

Dr. Lorenzo Pizzi
geologo

c.f.: PZI LNZ 78 M09 G482N
65015 Montesilvano P.za Umberto I, 35
mobile 347 0173045
lorenzo.pizzi@epap.sicurezza postale.it
p.iva 01766250680

RELAZIONE GEOLOGICA RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

Committente:	TRIBUNALE DI CHIETI – ESECUZIONI IMMOBILIARI
Località:	Comune di CHIETI – Via Gramsci
Lavoro:	CONSULENZA GEOLOGICA A CORREDO DELLA CTU PER ESECUZIONE IMMOBILIARE 27/2021 TRIBUNALE DI CHIETI

Ns rif.:	C.217-2022
Vers.:	1.0
Nr. pagine:	83
Data consegna:	20 maggio 2022

il tecnico incaricato:

Dr. Geol. Lorenzo PIZII

Ordine dei Geologi Regione Abruzzo n° iscr. 349



Sommario

PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
1. RELAZIONE GEOLOGICA.....	5
1.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	5
1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO LOCALE.....	6
1.3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	7
1.3.1 Valutazione delle Pericolosità Geologiche	7
1.3.2 Modello Geologico del Sottosuolo	8
2. RELAZIONE SULLE INDAGINI.....	9
2.1 DESCRIZIONE ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI	9
2.2 PROVE DILATOMETRICHE.....	9
2.3 INSTALLAZIONE DI MICROPIEZOMETRO	10
2.4 PRELIEVO CAMPIONE INDISTURBATO	11
2.5 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	11
2.6 PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA HVSR.....	13
2.7 RISULTATI PROSPEZIONI SISMICHE.....	15
2.8 RISULTATI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE	16
3. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO	17
3.1 ZONAZIONE SIMOGENETICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	17
3.2 SORGENTI SIMOGENETICHE E FAGLIE ATTIVE	20
3.3 SISMICITÀ STORICA.....	22
4. RISPOSTA SISMICA LOCALE	24
4.1 Stima della Categoria di Suolo di Fondazione	24
4.2 Amplificazione Topografica	25
4.3 Definizione degli Spettri di Risposta Elastici in Accelerazione.....	26
4.4 Stabilità nei Confronti della Liquefazione	29
5. ANALISI DEL QUADRO FESSURATIVO DEL FABBRICATO	31
6. POSSIBILI INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO	33
7. CONCLUSIONI.....	34
Bibliografia	35



Allegati

I.	CARTA TOPOGRAFICA: stralcio dal Foglio 361 della Carta d'Italia dell'I.G.M. – Scala 1:25.000	(n°1 pagina)
II.	CARTA GEOLOGICA: stralcio dalla Carta Geologica d'Italia del Progetto CARG – Foglio 361 Chieti – Scala originaria 1:50.000	(n°1 pagina)
III.	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA: stralcio dalla Carta di Microzonazione Sismica di I livello del Comune di Chieti – Scala originaria 1:5.000	(n°1 pagina)
IV.	CARTA GEOMORFOLOGICA DEL PAI: stralcio dal Geoportale della Regione Abruzzo – Scala 1:25.000	(n°1 pagina)
V.	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DEL PAI: stralcio dal Geoportale della Regione Abruzzo – Scala 1:25.000	(n°1 pagina)
VI.	CARTA IDROGEOLOGICA: stralcio dallo Schema Idrogeologico dell'Italia Centro Adriatica – Scala originaria 1:250.000	(n°1 pagina)
VII.	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA DEL PSDA: stralcio dal Geoportale della Regione Abruzzo – Scala 1:25.000	(n°1 pagina)
VIII.	CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO E FORESTALE: stralcio dal Geoportale della Regione Abruzzo – Scala 1:25.000	(n°1 pagina)
IX.	PLANIMETRIA CATASTALE: stralcio dal Foglio n.34 del Comune di Chieti p.IIIa 4173 – Scala originaria 1:2.000	(n°1 pagina)
X.	FOTO AEREA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI	(n°1 pagina)
XI.	CERTIFICATI PROVE DILATOMETRICHE	(n°15 pagine)
XII.	CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO	(n°14 pagine)
XIII.	CERTIFICATO PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA HVSR	(n°4 pagine)
XIV.	ELABORATI PROGETTUALI	(n°1 pagina)
XV.	QUADRO FESSURATIVO RILEVATO	(n°2 pagine)
XVI.	SEZIONE GEOTECNICA	(n°1 pagina)



PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione è illustrato uno studio di carattere geologico, eseguito su incarico del Tribunale Ordinario di Chieti – Sezione Immobiliare a corredo della CTU per l'espropriazione immobiliare post Legge 80 promossa da Spring SPV srl contro [REDACTED] n. R.G.E.I. 27/2021. Il presente studio ha lo scopo di determinare le cause che hanno provocato il quadro fessurativo nell'immobile in oggetto e allo scopo di definire i possibili interventi di consolidamento da attuare.

Il sito si ubica nel Comune di Chieti, in Via Gramsci, alle coordinate geografiche (WGS84): latitudine 42.353996° N e longitudine 14.154227° E. A livello cartografico l'area rientra all'interno del Foglio 361 della Carta Topografica dell'I.G.M. (vedi Allegato I) ed è identificato al catasto del Comune di Chieti al Foglio n°34, particella n°4173 (vedi Allegato IX).

In prima analisi si è presa visione degli elaborati cartografici della Regione Abruzzo, dell'autorità di Bacino Regionale e quelli redatti dal Comune di Chieti. Nello specifico, per lo studio della geologia sono state analizzate la Carta Geologica del CARG (vedi Allegato II) e la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica del Comune di Chieti (vedi Allegato III). Per lo studio della geomorfologia e dei pericoli legati ad essa sono state analizzate la Carta Geomorfologica e la Carta di Pericolosità da frana del PAI (vedi Allegati IV e V). Per quanto riguarda l'idrogeologia e la pericolosità idraulica si è presa visione della Carta Idrogeologica dell'Italia Centro Adriatica e la Carta di Pericolosità Idraulica del PSDA (vedi Allegati VI e VII).

Successivamente, per la caratterizzazione stratigrafica, fisico-meccanica e sismica del sottosuolo, considerata la tipologia dei terreni affioranti e le possibili problematiche geologiche del sito, sono state eseguite: n°2 prove dilatometriche DMT (vedi Allegato XI), n°1 prelievo di campione indisturbato con esecuzione di prove geotecniche di laboratorio (vedi Allegato XII), n°1 micropiezometro e n°1 prospezione sismica passiva HVSR (vedi Allegato XIII).

È stato infine analizzato il quadro fessurativo dell'immobile oggetto di causa, allo scopo di definire le zone maggiormente ammalorate e le relative direzioni di cedimento.

Lo studio è condotto nel rispetto della normativa nazionale e regionale vigente, come di seguito descritta.

I dati riportati nel presente documento sono in accordo con le vigenti normative tecniche circa le indagini sui terreni e sulle rocce, e la realizzazione di scavi e di fondazioni sia superficiali che profonde (Testo Unico per le Costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 e s.m.i. e Legge sismica del 23 marzo 2003, pubblic. G.U. 8 maggio 2003), secondo le disposizioni dell'art. 27 del DPR 554/1999 (Regolamento di attuazione della legge quadro sui LL.PP. n. 109/1994 e s.m.i.) e secondo il Decreto 30/12/2016 n. 3/Reg Abruzzo (Regolamento attuativo della legge regionale 11 agosto 2011 n. 28 "Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche").



1. RELAZIONE GEOLOGICA

1.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

In generale l'area di indagine si trova in corrispondenza della fascia collinare Adriatica, le cui forme sono rilevabili con omogeneità per un lungo tratto della costa Abruzzese e Marchigiana.

Geologicamente affiorano estesamente le formazioni argillose e sabbiose del Plio-Pleistocene rappresentanti la serie sedimentaria delle ultime fasi di deposizione marina dell'Avanfossa Adriatica: una fossa subsidente allungata in direzione NW-SE sede di un'intensa sedimentazione terrigena sinorogenetica.

In questo modo la struttura della fascia collinare costiera ha risentito poco dei movimenti tettonici appenninici, perciò si presenta con una struttura tipicamente monoclinica a leggera immersione verso Est.

Tale struttura si evidenzia nettamente nelle forme dei rilievi che formano versanti più acclivi nel lato Occidentale dove gli strati sono in leggero reggipoggio.

Litologicamente le formazioni del Plio-Pleistocene sono formate da limi argillosi o sabbiosi di colore grigio con abbondante contenuto calcitico con stratificazione varia ma mediamente dell'ordine del decimetro, il contatto stratigrafico è sempre segnato da sottilissimi veli di silt o sabbie fini.

L'apice della formazione presenta un arricchimento della frazione sabbiosa con strati dell'ordine della decina di centimetri fino al passaggio stratigrafico alla soprastante formazione sabbiosa-conglomeratica che segna il limite di regressione marino e che occupa la parte apicale delle colline tipicamente occupate da insediamenti abitativi.

Risulta quindi chiaro che la successione sedimentaria presenta delle variazioni notevoli di granulometria e composizione litologica con contatti fra le formazioni affioranti generalmente di carattere trasgressivo.

Il territorio si sviluppa interamente lungo la fascia collinare litoranea e risente in modo determinante delle caratteristiche climatiche e meteoriche della zona costiera. Questi fattori climatici sono di estrema importanza in un contesto collinare e dal substrato geologico con caratteristiche limo-sabbiose od argillose, poiché il modellamento dei versanti e la formazione di coltri superficiali autoctone o alloctone dipende in massima parte dagli agenti atmosferici.

L'assetto tettonico e strutturale del substrato geologico è nascosto dalla natura prettamente argillosa delle litologie affioranti, tuttavia dallo studio dei lineamenti morfologici del paesaggio si può essere ricondotti a strutture tettoniche sepolte riferibili al quadro evolutivo appenninico plio-pleistocenico. Come ad esempio



l'isorientamento in direzione appenninica (NO - SE) e antiappenninica (NE - SO) delle aste principali del reticolo idrografico e dei fossi ad erosione concentrata.

Le acque correnti superficiali, ove presenti, di carattere prettamente torrentizio, incidono in maniera determinante sulla stabilità dei versanti e sull'evoluzione geomorfologica del territorio. Esse innescano fenomeni erosivi di scalzamento al piede dei versanti, aumentando la componente traslazionale delle coltri superficiali.

Variazioni dell'equilibrio morfoclimatico possono provocare localmente l'intensificarsi del fenomeno di ruscellamento, portando alla progressiva eliminazione della copertura vegetale e del suolo stesso.

1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO LOCALE

Dall'analisi della Carta Geologica del CARG redatta alla scala 1:50.000 (vedi Allegato II), risulta che il sito in esame è impostato sui depositi marini ascrivibili alla Formazione di Mutignano - associazione pelitico-sabbiosa (FMT_a) del Pleistocene Inferiore-Pliocene Superiore. Tali depositi sono caratterizzati dalla presenza di argille ed argille marnose di colore grigio con intercalazioni di sottili livelli sabbiosi e sabbioso-limosi fossiliferi. Il rapporto sabbia/argilla è nettamente inferiore all'unità. Dall'analisi della cartografia geologica non si rilevano elementi strutturali di rilievo.

Nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) del Comune di Chieti (Studio di Microzonazione Sismica di I livello), validata dalla Regione Abruzzo in data 16/06/2015, l'area in esame rientra in una "Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali" denominata "Zona 1", caratterizzata dalla presenza del substrato geologico, costituito da argille e argille marnose (vedi Allegato III).

Dal punto di vista morfologico, il sito in esame si ubica ad una quota altimetrica di circa 150 m s.l.m. (vedi Allegato I), nella porzione apicale di un pendio inclinato verso Sud di circa 25°. La cartografia del PAI riporta poco a valle del fabbricato un corpo di frana di scorrimento rotazionale in stato attivo (Allegato IV).

La circolazione idrica superficiale è regolata dall'andamento topografico dell'area, da fossi e solchi di ruscellamento con pattern idrografico dendritico-sub-dendritico. A valle dell'area in esame scorre un Fosso senza toponimo ad andamento circa SE-NO, il quale raccoglie le acque degli impluvi e dei piccoli solchi di ruscellamento secondari, per poi scorrere nella piana alluvionale e riversarsi nel Fiume Pescara, che rappresenta il livello di base per il deflusso superficiale.

Il sito in esame non rientra in un'area soggetta a pericolosità idraulica del PSDA (vedi Allegato VII).



Nella Carta Idrogeologica dell'Italia Centro Adriatica, il sito si ubica all'interno del *Complesso delle Peliti arenacee (G)*, costituito dalla successione marina prevalentemente argillosa plio-pleistocenica (G1) al cui interno si intercalano a diversa altezza corpi arenacei, arenaceo-conglomeratici, arenaceo-pelitici e conglomeratici. Durante l'esecuzione delle indagini (vedi Cap. 2 – Relazione sulle indagini), non è stata rilevata la presenza della falda acquifera (aste di perforazione e micropiezometro asciutti). La permeabilità primaria di questi depositi pur risultando medio-bassa non esclude la possibilità di fenomeni di infiltrazione idriche e/o locali circolazioni all'interno degli stessi, laddove le condizioni lo consentano, specie al contatto tra le coltri ed il sottostante substrato argilloso impermeabile.

1.3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

1.3.1 Valutazione delle Pericolosità Geologiche

Pericolosità Sismica

Per la valutazione della pericolosità sismica della zona si rimanda al Capitolo 3 (Modellazione Sismica del Sito).

Pericolosità da Frana

Come precedentemente detto (vedi par. 1.2), nell'ingombro del fabbricato non si rileva la presenza di fenomeni riconducibili a dissesti potenziali o in atto; tuttavia, la cartografia del PAI riporta poco a valle del fabbricato un corpo di frana di scorrimento rotazionale in stato attivo (vedi Allegato IV). Non può escludersi che l'evoluzione retrogressiva di tale frana possa in futuro interessare il fabbricato in esame.

L'area è soggetta a Vincolo Idrogeologico e Forestale ai sensi del R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267 (vedi Allegato VIII). Gli interventi consigliati (vedi Cap. 6) non turbano in alcun modo le naturali condizioni idrogeologiche del sito e sono compatibili con l'idro-geomorfologia dell'area.

Pericolosità Idraulica

Come precedentemente detto (vedi par. 1.2), il sito interessato dagli interventi in progetto non rientra in zone soggette a pericolosità idraulica del PSDA (Allegato VII).



1.3.2 Modello Geologico del Sottosuolo

Dal punto di vista stratigrafico, sulla base della bibliografia disponibile e dei risultati delle indagini svolte (vedi Relazione sulle Indagini in Cap. 2), è stato possibile sintetizzare il sottosuolo dell'area investigata nei seguenti orizzonti stratigrafici:

- **Orizzonte 1 (UL1):** Terreno di riporto e/o terreno detensionato costituito da limi argillosi e sabbiosi, fino a profondità comprese tra 1,0 e 4,0 m dal p.c. (gli spessori maggiori si trovano subito a monte del piano seminterrato);
- **Orizzonte 2 (UL2):** Coltre di alterazione limoso-argilloso-sabbiosa, fino a circa 2,0-4,0 m di profondità dal p.c.;
- **Orizzonte 3 (UL3):** Limi argillosi con sottili livelli sabbiosi consistenti (Substrato geologico).

Per una migliore comprensione delle geometrie del sottosuolo si rimanda all'Allegato XVI.

Durante l'esecuzione delle indagini non è stata riscontrata la presenza della falda acquifera (aste di perforazione e micropiezometro asciutti); tuttavia non si esclude una locale circolazione idrica all'interno dei depositi di coltre e al contatto con il substrato argilloso impermeabile dopo eventi meteorici di particolare intensità oppure all'interno dei livelli sabbiosi del substrato.



2. RELAZIONE SULLE INDAGINI

2.1 DESCRIZIONE ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Per la caratterizzazione stratigrafica, fisico-meccanica e sismica del sottosuolo, in considerazione della natura dei terreni presenti e del quadro fessurativo rilevato, sono state eseguite:

- ✓ N°2 prove dilatometriche (DMT1 e DMT2) spinte fino alla profondità di 10.0 m dal p.c. (vedi Allegato XI), allo scopo di verificare la presenza di eventuali superfici di scorrimento e per la definizione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del volume significativo;
- ✓ N°1 micropiezometro, in corrispondenza del foro della prova dilatometrica DMT2, per la misura dell'eventuale soggiacenza della falda acquifera;
- ✓ Prelievo di N°1 campione indisturbato e relative prove di laboratorio geotecniche.
- ✓ n°1 prospezione sismica passiva HVSR, per la determinazione della VS_{eq} necessaria a definire la categoria di suolo di fondazione (vedi Allegato XIII).

Le ubicazioni delle indagini sono visibili in Allegato X.

2.2 PROVE DILATOMETRICHE

Il dilatometro è una lama di acciaio dotata su una faccia di una sottile membrana espandibile di forma circolare. La membrana, in condizioni di riposo, è alla pari con la superficie circostante della lama. La lama è collegata, tramite un cavo elettro-pneumatico che passa attraverso le aste di spinta, ad una centralina di controllo e misura in superficie

La centralina è dotata di manometri di precisione (due, con fondo scala di 10 e 60 bar), di un segnalatore audiovisivo del contatto elettrico, di una valvola di controllo del flusso del gas (fornito da una bombola di azoto tecnico), di valvole per lo sfiato.

Subito dopo ciascun avanzamento, a punta immobile, l'operatore immette gas a tergo della membrana, operando sulla valvola di controllo del flusso. In circa un minuto l'operatore rileva due misure di pressione: la pressione A necessaria per iniziare il movimento della membrana (il distacco provoca la cessazione di un segnale acustico, indicando all'operatore che quello è il momento di leggere la pressione A) e la pressione B necessaria affinché il centro della membrana si sposti di 1,1 mm contro il terreno (condizione segnalata dal re-inizio del segnale acustico). Dopo B può opzionalmente effettuarsi una terza lettura, C (closing pressure). A tal fine, subito



dopo il raggiungimento di B, viene aperta una valvola di sfiato lento, che causa una lenta "chiusura" della membrana fino a toccare il piano di supporto sottostante.

Ai valori di pressione A, B (C) vanno applicate le correzioni ΔA , ΔB determinate mediante calibrazione per tener conto della rigidità della membrana. Le pressioni A, B (C) vengono così convertite in p_0 , p_1 (p_2). I valori di p_0 , p_1 vengono usualmente interpretati attraverso le correlazioni riportate in Tabella 2-1.

SIMB	DESCRIZIONE	FORMULE BASE DI INTERPRETAZIONE DEL DMT	
p_0	Prima lettura corretta	$p_0 = 1.05(A - Z_M + \Delta A) - 0.05(B - Z_M - \Delta B)$	Z_M = Scarto del manometro dallo zero
p_1	Seconda lettura corretta	$p_1 = B - Z_M - \Delta B$	Tuttavia se ΔA & ΔB vengono misurate con lo stesso manometro per le letture A & B, porre $Z_M=0$ (si ha compensazione di Z_M)
I_D	Indice di materiale	$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$	u_0 = pressione neutra preinserimento
K_D	Indice di spinta orizzontale	$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{V0}$	σ'_{V0} = tensione verticale preinsemento
E_D	Modulo dilatometrico	$E_D = 34.7 (p_1 - p_0)$	E_D non è il modulo di Young E. E_D deve essere utilizzato solo in combinazione con K_D (storia tensionale). Dapprima calcolare $M_{DMT} = R_M E_D$, poi ricavare il modulo $E \approx 0.8 M_{DMT}$
K_0	Coeff. di spinta a riposo	$K_{0DMT} = (K_0 / 1.5)^{0.47} - 0.6$	per $I_D < 1.2$
OCR	Rapp. di sovraconsolidazione	$OCR_{DMT} = (0.5 K_0)^{1.50}$	per $I_D < 1.2$
c_u	Resistenza al taglio non drenata	$c_{uDMT} = 0.22 \sigma'_{V0} (0.5 K_0)^{1.25}$	per $I_D < 1.2$
ψ	Angolo di resistenza al taglio	$\psi_{min,DMT} = 28 + 14.6 \log K_0 - 2.1 \log^2 K_0$	per $I_D > 1.8$
C_h	Coeff. di consolidazione	$C_{hDMT} \approx 7 \text{ cm}^2 / T_{flex}$	T_{flex} dalla A-log(t), curva di dissipazione DMTA
K_h	Coeff. di permeabilità	$k_h = C_h \gamma_w / M_h$ ($M_h = K_0 M_{DMT}$) (si veda l'abaco in Cestari, 1990)	
γ	Peso di volume e descrizione		
M	Modulo edometrico	$M_{DMT} = R_M E_D$ se $I_D \leq 0.6$ $R_M = 0.14 + 2.35 \log K_0$ se $I_D \geq 3$ $R_M = 0.5 + 2 \log K_0$ se $0.6 < I_D < 3$ $R_M = R_{M0} + (2.5 - R_{M0}) \log K_0$ dove $R_{M0} = 0.14 + 0.15(I_D - 0.6)$ se $K_0 > 10$ $R_M = 0.32 + 2.18 \log K_0$ se $R_M < 0.85$ porre $R_M = 0.85$	
U_0	Pressione interstiziale di equilibrio	$U_0 = p_2 - C - Z_M + \Delta A$	In terreni liberamente drenanti

Tabella 2-1 – Formule di interpretazione per il DMT.

I risultati vengono usati nel seguente modo:

- il profilo di I_D (Indice di Materiale) fornisce informazioni sul tipo di materiale;
- i profili di M (modulo verticale confinato drenato in corrispondenza della tensione geostatica) e di c_u (resistenza al taglio non drenata), parametri ben noti, vengono utilizzati nei modi usuali;

Il profilo di K_D (Indice di Spinta Orizzontale) è simile, in forma, al profilo del grado di sovraconsolidazione OCR. In particolare $K_D = 2$ indica $OCR = 1$, mentre $K_D > 2$ indica sovraconsolidazione.

2.3 INSTALLAZIONE DI MICROPIEZOMETRO

Il corrispondenza del foro della prova dilatometrica DMT2 è stato installato n. 1 micropiezometro a tubo aperto allo scopo di misurare il livello della eventuale falda acquifera.



2.4 PRELIEVO CAMPIONE INDISTURBATO

In prossimità della prova penetrometrica DMT2 è stato prelevato n°1 campione indisturbato (C1) tramite l'utilizzo di campionatore a pareti sottili tipo Shelby, di lunghezza 60 cm e diametro esterno 89 mm, infisso a pressione nel terreno e successivamente sigillato tramite tappi a tenuta. Sul suddetto campione sono state eseguite le prove geotecniche di laboratorio illustrate nel paragrafo successivo.

2.5 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Il campione prelevato è stato sottoposto alle prove indicate nella seguente Tabella 2-2.

Prova di laboratorio eseguita	Normativa di riferimento
Apertura e descrizione generale del campione	Raccomandazioni AGI 1994
Contenuto d'Acqua	UNI CEN ISO/TS 17892-1
Massa Volumica	UNI CEN ISO/TS 17892-2
Analisi Granulometria	UNI CEN ISO/TS 17892-4 ASTM D 422-63
Prova di taglio diretto	UNI CEN ISO/TS 17892-10
Prova di compressione Edometrica	UNI CEN ISO/TS 17892-7

Tabella 2-2 – Prove di laboratorio eseguite e normativa di riferimento.

➤ **Contenuto d'acqua allo stato naturale, peso di volume allo stato naturale e peso specifico dei granuli**

La determinazione di queste caratteristiche fisiche si effettua al fine di ottenere i dati necessari alle prove geotecniche di laboratorio.

Il contenuto d'acqua naturale si esegue su un campione indisturbato da cui si prelevano alcuni provini, che vengono pesati, essiccati in forno a 105-110°C fino a massa costante e ripesati a temperatura ambiente. Le masse secca e umida così determinate consentono il calcolo della percentuale d'acqua contenuta in ciascun provino.

Il peso dell'unità di volume esprime il peso totale di un campione (compreso il peso dell'acqua) in rapporto al volume totale occupato. Viene determinato infiggendo una fustella di volume noto in un campione indisturbato e pesando la quantità di materiale così prelevata.

Il peso specifico dei granuli rappresenta il rapporto tra il peso del campione secco ed il volume occupato dai soli granuli, e costituisce un dato fondamentale per diverse tipologie di prova su terre. È determinata con il metodo del picnometro



calibrato, che consente di determinare la massa volumica dei grani conoscendo il volume occupato dai grani ed il peso secco del materiale.

➤ **Analisi granulometrica**

Prevede l'utilizzo di setacci a maglia quadrata e con crivelli con fori circolari. Per la setacciatura vengono utilizzati una serie di setacci con $d_1 > d_2 > d_3$ decrescenti verso il basso. Il materiale essiccato viene posto in alto alla pila di setacci e sottoposto a vibrazioni: il primo setaccio ferma il materiale con dimensioni $d > d_1$, poi a scendere viene fermato il materiale avente $d_1 > d > d_2$, $d_2 > d > d_3$, $d < d_3$. Si procede al calcolo del peso delle singole frazioni P1, P2, P3 e PF, mentre il peso complessivo è P.

Da tale analisi è possibile calcolare percentualmente il peso della frazione di materiale che passa da una determinata dimensione della maglia di un setaccio impiegato nell'analisi granulometrica.

➤ **Prova di taglio diretto**

L'apparecchio per eseguire le prove di taglio diretto è detto scatola di taglio diretto o anche scatola di Casagrande ed è identico ad un edometro per quanto attiene la fase di consolidazione del campione. In laboratorio il provino ha una base quadrata di lato 60mm e un'altezza di 20-30mm. Il provino è completamente immerso in acqua in modo che non si formino menischi e si annullino le pressioni al contorno. Le prove di taglio diretto sono sempre prove in condizioni drenate, cioè viene condotta molto lentamente in modo che si dissipino le pressioni interstiziali. Le prove di taglio diretto si dividono in due fasi: fase di consolidazione e fase di taglio. Durante la prima fase vengono applicati a tempi prestabiliti dei carichi crescenti, per una durata di circa 24 ore. Durante la seconda fase viene condotta la prova di taglio a velocità costante e relativamente bassa in modo da permettere la dissipazione delle pressioni interstiziali.

In conclusione, i parametri fisico meccanici ottenuti da questa prova sono l'angolo di attrito Φ e la coesione efficace c' .

➤ **Prova di compressione Edometrica**

La prova edometrica consiste nell'applicare una pressione verticale ad un provino cilindrico di terreno in situazione di espansione laterale impedita, in modo da permettere il drenaggio dell'acqua nella sola direzione verticale attraverso due pietre.

Dall'istante di applicazione della pressione verticale vengono misurati i cedimenti verticali che ne conseguono. Poiché i granuli della parte solida del campione e l'acqua che ne occupa gli spazi interstiziali si possono ritenere incompressibili, la



variazione di volume registrata durante la fase di compressione è dovuta esclusivamente all'espulsione dell'acqua intergranulare ovvero alla riduzione dei pori.

Nell'ambito della stessa prova e sullo stesso provino, si ripetono più fasi di compressione con pressioni che aumentano in maniera geometrica, lasciando ciascun carico per il tempo necessario affinché i cedimenti del provino si stabilizzino.

In questo modo si conducono più gradini di carico e, per ciascuno di essi, è possibile determinare una curva di consolidazione edometrica, ossia la curva cedimenti-tempo. Dall'analisi di questa curva, condotta secondo quanto previsto dalle teorie della consolidazione (Casagrande e Taylor), è possibile ricavare parametri che esprimono la velocità di consolidazione, ottenere l'entità dei cedimenti e determinare le caratteristiche di compressibilità di un suolo.

I valori di cedimento ottenuti per ciascun gradino di carico sono inoltre utili per tracciare il diagramma dell'indice dei pori in funzione della pressione, dal quale si possono inoltre dedurre il coefficiente di compressione e la pressione di consolidazione.

I dati ottenuti dalla prova edometrica sono di estrema importanza per ipotizzare il comportamento di un terreno sottoposto al carico di una fondazione o in qualsiasi situazione di sollecitazione di tipo edometrico.

2.6 PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA HVSR

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie della Terra, è generato, oltre che dall'attività dinamica del pianeta, dai fenomeni atmosferici e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ($10-15 \text{ m/s}^2$ in termini di accelerazione), inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso pianeggiante presenta dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz, comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di fenomeni di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

L'applicazione del metodo corrisponde ad accertare che la frequenza di risonanza di uno strato coincida con la frequenza per la quale assume il valore massimo il rapporto $RHV=S/VS$ (Horizontal to Vertical Ratio) tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo nello stesso sito. Il metodo dei



rapporti spettrali si basa sull'individuazione di un sito di riferimento, presumibilmente privo di effetti di sito rilevanti, rispetto al quale confrontare il segnale sismico del sito da analizzare. Nakamura (1989) ha proposto una tecnica per l'interpretazione dei microtremori che dovrebbe fornire stime attendibili sia della frequenza fondamentale del deposito che dell'amplificazione relativa a tale frequenza. La tecnica di Nakamura considera i microtremori composti principalmente da onde di Rayleigh e considera che l'amplificazione relativa agli effetti di sito sia causata dalla presenza di uno strato sedimentario giacente su di un semispazio. In queste condizioni ci sono quattro componenti del moto sismico da considerare:

- le componenti orizzontali in superficie (HS) e alla base dei sedimenti (HB);
- le componenti verticali in superficie (VS) e alla base dei sedimenti (VB).

Secondo Nakamura è possibile stimare la forma spettrale della sorgente dei microtremori $A_S(\omega)$ (in funzione della frequenza) con la seguente relazione:

$$A_S(\omega) = \frac{V_S(\omega)}{V_B(\omega)}$$

dove VS e VB sono le ordinate spettrali delle componenti verticali del moto, rispettivamente in superficie e alla base di sedimenti.

Nakamura definisce come effetto di sito il rapporto spettrale $S_E(\omega)$:

$$S_E(\omega) = \frac{H_S(\omega)}{H_B(\omega)}$$

dove HS e HB sono le ordinate spettrali delle componenti orizzontali del moto rispettivamente in superficie e alla base dei sedimenti.

Per compensare l'effetto di sito $S_E(\omega)$ dallo spettro di sorgente $A_S(\omega)$ viene calcolato il rapporto spettrale modificato $S_M(\omega)$ come:

$$S_M(\omega) = \frac{S_E(\omega)}{A_S(\omega)} = \frac{H_S(\omega)/V_S(\omega)}{H_B(\omega)/V_B(\omega)}$$

Nakamura assume che per tutte le frequenze di interesse $H_B / V_B = 1$, basandosi su registrazioni, sperimentalmente verificate da lui, di microtremori in pozzo; quindi l'effetto di sito modificato $S_M(\omega)$ è descritto da:

$$S_M(\omega) = \frac{S_E(\omega)}{A_S(\omega)} = \frac{H_S(\omega)}{V_S(\omega)}$$

L'interpretazione dei dati sismici acquisiti consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con discontinuità sismiche e cambi litologici presenti nel sottosuolo, consentendo di ricavare spessori e velocità dei vari strati e di ottenere la frequenza di risonanza del sito; quest'ultima rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento dei manufatti in termini di risposta



sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nella costruzioni di fabbricati aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di doppia risonanza estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi; essa dipende dallo spessore H del sedimento e dalla velocità media delle onde (V_s) nel sedimento secondo la seguente relazione:

$$f = V_s/4H \text{ (sistemi omogenei - isotropi a due strati)}$$

Per la registrazione del rumore sismico ambientale è stato utilizzato il Tromino (Micromed), uno strumento digitale che viene utilizzato per la misura ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale (microtremori) nell'intervallo di frequenze compreso tra 0,1 e 200 Hz delle vibrazioni. I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri orientati N-S, E-W, e verticalmente, che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore avente dinamica 24 bit equivalente.

Il segnale di microtremore, dopo essere stato acquisito viene elaborato secondo la tecnica di Nakamura (rapporti spettrali o HVSR) tramite il software dedicato (Grilla) il quale, per ciascuna delle tre componenti del moto registrate, permette di:

- suddividere la registrazione in intervalli di qualche decina di secondi ciascuno;
- eseguire l'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- calcolare i rapporti spettrali fra componenti del moto orizzontali e verticale;
- calcolare i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

2.7 RISULTATI PROSPEZIONI SISMICHE

Dall'esecuzione della prospezione sismica di tipo HVSR, è stato possibile stimare la V_{seq} necessaria per la definizione della categoria di suolo di fondazione e calcolare i parametri e coefficienti sismici del sito, consultabili nel seguente Capitolo 3 (Modellazione Sismica del Sito), a cui si rimanda per i risultati.



2.8 RISULTATI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

Dall'analisi della bibliografia disponibile e dai risultati provenienti dalle indagini eseguite, è stato possibile attribuire la parametrizzazione geotecnica visibile nella seguente Tabella.

Profondità	Descrizione	Parametri geotecnici medi nominali	
1,0-4,0 m	Orizzonte 1 (UL1) Terreno di riporto e/o terreno detensionato costituito da limi argillosi e sabbiosi	Peso di volume Peso di volume saturo Modulo Edometrico Angolo d'attrito Coesione efficace	γ = 1,77 t/mc γ_s = 1,87 t/mc E_{ed} = 300 t/mq ϕ = 20,0 gradi c' = 0,00 t/mq
2,0-4,0 m	Orizzonte 2 (UL2) Coltre di alterazione essiccata limoso-argilloso-sabbiosa	Peso di volume Peso di volume saturo Coesione non drenata Modulo Edometrico Angolo d'attrito Coesione efficace	γ = 2,10 t/mc γ_s = 2,15 t/mc C_u = 20,0 t/mq E_{ed} = 500 t/mq ϕ = 25,5 gradi c' = 0,60 t/mq
---	Orizzonte 3 (UL3) Limi argillosi con sottili livelli sabbiosi consistenti (substrato geologico)	Peso di volume Peso di volume saturo Coesione non drenata Modulo Edometrico Angolo d'attrito Coesione efficace	γ = 2,15 t/mc γ_s = 2,20 t/mc C_u = 28,0 t/mq E_{ed} = 1000 t/mq ϕ = 23,0 gradi c' = 1,00 t/mq

Tabella 2-3 - Parametri geotecnici medi nominali

Per una migliore comprensione delle geometrie del sottosuolo si rimanda alla sezione geotecnica in Allegato XVI.

Durante l'esecuzione delle indagini non è stata riscontrata la presenza della falda acquifera (aste di perforazione e micropiezometro asciutti); tuttavia non si esclude una locale circolazione idrica all'interno dei depositi di coltre e al contatto con il substrato argilloso impermeabile dopo eventi meteorici di particolare intensità oppure all'interno dei livelli sabbiosi del substrato.



3. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

3.1 ZONAZIONE SISMOGENETICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La zonazione sismogenetica, denominata ZS9, è stata sviluppata a partire da un sostanziale ripensamento della zonazione ZS4, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. Nella ZS9, le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche si innestano sul quadro di evoluzione cinematica Plio-Quaternaria su cui si basava la ZS4. La ZS9 è corredata, per ogni zona sismogenetica (ZS), da una stima della profondità media dei terremoti (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, 2004).

L'area in esame rientra nella zona sismogenetica 918 (vedi Figura 3-1 e Tabella 3-1). L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, 2004). La zona 918 è caratterizzata da una classe di profondità efficace compresa tra 12 e 20 Km, da un meccanismo di fagliazione prevalente di tipo indeterminato e da una magnitudo massima MW di 6,37.

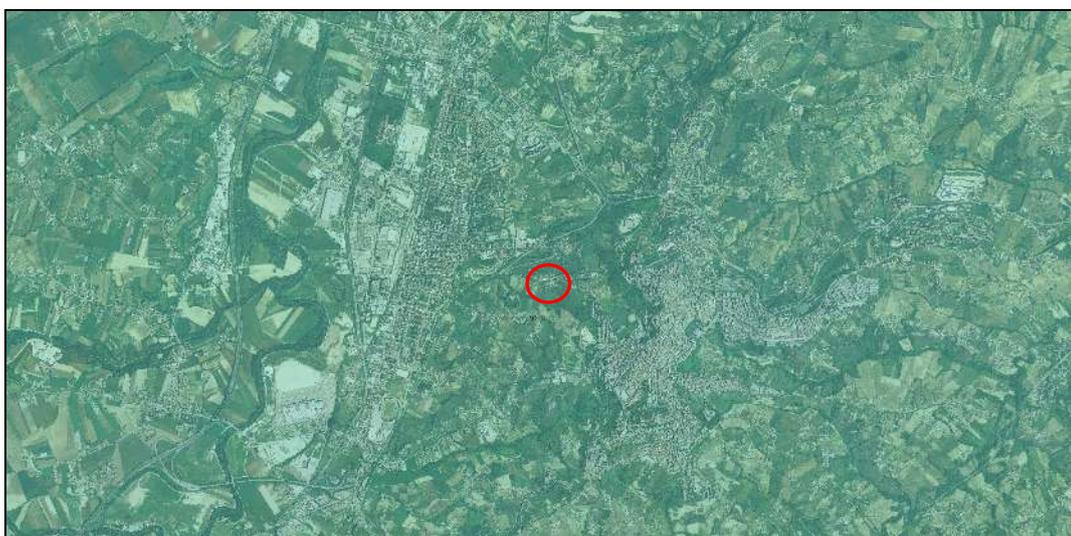


Figura 3-1 – Zonazione sismogenetica ZS9: in verde la zona 918. Il cerchio indica l'area in esame.
Fonte: <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>



Zona sismogenetica ZS9: Medio-Marchigiana/Abruzzese	
d	0
zs9	21,00
zs9 (identificativo)	918,00
Mw max	6,37
tassi_Mw ma	0,14
tassi_Mw_1	0,21
b_co_04_2	-1,10
b_co_04_4	-1,11
Mw max_gr	6,37
tassi_Mw_2	0,14
tassi_Mw_3	0,21
classificazione geografica	Appennino Settentrionale e Centrale
Md_2_0	455
e_Md_2_5	179
e_Md_3_0	26
p_efficace	13
Md_max	4,20
meccanismo di faglia	indeterminato

Tabella 3-1 - Caratteristiche sismogenetiche zona 918.

Fonte: <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8c5d55e0d3b34ea78346e802fd4f6d73>

La pericolosità sismica di base dipende dalle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti) e calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

L'OPCM del 28 aprile 2006, n.3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ha introdotto la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala regionale.

Il valore di pericolosità sismica della zona in cui ricade l'area in esame, individuato dall'INGV, è compreso tra 0,150 e 0,175 g (vedi Figure 3-2 e 3-3; Tabella 3-2).



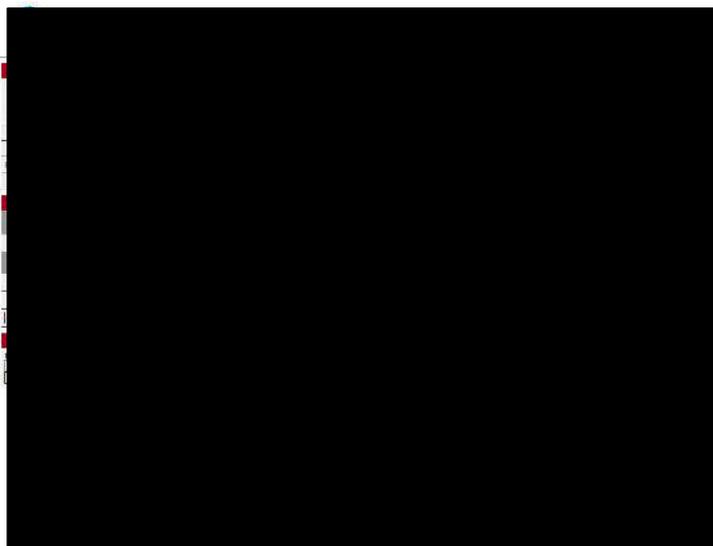


Figura 3-2 – Valori di pericolosità sismica secondo l’O.P.C.M.3519/2006. Fonte: <http://esse1-qis.mi.ingv.it/>

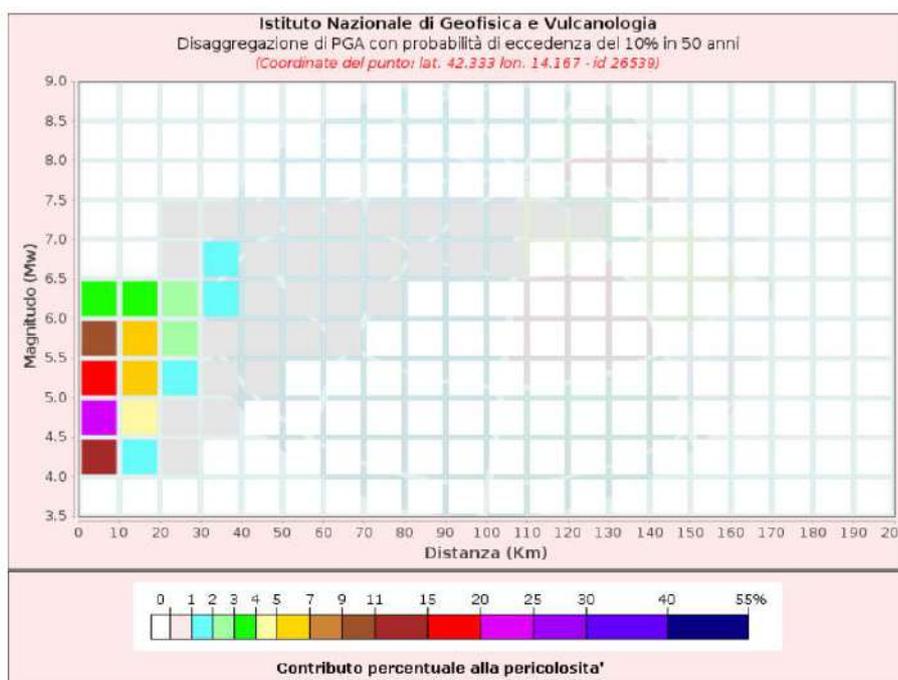


Figura 3-3 – Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 Fonte: <http://esse1-qis.mi.ingv.it/>

Distanza in km	Disaggregazione del valore di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.333, lon: 14.167 – ID 26539)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	11.2000	23.5000	16.0000	9.2400	3.9900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.3700	4.8000	5.7800	5.4200	3.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0091	0.3710	1.2600	2.0700	2.0200	0.7410	0.4580	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0013	0.1400	0.7460	1.2200	1.1600	0.8370	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.1400	0.5300	0.7680	0.6550	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0103	0.1760	0.4410	0.4460	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0340	0.2350	0.2930	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.1090	0.1850	0.0000	0.0000	0.0000



80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0316	0.0962	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0062	0.0502	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0172	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.3	11.6	0.755

Tabella 3-2 – Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
Fonte: <http://esse1-qis.mi.ingv.it/>

3.2 SORGENTI SISMOGENETICHE E FAGLIE ATTIVE

Secondo il database dell'INGV, l'area oggetto di studio ricade all'esterno e ad una distanza di circa 8 km a Nord della sorgente sismogenetica composita ITCS079 denominata "*Shallow Abruzzo Citeriore Basal Thrust*", caratterizzata da Magnitudo massima $M_w=5.6$, come visibile nelle seguenti Figura 3-4, Tabella 3-3.

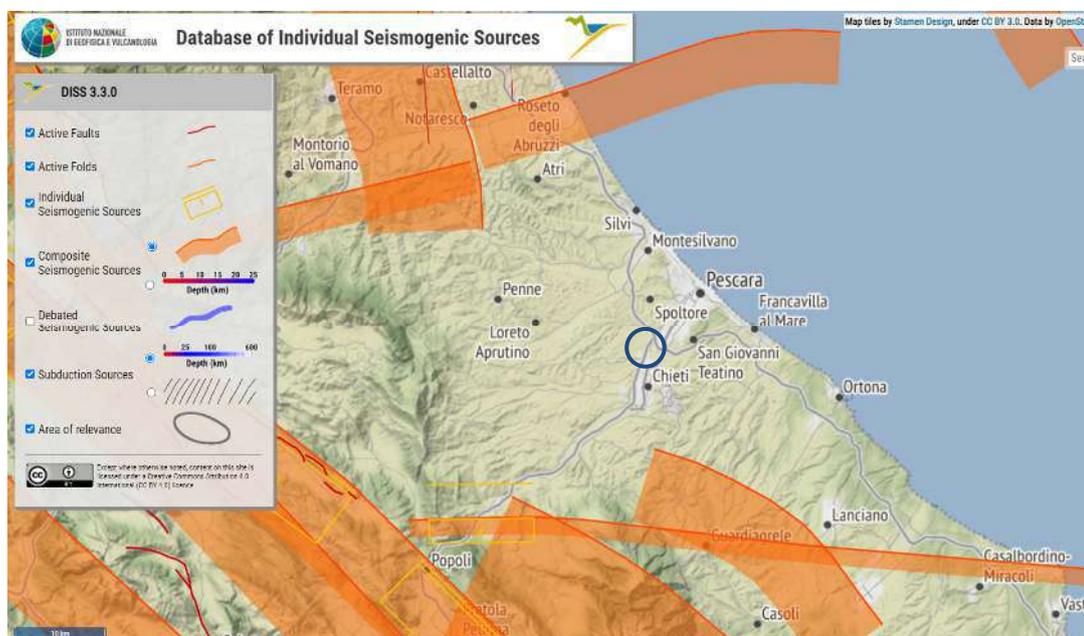


Figura 3-4 – Sorgenti sismogenetiche. Il cerchio blu indica l'area in esame.
Fonte: <https://diss.ingv.it/data>

Sorgente sismogenetica ITCS079 – Shallow Abruzzo Citeriore Basal Thrust			
Caratteristiche			
Parametro	Valore	Fonte	Prova
Prof. min. (km)	3,0	LD	Basato sui dati di Lavecchia e De Nardis (2009).
Prof. max. (km)	8,0	LD	Basato sui dati di Lavecchia e De Nardis (2009).
Strike (deg)	110-150	LD	Basato sui dati di Lavecchia e De Nardis (2009).
Dip (deg)	20-40	LD	Basato sui dati di Lavecchia e De Nardis (2009).
Rake (deg)	80-100	LD	Basato sui dati di Lavecchia e De Nardis (2009).
Slip rate (mm/a)	0,1- 0,5	EJ	Sconosciuto, valori assunti da vincoli geodinamici.
Magn. Max. (Mw)	5,6	OD	Basato sul terremoto più forte avvenuto nella regione
Legenda:	LD = Dati letteratura; OD = Dati originali; ER = Relazioni empiriche; AR = Relazione analitica; EJ = Valutazioni di esperti.		

Tabella 3-3 – Caratteristiche sorgente sismogenetica composta Shallow Abruzzo Citeriore Basal Thrust.
Fonte: <https://diss.ingv.it/data>

Dalla consultazione del database del progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) del Servizio Geologico d'Italia-ISPRA, risulta che nel territorio comunale di Chieti e nelle sue vicinanze non sono presenti faglie attive e capaci, ovvero faglie che possono creare deformazioni in superficie. Le faglie attive e capaci più vicine al sito in esame sono le faglie appartenenti ai sistemi di *Campo Imperatore*, *Monte Cappucciata* e *Monte Morrone*, caratterizzate da cinematiso normale e situate ad una distanza di circa 30 Km a Ovest (vedi Figura 3-5).

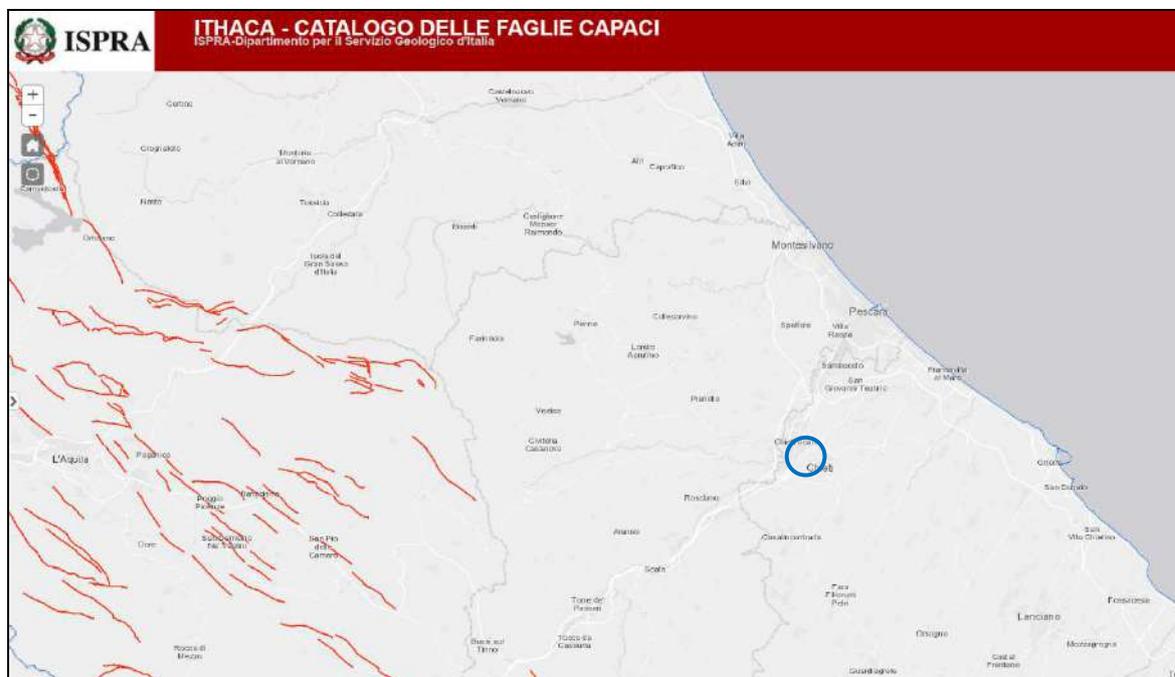


Figura 3-5 – Stralcio dalla cartografia del progetto ITHACA. Le linee rosse indicano le possibili faglie attive e capaci, il cerchio blu l'area in esame. Fonte: <http://sqi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>

3.3 SISMICITÀ STORICA

Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV (DBMI15), sono stati individuati i terremoti storici registrati nel territorio di Chieti, riportati nelle seguenti Tabella 3-4 e Figura 3-6. Il database fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche, provenienti da diverse fonti, relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia, nella finestra temporale che va dall'anno 1000 all'anno 2014 (INGV, 2019).

4. Storia sismica di Chieti - Numero di eventi: 62					
Effetti	In occasione del terremoto:				
I[MCS]	Data e ora	Area epicentrale	Dep	Io	Mw
6	1456 12 5	Appennino centro-meridionale		11	7,19
5	1627 7 30 10 50	Capitanata		10	6,66
6	1688 6 5 15 30	Sannio		11	7,06
3	1694 9 8 11 40	Irpinia-Basilicata		10	6,73
6-7	1703 1 14 18	Valnerina		11	6,92
7-8	1706 11 3 13	Maiella		10-11	6,84
F	1719 6 27 6 30	Valnerina		8	5,59
5	1805 7 26 21	Molise		10	6,68
5	1821 11 22 1 15	Costa molisana		7-8	5,59
3	1828 4 11 22 25	Appennino umbro-marchigiano		5-6	4,93
F	1841 2 21	Gargano		6-7	5,17
3	1841 6 10	Maiella		7	4,96
4	1842 1 23	San Severino Marche		4-5	4,41
F	1850 12 30 5 30	Marsica		6-7	4,86
4	1851 8 14 13 20	Vulture		10	6,52
4	1873 3 12 20 4	Appennino marchigiano		8	5,85
F	1873 7 12 6 6	Val Comino		7-8	5,38
F	1874 2 24 6 52	Aquilano		6-7	5,12
2	1875 3 17 23 51	Costa romagnola		8	5,74
4-5	1875 12 6	Gargano		8	5,86
6	1881 9 10 7	Chietino		7-8	5,41
7	1882 2 12	Chietino		7	5,26
3	1884 1 10	Atri		5-6	4,63
3	1885 4 10 1 44	Appennino laziale-abruzzese		5	4,57
4-5	1889 12 8	Gargano		7	5,47
4-5	1895 8 9 17 38 20	Adriatico centrale		6	5,11
2-3	1897 4 27 2 17 50	Maiella		5	4,21
2-3	1901 7 31 10 38 30	Sorano		7	5,16
3	1905 8 18 4 7	Tavoliere delle Puglie		5	4,61
3-4	1905 8 25 20 41	Valle Peligna		6	5,15
F	1907 1 23 0 25	Adriatico centrale		5	4,75
3	1913 10 4 18 26	Molise		7-8	5,35
7	1915 1 13 6 52 43	Marsica		11	7,08



2	1915 1 14 7 17	Marsica		5-6	4,88
3-4	1917 1 3 1 35	Marsica			
2	1917 4 26 9 35 59	Alta Valtiberina		9-10	5,99
4	1919 10 21 0 24	Gargano		5-6	5,03
3	1925 9 24 13 33 46	Molise occidentale		7	5,26
5	1930 7 23 0 8	Irpinia		10	6,67
4	1930 10 30 7 13	Senigallia		8	5,83
7	1933 9 26 3 33 29	Maiella		9	5,9
NF	1948 12 31 3 32	Monti Reatini		8	5,42
5	1950 9 5 4 8	Gran Sasso		8	5,69
3	1958 6 24 6 7	Aquilano		7	5,04
4	1962 8 21 18 19	Irpinia		9	6,15
3-4	1976 5 6 20 0 13,17	Friuli		9-10	6,45
5	1979 9 19 21 35 37	Valnerina		8-9	5,83
2-3	1980 6 14 20 56 50	Marsica		5-6	4,96
5	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata		10	6,81
6	1984 5 7 17 50	Monti della Meta		8	5,86
4-5	1984 5 11 10 41 49,27	Monti della Meta	10	7	5,47
4	1990 5 5 7 21 29,61	Potentino	10		5,77
4	1992 7 16 5 38 53,83	Chietino	1,5	5-6	4,22
4	1997 9 26 0 33 12,88	Appennino umbro-marchigiano	3,5	7-8	5,66
3-4	1997 9 26 9 40 26,6	Appennino umbro-marchigiano	9,8	8-9	5,97
3	1997 10 14 15 23 10,64	Valnerina	7,3		5,62
4	2002 11 1 15 9 1,92	Molise	21,3	7	5,72
NF	2003 6 1 15 45 18,04	Molise	11,8	5	4,44
NF	2004 12 9 2 44 25,29	Teramano	5	5	4,09
5	2009 4 6 1 32 40,4	Aquilano		9-10	6,29
4	2016 10 30 6 40 17,32	Valnerina	10		6,61
F	2017 1 18 10 14 9,9	Aquilano	9,6		5,7

Tabella 3-4 – Storia sismica di Chieti. Fonte: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

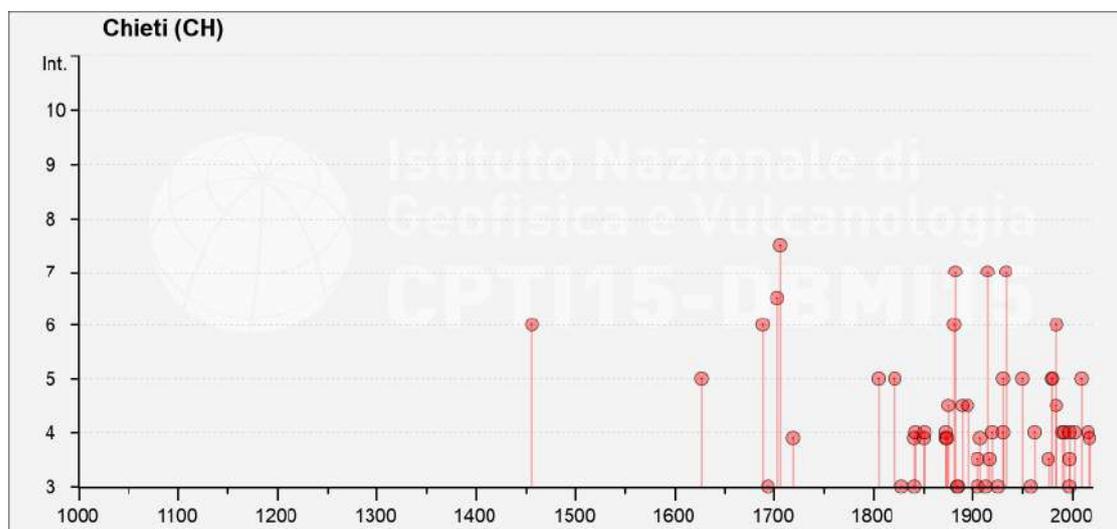


Figura 3-6 – Intensità macrosismiche dei principali terremoti risentiti nel Comune di Chieti. Fonte: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>



4. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018) evidenziano che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi di risposta sismica locale (par. 3.2.2. e 7.11.3 NTC); in alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s).

4.1 STIMA DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

La classificazione si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{seq} fino alla profondità del substrato. Per i depositi con profondità del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} . Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la normativa definisce le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, visibili nella seguente Tabella 3-5.

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

Tabella 3-5 – Categorie di suolo di fondazione



In base ai valori di V_s , ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in ottemperanza alla normativa vigente è possibile ricavare la categoria di suolo di fondazione, secondo la seguente formula:

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

dove H è la profondità del substrato (caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s), h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti negli H metri superiori.

La prospezione sismica svolta nel sito in esame ha permesso una ricostruzione dell'assetto sepolto, sia in termini di spessori dei litotipi oggetto di indagine e sia per ciò che concerne i valori di propagazione delle onde di taglio. Nelle indagini consultate, il substrato sismico non è stato individuato nei primi 30 m, pertanto si è provveduto al calcolo dei valori delle V_{s30} . Secondo l'approccio semplificato descritto nelle NTC 2018 (Tabella 3.2.II), i terreni possono essere assimilabili ad una **categoria di suolo di fondazione C** (terreni con V_{seq} compresa tra 180 e 360 m/s), come visibile nella seguente Tabella 3-6.

SISMOSTRATI	HVSRI		V _{seq} E CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE IN FUNZIONE DEL PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE		
	SPESSORI (m)	V _s (m/s)	V _{seq} (m/s) riferito al p.c.	V _{seq} (m/s) -1,0 m dal p.c.	V _{seq} (m/s) -2,0 m dal p.c.
1	0.9	91	V _{seq} = 282 C	V _{seq} = 304 C	V _{seq} = 313 C
2	3.0	180			
3	7.3	250			
4	20.0	370			
5	inf.	410			

Tabella 3-6 – Velocità, spessori dei sismostrati e Categoria di suolo di fondazione.

4.2 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

L'amplificazione del moto sismico dovuta ad irregolarità del profilo topografico è stata considerata una tra le cause principali di concentrazione di danni durante diversi terremoti. L'amplificazione topografica può verificarsi quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se



l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi sostituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico.

Relativamente alle condizioni topografiche, in base alle NTC, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione visibile nella Tabella 3-7.

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

Tabella 3-7 - *Categorie topografiche*

In considerazione della morfologia dell'area in esame, il sito ricade nella **categoria topografica T2**, ossia pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.

4.3 DEFINIZIONE DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI IN ACCELERAZIONE

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). Allo stato attuale esistono degli abachi di riferimento che ci permettono di definire le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento (PvR), a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_{c^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di a_g , F_0 e T_{c^*} del sito di progetto vengono calcolati ai nodi di un reticolo di riferimento (Tabella 1 delle NTC).

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale riferita ad uno smorzamento del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione a_g . Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. I parametri sono riferiti alla latitudine 42.353996° N e longitudine 14.154227° E (WGS84) e riferiti ad un edificio di classe 2 e



vita nominale di 50 anni. I calcoli sono stati effettuati con il software *Geostru PS Advanced*.

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	26538	42,333400	14,098890	5206,42
2	26539	42,333030	14,166540	2613,11
3	26317	42,383030	14,167090	3272,14
4	26316	42,383400	14,099380	5565,01

Tabella 3-8 – Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,015	0,019	0,058	0,083
kv	0,008	0,010	0,029	0,042
Amax [m/s ²]	0,754	0,942	2,365	2,916
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Tabella 3-9 – Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni ¹

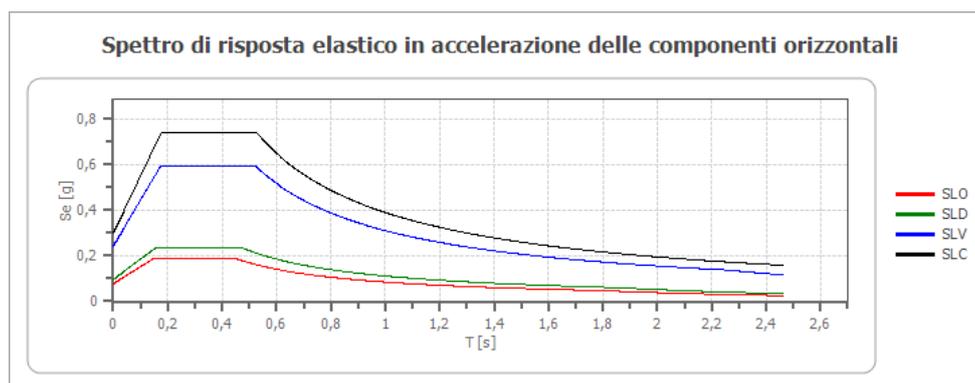


Figura 3-7 – Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,452	0,280	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,150	0,449	1,805	0,077	0,189
SLD	1,0	0,064	2,454	0,304	1,500	1,550	1,000	1,500	1,000	0,157	0,472	1,856	0,096	0,236
SLV	1,0	0,165	2,462	0,353	1,460	1,480	1,000	1,460	1,000	0,174	0,522	2,261	0,241	0,594
SLC	1,0	0,215	2,486	0,359	1,380	1,470	1,000	1,380	1,000	0,176	0,527	2,462	0,297	0,739

Tabella 3-10 – Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali ¹

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1,000

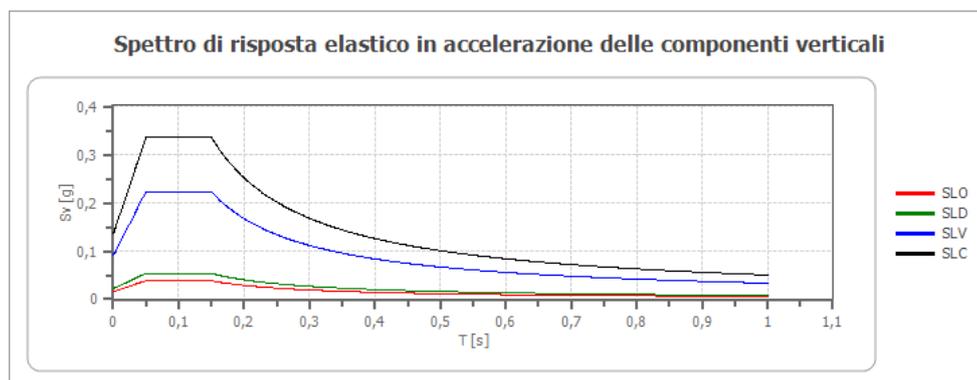


Figura 3-8 – Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,051	2,452	0,280	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,016	0,038
SLD	1,0	0,064	2,454	0,304	1	1,550	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,054
SLV	1,0	0,165	2,462	0,353	1	1,480	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,091	0,223
SLC	1,0	0,215	2,486	0,359	1	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,135	0,336

Tabella 3-11 – Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali ¹

¹ Kh e Kv = coefficienti sismici orizzontale e verticale; A_{max} = accelerazione massima attesa al sito; Beta = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; SLO = Stato Limite di Operatività; SLD = Stato Limite di Danno; SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita; SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso; Cu = coefficiente d'uso; ag = accelerazione orizzontale massima al sito; F0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale; SS = amplificazione stratigrafica; Cc = categoria di suolo; ST = amplificazione topografica; S = $S_S \cdot S_T$; η = fattore di alterazione dello spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali diversi dal 5%; TB = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ($T_B = T_C/3$); TC = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro ($T_C = C_C \cdot T_C^*$); TD = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro ($T_D = 4,0 \cdot a_g/g + 1,6$); Se(0) = Risposta in accelerazione al T0; Se(TB) = Risposta in accelerazione al TB.

4.4 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un fenomeno che interessa i depositi sabbiosi sciolti e saturi per effetto di un rapido e significativo aumento della pressione interstiziale (u). In tali condizioni i terreni sabbiosi, non cementati, attingono valori nulli o estremamente modesti della resistenza al taglio trasformandosi di fatto in un liquido pesante. L'aumento della pressione interstiziale può essere indotto da un forte evento sismico.

Gli sforzi di taglio ciclico di un evento sismico inducono, in condizioni drenate, riduzioni di volume nei terreni sabbiosi sciolti (bassi valori della densità relativa D_r).

La risposta dei terreni sabbiosi a questo tipo di sollecitazione (rapida) è di tipo non drenato, nonostante essi abbiano una permeabilità elevata. In altre parole la sollecitazione si sviluppa così rapidamente che, invece di dar luogo a una variazione di volume, si manifesta un aumento della u , tale da annullare gli sforzi di taglio.

Gli effetti della liquefazione in condizioni di free field sono i cedimenti della superficie del terreno, inoltre la sovrappressione dell'acqua trova sfogo verso l'alto, dando luogo a rapidi fenomeni di filtrazione che si manifestano in getti d'acqua con formazione di vulcanelli di sabbia intorno alle bocche d'uscita dell'acqua in pressione.

Al di sotto di edifici, rilevati o in un pendio naturale gli sforzi di taglio indotti dal terremoto si sommano a quelli preesistenti in condizioni statiche. Il verificarsi del fenomeno della liquefazione in queste condizioni può portare a una liquefazione completa (flow liquefaction) o parziale (cyclic mobility). La liquefazione completa si verifica quando gli sforzi di taglio preesistenti sono superiori alla resistenza del materiale liquefatto e comporta la totale perdita di stabilità del terreno. I suoi effetti sono il ribaltamento o l'affondamento di edifici, il galleggiamento di strutture interrato, frane, ecc.. Nel caso di liquefazione parziale vengono indotti nel terreno elevati sforzi di taglio che causano cedimenti anche rilevanti di edifici esistenti e grossi spostamenti di pendii. L'instaurarsi di una liquefazione completa o parziale dipende quindi dall'entità degli sforzi di taglio indotti dal sisma, dall'entità degli sforzi di taglio preesistenti e dalla resistenza al taglio della sabbia nello stato liquefatto.

Nel caso di terreno pianeggiante, i danni in superficie sono trascurabili se lo spessore dello strato più superficiale che non liquefa (H_1) è maggiore dello spessore dello strato sottostante che liquefa (H_2) ovvero se $H_1 > H_2$.

Il pericolo liquefazione deve essere accertato in base alla possibilità di concomitanza di fattori scatenanti (caratteristiche dei terremoti attesi) e predisponenti (susceptibilità dei terreni). La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:



- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) delle NTC 2018, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

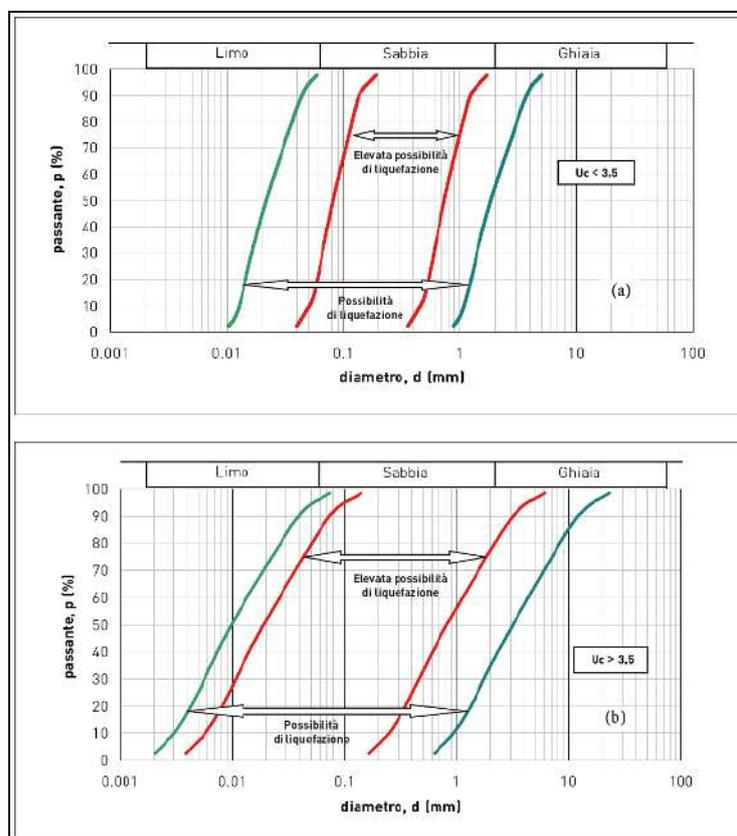


Figura 3-9 – Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005).

Come risulta dalle indagini svolte, il volume di terreno interessato dal progetto (volume significativo) è impostato su litotipi prevalentemente limoso-argillosi e privo di falda acquifera, dunque non soggetto a fenomeni di potenziale liquefazione. Pertanto, non essendoci le condizioni predisponenti, non si ritiene necessario valutare il Fattore di sicurezza a liquefazione e stimare l'indice di liquefazione.

5. ANALISI DEL QUADRO FESSURATIVO DEL FABBRICATO

Le lesioni sono le manifestazioni visibili dei dissesti statici ed appaiono sotto forma di deformazioni e fessurazioni; esse si manifestano quando le strutture subiscono delle interruzioni di continuità per la rottura del materiale.

La struttura, dopo un iniziale comportamento elastico, reagisce ai dissesti, subendo delle rotture. L'apparizione delle fessurazioni segue in modo diverso a seconda del carattere del perturbamento; talvolta la loro apparizione è immediata pur trattandosi di dissesti di lieve entità (es. cedimenti fondali), in altri casi invece, appaiono negli ultimi stadi (es. schiacciamento di un muro) quando ormai la necessità dei provvedimenti non ammette indugi. I fenomeni fessurativi assumono, dunque, aspetti caratteristici e mutevoli al variare delle cause determinanti e della natura dell'ambiente e delle strutture. Nella fattispecie, si è proceduto ad un attento esame delle lesioni e delle condizioni al contorno dell'edificio, prendendo atto che le nuove lesioni presentano una frattura evidente e definita, priva di polvere e cigli taglienti ben contornata. In una struttura comunque costruita si viene a determinare un dissesto se si presentano una o più cause di seguito indicate:

- ✓ il collegamento tra il sistema ed i piani di fondazione viene a modificarsi;
- ✓ i collegamenti ed i vincoli non sono rispondenti alle azioni esercitate dal peso proprio e per effetto dei sovraccarichi accidentali (tale fatto è un errore di progettazione).
- ✓ sopravvengono carichi accidentali non prevedibili quali terremoti, esplosioni, vibrazioni straordinarie etc.;
- ✓ i materiali costituenti le strutture dei fabbricati modificano le loro caratteristiche;

In linee generali si possono elencare le principali cause in:

- 1) variazioni termiche ed idrometriche;
- 2) cedimenti fondali;
- 3) cedimenti delle strutture murarie;
- 4) vibrazioni di qualsiasi origine, naturali (scosse sismiche) o artificiali, aumentano bruscamente le tensioni di taglio, provocando dislocazioni e riassetamento delle strutture;
- 5) insufficienze statiche e costruttive.

Il fabbricato in esame ha subito nel tempo degli ampliamenti e delle demolizioni (vedi Allegato XIV). Il fabbricato principale è stato presumibilmente realizzato prima degli anni '70. Durante la ristrutturazione del 1994 il fabbricato è stato parzialmente demolito ed ampliato verso valle. Ciò ha comportato l'esecuzione di sbancamenti in prossimità delle fondazioni esistenti. Nella zona di valle del fabbricato (lato opposto e



parallelo a Via Gramsci) le fondazioni sono state realizzate su pali, presumibilmente di grande diametro, di profondità non nota.

In corrispondenza della zona Nord-Est dell'immobile (lato Via Gramsci), probabilmente in fase di ristrutturazione, è stata realizzata una sottofondazione, per consolidare e/o aumentare la portanza delle fondazioni esistenti. In questa zona sono visibili delle lesioni oblique, con buona probabilità provocate da locali cedimenti della fondazione e causate da fenomeni di rigonfiamento/ritiro nella frazione argillosa dei terreni di sedime.

Nella zona più a valle dell'immobile e parallela a Via Gramsci, dove le fondazioni sono posate su pali, nei muri non si rilevano lesioni provocate da cedimenti.

Nelle rimanenti porzioni ed in maggiore misura nella fascia centrale dell'immobile, il quadro fessurativo risulta costituito da lesioni oblique, orizzontali e verticali, sintomo di un cedimento delle fondazioni della zona centrale dell'edificio (vedi Allegati XV e XVI).

Sulla base della tipologia costruttiva dell'immobile, degli interventi di ristrutturazione/ampliamento effettuati e delle risultanze delle indagini effettuate, i cedimenti avvenuti nell'edificio sono riferibili ad una serie di concause, come di seguito elencate:

- ✓ gli sbancamenti effettuati in fase di ampliamento, eseguiti subito a valle del fabbricato esistente hanno provocato il detensionamento dei terreni di sedime delle fondazioni prossime agli scavi stessi;
- ✓ la presenza di fondazioni ubicate a quote diverse e la realizzazione di fondazioni "miste", ossia in parte su fondazioni superficiali ed in parte su profonde (pali nella zona di valle) hanno provocato una diversa risposta della struttura, soprattutto nel caso di condizioni sismiche;
- ✓ i difetti strutturali legati alla non perfetta sovrapposizione tra muri portanti dei vari piani;
- ✓ fenomeni di rigonfiamento e ritiro dei terreni di sedime, soprattutto al di sotto delle fondazioni lato Via Gramsci.



6. POSSIBILI INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO

Gli interventi di consolidamento dell'immobile dovranno avere lo scopo di eliminare o quantomeno mitigare i difetti strutturali e di trasmettere i carichi delle fondazioni al di sotto della porzione di terreno ammalorata, quindi trasmettere i carichi all'interno dell'Orizzonte 3 o Unità Litotecnica 3 – UL3 (vedi par. 2.8 e Allegato XVI).

Per quanto riguarda i difetti strutturali, lo scrivente rimanda al progettista strutturista la scelta degli interventi di consolidamento più idonei.

Per eliminare il problema dei cedimenti delle fondazioni è possibile procedere con una delle due tecniche, ognuna con i propri vantaggi e limiti:

- ✓ Iniezioni di resine espandenti all'interno dell'Orizzonte 1 (UL1), allo scopo di consolidare i terreni di sedime di tutte le fondazioni, ad eccezione di quelle posate su pali (fondazioni lato valle parallele a Via Gramsci). Tale tecnica ha il vantaggio della non invasività, dato che non è necessario effettuare scavi, ma prevede solo l'esecuzione di una serie di fori del diametro di alcuni centimetri nella pavimentazione prossima ai muri portanti. Lo svantaggio di tale tecnica, nel caso specifico, è che l'immobile continuerebbe ad avere delle fondazioni "miste" (superficiali e profonde), il che comporterebbe una diversa risposta alle sollecitazioni in condizioni sismiche; inoltre, in caso di movimenti orizzontali, ossia nel caso di evoluzione retrogressiva del corpo di frana perimetrato dal PAI (vedi Allegato V), le resine espandenti non avrebbero alcuna resistenza agli sforzi di taglio;
- ✓ Esecuzione di micropali trivellati e/o pressoinfissi, attestati all'interno dell'Orizzonte 3 (UL3), da collegare alle fondazioni esistenti, ad eccezione delle zone dove in passato sono già stati realizzati i pali. Tale tecnica ha il vantaggio di rendere omogenea la risposta del fabbricato in condizioni sismiche, ma lo svantaggio dell'invasività, dato che, nel caso dei micropali trivellati, è necessario l'accesso all'interno dell'immobile di una sonda perforatrice con conseguenti demolizioni di pareti, esecuzione di scavi per il collegamento palo-fondazione e successivi ripristini. Nel caso di utilizzo di micropali pressoinfissi l'invasività è limitata all'esecuzione di scavi e relativi ripristini con lo svantaggio rispetto ai micropali trivellati di un costo maggiore al metro lineare.



7. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è illustrato uno studio di carattere geologico e sismico, eseguito su incarico del Tribunale Ordinario di Chieti – Sezione Immobiliare a corredo della CTU per l'espropriazione immobiliare post Legge 80 promossa da Spring SPV srl contro [REDACTED] G.E.I. 27/2021, allo scopo di determinare le cause che hanno provocato il quadro fessurativo nell'immobile in oggetto e allo scopo di definire i possibili interventi di consolidamento da attuare.

La bibliografia disponibile ed i risultati delle indagini effettuate hanno permesso di definire il modello geologico (vedi par. 1.3.2), il modello geotecnico (vedi par. 2.8) e la parametrizzazione sismica del sito (vedi par. 4.3), utili al dimensionamento delle opere di consolidamento necessarie a consolidare l'immobile di cui è causa.

Integrando le conoscenze geologiche del sito con le informazioni desunte dall'analisi del quadro fessurativo dell'immobile è stato possibile definire le varie concause che ne hanno provocato i cedimenti, che consistono:

- ✓ negli sbancamenti effettuati in fase di ampliamento, eseguiti subito a valle del fabbricato esistente, che hanno provocato il detensionamento dei terreni di sedime delle fondazioni prossime agli scavi;
- ✓ nella presenza di fondazioni ubicate a quote diverse ed alla realizzazione di fondazioni "miste", ossia in parte fondazioni superficiali ed in parte profonde (pali nella zona di valle) che hanno provocato una diversa risposta della struttura, soprattutto nel caso di condizioni sismiche;
- ✓ nei difetti strutturali legati alla non perfetta sovrapposizione tra i muri portanti dei vari piani;
- ✓ nei fenomeni di rigonfiamento e ritiro dei terreni di sedime, soprattutto al di sotto delle fondazioni lato Via Gramsci.

I possibili interventi di consolidamento da attuare nell'immobile sono:

- ✓ interventi strutturali, da valutare a cura di un progettista strutturista. A titolo indicativo e non esaustivo il ripristino della sovrapposizione tra muri portanti non allineati e la sarcitura delle lesioni per il ripristino della continuità dei muri;
- ✓ interventi di consolidamento delle fondazioni consistenti, preferibilmente, in micropali trivellati e/o pressoinfissi, da attestare all'interno dell'Orizzonte 3 - UL3 (vedi Allegato XVI), da dimensionare anche sulla base della parametrizzazione geotecnica e sismica riportata nel presente elaborato.

Si resta a disposizione per eventuali chiarimenti.

Montesilvano, 20 maggio 2022

Il geologo
Lorenzo Pizzi



Bibliografia

- AGI (2005) – *Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica*. Linee guida.
- Bigi S., Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Paltrinieri W., Ridolfi M. (1996) – *Evoluzione messiniano-pliocenica del sistema catena-avanfossa dell'area marchigiano-abruzzese esterna*. Studi Geologici Camerti vol. spec.1995/1, Camerino, 29-37.
- Bigi S., Calamita F., Centamore E. (1995) – *Caratteristiche geologico-strutturali dell'area abruzzese ad oriente del G. Sasso*: in "Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino" a cura di Cello G., Deiana G., Pierantoni P.P., Studi Geologici Camerti vol. spec. 1995/2, Camerino, 67-76.
- Bigi S., Cantalamessa G., Centamore E., Didaskalou P., Dramis F., Farabollini P., Gentili B., Invernizzi C., Micarelli A., Nisio S., Pambianchi G., Potetti M. (1995) – *La fascia periadriatica marchigiano-abruzzese dal Pliocene medio ai tempi attuali: evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica*, Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1995/1, Camerino, 37-49.
- Bigi S., Centamore E. & Nisio S. (1996/97) – *Caratteri geologico-strutturali dell'area pedeappenninica marchigiano-abruzzese durante il Pleistocene*. Studi Geologici Camerti, Vol. XIV, Camerino, 193-200.
- Bigi S., Centamore E. & Nisio S. (1997) – *Elementi di tettonica quaternaria nell'area pedeappenninica marchigiano-abruzzese*. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, Vol. 10 (2), Verona, 359-362.
- Bosi C., Messina P. (1992) – *Ipotesi di correlazione fra le successioni plio-pleistoceniche nell'Appennino laziale-abruzzese*, Studi Geologici Camerti vol. spec. 1991/2, Camerino, 257-263.
- Casnedi R., Crescenti U., Tonna M. (1984) – *Evoluzione dell'avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene sulla base di dati di sottosuolo*. Mem. Soc. Geol. It., Roma, 34.
- Centamore E., Cantalamessa G., Micarelli A., Potetti M., Berti D., Bigi S., Morelli C., Ridolfi M. (1991) – *Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del Miocene e del Pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe*, Studi Geologici Camerti vol. spec. 1991/2, CROP 11, Camerino, 125-131.
- Currado C. & D'Ambrogio C. (2002) – *Plio-Pleistocene morphostructural evolution of Chieti sector in the Periadriatic Basin: an example of integrated analysis*. Mem. Soc. Geol. It., Vol. LVII, Roma, 501-508.
- Currado C. & Fredi P. (2000) – *Morphometric parameters of drainage basins and morphotectonic setting of eastern Abruzzo*. Mem. Soc. Geol. It., Vol. LV, pp. 411-419. Roma.
- Follador U. (1973) – *Paleogeografia del Pliocene e del Pleistocene dell'Italia centro-meridionale, versante adriatico*, Boll. Soc. Geol. It. 92, Roma.
- Ghisetti F. & Vezzani L. (1986) – *Caratteri stratigrafici e strutturali del settore orientale della catena del Gran Sasso*. Carta Geologica, scala 1:50000, Firenze.
- Ghisetti F. & Vezzani L. (1996) – *Geometrie deformative ed evoluzione cinematica dell'Appennino Centrale*, Studi Geologici Camerti vol. 24 (1996-1997), Camerino, 127-154.
- ISPRA, Servizio Geologico d'Italia – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 e Note illustrative*, Foglio 351 Pescara.

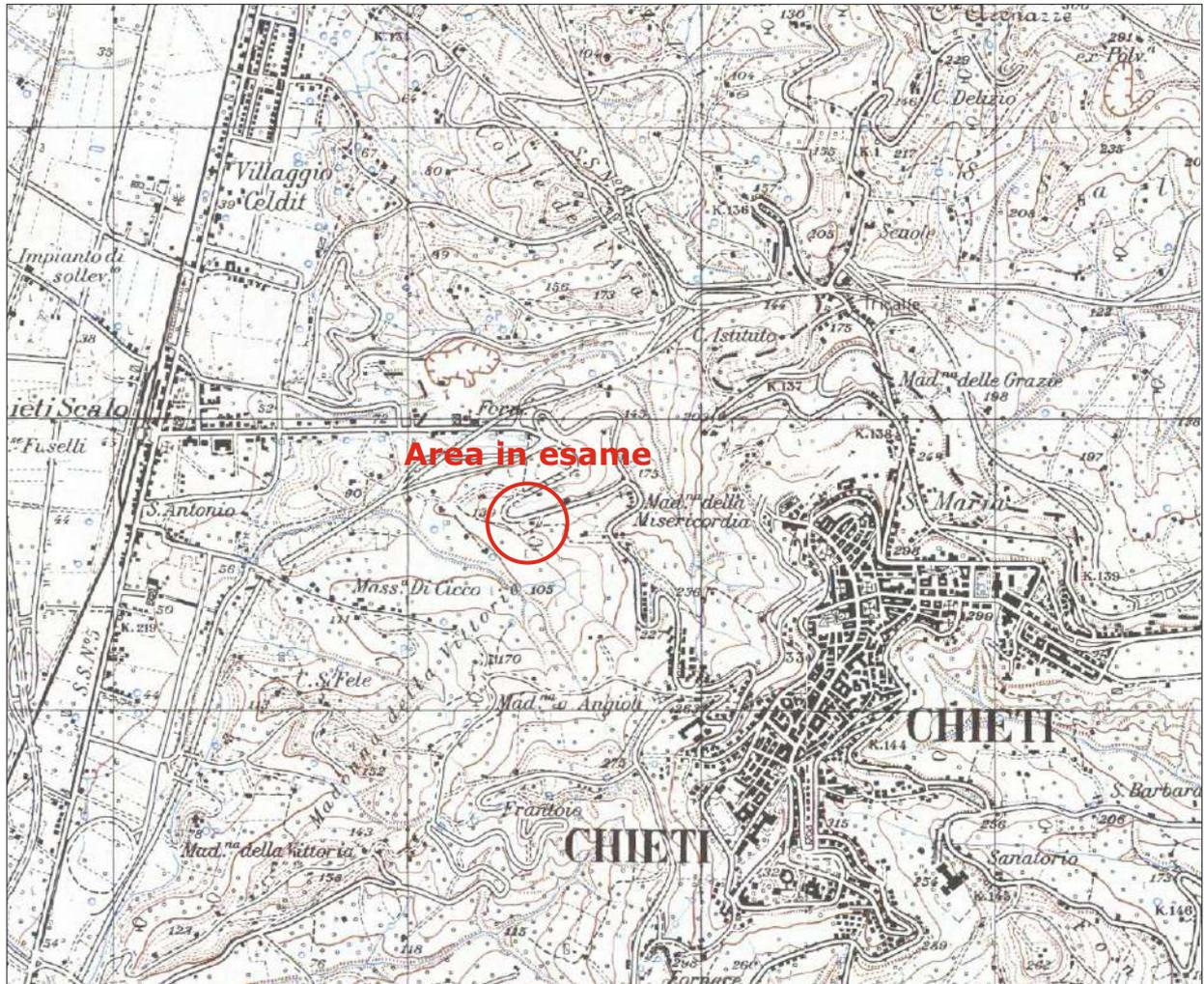


ALLEGATI



CARTA TOPOGRAFICA

Stralcio dal Foglio 361 della Carta d'Italia dell'I.G.M.
Scala 1:25.000



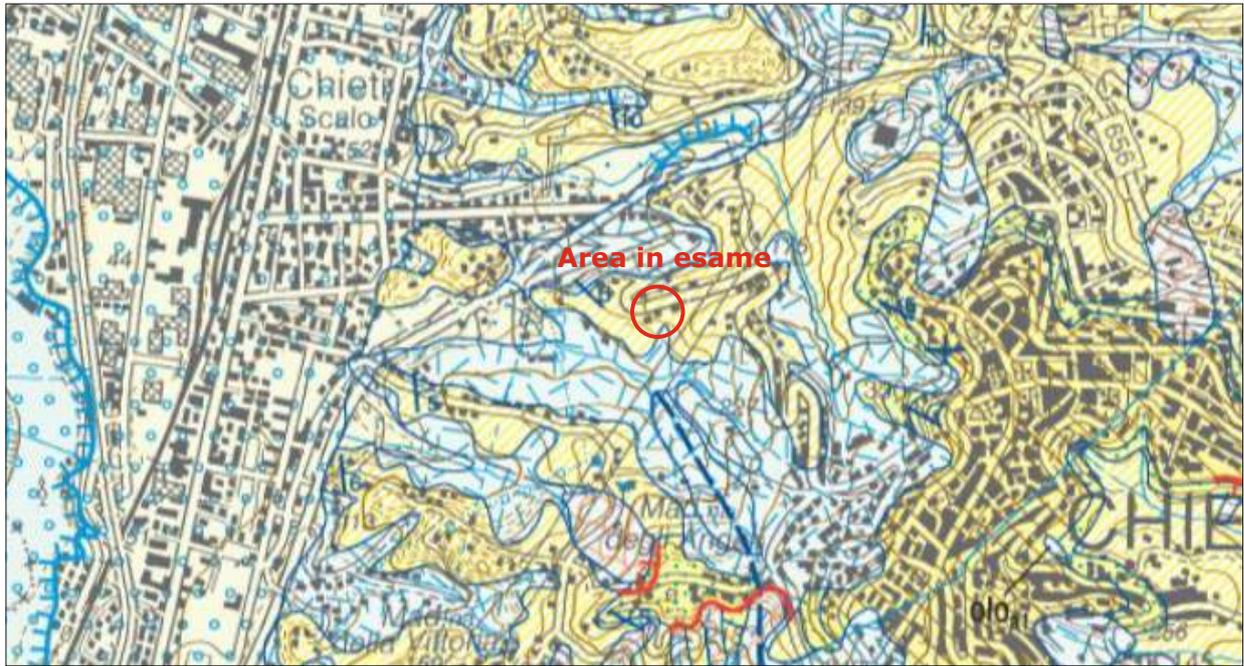
LEGENDA

 Area in esame



CARTA GEOLOGICA

Stralcio dalla Carta Geologica d'Italia del Progetto CARG
Foglio 361 Chieti- Scala originaria 1:50.000



LEGENDA

SUCCESSIONE DEL QUATERNARIO CONTINENTALE

DEPOSITI OLOCENICI

I depositi olocenici sono costituiti da una gran varietà di litofacies riferibili a depositi di frana, depositi alluvionali, coltri eluvio-colluviali, depositi eolici, depositi lacustri e palustri, depositi di spiaggia e depositi antropici. Il limite inferiore è sempre erosivo sui depositi delle successioni marine o sui sistemi pleistocenici della successione continentale; il limite superiore è costituito da una superficie deposizionale, in molti casi attiva.

Depositi di frana - Depositi poligenici in assetto caotico. In generale sono formati da litipi prevalentemente argilloso e sabbiosi o da blocchi conglomeratici e arenaci (A₀).

Depositi alluvionali - Sabbie e limi fluviali, con livelli e lenti di argille e torbe; ghiaie e sabbie di conoidi alluvionali. I livelli ghiaiosi, prevalenti nella parte bassa, sono costituiti da ciasti di dimensione da centimetriche a decimetriche, localmente pluridecimetriche, poligenici, da sub-angolosi ad arrotondati, con intercalazioni di sabbie e limi-sabbiosi (A₁).

Coltri eluvio-colluviali - Limi sabbiosi, limi argillosi e sabbie da grigiastre a giallastre a brunorossastri con ciasti centimetrici arenacei e calcarei dispersi all'interno di materiali fini residuali; sono presenti frequentemente concrezioni calcaree; sono in assetto caotico o disposti in lenti e livelli cino-stratificati conformemente ai versanti (A₂).

Depositi eolici - Sabbie a granulometria medio-fine, ben classate, sciolite o debolmente addensate (A₃).

Depositi lacustri e palustri - Peliti palustri e peliti sabbioso-ciottolose, terreni di bonifica e torbe (A₄).

Depositi di spiaggia - Sabbie a granulometria medio - fine, sciolite o addensate, ghiaie con ciottoli eterometrici da arrotondati a sub-arrotondati, generalmente appiattiti (A₅).

Depositi antropici - Depositi calcici eterometrici costituiti da ghiaia, sabbia, limo e argilla e da frammenti di manufatti.

In corrispondenza di cave di ghiaia dismesse sono costituiti dai residui, essenzialmente sabbioso-limosi, dell'attività estrattiva (A₆).



SISTEMA DI VALLE MAJELAMA

Questo sistema è costituito prevalentemente da depositi alluvionali, terrazzati e depositi in diversi ordini ad altezze variabili sul fondovalle ed è stato suddiviso in 4 sottosistemi. Il limite inferiore dei depositi è sempre costituito da una superficie erosiva a contatto con i depositi della successione marina o con i depositi più antichi della successione continentale; il limite superiore è costituito dalla superficie deposizionale alla sommità del deposito, più o meno rimodellata ed aerea, o dal contatto erosivo con i depositi continentali più recenti.

PLEISTOCENE SUPERIORE

sussistema di Chieti Scalo (AVM₁)

È costituito da depositi alluvionali e da depositi e gneiss mista. Depositi alluvionali - Sabbie, limi e ghiaie, con stratificazione incrociata a basso angolo o pianoparallela, localmente massive, con lenti di argille e torbe; le ghiaie, prevalenti nella parte bassa del deposito, sono ben arrotondate, a ciasti poligenici (arenacei, calcarei e seliciferi), di dimensioni da centimetriche a decimetriche, immerse in una abbondante matrice sabbioso-limosa; sono riferibili ad ambiente fluviale. Le sabbie prevalgono nella parte alta dei depositi e spesso sono in contatto netto con le sottostanti ghiaie. Lo spessore affiorante dei depositi è di 5-15 m. I depositi sono terrazzati a quote comprese tra i 5 e 15 m sul fondovalle attuale (AVM₁). Deposito di origine mista - Ghiaie eterometriche e conglomerati debolmente cementati, con matrice sabbioso-limosa da asseme ad abbondante, in assetto caotico o con stratificazioni poco evidenti, di origine mista sia di natura alluvionale che legata all'azione della gravità. Affiorano lungo i versanti di fossi minori nell'area di Silvi (AVM₁).

sussistema di Vallemare (AVM₂)

Depositi alluvionali - Sabbie e limi fluviali, a stratificazione pianoparallela e incrociata a basso angolo; si intercalano lenti di ghiaie con ciasti ben arrotondati di dimensioni da centimetriche a decimetriche, poligenici (arenacei, calcarei e seliciferi), immersi in una matrice sabbioso-limosa da asseme ad abbondante, in assetto caotico o con stratificazioni poco evidenti, di origine mista sia di natura alluvionale che legata all'azione della gravità. Affiorano lungo i versanti di fossi minori nell'area di Silvi (AVM₂).

PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

SUCCESSIONE MARINA DEL PLOCIENE SUPERIORE-PLEISTOCENE INFERIORE

FORMAZIONE DI MUTIGNANO

PLIOCENE SUPERIORE - PLEISTOCENE p.p.

associazione sabbioso-conglomeratica (FM₁)

Sabbie ed arenarie di colore giallastro, frequentemente bioturbate, con intercalazioni di livelli di ghiaie e di conglomerati composti da ciottoli di qualche centimetro, sempre ben sciacquati ed embriciati; in prevalenza calcarei o, subordinatamente, silicei. Sia le sabbie che i conglomerati sono in genere stratificati in sottili lami al cui interno è possibile osservare stratificazione e laminazione incrociata a basso angolo e talora rippe simmetriche tipiche di ambiente di spiaggia. Localmente sono presenti livelli da millimetrici a centimetrici di peliti grigie. (Zone MNN19d-e? A nannofossili calcarei). Lo spessore varia da 5-10 m fino ad un massimo di 50 m.

associazione sabbioso-pellica (FM₂)

Alternanza di sabbie e sabbie silteose di colore giallo-ocra, a diverso grado di cementazione, ed argille e argille silteose grigiastre sottilmente laminare. Lo spessore degli strati sabbiosi aumenta dal basso verso l'alto da sciolite a medio ed il rapporto sabbia/argilla è pressoché pari a 1. È presente una ricca macrofauna a bivalvi (Pecten, Chlamys, Ostrea) e gasteropodi di ambiente marino. Lo spessore varia da alcune decine di metri fino ad un massimo di 60-70 m. (Zone MNN19c-MNNd a nannofossili calcarei).

associazione pelitico-sabbiosa (FM₃)

Argille ed argille marnose di colore grigio con intercalazioni di sottili livelli sabbiosi e sabbioso-limosi fossiliferi; il rapporto sabbia/argilla è nettamente inferiore all'unità. Il contenuto fossilifero, frequente soprattutto in corrispondenza degli orizzonti sabbiosi, è rappresentato da molluschi quali bivalvi, piccoli gasteropodi ed echinodermi che individuano un ambiente di offshore. Lo spessore massimo osservato è di circa 400 m. (Zone MNN18-MNN19c a nannofossili calcarei).



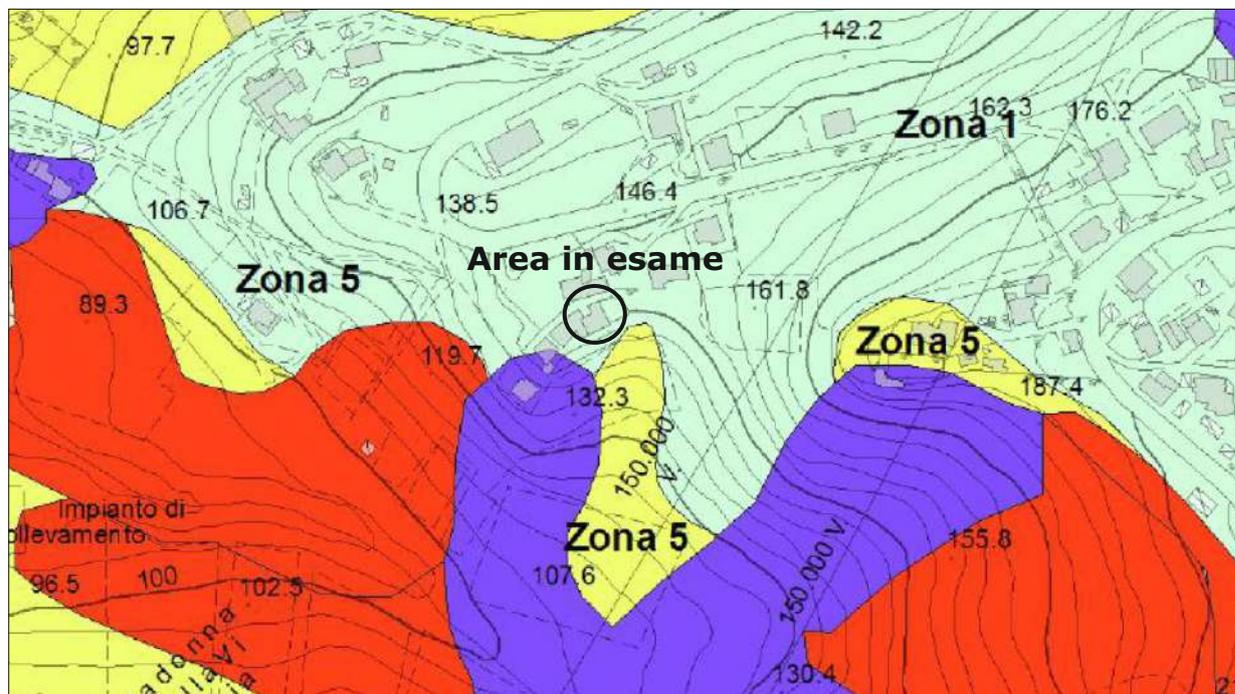
Chieti Scalo (AVM₁)

Vallemare (AVM₂)



CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Stralcio dalla Carta di Microzonazione Sismica di I livello del
Comune di Chieti - Scala originaria 1:5.000



LEGENDA

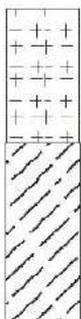
Aree stabili suscettibili di amplificazioni locali

ZONA 1



Substrato geologico con velocità inferiore a 800 m/s, costituito da argille e argille marnose.

ZONA 5



Limo sabbioso e limo argilloso (coltre), con spessori tra 3 e 20 m, su substrato argilloso-marnoso.



Substrato argilloso marnoso (Associazione pelitico - sabbiosa)



Limo argilloso/sabbioso

Zone di attenzione

- per instabilità



ZA_FR_A: zona di attenzione per instabilità di versante attiva



ZA_FR_Q: zona di attenzione per instabilità di versante quiescente

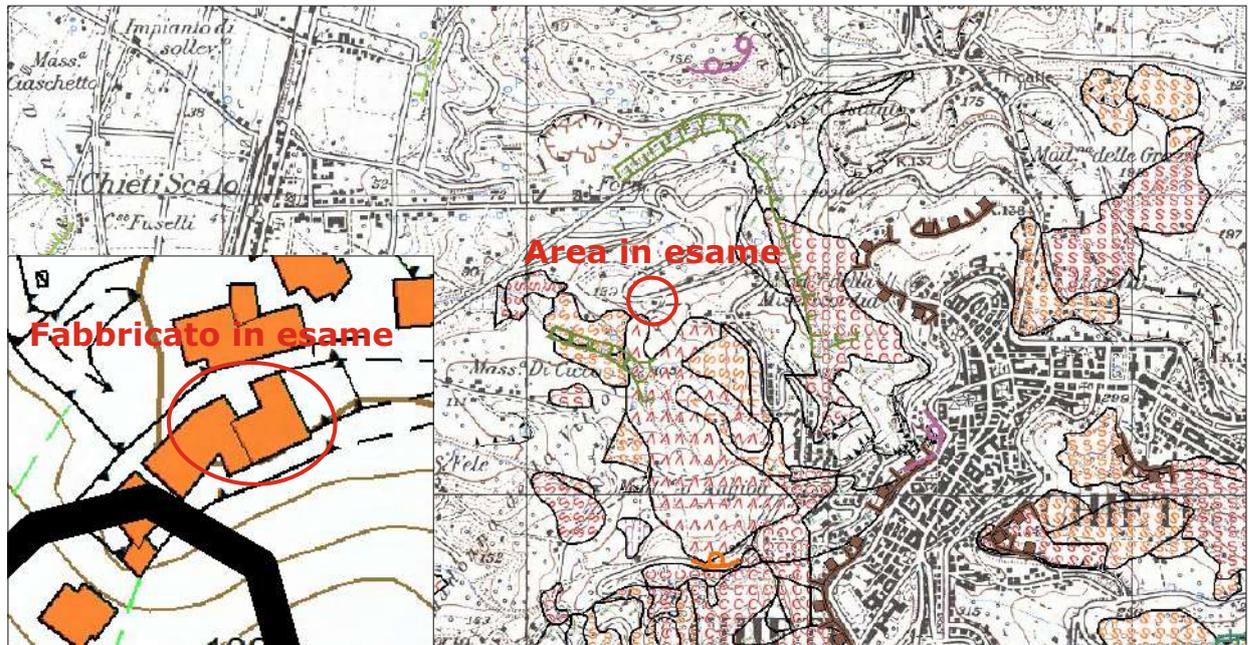


ZA_FR_I: zona di attenzione per instabilità di versante inattiva



CARTA GEOMORFOLOGICA DEL PAI

Stralcio dal Geoportale della Regione Abruzzo
Scala 1:25.000

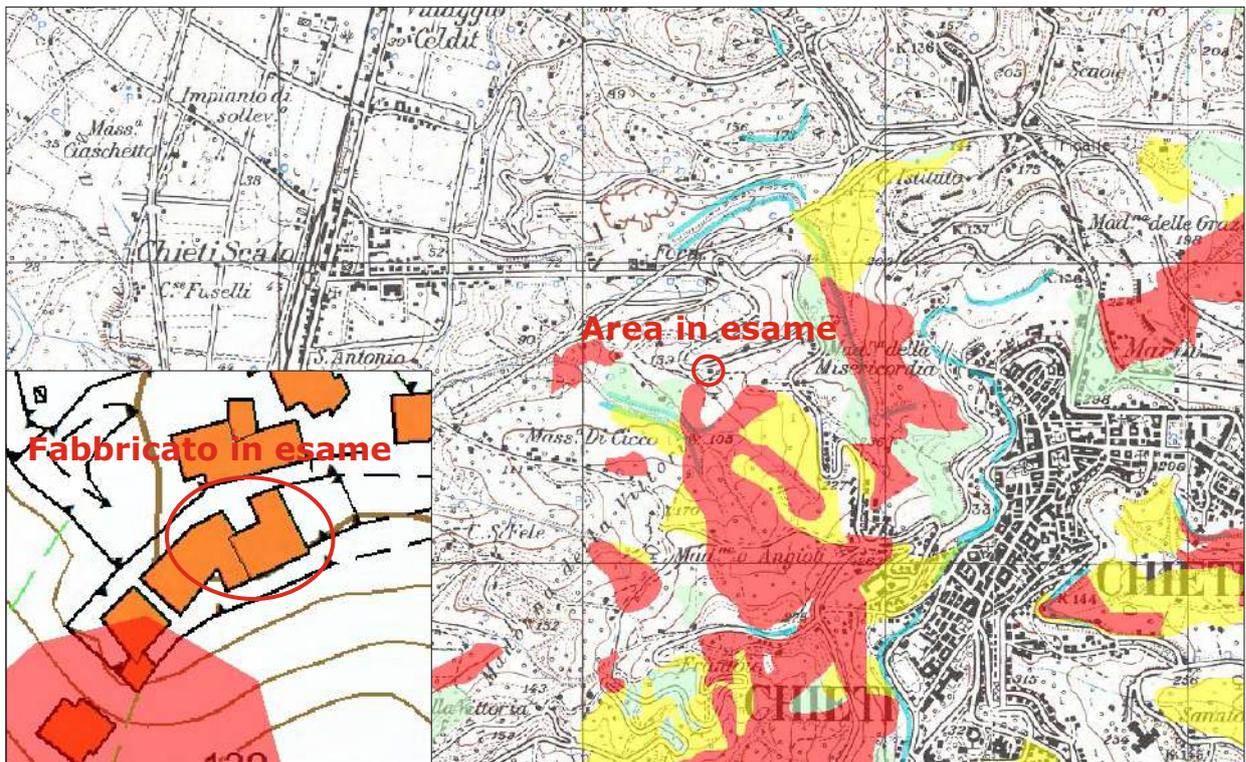


LEGENDA

		STATO DI ATTIVITA'			
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO	
FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE	Orio di scarpata di degradazione e/o di frana				
	Trincea o fessura				
	Frattura di trazione				
	Versante interessato da deformazione profonda				
	Versante interessato da deformazioni superficiali lente				
	Corpo di frana di crollo e ribaltamento				
	Corpo di frana di scorrimento: (A) Traslativo (B) Rotazionale				
	Corpo di frana di colamento				
	Corpo di frana di genesi complessa (inclusi i fenomeni di trasporto e di massa)				
	Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate				
	Contropendenza significativa nel corpo di frana				
	FORME STRUTTURALI	Orio di scarpata di faglia			
		Orio di scarpata con influenza strutturale			
Orio di scarpata di linea di faglia					
Orio di scarpata con influenza strutturale interessata da caduta di detrito					
FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI (SUPERFICIALI)	Orio di scarpata di erosione fluviale o torrentizia				
	Alveo con erosione laterale o sponda in erosione				
	Alveo con tendenza all'approfondimento				
	Solco da ruscellamento concentrato				
	Superficie a catanchi e forme similari				
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente diffuso				
	Superficie con forme di dilavamento prevalentemente concentrato				
FORME E PROCESSI ANTROPICI	Orio di scarpata artificiale				
	Terrazzamento agrario				
	Sbarramento				
	Lago artificiale				
FORME E PROCESSI MARINARI COSTIERI	Orio di scarpata di erosione marina				
	Cavità sotterranee naturali e/o antropiche				

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA DEL PAI

Stralcio dal Geoportale della Regione Abruzzo
Scala 1:25.000



LEGENDA

- P1** PERICOLOSITA' MODERATA
 Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione.
- P2** PERICOLOSITA' ELEVATA
 Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione.
- P3** PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
 Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente.
- PS** PERICOLOSITA' DA SCARPATA
 Aree interessate da Dissesti generati da Scarpare.



CARTA IDROGEOLOGICA

Stralcio dallo Schema Idrogeologico dell'Italia Centro Adriatica
Scala originaria 1:250.000

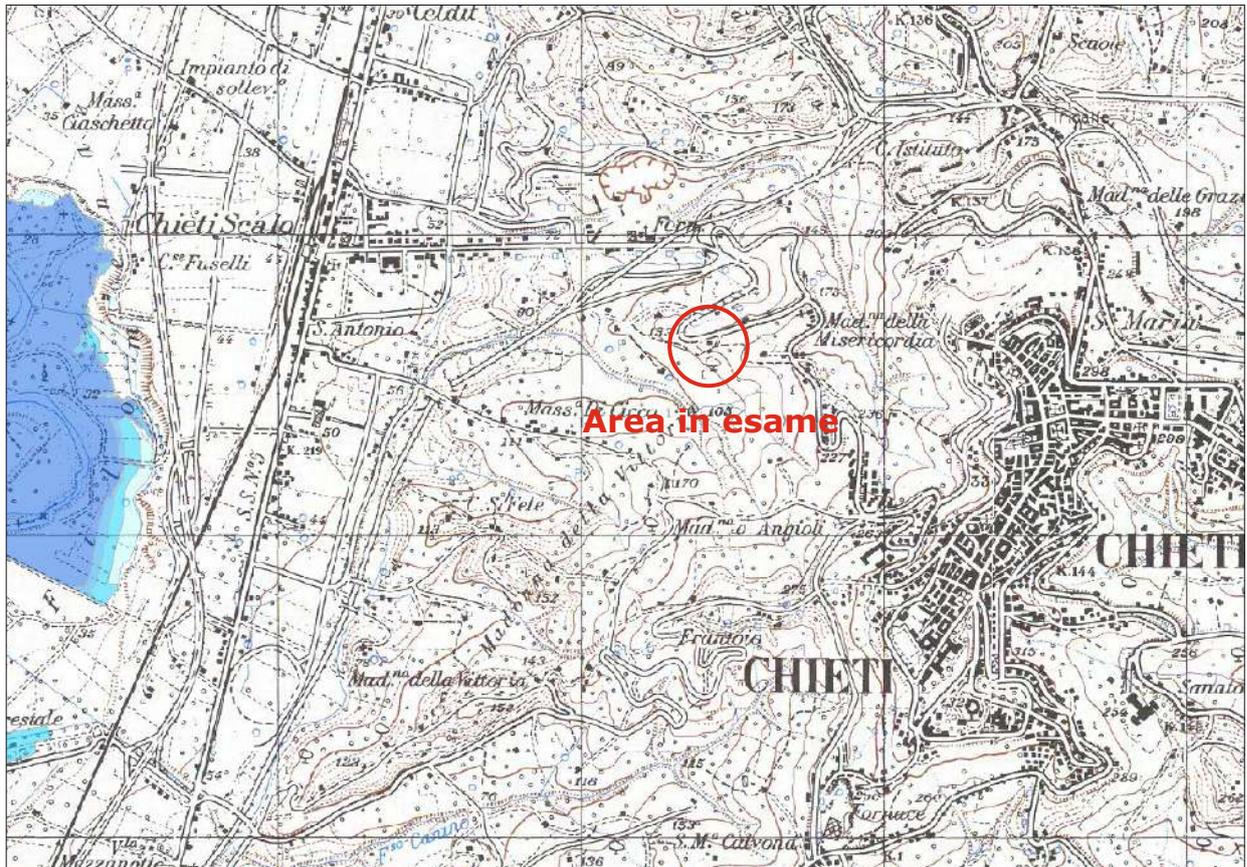


LEGENDA SEMPLIFICATA

- A** **A - DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI ED ATTUALI** (Pleistocene Sup. - Olocene)
I depositi recenti ed attuali sono costituiti da ghiaie con ampie lenti di limi-argillosi, limi-sabbiosi, sabbie e sabbie-ghiaiose. La distribuzione varia sensibilmente all'interno di ciascun corpo sedimentario, così come risultano molto variabili gli spessori tra le diverse pianure. In generale procedendo da monte verso valle si individuano due zone con caratteristiche idrogeologiche diverse: nella parte alta predominano gli acquiferi monostrato con corpi ghiaiosi, spesso affioranti in superficie, e coperture limoso-argillose e limoso-sabbiose generalmente poco spesse; nella parte bassa delle pianure si hanno invece situazioni molto differenziate con individuazione di acquiferi multistrato. Nelle principali pianure si riscontrano estesi e potenti corpi di depositi fini separati tra loro da corpi lenticolari ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, mentre nelle pianure minori la situazione è inversa, con ampie lenti di materiali fini che separano corpi ghiaiosi relativamente più spessi. Il complesso è sede di importanti acquiferi le cui acque sono ampiamente utilizzate a scopi civili, industriali e agricoli. Nell'alto corso dei principali fiumi l'alveo è impostato sul substrato mesozoico e terziario, mentre nel tratto terminale lo stesso si imposta sui depositi alluvionali il cui substrato è costituito da terreni argilloso-marnosi plio-pleistocenici. Lo spessore risulta essere molto variabile, in generale tra i 10 e 20 metri nella parte alta della pianura ed un massimo di circa 45 metri in prossimità della foce. L'alimentazione della falda contenuta nel complesso nella parte bassa delle pianure è dovuta principalmente ai fiumi ed ai loro affluenti.
La trasmissività dei depositi più permeabili (ghiaioso-sabbiosi) varia in media da 10^{-2} a 10^{-4} m²/s; la conducibilità idraulica varia in media da 10^{-3} a 10^{-4} m/s, nei depositi prevalentemente limosi o limoso argillosi varia da 10^{-5} a 10^{-6} m/s. La circolazione è favorita dalla presenza di paleovalle a maggiore permeabilità relativa. L'oscillazione stagionale della piezometria varia tra 1 e 3 m. La facies idrochimica principale è bicarbonato calcica con tenore salino variabile attorno a 0,6 g/l; in alcune zone della falda sono presenti acque cloruro sodiche e cloruro-sodico-solfatiche plioceniche e messiniane con tenori salini superiori talora a 3 g/l.
La vulnerabilità degli acquiferi del complesso è molto alta, la pericolosità potenziale di inquinamento, a causa dell'elevato sviluppo degli insediamenti industriali, della rete infrastrutturale, dell'attività produttiva e delle attività agricole, è estremamente elevata. Nelle porzioni costiere di alcuni fondovalle il cuneo salino risulta sviluppato oltre il naturale equilibrio.
- G3**
G2
G1 **G - PELITI ARENACEE** (Messiniano - Pleistocene Medio)
Il complesso è costituito dalla successione marina prevalentemente argillosa plio-pleistocenica (G1) al cui interno si intercalano a diversa altezza corpi arenacei, arenaceo-conglomeratici, arenaceo-pellici e conglomeratici (G2), spesso sede di acquiferi, dalla successione marnoso-argillosa della Gessoso Solfifera (G3) e dai depositi torbiditici pelitico arenacei (inclusi nel sottocomplesso G1). Il complesso G svolge un ruolo di acquicludde nei confronti dei complessi alluvionali e tampona, a scala regionale, gli acquiferi carbonatici delle diverse idrostrutture con contatti sia stratigrafici che tettonici. Inoltre, rappresenta l'impermeabile di base di molte falde alluvionali e dei molti bacini lacustri artificiali per uso idroelettrico. È sede di falde di modeste estensioni localizzate nelle intercalazioni più sabbiose e/o arenacee del complesso. Le falde vengono esclusivamente ricaricate dalle acque zenitali. I bassi valori di permeabilità del complesso possono venire influenzati positivamente dalla presenza di un'alta frequenza di livelli arenacei al loro interno e dalla densità di fratturazione. In generale il complesso può considerarsi prevalentemente impermeabile.
È costituito da sedimenti terrigeni torbiditici caratterizzati, in genere, da una alternanza ritmica di prevalenti strati a granulometria più fine (argille ed argilliti, marne argillose, marne, marne calcaree) con banchi a granulometria più grossolana (arenarie, sabbie e silti prevalentemente calcaree).
I corpi arenacei (G2) presentano notevoli variazioni di spessore e tendono a chiudersi a lente nelle peliti sia in affioramento che in profondità, creando le condizioni per la formazione di acquiferi confinati. La presenza di acqua dolce in tali corpi, dà luogo nelle unità in affioramento a numerose sorgenti a regime stagionale e perenne, le cui portate minime possono superare anche 1 l/s. Il regime delle sorgenti è tipico di bacini poco profondi con modesti volumi immagazzinati e circolazione veloce. La facies idrochimica è bicarbonato-calcica con tenore salino generalmente superiore a 0,5 g/l ed arricchimenti in cloruri, sodio, magnesio e solfati. Le acque, utilizzate in passato a scopi idropotabili, risultano oggi generalmente inquinate. La vulnerabilità delle sorgenti è alta a causa degli apporti diretti di acque di pioggia circolanti nelle coperture eluvio-cultivabili presenti nei versanti e rapidamente veicolate alle sorgenti; la pericolosità potenziale di inquinamento è elevata nelle zone interessate da pratiche agricole e zootecniche e da insediamenti abitativi.
I differenti litotipi della successione marnoso argillosa gessoso solfifera sono dotati di permeabilità medio bassa e comunque variabile a seconda del grado di fratturazione generale e di carsismo dei gessi. La distribuzione spaziale risulta "a macchia di leopardo" con piccole superfici che in genere non superano alcuni km²; sole eccezioni sono l'area posta a nord del massiccio della Majella, che presenta una superficie di circa 45 km².
Dal complesso (G) ed in particolare dal sottocomplesso G3 emergono anche sorgenti mineralizzate a facies cloruro-sodica e solfatica (più raramente sulfurea) con tenore salino superiore anche a 5 g/l. Queste possono o meno essere associate a vulcanelli di fango. La genesi è legata alle acque plioceniche messiniane che risalgono, trasportate dai gas, lungo zone di frattura connesse ad elementi tettonici. Le sorgenti solfato calciche e solfuree hanno genesi legata a processi di lisciviazione e messa in soluzione dei livelli gessosi messiniani (sorgenti di Caramanico Terme, Raiano e del Lavino a Decontra, rispettivamente in carta n. 65 e n. 69).
- Piezometria delle pianure alluvionali (m s.l.m.)
- - - - - equidistanza di 5 m
— — — — — equidistanza di 10 m

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA DEL PSDA

Stralcio dal Geoportale della Regione Abruzzo
Scala 1:25.000



LEGENDA

Classi di pericolosità idraulica [Q50 - Q100 - Q200] (*)

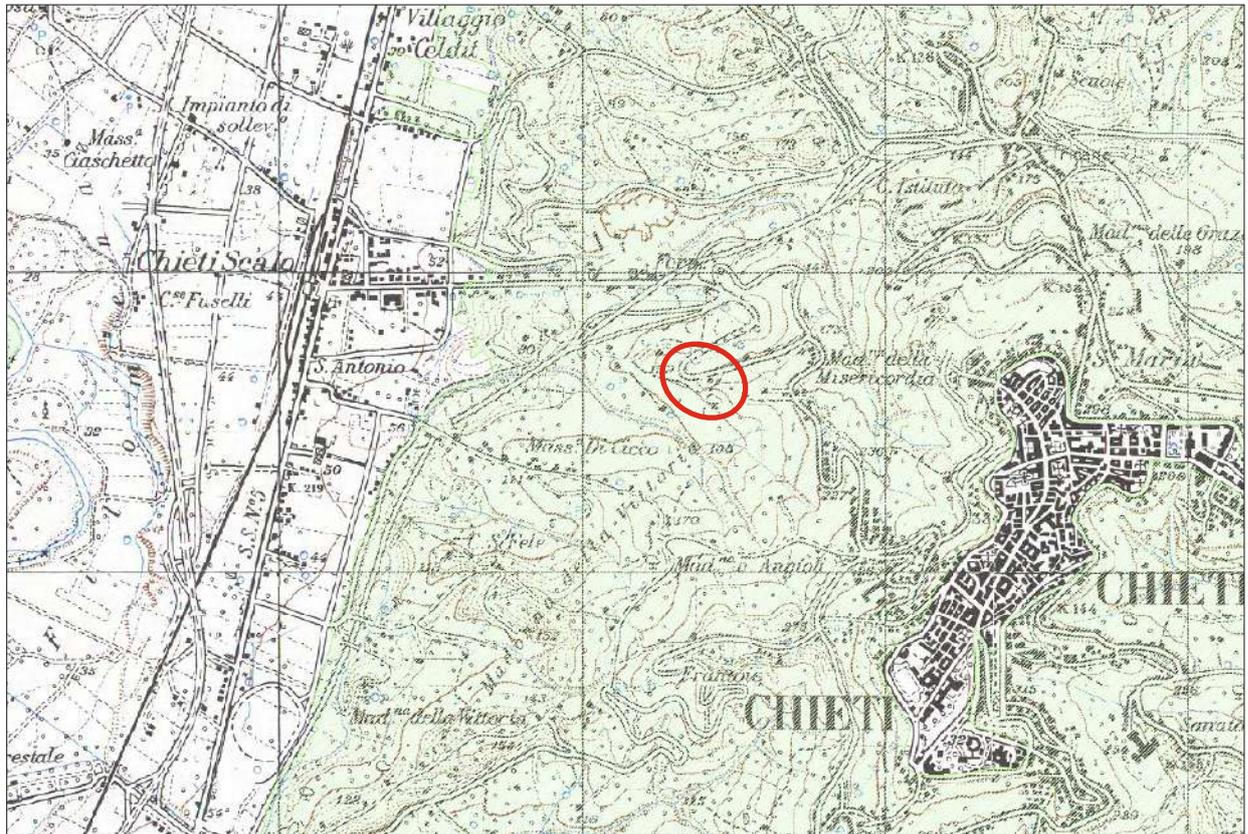
	Pericolosità molto elevata h50 > 1m v50 > 1m/s		Reticolo idrografico
	Pericolosità elevata 1m > h50 > 0.5 m h100 > 1m v100 > 1m/s		
	Pericolosità media h100 > 0m		
	Pericolosità moderata h200 > 0m		

CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO

ai sensi dell'art.1 del R.D. 30/12/23

Stralcio dal Geoportale della Regione Abruzzo

Scala 1:25.000



LEGENDA

 Vincolo idrogeologico

 Area in esame



PLANIMETRIA CATASTALE

*Stralcio dal Foglio n°34 del Comune di Chieti p.IIa 4173
Scala originaria 1:2.000*

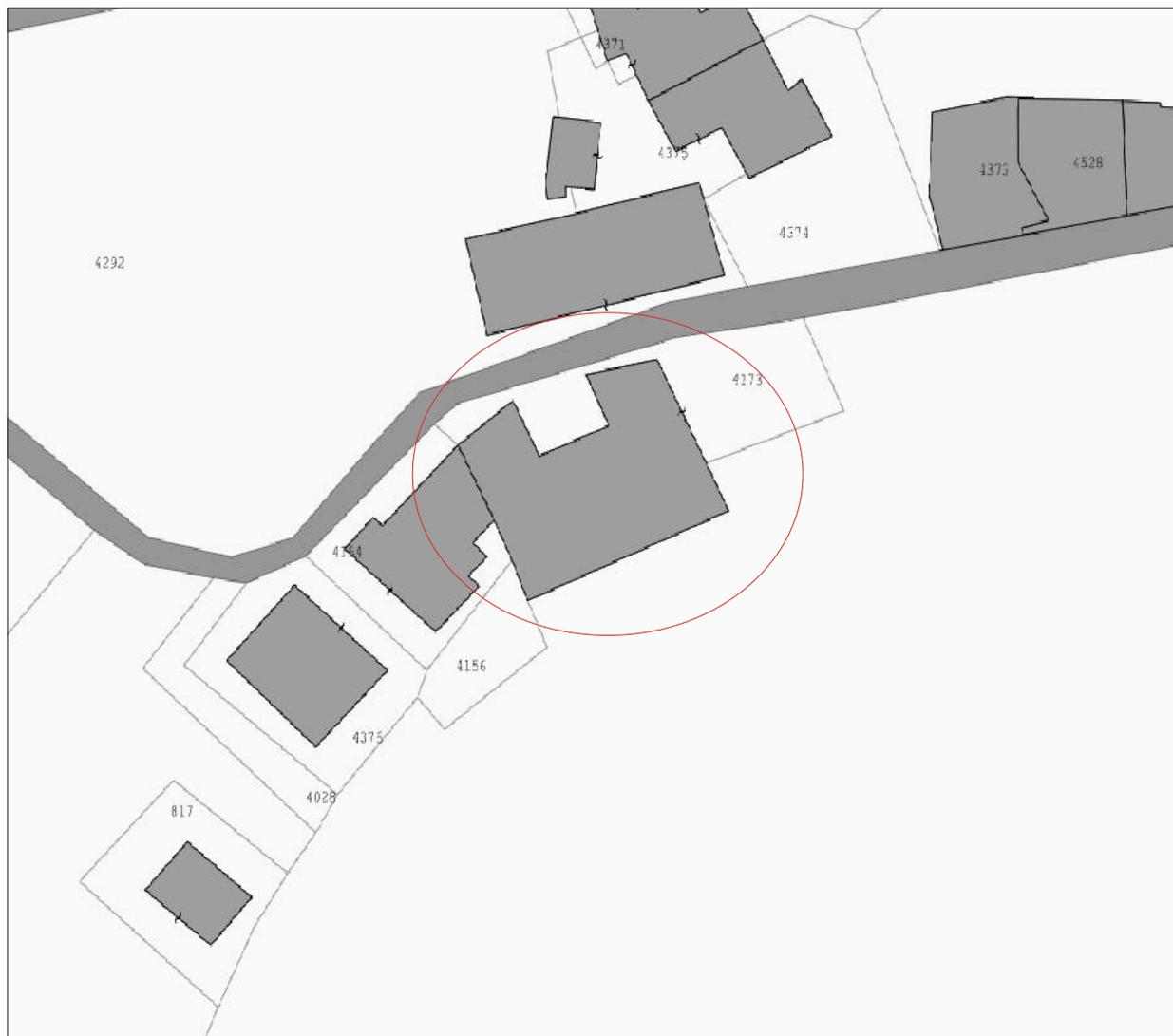


FOTO AEREA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Fonte Foto: Ortofoto Regione Abruzzo 2007



LEGENDA

- **DMT1** Prova con Dilatometro di Marchetti
- **C1** Prelievo di campione indisturbato per prove geotecniche di laboratorio
- **HVSR1** Prospezione sismica passiva



ALLEGATO XI

Certificati prove dilatometriche





CERTIFICATO N. 365/2022

DMT1	LEGENDA	PARAMETRI INTERPRETATI	PARAMETRI GENERALI
26 APR 2022	Z = Profondità da superficie terreno Po,P1,P2 = Letture A,B,C corrette Id = Indice di materiale Ed = Modulo Dilatometrico Ud = Ind. Press.Neutra = (P2-Uo)/(Po-Uo) Gamma = Peso volume naturale Sigma' = Press. efficace vertic. Uo = Pressione neutra (H2O)	Phi = Angolo attrito min (cautelativo) Ko = Coeff. spinta orizz. in sito M = Modulo edometrico (per Sigma') Cu = Resist. taglio non drenata Ocr = Grado di sovraconsolidazione (OCR = 'OCR relativo' - generalmente realistico. Se accurato OCR disponib. applicare opport. fattore correttivo)	DeltaA = 10 kPa DeltaB = 35 kPa GammaTop = 17.0 kN/m ³ FactorEd = 34.7 Zm = 0.0 kPa Zabs = 0.0 m Zw > Zfinal
Comm.: Dott. Geol. Lorenzo Pizii Cantiere: CTU Loc.: Via Gramsci - Chieti (CH)			

Livello falda sotto fondo prova

Formule di riduzione secondo Marchetti, ASCE Geot.Jnl.Mar. 1980, Vol.109, 299-321; Phi secondo TC16 ISSMGE, 2001

Z (m)	A (kPa)	B (kPa)	C (kPa)	Po (kPa)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	Gamma (kN/m ³)	Sigma' (kPa)	Uo (kPa)	Id	Kd	Ed (MPa)	Ud	Ko	Ocr	Phi (Deg)	M (MPa)	Cu (kPa)	DMT1 DESCRIZIONE
0.8	280	690		272	655		17.7	14	0	1.41	20.0	13.3					42.0		LIMO SAB
1.0	170	540		164	505		17.7	17	0	2.08	9.6	11.8				40	29.1		SABBIA LIM
1.2	310	750		300	715		17.7	21	0	1.38	14.5	14.4					41.1		LIMO SAB
1.4	260	720		249	685		17.7	24	0	1.75	10.3	15.1				41	38.2		LIMO SAB
1.6	440	1400		404	1365		18.6	28	0	2.38	14.6	33.3				42	95.2		SABBIA LIM
1.8	550	1800		500	1765		19.6	31	0	2.53	15.9	43.9				43	129.0		SABBIA LIM
2.0	830	3000		734	2965		19.6	35	0	3.04	20.7	77.4				44	247.0		SABBIA LIM
2.2	850	2600		775	2565		19.6	39	0	2.31	19.7	62.1				43	195.2		SABBIA LIM
2.4	980	3000		891	2965		21.1	43	0	2.33	20.6	72.0				44	229.2		SABBIA LIM
2.6	1400	3700		1297	3665		21.1	47	0	1.83	27.3	82.2				45	283.6		SABBIA LIM
2.8	1300	3300		1212	3265		20.6	52	0	1.69	23.5	71.2				44	235.6		LIMO SAB
3.0	650	2350		577	2315		19.6	56	0	3.01	10.3	60.3				41	152.7		SABBIA LIM
3.2	1620	4850		1471	4815		21.1	60	0	2.27	24.6	116.0				44	389.2		SABBIA LIM
3.4	1000	3300		897	3265		21.1	64	0	2.64	14.0	82.2				42	231.8		SABBIA LIM
3.6	1200	3500		1097	3465		21.1	68	0	2.16	16.1	82.2				43	242.5		SABBIA LIM
3.8	1900	4200		1797	4165		20.6	72	0	1.32	24.8	82.2					276.2		LIMO SAB
4.0	1400	3600		1302	3565		20.6	76	0	1.74	17.0	78.5				43	235.9		LIMO SAB
4.2	2100	3650		2035	3615		20.6	81	0	0.78	25.2	54.8		3.2	52.3		185.2	422	LIMO ARG
4.4	2300	3900		2232	3865		20.6	85	0	0.73	26.3	56.7		3.2	56.0		193.6	468	LIMO ARG
4.6	2900	4400		2837	4365		20.1	89	0	0.54	31.9	53.0		3.6	75.5		190.8	624	ARG LIM
4.8	2500	4100		2432	4065		20.6	93	0	0.67	26.2	56.7		3.2	55.4		193.3	509	LIMO ARG
5.0	2600	4000		2542	3965		20.1	97	0	0.56	26.2	49.4		3.2	55.5		168.5	532	ARG LIM
5.2	3200	4800		3132	4765		20.1	101	0	0.52	31.0	56.7		3.5	72.1		202.3	684	ARG LIM
5.4	3100	4500		3042	4465		20.1	105	0	0.47	29.0	49.4		3.4	64.9		173.1	653	ARG LIM
5.6	3500	5500		3412	5465		20.6	109	0	0.60	31.3	71.2		3.6	73.2		255.0	747	LIMO ARG
5.8	2800	4100		2747	4065		20.1	113	0	0.48	24.3	45.7		3.1	49.2		152.7	564	ARG LIM
6.0	3300	5200		3217	5165		20.6	117	0	0.61	27.5	67.6		3.3	59.7		233.6	681	LIMO ARG
6.2	2700	4100		2642	4065		20.1	121	0	0.54	21.8	49.4		2.9	41.6		159.8	528	ARG LIM
6.4	2800	4100		2747	4065		20.1	125	0	0.48	21.9	45.7		2.9	42.0		148.3	550	ARG LIM
6.6	2500	3900		2442	3865		20.1	129	0	0.58	18.9	49.4		2.7	33.3		153.1	471	ARG LIM
6.8	2800	5200		2692	5165		20.6	133	0	0.92	20.2	85.8		2.8	36.9		271.6	528	LIMO
7.0	2300	3500		2252	3465		20.1	138	0	0.54	16.4	42.1		2.5	26.7		124.9	419	ARG LIM

CERTIFICATO N. 365/2022

Z (m)	A (kPa)	B (kPa)	C (kPa)	Po (kPa)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	Gamma (kN/m ³)	Sigma' (kPa)	Uo (kPa)	Id	Kd	Ed (MPa)	Ud	Ko	Ocr	Phi (Deg)	M (MPa)	Cu (kPa)	DMT1 DESCRIZIONE
7.2	1800	2900		1757	2865		20.6	142	0	0.63	12.4	38.4		2.1	17.3		104.0	305	LIMO ARG
7.4	1700	3300		1632	3265		20.6	146	0	1.00	11.2	56.7		2.0	14.7		147.8	276	LIMO
7.6	2100	3300		2052	3265		20.1	150	0	0.59	13.7	42.1		2.2	20.2		117.8	365	ARG LIM
7.8	2000	4600		1882	4565		20.6	154	0	1.43	12.2	93.1					250.5		LIMO SAB
8.0	1800	3300		1737	3265		20.6	158	0	0.88	11.0	53.0		1.9	14.3		137.3	293	LIMO
8.2	1900	3400		1837	3365		20.6	162	0	0.83	11.3	53.0		2.0	15.0		138.8	312	LIMO
8.4	1600	3200		1532	3165		20.6	166	0	1.07	9.2	56.7		1.7	10.9		137.1	247	LIMO
8.6	1700	2800		1657	2765		20.6	170	0	0.67	9.7	38.4		1.8	11.8		95.0	271	LIMO ARG
8.8	1700	3800		1607	3765		20.6	174	0	1.34	9.2	74.9					181.2		LIMO SAB
9.0	1600	2700		1557	2665		20.6	179	0	0.71	8.7	38.4		1.7	10.0		90.8	248	LIMO ARG
9.2	1700	2800		1657	2765		20.6	183	0	0.67	9.1	38.4		1.7	10.6		92.3	266	LIMO ARG
9.4	1900	3200		1847	3165		20.6	187	0	0.71	9.9	45.7		1.8	12.1		113.8	303	LIMO ARG
9.6	2100	3300		2052	3265		20.1	191	0	0.59	10.8	42.1		1.9	13.8		108.1	344	ARG LIM
9.8	2000	3500		1937	3465		20.6	195	0	0.79	9.9	53.0		1.8	12.2		132.2	318	LIMO ARG
10.0	2300	3700		2242	3665		20.6	199	0	0.63	11.3	49.4		2.0	14.9		129.0	380	LIMO ARG

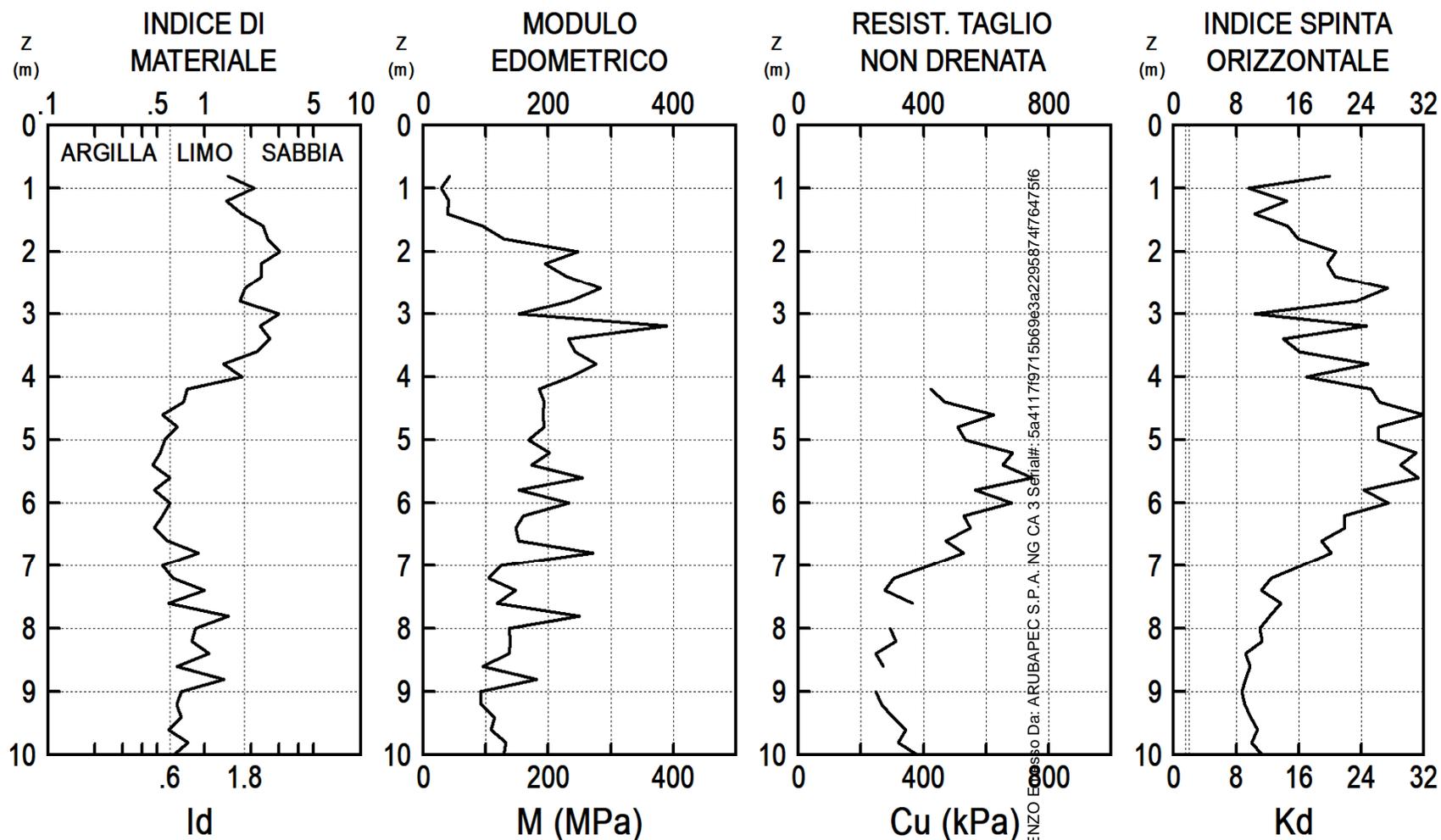


Foto postazione DMT1

Firmato Da: PIZIL LORENZO Emesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 5a4117f9715b669e3a2295874f76475f6



ELABORATI GRAFICI DMT1

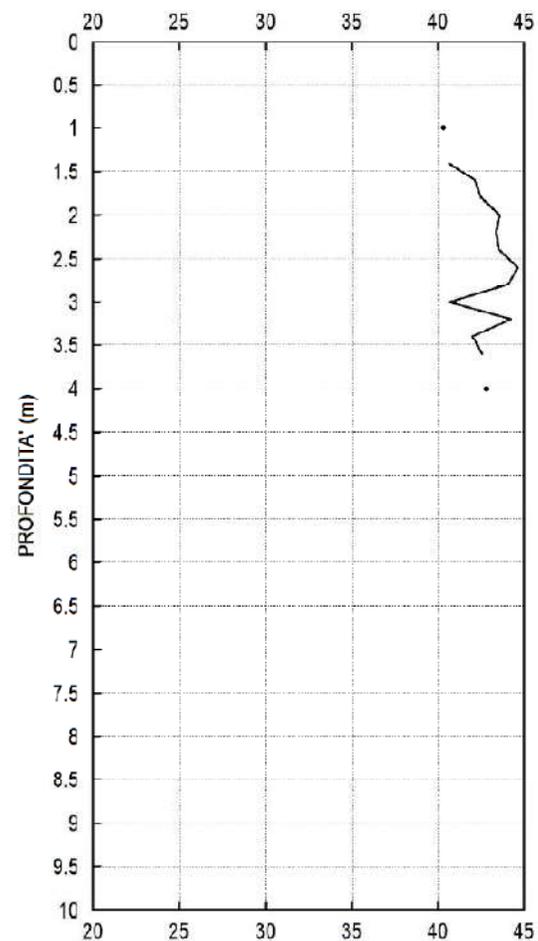


Firmato Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 5a4117f9715b69e3a2295874f76475f6



ELABORATI GRAFICI DMT1

ANGOLO DI ATTRITO (incoerente): Phi (deg)



Firmato Da: PIZII LORENZO Emesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 5a4117f9715b669e3a2295874f76475f6





CERTIFICATO N. 366/2022

DMT2	LEGENDA	PARAMETRI INTERPRETATI	PARAMETRI GENERALI
26 APR 2022	Z = Profondità da superficie terreno Po, P1, P2 = Letture A, B, C corrette Id = Indice di materiale Ed = Modulo Dilatometrico Ud = Ind. Press. Neutra = (P2-Uo)/(Po-Uo) Gamma = Peso volume naturale Sigma' = Press. efficace vertic. Uo = Pressione neutra (H2O)	Phi = Angolo attrito min (cautelativo) Ko = Coeff. spinta orizz. in sito M = Modulo edometrico (per Sigma') Cu = Resist. taglio non drenata Ocr = Grado di sovraconsolidazione (OCR = 'OCR relativo' - generalmente realistico. Se accurato OCR disponib. applicare opport. fattore correttivo)	DeltaA = 15 kPa DeltaB = 55 kPa GammaTop = 17.0 kN/m ³ FactorEd = 34.7 Zm = 0.0 kPa Zabs = 0.0 m Zw > Zfinal
Comm.: Dott. Geol. Lorenzo Pizii Cantiere: CTU Loc.: Via Gramsci - Chieti (CH)			

Livello falda sotto fondo prova

Formule di riduzione secondo Marchetti, ASCE Geot. Jnl. Mar. 1980, Vol.109, 299-321; Phi secondo TC16 ISSMGE, 2001

Z (m)	A (kPa)	B (kPa)	C (kPa)	Po (kPa)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	Gamma (kN/m ³)	Sigma' (kPa)	Uo (kPa)	Id	Kd	Ed (MPa)	Ud	Ko	Ocr	Phi (Deg)	M (MPa)	Cu (kPa)	DMT2 DESCRIZIONE
0.8	600	1100		594	1045		17.7	14	0	0.76	43.6	15.7		4.3	>99.9		61.0	141	LIMO ARG
1.0	1200	2100		1174	2045		20.6	17	0	0.74	68.5	30.2		5.4	>99.9		130.7	312	LIMO ARG
1.2	1150	2150		1119	2095		20.6	21	0	0.87	52.6	33.9		4.7	>99.9		138.0	279	LIMO
1.4	1250	2350		1214	2295		20.6	25	0	0.89	47.8	37.5		4.5	>99.9		149.4	295	LIMO
1.6	1350	2300		1321	2245		20.6	29	0	0.70	44.8	32.1		4.3	>99.9		125.7	316	LIMO ARG
1.8	1250	2150		1224	2095		20.6	34	0	0.71	36.4	30.2		3.9	92.6		112.6	278	LIMO ARG
2.0	1000	2000		969	1945		19.1	38	0	1.01	25.7	33.9		3.2	53.7		115.0	202	LIMO
2.2	1250	2400		1211	2345		20.6	42	0	0.94	29.1	39.3		3.4	65.5		138.2	260	LIMO
2.4	1000	2100		964	2045		19.1	46	0	1.12	21.1	37.5		2.9	39.5		120.3	191	LIMO
2.6	1300	2600		1254	2545		20.6	50	0	1.03	25.3	44.8		3.2	52.6		151.5	260	LIMO
2.8	1200	2300		1164	2245		20.6	54	0	0.93	21.7	37.5		2.9	41.3		121.3	232	LIMO
3.0	1200	2250		1166	2195		20.6	58	0	0.88	20.2	35.7		2.8	36.9		113.0	229	LIMO
3.2	1300	2350		1266	2295		20.6	62	0	0.81	20.5	35.7		2.8	37.7		113.5	249	LIMO
3.4	1300	2400		1264	2345		20.6	66	0	0.86	19.1	37.5		2.7	34.0		116.9	244	LIMO
3.6	1250	2500		1206	2445		20.6	70	0	1.03	17.2	43.0		2.5	28.8		129.6	227	LIMO
3.8	1350	2550		1309	2495		20.6	74	0	0.91	17.6	41.2		2.6	29.9		125.0	248	LIMO
4.0	1400	2800		1349	2745		20.6	78	0	1.04	17.2	48.5		2.5	28.8		146.1	254	LIMO
4.2	1350	2400		1316	2345		20.6	82	0	0.78	16.0	35.7		2.4	25.6		105.1	243	LIMO ARG
4.4	1300	2500		1259	2445		20.6	87	0	0.94	14.5	41.2		2.3	22.1		117.5	227	LIMO
4.6	1250	2450		1209	2395		20.6	91	0	0.98	13.3	41.2		2.2	19.3		114.1	214	LIMO
4.8	1300	2400		1264	2345		20.6	95	0	0.86	13.3	37.5		2.2	19.3		104.0	223	LIMO
5.0	1600	3200		1539	3145		20.6	99	0	1.04	15.5	55.7		2.4	24.6		162.7	283	LIMO
5.2	1500	2850		1451	2795		20.6	103	0	0.93	14.1	46.6		2.3	21.0		131.7	260	LIMO
5.4	1500	2900		1449	2845		20.6	107	0	0.96	13.5	48.5		2.2	19.7		135.0	257	LIMO
5.6	1600	3100		1544	3045		20.6	111	0	0.97	13.9	52.1		2.2	20.6		146.4	276	LIMO
5.8	1700	3150		1646	3095		20.6	115	0	0.88	14.3	50.3		2.3	21.5		142.6	296	LIMO
6.0	1700	2800		1664	2745		20.6	120	0	0.65	13.9	37.5		2.2	20.7		105.6	297	LIMO ARG
6.2	1650	2950		1604	2895		20.6	124	0	0.81	13.0	44.8		2.2	18.5		123.1	281	LIMO
6.4	1800	2900		1764	2845		20.6	128	0	0.61	13.8	37.5		2.2	20.4		105.3	314	LIMO ARG
6.6	1800	3000		1759	2945		20.6	132	0	0.67	13.3	41.2		2.2	19.3		114.1	311	LIMO ARG
6.8	1650	2850		1609	2795		20.6	136	0	0.74	11.8	41.2		2.0	16.0		109.5	276	LIMO ARG
7.0	1750	3150		1699	3095		20.6	140	0	0.82	12.1	48.5		2.1	16.7		130.0	293	LIMO

Firmato Da: PIZII LORENZO Emesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 5a4117f9715b669e3a229587476475



Z (m)	A (kPa)	B (kPa)	C (kPa)	Po (kPa)	P1 (kPa)	P2 (kPa)	Gamma (kN/m ³)	Sigma' (kPa)	Uo (kPa)	Id	Kd	Ed (MPa)	Ud	Ko	Ocr	Phi (Deg)	M (MPa)	Cu (kPa)	DMT2 DESCRIZIONE
7.2	1750	3050		1704	2995		20.6	144	0	0.76	11.8	44.8		2.0	16.0		119.1	292	LIMO ARG
7.4	2000	3200		1959	3145		20.6	148	0	0.61	13.2	41.2		2.2	19.0		113.7	345	LIMO ARG
7.6	2000	3350		1951	3295		20.6	153	0	0.69	12.8	46.6		2.1	18.1		127.5	341	LIMO ARG
7.8	2250	4000		2181	3945		20.6	157	0	0.81	13.9	61.2		2.2	20.7		172.2	390	LIMO
8.0	2100	3900		2029	3845		20.6	161	0	0.90	12.6	63.0		2.1	17.7		171.5	354	LIMO
8.2	2050	3800		1981	3745		20.6	165	0	0.89	12.0	61.2		2.1	16.4		163.7	341	LIMO
8.4	2050	3300		2006	3245		20.6	169	0	0.62	11.9	43.0		2.0	16.1		114.5	344	LIMO ARG
8.6	2000	3400		1949	3345		20.6	173	0	0.72	11.3	48.5		2.0	14.8		126.6	330	LIMO ARG
8.8	2000	3950		1921	3895		20.6	177	0	1.03	10.8	68.5		1.9	14.0		176.5	322	LIMO
9.0	2300	3900		2239	3845		20.6	181	0	0.72	12.3	55.7		2.1	17.1		150.5	388	LIMO ARG
9.2	2200	3600		2149	3545		20.6	185	0	0.65	11.6	48.5		2.0	15.5		127.9	367	LIMO ARG
9.4	2100	3700		2039	3645		20.6	190	0	0.79	10.8	55.7		1.9	13.8		143.2	341	LIMO ARG
9.6	2100	3750		2036	3695		20.6	194	0	0.81	10.5	57.6		1.9	13.3		146.6	339	LIMO
9.8	2200	4050		2126	3995		20.6	198	0	0.88	10.7	64.9		1.9	13.8		166.6	356	LIMO
10.0	2200	4100		2124	4045		20.6	202	0	0.90	10.5	66.7		1.9	13.4		169.9	354	LIMO

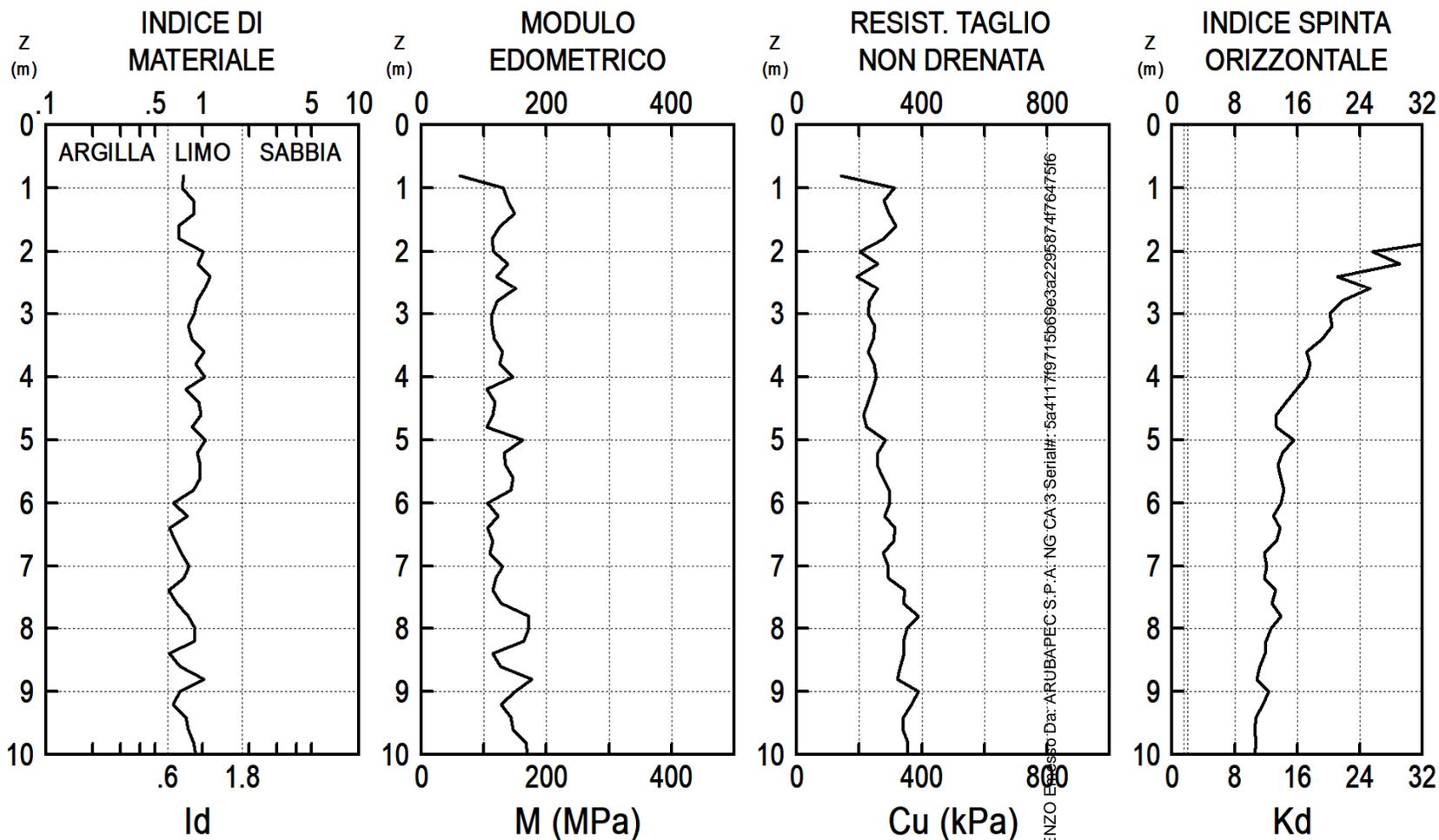


Foto postazione DMT2

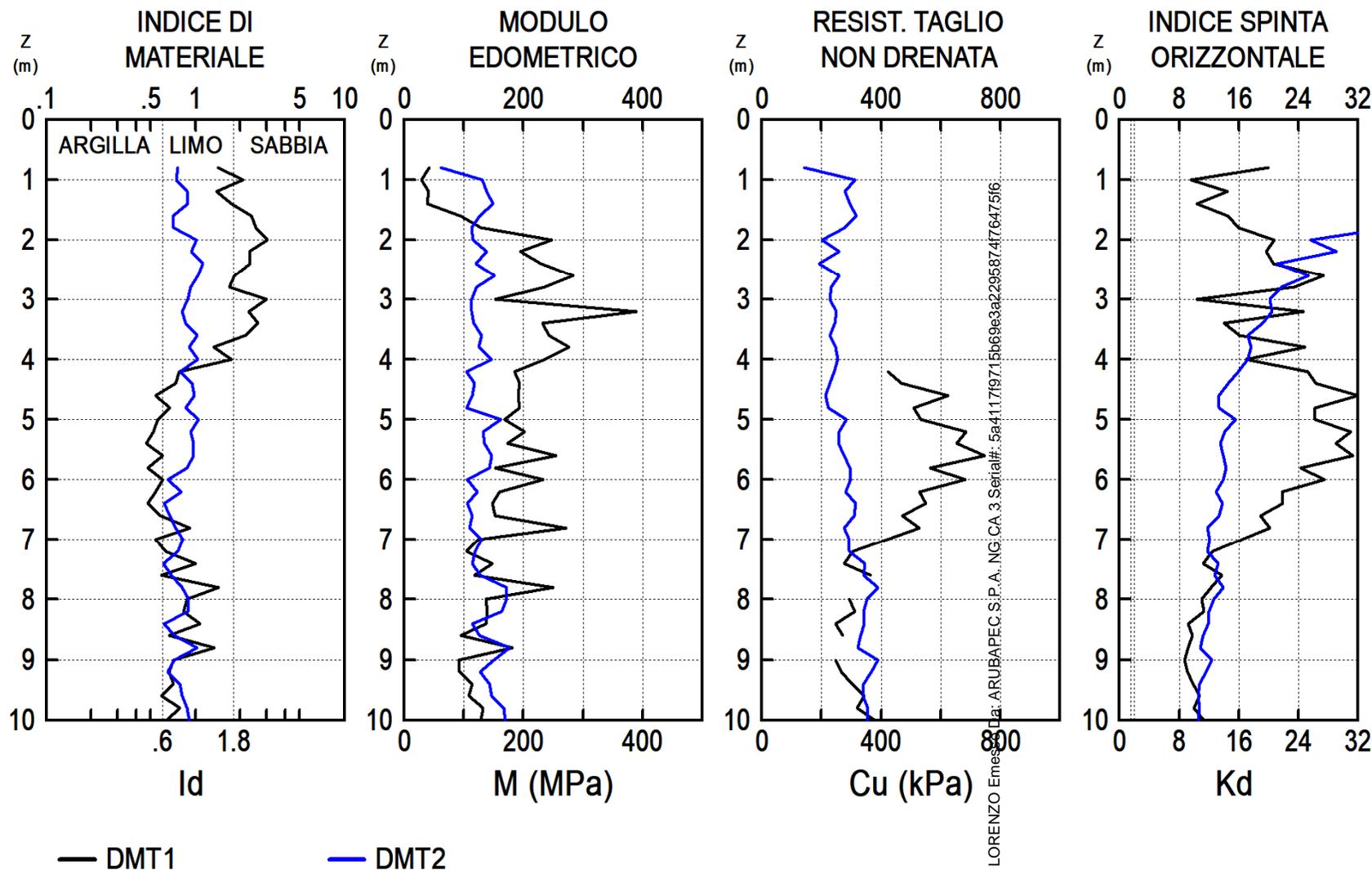
Firmato Da: PIZII LORENZO Emesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG_CA 3 Serial#: 5a1117f9715b69e3a2295874f76475f6



ELABORATI GRAFICI DMT2



ELABORATI GRAFICI DMT1-DMT2

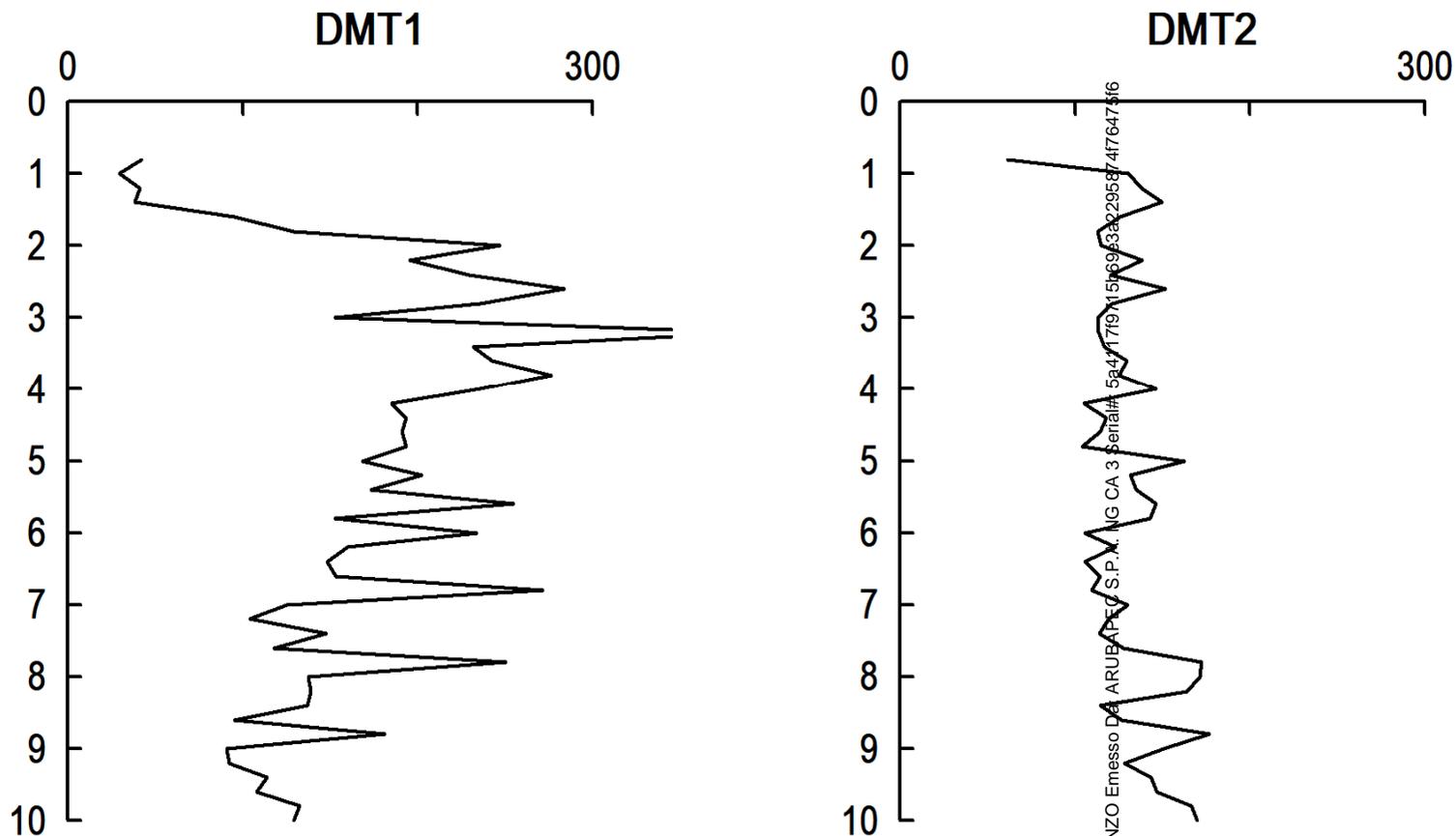


Firmato Da: PIZII LORENZO Emes...
Data: ARUBAPEC S.P.A. NG; CA.3 Serial#: 5a4117f9715b69e3a2295874f76475f6



ELABORATI GRAFICI DMT1-DMT2

PROFILO DEL PARAMETRO MODULO EDOMETRICO M (MPa)

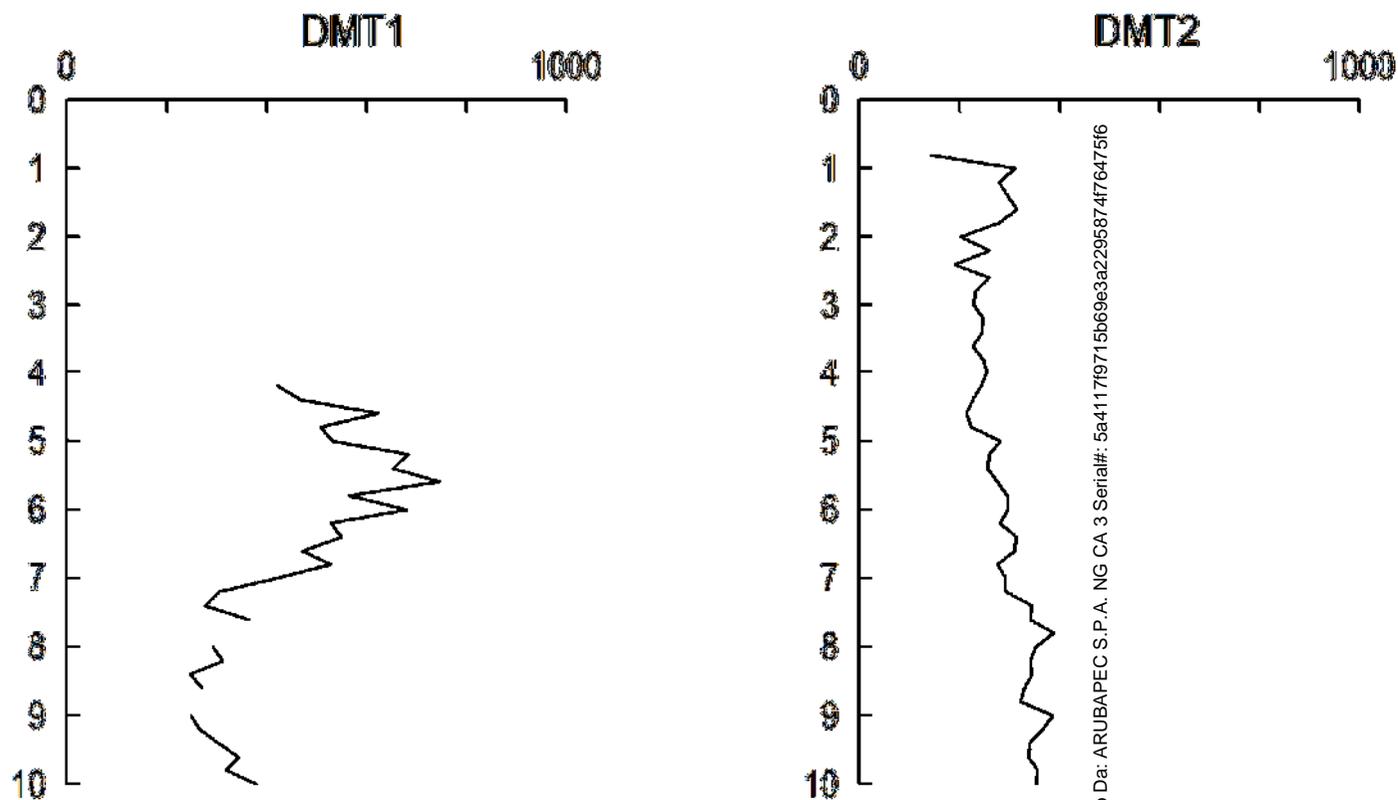


Firmato Da: PIZII LORENZO Emesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial# 5a4177915156993229587417647516



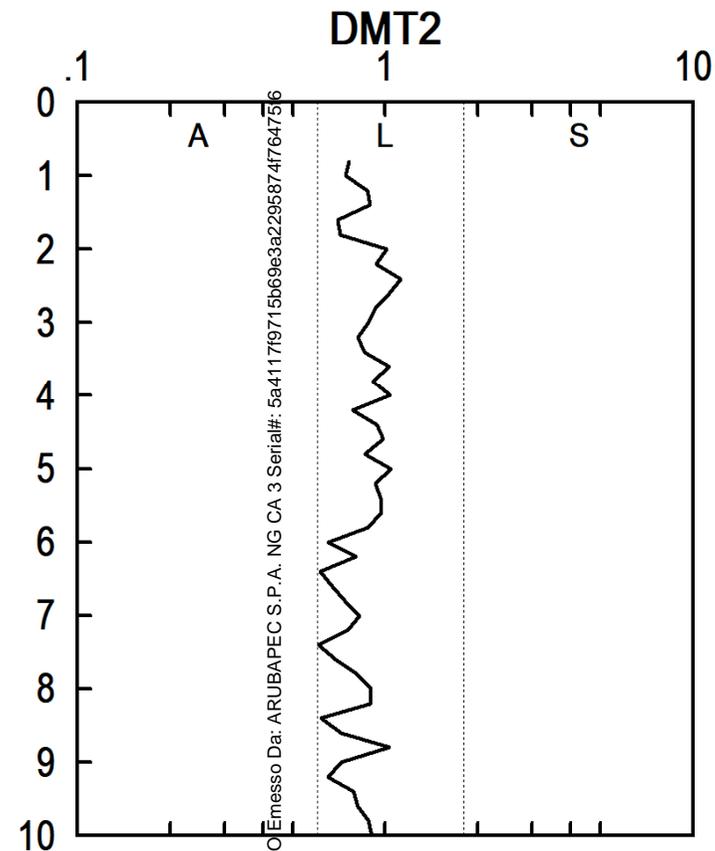
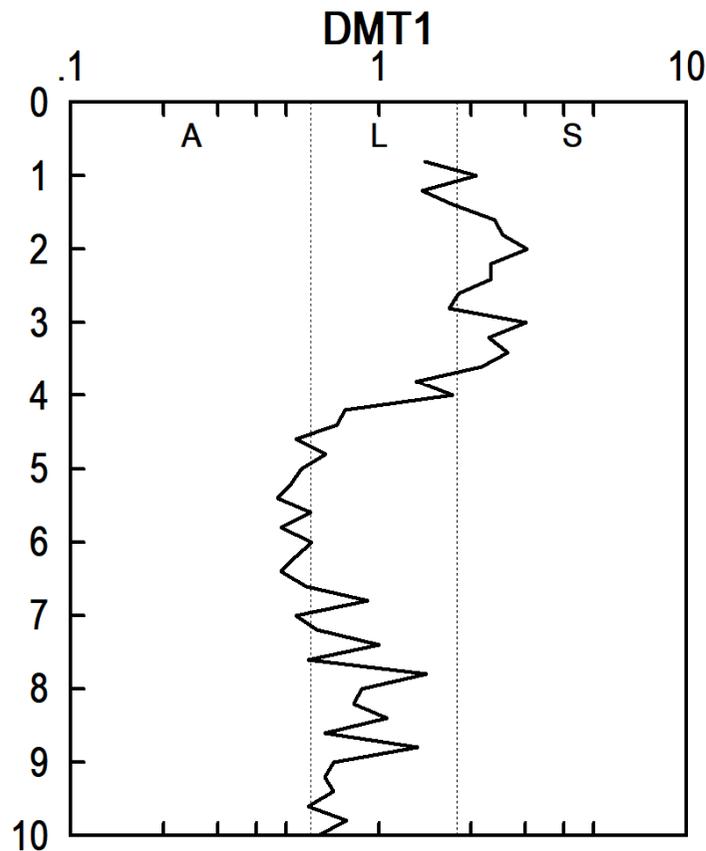
ELABORATI GRAFICI DMT1-DMT2

PROFILO DEL PARAMETRO RESIST. TAGLIO NON DRENATA C_u (kPa)



ELABORATI GRAFICI DMT1-DMT2

PROFILO DEL PARAMETRO INDICE DI MATERIALE I_d

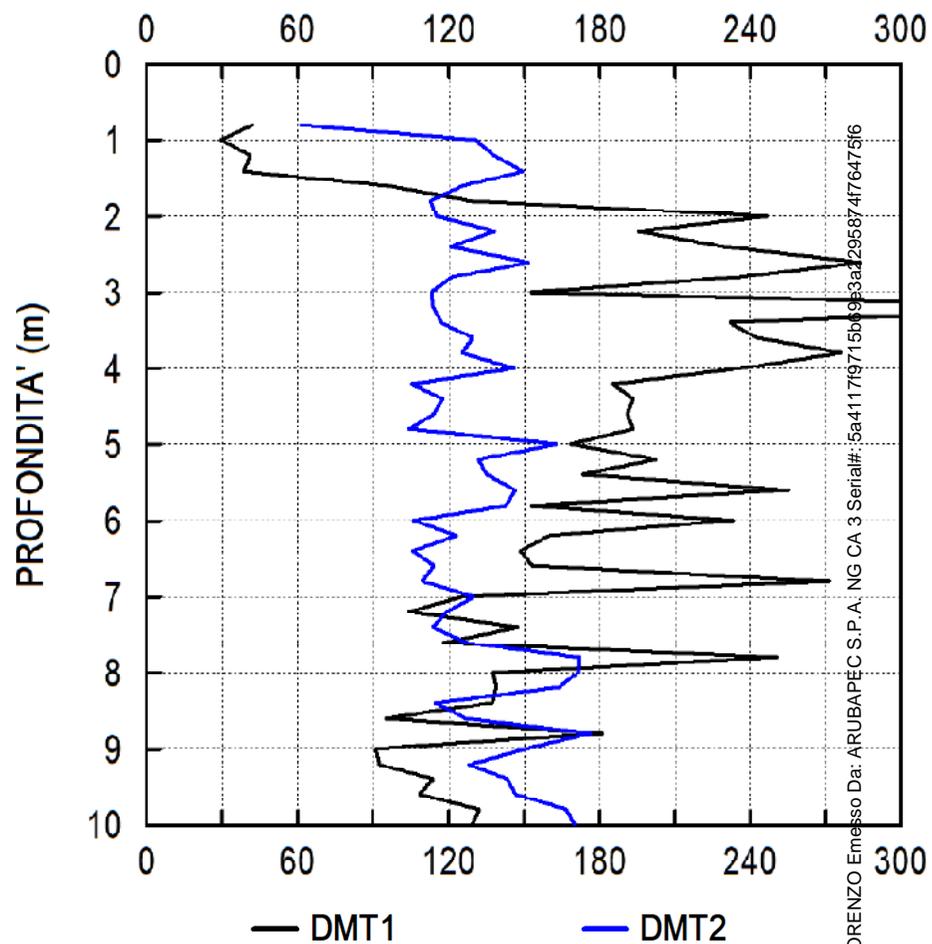


Firmato Da: PIZII LORENZO [Emesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 5a4117f9715b669e3a2295874f764756]



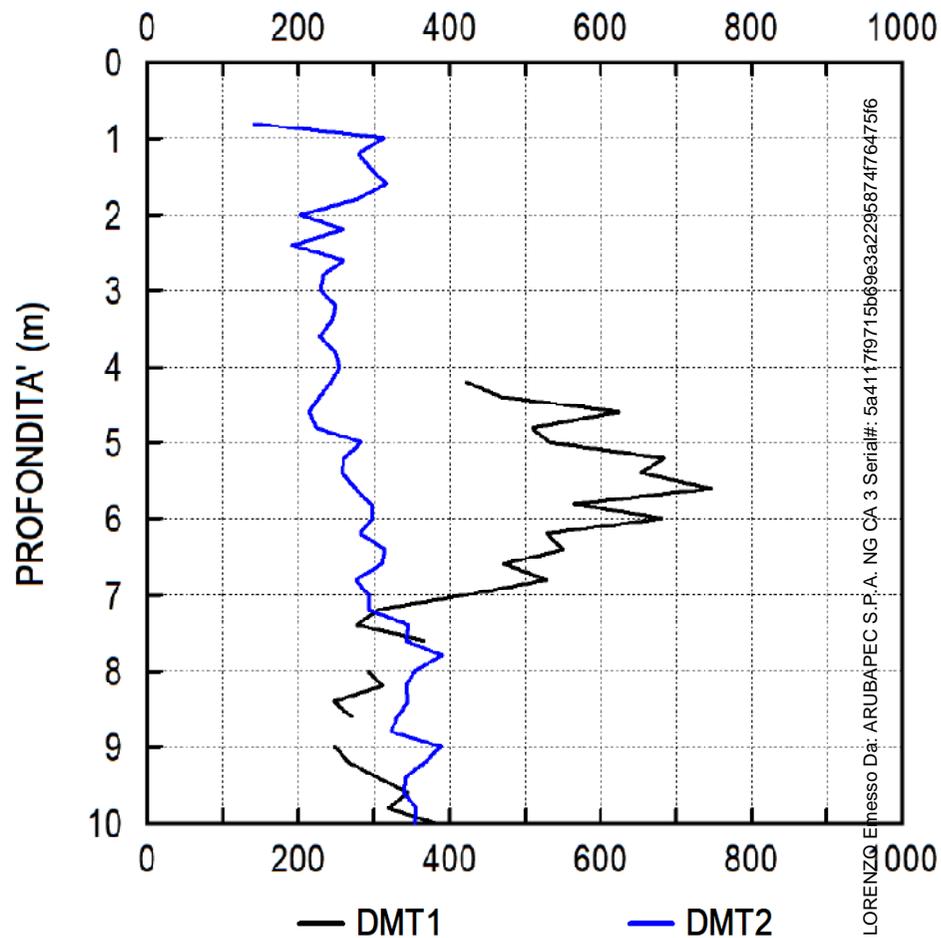
ELABORATI GRAFICI DMT1-DMT2

MODULO EDOMETRICO: M (MPa)



ELABORATI GRAFICI DMT1-DMT2

RESIST. TAGLIO NON DRENATA: Cu (kPa)

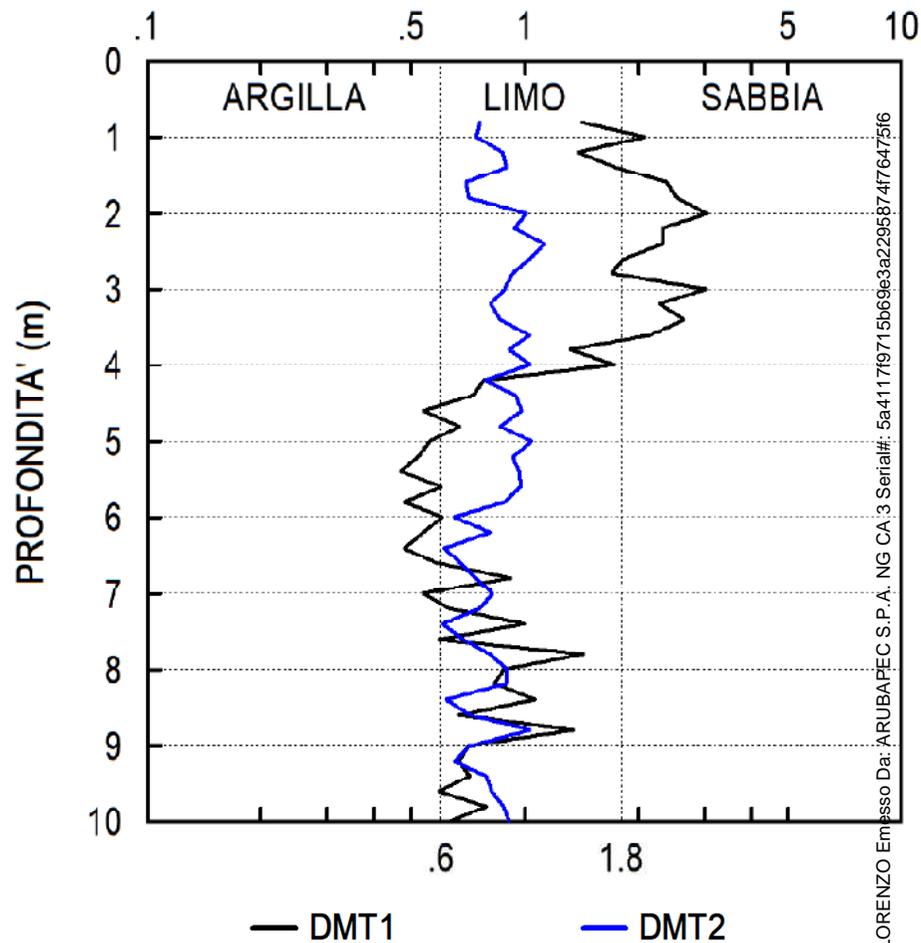


Firmato Da: PIZII LORENZO Emesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA 3 Serial#: 5a41179715b669e3a2295874f76475f6



ELABORATI GRAFICI DMT1-DMT2

INDICE DI MATERIALE: Id



Firmato Da: PIZII LORENZO Emesso Da: ARUBAPEC S.P.A. NG CA:3 Serial#: 5a4117f9715b669e3a2295874f76475f6



ALLEGATO XII

Certificati prove di laboratorio geotecnico



Rapporto di prova n. SLT47-1 del 19/05/2022
Verbale di accettazione n SLT47 del 26/04/2022

Pag. 1 di 1

Richiedente: Dott. Geol. Lorenzo Pizzi
Cantiere: Via Gramsci - Chieti

Identificazione del campione: Terreno DMT2 - C1 Profondità di prelievo da 1,7m - 2,3m

Tipo di contenitore: Fustella metallica tipo Shelby

Data ricevimento campione: 26/04/2022 **Data apertura:** 06/05/2022 **Data di prova:** 06/05/2022

Descrizione del campione: Limo con argilla

APERTURA E DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE

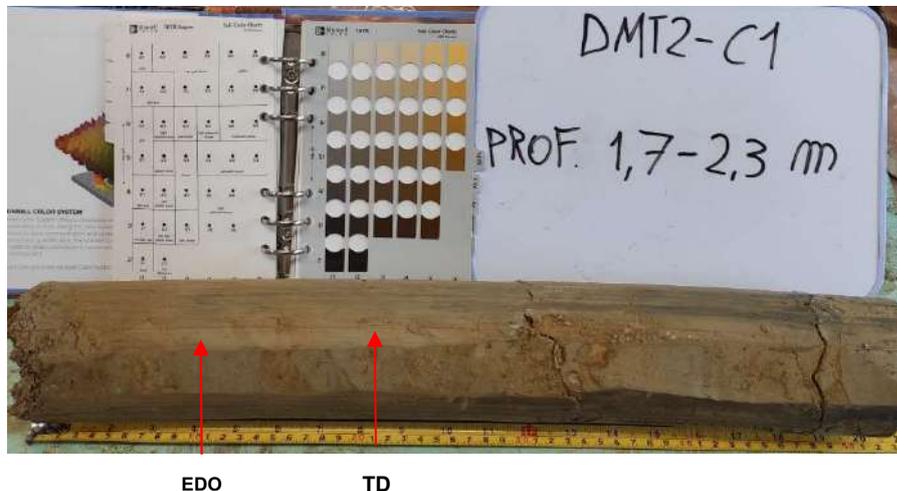
 Norma
 Raccomandazioni AGI 1977
 rev 0 del 25/06/21

Sigla	Data	Ubicazione prelievo	Sondaggio numero	Profondità (m)		Prelievo	
				da	a	tipo	campione
1	-	-	DMT2	1,7	2,3	indisturbato	C1

Descrizione del campione: Campione costituito da limo con argilla marrone chiaro tratti sabbioso giallo ocra (6/4) 10YR molto consistente (> 200kPa).

Pocket (Kpa): 363 471 510 579 510

P.Alta



P.Bassa

Prove eseguite: Contenuto d'acqua
 Peso di volume naturale
 Granulometria
 Taglio diretto - TD
 Prova di compressione edometrica - EDO

Note:

Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino

Il Direttore del laboratorio:

Geol. Sandro Pizzi



Rapporto di prova n. SLT47-2 del 19/05/2022
Verbale di accettazione n. SLT47 del 26/04/2022

Pag. 1 di 1

Richiedente: Dott. Geol. Lorenzo Pizzi
Cantiere: Via Gramsci - Chieti

Identificazione del campione: Terreno DMT2 - C1 Profondità di prelievo da 1,7m - 2,3m

Tipo di contenitore: Fustella metallica tipo Shelby

Data ricevimento campione: 26/04/2022 Data apertura: 06/05/2022 Data di prova: 06/05/2022

Descrizione del campione: Limo con argilla

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE

Norma
UNI EN ISO 17892-1
rev 0 del 25/06/21

Determinazione	1	2
Massa tara (g)	6,89	7,11
Massa tara + provino naturale (g)	519,26	382,89
Massa tara + provino secco (g)	440,37	324,70
Contenuto d'acqua (w - %)	18,2	18,3
Contenuto d'acqua medio (w_n - %)	18,3	

Note:

Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino

Il Direttore del laboratorio:

Geol. Sandro Fioriti



Rapporto di prova n. SLT47-3 del 19/05/2022
Verbale di accettazione n. SLT47 del 26/04/2022 Pag. 1 di 1

Richiedente: Dott. Geol. Lorenzo Pizzi
Cantiere: Via Gramsci - Chieti

Identificazione del campione: Terreno DMT2 - C1 Profondità di prelievo da 1,7m - 2,3m
Tipo di contenitore: Fustella metallica tipo Shelby
Data ricevimento campione: 26/04/2022 Data apertura: 06/05/2022 Data di prova: 06/05/2022

Descrizione del campione: Limo con argilla
Metodo di prova: Metodo della fustella tarata

MASSA VOLUMICA	Norma UNI EN ISO 17892 - 2 rev 0 del 25/06/21
-----------------------	--

METODO DELLA FUSTELLA TARATA				
DIMENSIONI FUSTELLA		DETERMINAZIONI		
altezza (mm) - H_0	76,28	massa fustella + provino (g)	323,03	324,07
diametro (mm) - D_0	38,10	massa fustella (g)	140,73	140,73
area (cm ²) - A_0	11,40	massa provino (g)	182,30	183,34
volume (cm ³) - V_0	86,97	massa volumica (Mg/m ³)	2,10	2,11
Massa volumica media (ρ - Mg/m³)			2,10	

METODO DELLA PESATA IDROSTATICA		
Provino (n.)	1	2
massa provino paraffinato (g)	-	-
massa provino paraffinato + filler (g)	-	-
massa in acqua provino paraffinato (g)	-	-
densità dell'acqua (g/cm ³)	-	-
densità della paraffina (g/cm ³)	-	-
volume provino (cm ³)	-	-
massa provino (g)	-	-
massa volumica (Mg/m ³)	-	-
Massa volumica media (ρ - Mg/m³)	-	

Note:

Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino
Alessia Marino

Il Direttore del laboratorio:

Geol. Sandro Fioriti
Sandro Fioriti

Rapporto di prova n. SLT47-4 del 19/05/2022
Verbale di accettazione n SLT47 del 26/04/2022

Pag. 1 di 1

Richiedente: Dott. Geol. Lorenzo Pizii
Cantiere: Via Gramsci - Chieti

Identificazione del campione: Terreno DMT2 - C1 Profondità di prelievo da 1,7m - 2,3m

Tipo di contenitore: Fustella metallica tipo Shelby

Data ricevimento campione: 26/04/2022 **Data apertura:** 06/05/2022 **Data di prova:** 10/05/2022

Descrizione del campione: Limo con argilla

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE	Norma UNI EN ISO 17892 - 4 rev 0 del 25/06/21
---	--

Metodo di prova: Per via secca Per via umida
Massa provino secco (g) 216,7

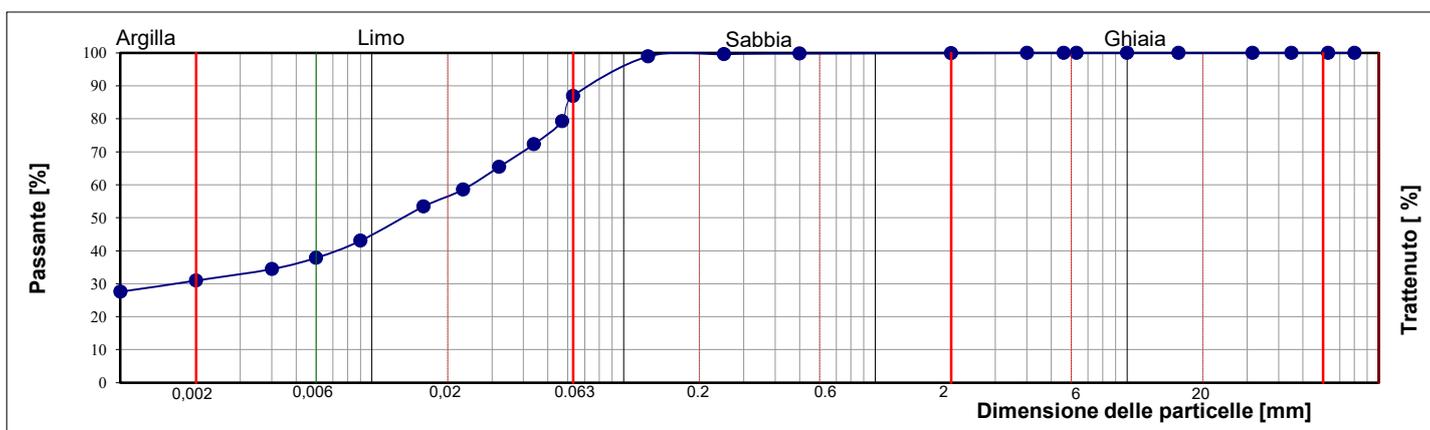
Densimetro tipo ASTM
AASHTO N. 151 H

SETACCIATURA		
Setacci ISO (mm)	Trattenuto (g)	Passante (%)
80		100
63		100
45		100
31,5		100
16		100
10		100
6,3		100
5,6		100
4,0		100
2,0	0,17	100
0,5	0,18	100
0,250	0,42	100
0,125	1,40	99
0,063	26,13	87

SEDIMENTAZIONE	
Diametro equivalente dei grani (mm)	Passante (%)
0,0565	79,26
0,0435	72,37
0,0316	65,48
0,0229	58,58
0,0164	53,41
0,0088	43,08
0,0063	37,91
0,0045	34,46
0,0023	31,02
0,0013	27,57

DENSITA' DELLE PARTICELLE SOLIDE		
valore assunto (Mg/m ³)	ρ_s	2,700
valore determinato (picnometro Mg/m ³)	ρ_s	-

		[%]
Ciottoli		[%]
Ghiaia	0,1	[%]
Sabbia	13,0	[%]
Limo	55,9	[%]
Argilla	31,0	[%]

 Classificazione AGI
 Associazione Geotecnica Italiana - 1977
 Limo con argilla sabbioso

Note:
D₅₀ (mm)= 0,091

Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino

Il Direttore del laboratorio:

Geol. Sandro Floriti



Rapporto di prova n. SLT47-4 del 19/05/2022
Verbale di accettazione n. SLT47 del 26/04/2022 Pag. 1 di 4

Richiedente: Dott. Geol. Lorenzo Pizzi
Cantiere: Via Gramsci - Chieti

Identificazione del campione: Terreno DMT2 - C1 Profondità di prelievo da 1,7m - 2,3m
Tipo di contenitore: Fustella metallica tipo Shelby
Data ricevimento campione: 26/04/2022 **Data apertura:** 06/05/2022 **Data di prova:** 06/05/2022

Descrizione del campione: Limo con argilla

TAGLIO DIRETTO	Norma UNI EN ISO 17892 - 10 rev 0 del 25/06/21
Posizione e orientamento del campione di prova nel campione originale:	Fustellamento secondo l'asse del campione
Scatola di taglio di Casagrande:	Quadrata con immersione in acqua

Procedura preparazione provino: Ricavati da campione indisturbato mediante Trimming
 Ricavati da campione rimaneggiato
 Provini ricostituiti

CARATTERISTICHE FISICHE INIZIALI				CONSOLIDAZIONE		
Provini	1	2	3	σ_v kPa	Δ_t ore	H_f mm
H_0 - altezza (mm)	23,1	23,1	23,1	200	16,0	22,57
L - lato (mm)	60	60	60	400	14,2	21,62
A - area (cm ²)	36,00	36,00	36,00	600	14,2	21,43
V - volume (cm ³)	83,2	83,2	83,2	DENSITA' DELLE PARTICELLE SOLIDE		
w_0 - (contenuto d'acqua - %)	19,9	19,2	18,6	ρ_s - Valore assunto (Mg/m ³)		2,700
γ - (peso di volume naturale - kN/m ³)	20,59	20,66	20,60	ρ_s - Valore determinato (Mg/m ³)		-
γ_d - (peso di volume secco - kN/m ³)	17,18	17,34	17,37			
e_0 - (indice dei vuoti)	0,541	0,527	0,525			
S - (grado di saturazione - %)	99	98	96			

ROTTURA				
Provino n°	Velocità media (mm/min)	Tensione verticale applicata σ' (kPa)	Spostamento orizzontale a rottura σ_r (mm)	Sforzo tangenziale a rottura τ (kPa)
1	0,004	200	1,21	96,2
2	0,004	400	2,13	206,7
3	0,003	600	2,26	287,3

Note:

Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino

Il Direttore del laboratorio:

Geol. Sandro Fiorit



Rapporto di prova n. SLT47-4 del 19/05/2022

Verbale di accettazione n. SLT47 del 26/04/2022

Pag. 3 di 4

ROTTURA											
PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
σ'_a	(kPa)	200		σ'_a	(kPa)	400		σ'_a	(kPa)	600	
dH (mm)	Sh (mm)	F (N)	τ (kPa)	dH (mm)	Sh (mm)	F (N)	τ (kPa)	dH (mm)	Sh (mm)	F (N)	τ (kPa)
	0,01	72	19,9	0,027	0,01	93	25,8	0,001	0,00	4	1,1
0,002	0,03	99	27,4	0,044	0,11	285	79,2	0,002	0,02	10	2,9
0,003	0,05	118	32,7	0,046	0,24	384	106,7	0,002	0,04	16	4,4
0,006	0,08	133	37,0	0,053	0,38	456	126,7	0,004	0,07	20	5,6
0,009	0,11	147	40,8	0,059	0,53	524	145,6	0,004	0,08	23	6,4
0,009	0,13	161	44,8	0,062	0,67	573	159,2	0,005	0,08	23	6,4
0,009	0,17	173	48,0	0,065	0,82	613	170,3	0,005	0,08	23	6,4
0,011	0,19	183	50,9	0,066	0,96	644	178,9	0,005	0,08	23	6,4
0,013	0,21	194	54,0	0,067	1,09	670	186,1	0,005	0,08	24	6,7
0,015	0,34	235	65,2	0,075	1,24	694	192,8	0,009	0,19	56	15,6
0,018	0,47	269	74,8	0,075	1,38	717	199,2	0,012	0,31	194	53,8
0,021	0,61	297	82,5	0,077	1,54	734	203,9	0,018	0,43	394	109,3
0,022	0,75	313	87,0	0,077	1,70	737	204,7	0,018	0,55	526	146,2
0,023	0,91	332	92,3	0,077	1,85	738	205,0	0,025	0,68	636	176,7
0,022	1,06	343	95,3	0,077	1,99	741	205,8	0,030	0,82	718	199,6
0,019	1,21	346	96,2	0,077	2,13	744	206,7	0,033	0,96	788	218,9
0,018	1,36	341	94,6	0,078	2,29	735	204,2	0,038	1,09	851	236,4
0,018	1,50	337	93,5	0,081	2,44	735	204,2	0,040	1,23	901	250,2
0,018	1,66	330	91,7	0,081	2,60	731	203,1	0,040	1,38	941	261,3
0,016	1,80	322	89,4	0,083	2,75	727	201,9	0,041	1,52	972	270,0
0,014	1,97	314	87,2	0,084	2,90	721	200,3	0,041	1,67	994	276,2
0,014	2,13	309	85,8					0,042	1,83	1010	280,7
0,014	2,28	304	84,3					0,047	1,97	1019	283,1
0,014	2,42	301	83,6					0,047	2,12	1028	285,6
0,013	2,56	298	82,9					0,047	2,26	1034	287,3
0,010	2,72	296	82,3					0,048	2,41	1032	286,7
0,009	2,87	293	81,4					0,052	2,56	1027	285,3
0,009	3,03	289	80,3					0,055	2,72	1025	284,7
0,009	3,19	286	79,4					0,058	2,87	1024	284,4
0,007	3,33	283	78,7					0,063	3,01	1026	284,9
0,005	3,47	282	78,4					0,068	3,17	1028	285,6
0,005	3,62	280	77,8					0,072	3,32	1030	286,0
0,002	3,76	279	77,5					0,075	3,46	1029	285,8
0,001	3,93	278	77,1					0,078	3,62	1029	285,8
0,002	4,09	276	76,7					0,080	3,77	1026	285,1
0,001	4,24	275	76,4					0,080	3,93	1024	284,4
0,001	4,38	273	75,8					0,085	4,07	1022	283,8
0,001	4,53	274	76,0					0,088	4,22	1019	283,1
	4,67	272	75,7					0,090	4,37	1018	282,7
-0,005	4,82	272	75,7					0,094	4,52	1017	282,4
-0,005	4,99	271	75,3					0,097	4,68	1014	281,8
-0,005	5,14	270	74,9					0,098	4,84	1011	280,9
-0,005	5,29	269	74,8					0,098	4,99	1009	280,2
-0,006	5,43	268	74,4					0,101	5,13	1006	279,6
-0,006	5,57	267	74,2					0,105	5,28	1005	279,1
-0,008	5,72	266	73,8					0,106	5,43	1002	278,2
-0,009	5,88	265	73,5					0,109	5,58	1001	278,0
-0,010	6,04	263	72,9					0,112	5,73	998	277,1
-0,010	6,20	261	72,6					0,111	5,89	994	276,2
-0,011	6,34	260	72,2					0,111	6,03	991	275,3

Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino

Il Direttore del laboratorio:

Geol. Sandro Fioriti

Organizzazione con sistema di gestione

per la Qualità

Certificato dal RINA
ISO 9001:2015

www.soiltestitalia.com

pec: soiltest@arubapec.it

e-mail: info@soiltestitalia.com

Tel. +39 0871070563

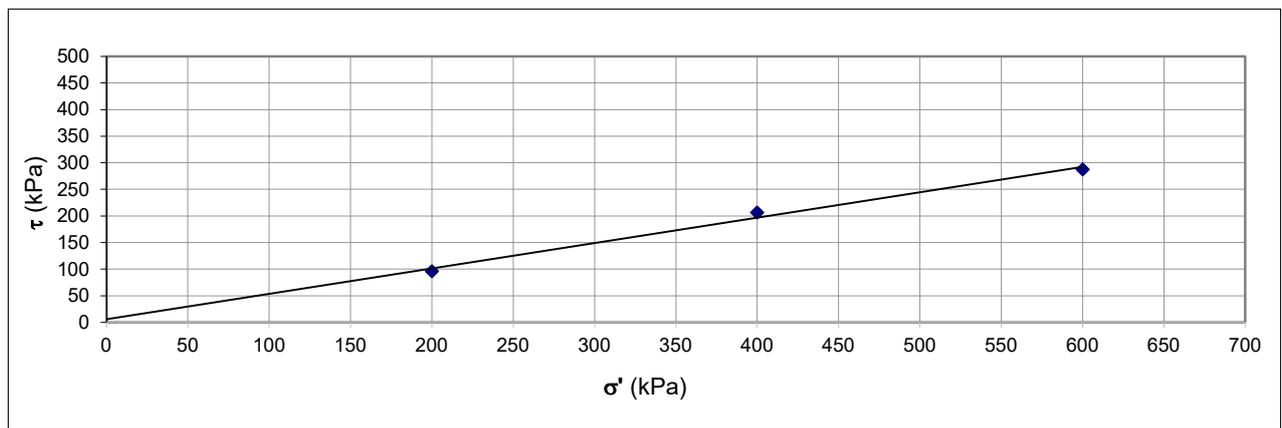
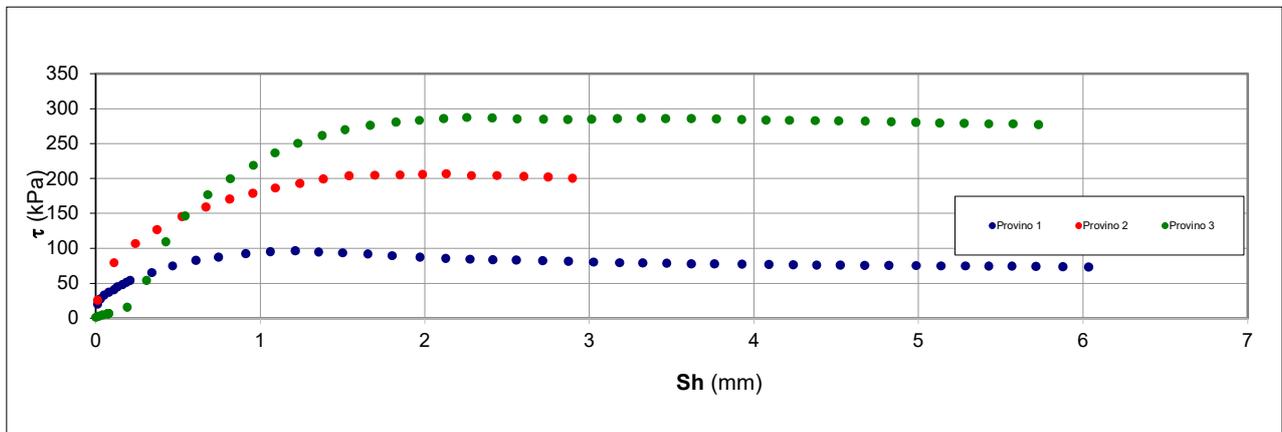
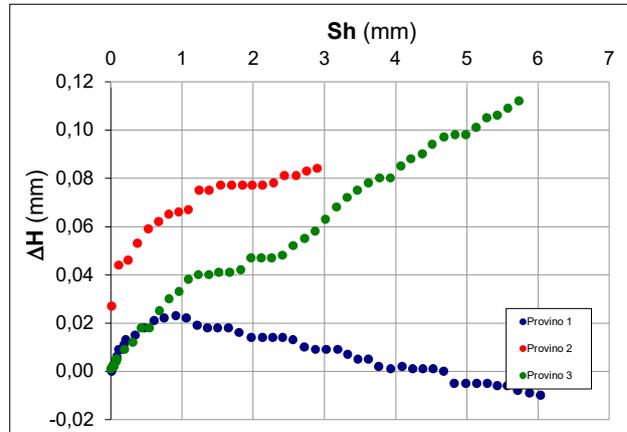
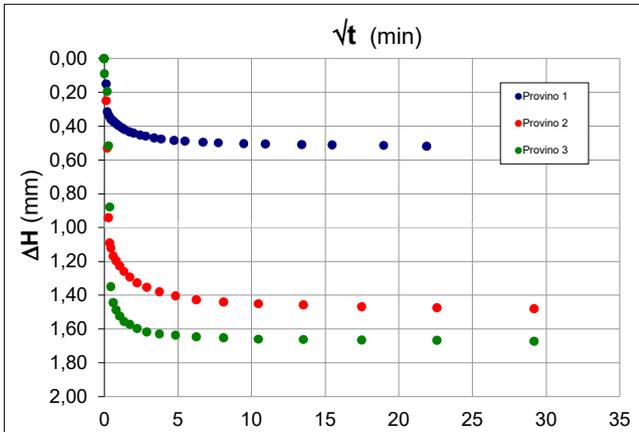
Fax. +39 0871540073

Cell. +39 3738154472



Rapporto di prova n. SLT47-4 del 19/05/2022
Verbale di accettazione n. SLT47 del 26/04/2022

Pag. 4 di 4


Legenda:

ΔH = Cedimento verticale \sqrt{t} = radice quadrata del tempo Sh = spostamento orizzontale τ = sforzo tangenziale
 σ' = tensione normale efficace

Note:

I parametri di resistenza di seguito riportati derivano dall'involuppo di rottura calcolato con il metodo della regressione lineare ottenuto dall'elaborazione delle misure sperimentali acquisite; tali parametri possono considerarsi non vincolanti:

Angolo di attrito (φ) 25,5 ° Coesione efficace (c') = 6 kPa

Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino

Il Direttore del laboratorio:

Geol. Sandro Fioriti





Rapporto di prova n. SLT47-6 del 19/05/2022
Verbale di accettazione n. SLT47 del 26/04/2022 Pag. 1 di 5

Richiedente: Dott. Geol. Lorenzo Pizzi
Cantiere: Via Gramsci - Chieti

Identificazione del campione: Terreno DMT2 - C1 Profondità di prelievo da 1,7m - 2,3m
Tipo di contenitore: Fustella metallica tipo Shelby
Data ricevimento campione: 26/04/2022 Data apertura: 06/05/2022 Data di prova: 06/05/2022

Descrizione del campione: Limo con argilla

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	Norma UNI EN ISO 17892 - 5 rev 0 del 25/06/21
---	--

Posizione e orientamento del campione di prova nel campione originale:	Fustellamento secondo l'asse del campione
--	---

Procedura preparazione provino: Ricavati da campione indisturbato mediante Trimming
 Ricavati da campione rimaneggiato
 Provini ricostituiti

CARATTERISTICHE FISICHE INIZIALI		DENSITA' DELLE PARTICELLE SOLIDE	
H ₀ - altezza (mm)	20,0	ρ _s - Valore assunto (Mg/m ³)	2,700
D ₀ - diametro (mm)	5,05		
A - area (cm ²)	20,0	ρ _s - Valore determinato (Mg/m ³)	-
V - volume (cm ³)	40,0		
w ₀ - (contenuto d'acqua - %)	18,3		
γ - (peso di volume naturale - kN/m ³)	20,52		
γ _d - (peso di volume secco - kN/m ³)	17,35		
e ₀ - (indice dei vuoti)	0,526		
S - (grado di saturazione - %)	93,7		

CARICO APPLICATO						
carico applicato	variazione di altezza	deformazione	indice dei vuoti	modulo edometrico	coefficiente di consolidazione	permeabilità
σ' _v	Δh	ε	e	E _{ed}	C _v	k
kPa	mm	%	(-)	MPa	m ² /s	cm/s
25	0,16	0,78	0,514			
50	0,27	1,35	0,505	4,39		
100	0,45	2,23	0,492	5,68	1,78E-07	3,19E-08
200	0,66	3,30	0,476	9,35	2,63E-07	2,87E-08
400	0,90	4,50	0,457	16,74	3,08E-07	1,88E-08
800	1,19	5,97	0,435	27,21	5,52E-07	2,07E-08
1600	1,58	7,90	0,405	41,34	3,30E-07	8,14E-13

SCARICO			
carico applicato	variazione di altezza	deformaz.	indice dei vuoti
σ' _v	Δh	ε	e
kPa	mm	%	(-)
400	1,41	7,07	0,418
100	1,15	5,77	0,438
25	0,88	4,415	0,459

Note:

--

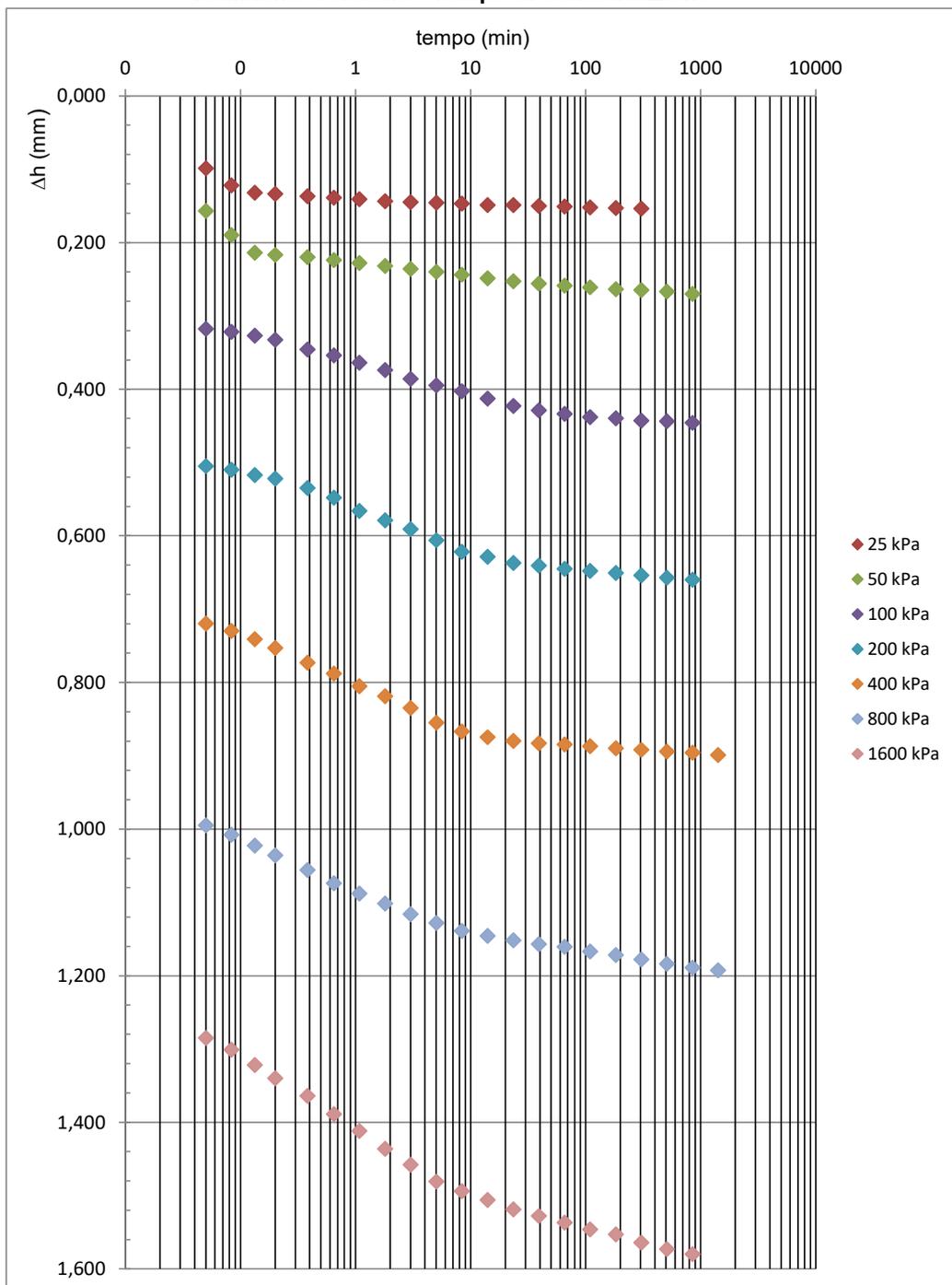
Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino

Il Direttore del laboratorio:

Geol. Sandro Fioriti

Cedimento verticale - Tempo di consolidazione



Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino

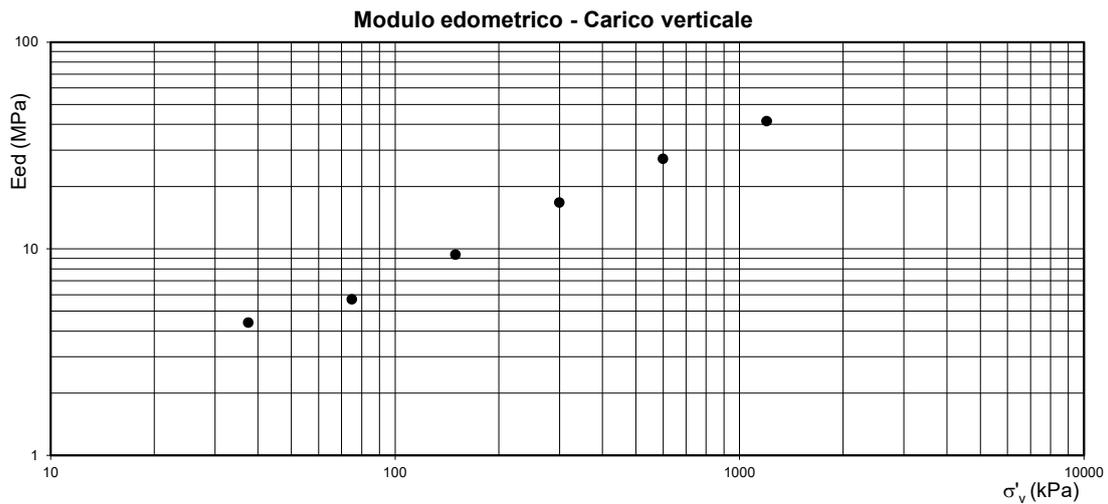
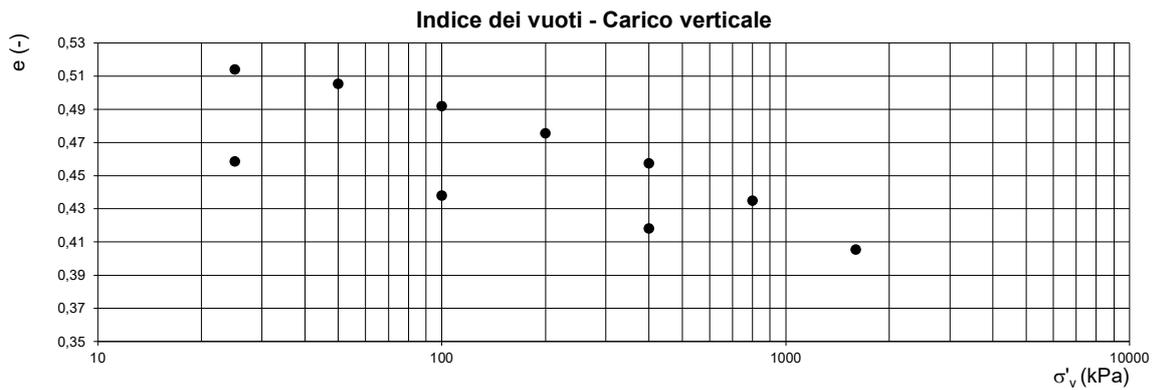
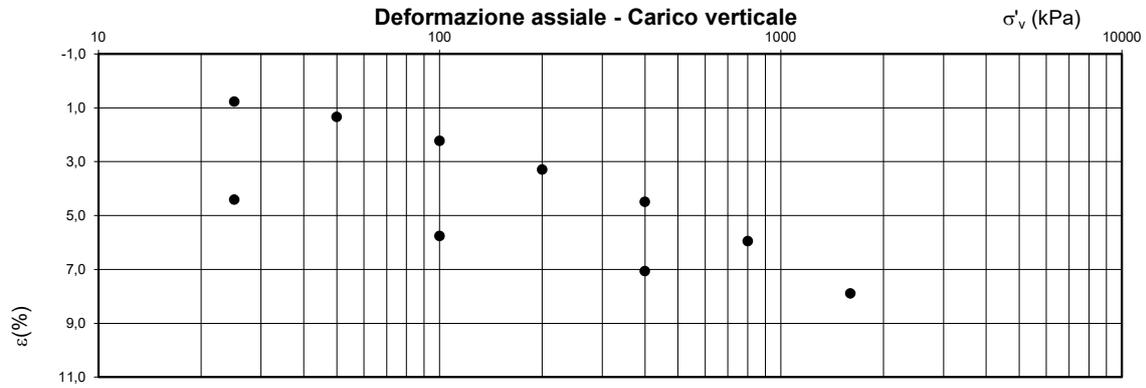
Il Direttore del Laboratorio:

Geol. Sandro Fioriti



Rapporto di prova n. SLT47-6 del 19/05/2022
 Verbale di accettazione n. SLT47 del 26/04/2022

Pag. 5 di 5



Il Responsabile della sperimentazione:

Geol. Alessia Marino

Il Direttore del laboratorio:

Geol. Sandro Fioriti



ALLEGATO XIII

Certificato prospezione sismica passiva HVSR



PROSPEZIONE HVSR1 CERTIFICATO N. 367/2022

Committente	Dott. Geol. Lorenzo Pizii
Cantiere	CTU
Località	Via Gramsci - Chieti (CH)

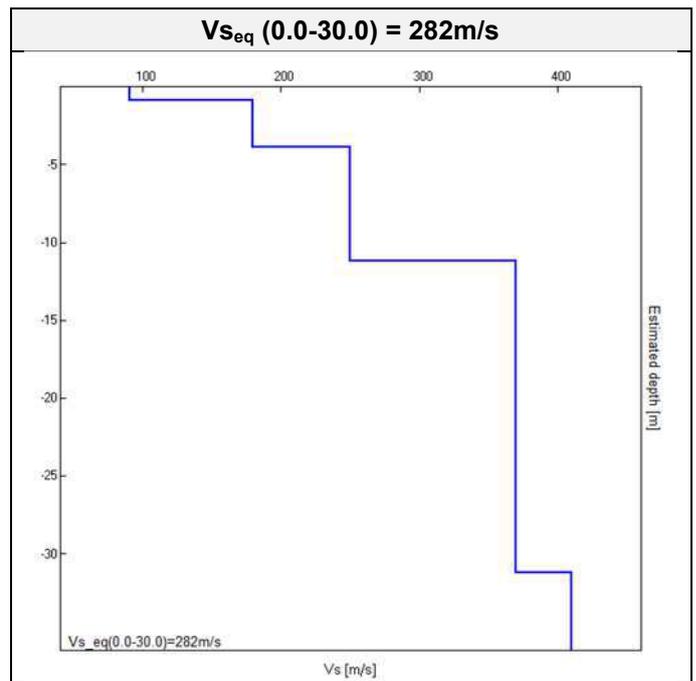
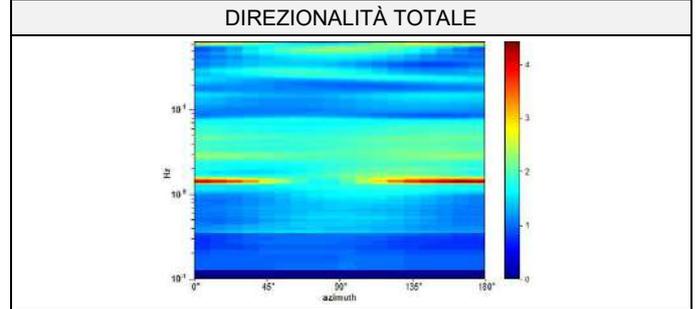
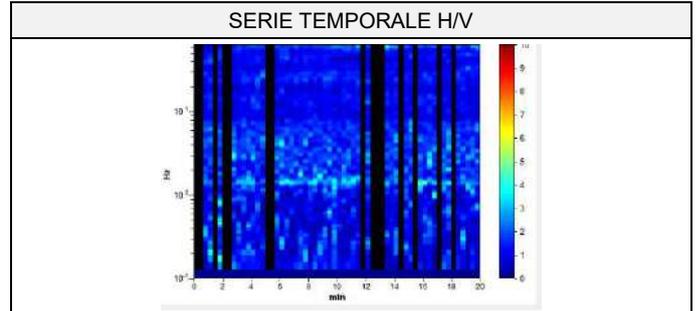
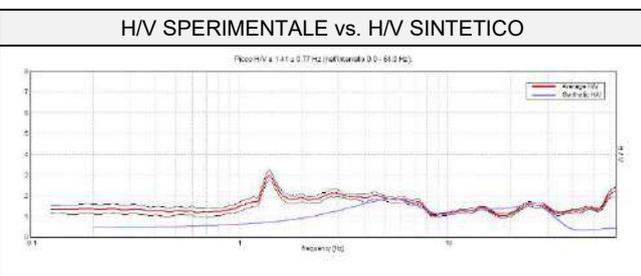
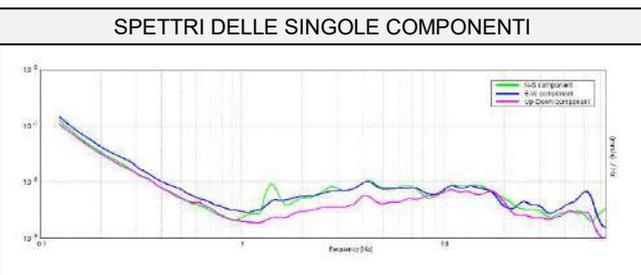
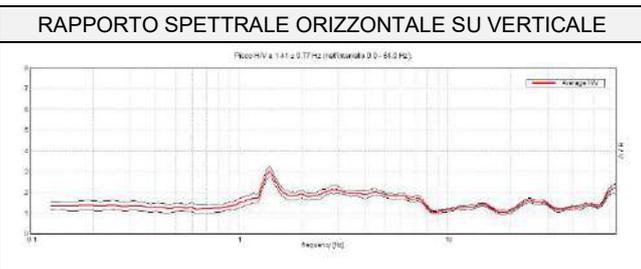
Coordinate	Lat. 42.353854°
WGS84	Long. 14.154013°

Resp.di Sito	Dott. Geol. Lorenzo Pizii
Data	26/04/2022

Ns. Riferimento	C.00217-2022
------------------------	---------------------

ELABORATI MISURE SISMICHE PASSIVE

Strumento: TRZ-0057/01-09
 Inizio registrazione: 26/04/22 11:59:58
 Fine registrazione: 26/04/22 12:19:58
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Durata registrazione: 0h20'00"
 Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%



PROFONDITÀ [m]	SPESSORE [m]	VS [m / s]
0.9	0.9	91
3.9	3.0	180
11.2	7.3	250
31.2	20.0	370
inf.	inf.	410

PROSPEZIONE HVSR1 CERTIFICATO N. 367/2022
LINEE GUIDA SESAME

Picco H/V a 1.41 ± 0.77 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria per una curva H/V affidabile
 [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.41 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1265.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 68	OK	

Criteria per un picco H/V chiaro
 [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.0 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.00 > 2$	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.54716 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.76944 < 0.14063$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2477 < 1.78$	OK	

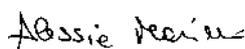
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f 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

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

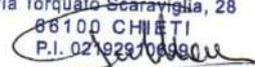
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ELABORAZIONE

Dott. Geol. Alessia Marino


DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Gianluca Maccarone

SOILTEST ITALIA SRL
 Via Torquato Scaraviglia, 28
 66100 CHIETI
 P.I. 02192910699


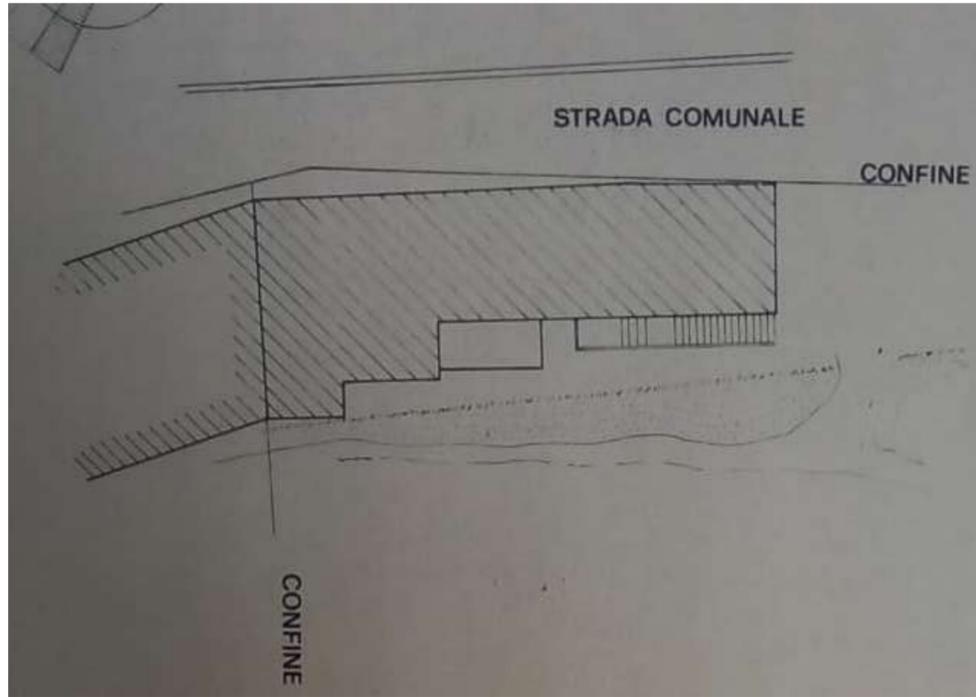
PROSPEZIONE HVSR1 CERTIFICATO N. 367/2022

Foto postazione HVSR1

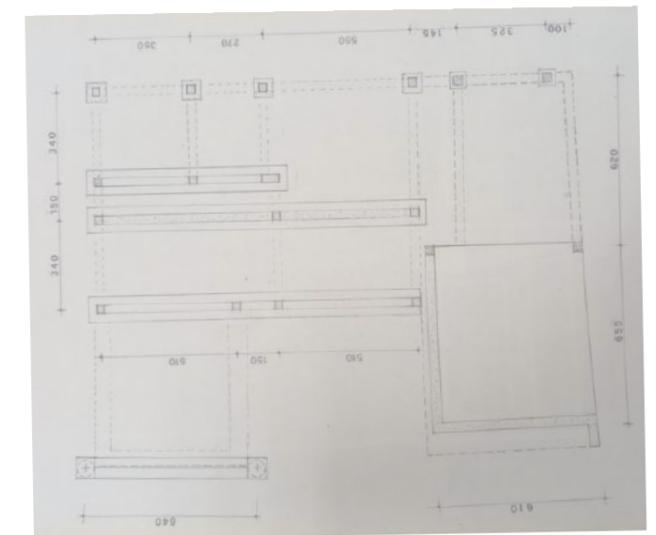
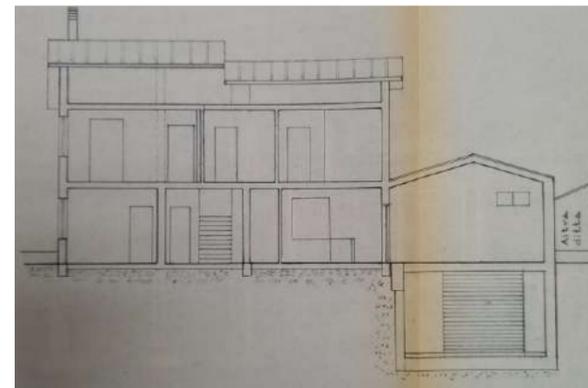
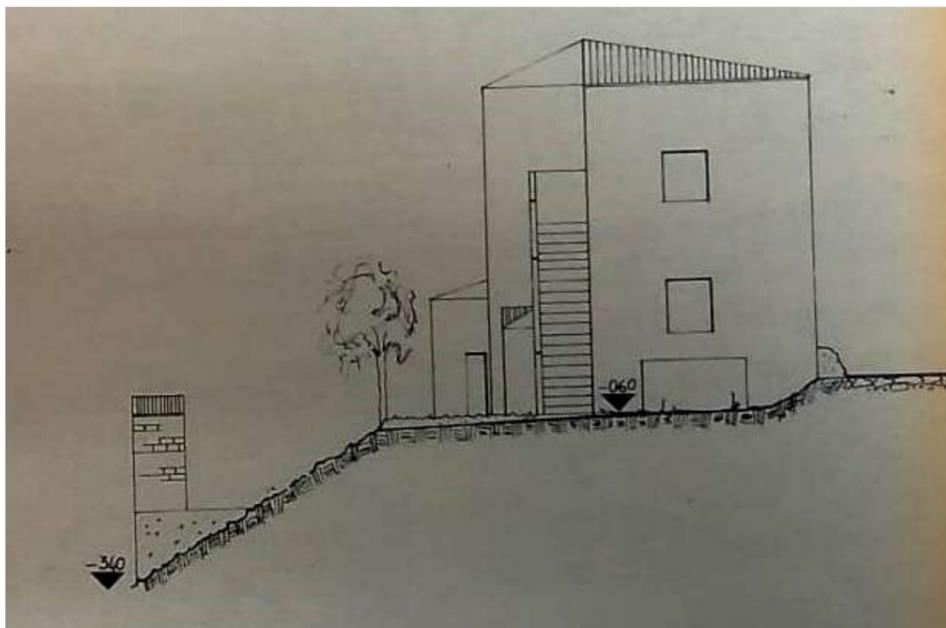
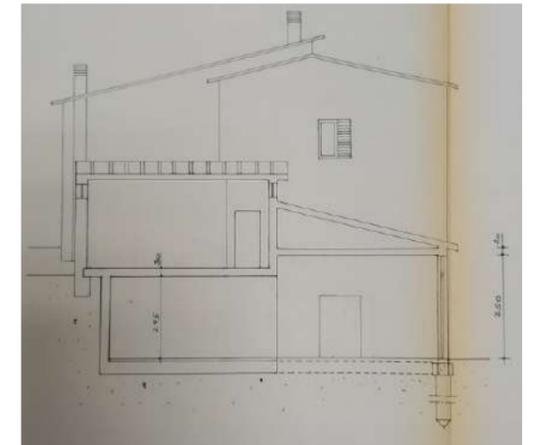
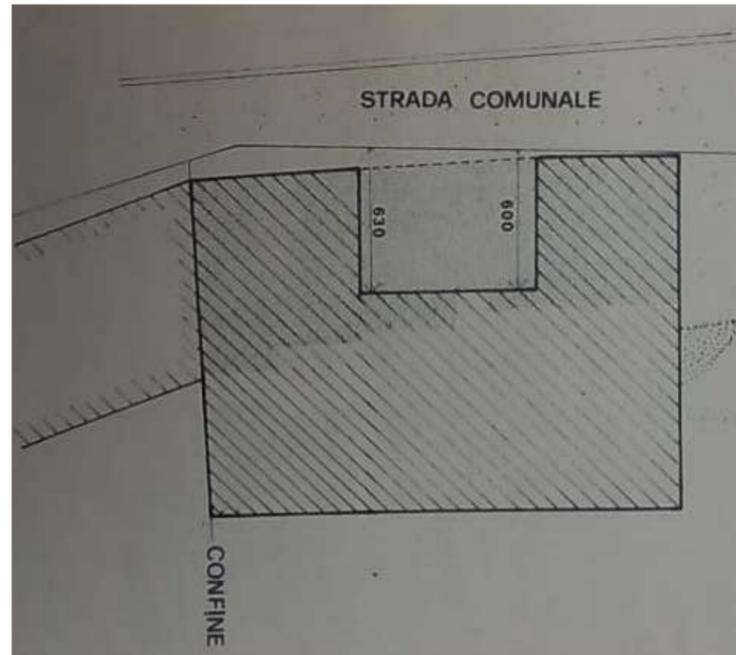


ELABORATI PROGETTUALI

*Fabbricato originario
(situazione pre-intervento di ampliamento)*

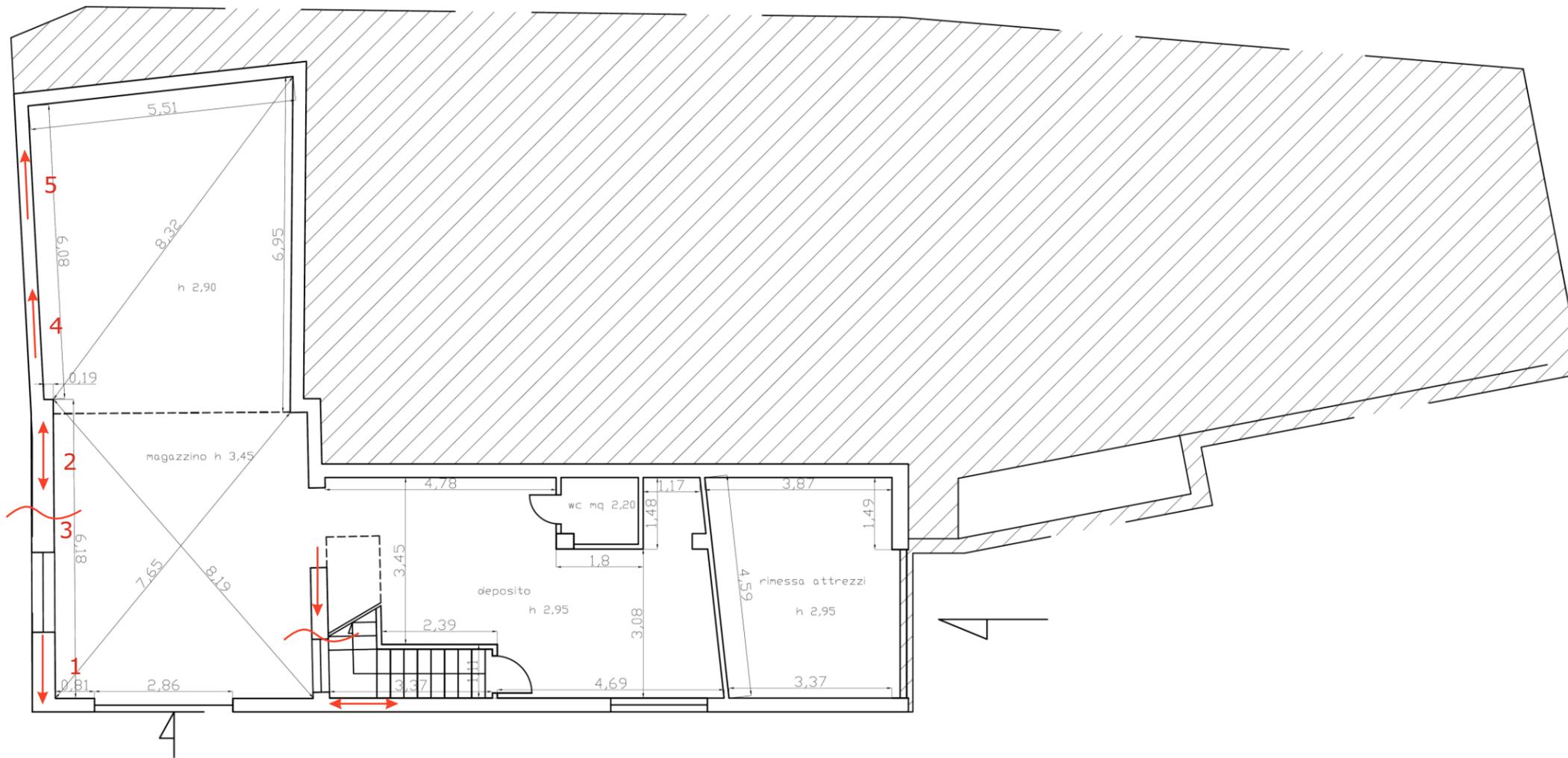


*Progetto di parziale demolizione ed ampliamento
del fabbricato (Variante del 13.01.1994)*



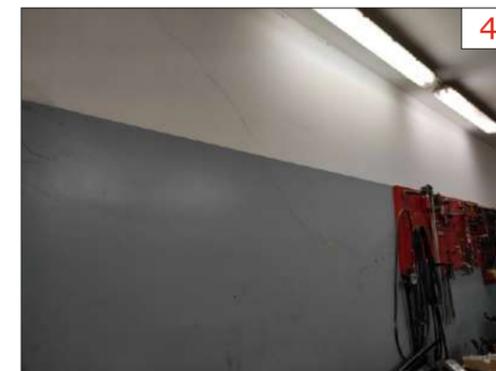
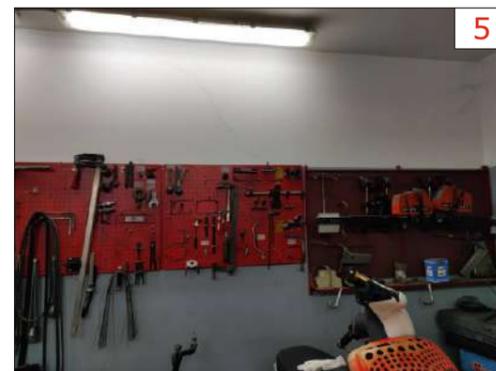
QUADRO FESSURATIVO RILEVATO

Pianta Piano Seminterrato



LEGENDA

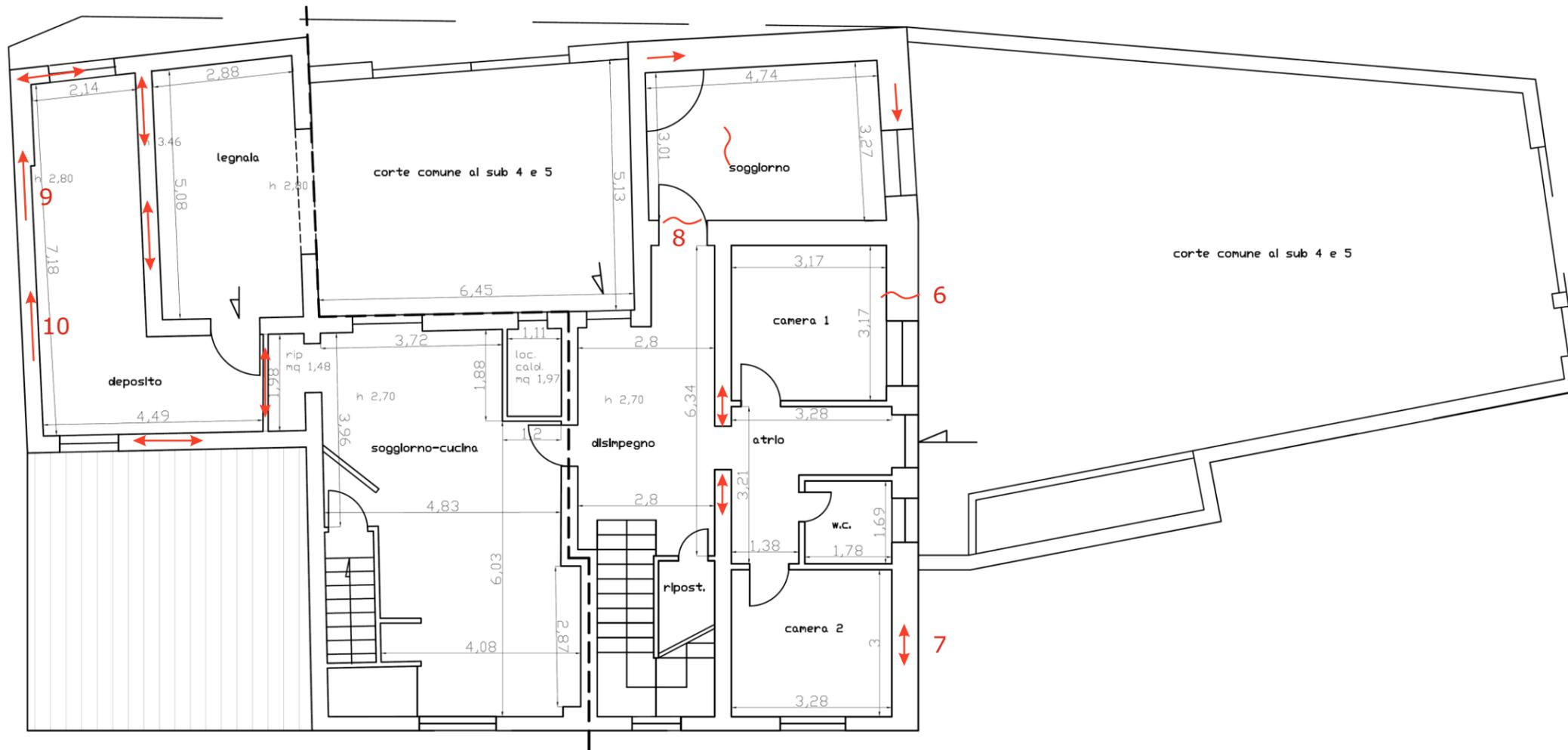
-  Lesione obliqua
-  Lesione orizzontale
-  Lesione verticale
- 1** Foto della lesione



NB: nel presente elaborato sono riportate le lesioni più rappresentative, utili a definire le problematiche dell'immobile

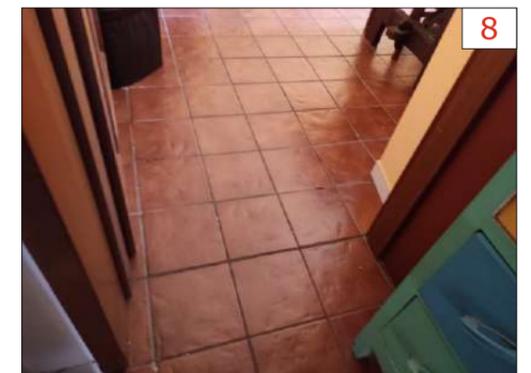
QUADRO FESSURATIVO RILEVATO

Pianta Piano Terra



LEGENDA

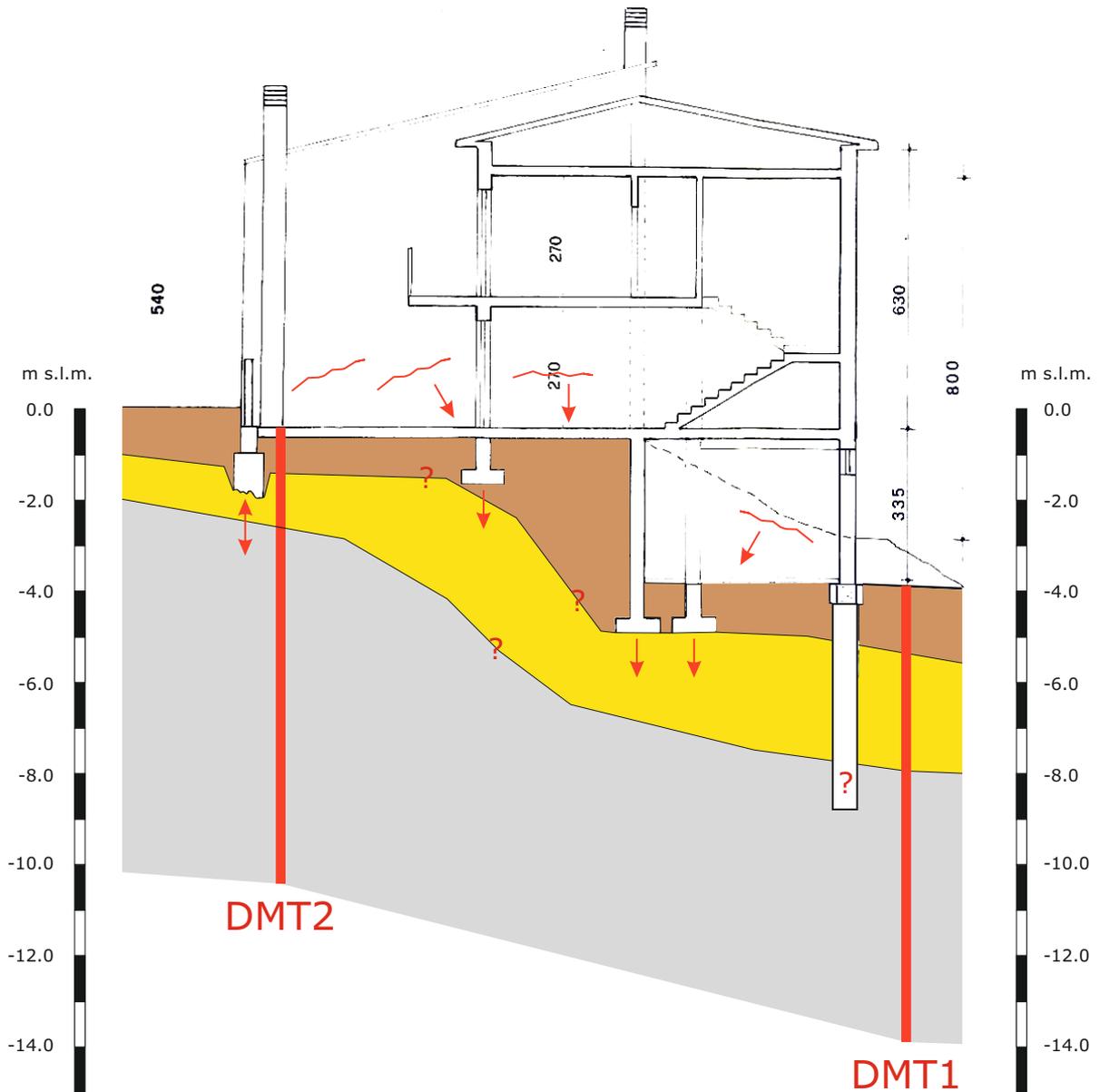
-  Lesione obliqua
-  Lesione orizzontale
-  Lesione verticale
- 1** Foto della lesione



NB: nel presente elaborato sono riportate le lesioni più rappresentative, utili a definire le problematiche dell'immobile

SEZIONE GEOTECNICA

Scala 1:150



LEGENDA

- UL1: Terreno di riporto/Terreno detensionato
- UL2: Limi argillosi e sabbiosi
- UL3: Limi argillosi con sottili livelli sabbiosi
- Punto di indagine ? Interpretazione
- Lesione → Direzione cedimento
- Fenomeni di rigonfiamento e ritiro

