

COMUNE DI CAIVANO

(PROVINCIA DI NAPOLI)



LOTTIZZAZIONE C21 A

RELAZIONE GEOLOGICA

Dott. Geologo Salvatore Cacciapuoti	Committente:	SOC. IL CLANIO S.R.L.
	Rif. catastale	FOGLIO 23 P.LLA 3
Via Corso Europa 23 (80010) Villaricca (NA) Tel. 3387079632 e_mail sacacciapuoti@gmail.com	Ubicazione	VIA F.LLI ROSSELLI
	a	Relazione geologica
REV	DESCRIZIONE	Dott. GEOLOGO S. CACCIAPUOTI



Sommario

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.1 ELABORATI CARTOGRAFICI DI PIANO.....	4
2.1.1 CARTA UBICAZIONE DELLE INDAGINI.....	4
2.1.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	5
2.1.3 CARTA GEOMORFOLOGICA E DELLA STABILITÀ.....	5
2.1.4 CARTA IDROGEOLOGICA.....	6
2.1.5 CARTA DELLE MOPS.....	6
2.1.6 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA (MSII).....	6
3 MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE	7
3.1. Descrizione delle caratteristiche morfologiche generali.....	7
3.2. Caratterizzazione geologica generale.....	8
3.2.1. La Piana Campana.....	8
3.2.2 Cenni sulle caratteristiche petrografiche e mineralogiche dei prodotti flegrei.....	9
3.2.3 Storia vulcanologica dei Campi Flegrei.....	9
3.2.4. Somma-Vesuvio.....	12
3.3. Caratterizzazione idrogeologica generale.....	13
3.3.1. Schema della circolazione idrica sotterranea del Somma – Vesuvio.....	16
3.4. Caratterizzazione sismica generale.....	17
3.4.1. Storia sismica locale.....	18
4. INDIVIDUAZIONE DELLA VINCOLISTICA GRAVANTE SUL SITO	19
4.1. Rischio sismico.....	19
4.2. Rischio idraulico e rischio frane.....	20
4.3. Rischio vulcanico.....	25
5. INDAGINI GEOLOGICHE	26
5.1. Sondaggi geognostici a carotaggio continuo.....	27
5.2. Prove penetrometriche dinamiche.....	30
5.3. Indagine sismica H.V.S.R. (horizontal to vertical spectral ratio).....	31
5.3.1. Strumentazione impiegata e metodologia operativo-interpretativa.....	31
5.4 Indagine sismica MASW.....	33
5.4.1. METODOLOGIA DI ANALISI ED ELABORAZIONE.....	34
5.4.2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	35
6. MODELLO GEOLOGICO DEFINITIVO	36
6.1 Caratterizzazione morfologica del sito.....	36
6.2. Caratteri litostratigrafici locali.....	36
6.3. Caratterizzazione idrogeologica locale.....	41
6.4. Caratterizzazione geotecnica di sito.....	41
6.4.1. Risultati indagini in situ.....	41
6.4.2. Risultati indagini di laboratorio.....	44
6.5. Caratterizzazione sismica di sito.....	47
7. LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE	48
8. CONCLUSIONI	50
ALLEGATI:	53

1. PREMESSA

Il Sott. Dott. Salvatore Cacciapuoti, e regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi Regione Campania al n. 1905; per conto della committenza, la Soc. Il Clanio s.r.l. con sede in via Putturelli n°89 Caserta, riceveva incarico di redigere la stesura della presente **Relazione Geologica**, avente il proposito di caratterizzare, dal punto di vista geologico generale, le caratteristiche del sottosuolo del sito ubicato in **Via Fratelli Rosselli**, nel **Comune di Caivano (NA)** (Fig. 1). L'intervento previsto, sul sito consiste nella realizzazione di un PUC **LOTTIZZAZIONE C 21A**.

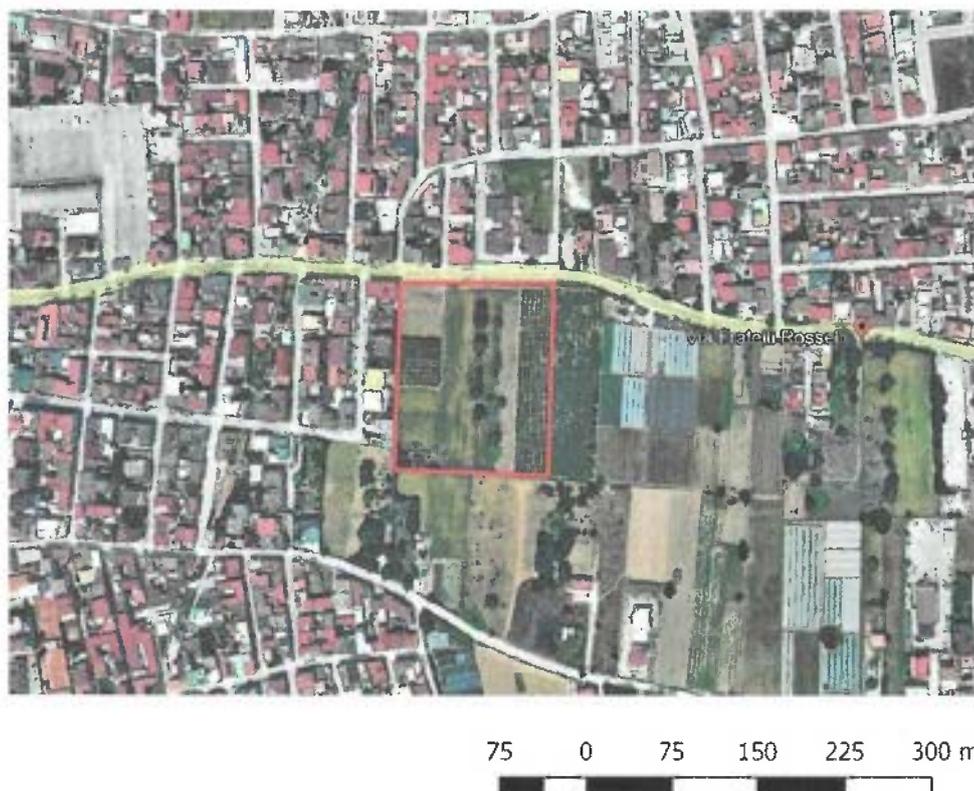


Fig.1: Ubicazione del sito oggetto d'indagine.

La presente indagine mira a ricostruire e ad illustrare la situazione litostratigrafica locale, la natura dei litotipi, il loro stato di alterazione, fratturazione e degradabilità, nonché l'eventuale presenza di dissesti in atto o potenziali ed i lineamenti geomorfologico e idrogeologici della zona. Si è proceduto inoltre all'attribuzione della categoria sismica ai terreni oggetto di studio come atteso dalle leggi vigenti.

Si è reso pertanto necessario eseguire una campagna di indagine comprensiva di:

- Ricerca bibliografica.
- Rilevamento geologico di superficie con l'ausilio della Carta Geologica d' Italia in scala 1: 50.000, Foglio 446-447 (<http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/campania.html>), nel quale ricade l'area oggetto di indagine.

- Consultazione dei dati ricavati da indagini geognostiche eseguite in vicinanza del sito investigato, sul territorio del Comune di Caivano (NA) a supporto di pianificazioni e di interventi nel privato.
- *Esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo S_1 , con prelievo di n. 2 campioni di terreno indisturbati inviati in laboratorio per relative indagini geotecniche, $S1C1$ ed $S2C2$, prelevati rispettivamente alle profondità di 4.0-4.5 m e 7.0-7.5 m dal p.c..*
- *Esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo S_2 .*
- *Esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche superpesanti $DPSH_{1..4}$.*
- *Esecuzione di n° 1 indagine sismica HVSR (horizontal to vertical spectral ratio), per la valutazione della frequenza caratteristica di sito f_0 .*
- *Esecuzione di n° 1 indagine sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la valutazione della V_{seq} necessaria all'attribuzione della Categoria di Sottosuolo di Fondazione secondo vigente normativa (D.M. 17/01/2018).*

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- ✓ Decreto Ministeriale 17.01.2018
- ✓ Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni.
- ✓ Decreto Ministeriale 14.01.2008
- ✓ Testo unitario-Norme Tecniche per le Costruzioni.
- ✓ Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- ✓ Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008. Circolare 2 Febbraio 2009.
- ✓ Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- ✓ Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27.07.2007.
- ✓ Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture
- ✓ Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (2003).
- ✓ Eurocodice 7.1 (1997)
- ✓ Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole Generali. UNI.
- ✓ Eurocodice 7.2 (2002)
- ✓ Progettazione geotecnica – Parte 2: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI.
- ✓ Eurocodice 7.3 (2002)
- ✓ Progettazione geotecnica – Parte 2: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI
- ✓ Leggi Regionali in materia di Pianificazione e di vincolo idrogeologico.
- ✓ Ordinanze di Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale.
- ✓ D.G. LL.PP. e Prot. Civ. UOD 05 Presidio Prot. Civ. - Parere sugli strumenti Urbanistici ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio. Art. 89 DPR 380/01 – L.R. 9/83 – art. 13 L. 64/74 – D.M. Gen 18 – Delibere di Giunta Regionale n. 5447/02 – 248/03 – 816/04.

2.1 ELABORATI CARTOGRAFICI DI PIANO

2.1.1 CARTA UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Nella "Carta delle Indagini" sono state rappresentate le indagini realizzate in situ. L'insieme delle indagini, ha permesso di disporre di un totale di 8 misure puntuali, 2 sondaggi a carotaggio continuo (uno con prelievo campioni); 4 prove penetrometriche e 2 indagini sismiche, 1 MASW ed una HVSR.. I punti di indagine, sono stati rappresentati in carta secondo la legenda prevista negli standard regionali

per l'informatizzazione degli studi di MS con riferimento agli Indirizzi e Criteri di Microzonazione sismica (ICMS) a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile.

2.1.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, stabilità e dati idrogeologici) ricavate da carte ed elaborati esistenti. Le carte utilizzate vengono di seguito elencate:

Carta Geologico-Tecnica alla scala 1: 2.000;

Carta delle indagini alla scala 1: 2.000;

Carta idrogeologica la scala 1: 2.000;

Carta geomorfologica e della stabilità alla scala 1: 2.000;

Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica alla scala 1:2000.

Carta MSII alla scala 1: 2.000;

Questi dati sono stati fondamentali per la costruzione della presente carta geologico tecnica e per la definizione del modello di sottosuolo, inoltre sono funzionali alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di livello 1. Come ampiamente descritto in precedenza e come è possibile notare anche dalla carta geologico tecnica il sito investigato, per i terreni in affioramento, possiede un unico litotipo che caratterizza l'intero territorio. Si tratta infatti di terreni che possono essere definiti come: *SM-ig: Sabbie limose, miscela di sabbia e limo - Piroclastiti sciolte con inclusi di origine vulcanica da millimetrici a centrimetrici*. Tali terreni, aventi spessore medio di 10 metri circa, sono al tetto di altri termini piroclastici che nei livelli più superficiali risultano da litoidi a semilitoidi. In particolare, così come indicato nella carta geologico tecnica, l'area è interessata dopo i 10 metri di profondità da depositi ignimbrici in facies coerente. I dati delle indagini sono stati condensati in apposite schede riassuntive riportanti il modello dei rapporti litostratigrafici di ciascuna sottozona omogenea.

2.1.3 CARTA GEOMORFOLOGICA E DELLA STABILITÀ

Nella Carta geomorfologica e della stabilità è stata individuata una sola Zona, ritenuta Stabile dal punto di vista geomorfologico e geologico. Non si individuano fenomeni di instabilità antichi o recenti, dei versanti, amplificazioni o eccessivo addensamento in caso di sisma. Non sono presenti corsi d'acqua, faglie attive o capaci, cavità antropiche o naturali da collasso o subsidenze. Inoltre la falda circolante nel deposito tufaceo coerente, alla profondità di circa 10 m, esclude fenomeni di liquefazione dei terreni. Inoltre in accordo con la cartografia dell'AdB competente, non si rinvenivano aree a rischio idraulico o frane, né elementi geomorfologici significativi.

2.1.4 CARTA IDROGEOLOGICA

Nella redazione della carta idrogeologica dell'area si è proceduto alla costruzione delle curve isopiezometriche a partire dal rilievo del livello statico della falda idrica nei fori d'indagine. La falda circola all'interno delle piroclastiti da caduta ad una quota rispetto al livello del mare di circa 15 m (circa 10 m dal p.c.). Il deflusso idrico sotterraneo si muove verso il recapito del Bacino dei Regi Lagni.

2.1.5 CARTA DELLE MOPS

Nell'ambito dell'areale di studio è stata individuata una sola MOPS (Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica), denominata "2001" che è costituita principalmente dai prodotti delle eruzioni Flegree.

Nello specifico, la stratigrafia "tipo" per tale microzona vede dall'alto verso il basso; piroclastiti sabbioso-limose, limoso ghiaiose da grigiastre a beige, sciolte con inclusi di origine vulcanica da millimetrici a centimetrici; Cineriti e piroclastiti da grigiastre a rossastre, a granulometria sabbioso-ghiaiose-limose con inclusi eterometrici, in prevalenza pomici grossolane. Nella parte alta il deposito si presenta nella facies zeolitizzata; alla base si rinviene uno strato di piroclastiti sabbioso-limose, limoso-ghiaiose da grigiastre a beige, addensate con inclusi di origine vulcanica da millimetrici a centimetrici.

2.1.6 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA (MSII)

Dal punto di vista dei fattori di amplificazione non essendoci particolari variazioni laterali, ed essendo, pertanto, individuata una sola MOPS, è stata determinata una sola coppia di fattori di amplificazione FA ed FV. Per la loro individuazione si sono utilizzati gli abachi nazionali (ICMS 2008) ed in particolari si sono determinati i seguenti parametri:

- Profondità del bedrock (120 m)
- Granulometria prevalente (Sabbia)
- Vs,H (velocità media delle onde di taglio dei depositi fino al contatto con il bedrock sismico, 430 m/s)
- Accelerazione massima attesa al suolo in termini di ag (0,16 g)
- Tipologia di profilo sismostratigrafico (lineare pendenza intermedia)

La profondità del bedrock sismico di riferimento è stata valutata attraverso una regressione polinomiale, in quanto le indagini effettuate non hanno raggiunto una profondità sufficiente.

Sulla base di queste valutazioni i fattori di amplificazione determinati sono stati:

FA=0,96

FV=1,41

3 MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE

3.1. Descrizione delle caratteristiche morfologiche generali

Il sito oggetto di studio ricade nel Foglio Geologico in scala 1:50.000 n° 446-447 della Carta Geologica d'Italia (Fig. 3), e nella Tav. 23 Quadrante 184 -I "Napoli" della Carta Topografica Programmatica della Regione Campania ed è situata a Nord della Città Metropolitana di Napoli, rientrando nella depressione morfostrutturale nota come "Piana Campana" (Fig. 2).

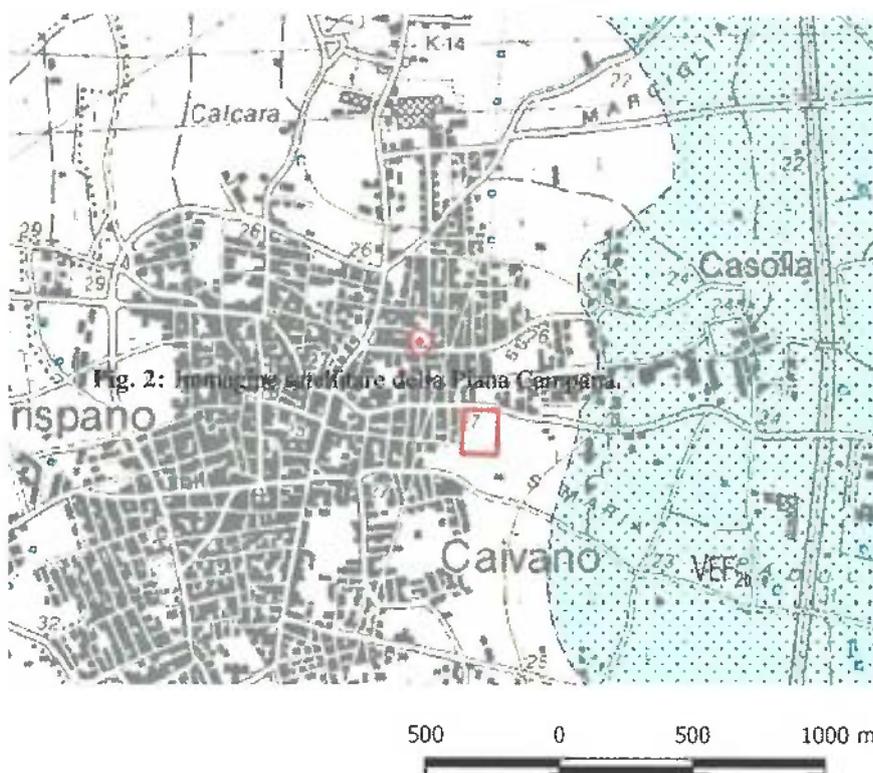


Fig. 2: Immagine satellitare della Piana Campana.

Fig. 3: Stralcio del Foglio 446-447 della Carta Geologica d'Italia. Segue Legenda.

area dei Campi Flegrei

SUBSISTEMA DI CONTRADA ROMANO (VF₁₂)

(cfr. - CCU - unità di Casalnuovo - Casoria p.p. del F. 448 "Ercolano")

Successione di depositi prevalentemente oneri: finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicee da caduta. I depositi poggiano su di uno spesso paleosuolo coraceo ampiamente diffuso sia nei settori interni che esterni alla caldera flegrea, nelle aree di piana circostanti, fino ai contrafforti appenninici e, in luoghi, su depositi marini. Nell'area orientale del foglio tra la città di Napoli e Caserta-Afragola, la parte alta della sequenza comprende depositi piroclastici dell'eruzione vesuviana di Avellino. Tutte le sequenze delle unità litosomatiche o litostratigrafiche sono separate da superfici erosive o paleosuoli. Porzioni di fiumi di lava sono riconoscibili nel settore centrale della caldera. Tra le sequenze piroclastiche sono talora visibili depositi epiclastici legati a sedimentazione marina o lacustro-palustre.

OROCENE p.p. (parte media) - ATTUALE



VFF

3.2. Caratterizzazione geologica generale

3.2.1. La Piana Campana

La Piana Campana è caratterizzata nella parte centrale da terreni appartenenti alle alluvioni del Volturno, costituite dai sedimenti limosi e sabbioso-argillosi, terreni umiferi e colmate delle bonifiche dello stesso fiume Volturno. In questa area si rinvencono forti spessori, anche di 80 metri, di materiale limo-argilloso che si sono depositati in seguito alle continue inondazioni del Volturno nella piana circostante e alla migrazione dell'alveo del fiume. Essi sono intercalati a formazioni pomicee e a depositi marini ghiaiosi. Sul lato settentrionale si rinvencono, invece, terreni costituiti fondamentalmente dal Tufo Grigio Campano, mentre su quello meridionale tufi e lapilli appartenenti alle varie fasi eruttive dei Campi Flegrei.

La geologia della Piana Campana è legata a quei movimenti orogenetici verificatisi tra il Mesozoico e il Miocene che hanno determinato l'attuale assetto strutturale dell'intera catena appenninica meridionale.

Dal punto di vista strutturale, si tratta di una porzione di *graben*, individuatosi durante il Pliocene superiore e successivamente ribassatosi, per diverse migliaia di metri, consentendo il depositarsi di materiali piroclastici ascrivibili all'attività della provincia petrografica Campana e materiali provenienti dall'attività erosionale degli agenti esogeni.

Una ricostruzione stratigrafica di massima di tali depositi può essere vista come un'alternanza di vulcanoclastiti (tufi, pomice, lapilli e pozzolane) ed alluvioni con spessori relativi anche molto variabili da una zona all'altra, fino a profondità che, generalmente, superano i 100 metri. Sottostante a questa fascia di terreni si rinviene il substrato calcareo di piattaforma la cui profondità di rinvenimento aumenta con la lontananza dai rilievi calcarei.

Nella generalità i terreni che si rinvencono nella piana sono essenzialmente di due tipi:

- Terreni di origine vulcanica (piroclastiti);
- Terreni di origine alluvionale.

I centri di emissioni delle piroclastiti sono da ubicare, probabilmente, nei Campi Flegrei. L'emissione del materiale era accompagnata da fuoriuscita di notevoli quantità di gas che avvolgevano le piroclastiti in una guaina di volatili. Tale condizione ha dotato i materiali di notevole mobilità conferendo loro l'aspetto di una nube ardente. Evidentemente le aree più distali dai centri di emissione sono state raggiunte solo dai materiali più fini a causa della diminuita forza di trasporto dei gas. Tale formazione piroclastica prende il nome di "Ignimbrite Campana".

In generale la suddetta formazione è costituita dal cosiddetto "cinerazzo" (prodotti del 2° periodo flegreo) e, ad una profondità di circa 8 m dal p.c., da tufo giallo. A quest'ultimo segue tufo grigio scuro da incoerente a coerente.

Il secondo litotipo presente comprende alluvioni recenti ed attuali costituite da sabbie e limi interstratificati, terreni umiferi, lenti di ciottoli fluviali. Questi materiali sono legati all'attività fluviale nel tempo dei Regi Lagni (periodi di piena e periodi di magra). Il Regi Lagni è un'opera di canalizzazione realizzata nel XVI-XVII secolo che imbriglia le acque del fiume Clanio e di altri torrenti che scendono dai monti di Nola e Aveila.

3.2.2 Cenni sulle caratteristiche petrografiche e mineralogiche dei prodotti flegrei

Il carattere prevalentemente esplosivo delle manifestazioni vulcaniche che hanno generato le piroclastiti flegree è evidenziato dai rapporti percentuali fra i vari litotipi: pomice 52%, scorie 30%, lave 10%, ossidiane 8%. Lo spettro petrografico delle piroclastiti flegrei (Fig. 4) varia tra i termini k-basalti 3%, trachibasalti 8%, latiti 10%, trachiti alcaline 45%, fonoliti 7%. Come si evince, la più alta percentuale è riservata a termini lavici decisamente evoluti cioè trachiti e trachiti alcaline. Da numerose analisi (Di Girolamo ed ac 1983), si evince che le pozzolane abbondano di silicati, infatti questi superano quasi sempre il 55% in volume degli ossidi presenti. Tale carattere acido delle piroclastiti determina una migliore idraulicità per esse, cioè in impasti con idrato di calcio si realizza un silicato calcifero che consente alla malta di possedere una buona consistenza lapidea. A parte l'impiego diretto per la confezione delle malte idrauliche, le pozzolane vengono impiegate per la preparazione di cementi pozzolanici.

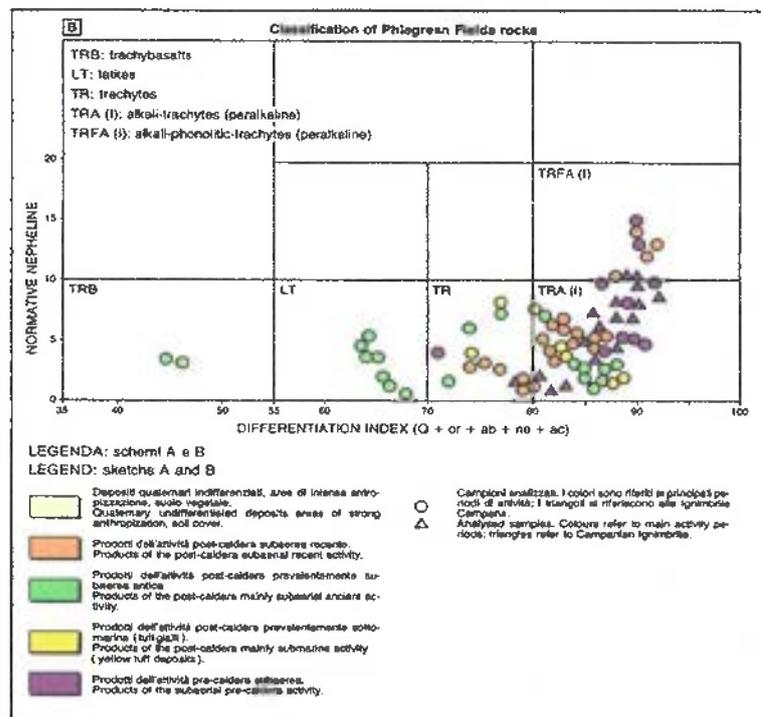


Fig. 4: Classificazione petrografica dei prodotti dei Campi Flegrei (Rosi & Sbrana 1987).

3.2.3 Storia vulcanologica dei Campi Flegrei

I Campi Flegrei sono una caldera complessa e risorgente formata in seguito a due principali episodi di sprofondamento avvenuti durante le eruzioni dell'ignimbrite Campana (37.000 a. b.p.) e del Tufo Giallo Napoletano (12.000 a. b.p.). L'età di inizio del vulcanismo nell'area flegrea non è nota. I prodotti vulcanici più antichi in affioramento hanno un'età di 60.000 a. b.p.. All'interno della caldera più recente, negli ultimi 12.000 anni si sono verificate non meno di 60 eruzioni, l'ultima delle quali è avvenuta nel 1538 e ha formato il cono del Monte Nuovo. Il fondo di questa caldera, per effetto di un fenomeno di risorgenza, si è sollevato e ha raggiunto valori totali massimi di almeno 90 m nella sua parte centrale, costituita dal terrazzo marino de La Starza.

Sollevamenti del suolo si sono avuti durante i recenti eventi bradisismici del 1969-72 (170 cm), 1982-84 (180 cm), 1989 (7 cm), 1994 (<1cm), e 2000 (4 cm). Il sistema magmatico di alimentazione è costituito da una camera superficiale (verosimilmente alla profondità di circa 4 km) e da zone più profonde (tra 10 e 15 km) di stoccaggio di magmi meno evoluti. Entrambe le parti del complesso sistema vengono periodicamente rialimentate da nuovi magmi. La camera superficiale viene rialimentata da magmi che risalgono dalle zone di stoccaggio profonde. Il vulcanismo più recente dell'eruzione del Tufo Giallo Napoletano è stato molto intenso e concentrato in tre epoche di attività, intercalate a periodi di quiescenza. Le eruzioni sono state per la maggior parte esplosive, di magnitudo variabile, e quasi tutte caratterizzate dall'alternanza di esplosioni magmatiche e freatomagmatiche. Le eruzioni più violente sono state quelle delle Pomice Principali, (10.700 a. b.p.) e di Agnano-Monte Spina (4.100 a. b.p.). I depositi di queste eruzioni, entrambe pliniane, hanno coperto una vasta area che dai Campi Flegrei arriva fino ai Monti di Avella. Sono distinguibili 3 epoche di attività:

- I) durata da 12.000 a 9.500 a. b.p, ebbero luogo 34 eruzioni esplosive, con una media di una eruzione ogni 70 anni.
- II) durata da 8.600 a 8.200 a. b.p, ebbero luogo 6 eruzioni esplosive, con una media di una eruzione ogni 65 anni.
- III) durata 4.800 e 3.800 a. b.p, ebbero luogo 16 eruzioni esplosive, con una media di una eruzione ogni 40 anni.

Tra il II ed il III si è avuto un periodo di pausa di circa 3500 anni. L'ultima eruzione è avvenuta nel settembre del 1538, dopo un periodo di quiescenza durato circa 3.000 anni. I centri eruttivi erano concentrati all'interno del settore nord-orientale della caldera del Tufo Giallo Napoletano, con l'eccezione delle eruzioni di Averno (3.700 a. b.p.). Benché l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano con relativo collasso calderico sia stato l'ultimo evento che ha significativamente modificato le condizioni del sistema, l'attuale campo di sforzi è quello instauratosi circa 5.000 a. b.p.. Pertanto, per la definizione della pericolosità vulcanica della caldera dei Campi Flegrei è opportuno avere come riferimento il suo comportamento negli ultimi 5.000 anni e il suo stato attuale. Pertanto sulla base della dinamica della deformazione, si possono individuare due aree in cui un nuovo centro eruttivo potrebbe attivarsi: l'area a più alta probabilità è quella compresa tra le piane di Agnano e San Vito, meno probabile ma non certo da escludere l'area Averno-Monte Nuovo. In base alla ricostruzione della dinamica delle eruzioni di media magnitudo, si può ipotizzare che la futura eruzione esplosiva sarà caratterizzata da alternanza di fasi magmatiche e freatomagmatiche. I principali effetti di un'eruzione di questo tipo saranno caduta di particelle e scorrimento al suolo di flussi piroclastici diluiti e turbolenti. Particelle cadranno al suolo dalla parte alta della colonna eruttiva che raggiungerà altezze dell'ordine della decina di chilometri e sarà spinta dai venti. La porzione delle aree che saranno interessate da caduta di particelle non può essere definita in anticipo in quanto dipenderà dalla direzione e dall'intensità del vento alla quota raggiunta dalla colonna. I flussi piroclastici più energetici, condizioni morfologiche favorevoli, riusciranno a sormontare le scarpate che bordano la depressione. Tali condizioni si verificano lungo il versante occidentale della collina del Vomero. Esse potrebbero permettere ai flussi di raggiungere il versante settentrionale della collina dei Camaldoli, la zona Vomero-Arenella della città di Napoli, i comuni di Marano e Quarto, e le porzioni settentrionali dei comuni di Pozzuoli e Bacoli. In Fig. 5 è riportato uno schema strutturale della Piana Campana, in Fig. 6 si osserva il cronogramma della storia eruttiva del distretto vulcanico dei Campi Flegrei.

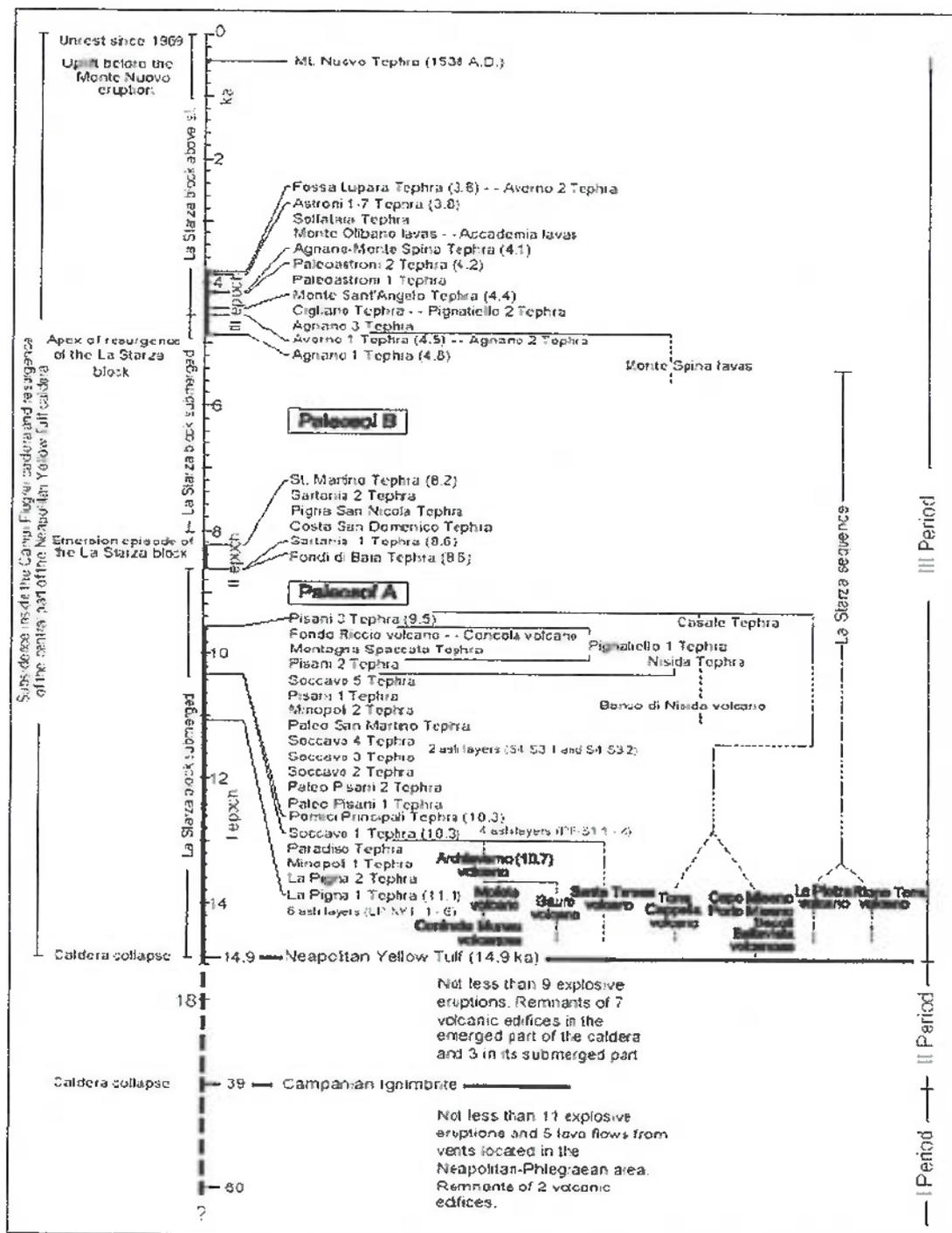


Fig. 6: Cronogramma della storia vulcanica dei Campi Flegrei post-Ignimbrite Campana (da Orsi et al., 2004).

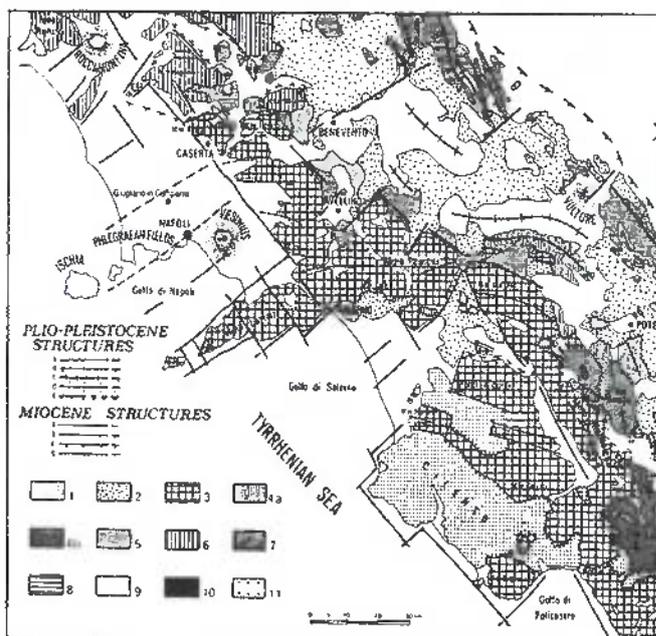


Fig. 5: Schema strutturale della Piana Campana.

3.2.4. Somma-Vesuvio

Come detto la Piana Campana risulta essere una zona morfologicamente ribassata rispetto le coltri appenniniche, che, dal punto di vista strutturale, viene definita una zona di sprofondamento limitata da faglie i cui andamenti principali sono NW-SE (direzione appenninica) lungo il bordo NE della piana, e NE-SW (direzione antiappenninica) lungo i bordi settentrionali e meridionali (Monte Massico e Monti Lattari) al cui interno si è insediato il vulcanismo potassico dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio. I terreni della Piana Campana sono rappresentati oltre che da depositi piroclastici flegrei e vesuviani da depositi marini ed alluvionali generati dal disfacimento sia delle vulcanoclastiti sia dei rilievi carbonatici circostanti. I Campi Flegrei ed il Somma-Vesuvio sono le aree di vulcanismo attivo della Campania. Queste due zone si differenziano completamente per motivi strutturali, vulcanologici e petrografici. Il Somma-Vesuvio è un apparato centrale misto localizzato all'intersezione di sistemi di fratture orientate in senso appenninico ed antiappenninico. I Campi Flegrei con Ischia e Procida rappresentano un sistema vulcanico complesso formato da un insieme di piccoli apparati piroclastici monogenici, disposti secondo un allineamento est-ovest. Nella Piana Campana il basamento carbonatico risulta smembrato in una serie di horst e graben o secondo strutture monocliniche orientate in direzione E-W. Il Somma-Vesuvio è costituito da una serie di prodotti provenienti da eruzioni a carattere diversificato: eruzioni effusive, eventi parossistici e fenomeni ad attività mista. Secondo taluni autori la sua formazione, riscontrata con datazioni su legno carbonizzato in depositi pomicei, pare essere valutabile intorno ai 17.000 anni. A profondità di circa 1.350 metri si rileva la presenza di lave con un'età di circa 0.3 milioni di anni. Il vulcano è centrale composto da uno strato-vulcano più antico (Somma) che chiuse la sua attività con il collasso della caldera sommitale, e da un cono recente (Vesuvio) posto nella caldera stessa. La caldera ha una forma a contorno ellittico con un'asse maggiore di km. 3,7 circa ed un minore di km. 3,4 circa; il suo sprofondamento divide l'attività del Somma da quella del Vesuvio. Attualmente il Somma occupa la parte settentrionale del complesso vulcanico e la sua forma circolare corrisponde ai resti del bordo della caldera; il Vesuvio è l'edificio vulcanico sorto all'interno della preesistente caldera in seguito alle attività eruttive susseguitesesi dal 79 d.C. al 1944 ed è separato dal Somma da un'ampia valle e cioè l'Atrio del Cavallo a nord e la Valle dell'Inferno a nord-est. Il cratere terminale del Vesuvio e quasi circolare, ha un diametro di circa 600 metri ed è profondo circa 330 metri. Il Somma-Vesuvio ha una circonferenza alla base di circa 80 km e copre una superficie di 480 Km². Il volume orografico attuale non e' altro che quello che rimane di un edificio vulcanico molto più imponente, alto circa 2.000 metri che, con l'eruzione del 79 d.C., fu sventrato e collassato formando una caldera al cui interno l'attività vulcanica successiva ha via via edificato il Vesuvio attuale. L'attività del Somma-Vesuvio, per i prodotti emessi, può essere divisa in nove cicli, separati da periodi di stasi a lunghezza variabile, testimoniati dalla presenza di paleosuoli più o meno potenti. In ognuno di questi periodi si ritrova una pliniana piuttosto imponente, preceduta da una inattività protratta con taluni

casi in cui all'interno dello stesso ciclo la presenza di più eventi parossistici ma di entità minore. In base alle caratteristiche eruttive possiamo dividere la storia del Somma- Vesuvio in due parti: una prima fase (79 d.c.-1631), con eventi più esplosivi ma poco numerosi e periodi di quiescenza piuttosto lunghi, ed una seconda fase (1631-1944) con una tendenza al decremento dell'esplosività nel tempo ed eventi con caratteristiche simili tra loro. La fase di passaggio sarebbe data dall'eruzione del 1631 che ebbe un carattere misto esplosivo-effusivo, che modificò il cratere abbassandolo di circa 168 metri e provocò la morte di 4000 persone in seguito alla distruzione dei paesi di Torre del Greco, Resina, Torre Annunziata e Boscotrecase. Esaminando i prodotti dell'attività vesuviana, si rinvennero alla base colate di lave sulle quali giacciono due diversi tipi di depositi vulcanici primari, appartenenti ad eventi a carattere differente: abbiamo pomici e ceneri, sabbie e lapilli. Un terzo tipo di deposito vulcanico primario è un prodotto di attività da nube ardente. Per ciò che concerne la composizione essa varia tra termini potassici ed altamente potassici. Ritroviamo tefriti e leuciti emesse soprattutto nei periodi effusivi. La sequenza dei termini a composizione basica mostra di essere stata interrotta dai termini più evoluti acidi delle due maggiori pliniane 79 d.c. e 3.500 a.c. (Avellino). Nello specifico nell'area di pertinenza, nei pressi dell'ingresso della chiesa della SS. Trinità, è affiorante la colata lavica eruttata nel 1794.

3.3. Caratterizzazione idrogeologica generale

Per una descrizione dei caratteri piezometrici della falda principale presente nel territorio comunale di Napoli sono stati analizzati più studi redatti con diverse finalità da vari Autori (VIPARELLI, 1967, 1978; CORNIELLO et al., 1995; CELICO, 1983; GEOLAB, 1988; BELLUCCI et al., 1990; BUDETTA et al., 1994; CELICO et al., 2001; PROVINCIA DI NAPOLI, 2001, 2004). Di questi studi si riferirà nello specifico di quelli di Celico et al. (anni 2001 e 2003) e di quelli redatti dalla Provincia di Napoli in quanto i più recenti e i più completi ed omogenei per l'areale di studio. Lo schema della circolazione idrica sotterranea del territorio comunale di Napoli è stato delineato con dettaglio in Celico et al. (2001) sulla base dell'elaborazione di specifiche carte piezometriche oltre che da altri studi bibliografici in precedenza redatti nell'areale di studio. Dalla lettura dell'elaborato piezometrico proposto e relativo all'andamento piezometrico riferito al maggio 1997, emerge subito un importante elemento idrogeologico per il settore di studio appartenente al dominio idrogeologico "Occidentale - Flegreo". È ben evidente infatti un importante spartiacque sotterraneo che, dalla periferia settentrionale di Napoli (località Chiaiano), si sviluppa dapprima in direzione NO-SE e, successivamente, all'altezza di Capodimonte, devia verso Sud fino a raggiungere il mare in prossimità di Castel dell'Ovo. Tale spartiacque impedisce dal punto di vista idraulico interconnessioni idrogeologiche tra l'area "Occidentale-Flegrea" e le aree "Centrale-Alluvionale" ed "Orientale- Vesuviana". Questa condizione trova conferma anche nell'analisi dei caratteri chimico - fisici delle acque ivi circolanti. È interessante inoltre notare che i suddetti settori idrogeologici si distinguono anche per differenti gradienti idraulici della falda; infatti nell'area "Occidentale - Flegrea", oltre che a una maggiore complicazione della morfologia piezometrica, si rileva un gradiente idraulico più elevato ($0.2\% < i < 0.8\%$) di quello osservabile ad est di detto spartiacque sotterraneo ($0.1\% < i < 0.3\%$). Questa differenza potrebbe essere interpretata come la diretta conseguenza della minore trasmissività dei complessi piroclastici in posto, rispetto a quella dei depositi generalmente rimaneggiati in ambiente alluvionale dei settori "Centrale-alluvionale" ed "Orientale-Vesuviano". Ad Est dello spartiacque sotterraneo sopradescritto si evidenziano inoltre marcati assi di drenaggio preferenziale che convogliano le acque defluenti dalla porzione orientale della Piana Campana (poste a Nord-Est del Fosso Volla) verso il mare. Sempre con riferimento al settore "Occidentale-Flegreo" si evidenzia un altro importante elemento idrogeologico rappresentato da un'ampia zona di alimentazione coincidente con un "alto" piezometrico, ubicato tra il limite comunale nord-occidentale di Napoli e l'abitato di Marano. L'esistenza di questo elemento idrogeologico condiziona, in misura rilevante, lo schema di circolazione idrica sotterranea dell'area. I deflussi, a partire dal suddetto "alto", sembrano orientarsi in modo radiale, ma con gradienti differenti,

a seconda delle direttrici di flusso. Se, infatti, quelli responsabili della dinamica delle acque in direzione NO-SE (lato lungo il quale si sviluppa il versante a debolissima pendenza dei Camaldoli) sono estremamente bassi, quelli verso le pianure flegree appaiono molto più elevati (0.8%). Secondo i vari Autori le cause che potrebbero determinare il suddetto assetto piezometrico di tipo radiale potrebbero essere molteplici; tra queste si citano ad esempio il particolare schema "morfo-strutturale" dell'area, i differenti valori di trasmissività degli acquiferi in cui trova sede la falda principale o, infine, l'andamento della linea di costa che rappresenta il recapito finale delle acque sotterranee. L'andamento piezometrico sopra descritto trova conferma anche dall'analisi della cartografia piezometrica più recente riportata nel "Secondo Rapporto sullo Stato dell'Ambiente nella Provincia di Napoli" Provincia di Napoli, Assessorato all'Ambiente (2004) (Fig. 7.1.), e riferita alla campagna eseguita nel mese di Febbraio 2003. L'assetto piezometrico della falda principale sopra illustrato mostra un'alimentazione legata a significativi travasi sotterranei dai rilievi carbonatici che limitano la Piana Campana. Sempre secondo gli estensori di tale cartografia, un'ulteriore alimentazione deriva da apporti sotterranei originati nell'ambito del Vulcano del Somma-Vesuvio (cio in accordo con quanto noto in letteratura scientifica), mentre ad Ovest di Acerra è presente uno spartiacque sotterraneo che si collega a un alto piezometrico posto in corrispondenza delle colline flegree ove la falda si trova a quote superiori ai 20 m s.l.m.. Questi due elementi (spartiacque e alto piezometrico) sono importanti fattori di condizionamento del flusso idrico sotterraneo; difatti in corrispondenza dello spartiacque sotterraneo e dell'alto flegreo la falda della Piana si divide in due rami: il primo raggiunge il mare a Nord dell'area flegrea, l'altro devia verso Sud-Ovest e giunge al Golfo di Napoli attraverso la depressione del Sebeto che di fatto rappresenta una sezione di flusso limitata dagli alti piezometrici flegreo (a Nord-Ovest) e vesuviano (ad Est). In Fig. 7 è riportato uno stralcio della Carta Idrogeologica dell'area in oggetto, riportata in Allegato.



Fig. 7: Stralcio della Carta Idrogeologica dell'area in oggetto.

Un andamento piezometrico sostanzialmente simile nelle linee generali a quello in precedenza descritto e riportato nella carta idrogeologica elaborata da Celico et al. (2003) e fornita da ARPAC. La differenza maggiore sembrerebbe però riguardare l'ubicazione dello spartiacque piezometrico allungato all'incirca tra Pianura e Marano e del relativo "alto piezometrico" che risulterebbero essere localizzato più verso Nord-NordOvest rispetto a quanto non evidenziato nelle precedenti cartografie. Da tale ricostruzione, basata sui punti di monitoraggio indicati sul medesimo elaborato, risulterebbe pertanto che in corrispondenza dell'areale interessato dall'impianto di rifiuti in progetto la falda idrica principale si troverebbe a una quota di circa 17-18 m s.l.m. e non più in corrispondenza dell'altopiezometrico che invero risulterebbe essere localizzato tra gli abitati di Marano di Napoli e Calvizzano posti più a monte, in senso idrogeologico, rispetto all'area di studio, mentre il gradiente idraulico medio è pari allo 0.24%.

3.3.1. Schema della circolazione idrica sotterranea del Somma – Vesuvio

L'Edificio vulcanico del Somma – Vesuvio costituisce una struttura idrogeologica differenziata dalla piana circostante, composta da colate laviche sovrapposte, intercalate da livelli di scorie, pomici, ceneri e lapilli. I principali orizzonti acquiferi sono costituiti dalle colate laviche fratturate e dai livelli di scorie, pomici e lapilli. Le prime caratterizzate dalla tipica fratturazione ad andamento normale all'asse della colata, sono responsabili della soprattutto della permeabilità verticale dell'acquifero; la componente orizzontale della stessa permeabilità diventa elevata principalmente alla base delle singole colate, ove la roccia è sempre più scoriacea e poggia su livelli di lapilli e pomici molto permeabili (Civita et alii, 1973). Pure in questo caso la circolazione idrica sotterranea si sviluppa per falde sovrapposte, tra loro interconnesse. Dall'esame della morfologia piezometrica a grande scala (Fig. 4.1.) è possibile individuare un deflusso radiale di base che si adatta generalmente alla morfologia del vulcano. I rapporti idrogeologici con la piana circostante sono generalmente di interscambio idrico sotterraneo, laddove sono presenti litotipi a granulometria più grossolana, mentre si rinvencono emergenze di modesta entità, laddove prevalgono depositi sottili a bassa permeabilità.

La produttività idrica dell'acquifero è molto variabile in ordine alla natura dei litotipi che lo costituiscono ed alla presenza di assi di drenaggio preferenziali; da prove di emungimento eseguite in pozzi ubicati a quote diverse, lungo i pendii del vulcano, sono state calcolate portate specifiche comprese tra 10^{-2} e 10^{-3} m²/sec. Nella Fig. 7.1 si osserva uno stralcio della carta idrogeologica della Regione Campania.

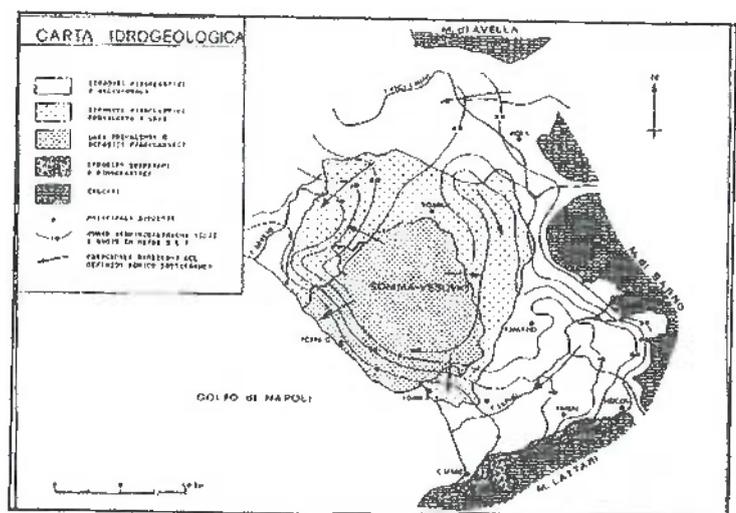


Fig. 7.1.: Schema della circolazione idrica sotterranea dell'edificio vulcanico del Somma – Vesuvio.

3.4. Caratterizzazione sismica generale

Il territorio comunale di Caivano (NA) non rientra in una fascia sismogenetica mentre risulta interessato dagli effetti macrosismici di terremoti appenninici soprattutto di origine tettonica ed in misura subordinata, da eventi di origine vulcanica con epicentro nei vicini distretti del Vesuvio e dei campi Flegrei. Quanto sopra, ben si coglie dai dati riportati dall'ubicazione degli ipocentri riportati in (Fig. 8), relativi agli eventi più forti (in termini di Intensità macrosismica e Magnitudo) registrati negli ultimi 2000 anni, da cui è possibile rilevare come solo pochi eventi sono ascrivibili a sismi di origine vulcanica. Eventi con magnitudo 4 - 5 ubicati a profondità fino a 35 km, sono molto diffusi soprattutto lungo la catena appenninica; qui i trend di fratturazione principali hanno direzione prevalente NW - SE. Non sono rari eventi con magnitudo > 6, quale quello del 23 novembre 1980 che si è risentito nel territorio in studio con intensità locale non inferiore al VII grado della scala MCS.

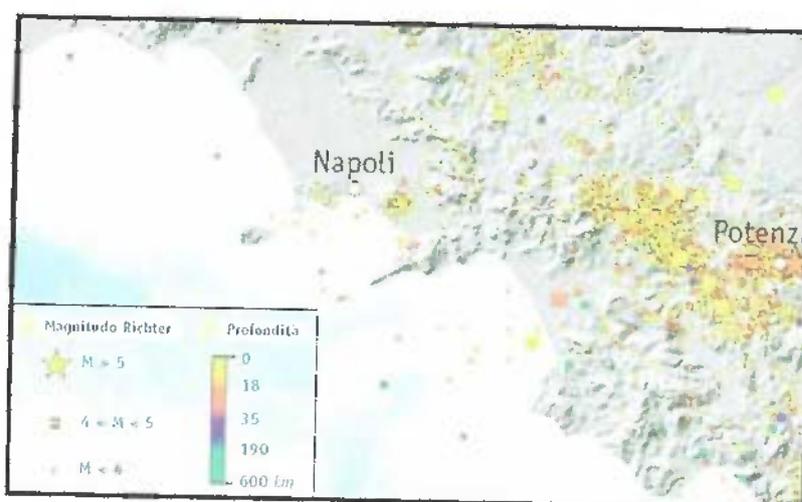


Fig. 8: Ubicazione di tutti i terremoti registrati nell'area d'interesse negli ultimi 2000 anni (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Nella Fig. 8.1 è riportato uno stralcio del database delle sorgenti sismogenetiche italiane dell'INGV.

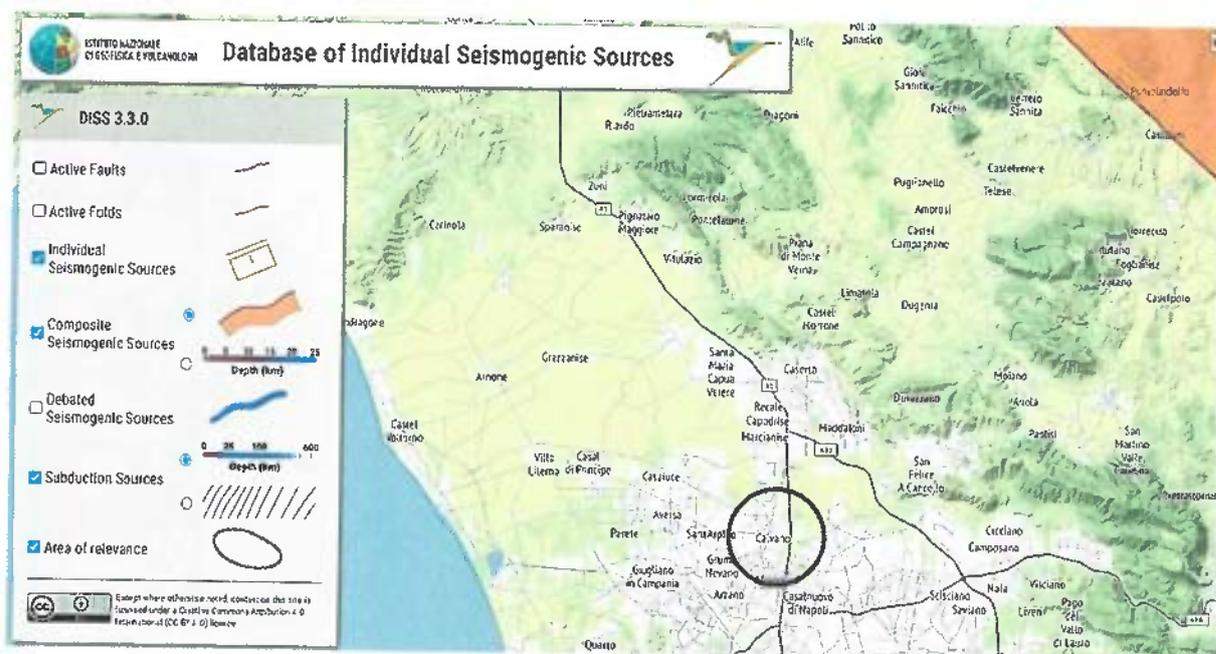


Fig. 8.1.: Database INGV sorgenti sismogenetiche italiane (<http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

3.4.1. Storia sismica locale

Nella Tab. 1 - Fig. 8.2. si riportano i dati riguardanti la storia sismica per il territorio comunale di Afragola, limitrofo a quello in oggetto, limitatamente ai principali eventi sismici con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5 in termini di Mw (Magnitudo Momento), i cui effetti hanno interessato l'area in oggetto, in termini di Intensità al sito (MCS).

Numero di eventi: 5

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
VI	1903	05	04	06	44	VALLE CAUDINA	80	7-9	5.17
7	1930	11	23	19	34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.99
6	1924	05	07	17	49	Appennino abruzzese	912	8	5.93
5	1990	05	05	07	21	POTENTINO	1374	7-8	5.84
5	1991	05	26	12	26	POTENTINO	597	7	5.22

Tab.1: Catalogo dei terremoti più forti che hanno interessato il territorio comunale di in oggetto dall'anno 62 d.C. al 1996. LEGENDA: Is = intensità al sito (MCS); Np = numero di osservazioni sismiche del terremoto; Ix = Intensità massima (MCS); Mw = Magnitudo momento. (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

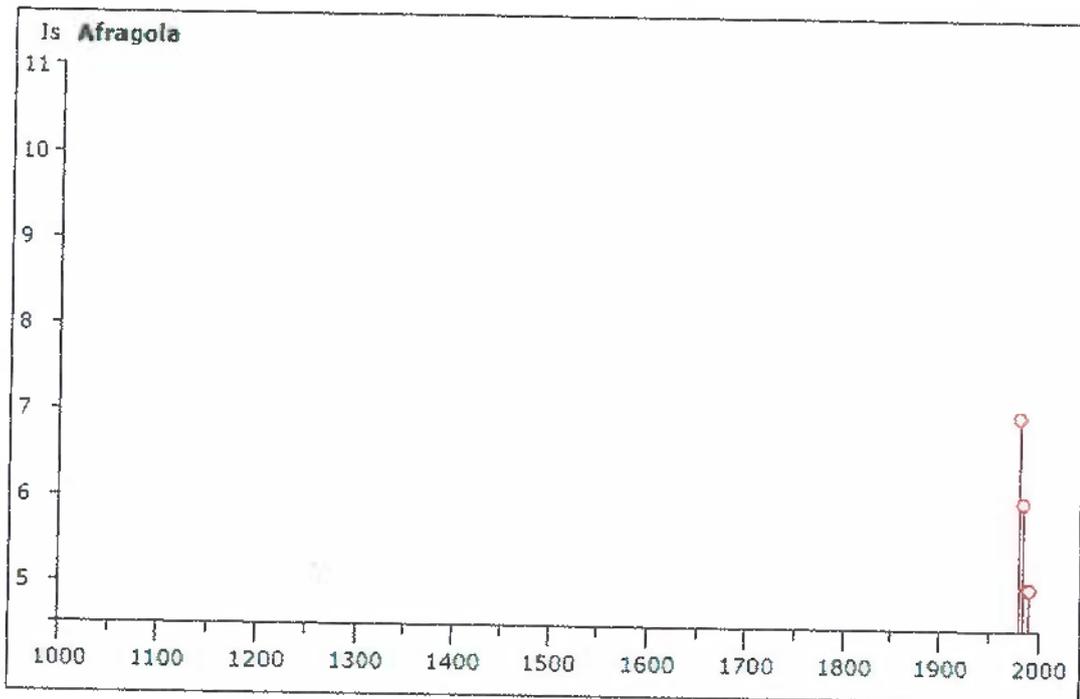


Fig. 8.2.: Diagramma della storia sismica per il territorio comunale in oggetto, con registrazione degli eventi sismici di intensità epicentrale $\geq 4 - 5$.

4. INDIVIDUAZIONE DELLA VINCOLISTICA GRAVANTE SUL SITO

4.1. Rischio sismico

Il territorio comunale di Caivano (NA), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in **Categoria - 2 (Media sismicità) - $a_g=0.25g$** (Fig. 9).

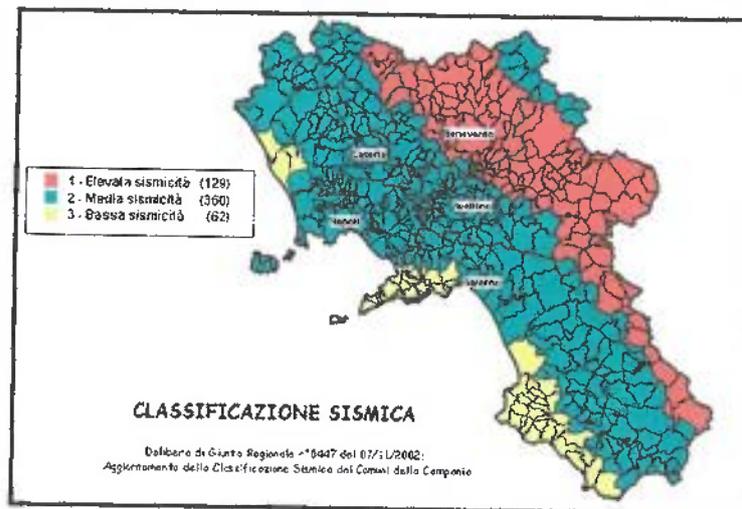


Fig. 9: Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di $a_g=0.35g$; Zona 2, valore di $a_g=0.25g$; Zona 3, valore di $a_g=0.15g$.

Inoltre dalla mappa di pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_{S30} > 800\text{m/sec}$ cat. A punto 3.2.2. del D.M. 17/01/2018), redatta dall'I.N.G.V. di Milano, indica per il comune in oggetto valori compresi tra 0,125 e 0,175 g (Fig. 10).

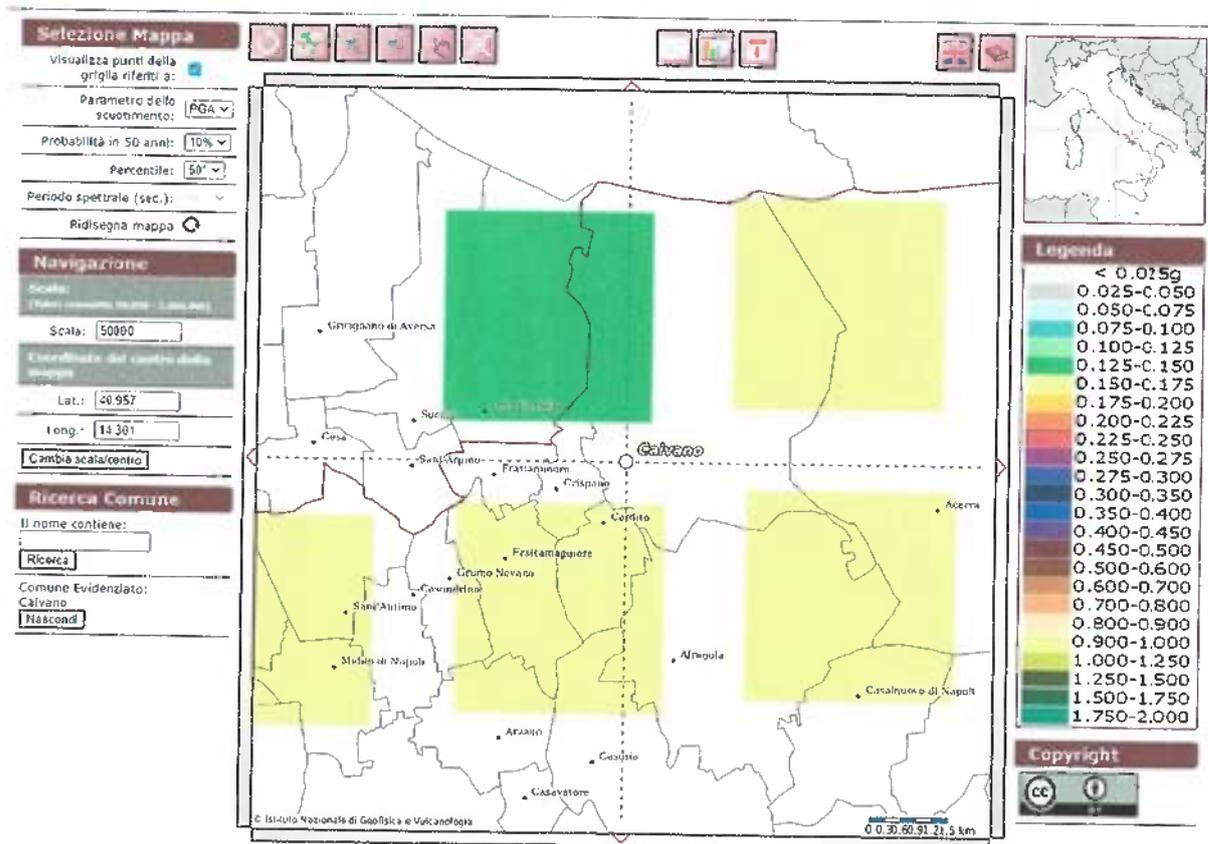
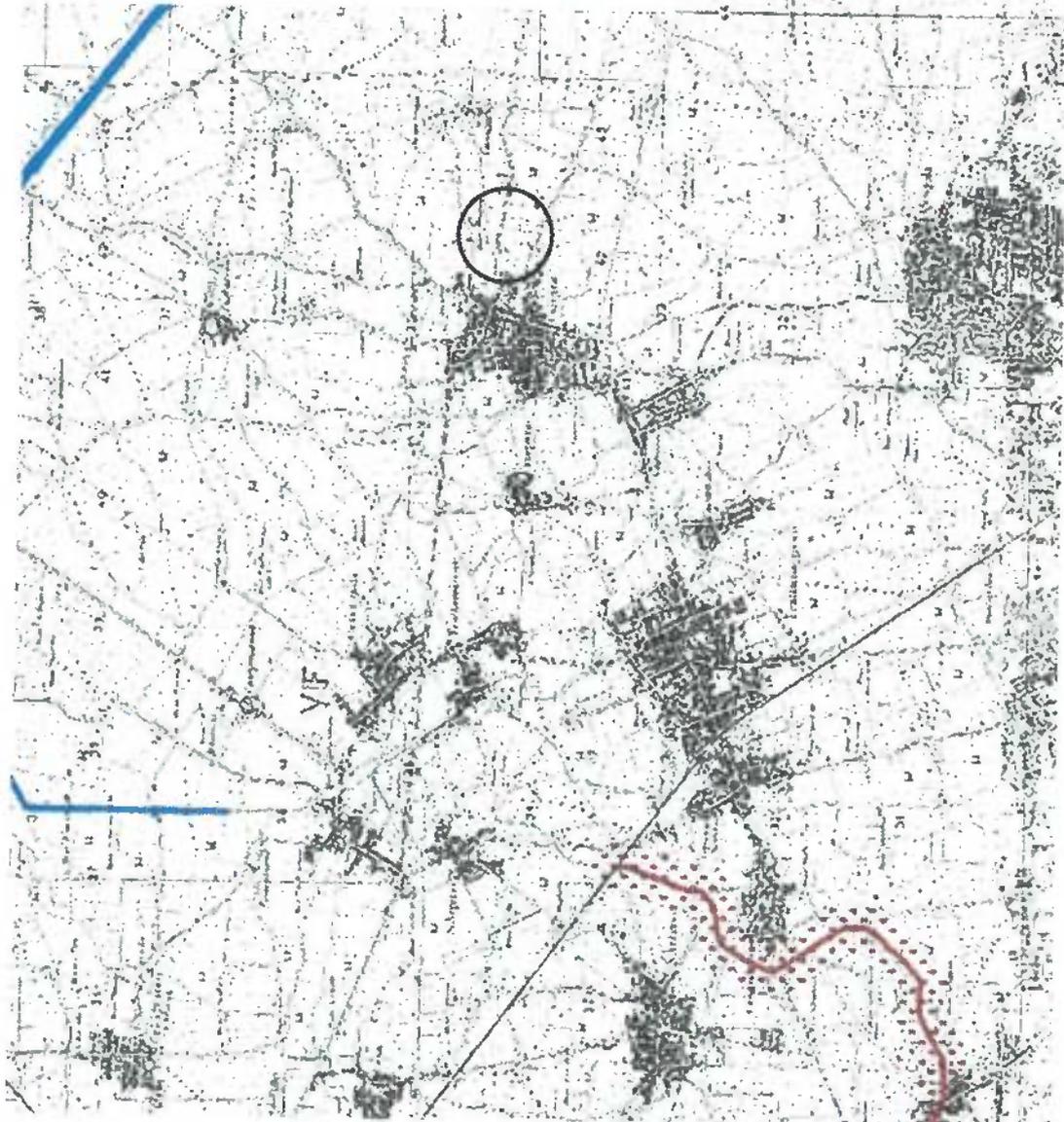


Fig. 10: Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento ordinanza PCM 28/04/2006 n° 3519 All. Ib) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi ($V_{S30} > 800\text{m/sec}$ cat. A punto 3.2.2. del D.M. 17/01/2018).

4.2. Rischio idraulico e rischio frane

Dalla consultazione on line della Cartografia relativa al P.S.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Territorio), (<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/>) per il territorio comunale in oggetto, si evince che la zona non rientra in alcuna categoria di rischio idraulico e/o frane (Fig. 11.1.- 11.4.).



LEGENDA

	Esondazione	Aree di attenzione	Elevato trasporto solido	Falda sub-affiorante Conche endoreiche
P3 - Pericolosità Elevata	[Orange square]	[Dotted pattern]	[Diagonal hatching]	[Green dotted pattern]
P2 - Pericolosità Media	[Blue square]	[Cross-hatch pattern]	[Blue dotted pattern]	[Light green dotted pattern]
P1 - Pericolosità Basso	[Green square]	[No pattern]	[Light blue dotted pattern]	[No pattern]

Pericolosità da esondazione - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali riconducibili a esondazione del reticolo idrografico.

Pericolosità per elevato trasporto solido - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali caratterizzati da elevato trasporto solido (flussi ipercentrati, colate detritiche, debris-flow, etc).

Area di attenzione - aree ad elevata suscettibilità di attingimento ubicata al piede di valloni, piume/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa, fasce di attenzione per la presenza di altre strade.

- Limite di bacino
- Alveo strada
- Reticolo idrografico
- Tratto tombato
- Vascia

Fig. 11.1.: Stralcio cartografia pericolosità idraulica.

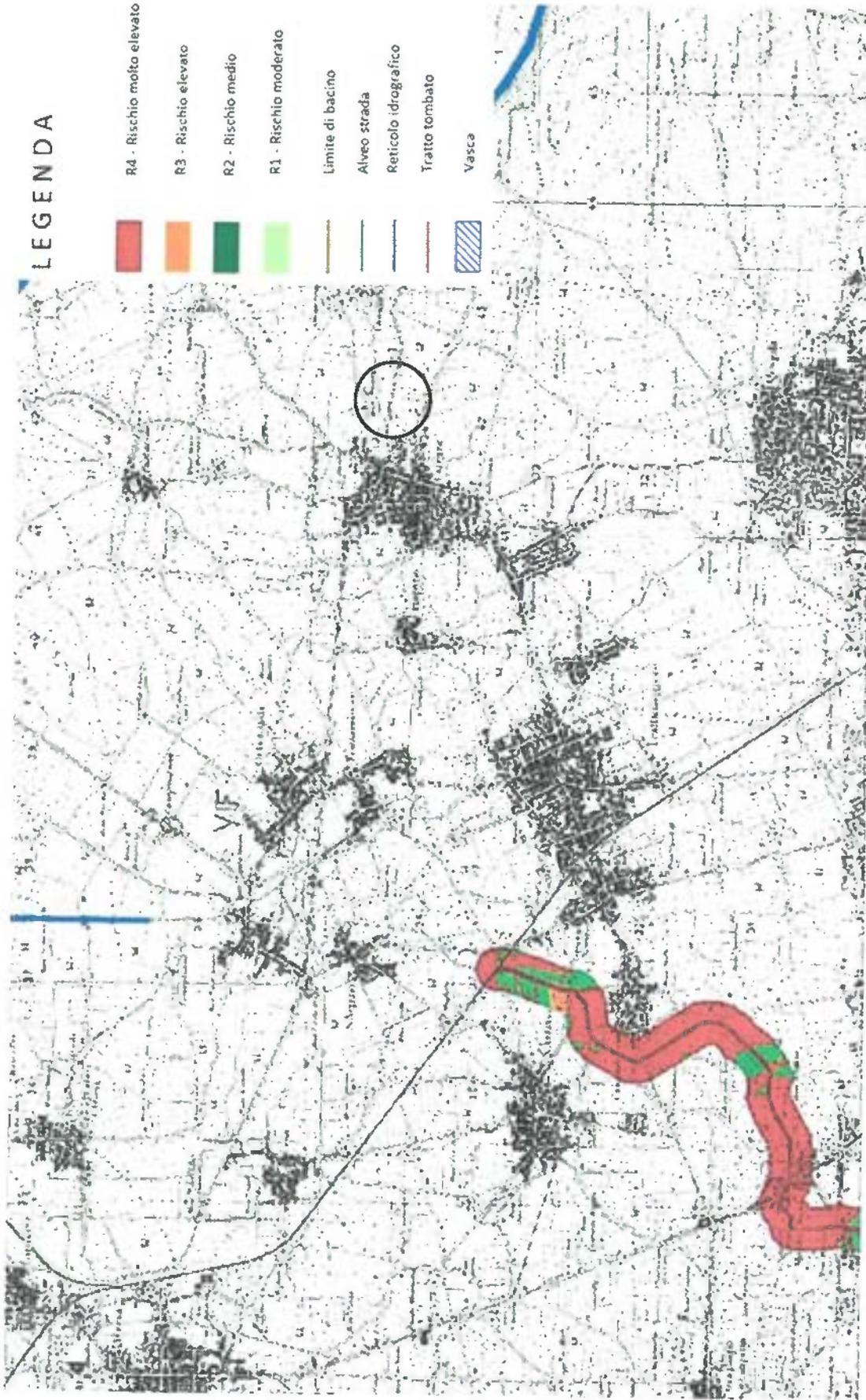


Fig. 11.2.: Stralcio cartografia rischio idraulico.

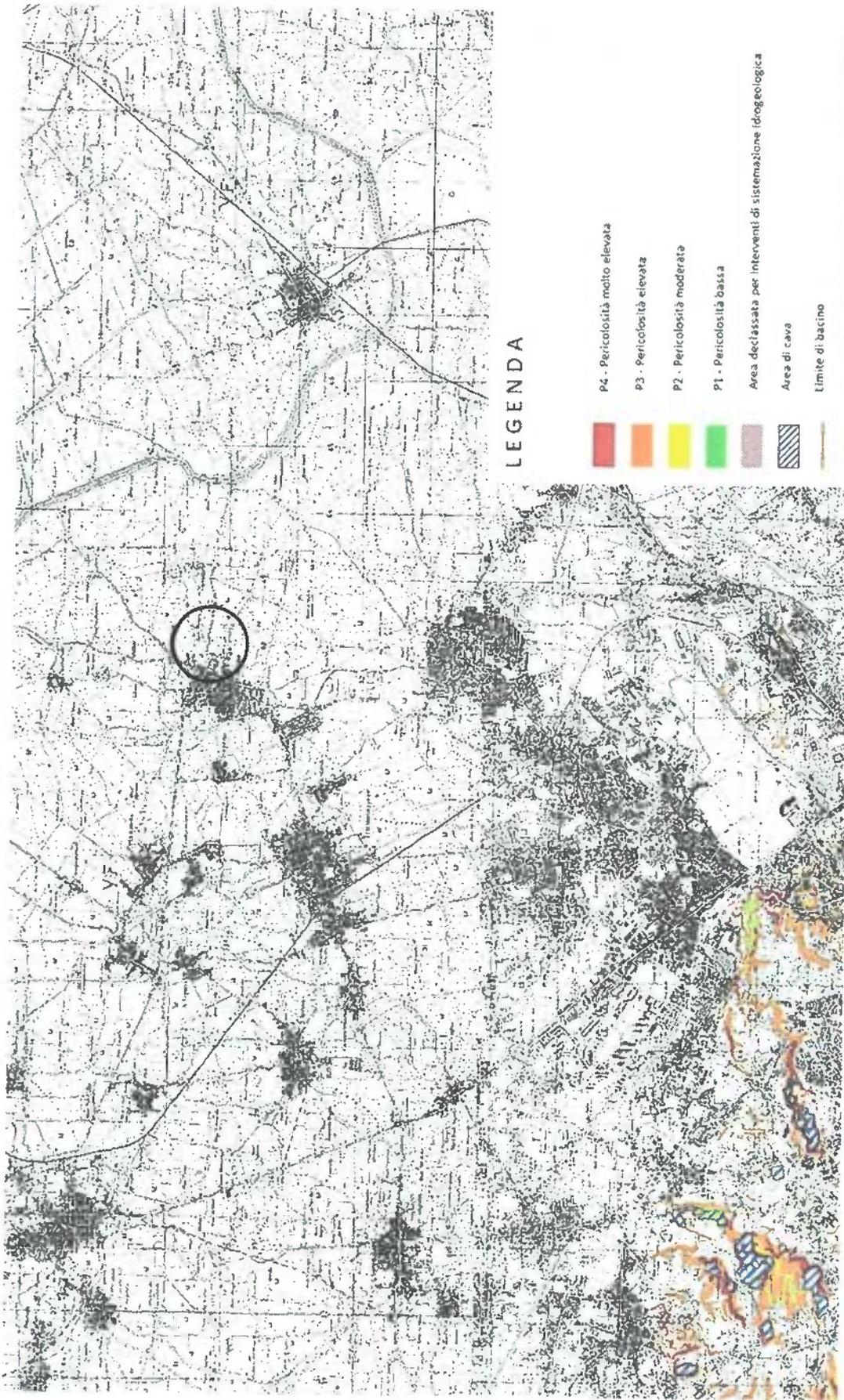


Fig. 11.3.: Stralcio cartografia pericolosità frana.

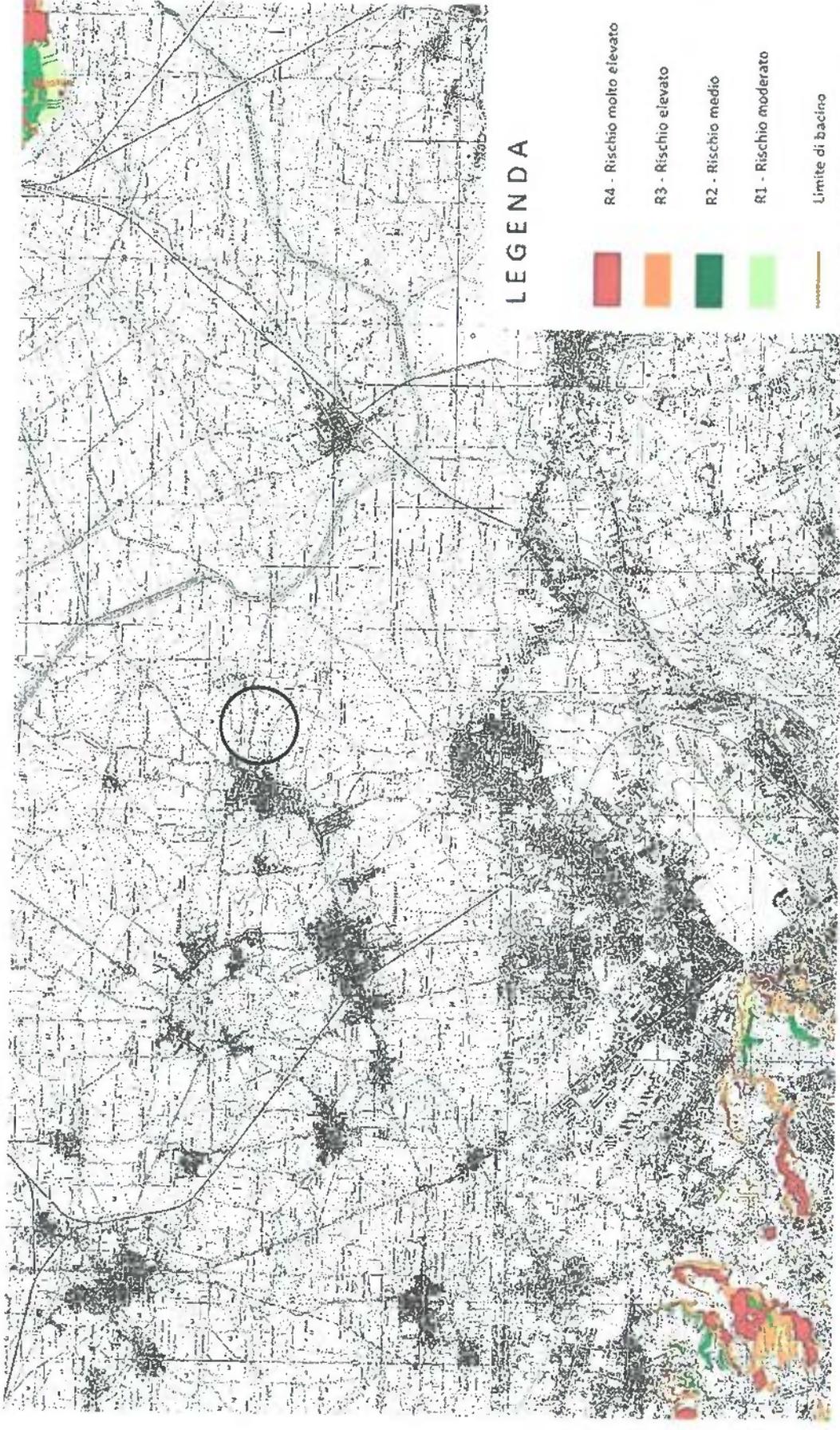


Fig. 11.4.: Stralcio cartografia rischio frana.

4.3. Rischio vulcanico

La **zona rossa** è l'area per cui l'evacuazione preventiva è, in caso di "allarme", l'unica misura di salvaguardia per la popolazione. È infatti esposta al pericolo di invasione di flussi piroclastici che, per le loro elevate temperature e velocità, rappresentano il fenomeno più pericoloso per le persone. Sono ricompresi in zona rossa i comuni di Pozzuoli, Bacoli, Monte di Procida e Quarto, per intero; parte dei Comuni di Giugliano in Campania, di Marano di Napoli e alcune municipalità del Comune di Napoli. Nell'area vivono circa 500mila abitanti.

La **zona gialla** è l'area, esterna alla zona rossa, che in caso di eruzione è esposta alla significativa ricaduta di ceneri vulcaniche. Per quest'area potrebbero essere necessari allontanamenti temporanei della popolazione che risiede in edifici resi vulnerabili o difficilmente accessibili dall'accumulo di ceneri. Nella zona gialla ricadono i Comuni di Villaricca, Calvizzano, Marano di Napoli, Mugnano di Napoli, Melito di Napoli e Casavatore e 24 quartieri del Comune di Napoli. Nell'area vivono oltre 800mila abitanti.

L'allontanamento della popolazione dalla zona rossa inizia con la dichiarazione della fase di "allarme". Nella mappa sono rappresentate in blu le Aree di attesa previste dai piani di protezione civile comunali, ovvero le aree da cui partiranno i cittadini che scelgono di allontanarsi con il trasporto assistito. Dalle Aree di attesa, i cittadini saranno trasferiti nelle Aree di incontro previste dalla pianificazione nazionale di protezione civile che, nella mappa, sono rappresentate in verde. Da qui raggiungeranno, in nave, treno o pullman, le Regioni o Province Autonome gemellate. *Dalla consultazione della cartografia di rischio vulcanico (Fig. 11.5) (<https://mappe.protezionecivile.gov.it/it/mappe-rischi/piano-nazionale-campi-flegrei>), si evince che il sito investigato non rientra in alcuna perimetrazione di rischio.*



Fig. 11.5: Cartografia Web-Gis del rischio vulcanico Campi Flegrei.

5. INDAGINI GEOLOGICHE

A seguito del sopralluogo preliminare effettuato, è stata programmata una campagna di indagini al fine di definire le caratteristiche geologiche di sito. L'ubicazione delle prove è indicata nella planimetria di (Fig. 11.6). Sono state pertanto effettuate le seguenti indagini:

- *Esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo S_1 , con prelievo di n. 2 campioni di terreno indisturbati, $S1C1$ ed $S2C2$, prelevati rispettivamente alle profondità di 4.0-4.5 m e 7.0-7.5 m dal p.c., inviati in laboratorio per le relative analisi geotecniche.*
- *Esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo S_2 .*
- *Esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche superpesanti $DPSH_{1-4}$.*
- *Esecuzione di n° 1 indagine sismica HVSR (horizontal to vertical spactral ratio), per la valutazione della frequenza caratteristica di sito f_0 .*
- *Esecuzione di n° 1 indagine sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la valutazione della V_{seq} , necessaria all'attribuzione della Categoria di Sottosuolo di Fondazione secondo vigente normativa (D.M. 17/01/2018).*



- Sito in oggetto
- Indagini geognostiche eseguite
- Prova penetrometrica dinamica DPSH
- Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
- Sondaggio geognostico a carotaggio continuo con prelievo campioni
- Indagine sismica HVSr
- Indagine sismica MASW

Fig. 11.6: Ubicazione indagini eseguite.

5.1. Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo sono stati spinti alla profondità di 30.00 m dalla quota del piano campagna.

I carotaggi effettuati hanno permesso di:

- a. ricostruire il profilo stratigrafico del sito mediante l'esame dei terreni estratti;

- b. Prelevare n. 2 campioni indisturbati di terreno (*S1C1 ed S2C2*), rispettivamente tra gli intervalli di profondità di 4.0-4.5 m e 7.0-7.5 m dal p.c.;

Per carotaggio continuo si intende un particolare e complesso metodo d'indagine diretta che consente la ricostruzione stratigrafica dettagliata e puntuale dei litotipi presenti nel sottosuolo.

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti con l'impiego di una sonda a rotazione C.M.V MK 600 montata su cingoli (**Foto 1**).



Foto 1: Sonda utilizzata nell'esecuzione dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

La sonda utilizzata per l'esecuzione dei sondaggi ha le seguenti caratteristiche (**Tab. 2**):

CINGOLI		CRAWLERS	
Larghezza	Width	mm	1600
Lunghezza	Length	m/m	2540
Pattini	Track shoes width	mm	300
Stabilizzatori indipendenti	Independent outriggers	no.	4
Pressione specifica al suolo	Ground pressure	N/cm ²	5.9
Velocità di traslazione	Travelling speed	km/h	1
MOTORE DIESEL		DIESEL ENGINE	
Modello	Model	type	Perkins 804 C 3.3T
Potenza installata	Rated power	kW/bp	59.5/81
ANTENNA		MAST	
Corsa rotary	Rotary stroke	mm	3500
Velocità avanzamento rotary	Rotary stroke speed	m/min	38
Forza di spinta	Crowd force	kN	26
Forza di estrazione	Extraction force	kN	38.5
DOPPIE MORSE		DOUBLE CLAMPS	
Diametro min/max	Clamps diameter min/max	mm	60 - 260
Forza di chiusura	Clamping force	kN	100
ARGANO		WINCH	
Forza di sollevamento max	Line pull capacity max	kN	13
Diametro fune	Rope diameter	mm	10
Velocità fune	Rope speed	m/min	20
TESTA DI ROTAZIONE		ROTARY HEAD	
Coppia max	Torque max	kNm	6,3 @ 56 rpm
Velocità min/max	Speed min/max	rpm	0 - 170
Modello	Model	type	TR 600 2V
Coppia max	Torque max	kNm	6,5 @ 46 rpm
Velocità min/max	Speed min/max	rpm	0 - 226
Modello	Model	type	TR 600 SP
Coppia max	Torque max	kNm	6,5 @ 46 rpm
Velocità min/max	Speed min/max	rpm	0 - 92
PESO TOTALE		OPERATING WEIGHT	
		kg	7100
OPTIONALS		OPTIONALS	
Lubrificatore di linea	Lubricating liner	lt/bar	1,5/21
Pompa acqua a coclea	Screw type water pump	lt/bar	120/20
Pompa scarotatrice	Core ejection pump	lt/bar	15/150
Pompa schiumogeni	Foam pump	lt/bar	30/50
JET GROUTING		JET GROUTING	
Profondità corsa singola	Single stroke depth max	m	10
Diametro mandrino idraulico	Hydraulic mandrel rods dia.	mm	60 - 76

Tab. 2: Specifiche tecniche sonda utilizzata nelle perforazioni eseguite.

La perforazione può avvenire mediante la circolazione di fluidi o a secco. Nel caso in oggetto, è stata utilizzata la tecnica della circolazione d'acqua, facendo però attenzione ad utilizzare il minor quantitativo possibile in modo da assicurare il prelievo della più alta percentuale di materiale e la più completa composizione granulometrica.

Le carote man mano estratte, utilizzate per la ricostruzione stratigrafica dei terreni investigati, sono state sistemate nelle apposite cassette catalogatrici in PVC, munite di scomparti divisori e coperchio.

Le singole cassette, dopo essere state fotografate, sono state conservate presso lo studio dello scrivente, dove rimarranno fino alla data del collaudo.

Dallo studio dei terreni carotati lo scrivente ha definito le relative colonne stratigrafiche con indicazione delle quote di prelievo dei vari tipi di terreno, dello spessore dei vari strati, delle caratteristiche granulometriche e delle prove penetrometriche S.P.T. eseguite.

5.2. Prove penetrometriche dinamiche

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti (Tab. 2.1):

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione δ)

PENETROMETRO IN USO: PAGANI TG63-100KN, DPSH (matricola P000937)		
Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)	
PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	L _a = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) :- Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7,83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta t = Q/Qspt = 1,521$ (teoricamente : Nspt = $\beta t N$)

Velutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)
 $e =$ infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta

Tab. 2.1: Specifiche tecniche della strumentazione utilizzata nell'esecuzione delle indagini geotecniche.

5.3. Indagine sismica H.V.S.R. (horizontal to vertical spectral ratio)

La tecnica dei rapporti spettrali di microtremori (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR) è stata introdotta dal laboratorio di ricerca delle ferrovie veloci Giapponesi, per verificare l'integrità delle pile dei viadotti a seguito di eventi sismici. Le applicazioni maggiormente diffuse sono attualmente quelle per la stima della frequenza di risonanza dei suoli (Nakamura, 1989), ma la precisione ottenibile sulle strutture è sicuramente migliore. Questo è dovuto al fatto che la ipotesi di non amplificazione della componente verticale è più facilmente verificabile sugli edifici che non nei suoli.

5.3.1. Strumentazione impiegata e metodologia operativo-interpretativa

Nella **Tab. 3** si riportano le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo digitale modello "Theremino – modello P9 Geowave 12-16.

DETTAGLI ACQUISIZIONE

Acquisitore utilizzato: Theremino – modello P9 Geowave 12-16

Geofoni: n. 2 geofoni orizzontali da 4,5 hz (NS, EO); n. 1 geofono verticale da 4,5 hz

Data acquisizione: 09/12/2022 ore 09.54

Durata acquisizione: 20:00 min

Frequenza di campionamento: 500 hz

ELABORAZIONE

Finestre temporali : 11

Tempo di ogni finestra : 20 sec

Segnale Utile: 220 secondi

Intervallo di ricerca: 0,5-100,0 Hz

Software: Geopsy – Dinver (<http://www.geopsy.org>)

Tab. 3: Specifiche tecniche della strumentazione utilizzata nell'esecuzione dell'indagine sismica H.V.S.R..

Lo strumento racchiude al suo interno tre sensori ortogonali ed è finalizzato alla rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti. In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti,

2. la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

1. i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato,
2. gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti",
3. la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981). Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (limitati a 50 nella tabella d'input), in qualsiasi intervallo di frequenze e in un qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori). Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde S.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$. Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non

inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

5.4 Indagine sismica MASW

L'indagine sismica di tipo MASW (Multi channel Analysis of Surface Waves) (Fig. 12.1) prevede l'acquisizione sincrona di onde superficiali di Rayleigh, secondo profili sismici lineari, costituiti da geofoni verticali a bassa frequenza ($\leq 4,5$ Hz) con spaziatura compresa tra 1 – 3 m. La sorgente sismica è posta all'esterno dello stendimento ad una distanza tale da favorire il riconoscimento dei diversi modi di oscillazione dell'onda di Rayleigh.

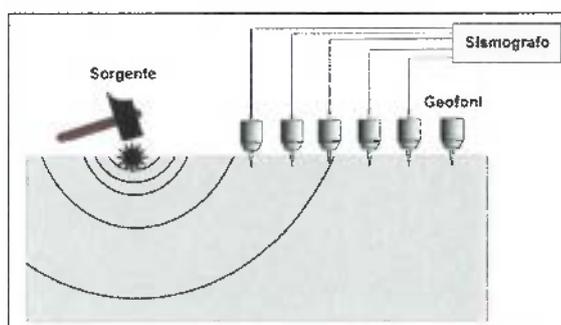


Fig. 12.1: Schematizzazione di uno stendimento sismico MASW.

La tecnica consente di estrarre la curva di dispersione delle velocità di fase del modo fondamentale di oscillazione dell'onda di Rayleigh, elaborando una funzione tridimensionale, (*spettro di velocità di fase*), mediante una trasformazione integrale (*phase shift* – Park et al., 1998; Park et al., 1999).

La curva di dispersione sperimentale così estratta viene utilizzata per un processo di inversione che fornisce come risultato finale il profilo verticale di V_s .

La risoluzione del problema inverso implica la parametrizzazione del modello di sottosuolo assunto, che viene di norma schematizzato come un mezzo elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo e termina quando viene individuato un insieme di parametri di modello che renda lo scarto tra curva sperimentale e teorica, accettabile.

I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti anche in ambienti rumorosi.
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.
3. Buona risoluzione.
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio (S) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). (Fig. 12.2)

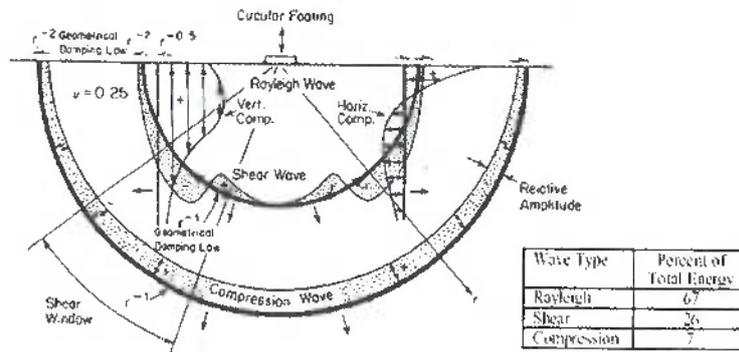


Fig. 12.2: Schematizzazione di uno stendimento sismoco MASW.

- L'ampiezza delle surface waves dipende da \sqrt{r} e non da r come per le body waves.

5.4.1. METODOLOGIA DI ANALISI ED ELABORAZIONE

La procedura di elaborazione si sviluppa in tre operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità di fase;
- 2) Individuazione della curva di dispersione;
- 3) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi.

L'algoritmo di inversione utilizzato è quello proposto da Wathelet (2008). Esso si basa sull'approccio non lineare degli "intorni" (neighbourhood algorithm) proposto da Sambridge (1999) ed adattato dal precedente autore nella formulazione di problemi inversi, relativi alle proprietà delle onde superficiali di Rayleigh.

Tale algoritmo, che rappresenta un'ottimizzazione del metodo di inversione di tipo Monte Carlo, propone una partizione dello spazio dei parametri in celle nelle quali ricadono solo i modelli con una discrepanza accettabile tra valori teorici e dati sperimentali. L'algoritmo di calcolo prevede la generazione random di "n" modelli, uniformemente distribuiti nelle celle, per i quali una funzione di misfit viene calcolata. La cella in cui ricade il modello con minore misfit viene successivamente suddivisa in "n" nuove celle per le quali vengono generati "n" nuovi modelli. Il processo di calcolo termina nel momento in cui viene raggiunta la condizione di misfit definita a priori.

Nell'analisi i dati sperimentali del problema inverso sono la *dispersione delle velocità di fase* (componente verticale dell'onda di Rayleigh). Il criterio di scelta del modello di V_s rappresentativo del set di soluzioni ottenuto è quello con il minimo misfit.

5.4.2. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della SARA di Perugia (Tab. 3.1), modello **DoReMi**, collegato ad un laptop, con schermo a colori LCD-TFT 10.4" e Hard-Disk da 64 Gb per la memorizzazione dei dati, mediante cavo usb e software dedicato, trattamento del segnale a 16 bit, con formato dati Floating Point 32 bit, funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento.

Per la registrazione dei segnali sono stati utilizzati una serie di geofoni con frequenza naturale di 4.5 Hz.

Sismografo DoReMi Caratteristiche Tecniche	
<p><u>Architettura</u> <i>Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica</i> <i>Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint</i> <i>Lunghezza massima della rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)</i> <i>Numero massimo di canali per tratta: 255</i> <i>Dimensioni dell'elemento (escluso il cavo): 80x55x18 mm</i> <i>Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)</i> <i>Cavo: 4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotica resistente a torsioni, flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici</i></p> <p><u>Campionamento</u> <i>Memoria: 64 kByte (>30000 campioni)</i> <i>Frequenze in Hz: 200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000,8000,10000,20000</i> <i>pari ad intervalli in ms di: 5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05</i> <i>Esempi di utilizzo della memoria: ReMi: 500Hz, t-max 60 secondi</i> <i>MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi</i> <i>Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi</i></p> <p><u>Convertitore A/D</u> <i>Tipologia: SAR</i> <i>Risoluzione: 16 bit</i> <i>Dinamica: 96 dB</i></p>	<p><u>Dinamica del sistema</u> <i>Risoluzione con guadagno 10x: 7.600 μV</i> <i>Risoluzione con guadagno 1000x: 0.076 μV</i> <i>Dinamica di base: 96dB (16 bit)</i> <i>Dinamica massima del preamplificatore: 80dB</i> <i>Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz: >90dB</i> <i>Full range a 10x: 0.5V p-p</i> <i>Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS: 0.0000002V p-p</i> <i>Dinamica totale teorica: 155dB</i> <i>Dinamica totale senza postprocessing: > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)</i> <i>Dinamica totale in postprocessing: >140dB</i></p> <p><u>Pre-amplificatore</u> <i>Tipologia: ultra-low noise con ingresso differenziale</i> <i>Filtri: 3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli</i> <i>Guadagni: da 10x a 8000x</i> <i>Reiezione di modo comune: >80dB</i> <i>Diافonia (crosstalk): non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)</i> <i>Impedenza d'ingresso: >100kΩ</i></p> <p><u>Consumo</u> <i>Unità di testa: 20mA</i> <i>Per Canale: 40mA</i> <i>Consumo totale 12 canali: 510mA</i></p> <p><u>Alimentazione</u> <i>Tensione di alimentazione: 10-15VdC</i></p>



Tab. 3.1: Specifiche tecniche Sismografo SARA DoReMi

La sorgente energizzante è costituita da una massa battente da 8 Kg agente perpendicolarmente al terreno, su una piastra di ferro o alluminio. In prossimità della piastra viene posizionato un geofono da 10 Hz che funge da trigger, necessario per l'identificazione dell'istante di partenza della sollecitazione.

6. MODELLO GEOLOGICO DEFINITIVO

6.1 Caratterizzazione morfologica del sito

L'area oggetto di studio è situata ad un'altitudine di circa **25 m s.l.m.**, la morfologia si presenta subpianeggiante, condizione tale da assicurare la stabilità morfologica del sito. Inoltre, nel corso delle operazioni di rilevamento geologico-tecnico preliminari effettuate, non sono state evidenziate, all'odierno stato dei fatti, cavità sotterranee, né naturali né di origine antropica, né, tantomeno sono stati osservati fenomeni di instabilità legati a dissesti superficiali e/o profondi.

6.2. Caratteri litostratigrafici locali

Il sottosuolo dell'area in oggetto, in base alle indagini geognostiche effettuate e consultate dalla bibliografia, risulta in perfetto accordo con la geologia generale dell'area, precedentemente descritta cioè i litotipi riconosciuti sono essenzialmente depositi piroclastici, talora rimaneggiati, ascrivibili alle attività vulcaniche degli apparati dei Campi Flegrei.

Si riportano di seguito le stratigrafie ricavate dall'esecuzione in situ dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo S₁₋₂ (Fig. 13.1-13.2).

Prof. (m)		Spess. (m)		Camp.	Quota Camp. (m)	Durezza Spt (m)	Spt	litologia	Quota (m)
1,00		1,00						Terrano pedogenizzato, con presenza di elementi vegetali ed inclusioni eterometriche vulcanici di colore marrone.	
3,00		2,00						Piroclaste sabbioso-limosa, grigiastre, sciolte con inclusioni di origine vulcanica, prevalentemente millimetriche.	
4,00		1,00						Piroclaste sabbioso fine-limosa, bruno-rossa, talora rossestra, con inclusioni di origine vulcanica, da millimetriche a centimetriche.	
5,50		1,50			S1C1 4,00 4,50			Sabbia limosa gialla, beige, con rivestiti di pomice ed inclusioni eterometriche.	
10,00		4,50			S1C2 7,00 7,50			Limo sabbioso beige-marrone chiaro, con inclusioni prevalentemente millimetriche e frammenti di pomice grossolane.	
12,10		2,10						Tufo semicoerente, zeolitizzato, colore grigiastro-ocra, con frammenti scoriacei nerastri fino a decimetrici.	
16,00		3,90						Ceneri grigiastre azzurre, sabbioso giallastro-limosa, con inclusioni eterometriche, in prevalenza pomice grossolane.	
18,00		2,00						Piroclaste giallastre, in matrice sabbioso-limosa, di colore rossastro con inclusioni eterometriche, in prevalenza pomice grossolane.	
20,00								Piroclaste giallastre, in matrice sabbioso-limosa, di colore grigiastro con inclusioni eterometriche, in prevalenza pomice grossolane.	

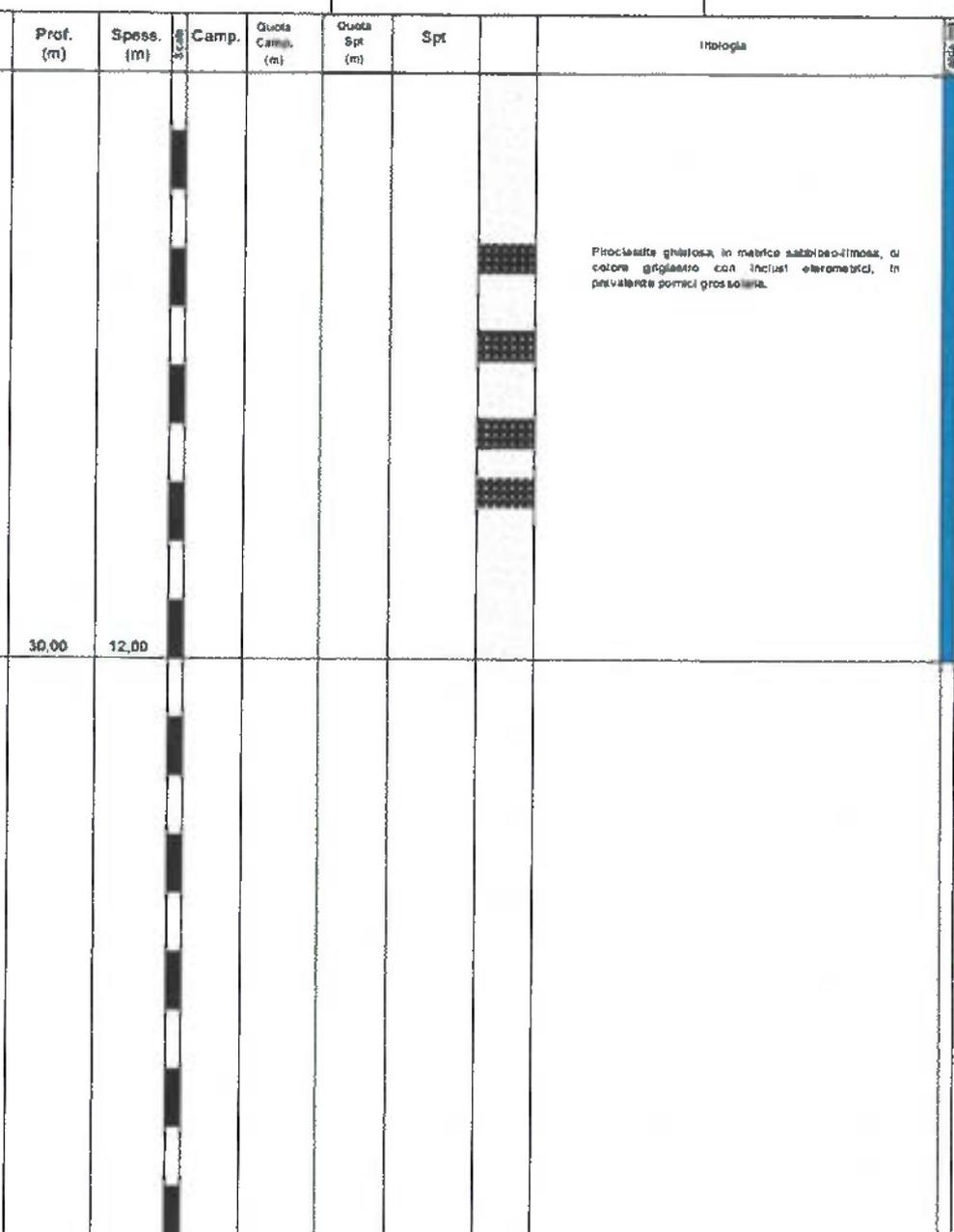
Comm: Comune di Calvano (NA)		Cantiere: Lottizzazione C21A		Località: Via Fratelli Rosselli, Calvano (NA)		
Coord. UTM X: 442109		Sondaggio: S1 - 20.00-30.00 m		Quota s.l.m.m.: 25 m		
Coord. UTM Y: 4534102		Data: 01/12/2022				
Metodo Perforaz.: Carotaggio continuo						
Prof. (m)	Spess. (m)	Camp.	Quota Camp. (m)	Quota Spt (m)	Spt	litologia
30,00	12,00					<p>  Piroclastite ghiaiosa in matrice sabbioso-argillosa, di colore grigiastro con inclusi eterometrici, in prevalenza porrici grossolani. </p>

Fig. 13.1: Stratigrafia sondaggio S1.

Prof. (m)		Spess. (m)		Camp.	Quota Camp. (m)	Quota Spt (m)	Spt	litologia
1,20		1,20						Terrano pedogenizzato, con presenza di elementi vegetali ed inclusi eterometrici vulcanici, di colore marrone.
2,80		1,60						Piroclastite sabbioso-limosa, grigiastro, sciolta con inclusi di origine vulcanica, prevalentemente millimetrici.
4,30		1,50						Piroclastite sabbioso fine-limosa, bruno-rossa, talora rossastra, con inclusi di origine vulcanica, da millimetrici a centimetrici.
6,00		1,70						Sabbie limose ghiaiose, beige, con livelli di pomice ed inclusi eterometrici.
9,50		3,50						Limo sabbioso beige-marrone chiaro, con inclusi prevalentemente millimetrici e livelli di pomice grossolane.
12,80		2,80						Tufo samiccoerente, zeolitizzato, di colore giallino-ocra, con frammenti sforacati nerastri fino a decimetrici.
15,00		3,00						Cinette ghiaiose scure, sabbioso ghiaioso-limosa, con inclusi eterometrici, in prevalenza pomice grossolane.
17,50		2,80						Piroclastite ghiaiosa, in matrice sabbioso-limosa, di colore rossastro con inclusi eterometrici, in prevalenza pomice grossolane.
20,00								Piroclastite ghiaiosa, in matrice sabbioso-limosa, di colore grigiastro con inclusi eterometrici, in prevalenza pomice grossolane.

Comin: Comune di Calvano (NA)		Cantiere: Lottizzazione C21A		Località: Via Fratelli Rosselli, Calvano (NA)		
Coord. UTM X: 442020		Sondaggio: S2 - 20.00-30.00 m		Quota s.l.m.m.: 27 m		
Coord. UTM Y: 4534025		Data: 02/12/2022				
Metodo Perforaz.: Carotaggio continuo						
Prof. (m)	Spess. (m)	Camp.	Quota Camp. (m)	Quota Spt (m)	Spt	litologia
30,00	12,50					<p>Proccastite ghiaiosa in matrice sabbioso-argillosa, di colore grigiastro con inclusi sferomobiliti, in prevalenza pomice grossolana.</p>

Fig. 13.2: Stratigrafia sondaggio S2.

6.3. Caratterizzazione idrogeologica locale

Nel corso dell'esecuzione delle indagini geotecniche è stato intercettato il livello statico della falda idrica alla profondità di circa **10.0 m circa dal p.c.**. Tale profondità indicata risente di oscillazioni stagionali (dell'ordine di 1-2 m), dovute principalmente ad apporti meteorici ed ai travasi provenienti dagli acquiferi vulcanici e carbonatico dolomitici della Piana Campana. Il deflusso idrico sotterraneo si muove preferenzialmente verso il recapito dei Regi Lagni.

6.4. Caratterizzazione geotecnica di sito

6.4.1. Risultati indagini in situ

Dall'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche, sono emersi i seguenti risultati sintetizzati in **Tab. 4.1.**

1. Dal p.c., fino alla profondità di 2,00/2,20 m circa, si individuano terreni sciolti, caratterizzati da valore di N_{spt} circa 2-3, Densità Relativa (DR) 13-15% ed Angolo d'Attrito (Φ) 22-23°.
2. Dalla profondità di 2,00/2,20 m circa, fino a 4,0 – 4,4 m si individuano terreni poco addensati, caratterizzati da valore di N_{spt} circa 5-7, Densità Relativa (DR) 20-27% ed Angolo d'Attrito (Φ) 25-26°.
3. Da 4,0-4,4 m fino a 5,4-5,8 m sono presenti terreni moderatamente addensati, con N_{spt} 13-15 e DR 40-43%.
4. Da 5,4-5,8, fino a 7,2-7,6 m insistono terreni sciolti, con valore di N_{spt} 2-3, con Φ 22-23°.
5. Da 7,2-7,6 m fino a 8,4-8,8 m insiste un intervallo poco addensato, con valore di N_{spt} compreso tra 6-9.
6. Da 8,4-8,8 m, fino a 9,6-10,2 m si rinviene uno strato moderatamente addensato, con N_{spt} 12-14, DR 39-41%.
7. Oltre i 9,6-10,2 m, insistono terreni da moderatamente addensati a molto addensati, con valori di N_{spt} da un minimo di 16, fino a > 50, in corrispondenza del tetto della formazione tufacea coerente, dove le prove penetrometriche hanno fatto registrare le condizioni di "Rifiuto strumentale" ($N_{spt}>50$), intercettabile tra 10,2 e 10,60 m dal p.c..

Prof. letto strato (m)	Nspt	Densità Relativa DR Skempton (1986) (%)	Angolo d'Attrito Φ De Melio (°)	Modulo di Young Schmertmann (1978) Limi (kg/cm ²)	Modulo Edometrico Begemann (1974) (kg/cm ²)	Peso secco unità di volume γ (t/m ³)	Peso saturo unità di volume γ_{sat} (t/m ³)	Poisson AGI	Modulo di deformaz. a taglio G Roberts & Campanella 1983 (kg/cm ²)	Ko Navfac 1971-1982	Q _c Res. Penetr. Statico (kg/cm ²) Robert. 1983	Classificazione AGI AGI 1977
DPI												
2.00	2.26	13.15	22.04	12.41	32.11	1.36	1.87	0.35	205.72	0.33	4.52	SCIOLTO
4.20	5.05	20.97	25.01	29.98	37.84	1.42	1.89	0.34	336.22	1.00	10.10	POCO ADDENSATO
5.80	13.54	40.29	28.68	83.45	55.28	1.53	1.94	0.33	614.23	2.84	27.08	MODERATAMENTE ADDENSATO
7.20	2.57	14.06	22.39	14.36	32.74	1.36	1.87	0.35	222.53	0.41	5.14	SCIOLTO
8.40	6.27	24.14	25.71	37.66	40.34	1.43	1.89	0.34	383.74	1.28	12.54	POCO ADDENSATO
10.20	13.04	39.32	28.38	80.3	54.25	1.53	1.94	0.33	600.27	2.74	26.08	MODERATAMENTE ADDENSATO
10.40	46.62	77.6	33.13	291.78	123.22	1.80	2.10	0.26	1307.4	7.72	93.24	ADDENSATO
10.60	>>50	100.0	35.47	566.49	212.82	2.00	2.20	0.17	1957.31	11.93	180.48	MOLTO ADDENSATO
DP2												
2.00	3.16	15.76	23.31	18.08	33.96	1.38	1.88	0.35	252.48	0.55	6.32	SCIOLTO
4.00	6.17	23.89	25.78	37.03	40.14	1.43	1.89	0.34	379.99	1.26	12.34	POCO ADDENSATO
5.40	13.97	41.11	28.81	86.16	56.16	1.53	1.94	0.33	626.07	2.92	27.94	MODERATAMENTE ADDENSATO
7.20	2.84	14.84	22.76	16.06	33.3	1.36	1.87	0.35	236.53	0.47	5.68	SCIOLTO
8.40	6.02	23.5	25.55	36.09	39.83	1.43	1.89	0.34	374.32	1.22	12.04	POCO ADDENSATO
9.60	13.28	39.79	28.47	81.81	54.74	1.53	1.94	0.33	606.99	2.78	26.56	MODERATAMENTE ADDENSATO
10.00	22.56	54.84	30.43	140.26	73.8	1.61	2.00	0.31	839.07	4.48	45.12	MODERATAMENTE ADDENSATO
10.20	>>50	100.0	35.49	566.49	212.82	2.00	2.20	0.17	1957.31	11.93	180.48	MOLTO ADDENSATO

Prof. letto strato (m)	Nspt	Densità Relativa DR Skempton (1986) (%)	Angolo d'Attrito Φ De Mello (°)	Modulo di Young Schmertmann (1978) Limi (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico Begemann (1974) (Kg/cm ²)	Peso secco unità di volume γ (t/m ³)	Peso saturo unità di volume γ_{sat} (t/m ³)	Poisson AGI	Modulo di deformaz. a taglio G Roberts & Campanella 1983 (Kg/cm ²)	K _o Naviac 1971-1982	Q _c Res. Penetr. Statico (Kg/cm ²) Robert. 1983	Classificazione AGI AGI 1977
DP3												
2.20	2.47	13.77	22.37	13.73	32.54	1.36	1.87	0.35	217.19	0.38	4.94	SCIOLTO
4.20	7.07	26.15	26.29	42.7	41.99	1.45	1.90	0.34	412.96	1.46	14.14	POCO ADDENSATO
5.60	14.6	42.29	28.97	90.12	57.45	1.54	1.95	0.33	643.18	3.05	29.20	MODERATAMENTE ADDENSATO
7.60	3.76	17.45	23.81	21.86	35.19	1.38	1.88	0.35	280.77	0.69	7.52	SCIOLTO
8.80	9.28	31.38	27.16	56.62	46.53	1.47	1.91	0.34	487.62	1.95	18.56	POCO ADDENSATO
9.80	14.14	41.43	28.7	87.23	56.51	1.54	1.94	0.33	630.72	2.96	28.28	MODERATAMENTE ADDENSATO
10.20	27.82	61.21	31.2	173.38	84.61	1.71	2.05	0.30	953.7	5.30	55.64	MODERATAMENTE ADDENSATO
10.40	>>50	100.0	35.48	566.49	212.82	2.00	2.20	0.17	1957.31	11.93	180.48	MOLTO ADDENSATO
DP4												
2.00	2.41	13.59	22.28	13.35	32.41	1.36	1.87	0.35	213.96	0.37	4.82	SCIOLTO
4.40	7.78	27.87	26.64	47.17	43.44	1.45	1.90	0.34	437.82	1.62	15.56	POCO ADDENSATO
5.60	15.04	43.09	29.08	92.9	58.36	1.55	1.95	0.32	654.95	3.13	30.08	MODERATAMENTE ADDENSATO
7.20	3.19	15.85	23.2	18.27	34.02	1.38	1.88	0.35	253.94	0.56	6.38	SCIOLTO
8.60	9.46	31.79	27.24	57.75	46.9	1.47	1.91	0.34	493.38	1.99	18.92	POCO ADDENSATO
9.60	12.93	39.1	28.37	79.61	54.02	1.52	1.94	0.33	597.17	2.71	25.86	MODERATAMENTE ADDENSATO
10.00	16.54	45.73	29.27	102.34	61.44	1.56	1.96	0.32	694.12	3.42	33.08	MODERATAMENTE ADDENSATO
10.20	>>50	100.0	35.49	566.49	212.82	2.00	2.20	0.17	1957.31	11.93	180.48	MOLTO ADDENSATO

Tab. 4.1: Parametri geotecnici dei terreni investigati.

6.4.2. Risultati indagini di laboratorio

Sono stati prelevati rispettivamente n. 2 campioni di terreno indisturbati (S1C1 ed S2C2), nel foro di sondaggio S1, rispettivamente alle profondità di 4.0-4.5 e 7.0-7.5 m dal p.c..

Sono state eseguite le seguenti indagini geotecniche di laboratorio indicate nella **Tab. 4.2**. I risultati sono indicati nella **Tab. 4.3**.

Il campione S1C1 corrisponde ad una *sabbia con limo ghiaiosa argillosa*, con valore dell'angolo d'attrito pari a 24° circa e coesione 4,57 KPa.

Il campione S1C2 corrisponde ad un *Limo con sabbia ghiaioso, debolmente argilloso*, i cui valori dei risultati della prova edometrica sono indicati in **Tab. 4.4**.

Camp.	Prof. (m)	Ident. Camp.	CFG	Analisi granulometrica
		Norma di riferimento: - ASTM D 248	Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216	Norma di riferimento: Raccomandazioni ACI - ASTM D422 - C SR 23
SIC1	4.0-4.5	X	X	X
SIC2	7.0-7.5	X	X	X
PROVA DI TAGLIO DIRETTO				
		Norma di riferimento: Raccomandazioni ACI - UNI CEN ISO/TS 17892-1B		Norma di riferimento: Raccomandazioni ACI - UNI CEN ISO/TS 17892-5
SIC1	4.0-4.5		X	
SIC2	7.0-7.5			X

Tab. 4.2: Indagini geotecniche di laboratorio effettuate sui campioni analizzati.

Campione	Prof. (m)	Descrizione	Angolo di attrito (°)	Coesione KPa
SIC1	4.0-4.5	Limo sabbioso argilloso di colore marrone/argiastro con rare pomici aventi diametro massimo 0,5 cm, da poco a moderatamente addensato.	24,75	4,57
SIC2	7.0-7.5	Limo sabbioso argilloso di colore marrone/argiastro con rare pomici aventi diametro massimo 0,5 cm, da poco a moderatamente addensato.	---	---

Campione	Prof. (m)	γ_n	γ_c	w	γ_d	n	e	s_r	γ_{sat}	γ'	Composizione granulometrica			
											Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Argilla (%)	
SIC1	4.0-4.5	15,02	25,76	40,04	10,73	58,35	1,40	75,07	16,45	6,64	13,48	38,36	37,69	10,17
SIC2	7.0-7.5	16,03	25,25	46,34	10,96	56,60	1,30	91,49	16,51	6,70	13,84	35,15	55,41	6,60

Sabbia con limo ghiaiosa argillosa
Limo con sabbia ghiaioso, debolmente argilloso

Tab. 4.3: Risultati indagini geotecniche di laboratorio effettuate sui campioni analizzati. Segue Legenda.

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_s	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³
γ_c <th>Peso specifico dei granuli</th> <th>KN/m³</th>	Peso specifico dei granuli	KN/m ³
w <th>Contenuto di acqua naturale</th> <th>%</th>	Contenuto di acqua naturale	%

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³
n	Porosità	%
e	Indice dei vuoti	---
n_v	Grado di saturazione	%
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³

Legenda

Dati identificativi del campione							
Sondaggio	Campione	Profondità (m da pc)	Tipo campione	Data di prelievo			
S1	C2	7,00 - 7,50	indisturbato	01.12.2022			
Carico (kPa)	Deformazione (mm)	Deformazione (%)	Indice dei vuoti	Modello edometrico (MPa)	C_v (cm ² /s)	C_α (%)	K (m/s)
0	0,000	0,00	---	---			
25	0,119	0,60	1,31	4,20			
50	0,189	0,95	1,28	7,14			
100	0,291	1,46	1,27	9,80			
200	0,419	2,10	1,26	15,63			
400	0,635	3,18	1,23	18,52			
800	0,956	4,78	1,19	24,92			
1600	1,531	7,66	1,13	27,83			
3200	2,533	12,67	1,01	31,94			
1600	2,501	12,51	1,02				
400	2,433	12,17	1,02				
100	2,295	11,48	1,04				
25	2,030	10,15	1,07				

Tab. 4.4: Risultati prova edometrica campione S1C2.

6.5. Caratterizzazione sismica di sito

Il profilo indicante gli spessori dei litotipi e le velocità riscontrate nel sito esaminato è riportato e rappresentato in Tab. 4.2.-Fig. 14.1. In Allegato il report completo.

	Profondità dal p.c. (m)	V_s (m/s)	Spessore (m)
Strato 1	2,7	119	2,7
Strato 2	6,9	181	4,2
Strato 3	9,8	295	2,9
Strato 4	30,0	377	20,2

$$V_{s,eq} = 274 \text{ m/s}$$

Categoria: **C**

Tab 4.2.: Parametri dei sismostrati individuati.

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una $V_{s,eq}$ pari a 274 m/sec; pertanto, il sito in esame è caratterizzato da una Categoria di Suolo C (Tab. 5.1.). La categoria topografica corrisponde alla T1 (Tab. 5.2.).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 5.1.: Categorie di sottosuolo che permettono l'approccio semplificato Decreto Gen 2018; Aggiornamento NTC.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 5.2.: Categorie Topografiche Decreto Gen 2018; Aggiornamento NTC.

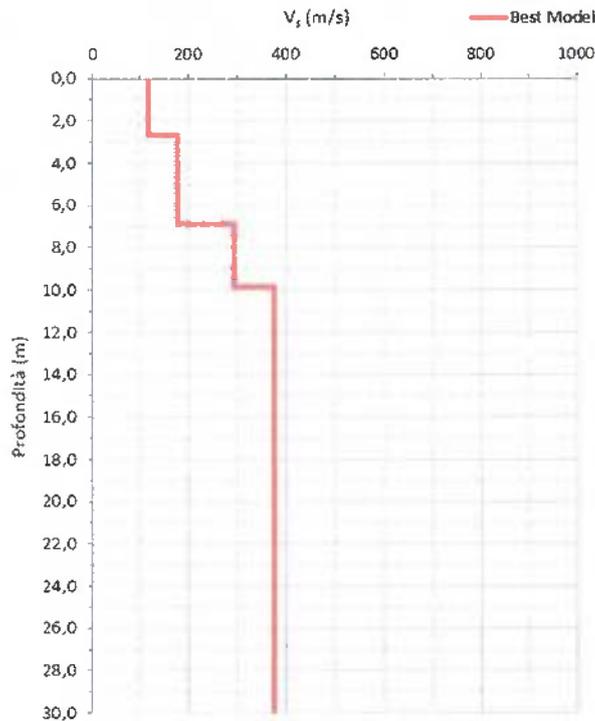


Fig. 14.1: Modello di distribuzione onde secondarie, per il sito in esame.

Nella Fig. 14.2, si riporta il grafico rapporto H/V-Frequenza, ricavato dalla registrazione con tecnica microtremori a stazione singola.

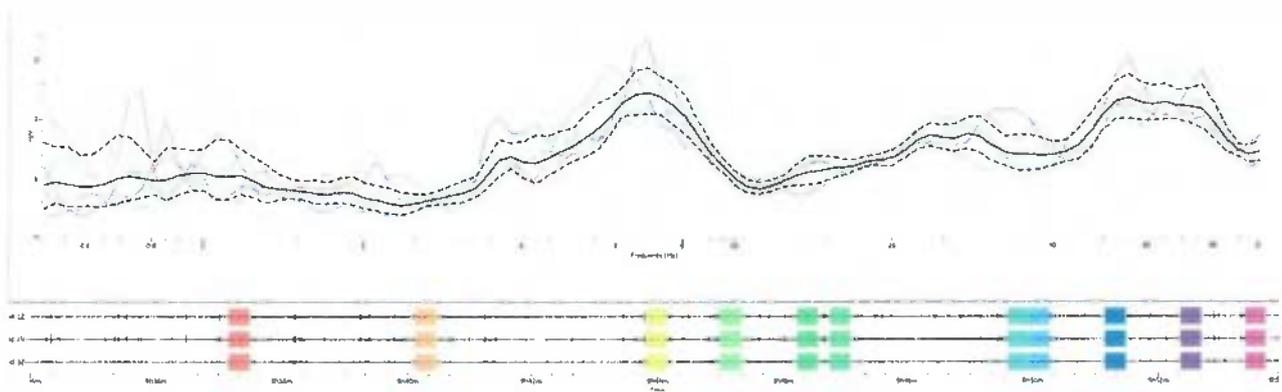


Fig. 14.2: Grafico frequenza- rapporto H/V per il sito esaminato.

7. LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

Il fenomeno della liquefazione interessa terre sabbiose saturate presenti in depositi naturali o in accumuli artificiali, che nel corso di un evento sismico subiscono una forte riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale il terreno può scorrere o fluire nel caso di un pendio o ad assestarsi nel caso di una giacitura orizzontale.

I depositi più soggetti a liquefazione sono sabbie e limi la cui deposizione è avvenuta nell'Olocene (si tratta cioè di terreni generalmente non più antichi di 10 mila anni) a granulometria uniforme (ben classificati) che si trovano in strati con spessori nell'ordine dei metri e in condizioni sature. Questi depositi possono trovarsi lungo letti fluviali, spiagge, dune e altre aree di accumulo di sabbie e silt di trasporto eolico (Loess). Fenomeni di liquefazione sono le sabbie mobili, quick clay, correnti di torbida e liquefazioni da terremoti. Il fenomeno è dovuto ad un aumento temporaneo della pressione interstiziale u causato dalle sollecitazioni cicliche del terremoto fino a valori prossimi alle pressioni totali σ .

Per quanto concerne la possibilità di fenomeni di liquefazione delle sabbie o eccessivo addensamento in caso di terremoto, la nuova normativa sismica prevede che deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa. La verifica a liquefazione è stata eseguita considerando i parametri geotecnici dei terreni posti sotto falda acquifera, la cui profondità è di circa **10,00 m** rispetto al p.c.. Considerando un valore di N_{spt} dei terreni sotto falda (Tufo coerente) pari a circa **50** (dai dati delle prove penetrometriche effettuate) e considerando un fattore N_f pari a **3**, si ottiene un valore di **T (Rapporto di Tensione Ciclica o Rapporto di Resistenza Ciclica)** pari a circa **0,16**. Proiettando i relativi valori sul grafico di Fig. 15 si ottiene che il sito in esame rientra nel campo dei terreni *non suscettibili a liquefazione*.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			
(da prove dinamiche SPT)			
Metodo semplificato			
Metodo di Youd e Idris (2001)			
PARAMETRI:			
γ	=	2	g/cm ³
σ_{vd}	=	2.12	kg/cm ²
σ_{vc}	=	2.06	kg/cm ²
profondità della prova	=	1060	cm
N_{spt}	=	50	
profondità falda	=	1000	cm
γ_{H_2O}	=	1.0	g/cm ³
Pressione interstiziale	=	0.1	kg/cm ²
z	=	10.6	m
		R= Resistenza al taglio mobilizzata T= Sforzo di taglio indotto dal sisma	
FORMULE:		RISULTATI:	
N_a	=	$N_{spt} * (1.7/(\sigma_{vd} + 0.7)) + N_f$	= 33.79710145
N_f	=	3	
R	=	$0.2565 * [0.111 * R_{dGN} + 0.2133 * R_{spt} + 0]$	= 4.429548782
T	=	$0.85 * [(a_{max}/g)^2 * (\sigma_{vc}/\sigma_{vd})]^{0.5} * r_d$	= 0.165895146
a_{max}/g	=	0.25	
r_d	=	0.992	
$F_s = R/T$	>	1.3 Sabbie sciolte	= 26.7008945
	>	1.5 Sabbie mediamente addensate	Verificato F_s

Tab. 6.1: Valutazione del potenziale di liquefazione mediante i parametri desunti dalle prove SPT, secondo il metodo semplificato Youd e Idris (2001).

In Tab. 6 sono riportati i calcoli eseguiti per la verifica a liquefazione secondo il metodo semplificato di Youd & Idris (2001).

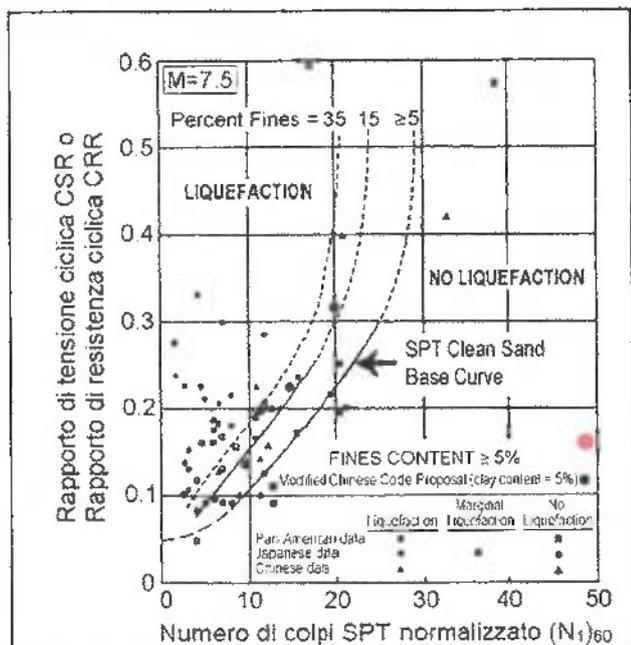


Fig. 15: Grafico Rapporto di Tensione Ciclica CSR - Numero di colpi SPT normalizzato. Il punto rosso rappresenta la suscettibilità a liquefazione per i terreni del sito in esame.

8. CONCLUSIONI

- In base ai risultati delle indagini effettuate, è stato possibile delineare un quadro completo dell'assetto geomorfologico, idrogeologico, geomeccanico e sismico dei terreni siti in **Via Fratelli Rosselli nel Comune di Caivano (NA)**, interessati da **LOTTIZZAZIONE C21 A**.
- Dalla consultazione on line della Cartografia relativa al P.S.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Territorio), (<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/>) per il territorio comunale in oggetto, si evince che la zona non rientra in alcuna categoria di rischio idraulico e/o frane.
- *Dalla consultazione della cartografia di rischio vulcanico (<https://mappe.protezionecivile.gov.it/it/mappe-rischi/piano-nazionale-campi-flegrei>), si evince che il sito investigato non rientra in alcuna zona di attenzione.*
- L'area oggetto di studio si presenta con alto tasso di urbanizzazione ed è posta a circa 200 m dalla linea di costa, ad un'altitudine di circa **25 m s.l.m.**, la morfologia si presenta subpianeggiante, condizione tale da assicurare la stabilità morfologica del sito. Inoltre, nel corso delle operazioni di rilevamento geologico-tecnico preliminari effettuate, non sono state evidenziate, all'odierno stato dei fatti, cavità sotterranee, né naturali né di origine antropica, né, tantomeno sono stati osservati fenomeni di instabilità legati a dissesti superficiali e/o profondi.
- Nel corso dell'esecuzione delle indagini geotecniche è stato intercettato il livello statico della falda idrica alla profondità di circa **10.0 m circa dal p.c.**. Tale profondità indicata risente di oscillazioni

stagionali (dell'ordine di 1-2 m), dovute principalmente ad apporti meteorici ed ai travasi provenienti dagli acquiferi vulcanici e carbonatico dolomitici della Piana Campana. Il deflusso idrico sotterraneo si muove preferenzialmente verso il recapito finale rappresentato dalla linea di costa.

- Il sottosuolo dell'area in oggetto, in base alle indagini geognostiche effettuate e consultate dalla bibliografia, risulta in perfetto accordo con la geologia generale dell'area, precedentemente descritta cioè i litotipi riconosciuti sono essenzialmente depositi piroclastici, talora rimaneggiati, ascrivibili alle attività vulcaniche degli apparati dei Campi Flegrei. Si riportano nel § 6.2. le stratigrafie ricavate dall'esecuzione in situ dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo S₁₋₂.
- Dall'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche, sono emersi i seguenti risultati sintetizzati nel § 6.4.1
 1. Dal p.c., fino alla profondità di 2,00/2,20 m circa, si individuano terreni sciolti, caratterizzati da valore di N_{spt} circa 2-3, Densità Relativa (DR) 13-15% ed Angolo d'Attrito (Φ) 22-23°.
 2. Dalla profondità di 2,00/2,20 m circa, fino a 4,0 – 4,4 m si individuano terreni poco addensati, caratterizzati da valore di N_{spt} circa 5-7, Densità Relativa (DR) 20-27% ed Angolo d'Attrito (Φ) 25-26°.
 3. Da 4,0-4,4 m fino a 5,4-5,8 m sono presenti terreni moderatamente addensati, con N_{spt} 13-15 e DR 40-43%.
 4. Da 5,4-5,8, fino a 7,2-7,6 m insistono terreni sciolti, con valore di N_{spt} 2-3, con Φ 22-23°.
 5. Da 7,2-7,6 m fino a 8,4-8,8 m insiste un intervallo poco addensato, con valore di N_{spt} compreso tra 6-9.
 6. Da 8,4-8,8 m, fino a 9,6-10,2 m si rinviene uno strato moderatamente addensato, con N_{spt} 12-14, DR 39-41%.
 7. Oltre i 9,6-10,2 m, insistono terreni da moderatamente addensati a molto addensati, con valori di N_{spt} da un minimo di 16, fino a > 50, in corrispondenza del tetto della formazione tufacea coerente, dove le prove penetrometriche hanno fatto registrare le condizioni di "Rifiuto strumentale" (N_{spt}>50), intercettabile tra 10,2 e 10,60 m dal p.c..
- Il campione S1C1 corrisponde ad una *sabbia con limo ghiaiosa argillosa*, con valore dell'angolo d'attrito pari a 24° circa e coesione 4,57 KPa.
- Il campione S1C2 corrisponde ad un *Limo con sabbia ghiaioso, debolmente argilloso*, i cui valori dei risultati della prova edometrica sono indicati in **Tab. 4.4** (§ 6.4.2).
- Considerando la sismostratigrafia ricavata dall'indagine sismica MASW eseguita in situ, è stato associato il seguente valore alla V_{s,eq}:

$$V_{s,eq} = 274 \text{ m/sec}$$

Il sito, quindi, è rappresentato da terreni appartenenti alla **Categoria C**. La categoria topografica corrisponde ad una **T1**.

- La verifica a liquefazione è stata eseguita considerando i parametri geotecnici dei terreni posti sotto falda acquifera, la cui profondità è di circa **10,00 m** rispetto al p.c.. Considerando un valore di **N_{spt}** dei terreni sotto falda (Tufo coerente) pari a circa **50** (dai dati delle prove penetrometriche effettuate) e considerando un fattore **N_f** pari a **3**, si ottiene un valore di **T (Rapporto di Tensione Ciclica o Rapporto di Resistenza Ciclica)** pari a circa **0,16**. Proiettando i relativi valori sul grafico di **Fig. 13** si ottiene che il sito in esame rientra nel campo dei terreni *non suscettibili a liquefazione*.

Alla luce di quanto sopra esposto, avendo riportato tutti i dati geomeccanici e sismici relativi ai terreni di fondazione, si rimanda al Tecnico calcolatore delle strutture per la scelta ed il dimensionamento delle opere da eseguire nel rispetto delle indicazioni fornite.

Tanto dovevasi all'incarico conferitomi

Villaricca, Gennaio 2023

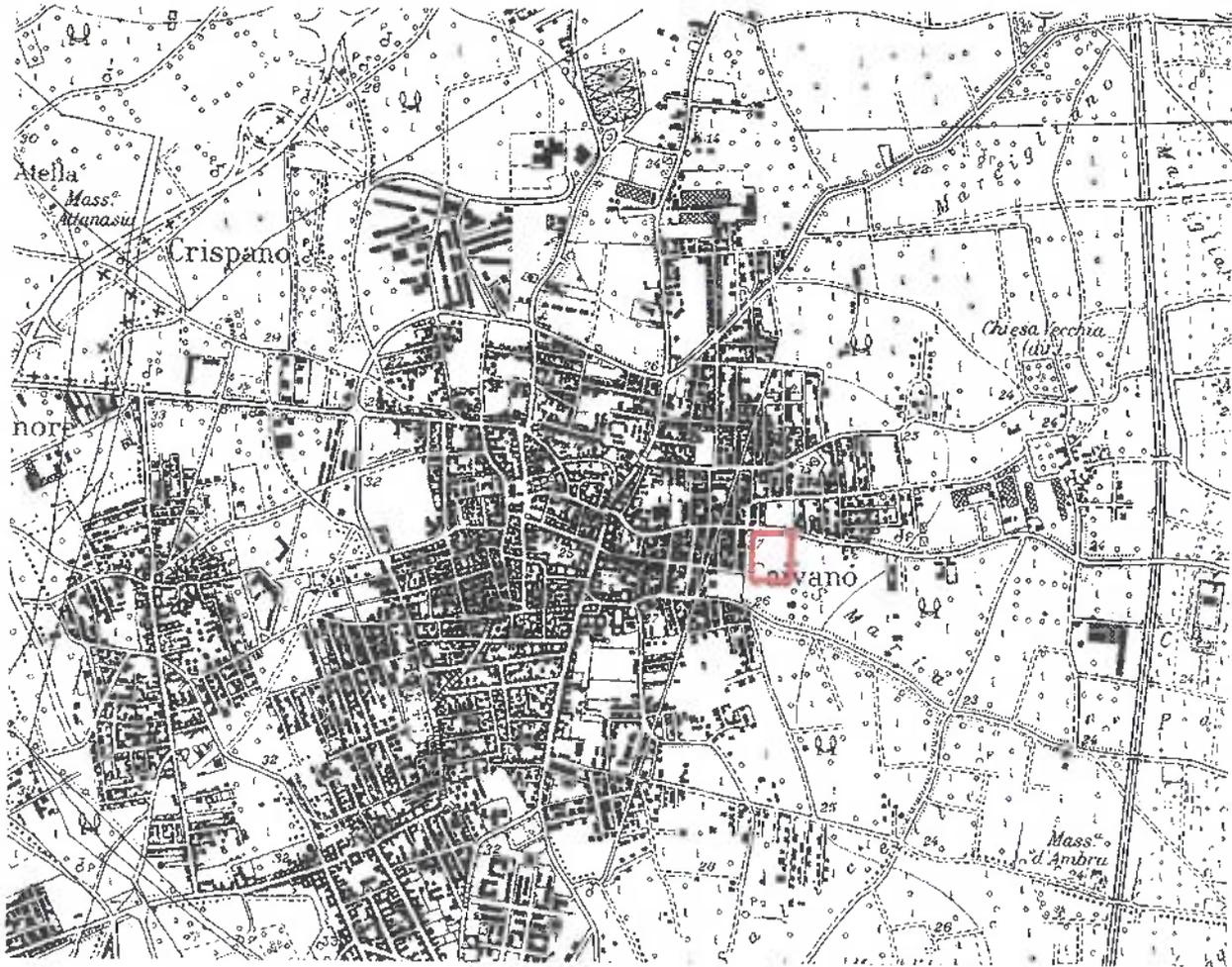


ALLEGATI:

- Stralcio Carta Tecnica Regionale in scala 1: 25.000.
- Aerofotogrammetria.
- Stralcio Catastale.
- Stralcio P.R.G.
- Certificati indagini geotecniche in situ con planimetria ubicazione.
- Certificati indagini sismiche con planimetria ubicazione.
- Certificati analisi geotecniche di laboratorio.

Elaborati cartografici di Piano

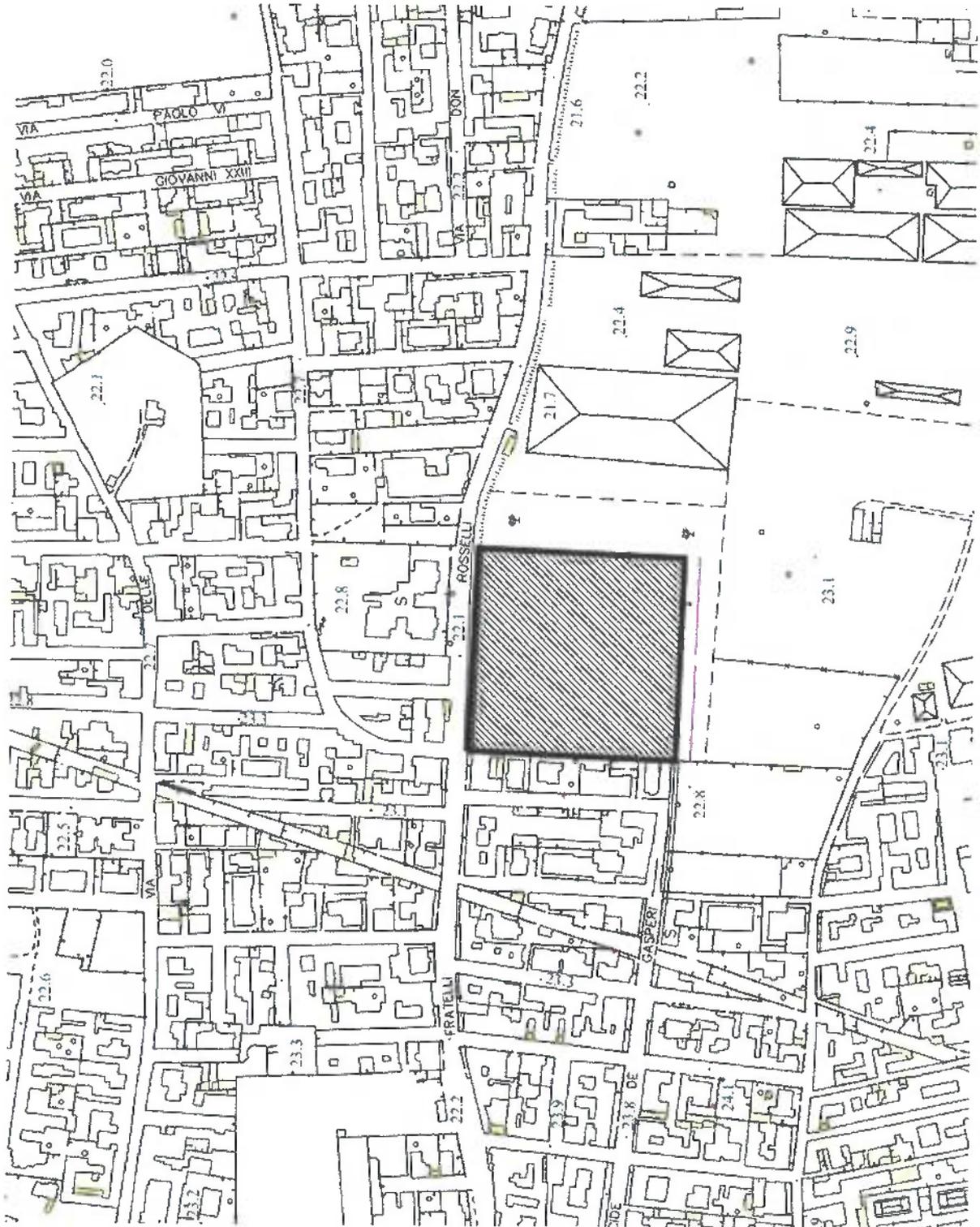
- ✓ Carta ubicazione indagini.
- ✓ Carta geolitologica.
- ✓ Carta geomorfologica e della stabilità.
- ✓ Carta idrogeologica.
- ✓ Carta delle MOPS.
- ✓ Carta MSII.
- ✓ Sezione Geologica.

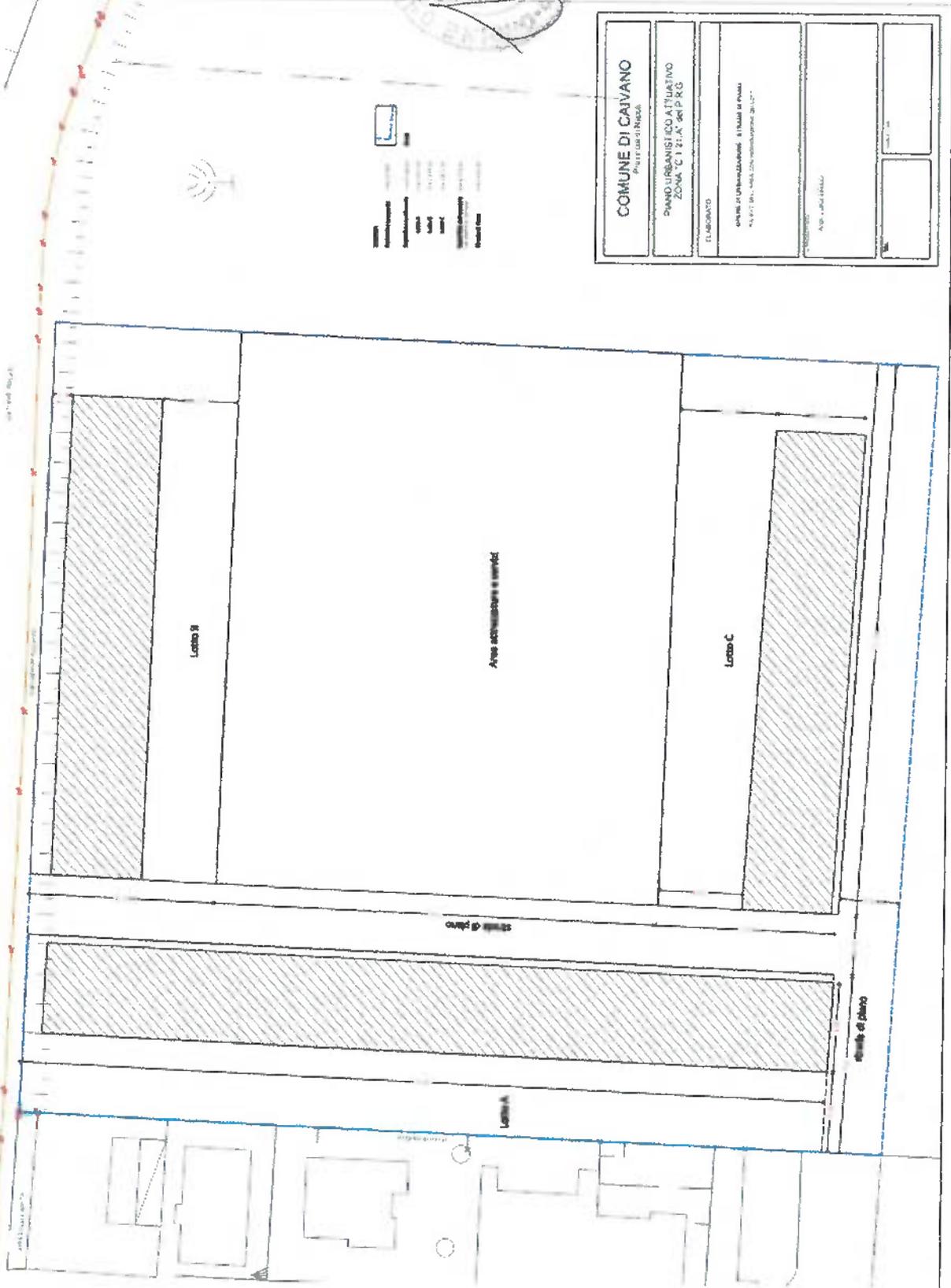


250 0 250 500 750 1000 m



Salvatore Cacciapuoti
Geologo
Albo N. 1000



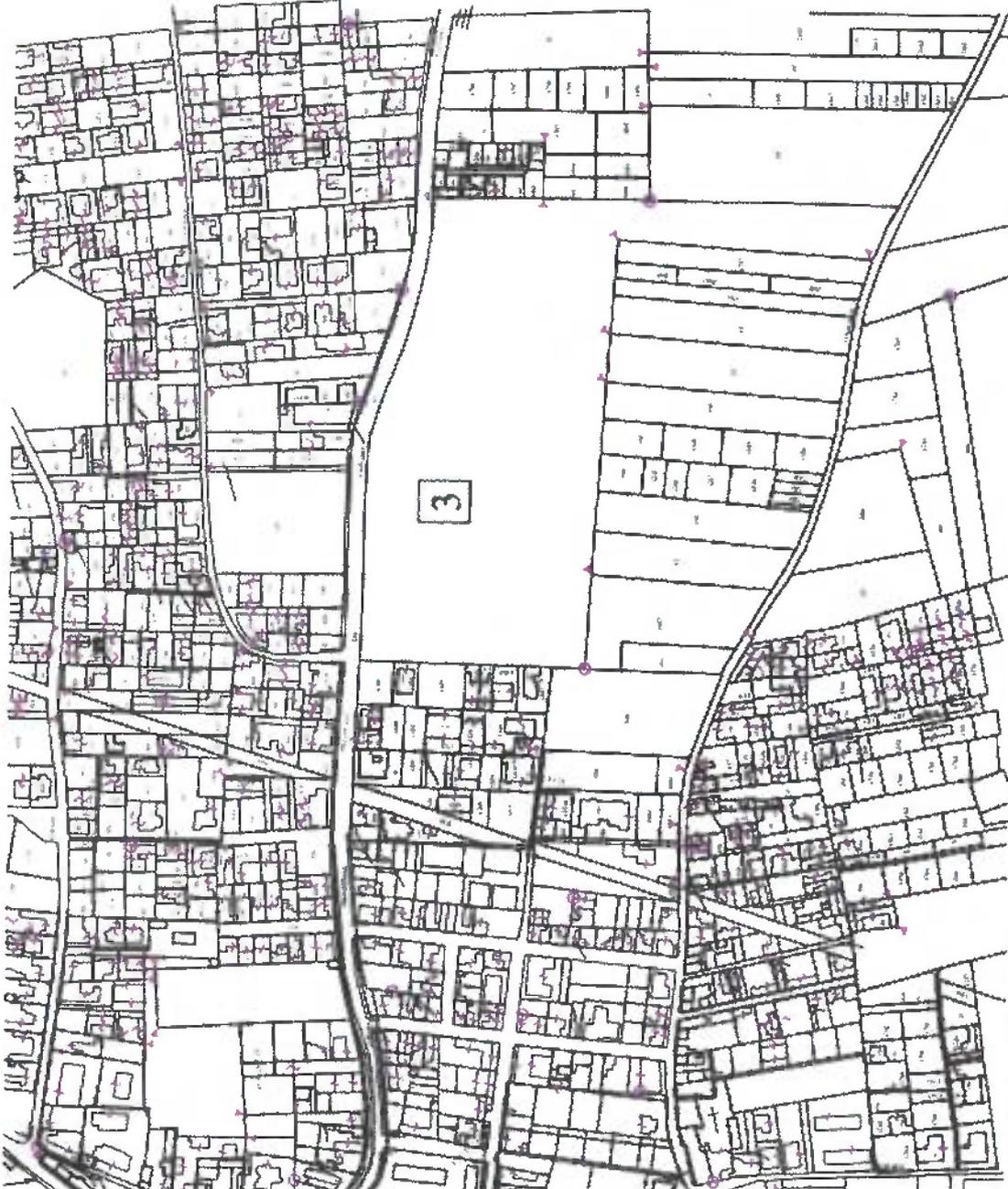


Salvo approvazione

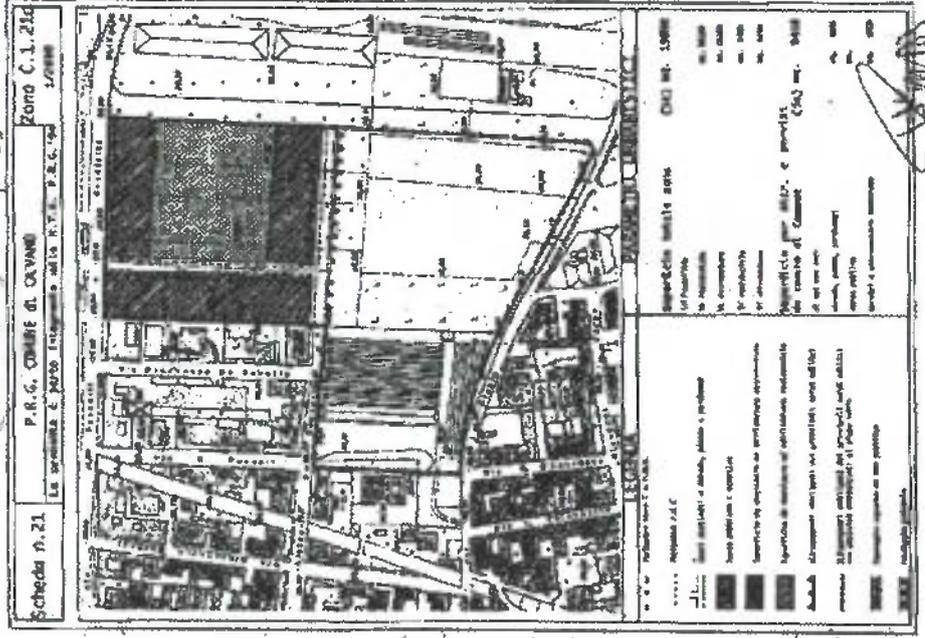
- 1.000
- 2.000
- 3.000
- 4.000
- 5.000
- 6.000
- 7.000
- 8.000
- 9.000
- 10.000
- 11.000
- 12.000
- 13.000
- 14.000
- 15.000
- 16.000
- 17.000
- 18.000
- 19.000
- 20.000

COMUNE DI CAIVANO <i>Provincia di Napoli</i>	
PIANO URBANISTICO ATTUALE ZONA C 1/2/A, S.P. R.C.	
ELABORATO	
OPERAZIONE DI LOTTIZZAZIONE - 1° FASE DI PIANO VALORI S.P. - AREA C/1/2/A, S.P. R.C.	
AUT. URB. 1/2000	

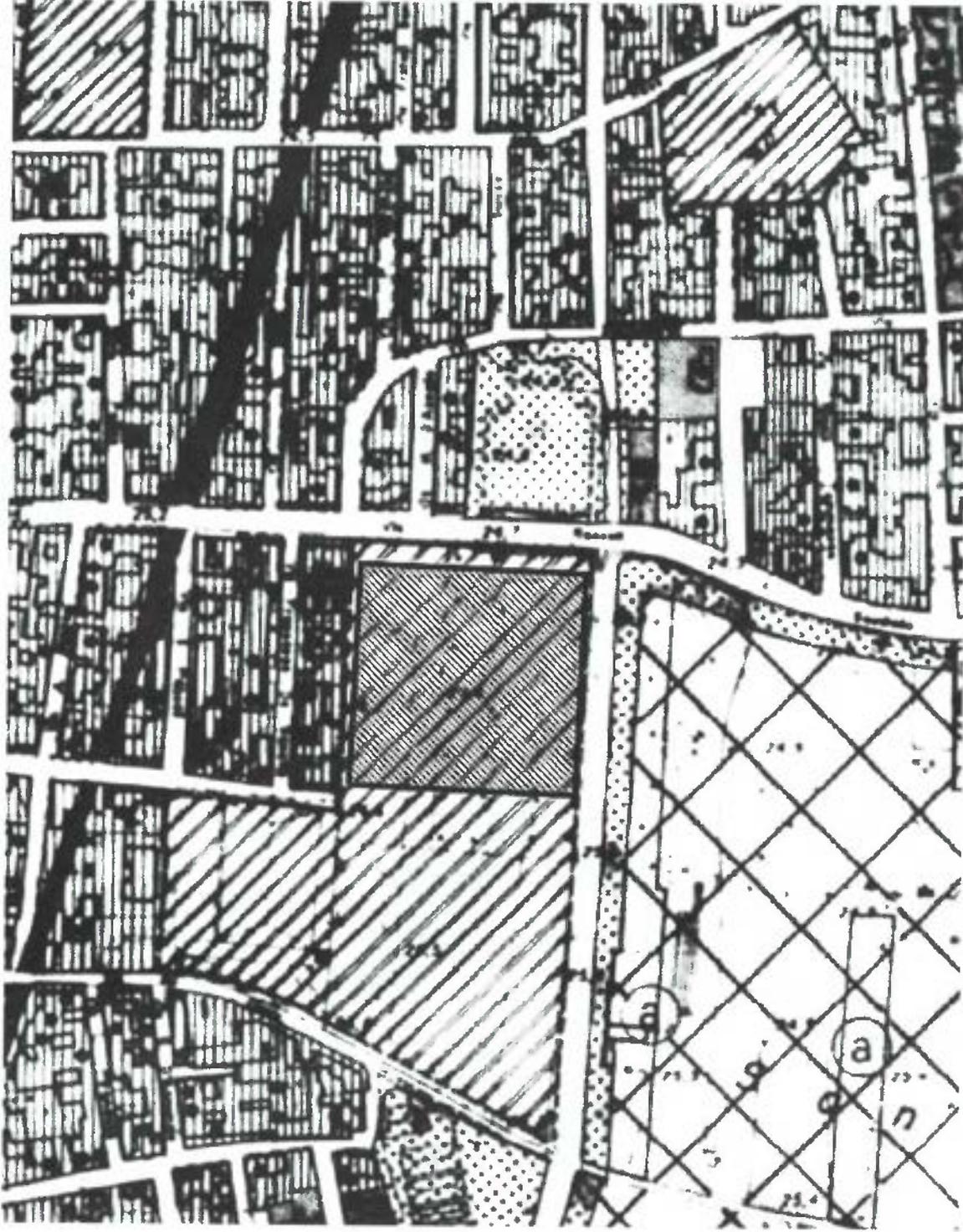
Sacacchia



FOGLIO 23 PARTICELLA 3



FOGLIO 23 PARTICELLA 3



CERTIFICATI INDAGINI GEOGNOSTICHE

SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO



25 0 25 50 75 100 m



GE●**CHIMIE** srl

Luogo e data

V. Villaricca 02/01/2023

Legale Rappresentante

GEOCHIMIE s.p.a.
L'Amministratore
Dott. CACCIAPUOTI SALVATORE

Dott. _____

SONDAGGIO S1

Comm: Comune di Calvano (NA)		Cantiere: Lottizzazione C21A		Località: Via Fratelli Rossetti, Calvano (NA)			
Coord. UTM X: 442109							
Coord. UTM Y: 4534102		Sondaggio: S1 - 0.00-20.00 m		Quota s.l.m.m.: 25 m			
Metodo Perforaz.: Carotaggio continuo		Data: 01/12/2022					
Prof. (m)	Spess. (m)	Camp.	Quota Camp. (m)	Quota Spt (m)	Spt	Litologia	Falda (m)
1,00	1,00					Tameno pedogenizzato, con presenza di elementi vegetali ed inclusi eterometrici vulcanici, di colore marrone.	
3,00	2,00					Piroclastite sabbioso-limosa, grigiastre, sciolta con inclusi di origine vulcanica, prevalentemente millimetrici.	
4,00	1,00					Piroclastite sabbioso fine-limosa, brunastra, talora rosastre, con inclusi di origine vulcanica, da millimetrici a centimetrici.	
5,50	1,50		S1C1 4,00 4,50			Sabbia limosa ghiaiosa, beige, con livellati di pomici ed inclusi eterometrici.	
10,00	4,50		S1C2 7,00 7,50			Limo sabbioso beige-marrone chiaro, con inclusi prevalentemente millimetrici e livellati di pomici grossolani.	
12,10	2,10					Tufo semicoerente, zeolitizzato, di colore giallastro-ocra, con frammenti sferici neri fino a decimetrici.	
16,00	3,90					Cinere grigiastre azzurre, sabbioso ghiaioso-limosa, con inclusi eterometrici, in prevalenza pomici grossolani.	
18,00	2,00					Piroclastite ghiaiosa, in matrice sabbioso-limosa, di colore rosastro con inclusi eterometrici, in prevalenza pomici grossolani.	
20,00						Piroclastite ghiaiosa, in matrice sabbioso-limosa, di colore grigiastro con inclusi eterometrici, in prevalenza pomici grossolani.	

	Prof. (m)	Spess. (m)	Camp.	Quota Camp. (m)	Quota Spt (m)	Spt	litologia	Quota (m)
							<p>Piroclastica ghiaiosa, in matrice sabbioso-limosa, di colore grigiastro con inclusi eterometrici, in prevalenza pomici grossolani.</p>	
	30,00	12,00						

GE●CHIMIE srl



SIC1



SIC2



SIC3



SIC4



SIC5



SIC6

GE ● **CHIMIE** srl



CAMPIONI INDISTURBATI

S1C1

4.0-4.5

S2C2

7.0-7.5

SONDAGGIO S2

Comm: Comune di Calvano (NA)				Cantiere: Lottizzazione C21A				Località: Via Fratelli Rossetti, Calvano (NA)			
Coord. UTM X: 442020											
Coord. UTM Y: 4534025				Sondaggio: S2 - 0.00-20.00 m				Quota s.l.m.m.: 25 m			
Metodo Perforaz.: Carotaggio continuo				Data: 02/12/2022							
Prof. (m)	Spess. (m)	Camp.	Quota Camp. (m)	Quota Spt (m)	Spt	litologia					
1,20	1,20					Terreno pedogenizzato, con presenza di elementi vegetali ed inclusi eterometrici vulcanici, di colore marrone.					
2,80	1,60					Piroclastite sabbioso-ilmosa, grigiastra, sciolta con inclusi di origine vulcanica, prevalentemente millimetrici.					
4,30	1,50					Piroclastite sabbioso fina-ilmosa, brunastra, talora rosastra, con inclusi di origine vulcanica, da millimetrici a centimetrici.					
6,00	1,70					Sabbia ilmosa ghiaiosa, beige, con livellati di pomici ed inclusi eterometrici.					
9,50	3,50					Limo sabbioso beige-marrone chiaro, con inclusi prevalentemente millimetrici e livellati di pomici grossolani.					
12,00	2,50					Tufo semicoerente, zeolitizzato, di colore giallastro-ocra, con frammenti scoriacei nerastri fino a decimetrici.					
15,00	3,00					Cinerite grigiastra azzurra, sabbioso ghiaioso-ilmosa, con inclusi eterometrici, in prevalenza pomici grossolani.					
17,50	2,50					Piroclastite ghiaiosa, in matrice sabbioso-ilmosa, di colore rosastro con inclusi eterometrici, in prevalenza pomici grossolani.					
20,00						Piroclastite ghiaiosa, in matrice sabbioso-ilmosa, di colore grigiastro con inclusi eterometrici, in prevalenza pomici grossolani.					

	Prof. (m)	Spess. (m)	Camp.	Quota Camp. (m)	Quota Spt (m)	Spt	litologia	Quota (m)
	30,00	12,50					Piroclaste ghiaiose, in matrice sabbioso-limosa, di colore grigiastro con inclusi eterometrici, in prevalenza pomici grossolani.	

GE ● **CHIMIE** srl



S2C1



S2C2



S2C3



S2C4



S2C5



S2C6

GECHIMIE srl



GE●**CHIMIE** srl

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH



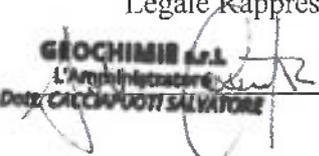
25 0 25 50 75 100 m

GEOCHIMIE srl

Luogo e data

Villaricca 02/02/2023

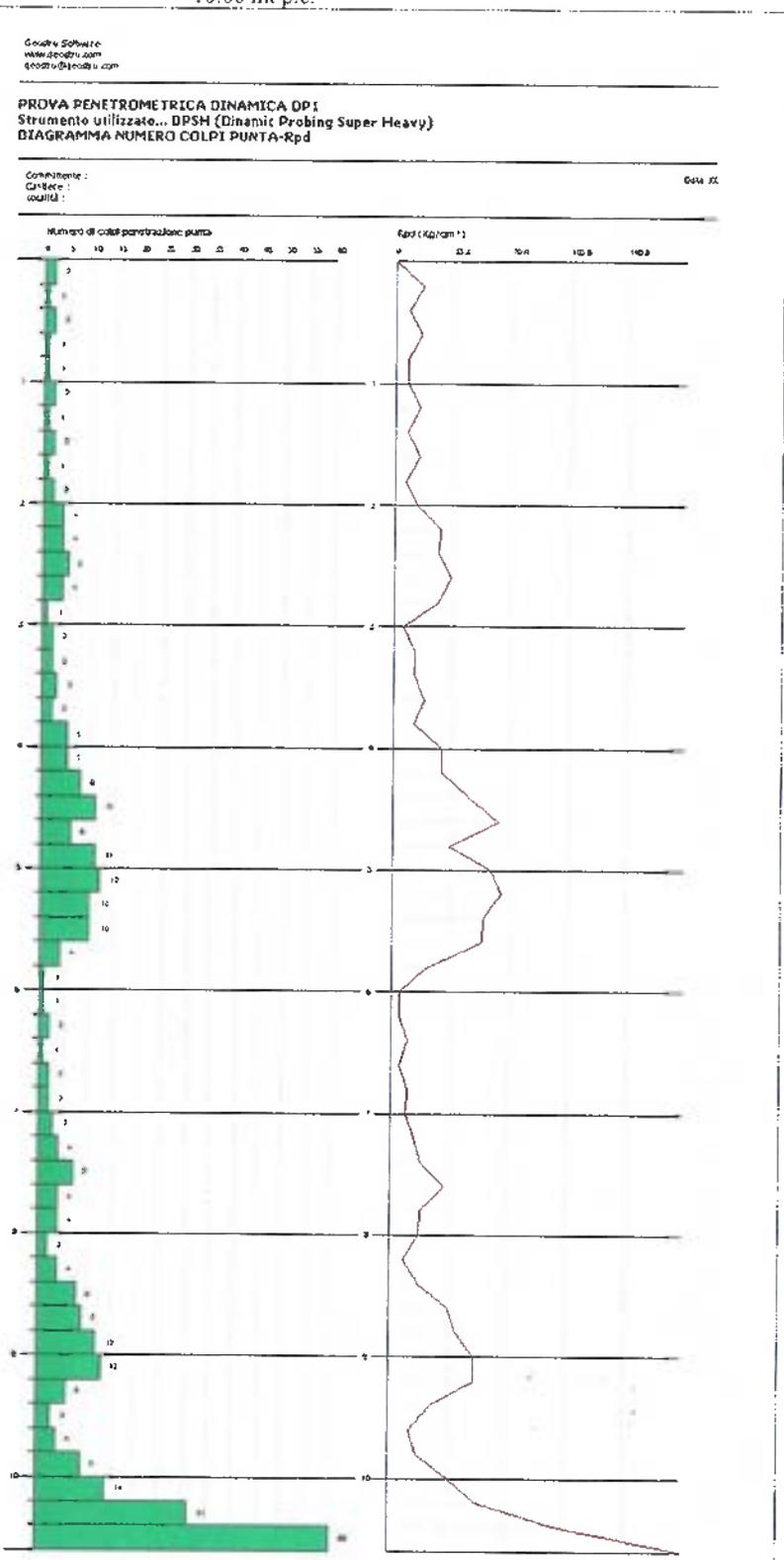
Legale Rappresentante

Dott. 
GEOCHIMIE s.r.l.
L'Amministratore
DOTT. CACCIAPUOTI SALVATORE

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda

PROVA ...DPI
 DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 03/12/2022
 10.60 mt
 10.00 mt p.c.

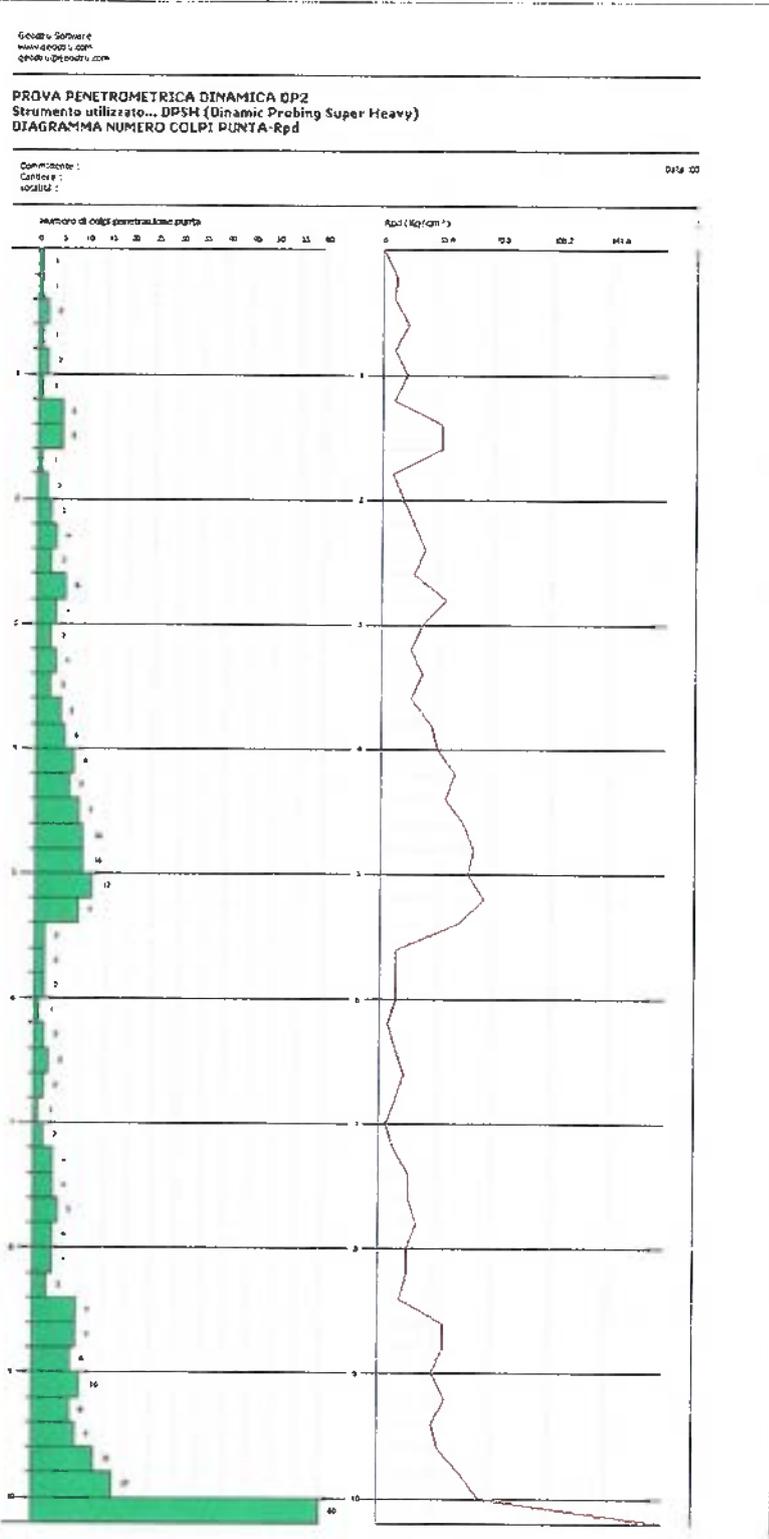
Profondità (m)	Nr. Colpi
0.20	2
0.40	1
0.60	2
0.80	1
1.00	1
1.20	2
1.40	1
1.60	2
1.80	1
2.00	2
2.20	4
2.40	4
2.60	5
2.80	4
3.00	1
3.20	2
3.40	2
3.60	3
3.80	2
4.00	5
4.20	5
4.40	8
4.60	11
4.80	6
5.00	11
5.20	12
5.40	10
5.60	10
5.80	4
6.00	1
6.20	1
6.40	2
6.60	1
6.80	2
7.00	2
7.20	3
7.40	4
7.60	7
7.80	4
8.00	4
8.20	2
8.40	4
8.60	8
8.80	9
9.00	12
9.20	13
9.40	6
9.60	3
9.80	4
10.00	9
10.20	14
10.40	31
10.60	60



PROVA...DP2

Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 03/12/2022
 Profondità prova 10.20 mt
 Falda 10,00 mt p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi
0.20	1
0.40	1
0.60	2
0.80	1
1.00	2
1.20	1
1.40	5
1.60	5
1.80	1
2.00	2
2.20	3
2.40	4
2.60	3
2.80	6
3.00	4
3.20	3
3.40	4
3.60	3
3.80	5
4.00	6
4.20	8
4.40	7
4.60	9
4.80	10
5.00	10
5.20	12
5.40	9
5.60	2
5.80	2
6.00	2
6.20	1
6.40	2
6.60	3
6.80	2
7.00	1
7.20	2
7.40	4
7.60	4
7.80	5
8.00	4
8.20	4
8.40	3
8.60	9
8.80	9
9.00	8
9.20	10
9.40	8
9.60	9
9.80	13
10.00	17
10.20	60

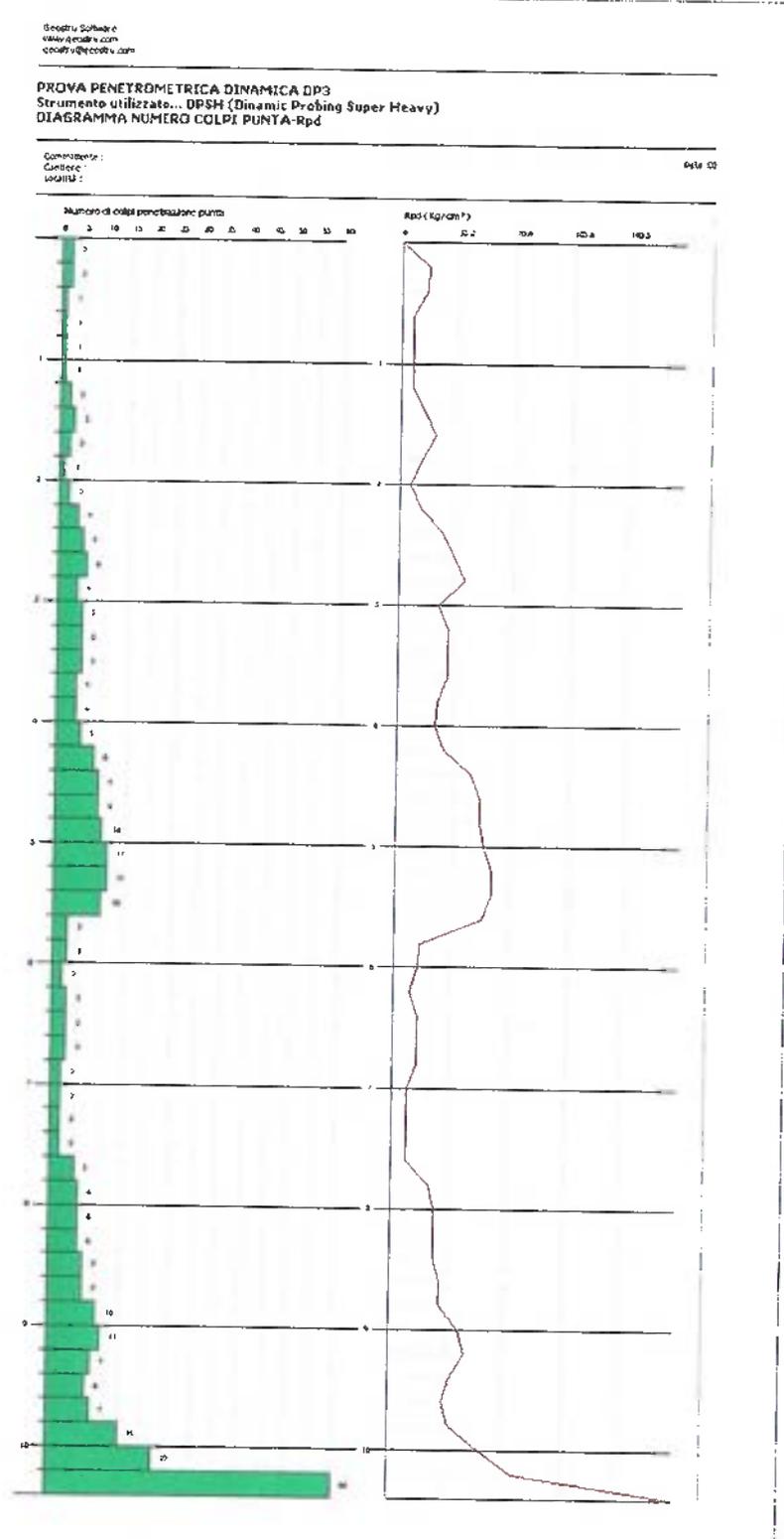


PROVA ...DP3

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda

DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 03/12/2022
 10.40 mt
 10,0 mt p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi
0.20	2
0.40	2
0.60	1
0.80	1
1.00	1
1.20	1
1.40	2
1.60	3
1.80	2
2.00	1
2.20	2
2.40	4
2.60	5
2.80	6
3.00	4
3.20	5
3.40	5
3.60	5
3.80	4
4.00	4
4.20	5
4.40	8
4.60	9
4.80	9
5.00	10
5.20	11
5.40	11
5.60	10
5.80	3
6.00	3
6.20	2
6.40	3
6.60	3
6.80	3
7.00	2
7.20	2
7.40	2
7.60	2
7.80	5
8.00	6
8.20	6
8.40	6
8.60	7
8.80	7
9.00	10
9.20	11
9.40	9
9.60	8
9.80	9
10.00	15
10.20	22
10.40	60



PROVA ...DP4

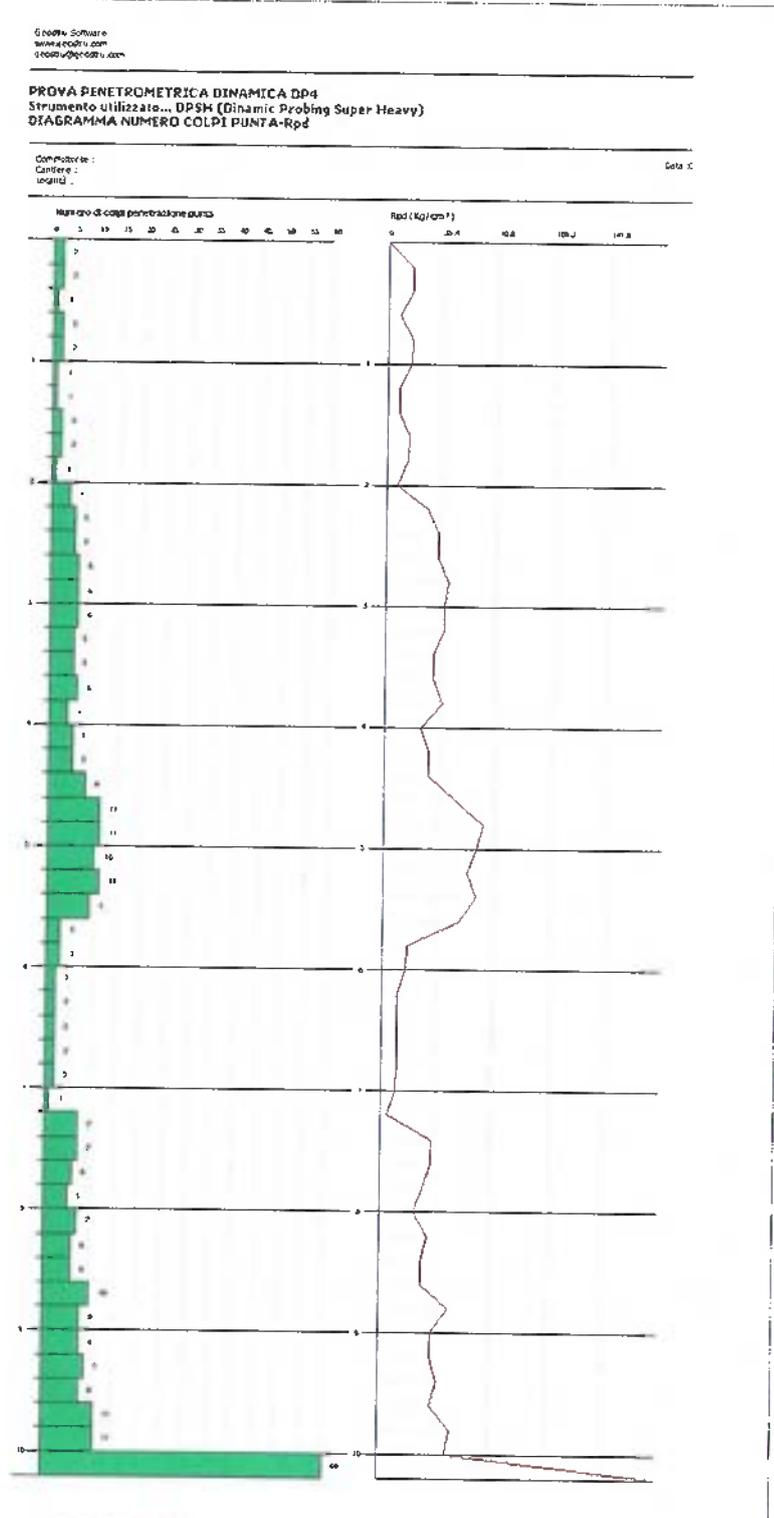
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 03/12/2022

Profondità prova 10.20 mt

Falda 10,00 mt p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi
0.20	2
0.40	2
0.60	1
0.80	2
1.00	2
1.20	1
1.40	1
1.60	2
1.80	2
2.00	1
2.20	4
2.40	5
2.60	5
2.80	6
3.00	6
3.20	6
3.40	5
3.60	5
3.80	6
4.00	4
4.20	5
4.40	5
4.60	8
4.80	11
5.00	11
5.20	10
5.40	11
5.60	9
5.80	3
6.00	3
6.20	2
6.40	2
6.60	2
6.80	2
7.00	2
7.20	1
7.40	7
7.60	7
7.80	6
8.00	5
8.20	7
8.40	6
8.60	6
8.80	10
9.00	8
9.20	8
9.40	9
9.60	8
9.80	11
10.00	11
10.20	60



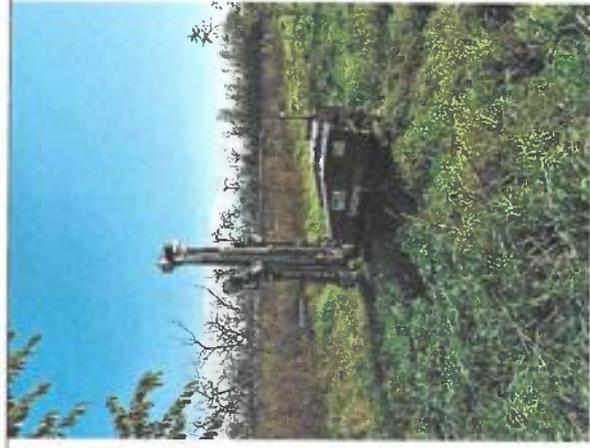
GE CHIMIE srl



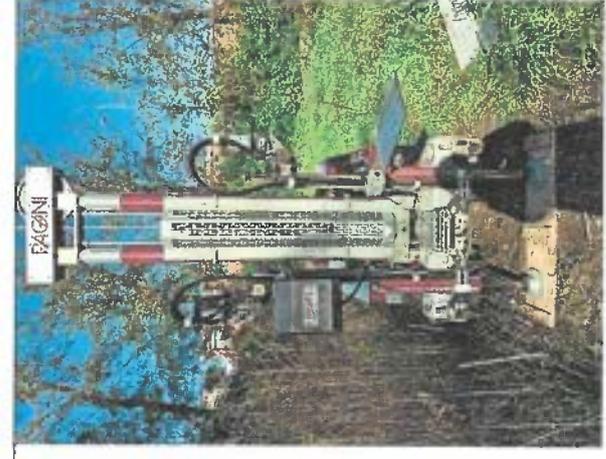
DPSH1



DPSH2



DPSH3



DPSH4

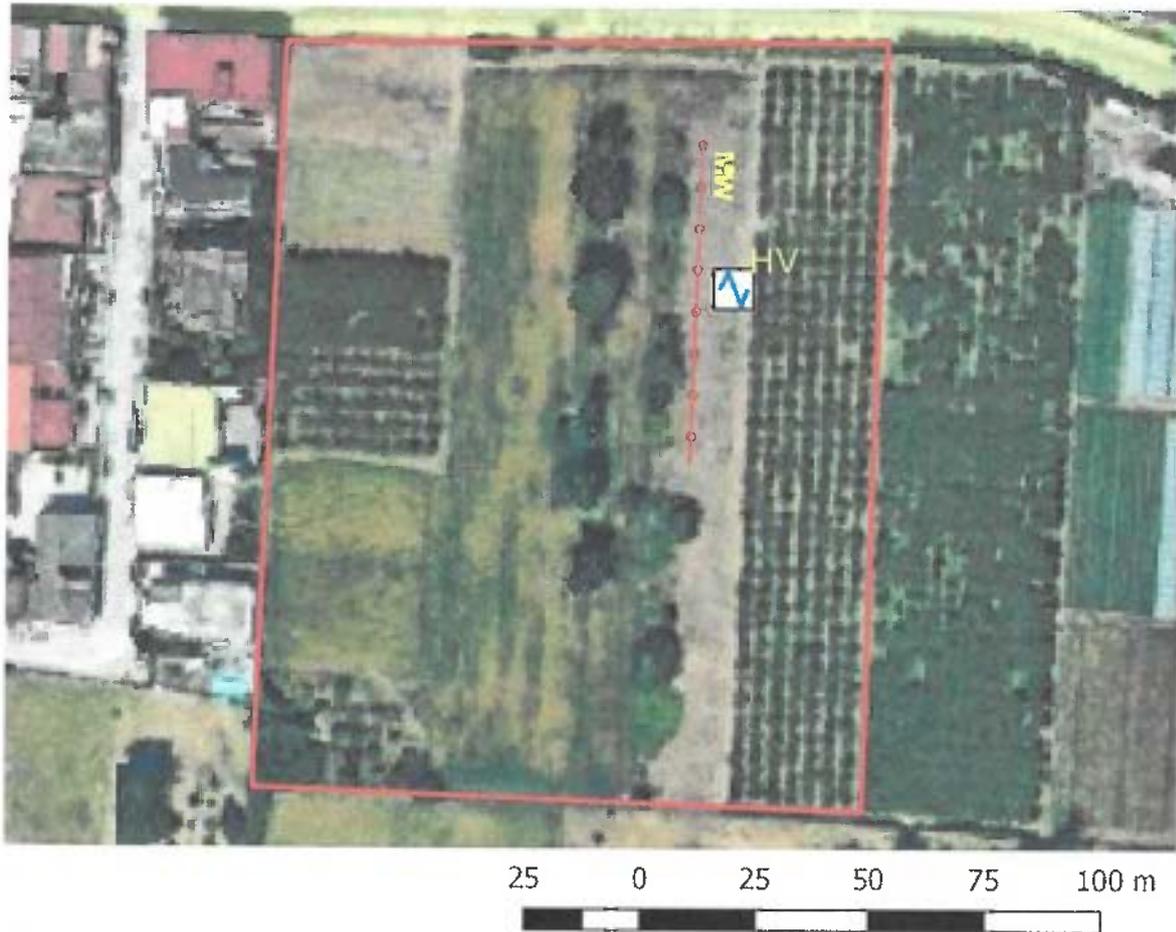
GE●**CHIMIE** srl

INDAGINE SISMICA
MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES
(M.A.S.W.)
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO
(HVSR)

OGGETTO
LOTTIZZAZIONE C 21 A
CARATTERIZZAZIONE SISMICA
Caivano, Via Fratelli Rosselli

GE**CHIMIE srl**

UBICAZIONE INDAGINI



Legenda

-  C
-  indagine sismica MASW
-  Indagine sismica HVSR

Luogo e data

Villaricca 02/02/2023

Legale Rappresentante

Dott. _____

GEOCHIMIE s.r.l.
L'Amministratore
Dott. CACCIAPUOTI SALVATORE

GEOCHIMIE s.r.l.

INDICE

INDAGINE SISMICA MASW

PREMESSA

RISULTATI

APPENDICE 1

INDAGINE SISMICA H.V.S.R.

PREMESSA

APPENDICE 2

INDAGINE SISMICA MASW

PREMESSA

La presente relazione geofisica riporta i risultati dell'indagine sismica di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), eseguita il 01/12/2022, al fine di caratterizzare, dal punto di vista sismico, le porzioni di substrato di interesse. Nello specifico è stato realizzato uno stendimento sismico (MASW1) presso la Via Fratelli Rosselli in Caivano, Napoli.

Nella **figura 1** si riporta l'ubicazione dello stendimento sismico.

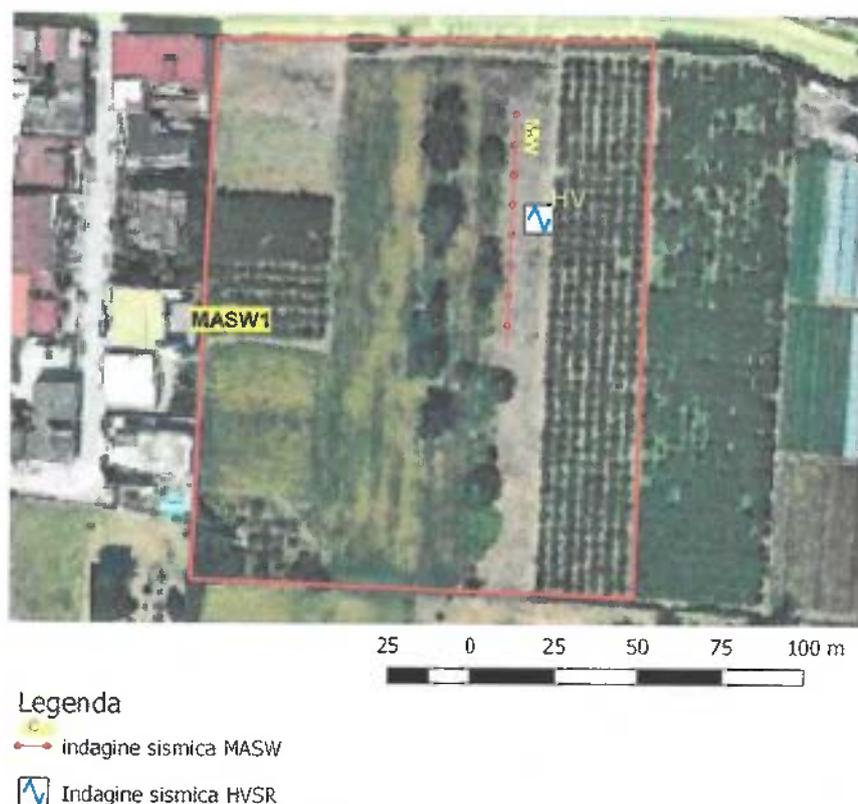


Figura 1 – Ubicazione MASW /HV

Sono stati eseguiti diversi scoppi a distanza crescente dal primo geofono, al fine di poter selezionare il set di dati a maggior risoluzione della curva di dispersione del modo fondamentale. Di seguito viene riportato il dettaglio dell'indagine M.A.S.W. eseguita.

Nome	Lunghezza (m)	Interdistanza geofonica (m)	Distanza sorgente (m)	N. di Canali	Durata Registrazione (ms)	Intervallo di campionamento (ms)
MASW1	50 / 52 / 54	2	4 / 6 / 8	24	2000	1.0

GE●CHIMIE srl

RISULTATI

Come si può osservare dai tabulati in appendice, di cui si riporta di seguito la tabella di sintesi, l'indagine effettuata ha messo in evidenza $V_{s,eq}$ di **274 m/s**, tale da definire una **categoria** di suolo di tipo **C**, "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*".

	Profondità dal p.c. (m)	V_s (m/s)	Spessore (m)
Strato 1	2,7	119	2,7
Strato 2	6,9	181	4,2
Strato 3	9,8	295	2,9
Strato 4	30,0	377	20,2

$V_{s,eq} = 274 \text{ m/s}$

Categoria:

C

APPENDICE 1

INDAGINE M.A.S.W.

INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

MASW1

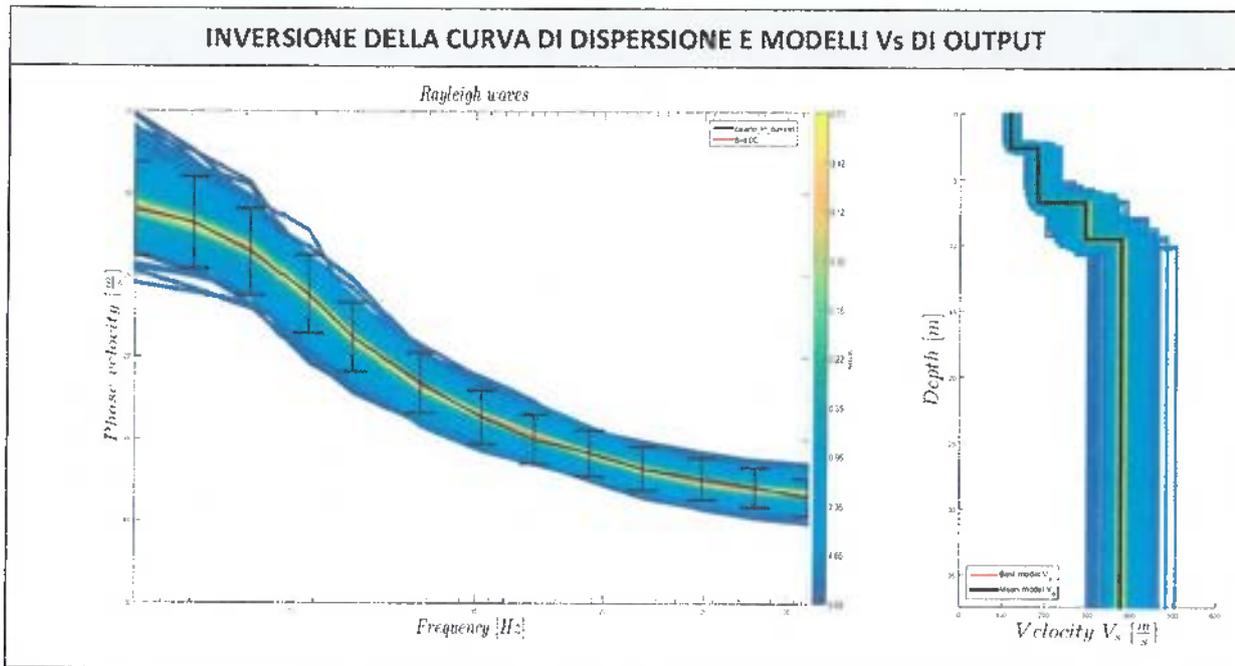
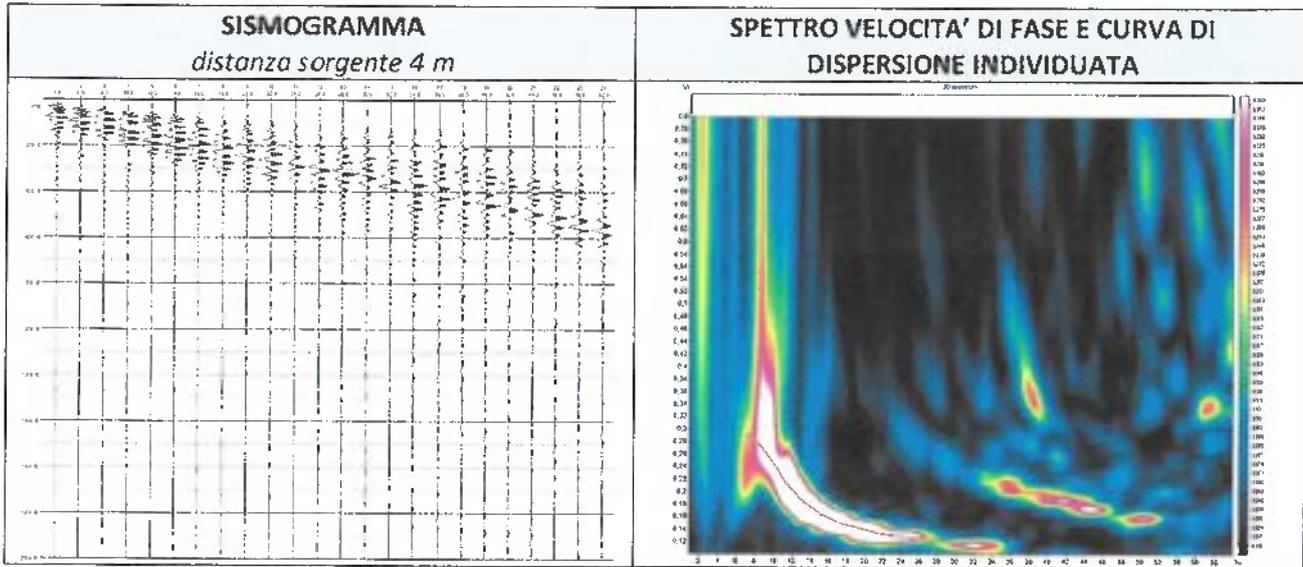
REPORT FOTOGRAFICO



GE  **CHIMIE** srl

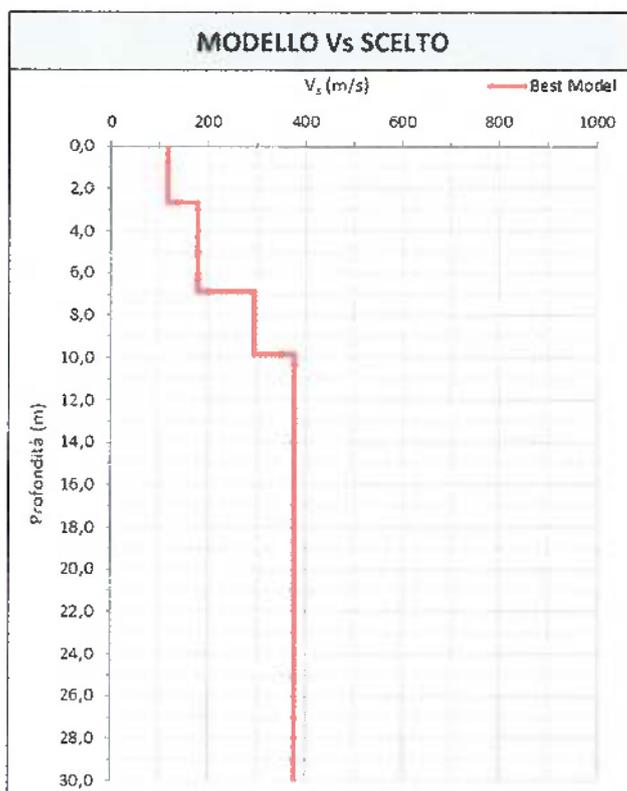
RISULTATI

MASW1



RISULTATI

MASW1



CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

h_i : spessore dell'*i*-esimo strato
 $V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato
 N : numero di strati
 H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da rocce o terreni molto rigidi, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Spessore considerato per il calcolo del $V_{s,eq}$

H= 30 m

	Profondità dal p.c. (m)	V_s (m/s)	Spessore (m)
Strato 1	2,7	119	2,7
Strato 2	6,9	181	4,2
Strato 3	9,8	295	2,9
Strato 4	30,0	377	20,2

$V_{s,eq} = 274$ m/s

Categoria: C

Categoria C

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

$$[180 < V_{s,eq} \leq 360 \text{ m/s}]$$

GE CHIMIE srl

INDAGINE SISMICA HVSR

PREMESSA

La presente relazione geofisica riporta i risultati dell'indagine sismica di tipo H.V.S.R. (Horizontal to vertical spectral ratio), eseguita il 09/12/2022, al fine di caratterizzare, dal punto di vista sismico, le porzioni di substrato di interesse e stimarne la frequenza caratteristica di sito f_0 . Nello specifico è stata realizzata una registrazione di microtremori a stazione singola (HV1) presso la Via Fratelli Rosselli in Caivano (NA).

Nella **figura 1** si riporta l'ubicazione dell'indagine.



APPENDICE 2

INDAGINE H.V.S.R.

INDAGINE SISMICA H.V.S.R.

HV1

REPORT FOTOGRAFICO



GE●CHIMIE srl

INDAGINE SISMICA H.V.S.R.

HV1

RISULTATI

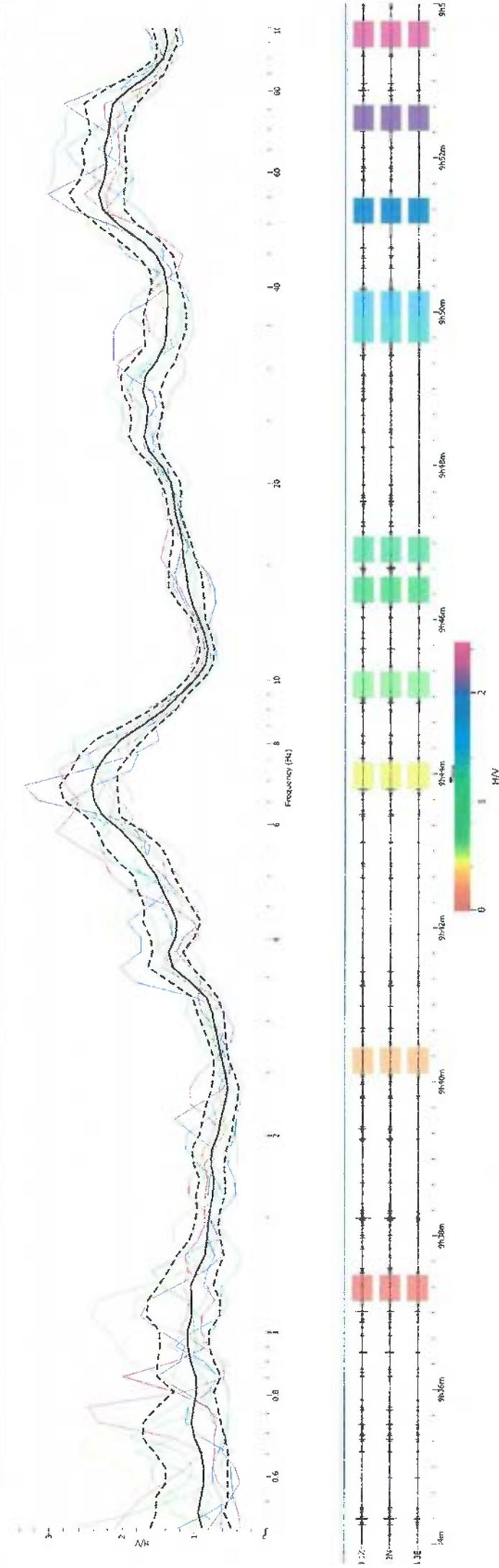
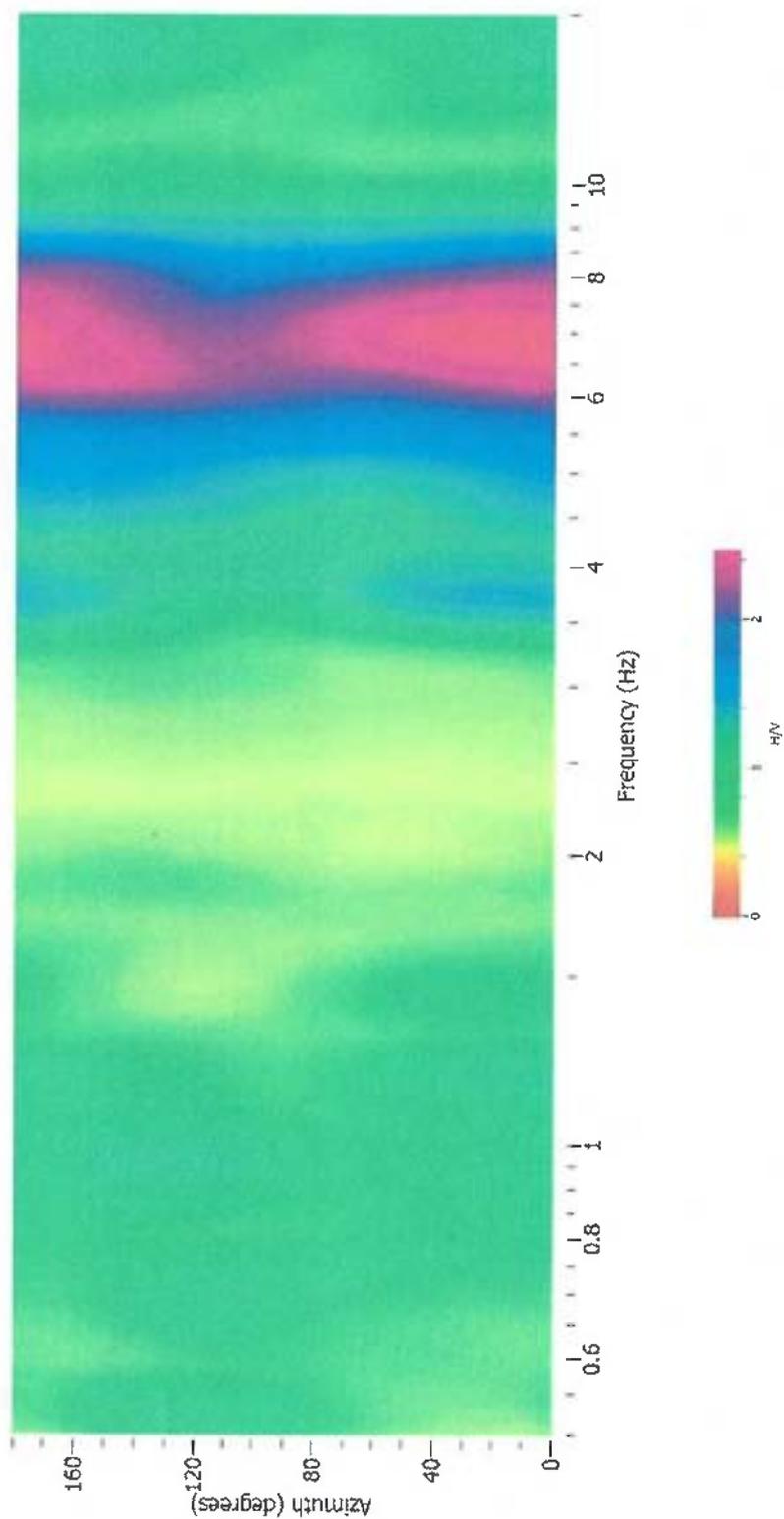


Grafico rapporto HV/V Frequenze, per il sito investigato.



GEOCHIMIE srl

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2488-00

MC-41 Rev. 00
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 423/22 Certificato n°: 2694-2022
del: 02.12.2022 Data certificato: 12.12.2022Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022**DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE**

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C1	4,00-4,50	indisturbato	01/12/2022

DATI GENERALI**PROVE SPEDITE**

Contenitore:	Fustella	Pocket penetrometer Test (MPa)	***
Diametro (cm):	9,5	Pocket vane Test (MPa)	***
Lunghezza (cm):	48,0	Classe di Qualità (AGI)	Q5
Peso netto campione estratto (N)	51,1	Colore (Tabella colori Munsell)	2,5Y Dark grayish brown 4/2

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Limo sabbioso argilloso di colore marrone/grigiastro con rare pomici aventi diametro massimo 0,5 cm, da poco a moderatamente addensato.


Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO
Direttore Laboratorio
Dr. Geol. E. MARTONE

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

MC-01 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 423/22
del: 02.12.2022

Certificato n°: 2695-2022
Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C1	4,00-4,50	indisturbato	01/12/2022

RISULTATI DELLE PROVE

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	15,02
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	25,76
w	Contenuto di acqua naturale	%	40,04

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	10,73
n	Porosità	%	58,35
e	Indice dei vuoti	---	1,40
s_r	Grado di saturazione	%	75,07
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	16,45
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	6,64

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

ANALISI GRANULOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - ASTM D422 - CNR 23

MC - 03 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

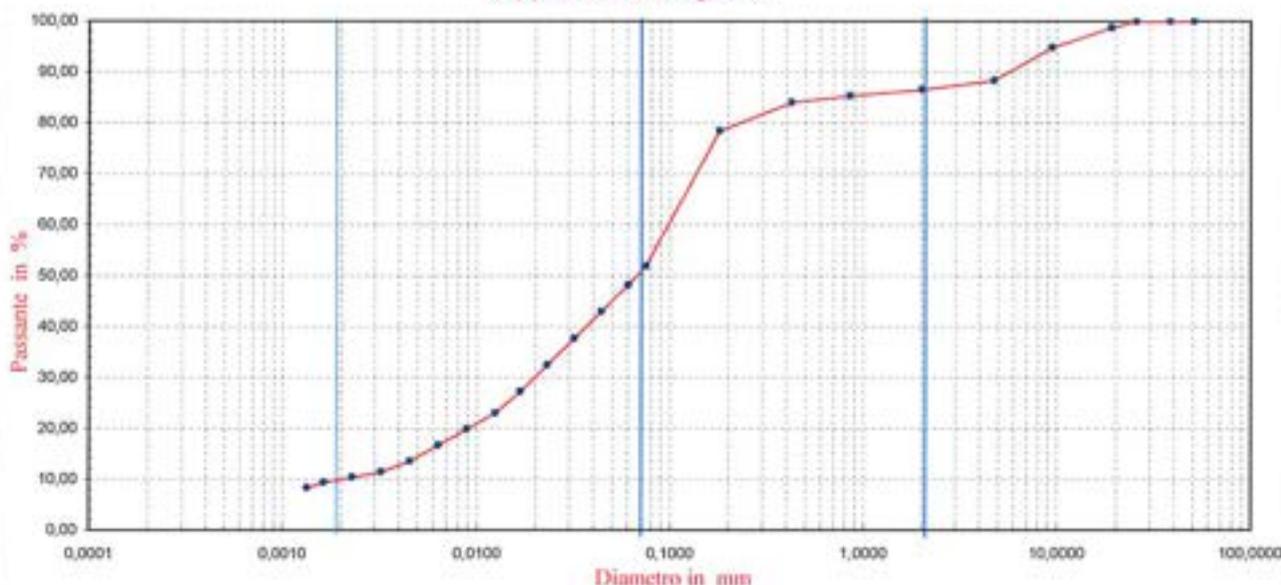
Verbale di accettazione n°: **TR 423/22** Certificato n°: **2696-2022**
del: **02.12.2022** Data certificato: **12.12.2022**

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
SI	CI	4,00-4,50	indisturbato	01/12/2022

Rappresentazione grafica



SETACCIATURA

Diametro (mm)	50,00	37,50	25,40	19,00	9,50	4,75	2,00	0,85	0,425	0,180	0,075
Passante (%)	100,00	100,00	100,00	98,77	94,84	88,35	86,52	85,33	84,04	78,43	51,87

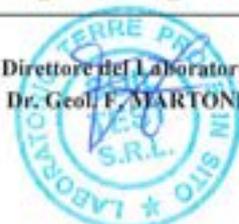
SEDIMENTAZIONE

D. (mm)	0,0750	0,0606	0,0440	0,0319	0,0231	0,0167	0,0124	0,0089	0,0064	0,0045	0,0032	0,0023	0,0016
P. (%)	51,87	48,16	42,93	37,69	32,46	27,22	23,04	19,89	16,75	13,61	11,52	10,47	9,42

Composizione granulometrica				Definizione granulometrica:
Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Saabbia con limo ghiaiosa argillosa
13,48	38,36	37,69	10,47	

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 423/22 Certificato n°: 2697-2022
del: 02.12.2022 Data certificato: 12.12.2022
Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	4,00-4,50	indisturbato	01/12/2022

Tipo di prova	Consolidata drenata	
Velocità di prova	0,0115	mm/min

Caratteristiche del campione

	Sezione (cm ²)	Altezza iniziale (mm)	Peso Volume (KN/m ³)	Contenuto acqua iniziale (%)	Contenuto acqua finale (%)
Provino 1	36,00	23,00	14,89	39,80	52,12
Provino 2	36,00	23,00	15,02	40,28	46,22
Provino 3	36,00	23,00	15,16	40,66	48,00

Fase di consolidazione

	Tempo (ore)	Carico applicato (KPa)	Cedimento (mm)
Provino 1	24	50	0,43
Provino 2	24	100	1,81
Provino 3	24	150	1,21

ATTREZZATURA UTILIZZATA: Matest S/N S277-01/ZI/0011

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. E. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 2 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 423/22

Certificato n°: 2697-2022

del: 02.12.2022

Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti

Committente: Clanio S.r.l. - Caserta

Cantiere: Lottizzazione C.21.A

Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)

Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	4,00-4,50	indisturbato	01/12/2022

Dati relativi al provino I

σ_v 50 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,23	0,011	0,016	4,5										
40	0,46	0,028	0,032	8,8										
60	0,69	0,048	0,046	12,7										
80	0,92	0,060	0,056	15,5										
100	1,15	0,072	0,064	17,7										
120	1,38	0,085	0,072	20,0										
140	1,61	0,099	0,078	21,6										
160	1,84	0,110	0,082	22,8										
180	2,07	0,122	0,085	23,7										
200	2,30	0,135	0,088	24,4										
220	2,53	0,146	0,093	25,7										
240	2,76	0,155	0,095	26,3										
260	2,99	0,165	0,096	26,7										
280	3,22	0,175	0,094	26,0										
300	3,45	0,183	0,090	25,0										
320	3,68	0,190	0,086	23,8										
340	3,91	0,197	0,083	23,0										
360	4,14	0,203	0,079	22,0										
380	4,37	0,212	0,076	21,2										
400	4,60	0,218	0,074	20,4										
420	4,83	0,223	0,070	19,5										
440	5,06	0,227	0,067	18,6										

Pressione a rottura 26,7 (KPa)

Deformazione a rottura 2,99 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 3 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 423/22

Certificato n°: 2697-2022

del: 02.12.2022

Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti

Committente: Clanio S.r.l. - Caserta

Cantiere: Lottizzazione C.21.A

Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)

Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	4,00-4,50	indisturbato	01/12/2022

Dati relativi al provino 2

σ_v 100 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,23	0,027	0,033	9,3										
40	0,46	0,057	0,058	16,0										
60	0,69	0,080	0,078	21,6										
80	0,92	0,099	0,098	27,1										
100	1,15	0,115	0,115	31,9										
120	1,38	0,133	0,128	35,6										
140	1,61	0,145	0,141	39,1										
160	1,84	0,158	0,150	41,7										
180	2,07	0,171	0,158	44,0										
200	2,30	0,181	0,165	45,8										
220	2,53	0,190	0,174	48,2										
240	2,76	0,204	0,179	49,8										
260	2,99	0,214	0,185	51,3										
280	3,22	0,222	0,189	52,5										
300	3,45	0,231	0,186	51,6										
320	3,68	0,239	0,181	50,2										
340	3,91	0,245	0,175	48,6										
360	4,14	0,249	0,169	47,0										
380	4,37	0,256	0,162	45,0										
400	4,60	0,262	0,155	43,0										
420	4,83	0,266	0,148	41,1										
440	5,06	0,272	0,141	39,3										

Pressione a rottura 52,5 (KPa)

Deformazione a rottura 3,22 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. E. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 4 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 423/22

Certificato n°: 2697-2022

del: 02.12.2022

Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti

Committente: Clanio S.r.l. - Caserta

Cantiere: Lottizzazione C.21.A

Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)

Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	4,00-4,50	indisturbato	01/12/2022

Dati relativi al provino 3

σ_v 150 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,23	0,068	0,047	13,0										
40	0,46	0,111	0,091	25,2										
60	0,69	0,135	0,124	34,5										
80	0,92	0,155	0,156	43,2										
100	1,15	0,171	0,180	50,0										
120	1,38	0,183	0,203	56,4										
140	1,61	0,195	0,221	61,3										
160	1,84	0,207	0,233	64,8										
180	2,07	0,219	0,244	67,7										
200	2,30	0,229	0,251	69,6										
220	2,53	0,238	0,257	71,4										
240	2,76	0,245	0,262	72,8										
260	2,99	0,254	0,259	72,0										
280	3,22	0,263	0,255	70,9										
300	3,45	0,272	0,251	69,6										
320	3,68	0,280	0,244	67,7										
340	3,91	0,287	0,239	66,3										
360	4,14	0,292	0,233	64,6										
380	4,37	0,298	0,226	62,9										
400	4,60	0,306	0,220	61,1										
420	4,83	0,313	0,213	59,3										
440	5,06	0,321	0,209	58,0										

Pressione a rottura 72,8 (KPa)

Deformazione a rottura 2,76 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 5 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 423/22

Certificato n°: 2697-2022

del: 02.12.2022

Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti

Committente: Clanio S.r.l. - Caserta

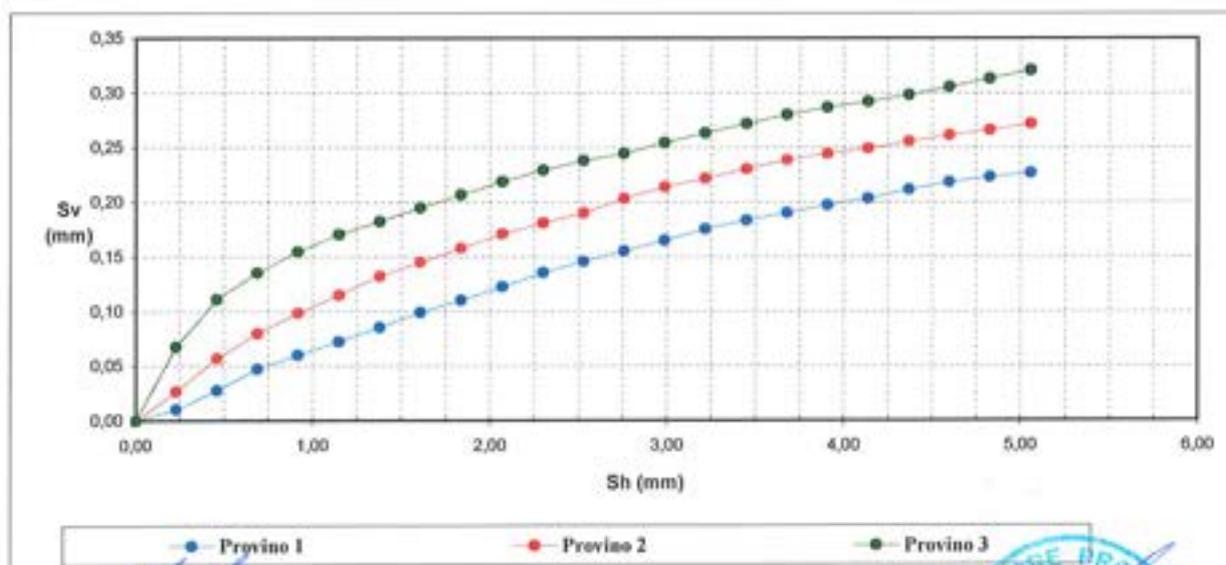
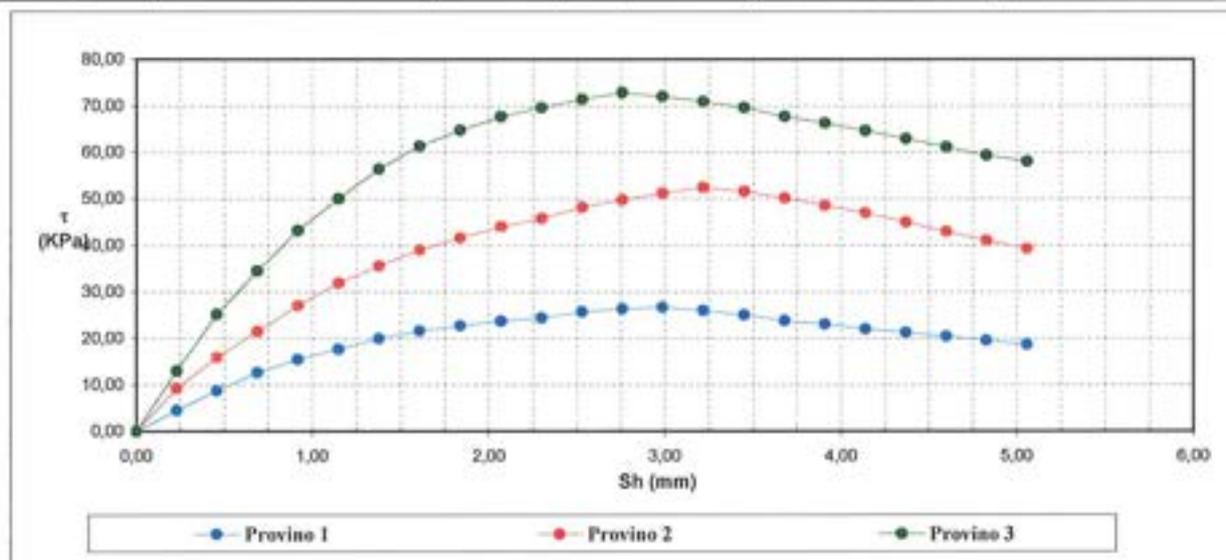
Cantiere: Lottizzazione C.21.A

Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)

Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	4,00-4,50	indisturbato	01/12/2022



Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 6 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 423/22

Certificato n°: 2697-2022

del: 02.12.2022

Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti

Committente: Clanio S.r.l. - Caserta

Cantiere: Lottizzazione C.21.A

Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)

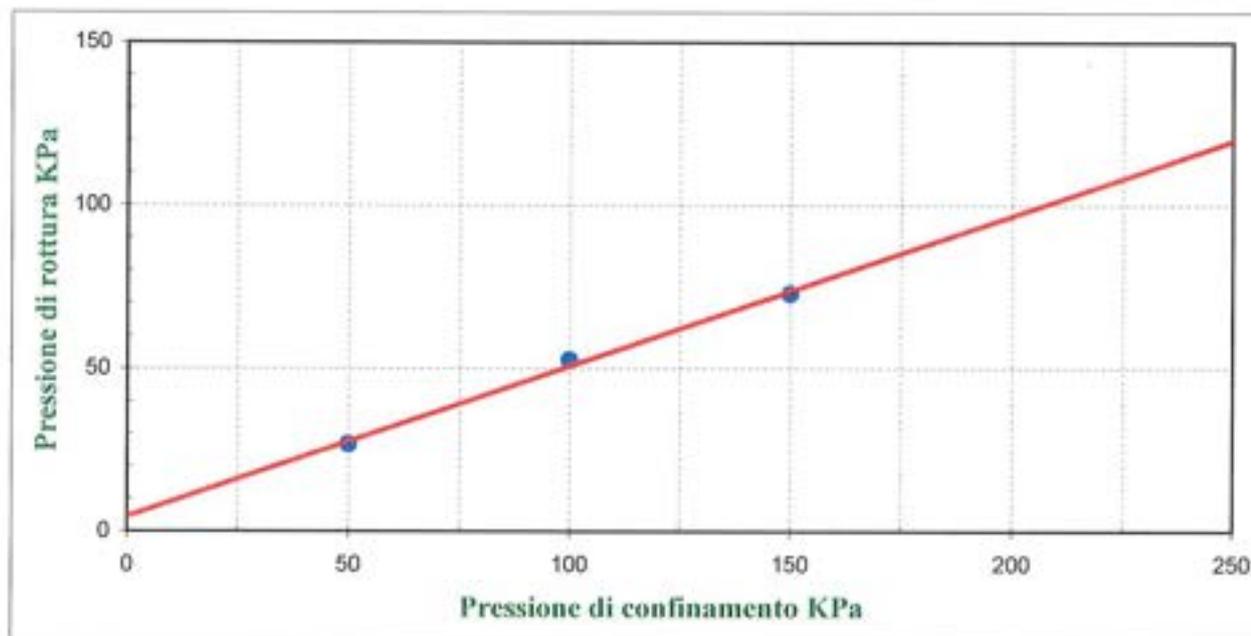
Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
SI	C1	4,00-4,50	indisturbato	01/12/2022

Parametri meccanici a rottura

	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
Provino 1	50,00	26,70	2,99
Provino 2	100,00	52,50	3,22
Provino 3	150,00	72,80	2,76



Risultati sperimentali

Angolo di attrito **24,75** Gradi
Coesione **4,57** KPa

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. P. MARTONE

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2485-00

MC-41 Rev. 00
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 423/22
del: 02.12.2022
Certificato n°: 2698-2022
Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C2	7,00-7,50	indisturbato	01/12/2022

DATI GENERALI

Contenitore:	Fustella	Packet penetrometer Test (MPa)	***
Diametro (cm):	9,5	Packet vane Test (MPa)	***
Lunghezza (cm):	48,0	Classe di Qualità (AGI)	Q5
Peso netto campione estratto (N)	54,5	Colore (Tabella colori Munsell)	2,5Y Light yellowish brown 6/3

PROVE SPEDITIVE

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Limo sabbioso argilloso di colore marrone/grigiastro con rare pomici aventi diametro massimo 0,5 cm, da poco a moderatamente addensato.

Tecnico responsabile
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. S. MARTONE



CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	MC-01 Rev. 01 del 03/01/2013
Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216	

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 423/22 Certificato n°: 2699-2022
del: 02.12.2022 Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE				
Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C2	7,00-7,50	indisturbato	01/12/2022

RISULTATI DELLE PROVE

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	16,03
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	25,25
w	Contenuto di acqua naturale	%	46,34

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	10,96
n	Porosità	%	56,60
e	Indice dei vuoti	---	1,30
s_r	Grado di saturazione	%	91,49
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	16,51
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	6,70

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. **MAGLIO**

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. **FRANCORTONE**



ANALISI GRANULOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - ASTM D422 - CNR 23

MC - 03 Rev. 01
del 03/01/2013

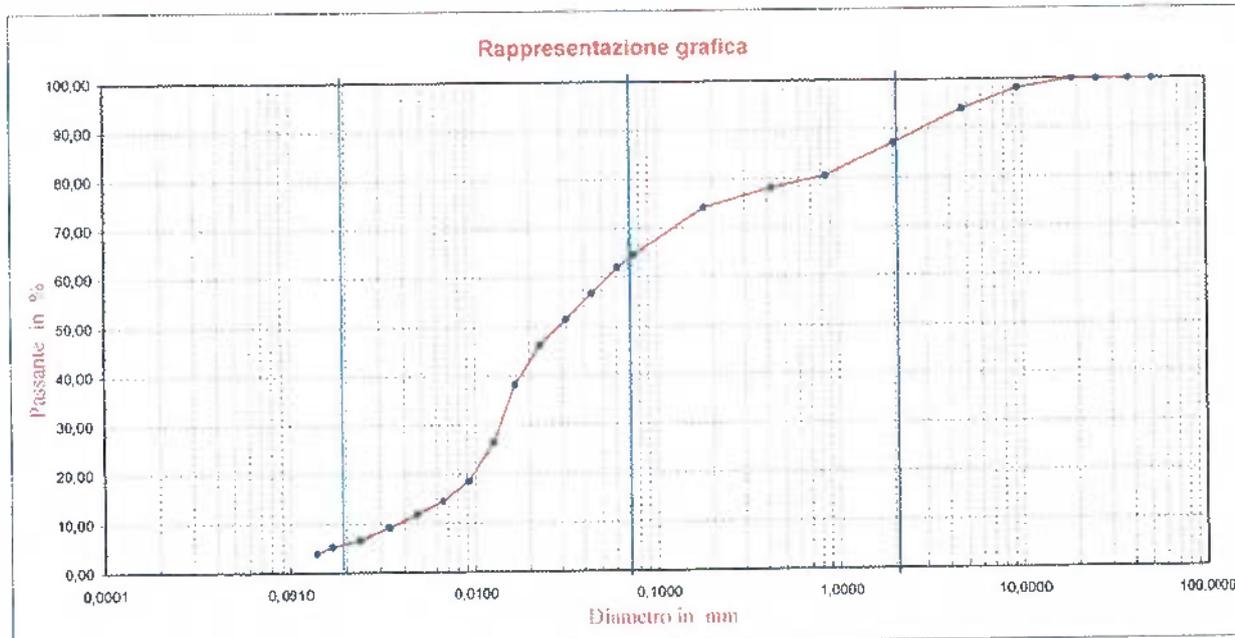
Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: **TR 423/22** Certificato n°: **2700-2022**
del: **02.12.2022** Data certificato: **12.12.2022**

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.e.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C2	7,00-7,50	indisturbato	01/12/2022



SETACCIATURA

Diametro (mm)	50,00	37,50	25,40	19,00	9,50	4,75	2,00	0,85	0,425	0,180	0,075
Passante (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	98,18	94,03	87,16	80,55	78,10	74,11	64,55

SEDIMENTAZIONE

D. (mm)	0,0750	0,0612	0,0442	0,0319	0,0230	0,0167	0,0127	0,0092	0,0066	0,0047	0,0033	0,0024	0,0017
P. (%)	64,55	62,01	56,73	51,45	46,18	38,26	26,39	18,47	14,51	11,87	9,24	6,60	5,28

Composizione granulometrica				Definizione granulometrica:
Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Limo con sabbia ghiaioso debolmente argilloso
12,84	25,15	55,41	6,60	

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. **M. MAGLIO**

Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. **PIETRO TONDI**



PROVA EDOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/ES 17892-5

MC - 07 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 4

Verbale di accettazione n°: TR 423/22 Certificato n°: 2701-2022
del: 02.12.2022 Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A.
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m da pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	7,00 - 7,50	indisturbato	01.12.2022

Carico (KPa)	Deformazione (mm)	Deformazione (%)	Indice dei vuoti ---	Modulo edometrico (MPa)	Cv (cm ² /s)	C _α (%)	K (m/s)
0	0,000	0,00	1,31				
25	0,119	0,60	1,29	4,20			
50	0,189	0,95	1,28	7,14			
100	0,291	1,46	1,27	9,80			
200	0,419	2,10	1,26	15,63			
400	0,635	3,18	1,23	18,52			
800	0,956	4,78	1,19	24,92			
1600	1,531	7,66	1,13	27,83			
3200	2,533	12,67	1,01	31,94			
1600	2,501	12,51	1,02				
400	2,433	12,17	1,02				
100	2,295	11,48	1,04				
25	2,030	10,15	1,07				

CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE

Indice dei vuoti iniziale	1,31	
Peso dell'unità di volume	16,03	kN/m ³
Altezza campione	20,00	mm
Diametro campione	50,47	mm
Sezione campione	20,00	cmq
Contenuto acqua iniziale	46,34	%
Contenuto acqua finale	41,00	%

Cv = Coefficiente di consolidazione primaria
C_α = Coefficiente di consolidazione secondaria
K = Coefficiente di permeabilità

Attrezzatura utilizzata: Edometro MATEST S260/AD/0008 comp. N° 2949

Tecnico sperimentatore
Dr. Genaro Maglio

Direttore Laboratorio
Dr. Genaro Maglio



PROVA EDOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-5

MC - 07 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 2 di 4

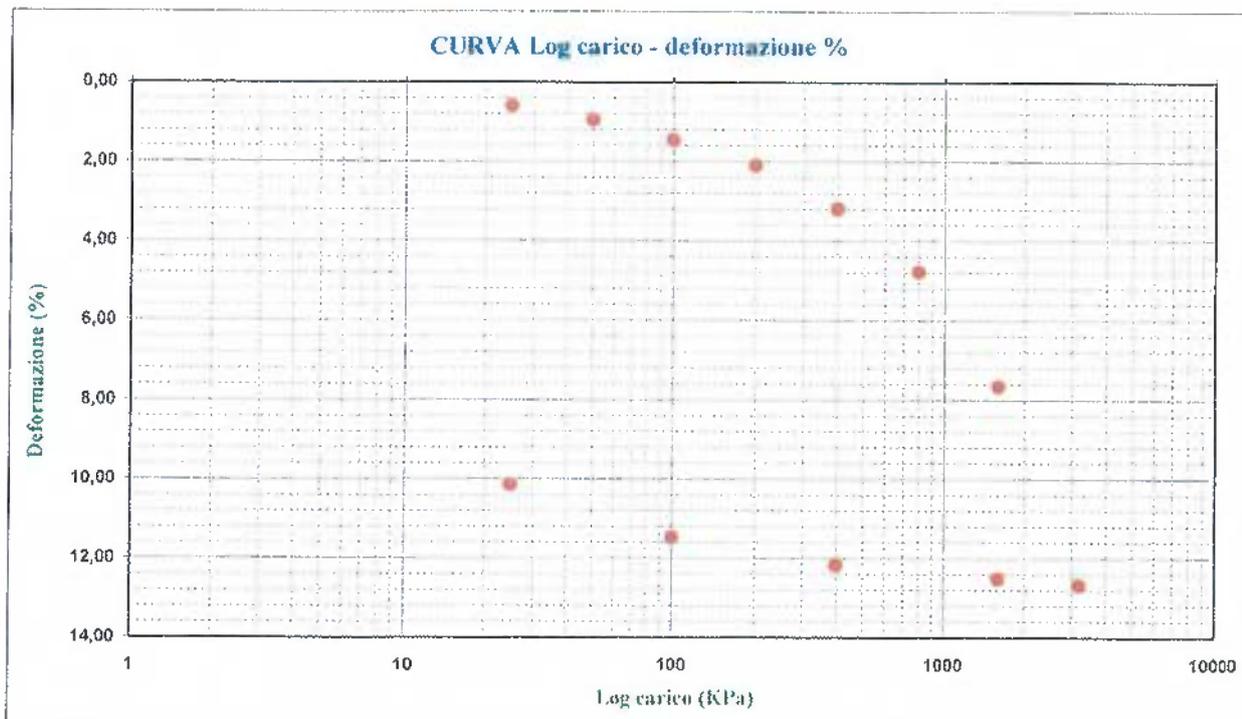
Verbale di accettazione n°: TR 423/22
del: 02.12.2022

Certificato n°: 2701-2022
Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A.
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m da pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	7,00 - 7,50	indisturbato	01.12.2022



Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. W. Maglio

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. Maglio



PROVA EDOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-5

MC - 07 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 3 di 4

Verbale di accettazione n°: TR 423/22
del: 02.12.2022

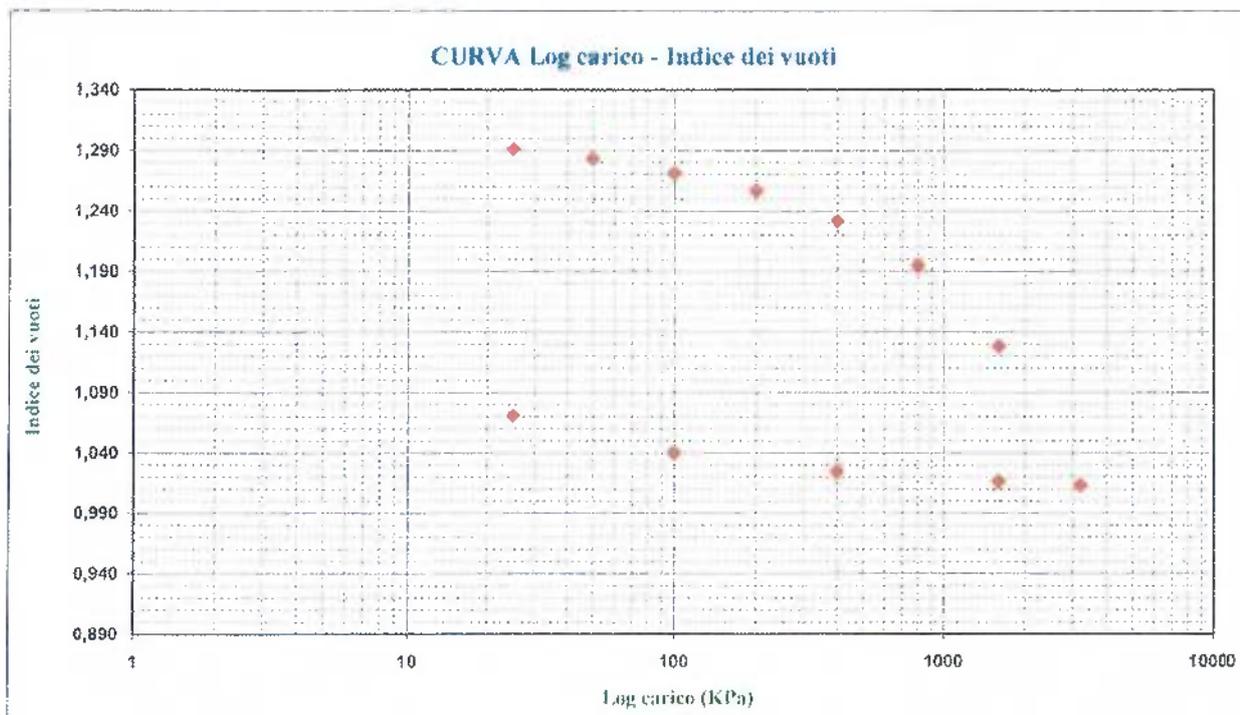
Certificato n°: 2701-2022
Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A.
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m da pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	7,00 - 7,50	indisturbato	01.12.2022

CURVA Log carico - Indice dei vuoti



Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. Maglio

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. Valerone



PROVA EDOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-5

MC - 07 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 4 di 4

Verbale di accettazione n°: TR 423/22
del: 02.12.2022

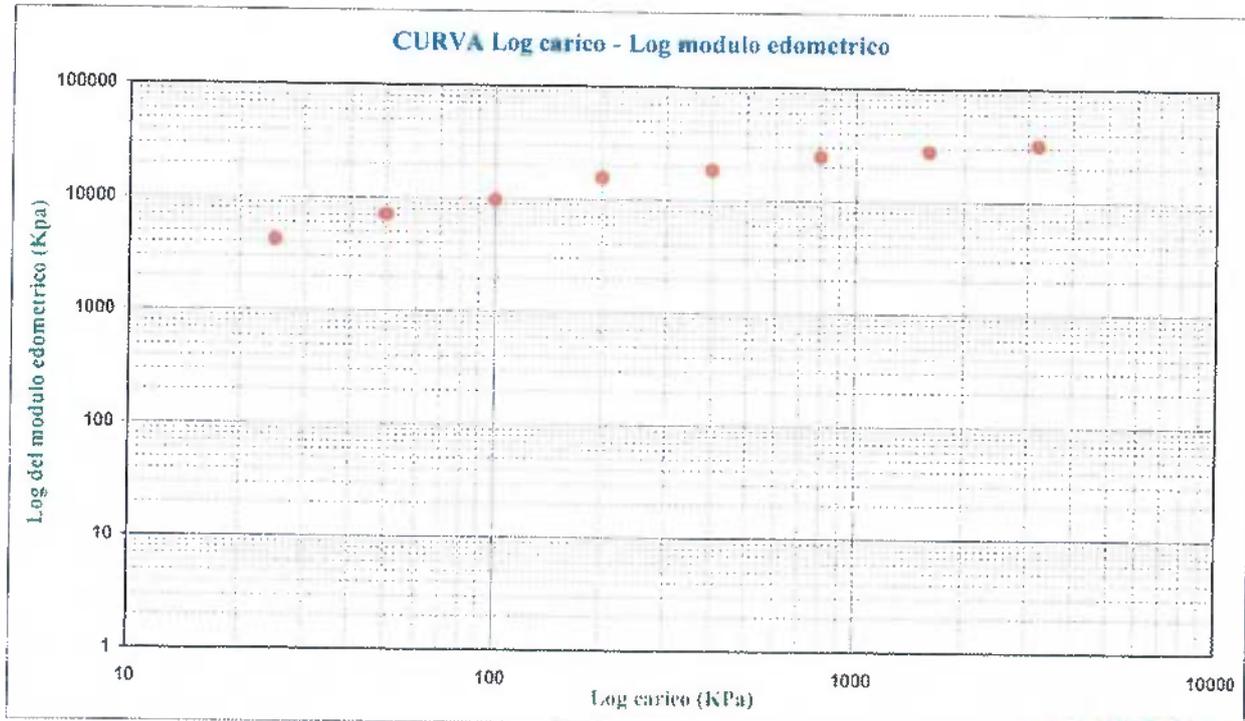
Certificato n°: 2701-2022
Data certificato: 12.12.2022

Richiedente: Geol. Salvatore Cacciapuoti
Committente: Clanio S.r.l. - Caserta
Cantiere: Lottizzazione C.21.A.
Località: via F.lli Rosselli - Caivano (NA)
Data di prova: 02.12.2022

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m da pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	7,00 - 7,50	indisturbato	01.12.2022

CURVA Log carico - Log modulo edometrico

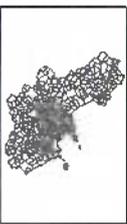


Tecnico sperimentatore
Dr. Carlo M. Maglio

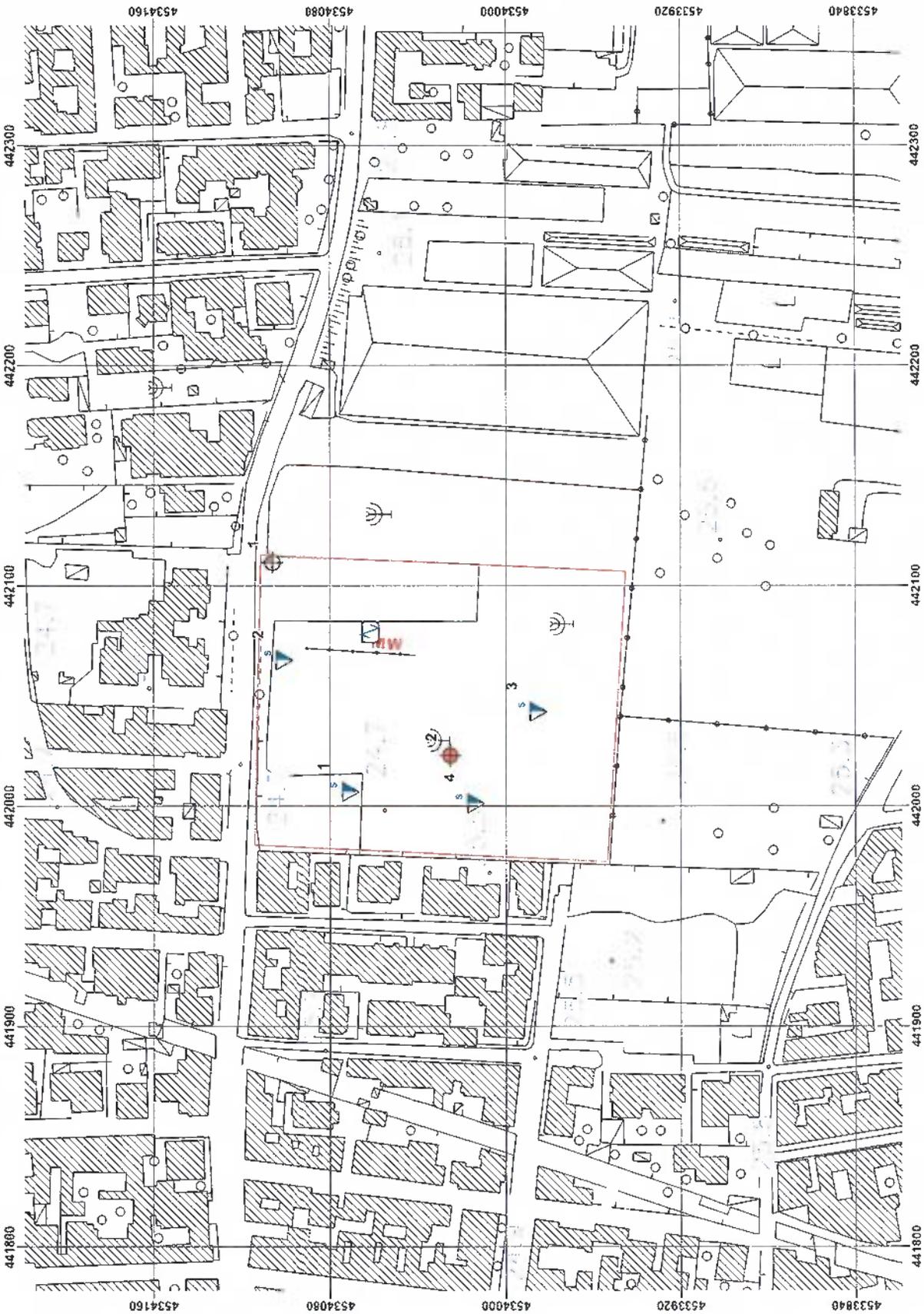
Direttore Laboratorio
Dr. Giuseppe Martone




Carta delle Indagini
 SCALA 1:200.00
REGIONE CAMPANIA
 Comune di
CAVIANO (NA)

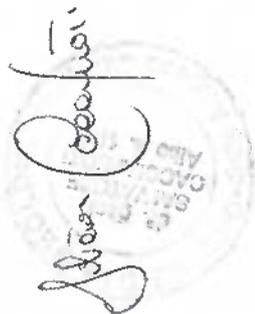


Data: 28/01/2017
 Foglio: 1/1

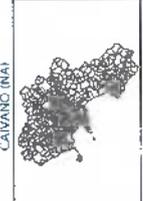


Leggenda

-  Sinalgna e tarologno certitico
-  Serefigghia a cartogghia continuo con assevio di carttoni
-  Pieve planimetriche dinatitche super pectanti
-  Indaghe di mecatronica a taz onu sigilato
-  Indaghe stematiche MASTI
-  Peribito indagatione




LOTTEZZIONE C2 IA via F. Rosselli Caivano (NA)
Carta delle MOP
 SCALA 1:2.000
REGIONE CAMPANIA
 Comune di
CAIVANO (NA)



Foglio n. 103
 Foglio n. 103



L. 11/08/2005 n. 158 - art. 10, comma 1, lett. a)

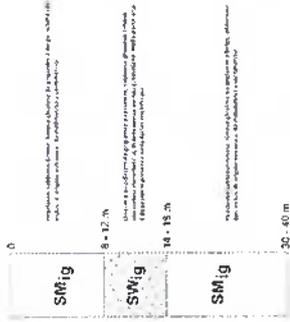
Legenda

 **Perimetro della zonazione**

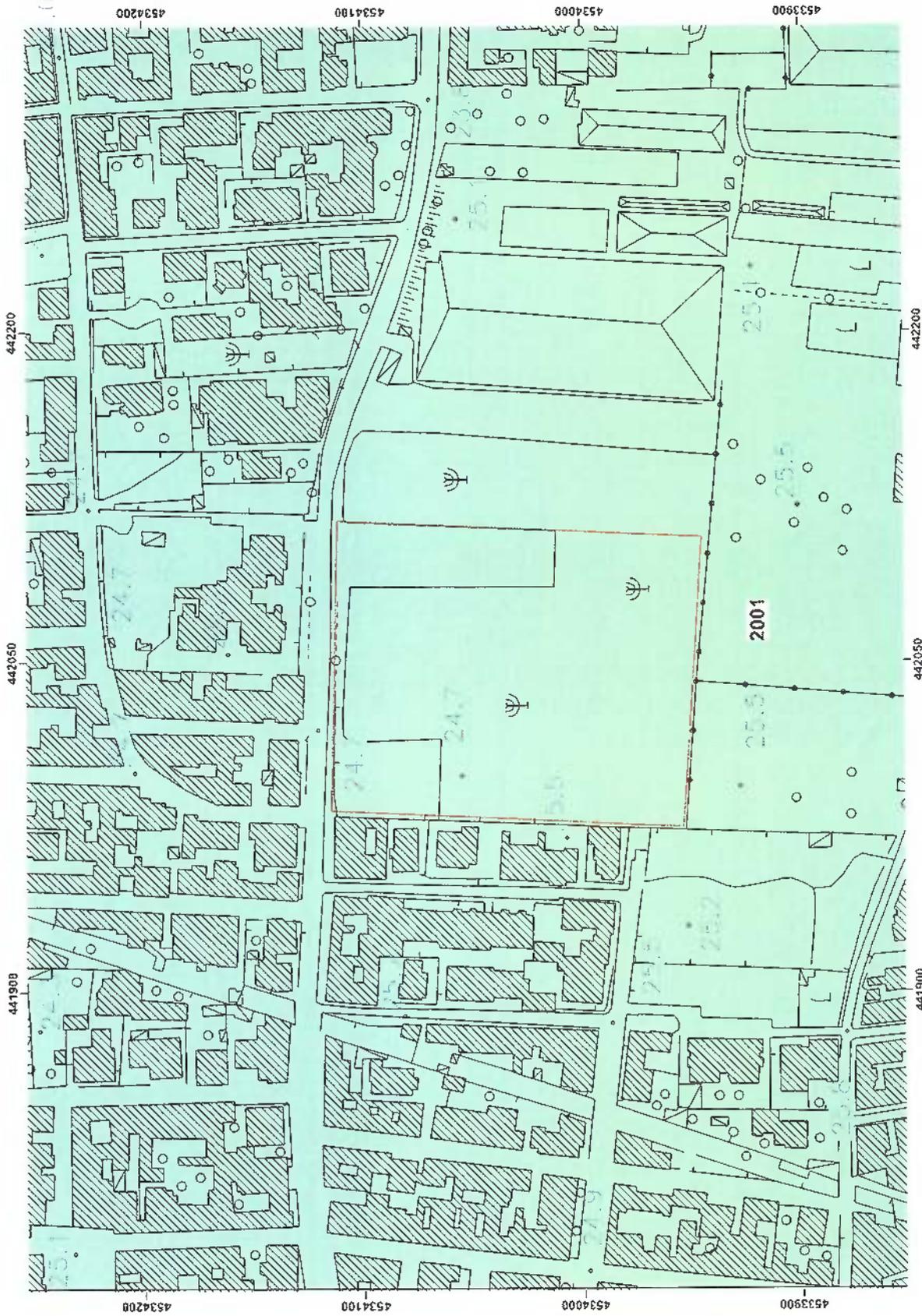
Zone stabili sovvertibili di amplificazione locali

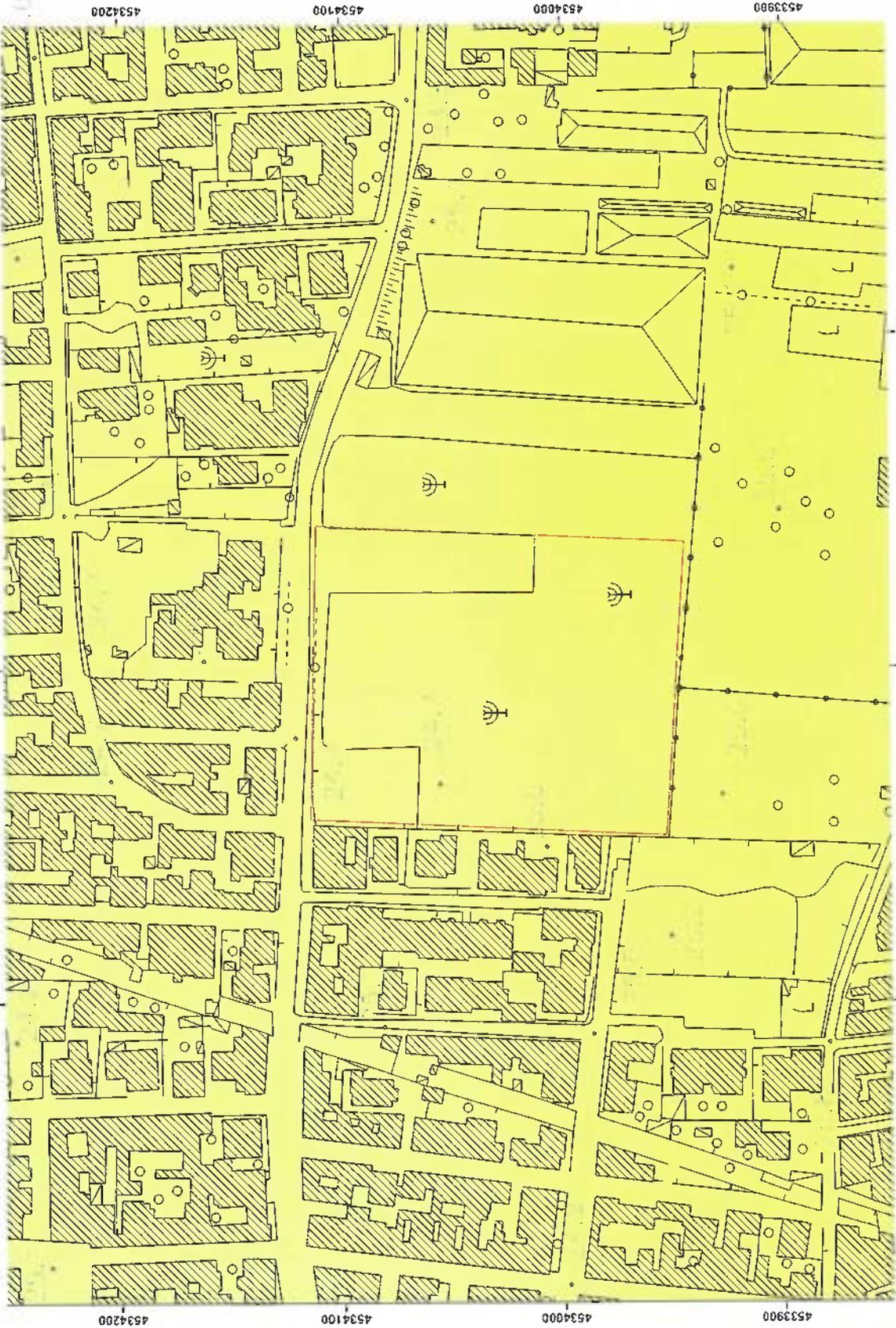
 **2001**
 Substrato: micaceo di sabbia e limo - Profondità: sottile
 Con tubi di origine vulcanica da millimetri a decimetri

Calotta stereografica della microsismicità 2001







Carta di Microzonazione sismica

 SCALA: 1:2.000

REGIONE CAMPANIA

 Comune di CALVANO (NA)

Foglio n. 100/102

Mappa n. 100/102



Legenda

Primo livello di amplificazione

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

M.0.05
 P.0.10





LOTTEZZIONE C2/1A Via F. Rosselli Calveto (NN)
 REGIONE CAMPANIA
 Comune di CASAVERTÙ (CA)

Carta della Stabilità
 SCALA 1:2.000

Data: 20/09/2017

Foglio: 1/1000

Foglio: 1/1000

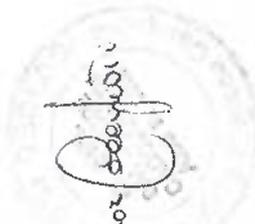


Legenda

 Perimetrio lottezzione

 Zone Stabili del corso e velle geomorfologiche e speling.co




 Antonio Calveto

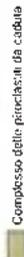

Carta Idrogeologica
 Lotteria C21A via F. Rensselli Caviano (NA)
 REGIONE CAMPANIA
 Comune di
 CAUVANO (NA)



Scala 1:2.000
 Data: 2012



Legenda

-  Perimetro lotteria
-  superfici pedometriche (m)
-  assi di drenaggio
- Complessi idrogeologici**
-  Complesso delle pianure in da cubia

Profondità della falda: -10 m dal p.c.


 [Signature]



