

COMUNE DI VILLARICCA

(Provincia di Napoli)

Committente: COMUNE DI VILLARICCA

Corso Vittorio Emanuele n. 60

80010 Villaricca (NA)

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO AL CORSO ITALIA – VILLARICCA

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATI

RELAZIONE GEOFISICA

PROVE GEOTECNICHE E DI LABORATORIO

STRALCI PLANIMETRICI P.R.G.

Napoli 26.03.2012

IL TECNICO
Dott. Geol. Luigi Pianese

STUDIO DI GEOLOGIA E AMBIENTE

dott. geol. Luigi Pianese

Acque minerali e termali - Geologia e geotecnica - Idrogeologia
Tel. 081/3765355 - Fax: 081/5860030 – Segreteria: 081/19726261
Mobil Phone : +39 340 27 12 506 - E mail: luigipianese@alice.it

PREMESSA

Il comune di Villaricca (NA) deve procedere alla redazione del progetto esecutivo del P.U.A. a Corso Italia per la realizzazione di una housing sociale, tale area ricade nel comune di Villaricca nei pressi del Corso Italia (Fig. 1)

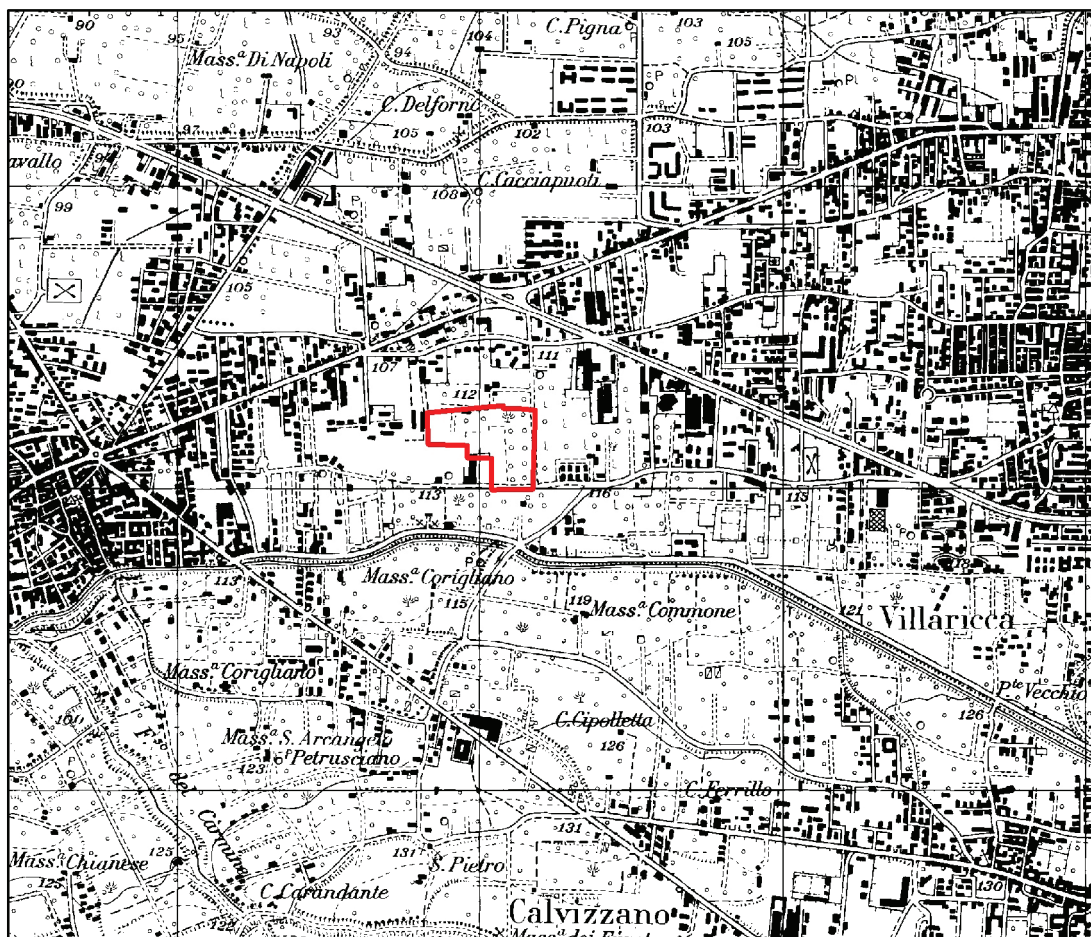


Fig. 1 – Corografia 1:25.000 con ubicazione dell'area in esame

Il progetto ricade nel foglio n. 2 del locale catasto ed interessa numerose particelle come riportato in fig. 2.

Allo scrivente è stato dato l'incarico di condurre uno studio geologico sull'area e di condurre le opportune indagini in sito e di laboratorio per giungere ad una caratterizzazione dei terreni presenti nel sottosuolo nonché di redigere la presente relazione geologica.

La relazione è stata redatta in conformità con le vigenti normative in particolare con quelle sismiche ed inoltre le indagini in sito e le prove di laboratorio

sono state eseguite in conformità con quanto previsto dalla Circolare del Ministero dei LL. PP. del 16/12/1999 n. 349/STC.

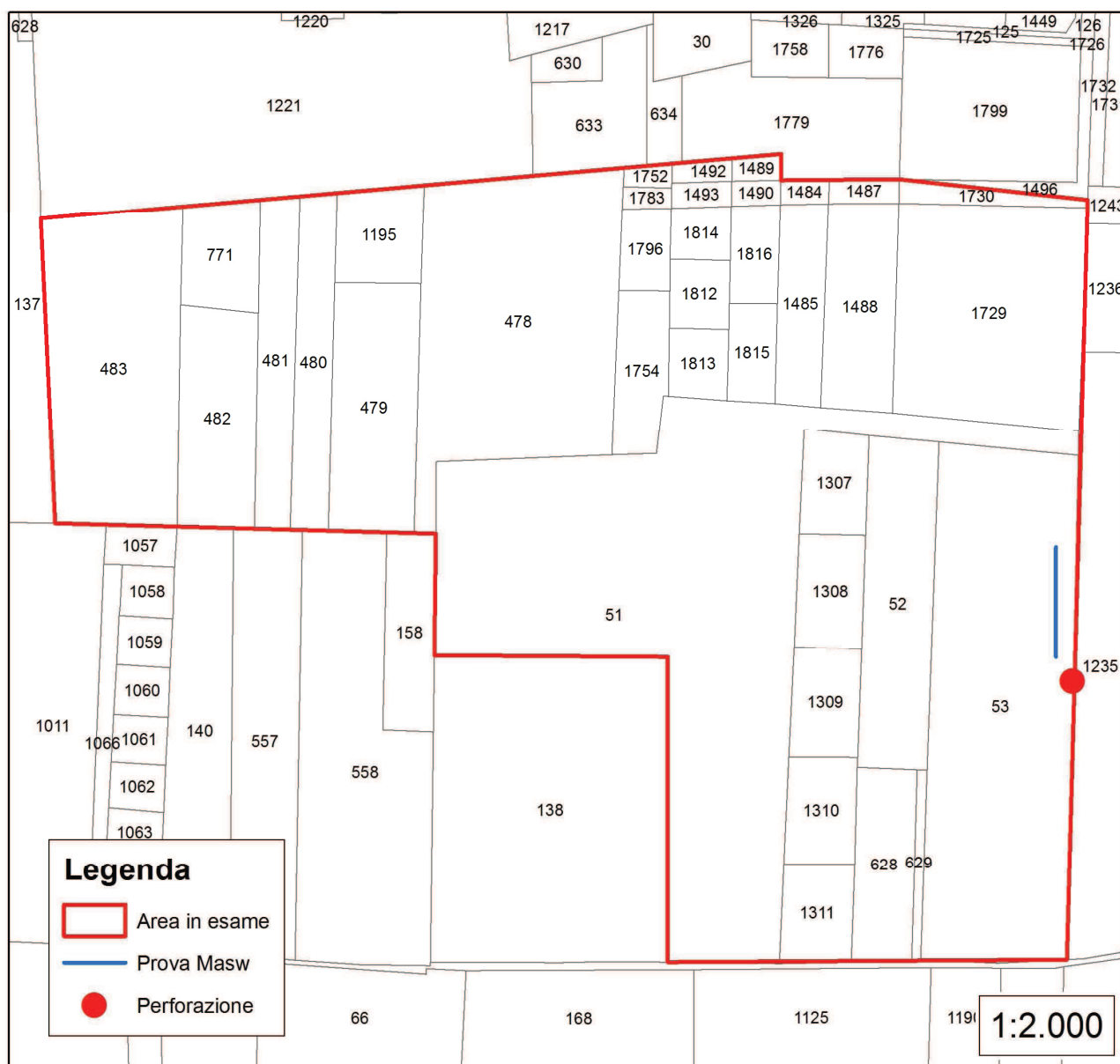


Fig. 2 – Stralcio planimetrico catastale 1:2000 – Foglio n.2

1. INDAGINI ESEGUITE

Per giungere ad una ottimale caratterizzazione geologico-tecnica del sottosuolo, è stata programmata una campagna di indagini consistita nella esecuzione di indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio.

Al termine dei lavori, la campagna di indagine è consistita in:

- esecuzione di 1 prova sismica a rifrazione del tipo MASW;
- esecuzione di una perforazione di sondaggio eseguita con tecnica a rotazione e prelievo continuo di campionatura rimaneggiata spinta fino alla profondità di 30 m dal p.c. ;
- esecuzione di n. 4 prove penetrometriche S.P.T. ad intervalli di profondità nei fori di sondaggio;
- prelievo di n. 1 campione indisturbato da sottoporre a prove di laboratorio;
- esecuzione di prove di laboratorio sul campione prelevato.

Il risultato delle indagini eseguite è oggetto dei successivi paragrafi.

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata in figura 2

2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E STABILITA' DELL'AREA

Il territorio del comune di Villaricca (NA) occupa un'area allungata con direzione Est-Ovest divisa in due parti la parte orientale nella quale ricade anche l'area in esame (fig. 3) confina con i comuni di Giugliano in Campania, Qualiano, Calvizzano e Mugnano e si presenta intensamente urbanizzata. Da un punto di vista morfologico la superficie del suolo si presenta pressoché pianeggiante con quote comprese tra 120m s.l.m. e 110 m s.l.m. la modesta pendenza è verso i quadranti settentrionali. Il territorio comunale è anche interessato dal percorso dell'Alveo Camaldoli che rappresenta l'unica incisione di una certa importanza e scorre un centinaio di metri a sud dell'area in esame.

L'area in esame in particolare presenta una debole pendenza verso nord - ovest con un dislivello massimo di circa 4 m tra una estremità e l'altra del fondo, la pendenza è dunque prossima all'1% ($<1^\circ$) e la quota topografica è compresa tra 110 e 114 m s.l.m; trattandosi di un terreno sub-pianeggiante non sono state tracciate sezioni morfologiche del terreno poiché sarebbero risultate di scarsa o nulla utilità ai fini della presente relazione.

Oltre alla morfologia superficiale è il caso di prendere in considerazione anche la stabilità in relazione alla presenza di cavità sotterranee poiché il sottosuolo di Villaricca, in particolare per ciò che concerne il centro storico ed alcune aree limitrofe, è interessato dalla presenza di cavità e con relativi pozzi di accesso. Le cavità sono ubicate a profondità generalmente superiori ai 20 m., nei depositi tufacei e venivano realizzate per estrarre il tufo utilizzato poi per la costruzione dei soprastanti edifici.

Tali cavità furono censite dal Prof. Geol. Ennio Cocco nell'ambito di un progetto per il Piano di Recupero del patrimonio edilizio di Villaricca e successivamente dal Progetto Cavità della Provincia di Napoli, da tali censimenti risulta che l'area in esame non è interessata dalla presenza di cavità sotterranee (fig.4).

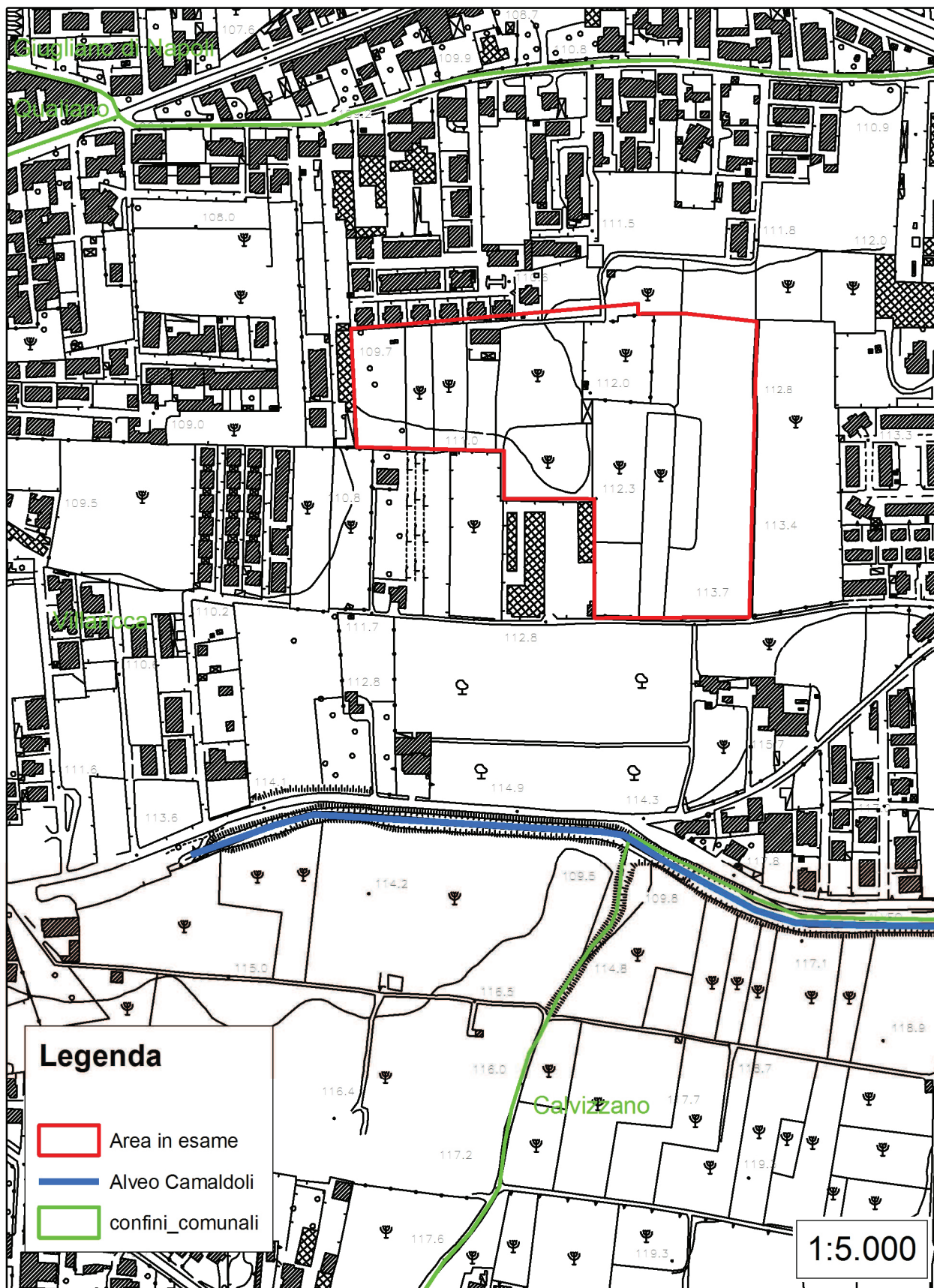


Fig. 3 – Stralcio aerofotogrammetrico scala 1:5000

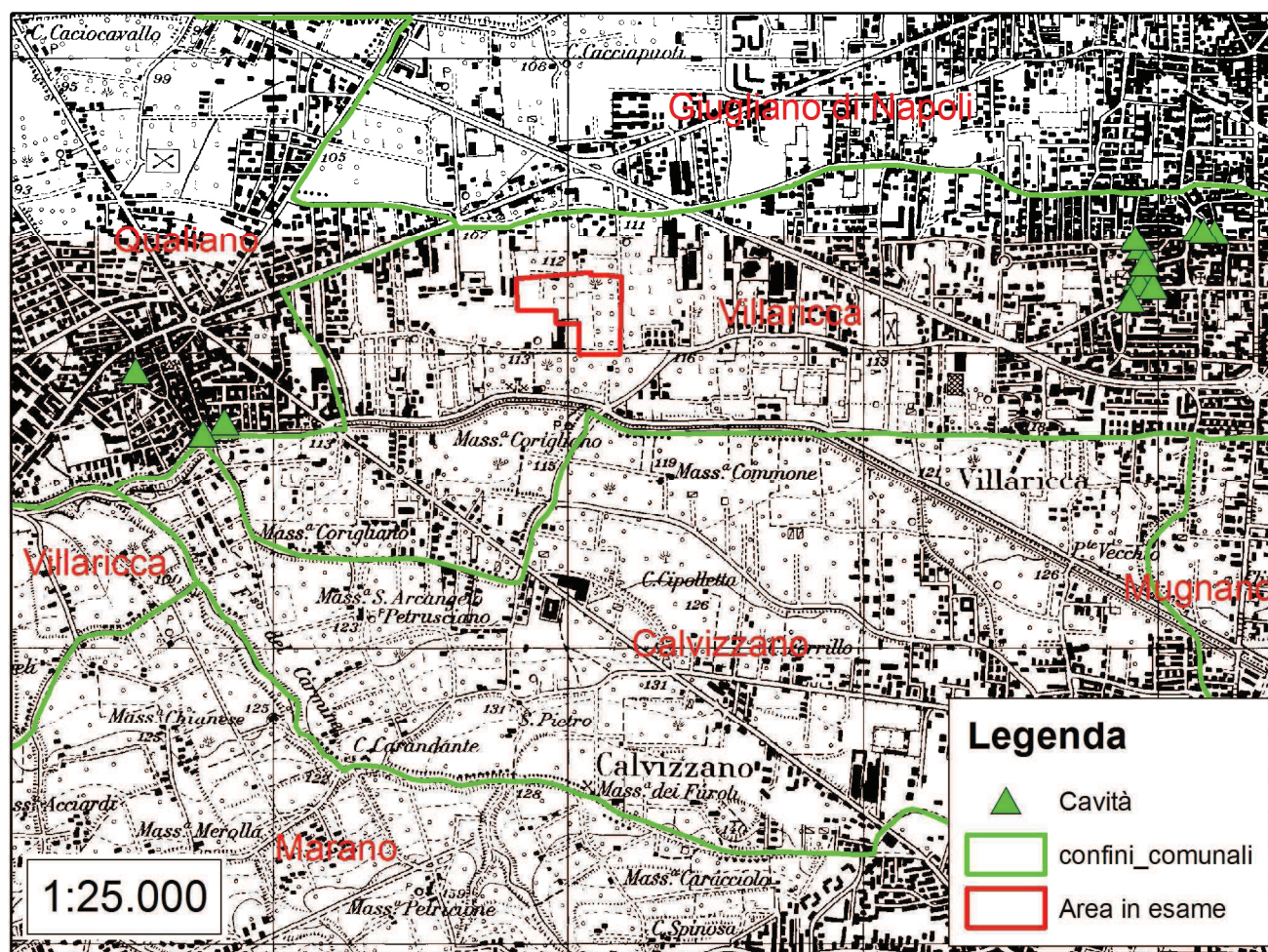


Fig. 4 – Carta dell'ubicazione delle cavità in scala 1:25.000

Considerata quindi l'assenza di cavità nel sottosuolo, la pendenza del suolo, sensibilmente inferiore al limite di stabilità di qualsiasi formazione geologica, le caratteristiche tecniche di resistenza a rottura dei depositi presenti nel sottosuolo e che durante i sopralluoghi eseguiti non sono stati rilevati su di essa tracce di dissesti quiescenti, in atto o incipienti l'area può essere ritenuta stabile anche in relazione agli interventi da realizzare (vedi carta della stabilità di figura 5).

Tra la documentazione in possesso dell'Ufficio Tecnico Comunale non è stata ritrovata la carta della stabilità allegata al PRG vigente ma che l'area sia considerata stabile si deduce dal fatto che come si legge nella relazione geologica allegata al PRG "Sono state considerate stabili le aree pianeggianti, ricadenti nella prima classe di pendenza (0 – 5%)." e l'area in esame ha una pendenza dell' 1% circa come già illustrato in precedenza.

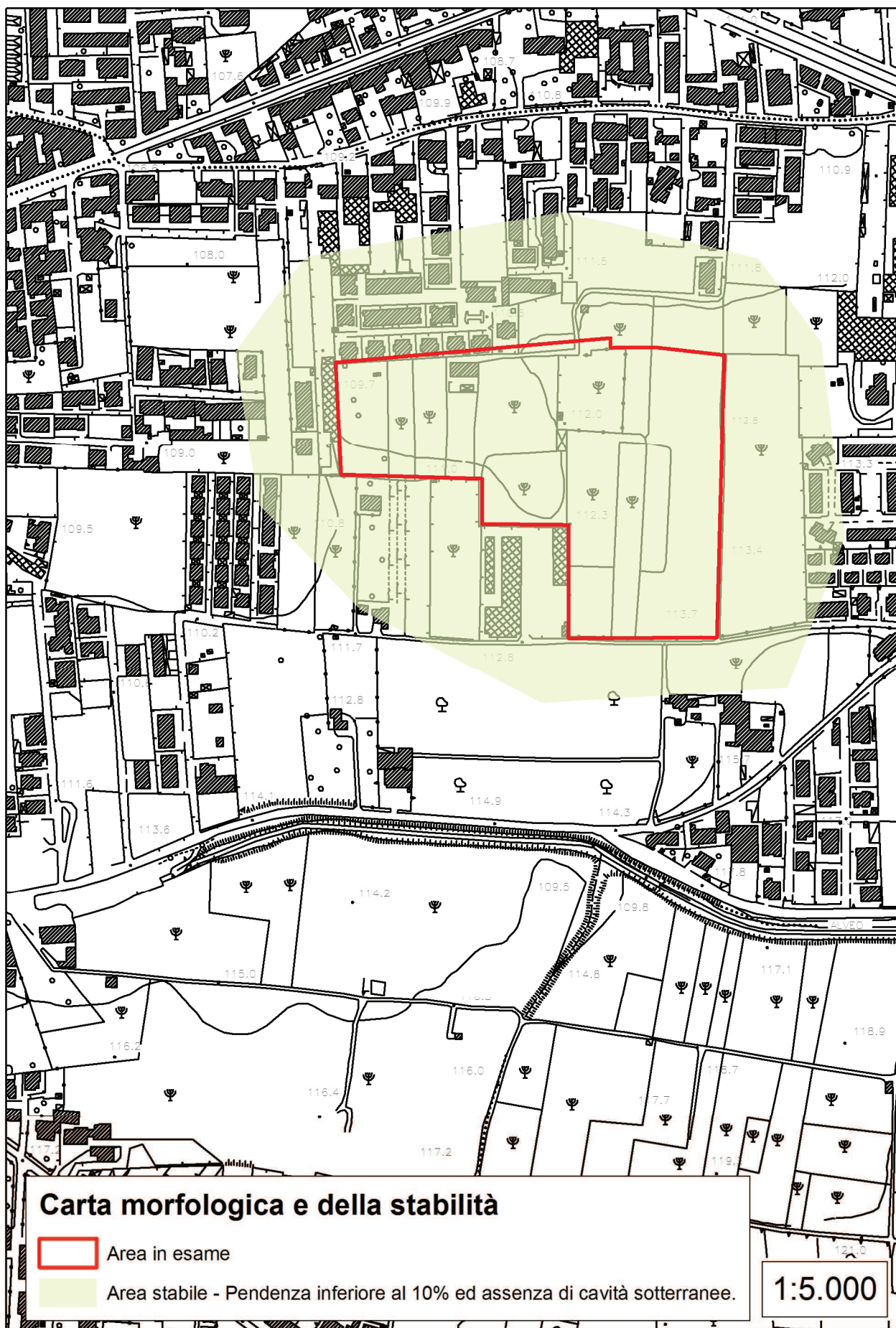


Fig. 5 – Carta morfologica e della stabilità

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE E LITOLOGIA DELL'AREA

Dal punto di vista geologico il comune di Villaricca rientra nel foglio n. 183-184 (Napoli - Isola d'Ischia) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, dal quale si ricava che esso si trova nella Piana Campana al margine dei Campi Flegrei e che in affioramento si trovano genericamente "depositi piroclastici e loro suoli" (af) (fig.6)



Fig. 6 – Carta geologica 1:50.000 (dalla carta geologica d'Italia 1:100.000)

La Piana Campana, coincide con un'ampia area di sprofondamento determinatasi probabilmente nel Pliocene Superiore a causa di fenomeni distensivi verificatisi lungo il margine appenninico che hanno dato origine ai sistemi di faglie appenniniche (direzione NW-SE) che costituiscono il margine orientale della Piana.

L'area sprofondata è stata nel tempo colmata da una potente coltre di sedimenti piroclastici, intercalati a depositi marini e deltizi che ricopre il substrato carbonatico della Piana con spessori che raggiungono alcune migliaia di metri (3000-4500 metri).

In tutta l'area posta a Nord della cinta urbana di Napoli il sottosuolo risulta

dunque costituito, almeno per i primi cento metri circa, da ammassi di materiali piroclastici derivanti dall'attività dei vulcani presenti nel distretto dei Campi Flegrei, e marginalmente dall'attività del Somma-Vesuvio.

In linea generale è possibile rinvenire nella zona in esame, partendo dai terreni più giovani, la seguente successione stratigrafica:

- ceneri vesuviane,
- ceneri con pomici e lapilli intercalati da livelli humificati, ascrivibili alle eruzioni del IV periodo flegreo (Agnano, 10000 anni fa, e Astroni, 3750 anni fa),
- tufo giallo napoletano in facies incoerente "pozzolana s.s.", sabbia fine di colore grigio chiaro contenente pomici ed in facies litoide di colore giallo consolidatosi per processi di zeolitizzazione (III periodo flegreo - eruzione dei tufo giallo napoletano circa 12000 anni fa),
- tufo grigio campano, frequentemente nelle facies gialla o verde oppure nella facies particolare di breccia vulcanica poligenica caratterizzata da clasti anche di notevoli dimensioni (II periodo flegreo, eruzione dell'Ignimbrite Campana, circa 35000 anni fa).

Lo spessore degli orizzonti piroclastici sopra descritti può variare in funzione dell'andamento morfologico locale al momento della loro deposizione, nonché in funzione del rimaneggiamento e dell'asportazione delle coltri più superficiali ad opera delle acque meteoriche.

Nell'area in esame, come rilevabile dalla stratigrafia della perforazione eseguita (fig. 10), è presente una coltre superficiale stratificata composta da cineriti, sabbie e pozzolane humificate spessa circa 7,5 m posta a tetto di depositi più francamente pozzolanici che si spingono fino a circa 24 m di profondità dove ha inizio la formazione tufacea ascrivibile ai depositi dell'ignimbrite campana (tufo grigio campano) in facies gialla.

In base ai risultati di altre perforazioni eseguite in aree limitrofe a quella in esame è stato verificato che la successione stratigrafica illustrata caratterizza con piccole variazioni tutta la zona ed sono state quindi redatte la sezione geologica di figura 7a e la carta geolitologica di figura 7b dove i depositi affioranti sopra descritti sono stati cartografati come "piroclastiti stratificate e pozzolane".

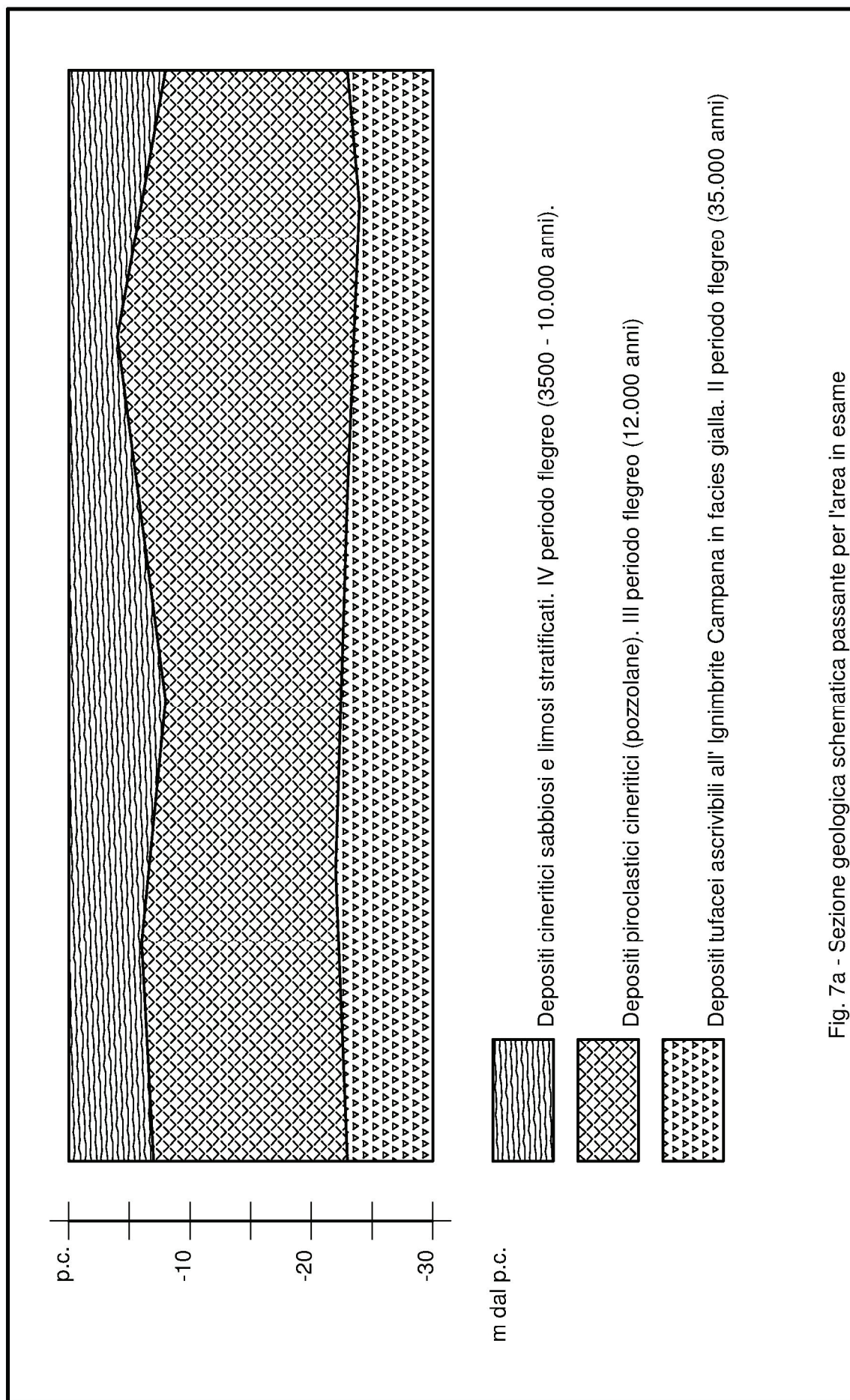


Fig. 7a - Sezione geologica schematica passante per l'area in esame

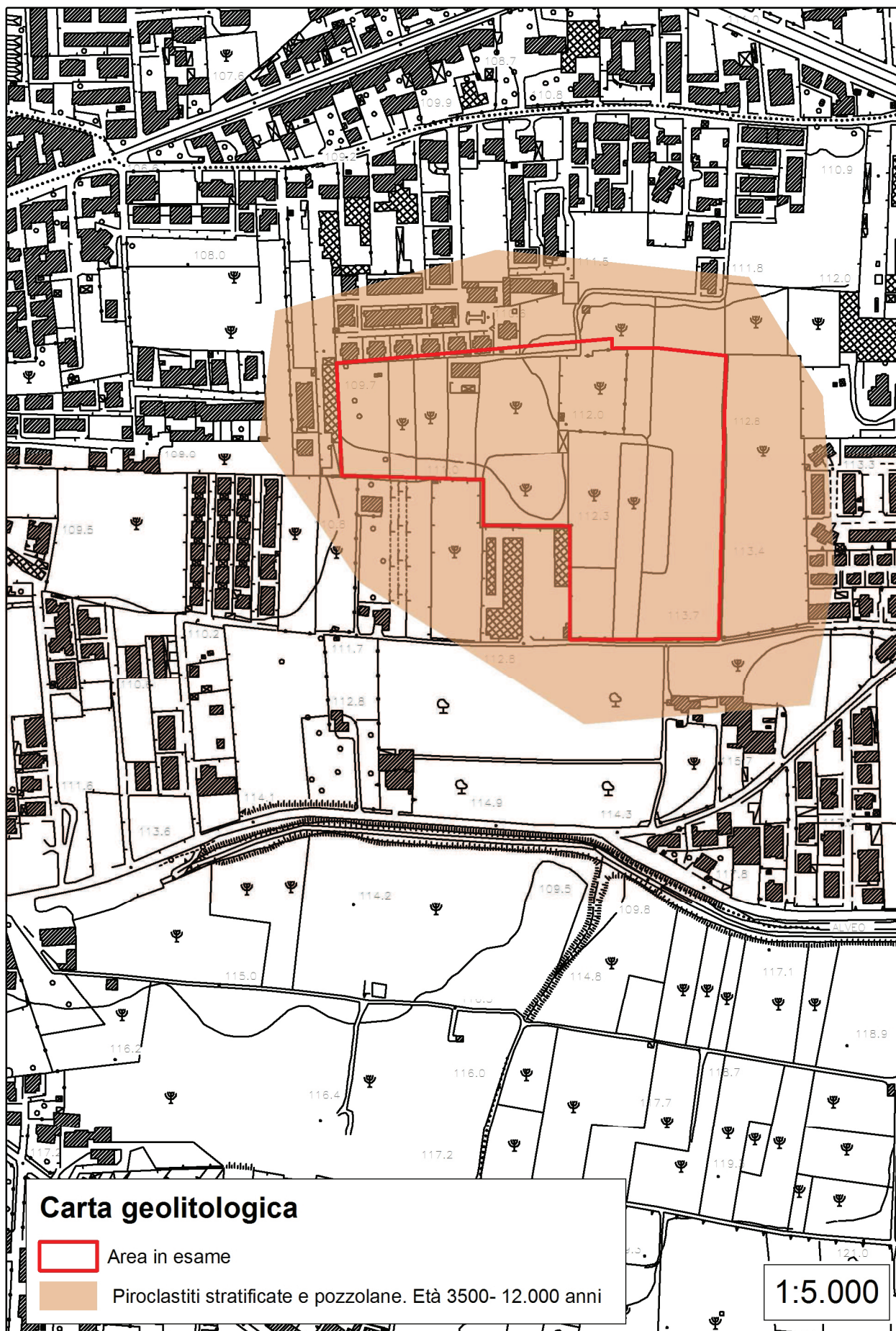


Fig. 7b – Carta geolitologica

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame si trova al limite tra il distretto vulcanico dei Campi Flegrei e la Piana Campana, può quindi ritenersi appartenente sia all'unità idrogeologica dei Campi Flegrei, delimitata a Nord dall'Alveo dei Camaldoli, che a quella della piana del Volturno-Regi Lagni.

In tale area la variabilità areale delle caratteristiche litostratigrafiche e giaciture del sottosuolo determina una complessa struttura idrogeologica nella quale la circolazione idrica sotterranea avviene per falde sovrapposte le quali presentano una concentrazione particolare al di sotto del Tufo Grigio Campano, la falda più superficiale viene alimentata dagli apporti zenitali, dalle formazioni calcaree dei monti circostanti e da locali scambi idrici per effetto dei fenomeni di drenanza con le falde più profonde.

In corrispondenza dell'area di Villaricca (fig. 8) ciò che distingue le due unità idrogeologiche è la direzione dei flussi idrici sotterranei i quali, essendo presente una zona di alto piezometrico tra Marano ed il retroterra di Pozzuoli che funge da spartiacque sotterraneo, sono diretti prevalentemente verso i quadranti

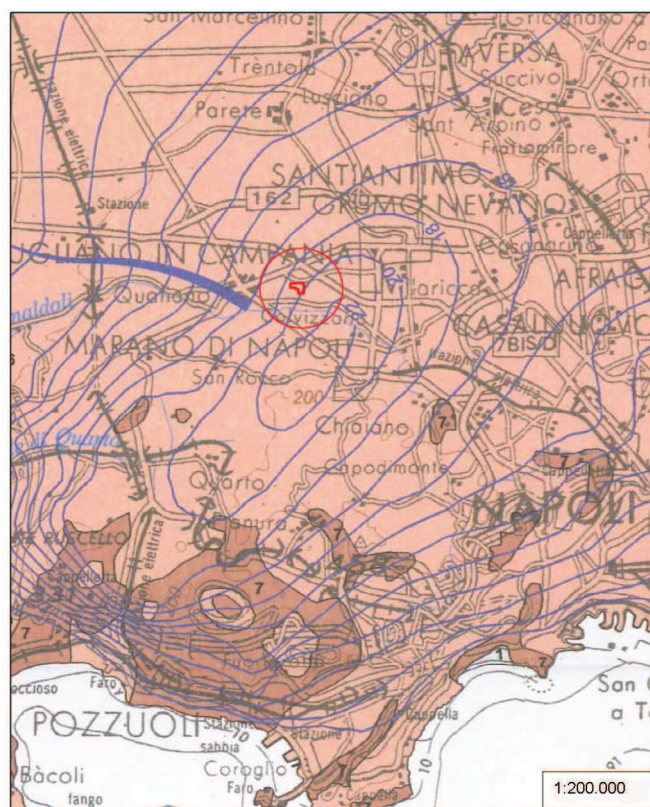


Fig. 8 – Carta idrogeologica 1: 200.000

meridionali e verso nell'area flegrea con un deflusso diretto verso il mare in direzione Averno - Pozzuoli e prevalentemente verso i quadranti settentrionali e verso ovest nell'area della piana dove i punti preferenziali di recapito delle acque sono rappresentate dai canali di bonifica di Licola e dal Lago Fusaro.

I depositi piroclastici incoerenti, abbondantemente presenti sia in affioramento che nel sottosuolo, formano un complesso idrogeologico caratterizzato da un grado di permeabilità per porosità da basso a medio, il grado di permeabilità è variabile sia arealmente che verticalmente a causa delle frequenti variazioni di granulometria, cementazione e giacitura, i tufi sono invece dotati di una scarsa permeabilità per porosità e alta permeabilità per fessurazione quindi complessivamente da una permeabilità media.

Analizzando l'aspetto idrogeologico a scala locale sia dalla bibliografia più recente che esaminando la carta idrogeologica del P.R.G. del Comune di Villaricca (vedi appendice 4) si evidenzia che la falda si livella ad una quota di circa 14 m s.l.m. e quindi, considerando che la quota del piano campagna è mediamente di 112 m s.l.m. che la profondità della falda è di circa 98 m dal piano di campagna e la direzione di flusso della falda idrica sotterranea è orientata verso nord-ovest così come illustrato nella carta idrogeologica di figura 9.

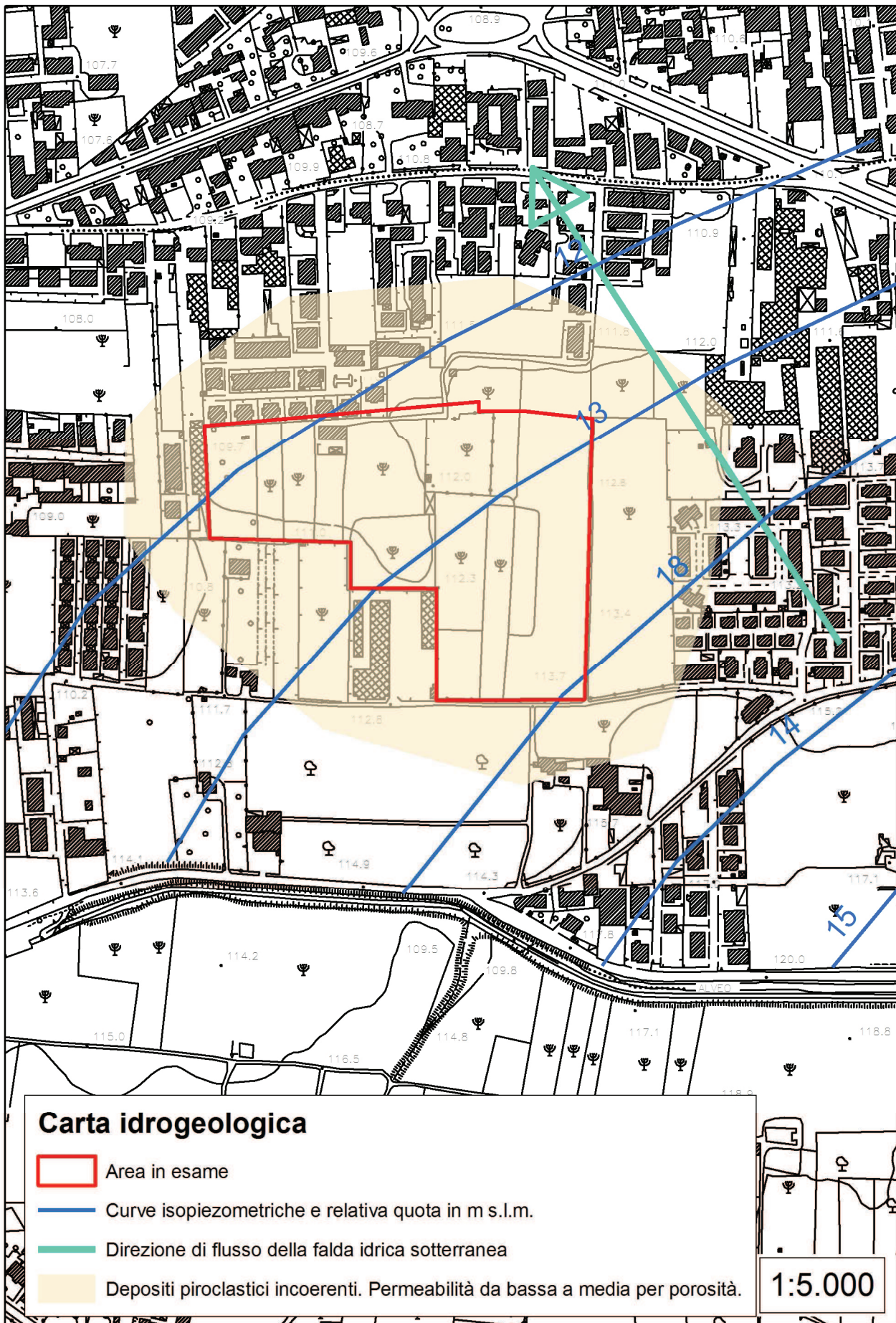


Fig. 9 – Carta Idrogeologica

5. RISULTATO DELLE INDAGINI

Come previsto dalle vigenti normative sono state eseguite indagini per verificare natura e caratteristiche fisiche e meccaniche dei depositi costituenti il sottosuolo, in particolare è stata eseguita una perforazione di sondaggio durante la quale sono state eseguite 4 prove S.P.T. ed è stato prelevato un campione da sottoporre ad analisi e prove di laboratorio.

5.1 Perforazione di sondaggio

La perforazione di sondaggio (fig. 10) è stata eseguita dalla Trivelsondaggi S.r.l. di Crispano (NA) con tecnica a rotazione e prelievo continuo di campionatura rimaneggiata, la campionatura è stata conservata in apposite cassette catalogatrici (vedi documentazione fotografica in allegato). Il diametro di perforazione è stato di 101 mm e, quando si è reso necessario il rivestimento delle pareti del foro, di 127 mm. Per la campionatura è stato utilizzato un carotiere semplice nei terreni sciolti ed un carotiere doppio nei depositi tufacei.

Durante la perforazione non è stata rilevata la presenza della falda idrica sotterranea.

L'esame dei campioni prelevati ha consentito di redigere la stratigrafia di figura 10 dalla quale si evince che nel sottosuolo si susseguono un alternarsi di livelli caratterizzati da granulometria e colorazione differenti. In particolare sono presenti:

- Terreno vegetale e depositi di origine piroclastica stratificati costituiti da livelli spessi fino a circa 2 m con granulometria sabbioso-limosa più o meno fina di colore generalmente marrone contenenti a tratti una frazione lapidea costituita da lapilli lavici. Si trovano fino a circa 7,5 m di profondità.
- Depositi sabbiosi fini, cineritici di colore grigio passante localmente giallo ocra, contenenti a tratti lapilli pomicei, si tratta delle bibliograficamente note "pozzolane s.s.". Costituiscono un livello potente circa 17 m che si spinge fino a circa 24 m di profondità.
- Depositi litoidi tufacei ascrivibili alla facies gialla dell' Ignimbrite Campana, i primi 3 metri presentano un grado di litificazione modesto e sono stati denominati come usuale per le formazioni tufacee come "cappellaccio".



TRIVEL SONDAGGI Srl
 Strada 100 - C.so Italia - Caviglioglio, 27
 00100 - Roma (RM)
 Tel/Fax 06 18345667
 guida@trivelsondaggi.it
 www.trivelsondaggi.it



Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture n. 1271 del 08/02/2011
 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni
 e prove in sito art. 59 D.P.R. 380/2001 - Circolare 7619/STC del 08/09/10

Certificato n° 207 del 29/02/2012	Verbale di accettazione n° 0123 del 23/02/2012	Commessa: 063-12
Committente: DOTT. PIANESE L. P/C COMUNE DI VILLARICCA		Sondaggio: SOND-073-12 (S1)
Riferimento: REDAZ. PROGETTO ESEC. PUA A C.SO ITALIA (HOUSING SOCIALE)		Data: 23/02/2012
Coordinate: 4530082 N - 430169 E		Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO		

SCALA 1 :200

STRATIGRAFIA - SOND-073-12 (S1)

Pagina 1/1

R mm	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	A metri	Campioni	Standard Penetration Test			PreL. % 0 --- 100	Pz
					m	S.P.T.	N		
1		Terreno vegetale sabbioso, di colore marrone, con resti vegetali	1						
2		Sabbia finissima (cinerite) marrone-ocra, tendente verso 1,50m ad	2						
3		alternanze di livelli con colorazione marrone-nerastra, marrone-ocra	3						
4		e marrone-grigiastra, debolmente limosi a tratti	4	1) She < 3,20 3,70	3,7	8-7-7	14		
5		Sabbia debolmente limosa marrone scura (presumibile deposito	5						
6		torboso)	6		6,5	7-8-8	16		
7		Sabbia, grigio-verdastra, con ghiaia costituita da lapilli vulcanici	7						
8		millimetrici (Ø fino a 1cm)	8						
9		Sabbia finissima (cinerite) debolmente limosa, marrone-ocra,	9						
10		tendente a marrone-grigiastra verso 6,10m e a marrone-giallastra e	10		10,6	8-16-24	40		
11		con rari clasti millimetrici verso 7,00m	11						
12		Sabbia finissima (cinerite), grigia a tratti ocra, con livelli decimetrici	12						
13		debolmente limosi e con frequenti clasti eterogenei, in prevalenza	13						
14		pomici (Ø max 2cm) distribuiti a tratti in livelli eterometrici e più rari	14		14,3	10-20-30	50		
15		verso 8,80m. Il deposito tende a grigio-ocra e con diffuse pomici	15						
16		alterate oltre 23,20m.	16						
17			17						
18			18						
19			19						
20			20						
21			21						
22			22						
23			23						
24			24						
25		Cappellaccio molto alterato di tufo giallo	25						
26			26						
27			27						
28		Tufo giallo litoide	28						
29			29						
30			30						

Doppio carotiere (T6) da m.27,00 a m. 30,00

Fig. 10 – Stratigrafia della perforazione eseguita

5.2 Prove S.P.T.

Nel corso della perforazione sono state eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. ad intervalli di profondità utilizzando una attrezzatura standard ed un campionatore a punta aperta. I risultati delle prove sono riassunti in tabella 1.

<i>SONDAGGIO</i>	<i>PROFONDITA' DAL P.C.</i>	<i>S.P.T.</i>	<i>N° S.P.T.</i>	<i>TIPO DI PUNTA</i>
SOND-073-12 (S1)	3,70-4,15	8-7-7	14	APERTA
SOND-073-12 (S1)	6,50-6,95	7-8-8	16	APERTA
SOND-073-12 (S1)	10,60-11,05	8-16-24	40	APERTA
SOND-073-12 (S1)	14,30-14,75	10-20-30	50	APERTA

Come si può notare il valore del numero di colpi $N_{S.P.T.}$ risulta crescente con la profondità e superati i 10 m di profondità risulta sensibilmente elevato (Fig. 11).

Per la interpretazione delle prove si è fatto ricorso agli usuali abachi e tabelle di correlazione per terreni incoerenti che tenendo conto della tensione litostatica mettono in correlazione il numero di colpi misurato durante le prove S.P.T. con la densità relativa D_r e con l'angolo di attrito interno ϕ .

In merito alla densità relativa (vedi fig. 12) risulta che, il grado di addensamento, come ci si poteva attendere visto il numero di colpi registrato durante le prove, risulta "medio" per le prime due prove eseguite in corrispondenza dei livelli più superficiali e "denso" per le prove eseguite nei livelli più francamente pozzolanici.

Per la determinazione dell'angolo di attrito interno è stato utilizzato un abaco, proposto da Sowers (1961) (fig. 13) che non tiene conto della tensione litostatica ma che ha dato risultati abbastanza concordi a quelli delle prove di laboratorio.

In particolare risulta che nelle l'angolo di attrito è generalmente piuttosto elevato e compreso tra 32° ed oltre 37°.

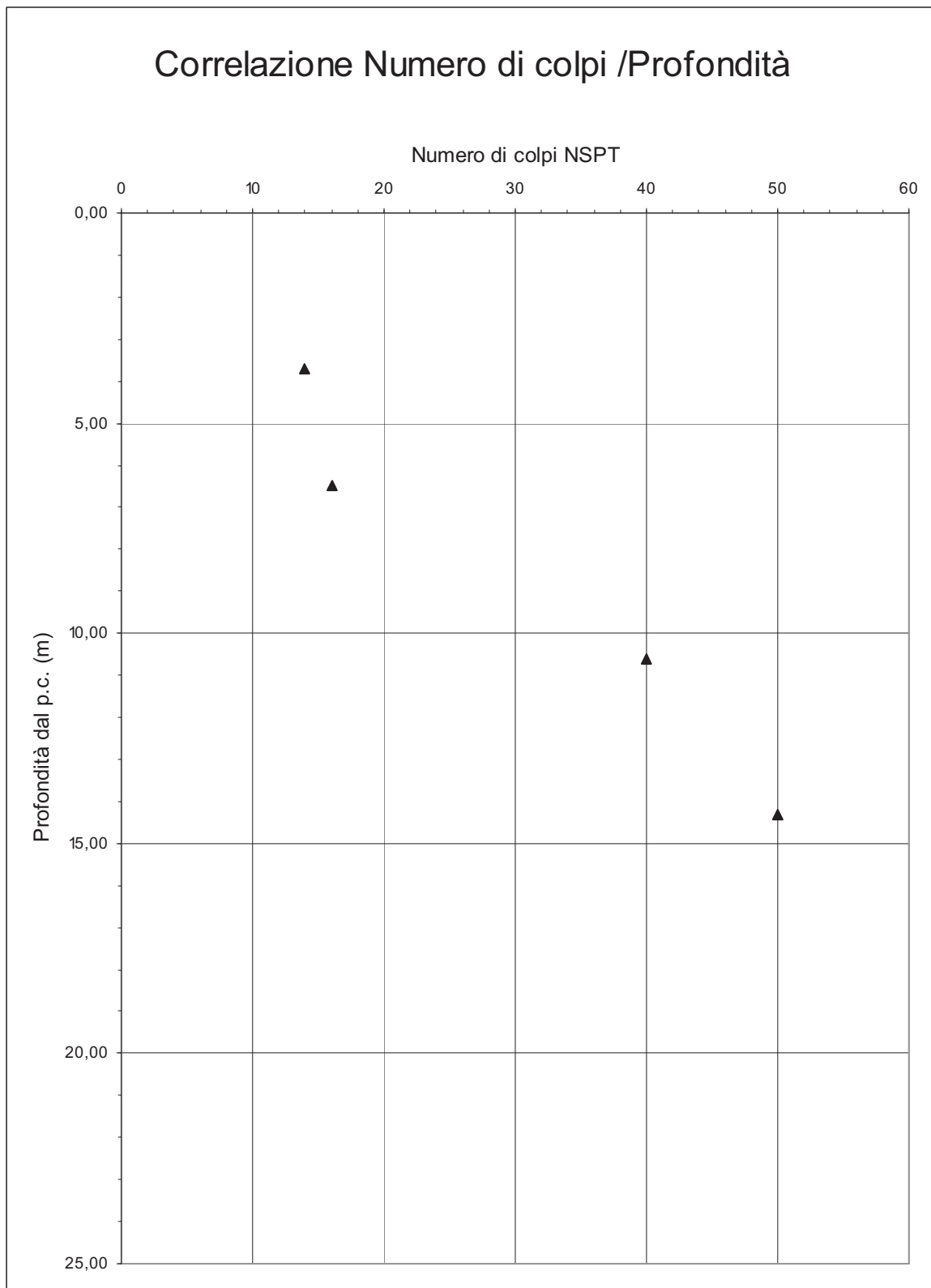


Fig. 11

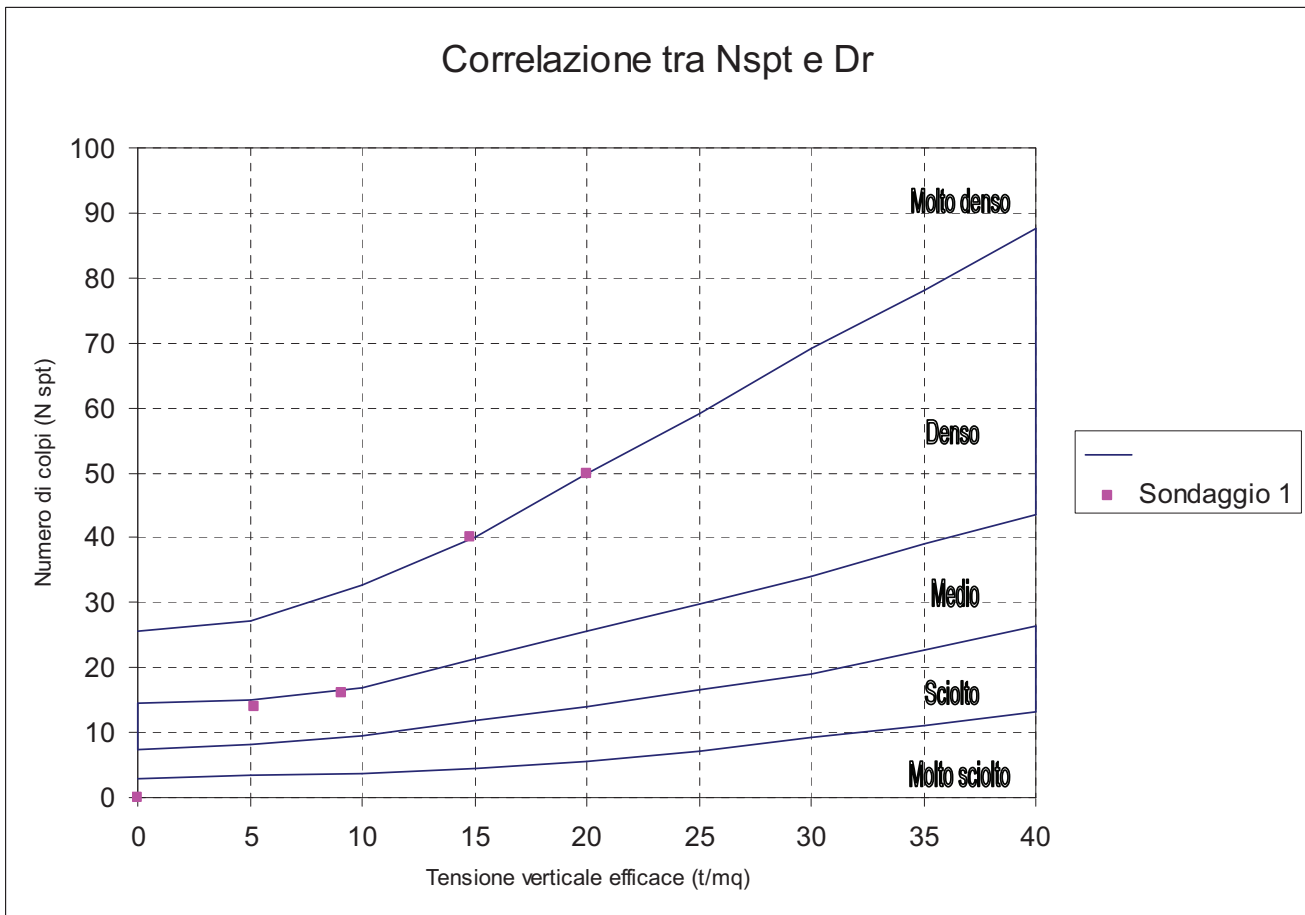


fig. 12

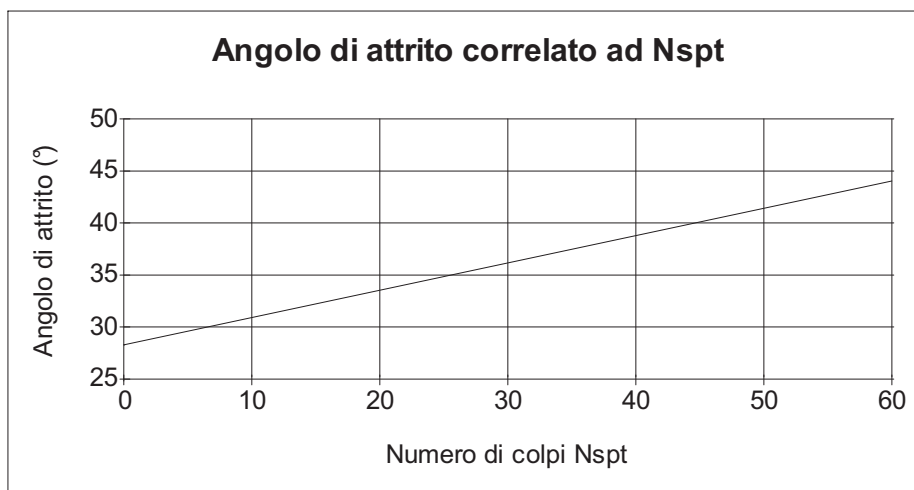


Fig. 13 (Sowers 1964)

I risultati dell'interpretazione delle prove S.P.T. sono stati per comodità sintetizzati nella seguente tabella 1.

TABELLA 1 – PROVE S.P.T.

Prova SPT	Prof. (m)	NSPT	Dr	Addensamento	ϕ (Sowers)
S1-1	3,7	14	0,6	medio	32°
S1-2	6,5	16	0,6	medio	32°
S1-3	10,6	40	0,8	denso	38°
S1-4	14,3	50	0,8	denso	40°

5.3 Prove di laboratorio

Le indagini di laboratorio sono state eseguite dalla ILAG di Napoli (vedi Allegato 2) e sono consistite nella determinazione dei principali parametri fisici e di resistenza a rottura del campione che è stato prelevato alla profondità di 3,2 m dal p.c..

5.3.1. Analisi granulometriche

L'analisi granulometrica ha evidenziato che la granulometria varia tra il campo delle sabbie e quello dei limi con un contenuto prevalente in sabbia (44%) rispetto al contenuto in limo (38%), le frazioni argillosa e ghiaiosa sono quindi subordinate ed il campione può essere classificato come "sabbia con limo debolmente argillosa ghiaiosa".

Questi risultati ben si addicono al sottosuolo stratificato e costituito da alternanze di livelli piroclastici sabbioso-limosi che è emerso dalla perforazione seguita.

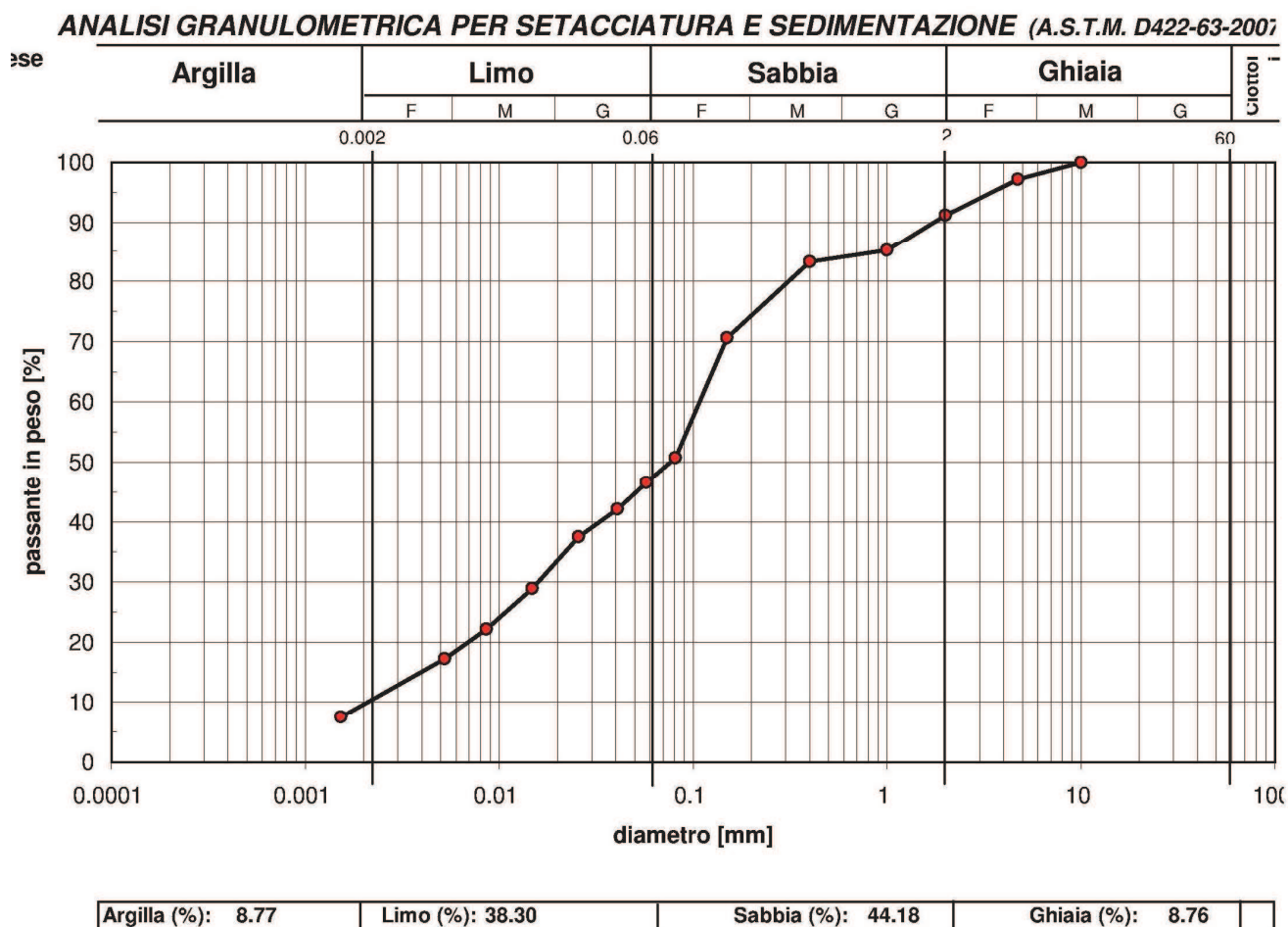


Fig. 14 – Analisi granulometrica

5.3.2. Caratteristiche generali

Le caratteristiche generali determinate sono riportate nella seguente tabella e sono appropriate per depositi piuttosto superficiali di origine piroclastica.

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	$\gamma_s = 25.7 \text{ kN/m}^3$
Contenuto d'acqua	$w = 0.814$
Peso di volume naturale	$\gamma = 12.65 \text{ kN/m}^3$
Peso di volume secco	$\gamma_d = 6.97 \text{ kN/m}^3$
Porosità	$n = 0.729$
Indice di porosità	$e = 2.688$
Grado di saturazione	$S_r = 0.779$

5.3.3. Prova di taglio diretto c.d.

Per determinare le caratteristiche di resistenza a rottura è stata eseguita una prova di taglio diretto c.d. (fig. 15) i cui risultati hanno messo in evidenza un angolo di attrito abbastanza elevato ($\phi' = 34^\circ 37'$) e l'assenza di coesione ($c' = 0,0$ kPa).

Diagramma sperimentale τ - δ

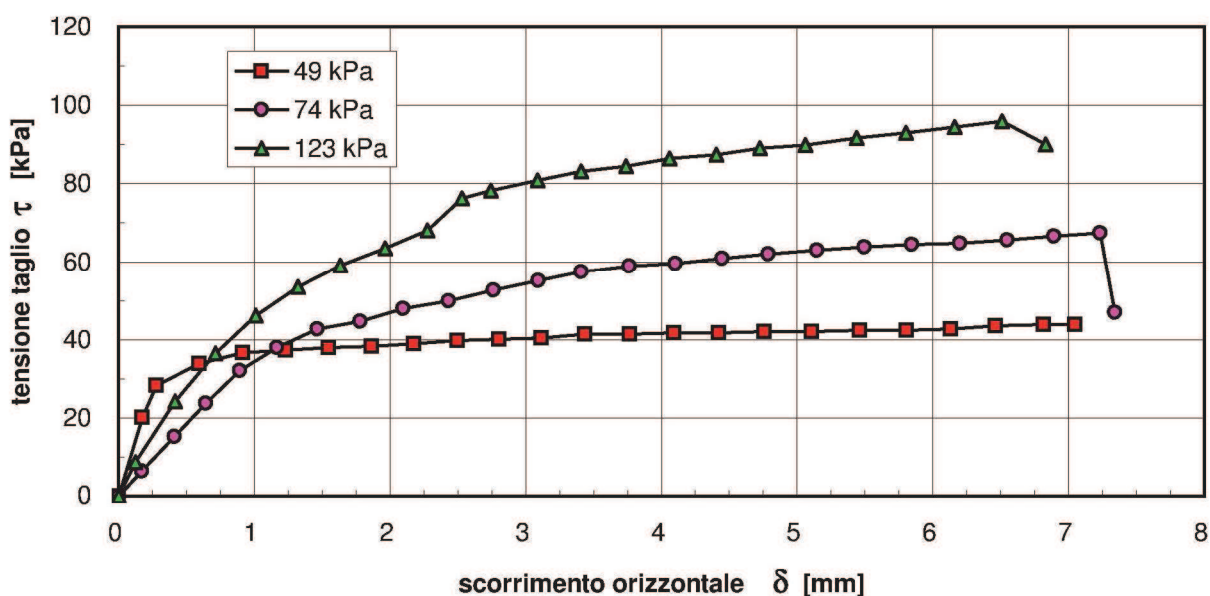


Fig.15

5.4 Indagini sismiche

La prova sismica del tipo MASW (cfr. App. 3) è stata eseguita con un sismografo M.A.E. A6000 S24 bit a 24 canali e geofoni verticale da 4,5 Hz. L'offset utilizzato è stato di 3 m con un passo tra i geofoni di 1,5 m.

L'interpretazione dei risultati della prova eseguita è sintetizzato nelle seguenti tabelle ed ha consentito anche di determinare i principali moduli dinamici.

	Spessore (m)	Velocità (onda S) (m/s)	Velocità (onda P) (m/s)
Strato 1	1.35	94.52	178.09
Strato 2	0.74	135.24	337.66
Strato 3	0.81	140.73	384.28
Strato 4	1.51	147.91	449.29
Strato 5	1.86	153.92	542.79
Strato 6	1.62	158.73	559.24
Strato 7	1.06	165.02	866.44
Strato 8	1.39	226.89	1026.13
Strato 9	2.22	290.97	1089.26
Strato 10	3.99	302.79	1355.81
Strato 11	1.93	420.48	1527.77
Strato 12	3.09	473.81	1589.82
Strato 13	6.07	497.97	1999.29
Strato 14	2.36	607.62	2055.44

Sismostratigrafia del sito di interesse progettuale

	Coeff. di Young	Modulo di Bulk	Coeff. di incompr.	Coeff. di Poisson
Strato 1	284.99	242.251	109.285	0.303
Strato 2	680.81	1187.73	242.373	0.404
Strato 3	746.702	1606.97	262.451	0.422
Strato 4	834.503	2288.47	289.914	0.439
Strato 5	914.405	3485.65	313.953	0.456
Strato 6	972.39	3699.31	333.882	0.456
Strato 7	1069.02	9467.2	360.867	0.481
Strato 8	2011.5	13043.8	682.19	0.474
Strato 9	3531.9	15321.5	1208.25	0.461
Strato 10	3856.53	24489.	1308.4	0.473
Strato 11	7362.77	29945.8	2523.19	0.459
Strato 12	9299.14	31799.	3203.82	0.451
Strato 13	10382.6	52325.6	3538.88	0.466
Strato 14	16395.3	57072.8	5645.29	0.452

Coefficiente di Poisson (adimensionale) e moduli dinamici (kg/cm²)

6. CONSIDERAZIONI SULLA COMPOSIZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

L'analisi della stratigrafia, unitamente ai risultati delle prove penetrometriche e di laboratorio ha consentito di caratterizzare dal punto di vista geotecnico il sottosuolo in esame.

Tenendo conto del miglioramento delle caratteristiche di resistenza a rottura con la profondità evidenziato sia dalla prove SPT eseguite che dalle prove inserite nella relazione geologica del PRG si distingue una parte superficiale costituita da cineriti, sabbie e pozzolane humificate stratificate ed una sottostante più omogenea costituita dalle pozzolane.

Piroclastiti stratificate superficiali

$N_{S.P.T}$	10 - 15
densità relativa	0,4 - 0,6
addensamento	"medio"
peso dell'unità di volume	13 kN/m ³
coesione (c')	0,0 kPa
angolo di attrito interno (ϕ')	30° - 34°

Pozzolane

$N_{S.P.T}$	>25
densità relativa	0,6 - 0,8
addensamento	"denso"
peso dell'unità di volume	14 -15 kN/m ³
coesione (c')	0,0 kPa
angolo di attrito interno (ϕ')	>34°

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA IN ESAME

In base alla vigente normativa il suolo di fondazione deve essere classificato dal punto di vista sismico sia in base ai valori medi delle onde di taglio rilevate nei primi 30 m di sottosuolo (V_{S30}) sia in base alla successione stratigrafica.

La V_{S30} viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S30} = 30 / \sum (h_i / V_i) \text{ con } i \text{ compreso tra } 1 \text{ ed } N$$

Dove h_i indica lo spessore in metri e V_i la velocità delle onde di taglio in m/s dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Nel caso in esame si ottiene $V_{S30} = 253$ m/s e quindi un suolo di fondazione come di categoria C : " Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti... e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ..."

In ordine alla condizioni topografiche del suolo, essendo l'area in esame omogeneamente a debolissima pendenza essa rientrerà nella categoria topografica T1.

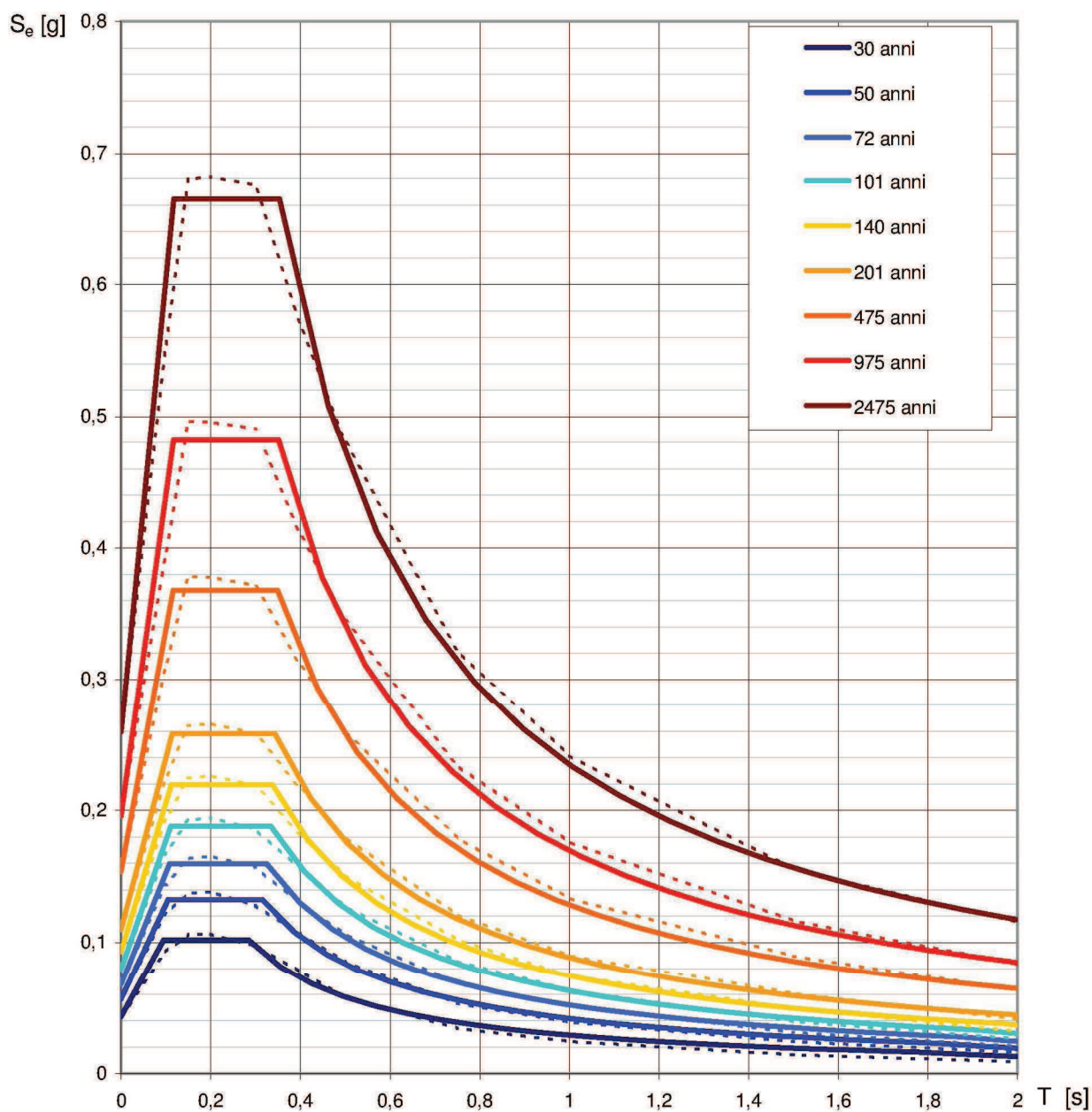
In ordine al problema della liquefazione delle sabbie, l'assenza della falda fa escludere la possibilità che si verifichi una tale eventualità.

Considerata poi l'ubicazione dell'area nel comune di Villaricca mediante il programma di calcolo Spettri NTC sono stati calcolati i parametri a_g , F_o e T_C^* per i vari periodi di ritorno di riferimento ed i relativi spettri di risposta elastici (fig.16).

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,043	2,368	0,284
50	0,057	2,342	0,315
72	0,068	2,352	0,325
101	0,080	2,362	0,334
140	0,093	2,356	0,338
201	0,110	2,356	0,343
475	0,154	2,394	0,349
975	0,196	2,458	0,352
2475	0,259	2,562	0,353

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 16 – Spettri di risposta elastici

In conclusione visti i risultati delle indagini sismiche l'area oggetto della presente relazione in considerazione anche della omogeneità geologica del sottosuolo e morfologica del suolo è ascritta ad un'unica microzona sismica caratterizzata da un suolo di fondazione di tipo "C" con categoria topografica T1 così come riportato nella carta della zonazione in prospettiva sismica di figura 17.

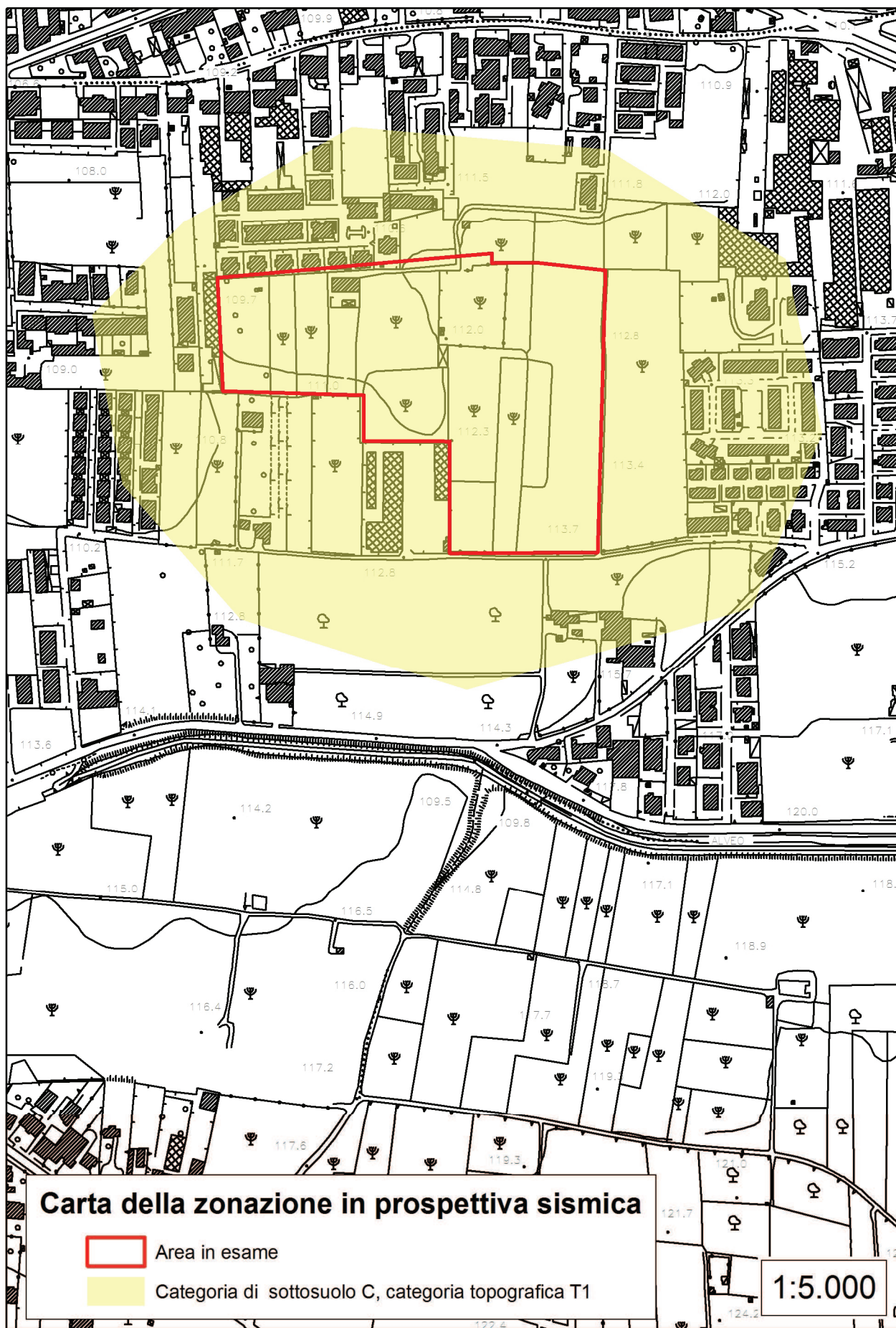


Fig. 17 – Carta della zonazione in prospettiva sismica

7. COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA

In merito alle perimetrazioni definite nel “Piano Stralcio per l' assetto idrogeologico” redatto dall' Autorità di Bacino della Campania Nord-Occidentale si segnala che in riferimento al rischio frane l'area in esame non ricade in alcuna fascia di rischio ed il foglio 447070 nel quale essa ricade non è stato realizzato, non è presente nella cartografia di piano e pertanto non è possibile riportarne lo stralcio nella presente relazione.

In relazione al rischio idraulico l'area del Piano Attuativo non è compresa in nessuna fascia di rischio ma in questo caso il foglio 447070 nel quale ricade l'area in esame è stato realizzato dall' autorità di bacino e gli stralci relativi all'area in esame sono riportati di seguito.

Poiché gli interventi in progetto non ricadono in aree a rischio di frana o idraulico essi sono dunque compatibili con le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito.



CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO

Legenda

Fenomeni da allagamento per esondazione


R4 Rischio molto elevato

R3 Rischio elevato


R2 Rischio medio

R1 Rischio moderato

 Punti/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa dovuta a: fitta vegetazione in alveo, presenza di rifiuti solidi, riduzione di sezione, sponde danneggiate (*)

 Area ad elevata suscettibilità di allagamento ubicata al piede dei valloni (*)


 Vasca - Limite di bacino artificiale

 Linea di impluvio incerto


 Reticolo idrografico

 Tratto tombato

 Alveo strada

 Aste montane incise con tratti di possibile crisi per piene repentine/colate detritiche/alluvioni di conoidi

 Limite comunale

 Limite di provinciale

 Limite dell'Autorità di Bacino

8. CONFRONTO CON I RISULTATI DELLE INDAGINI ALLEGATE AL P.R.G.

Confrontando i risultati delle indagini eseguite con quelle condotte a termine per lo studio generale sul P.R.G. dal dott. E. Cocco si giunge alla conclusione che le risultanze di entrambe le indagini sono analoghe come esposto dettagliatamente più avanti.

In appendice 4 si riportano gli stralci planimetrici delle carte tematiche del PRG redatte ai sensi degli artt. 11 e 12 della L.R. 9/83 relativi all' area in esame.

8.1 Morfologia e stabilità dell' area

Nella presente relazione l'area in esame è stata considerata stabile considerata la sua pendenza inferiore al 10% e l'assenza di cavità nel sottosuolo, anche nello studio del dott. Cocco l' area è considerata stabile e non interessata da cavità.

8.2 Geolitologia

Il presente lavoro e quello del dott. Cocco concordano nell' individuare nell' area comunale la presenza in affioramento di depositi piroclastici dovuti essenzialmente alle eruzioni dei vulcani di Agnano e degli Astroni avvenute tra 3.500 e 10.000 anni fa e più in profondità prima i depositi del III periodo di attività dei Campi Flegrei (pozzolana) e successivamente quelli del II periodo rappresentati dai depositi dell'Ignimbrite Campana in facies gialla.

8.3 Idrogeologia

Gli studi concordano nell'individuare sottosuolo costituito da depositi con permeabilità da bassa a media in funzione della granulometria dei depositi ed una circolazione idrica piuttosto profonda che avviene a profondità non inferiore a 90 m dal p.c. con direttrici di flusso orientate verso nord-ovest.

8.4 Composizione del sottosuolo

Tenendo conto della natura dei depositi indagati, è naturale riscontrare una certa differenza tra le stratigrafie dei sondaggi eseguiti per il P. R. G. e quelli eseguiti per il Piano Attuativo, le risultanze convergono tuttavia nell'individuare un sottosuolo

stratificato costituito da una coltre più superficiale stratificata dello spessore di circa 8 m con granulometria sabbioso-limosa di colore generalmente marrone che copre i livelli più francamente pozzolanici di colore grigio, i sondaggi del P.R.G. non hanno generalmente raggiunto il substrato tufaceo.

8.5 Zonazione del territorio in prospettiva sismica

La presente indagine ha classificato il sottosuolo come di tipo "C" secondo le vigenti normative, questo tipo di classificazione non è confrontabile con quello utilizzato in passato che mediante il metodo di Medvedev, basato sulle rigidità sismiche, tendeva a calcolare l'incremento sismico e quindi un coefficiente di fondazione ε da inserire nei calcoli progettuali.

A titolo informativo le indagini sismiche condotte nell'ambito della redazione del P.R.G. e la relativa cartografia classificano l'area in esame come ricadente in una unica microzona caratterizzata da:

Grado di sismicità $S = 6$ e valore dell'incremento sismico locale 2,27.

9. CONCLUSIONI

Nell'ambito delle indagini in sito e di laboratorio eseguite per la redazione della presente relazione geologica è stata eseguita una perforazione di sondaggio, 4 prove S.P.T. e prelevato 1 campione indisturbato successivamente sottoposto ad analisi di laboratorio è stata inoltre eseguita una prova sismica a rifrazione del tipo MASW.

I risultati ottenuti hanno consentito di caratterizzare il sottosuolo dell'area in esame che risulta costituito da depositi di origine piroclastica sciolti per uno spessore di circa 24 m e più in profondità dal Tufo Grigio Campana in facies gialla, la falda idrica non è presente fino alla massima profondità investigata (30m) e si trova invece a circa 100 m dal p.c..

In particolare è risultato che, escludendo la coltre superficiale di terreno vegetale, il sottosuolo è formato per i primi 7-8 m da depositi di origine piroclastica stratificati con granulometria sabbioso-limosa di colore generalmente marrone che coprono depositi più francamente pozzolanici di colore grigio, le caratteristiche

tecniche di questi depositi risultano migliorare con la profondità come mostrato dalle prove SPT; i risultati della prove in sito e di laboratorio eseguite hanno consentito di determinare un peso di volume (γ) di 13 kN/m³, da un angolo di attrito interno sempre superiore a 30° e da una coesione assente.

Le indagini sismiche hanno consentito di determinare che la V_{S30} è pari a 258 m/s e pertanto l' area del Piano Attuativo, rispetto all'azione sismica di progetto, deve essere inserita nella categoria C.

In merito alla stabilità dell'area da quanto esposto nel paragrafo "Inquadramento morfologico e stabilità dell' area" risulta chiaro che in un' area significativa intorno al sito in esame non sussistono evidenze di fenomeni franosi e che la realizzazione delle opere in progetto non può determinare né predisporre a fenomeni franosi di alcun genere.

I risultati delle indagini eseguite sono stati confrontati con quelli delle indagini condotte a termine per lo studio generale sul P.R.G. , i risultati a cui si giunge nei due casi sono analoghi come esposto dettagliatamente precedentemente.

In considerazione delle caratteristiche fisico-meccaniche del sottosuolo in esame e della tipologia degli interventi in progetto si ritiene che il tipo di utilizzo dell' area che si propone il piano attuativo in progetto, è pienamente compatibile con le caratteristiche del sottosuolo del sito in esame.

Marano di Napoli, marzo 2012

dott. geol. Luigi Pianese

APPENDICE 1
PERFORAZIONE DI SONDAGGIO E PROVE SPT

TRIVEL SONDAGGI S.r.l.



Att. SOA n.8850/17/00 Cat. OS21 Cl. III

- Sondaggi geognostici
- Esplorazione del sottosuolo con mezzi meccanici
- Prove penetrometriche statiche e dinamiche
- Micropali - Iniezioni - Tiranti



COMMITTENTE:
DOTT. GEOL. PIANESE LUIGI
p/c
COMUNE DI VILLARICCA

OGGETTO:
INDAGINI GEOGNOSTICHE RELATIVE A "REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DEL P.U.A. A CORSO ITALIA (HOUSING SOCIALE)"

LOCALITA' : VILLARICCA (NA) - LOC. CORSO ITALIA

ALLEGATI: COLONNE E CERTIFICATI STRATIGRAFICI
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
CERTIFICATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE TIPO S.P.T.

DATA: FEBBRAIO 2012

Decreto di autorizzazione ministeriale n. 1271 del 08.02.2011



1.0 PREMESSA

2.0 SONDAGGI GEOGNOSTICI

3.0 PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI

4.0 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE S. P. T

5.0 UBICAZIONE INDAGINI

ALLEGATI

COLONNE E CERTIFICATI STRATIGRAFICI

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE S. P. T.



1.0 PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dal **DOTT. GEOL. PIANESE LUIGI p/c COMUNE DI VILLARICCA** l'Impresa **TRIVEL SONDAGGI S.r.L.** ha eseguito n° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con prelievo di campione indisturbato ed esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro, tipo S.P.T., relativo al progetto “**INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DEL P.U.A. A CORSO ITALIA (HOUSING SOCIALE)**” nel Comune di **VILLARICCA (NA)** in Loc. **CORSO ITALIA**.

2.0 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Per l'esecuzione dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo è stata utilizzata attrezzatura di perforazione costituita da una sonda a rotazione CMV MK 420 F avente le seguenti caratteristiche:

- attrezzatura a testa di rotazione idraulica
- velocità di rotazione di 300 giri/min
- coppia massima > 420 Kgm
- azionamento oleodinamico
- carro cingolato
- morsa idraulica
- pompa per acqua Bellin MG500L
- argano idraulico
- carotiere semplice
- carotiere doppio tipo T6
- tubazione metallica di rivestimento diametro 127mm.
- campionatore Shelby a pareti sottili
- attrezzatura per Standard Penetration Test

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state catalogate in apposite cassette con coperchio apribile munite di setti separatori, fotografate ed analizzate da un geologo.

I certificati relativi alla stesura delle colonne stratigrafiche sono forniti in appendice e contengono le seguenti informazioni:

- indicazione sul cantiere, committente, numero progressivo, lunghezza del sondaggio, l'inclinazione e la scala grafica;
- profondità dal p.c. dei litotipi e loro descrizione litologica;
- percentuale di carotaggio;
- diametro del foro, metodo di perforazione e metodo di stabilizzazione;
- livello di rinvenimento dell'eventuale falda;
- quota e metodologia di prelievo di campioni indisturbati.

I sondaggi sono stati condizionati con tubazione in P.V.C. con diametro di 80 mm per dare luogo alle successive prove sismiche in foro.



3.0 PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI

Nel corso della campagna indagini geognostiche si è provveduto al prelievo di campioni indisturbati, laddove i terreni attraversati lo permettevano, utilizzando un campionatore con fustella a pareti sottili (*Shelby*). La fustella contenente il campione di terreno estratto ed è costituita da un tubo in acciaio inox con la base tagliente e con angolo di scarpa compreso tra 4° e 15°, tale da rendere ininfluenza il disturbo per effetto delle operazioni di prelievo. La fustella contenente il campione di terreno all'atto della estrazione è stata separata dal campionatore e sigillata con paraffina fusa allo scopo di conservarne l'umidità naturale e riposta in luogo idoneo alla conservazione, fino alla spedizione in laboratorio. Su ogni campione è stata affissa una etichetta contenente i dati relativi al Committente, al cantiere, alla metodologia, alla quota di inizio e fine ed alla data del prelievo.

<i>SONDAGGIO</i>	<i>C.I.</i>	<i>PROFONDITA' DAL P.C.</i>	<i>CAMPIONATORE</i>
SOND-073-12 (S1)	N° 1	3,20-3,70	SHELBY

TAB. 1 : RIEPILOGATIVA DEI CAMPIONI INDISTURBATI

4.0 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE S. P. T.

Nel corso dei sondaggi geognostici sono state eseguite prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) seguendo le metodologie previste dalle seguenti norme:

- **A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana (Giugno 1977)**
- **A.S.T.M. - D1586-67(74) ; D1586-84**

All'atto del raggiungimento della quota stabilità, si è provveduto alla misurazione del fondo foro con opportuno scandaglio per assicurarsi dell'avvenuta pulizia del foro e successivamente eseguite le prove con la seguente procedura:

- a. impiego di attrezzatura con dispositivo di sganciamento automatico di un maglio dal peso di 63,5 Kg dall'altezza di 76 cm;
- b. all'estremità della batteria di aste collegata al dispositivo di sganciamento del maglio è stato applicato un campionatore *Raymond* munito di valvola sommitale a sfera; si è provveduto quindi, alla misurazione del numero di colpi del maglio necessari per infiggere tre tratti di 15 cm. del campionatore *Raymond*, apribile longitudinalmente ed avente le seguenti caratteristiche:
 - Diametro esterno = 51 mm.
 - Diametro interno = 35 mm.
 - Lunghezza = 457 mm.
 - Lunghezza scarpa = 76 mm.
 - Angolo scarpa = 60°



<i>SONDAGGIO</i>	<i>PROFONDITA' DAL P.C.</i>	<i>S.P.T.</i>	<i>N° S.P.T.</i>	<i>TIPO DI PUNTA</i>
SOND-073-12 (S1)	3,70-4,15	8-7-7	14	APERTA
SOND-073-12 (S1)	6,50-6,95	7-8-8	16	APERTA
SOND-073-12 (S1)	10,60-11,05	8-16-24	40	APERTA
SOND-073-12 (S1)	14,30-14,75	10-20-30	50	APERTA

TAB. 2 : RIEPILOGATIVA DELLE PROVE S.P.T.

L'esecuzione delle prove ha seguito le seguenti fasi:

1. controllo della quota di prova con opportuno scandaglio;
2. posa in opera a fondo foro del campionatore Raymond collegato alla batteria di aste;
3. infissione dei tre tratti di 15 cm. contando separatamente il numero di colpi occorrenti;
4. estrazione del campionatore con recupero del suo contenuto e sua sigillatura in sacchetti di cellophane.

5.0 UBICAZIONE INDAGINI

Le coordinate relative all' ubicazioni delle indagini, sono state rilevate in campagna con GPS, modello TRIMBLE sc, con errore max di circa 2,00 m. Tutte le coordinate sono riferite al sistema geodetico WGS -84 in coordinate piane U.T.M., nel fuso di appartenenza (Fuso 33)

<i>SONDAGGIO</i>	<i>COORDINATE WGS-84-F33</i>	<i>PROFONDITA' DAL P.C.</i>
SOND-073-12 (S1)	4530082 N- 430169 E	30,00 m

TAB. 3 : RIEPILOGATIVA DELLE COORDINATE DELLE INDAGINI



FIG. 1 : UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Tutti i risultati delle indagini e prove su citate, sono riportati negli allegati grafici che compongono il presente fascicolo che si rilascia al committente

Crispano (NA), febbraio 2012



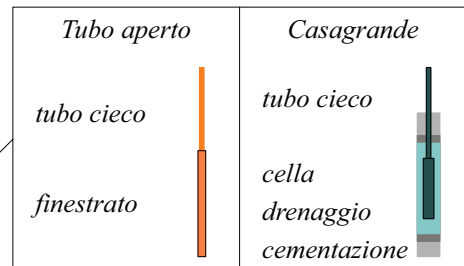
Committente: DOTT. PIANESE L. P/C COMUNE DI VILLARICCA	Sondaggio: SOND-073-12 (S1)
Riferimento: REDAZ. PROGETTO ESEC. PUA A C.SO ITALIA (HOUSING SOCIALE)	Data: 23/02/2012
Coordinate: 4530082 N - 430169 E	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

LEGENDA STRATIGRAFIA

ø mm	R v	metri batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	A metri	Campioni	Standard Penetration Test			Pz		
							m	S.P.T.	N			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 4) Simbolo litologico
- 5) Descrizione della litologia dello strato
- 6) Profondità dell'acqua
- 7) Scala metrica
- 8) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 9) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 10) Prova S.P.T.
- 11) Valore di N_{spt}
- 12) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 13) Piezometri

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT





Certificato n° 207 del 29/02/2012	Verbale di accettazione n° 0123 del 23/02/2012	Commessa: 063-12
Committente: DOTT. PIANESE L. P/C COMUNE DI VILLARICCA		Sondaggio: SOND-073-12 (S1)
Riferimento: REDAZ. PROGETTO ESEC. PUA A C.SO ITALIA (HOUSING SOCIALE)		Data: 23/02/2012
Coordinate: 4530082 N - 430169 E		Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO		

SCALA 1 :200	STRATIGRAFIA - SOND-073-12 (S1)	Pagina 1/1
--------------	--	------------

Ø mm	R V	metri batt.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	A metri	Campioni	Standard Penetration Test			Pz
							m	S.P.T.	N	
1				Terreno vegetale sabbioso, di colore marrone, con resti vegetali	1					
2				Sabbia finissima (cinerite) marrone-ocra, tendente verso 1,50m ad	2					
3				alternanze di livelli con colorazione marrone-nerastra, marrone-ocra	3					
4				e marrone-grigiastra, debolmente limosi a tratti	4	1) She < 3,20 3,70	3,7	8-7-7	14	
5				Sabbia debolmente limosa marrone scura (presumibile deposito	5					
6				torboso)	6					
7				Sabbia, grigio-verdastra, con ghiaia costituita da lapilli vulcanici	7					
8				millimetrici (Ø fino a 1cm)	8					
9				Sabbia finissima (cinerite) debolmente limosa, marrone-ocra,	9					
10				tendente a marrone-grigiastra verso 6,10m e a marrone-giallastra e	10					
11				con rari clasti millimetrici verso 7,00m	11					
12				Sabbia finissima (cinerite), grigia a tratti ocra, con livelli decimetrici	12					
13				debolmente limosi e con frequenti clasti eterogenei, in prevalenza	13					
14				pomici (Ø max 2cm) distribuiti a tratti in livelli eterometrici e più rari	14					
15				verso 8,80m. Il deposito tende a grigio-ocra e con diffuse pomici	15					
16				alterate oltre 23,20m.	16					
17					17					
18					18					
19					19					
20					20					
21					21					
22					22					
23					23					
24					24					
25				Cappellaccio molto alterato di tufo giallo	25					
26					26					
27					27					
28				Tufo giallo litoide	28					
29					29					
30					30					

Doppio carotiere (T6) da m.27,00 a m. 30,00

Committente: DOTT. PIANESE L. P/C COMUNE DI VILLARICCA	Sondaggio: SOND-073-12 (S1)
Riferimento: REDAZ. PROGETTO ESEC. PUA A C.SO ITALIA (HOUSING SOCIALE)	Data: 23/02/2012



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00



Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 30,00



Postazione



TRIVEL SONDAGGI Srl
Strada Prov. Le Cardito - Crispano, 27
80020 - Crispano (NA)
Tel/Fax: 0818345697
guscia@trivelsondaggi.it
www.trivelsondaggi.it

STANDARD PENETRATION TEST

(A.G.I. 1977)

PROVE IN SITO

DECRETO DI AUTORIZZAZIONE DEL M.INF - CSLP N° 1271
DEL 08/02/2011

MD. Cert.SPT MGQ.9

Rev. 00 del 15/11/2010

Pagina 1 di 1

CODIFICA COMMESSA	063-12	CANTIERE	VILLARICCA (NA)		
COMMITTENTE	DOTT. PIANESE L. P/C COMUNE DI VILLARICCA		LOCALITÀ	CORSO ITALIA	
SIGLA PROVA	SPT-046-12	NUMERO DI ACCETTAZIONE	0123	DEL	23/02/2012
CERTIFICATO N°	208	DATA DI EMISSIONE CERTIFICATO	29/02/2012		

SONDAGGIO N°/SPT N°	S1/SPT1	SIGLA SOND./SIGLA SPT	SOND-073/SPT-046-12	DATA DI PROVA	23/02/2012
TIPO DI PUNTA	APERTA	X	CHIUSA		
TIPO DI ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE	SONDA C.M.V. MK 420 F				

PROFONDITÀ (m)		N° COLPI
DA	A	
3,70	3,85	8
3,85	4,00	7
4,00	4,15	7
NSPT		14

NOTE:

SPERIMENTATORE _____

DIRETTORE _____



Strada provinciale Cardito - Crispano, 27 - 80020 Crispano (NA)

Tel. 0818345697 Fax 08119819433

P.IVA 01493781213 - C. FISC. 06068550638

info@trivelsondaggi.it - http://www.trivelsondaggi.it





TRIVEL SONDAGGI Srl
Strada Prov. Le Cardito - Crispano, 27
80020 - Crispano (NA)
Tel/Fax: 0818345697
guida@trivelsondaggi.it
www.trivelsondaggi.it

STANDARD PENETRATION TEST

(A.G.I. 1977)

PROVE IN SITO

DECRETO DI AUTORIZZAZIONE DEL M.INF - CSLP N° 1271
DEL 08/02/2011

MD. Cert.SPT MGQ.9

Rev. 00 del 15/11/2010

Pagina 1 di 1

CODIFICA COMMESSA	063-12	CANTIERE	VILLARICCA (NA)		
COMMITTENTE	DOTT. PIANESE L. P/C COMUNE DI VILLARICCA		LOCALITÀ	CORSO ITALIA	
SIGLA PROVA	SPT-047-12	NUMERO DI ACCETTAZIONE	0123	DEL	23/02/2012
CERTIFICATO N°	209	DATA DI EMISSIONE CERTIFICATO	29/02/2012		

SONDAGGIO N°/SPT N°	S1/SPT2	SIGLA SOND./SIGLA SPT	SOND-073/SPT-047-12	DATA DI PROVA	23/02/2012
TIPO DI PUNTA	APERTA	X	CHIUSA		
TIPO DI ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE	SONDA C.M.V. MK 420 F				

PROFONDITÀ (m)		N° COLPI
DA	A	
6,50	6,65	7
6,65	6,80	8
6,80	6,95	8
NSPT		16

NOTE:

SPERIMENTATORE _____

DIRETTORE _____



Strada provinciale Cardito - Crispano, 27 - 80020 Crispano (NA)

Tel. 0818345697 Fax 08119819433

P.IVA 01493781213 - C. FISC. 06068550638

info@trivelsondaggi.it - http://www.trivelsondaggi.it





TRIVEL SONDAGGI Srl
Strada Prov. Le Cardito - Crispano, 27
80020 - Crispano (NA)
Tel/Fax: 0818345697
gusola@trivelsondaggi.it
www.trivelsondaggi.it

STANDARD PENETRATION TEST

(A.G.I. 1977)

PROVE IN SITO

DECRETO DI AUTORIZZAZIONE DEL M.INF - CSLP N° 1271
DEL 08/02/2011

MD. Cert.SPT MGQ.9

Rev. 00 del 15/11/2010

Pagina 1 di 1

CODIFICA COMMESSA	063-12	CANTIERE	VILLARICCA (NA)		
COMMITTENTE	DOTT. PIANESE L. P/C COMUNE DI VILLARICCA		LOCALITÀ	CORSO ITALIA	
SIGLA PROVA	SPT-048-12	NUMERO DI ACCETTAZIONE	0123	DEL	23/02/2012
CERTIFICATO N°	210	DATA DI EMISSIONE CERTIFICATO	29/02/2012		

SONDAGGIO N°/SPT N°	S1/SPT3	SIGLA SOND./SIGLA SPT	SOND-073/SPT-048-12	DATA DI PROVA	23/02/2012
TIPO DI PUNTA	APERTA	X	CHIUSA		
TIPO DI ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE	SONDA C.M.V. MK 420 F				

PROFONDITÀ (m)		N° COLPI
DA	A	
10,60	10,75	8
10,75	10,90	16
10,90	11,05	24
NSPT		40

NOTE:

SPERIMENTATORE _____

DIRETTORE _____



Strada provinciale Cardito - Crispano, 27 - 80020 Crispano (NA)

Tel. 0818345697 Fax 08119819433

P.IVA 01493781213 - C. FISC. 06068550638

info@trivelsondaggi.it - http://www.trivelsondaggi.it





TRIVEL SONDAGGI Srl
Strada Prov. Le Cardito - Crispano, 27
80020 - Crispano (NA)
Tel/Fax: 0818345697
guida@trivelsondaggi.it
www.trivelsondaggi.it

STANDARD PENETRATION TEST

(A.G.I. 1977)

PROVE IN SITO

DECRETO DI AUTORIZZAZIONE DEL M.INF - CSLP N° 1271
DEL 08/02/2011

MD. Cert.SPT MGQ.9

Rev. 00 del 15/11/2010

Pagina 1 di 1

CODIFICA COMMESSA	063-12	CANTIERE	VILLARICCA (NA)		
COMMITTENTE	DOTT. PIANESE L. P/C COMUNE DI VILLARICCA		LOCALITÀ	CORSO ITALIA	
SIGLA PROVA	SPT-049-12	NUMERO DI ACCETTAZIONE	0123	DEL	23/02/2012
CERTIFICATO N°	211	DATA DI EMISSIONE CERTIFICATO	29/02/2012		

SONDAGGIO N°/SPT N°	S1/SPT4	SIGLA SOND./SIGLA SPT	SOND-073/SPT-049-12	DATA DI PROVA	23/02/2012
TIPO DI PUNTA	APERTA	X	CHIUSA		
TIPO DI ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE	SONDA C.M.V. MK 420 F				

PROFONDITÀ (m)		N° COLPI
DA	A	
14,30	14,45	10
14,45	14,60	20
14,60	14,75	30
NSPT		50

NOTE:

SPERIMENTATORE _____

DIRETTORE _____



Strada provinciale Cardito - Crispano, 27 - 80020 Crispano (NA)

Tel. 0818345697 Fax 08119819433

P.IVA 01493781213 - C. FISC. 06068550638

info@trivelsondaggi.it - http://www.trivelsondaggi.it



APPENDICE 2
PROVE DI LABORATORIO



Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche

Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli - ☎ 081/5709742-5709641 e-mail: info@ilag.it web: www.ilag.it

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.02614/26 del 26/03/2010, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

***Trivel Sondaggi S.r.l. in nome e per conto del
dott. Luigi Pianese***

***Redazione del progetto esecutivo del PUA a
c.so Italia (housing sociale).
Villaricca (NA)***

Prove geotecniche di laboratorio

1216/lab	Rev. 01	06/03/2012			
			geol. S. Tagliarini	ing. R.Rippa D.T.	ing. R.Rippa D.T.
Codice	Stato	Data	Redatto	Verificato	Approvato
			Nome Funzione	Nome Funzione	Nome Funzione

La ditta Trivel Sondaggi S.r.l. in nome e per conto del dott. Luigi Pianese ha dato incarico alla nostra Società di eseguire prove geotecniche di laboratorio su di un campione indisturbato di terreno, prelevato in Villaricca (NA), nell'ambito della "Redazione del progetto esecutivo del PUA a c.so Italia (housing sociale)".

Sul campione prelevato è stato indicato dal Committente un programma di prove sperimentali.

Tale sperimentazione ha previsto la descrizione geotecnica, la determinazione delle caratteristiche fisiche generali, della granulometria e l'esecuzione di una prova mirante alla determinazione della resistenza a rottura (prova di taglio diretto).

Nella tabella che segue è riassunto il programma delle prove effettivamente eseguite.

Tabella 1 – C.so Italia - Villaricca (NA) - Prove eseguite

Campione	Profondità (m)	Caratteristiche Fisiche Generali	Analisi granulometrica	Prova Taglio Diretto
S1-C1	3.20:3.70	X	X	X

Tutta la sperimentazione è stata eseguita secondo le Normative e le Raccomandazioni di riferimento, citate su ogni certificato di prova.

Napoli, marzo 2012

Il Direttore Tecnico

(dott. ing. Roberto Rippa)

Committente: **Trivel Sondaggi S.r.l. p/c dott. Luigi Pianese**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Accettazione n°	163
prova n:	611/01

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Progetto PUA Villaricca (NA)**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **3.20:3.70**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-00)

Data ricevimento:	27/02/2012	Dimensioni del campione:	
Data di apertura:	27/02/2012	diametro:	85 mm
Stato del campione:	Indisturbato	lunghezza:	380 mm

Descrizione del campione	<i>Piroclastite di colore marrone scuro, humificata (paleosuolo), a granulometria limo-sabbiosa, contenente inclusi pomicei millimetrici, più abbondanti nella porzione centrale del campione, aventi spigoli vivi e talora debolmente alterate. Addensata. Molto umida.</i>
--------------------------	--

Colore:	Marrone scuro
---------	---------------

Plasticità:	<input checked="" type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediam. plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico
-------------	---

Addensamento: (terreni granulari)	<input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Mediam. addensato <input checked="" type="checkbox"/> Addensato
--------------------------------------	---

Consistenza: (terreni coesivi)	<input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Mediam. consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente
-----------------------------------	--

Grado di umidità:	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Poco umido <input type="checkbox"/> Umido <input checked="" type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
-------------------	--

Alterazione:	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata
--------------	---

Reazione con HCl	<input checked="" type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
------------------	--

	Accettazione n° 163
	prova n: 611/01
Struttura	<input checked="" type="checkbox"/> Massiva <input type="checkbox"/> Stratificata <input type="checkbox"/> Scagliosa <input type="checkbox"/> Laminata <input type="checkbox"/> Caotica <input type="checkbox"/> Altro:.....
Fratturazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Moderata <input type="checkbox"/> Elevata
Cementazione	<input checked="" type="checkbox"/> Assente <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Elevata

PROVE ESEGUITE

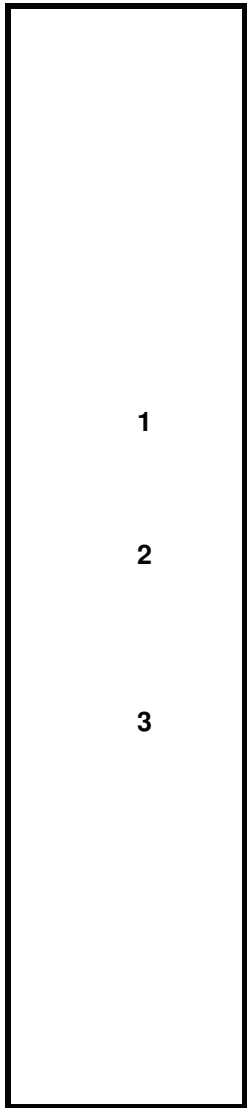
L totale= 38 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

- 1) Caratteristiche fisiche generali
- 2) Analisi granulometrica
- 3) Prova di taglio diretto

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm



Pocket penetrometer
(Kg/cm²)

Vane test
(Kg/cm²)

Accettazione n°:	163
Prova n°:	611/03
Data ricevimento:	27/02/12
Data inizio prova:	28/02/12



Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.02614/26 del 26/03/2010, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n°380

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (A.S.T.M. D422-63-2007)

Committente: **Trivel Sondaggi S.r.l. p/c dott. Luigi Pianese non dichiarato**

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Progetto PUA Villaricca (NA)**

Sondaggio: **S1**

Campione: **C1**

Profondità (m): **3.20:3.70**

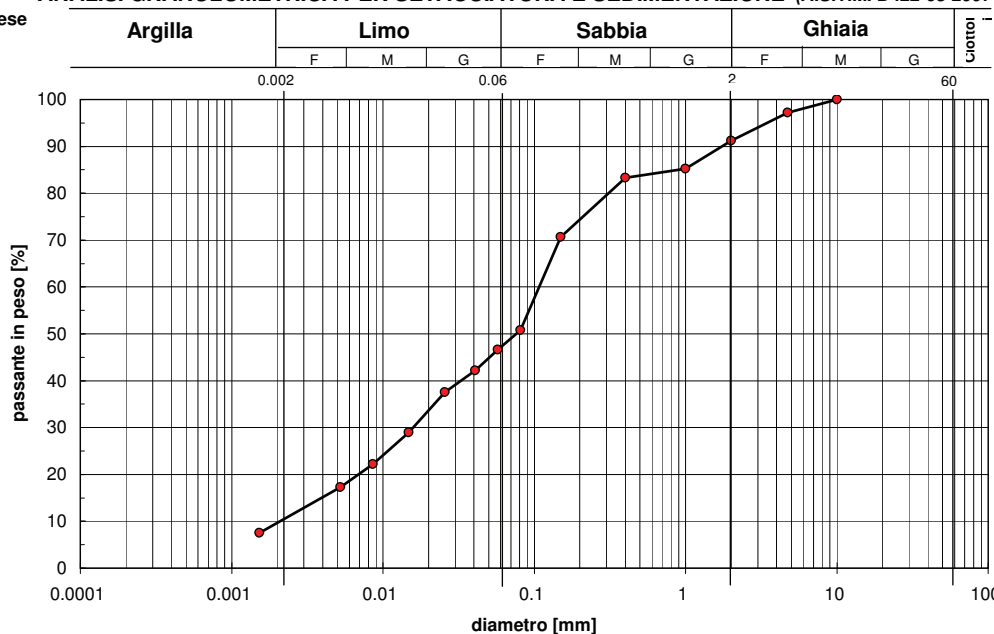
Peso campione: **180.00 g** (1° setacciatura)

Peso secco sed: **38.88 g** (sedimentazione)

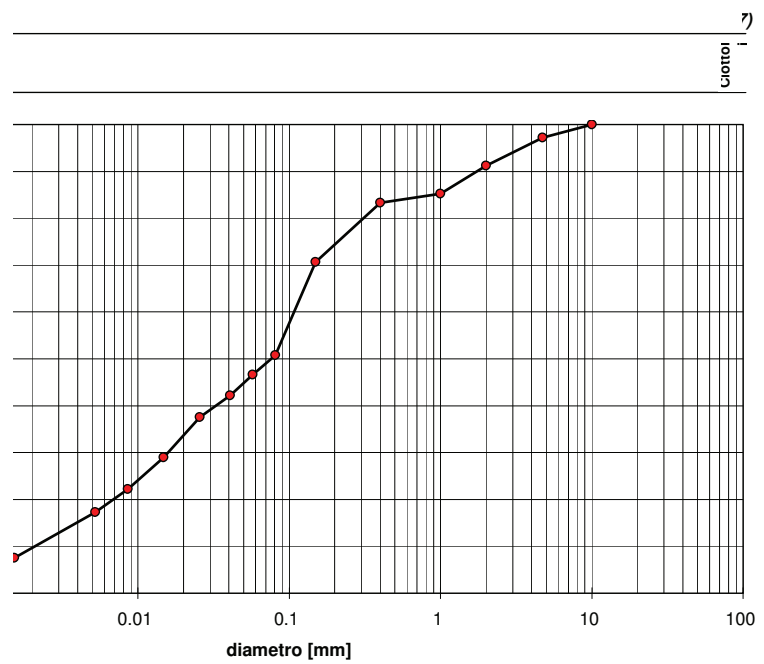
Temperatura: **18 °C**

Peso specifico dei grani $\gamma_s =$ **25.7 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	2.82	97.18
ASTM 10	2.00	5.94	91.24
ASTM 18	1.00	6.01	85.24
ASTM 40	0.40	1.89	83.34
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	12.69	70.66
SEDIMENTAZIONE	0.0813	19.91	50.75
	0.0575	4.11	46.63
	0.0407	4.41	42.22
	0.0257	4.70	37.52
	0.0148	8.52	29.00
	0.0086	6.76	22.24
	0.0052	5.00	17.24
0.0015	9.70	7.54	



Argilla (%): 8.77	Limo (%): 38.30	Sabbia (%): 44.18	Ghiaia (%): 8.76
--------------------------	------------------------	--------------------------	-------------------------



Committente: **Trivel Sondaggi S.r.l. p/c dott. Luigi Pianese**

Accettazione n°:	163
Prova n°:	611/02

Direttore dei Lavori: **non dichiarato**

Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Progetto PUA Villaricca (NA)**

Sondaggio: **S1** Campione: **C1** Profondità (m): **3.20:3.70**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento: 27/02/2012

Data inizio prova: 01/03/2012

Fattori di conversione

1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI CEN ISO/TS 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.75 mm	P's=	5 g		Peso specifico dei grani medio $\gamma_s = 25.7 \text{ kN/m}^3$
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	51.72 g	$\gamma'_s = 25.7 \text{ kN/m}^3$	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	48.63 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.75 mm	P's=	5 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	51.83 g	$\gamma'_s = 25.7 \text{ kN/m}^3$	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	48.74 g		

Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Diametro del provino:	56 mm	Contenuto d'acqua w = 0.814
Altezza del provino:	20 mm	
Area del provino:	24.63 cm²	
Volume del provino:	49.26 cm³	
Peso pesafiltro vuoto:	43.29 g	
Peso pes.+provino umido	106.83 g	
Peso pes.+provino secco	78.32 g	
		Peso dell'unità di volume umido $\gamma = 12.65 \text{ kN/m}^3$
		Peso dell'unità di volume secco $\gamma_d = 6.97 \text{ kN/m}^3$

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	$\gamma_s = 25.7 \text{ kN/m}^3$	Porosità	n = 0.729
Contenuto d'acqua	w = 0.814	Indice di porosità	e = 2.688
Peso di vol. secco	$\gamma_d = 6.97 \text{ kN/m}^3$	Grado di saturazione	Sr = 0.779

Tenore in carbonati (metodo del calcimetro di Dietrich-Fruhling)

Pressione barometrica	mm Hg	Tenore in carbonati %
Temperatura	°C	
Quantità di materiale	g	
Acido carbonico sviluppato	cm³	
Assorbimento di CO ₂ nella soluzione con HCl	cm³	

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-07)

Peso pesafiltro vuoto:	Contenuto di sostanze organiche
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Committente: **Trivel Sondaggi S.r.l. p/c dott. Luigi Pianese**

Accettazione n°	163
Prova n°	611/04
Data ricevimento:	27/02/2012
Data inizio prova:	27/02/2012

Direttore dei Lavori: **Non dichiarato**

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Progetto PUA Villaricca (NA)**

Sondaggio: **S1**

Campione: **C1**

Profondità (m): **3.20:3.70**

Velocità di deformazione [mm/min]: **0.005**

dimensioni del provino:

quadrato L=60 mm, altezza 20 mm

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN ISO/TS17892-10) : dati sperimentali

Provino	Durata consolid. t_{100} (min)	Cont. d'acqua iniziale w [%]	Peso umido unità volume γ [kN/m ³]	Tensione normale σ'_n [kPa]	Tensione taglio max τ [kPa]	Cont. d'acqua finale w_f [%]
1	22	81.4	11.15	49	44	92.6
2	20	81.4	11.12	74	67	93
3	21	81.4	10.94	123	96	92.1

Provino 1 (Macchina M18, dinam. 3332)			Provino 2 (Macchina M19, dinam. 3201)			Provino 3 (Macchina M18, dinam. 3332)		
Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.18	-0.01	20.12	0.17	0.09	6.41	0.13	0.09	8.75
0.28	-0.01	28.38	0.41	0.14	15.30	0.42	0.17	24.28
0.60	-0.02	33.88	0.64	0.18	23.74	0.71	0.24	36.50
0.92	-0.02	36.63	0.89	0.21	32.02	1.01	0.31	46.16
1.23	0.00	37.31	1.17	0.24	38.00	1.32	0.38	53.53
1.55	0.01	37.99	1.46	0.26	42.67	1.63	0.45	59.09
1.86	0.03	38.34	1.78	0.31	44.71	1.96	0.50	63.53
2.18	0.06	39.02	2.09	0.33	47.91	2.27	0.56	68.17
2.50	0.08	39.71	2.43	0.34	50.00	2.53	0.67	76.32
2.80	0.10	40.05	2.76	0.35	52.72	2.74	0.72	78.29
3.12	0.12	40.39	3.09	0.36	55.24	3.09	0.76	80.93
3.44	0.14	41.42	3.41	0.36	57.49	3.41	0.80	83.11
3.77	0.16	41.42	3.76	0.37	58.93	3.74	0.84	84.43
4.09	0.17	41.76	4.10	0.37	59.65	4.06	0.88	86.39
4.42	0.19	41.76	4.45	0.38	60.89	4.40	0.91	87.48
4.76	0.21	42.10	4.79	0.38	61.97	4.72	0.94	89.01
5.11	0.22	42.10	5.14	0.39	63.07	5.06	0.97	89.88
5.46	0.23	42.44	5.49	0.39	63.79	5.44	1.00	91.62
5.80	0.25	42.44	5.84	0.40	64.51	5.80	1.03	92.93
6.13	0.26	42.78	6.20	0.40	64.84	6.16	1.06	94.45
6.46	0.27	43.47	6.54	0.40	65.68	6.51	1.09	95.97
6.82	0.28	43.81	6.89	0.40	66.69	6.83	1.11	90.10
7.05	0.29	43.81	7.23	0.40	67.45			
			7.34	0.42	46.98			

Committente: **Trivel Sondaggi S.r.l. p/c dott. Luigi Pianese**

Accettazione n° **163**

Indagine: **Progetto PUA Villaricca (NA)**

Prova n° **611/04**

Sondaggio: **S1**

Campione: **C1**

Profondità (m): **3.20:3.70**

Diagramma sperimentale $\tau - \delta$

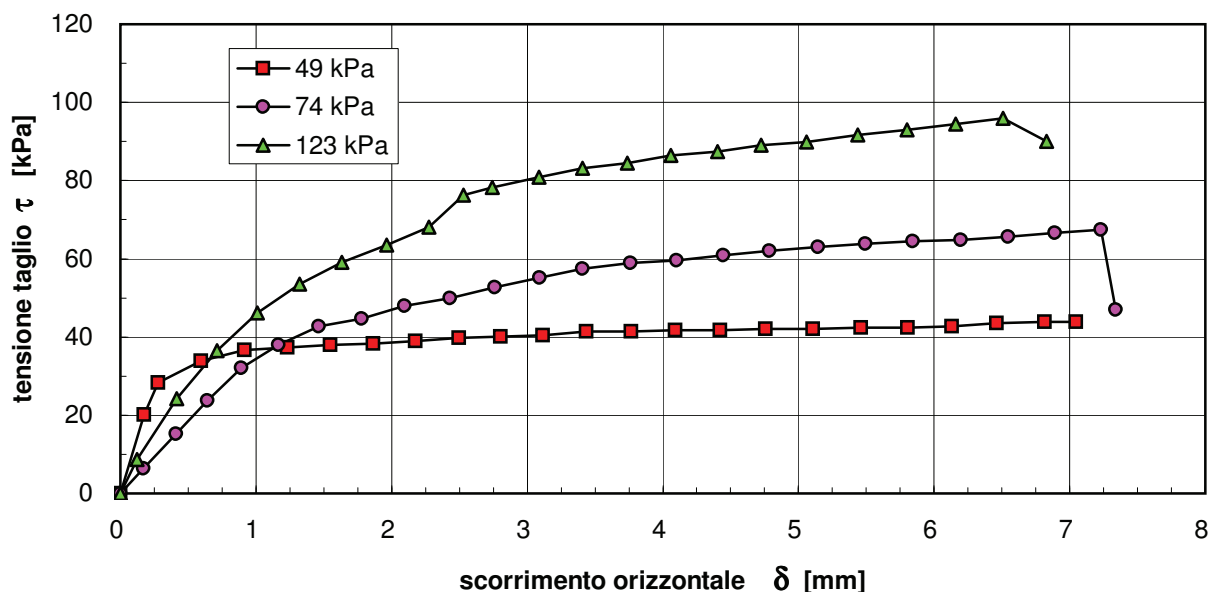
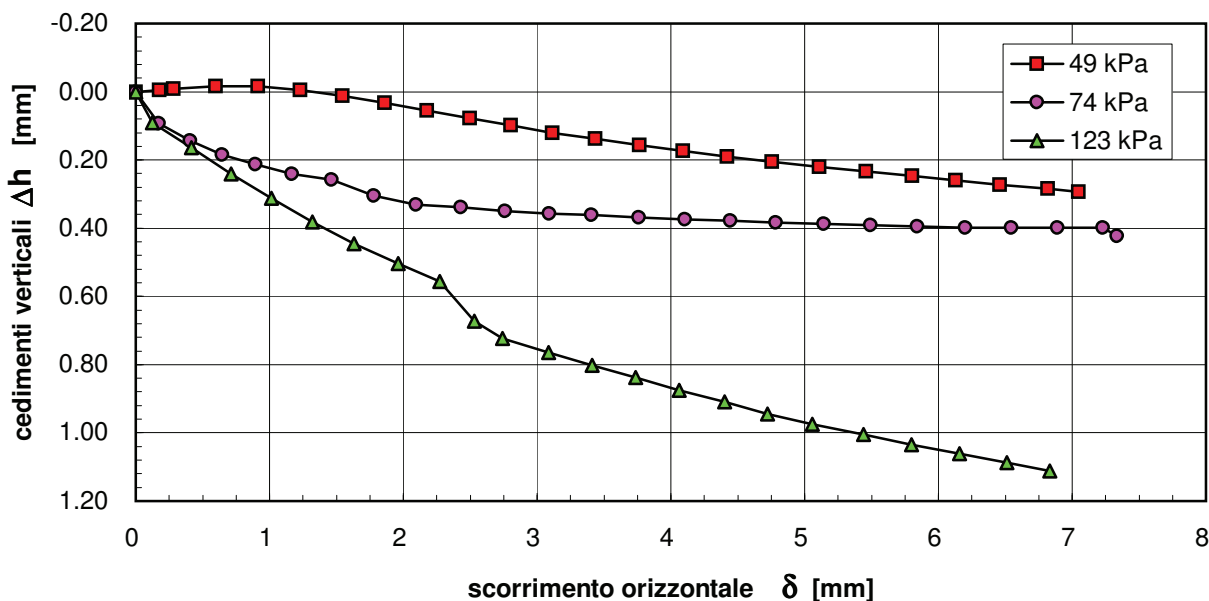


Diagramma sperimentale $\Delta h - \delta$



APPENDICE 3
PROVA SISMICA MASW

**COMUNE DI VILLARICCA
(PROVINCIA DI NAPOLI)**

**RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE
SISMICA DI SITO**

PROGETTO ESECUTIVO DEL P.U.A. AL CORSO ITALIA



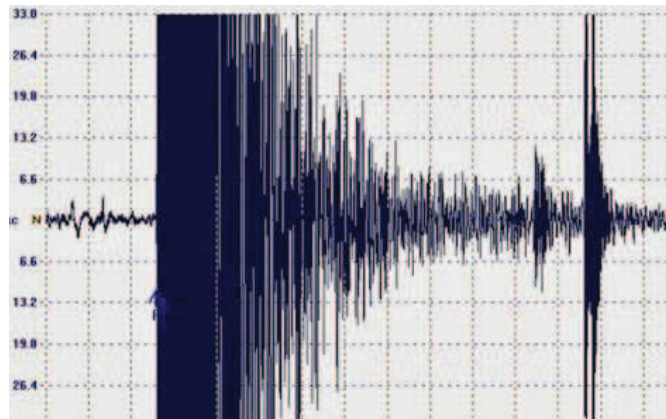
PROSPEZIONE DELLE ONDE SUPERFICIALI
MEDIANTE LA PROVA M.A.S.W.

COMMITTENTE:

DOTT. GEOL. PIANESE LUIGI

INDICE GENERALE

1. INTRODUZIONE E PROSPETTIVE DELL'ANALISI	PAG. 3
2. PROPAGAZIONE ONDULATORIA: TEORIA ED INDAGINI	PAG. 4
3. INDAGINE ESEGUITA ED ELABORAZIONE DEI DATI	PAG. 7
4. CONCLUSIONI E RISULTATI	PAG.11



1 – INTRODUZIONE E PROSPETTIVE DELL'ANALISI

La presente relazione viene redatta su commissione del Dott. Geol Pianese Luigi per conto dell'Amministrazione Comunale di Villaricca (NA) ed ha per oggetto la modellazione sismica di sito, mediante l'esecuzione di una prospezione sismica di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis Surface Waves), inerente al progetto esecutivo del P.U.A. al Corso Italia nel Comune di Villaricca (NA). La prova eseguita in campagna (Foto 1) ha consentito di individuare sia la categoria di suolo di fondazione (D.M. 14/01/2008), mediante la misura delle V_{S30} , che la sismo-stratigrafia del sito. Dopo aver eseguito un'analisi cinematica, con la valutazione delle velocità delle onde P ed S, ed ottenuto il coefficiente di Poisson, saranno calcolati i moduli dinamici.



Foto 1: fase di esecuzione della prospezione sismica M.A.S.W., elemento portante dell'analisi sismica eseguita.

Secondo le N.T.C. 2008 (D.M. 14/01/2008), le prospezioni sismiche non sono soggette a certificazione, in quanto non contemplate dalla circolare 349 STC del 16 dicembre 1999.

2 – PROPAGAZIONE ONDULATORIA: TEORIA ED INDAGINI

Quando in un punto generico del suolo, o di un qualunque mezzo elastico, viene provocata una vibrazione artificiale, causata da una qualunque sollecitazione di intensità elevata, quello che si viene a creare è una propagazione energetica di alta frequenza, che si diffonde nel mezzo stesso in tutte le direzioni sotto forma di onde. Le siffatte onde si distinguono in:

- ✚ Onde di love o di Rayleigh, onde di tipo r o superficiali.
- ✚ Onde trasversali o di distorsione, onde di tipo s .
- ✚ Onde longitudinali o di compressione e dilatazione, onde di tipo p .

Le onde di volume (onde p e onde s) sono quelle onde che si propagano dalla sorgente sismica attraverso il volume del mezzo interessato, in tutte le direzioni; le onde p sono onde compressionali o longitudinali, mentre le onde s o onde trasversali, sono tali da provocare, nel materiale attraversato, oscillazioni ortogonali alla direzione di propagazione dell'onda stessa.

La relazione che lega la velocità delle onde longitudinali a quella delle onde trasversali è: $V_p = \sqrt{3}V_s$

Quando un'onda s insieme ad un'onda p incidono su una superficie libera vengono in parte riflesse ed in parte generano un'ulteriore onda, data dalla composizione vettoriale delle due, che si propaga sulla superficie stessa, chiamata onda di Rayleigh.

Le onde di Rayleigh sono più lente delle onde di taglio: $V_R = 0.9V_s$,

e la loro propagazione dipende da esse.

Le onde di Rayleigh (Figura 1) si differenziano dalle onde di Love, in quanto sono polarizzate in un piano verticale. La velocità delle onde sismiche risulta pertanto estremamente variabile a seconda delle proprietà fisiche del terreno stesso: è minima nei terreni sciolti e massima nelle rocce compatte, per cui risulta direttamente proporzionale alla consistenza litologica. Di regola la velocità di propagazione delle onde sismiche tende ad aumentare con la profondità per effetto della compattazione dovuta alle pressioni litostatiche.

E' interessante notare che a seguito di una sollecitazione la propagazione ondulatoria in un mezzo elastico omogeneo ed isotropo, avviene in tutte le direzioni pertanto la rappresentazione ondulatoria può essere schematizzata

attraverso delle superfici sferiche che, man mano che ci si allontana dalla sorgente, tendono a divenire dei piani. Nei mezzi elastici reali le onde in questione disperdono energia seguendo leggi molto complesse ma empiricamente definibili, a causa di vari parametri, quali la densità, la profondità, la sedimentazione ed altri, che caratterizzano le condizioni stratigrafiche del sito. In base al teorema di Huygens ciascun punto del fronte d'onda è a sua volta sorgente dell'onda ed è per questo motivo che l'analisi di un'onda è particolarmente indicata per modellare ciascuna proprietà intrinseca del terreno.

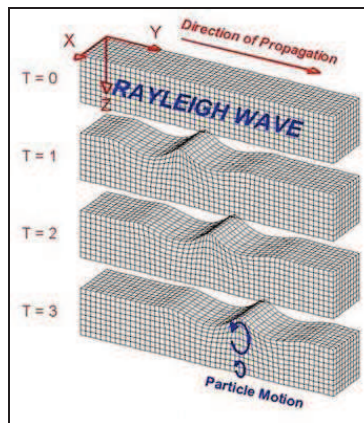


Figura 1: rappresentazione grafica della propagazione delle onde di Rayleigh.

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s la procedura utilizzata è una speciale metodologia sismica denominata M.A.S.W. (Multichannel Analysis Of Surface Waves), per la cui esecuzione è necessario effettuare i seguenti passaggi:

- utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione durante l'acquisizione dei dati di campo,
- acquisizione dei dati con geofoni a componente verticale particolarmente sensibili alle basse frequenze: geofoni da 4,5 Hz, registrazione simultanea di 24 canali,
- valutazione dello spettro di velocità,
- determinazione della curva di dispersione,
- inversione della siffatta curva per ottenere l'andamento della velocità di taglio nel terreno.

In seguito ad una energizzazione del terreno, ovvero ad un forte colpo di martello su di una piastra di alluminio, vengono propagate le onde superficiali di Rayleigh che vengono registrate da una serie di geofoni, con spacing definito, lungo uno stendimento rettilineo, collegati ad un sismografo multicanale (Figura 2).

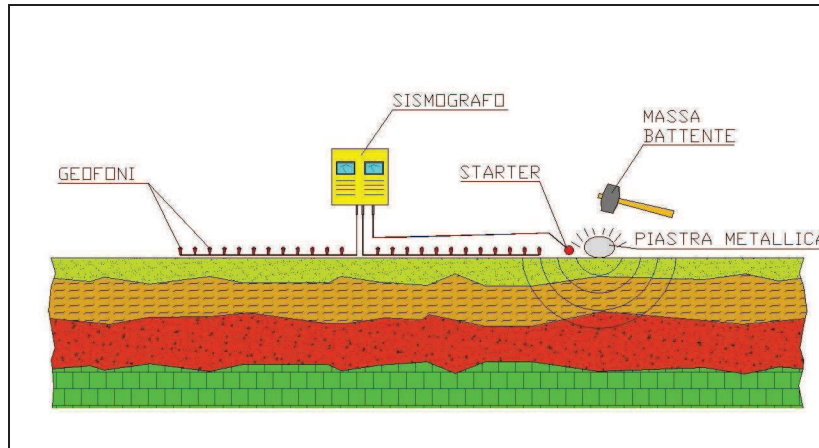


Figura 2: schema semplificato della fase di esecuzione della prova.

I dati raccolti, che rappresentano le varie velocità nel mezzo, vengono successivamente analizzati attraverso analisi matematiche e computazionali, estremamente complicate. Ogni geofono deve essere capace di acquisire dati aventi frequenze molto basse e la registrazione deve prevedere la misurazione dello smorzamento delle onde man mano che queste si allontanano dalla sorgente. Fatto ciò è necessario considerare tutte le frequenze dello spettro di risposta, che si basa sull'analisi diretta, nello spazio di Fourier, delle frequenze delle onde prodotte. Lo spazio di Fourier è particolarmente utile a caratterizzare oggetti misurabili e soprattutto le quantità fisiche che presentano un carattere ondulatorio. Esso permette una rappresentazione spettrale, in termini della frequenza, che diventa variabile fondamentale e non derivata come nel caso di uno spazio di Argand-Gauss generico. L'esplorazione geofisica con le onde di superficie è particolarmente indicata nell'ambito degli studi di micro-zonazione sismica perché permette di ottenere con semplicità ed economicità le velocità di propagazione delle onde s nel sottosuolo in ottemperanza alla normativa vigente.

3. INDAGINE ESEGUITA ED ELABORAZIONE DEI DATI

Nell'area di interesse progettuale è stata eseguita una prospezione sismica M.A.S.W. mediante l'utilizzo di un sismografo M.A.E. A6000 S 24 bit 24 canali. con uno stendimento dalle seguenti caratteristiche:

- l'energizzazione è stata indotta da una battitura, con un maglio da 8 kg, su di una piastra di alluminio, con diametro di 20 cm, ed è stato utilizzato come starter un geofono verticale geospace a 14Hz.
- Lo stendimento geofonico è stato realizzato con 24 geofoni verticali da 4,5 Hz.
- L'offset usato è di 3 m e con spacing tra i vari geofoni pari a 1,50 m.

In particolare :

- la valutazione dello spettro di velocità, la determinazione della curva di dispersione e l'inversione della stessa curva per ottenere l'andamento della velocità delle onde di taglio nel terreno sono state effettuate con una serie di programmi di elaborazione numerica.
- Ciascuna analisi eseguita è stata valutata nello spazio delle frequenze, detto anche dominio di Fourier, per la semplicità di analisi e la riduzione consequenziale del rumore di fondo.

La figura 3 mostra lo spettro di frequenza complessivo dell'analisi effettuata, che è l'osservabile che analizzeremo per ricavare le V_{s30} e, individuata con pallini neri, la frequenza fondamentale.

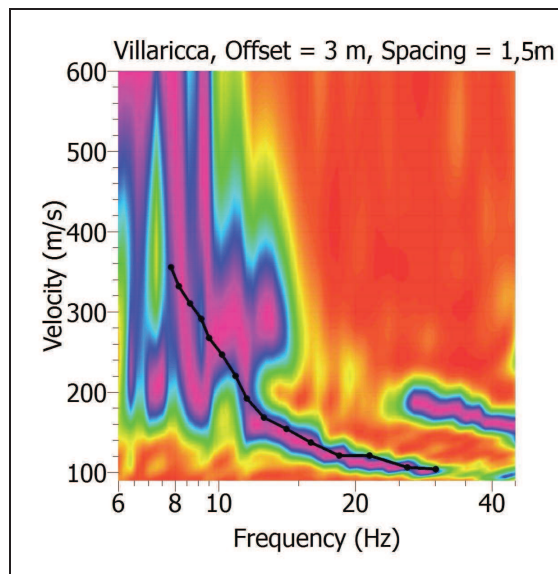


Figura 3: spettro di frequenza complessivo dell'analisi effettuata e, in nero, frequenza fondamentale.

E' possibile riconoscere i sismostrati riportati in tabella 1.

	Spessore (m)	Velocità (onda S) (m/s)	Velocità (onda P) (m/s)
Strato 1	1.35	94.52	178.09
Strato 2	0.74	135.24	337.66
Strato 3	0.81	140.73	384.28
Strato 4	1.51	147.91	449.29
Strato 5	1.86	153.92	542.79
Strato 6	1.62	158.73	559.24
Strato 7	1.06	165.02	866.44
Strato 8	1.39	226.89	1026.13
Strato 9	2.22	290.97	1089.26
Strato 10	3.99	302.79	1355.81
Strato 11	1.93	420.48	1527.77
Strato 12	3.09	473.81	1589.82
Strato 13	6.07	497.97	1999.29
Strato 14	2.36	607.62	2055.44

Tabella 1: sismo stratigrafia del sito di interesse progettuale.

La figura 4 mostra in nero l'andamento dei punti sperimentali corrispondenti ai reciproci delle velocità delle onde in esame. La curva in rosso rappresenta la curva teorica che meglio fitta i suddetti dati sperimentali. In particolar modo il misfit corrispondente oscilla intorno al 3 ed il 10 per cento.

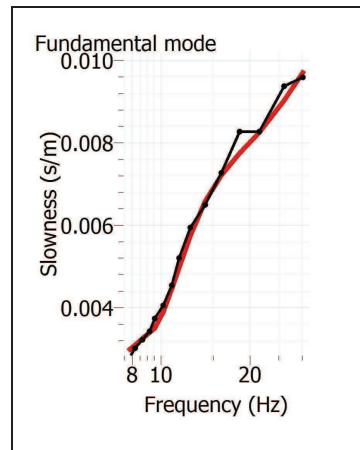


Figura 4: in nero l'andamento dei punti sperimentali corrispondenti ai reciproci delle velocità delle onde in esame. In rosso è rappresentata la curva teorica che meglio fitta i suddetti dati sperimentali.

Per risolvere il problema della determinazione della categoria di suolo, considerando la tecnica M.A.S.W., è necessario rapportare i dati ottenuti dall'analisi precedente con la relazione standard, che rispetta la normativa vigente. In particolar modo si attuerà una sorta di media armonica delle velocità (v_i), con pesi dati dagli spessori degli strati analizzati (h_i) attraverso il programma di analisi. Tale media è rapportata allo spessore standard di 30 metri e si può riferire alla relazione da usare nel modo seguente:

$$V_{S30} = \frac{30m}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Secondo la normativa vigente (DM 14 gennaio 2008), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si può utilizzare un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. La categoria di suolo di fondazione dipende dai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità (V_{S30}).

Nella fattispecie i valori delle V_{S30} ottenuti fanno sì che al sito investigato possa essere attribuita la categoria di sottosuolo "C", dal momento che le V_{S30} sono pari a 253 m/s, corrispondente a:

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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT,30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu,30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Dopo aver eseguito un'analisi cinematica, con la valutazione delle velocità delle onde P e S, ed ottenuto il coefficiente di Poisson, è possibile calcolare i moduli dinamici (Tabella 2) con le seguenti formule:

$$\begin{aligned} \mu &= V_s^2 \gamma, & \nu &= \frac{y^2 - 2}{2(y^2 - 1)} \\ K &= \gamma \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right) & y &\equiv \frac{V_p^2}{V_s^2} \\ E &= \frac{\mu}{\gamma} \frac{3K}{V_p^2 - V_s^2} \end{aligned}$$

Il modulo di Young è indicato con la lettera "E", il modulo di Taglio è indicato con la lettera "μ" mentre il il modulo Bulk è indicato con la lettera "K".

	Coeff. di Young	Modulo di Bulk	Coeff. di incompr.	Coeff. di Poisson
Strato 1	284.99	242.251	109.285	0.303
Strato 2	680.81	1187.73	242.373	0.404
Strato 3	746.702	1606.97	262.451	0.422
Strato 4	834.503	2288.47	289.914	0.439
Strato 5	914.405	3485.65	313.953	0.456
Strato 6	972.39	3699.31	333.882	0.456
Strato 7	1069.02	9467.2	360.867	0.481
Strato 8	2011.5	13 043.8	682.19	0.474
Strato 9	3531.9	15 321.5	1208.25	0.461
Strato 10	3856.53	24 489.	1308.4	0.473
Strato 11	7362.77	29 945.8	2523.19	0.459
Strato 12	9299.14	31 799.	3203.82	0.451
Strato 13	10 382.6	52 325.6	3538.88	0.466
Strato 14	16 395.3	57 072.8	5645.29	0.452

Tabella 2: coefficiente di Poisson (Adimensionale) e moduli dinamici (Kg/cm²).

4. CONCLUSIONI E RISULTATI

Su commissione del Dott. Geol. Pianese Luigi per conto dell'Amministrazione Comunale di Villaricca (NA) è stata eseguita una prospezione sismica di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis Surface Waves), per il progetto esecutivo del P.U.A. al Corso Italia nel Comune di Villaricca (NA). La prova eseguita in campagna ha consentito di individuare sia la categoria di suolo di fondazione (D.M. 14/01/2008), mediante la misura delle V_{S30} , che la sismo-stratigrafia del sito. Nella fattispecie i valori delle V_{S30} ottenuti fanno sì che al sito investigato possa essere attribuita la categoria di sottosuolo "C", dal momento che le V_{S30} sono pari a 253 m/s.

Dopo aver eseguito un'analisi cinematica, con la valutazione delle velocità delle onde P ed S, ed ottenuto il coefficiente di Poisson, sono stati calcolati i moduli dinamici