campione indisturbato e foto delle cassette catalogatrici	