

COMUNE DI CASTEL MORRONE

Provincia di Caserta

Progettazione Definitiva - Esecutiva per Lavori di Messa in sicurezza e Prevenzione del Dissesto Idrogeologico Frazioni GROTTOLE e TORONE
Codice CIG: 9212814E9B - Codice CUP: C64H20001680001

ELENCO ELABORATI

Elaborato	N.	DESCRIZIONE
Relazioni	R01	Relazione Generale
	R02	Relazione Geologico - Tecnica e sismica
	R03	Relazione specialistica: calcoli strutture e palificata
	R04	Relazione specialistica: calcoli idraulici
	R05	Studio di fattibilità ambientale
	R06	Capitolato speciale d'appalto
	R07	Schema di contratto
	R08	Computo metrico estimativo
	R09	Elenco prezzi unitari ed analisi nuovi prezzi
	R10	Stima incidenza manodopera
	R11	Stima incidenza sicurezza
	R12	Cronoprogramma
	R13	Piano di sicurezza e coordinamento
	R14	Quadro economico
Elaborati Grafici	E01	Corografia di inquadramento
	E02	Stralcio strumento urbanistico
	E03	Corografia generale
	E04	Planimetrie ubicazione indagini geologiche
	E05	Carta geologica - Carta geomorfologica - Carta idrogeologica
	E06	Profili geotecnici e geologici
	E07	Rilievo planoaltimetrico - Curve di livello - Via Abbatelle
	E08	Rilievo planoaltimetrico - Localizzazione profili e sezioni - Via Abbatelle
	E09	Rilievo plano altimetrico - Piano quotato - Via Abbatelle
	E10	Rilievo planoaltimetrico - Via Abbatelle
	E11	Profilo altimetrico - Via Abbatelle
	E12	Sezione da n. 1 a n. 3 - Via Abbatelle
	E13	Sezione da n. 4 a n. 6 - Via Abbatelle
	E14	Sezione da n. 7 a n. 9 - Via Abbatelle
	E15	Sezione da n. 10 a n. 12 - Via Abbatelle
	E16	Sezione da n. 13 a n. 15 - Via Abbatelle
	E17	Sezione da n. 16 a n. 18 - Via Abbatelle
	E18	Sezione da n. 19 a n. 21 - Via Abbatelle
	E19	Sezione da n. 22 a n. 24 - Via Abbatelle
	E20	Sezione da n. 25 a n. 27 - Via Abbatelle
	E21	Sezione da n. 28 a n. 30 - Via Abbatelle
	E22	Planimetria stradale di progetto - Via Abbatelle
	E23	Profilo longitudinale altimetrico di progetto - Via Abbatelle
	E24	Planimetria con ubicazione palificata - Via Abbatelle
	E25a	Sezioni trasversali di progetto - Via Abbatelle
	E25b	Sezioni trasversali di progetto - Via Abbatelle
E25c	Sezioni trasversali di progetto - Via Abbatelle	
E26	Particolari costruttivi palificata e cordolo di conoramento - Via Abbatelle	

COMUNE DI CASTEL MORRONE*Provincia di Caserta*

Progettazione Definitiva - Esecutiva per Lavori di Messa in sicurezza e Prevenzione del Dissesto Idrogeologico

Codice CIG: 9212814E9B - Codice CUP: C64H20001680001

ELENCO ELABORATI

<i>Elaborato</i>	<i>N.</i>	<i>DESCRIZIONE</i>
Elaborati Grafici	E27	Rilievo planoaltimetrico - Curve di livello - Via Duono
	E28	Rilievo planoaltimetrico - Localizzazione profili e sezioni - Via Duono
	E29	Rilievo piano altimetrico - Piano quotato - Via Duono
	E30	Rilievo planoaltimetrico - Via Duono
	E31	Profilo altimetrico - Via Duono
	E32	Sezione da n. 1 a n. 3 - Via Duono
	E33	Sezione da n. 4 a n. 6 - Via Duono
	E34	Sezione da n. 7 a n. 9 - Via Duono
	E35	Sezione da n. 10 a n. 12 - Via Duono
	E36	Sezione da n. 13 a n. 15 - Via Duono
	E37	Sezione da n. 16 a n. 18 - Via Duono
	E38	Sezione da n. 19 a n. 21 - Via Duono
	E39	Sezione da n. 22 a n. 24 - Via Duono
	E40	Sezione da n. 25 a n. 27 - Via Duono
	E41	Sezione da n. 28 a n. 31 - Via Duono
	E42	Planimetria stradale di progetto - Via Duono
	E43	Profilo longitudinale altimetrico di progetto - Via Duono
	E44a	Sezioni trasversali di progetto - Via Duono
	E44b	Sezioni trasversali di progetto - Via Duono
	E45	Particolari costruttivi - Via Duono
	E46	Rilievo planoaltimetrico - Curve di livello - Piano quotato - Via Costare tratto I
	E47	Rilievo planoaltimetrico - Curve di livello - Piano quotato - Via Costare tratto II
	E48	Rilievo planoaltimetrico - Curve di livello - Piano quotato - Via Costare tratto III
	E49	Rilievo planoaltimetrico - Curve di livello - Piano quotato - Via Costare tratto IV
	E50	Profilo longitudinale altimetrico - Via Costare
	E51	Planimetria con ubicazione condotta e fosso - Via Costare - TRATTO I
	E52	Planimetria con ubicazione condotta e fosso - Via Costare - TRATTO II
	E53	Planimetria con ubicazione condotta e fosso - Via Costare - TRATTO III
	E54	Planimetria con ubicazione condotta e fosso - Via Costare - TRATTO IV
	E55	Profilo longitudinale altimetrico di progetto - Via Costare
	E56	Particolari costruttivi - Via Costare
	E57	Interventi Località Torone - Via I Ottobre 1960

COMUNE DI CASTEL MORRONE

PROVINCIA DI CASERTA

aggiornamento n°	data	descrizione dell'aggiornamento	disegnato	verificato	visto

PROGETTAZIONE DEFINITIVA-ESECUTIVA
LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E PREVENZIONE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO
FRAZIONE GROTTOLE E TORONE

<small>data</small> Agosto 2022	<small>Titolo</small> RELAZIONE GENERALE	<small>ELABORATO N.ro</small> R01
<small>disegnato</small>		<small>scala :</small>
<small>controllato</small>		
<small>commessa</small>		

Progettista: dott.ing.Ferdinando LUMINOSO

Premesse

L'Amministrazione del Comune di Castel Morrone ha inteso avvalersi dei finanziamenti previsti dal Decreto del Ministero dell'Interno – Dipartimento per gli Affari Interni e Territoriale Direzione Centrale della Finanza Locale al fine di realizzare opere pubbliche per la messa in sicurezza del territorio. In particolare ha inteso accedere ai benefici di Legge per la realizzazione di opere volte al rischio idrogeologico di un'area ricadente nell'ambito di una zona a pericolosità elevata, costituita dalle aree ubicate nelle Frazioni Grottole e Torone. Per tale motivo ha affidato l'incarico all'Ufficio Tecnico Comunale di predisporre un progetto di fattibilità tecnica ed economica dei lavori di messa in sicurezza e prevenzione del dissesto idrogeologico alla Frazione Grottole e alla Frazione Torone per un importo complessivo di € 950.000, così come riportato nel seguente quadro economico:

QUADRO ECONOMICO			
A)	IMPORTO TOTALE DEI LAVORI		
A.1)	Lavori a misura	€ 674 887,14	
A.2)	Oneri della sicurezza diretta ed indiretta (non soggetti a ribasso)	€ 13 000,00	
	Totale lavori		€ 687 887,14
B)	SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE		
B.1)	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto	€ -	
B.2)	Rilievi, accertamenti ed indagini	€ 2 500,00	
B.3)	Allacciamenti a pubblici servizi, compreso IVA	€ -	
B.4)	Imprevisti (5% di A)	€ 27 876,73	
B.5)	Acquisizione di aree o immobili	€ 35 000,00	
B.6)	Accantonamento	€ 6 862,92	
B.7)	Incentivi per funzioni tecniche di RUP (2% di A)	€ 13 757,74	
B.8)	Spese tecniche relative alla Progettazione, Direzione dell'esecuzione, Verifiche e Collaudi	€ 64 129,16	
B.10)	Spese di gara, pubblicità e commissioni giudicatrici	€ 4 500,00	
B.12)	Oneri di discarica Autorizzata (compreso IVA)	€ 18 000,00	
B.13)	IVA ed eventuali altre imposte, di cui:		
B.13.1)	CNPAIA su spese tecniche (4% di B.2+B.8)	€ 2 665,17	
B.13.2)	per IVA su lavori e impresti (10% su A+B.4)	€ 71 576,39	
B.13.3)	Per IVA su spese tecniche (22% su B.2+B.8+B.13.1)	€ 15 244,75	
	Totale somme a disposizione		€ 262 112,86
	IMPORTO COMPLESSIVO		€ 950 000,00

Lo Studio di fattibilità evidenziava che l'area in oggetto era quella più soggetta a rischio idrogeologico con allagamenti ed evidenziava altresì la necessità di ridurre o correggere le sorgenti di rischio mediante interventi di consolidamento e di difesa idrogeologica.

Tali interventi venivano descritti quale realizzazione di opere di consolidamento e di raccolta delle acque superficiali in modo da favorirne il regolare deflusso, nonché quale realizzazione di condotte proporzionate alla raccolta e convogliamento delle acque piovane.

Il presente progetto muove dalle necessità evidenziate dal progetto di fattibilità e riguarda le opere volte alla messa in sicurezza statica ed idraulica di parte del territorio.

L'Amministrazione Comunale ha ritenuto, sempre nell'ambito del finanziamento concesso pari a € 950.000,00, di confermare un intervento della Frazione Torone e intervento della Frazione Grottole, estendendo questi ultimi anche ad altre due aree nelle quali si verificano spesso allagamenti in occasione di piogge copiose.

L'intervento migliorerà sia la percorribilità e la sicurezza della Strada Abbatelle e di via I Ottobre, sia quelle delle aree circostanti, nonché il convogliamento delle acque e la sicurezza delle altre due zone costituite dalla Villa Comunale in via Duono e da quella presente tra le aree su cui insistono i manufatti in cemento armato non ancora completati e la Strada Provinciale 213.

Per chiarezza espositiva e comodità di lettura, la presente relazione, redatta in conformità al DPR 207/2010 e s.m.i., viene suddivisa nei seguenti paragrafi:

- A) NORMATIVA DI RIFERIMENTO.
- B) FINALITÀ DELL'INTERVENTO E CRITERI DELLE SCELTE PROGETTUALI.
- C) DESCRIZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO.
- D) DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.
- E) QUADRO ECONOMICO

A. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I riferimenti normativi posti alla base della presente progettazione sono di seguito riportati:

- D.Lgs. n. 50 del 18/04/2016 – Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture;
- D.P.R. n. 207 del 05/10/2010 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE» e ss.mm.ii., per le parti ancora in vigore;
- La Legge Regionale n°5 del 07/08/2007 - Procedure di aggiudicazione degli appalti pubblici di lavori, forniture e servizi, in attuazione della direttiva comunitaria n. 2004/18/CE del 31 marzo 2004 e disposizioni per la disciplina delle fasi del ciclo dell'appalto e ss.mm.ii.;
- D.Lgs. 81/2008 ss.mm.ii., D.Lgs 163/2006 ss.mm.ii, D.P.R. n°207/10,D.P.R.n°222/2003 e Legge n°123 del 03/08/2007, e ss.mm.ii. per l'attività relativa al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione;
- D.Lgs. n°152 del 03/04/2006 -Norma in materia ambientale e ss.mm.ii.;
- DPCM 12 dicembre 2005 - “Codice dei beni culturali e del paesaggio” (G. U. n. 25 del 31 gennaio 2006. Serie generale);

- D. Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 - “Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell’articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 37” (GU n. 45 del 24/02/2004, supplemento ordinario n. 28);
- **NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI** approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018. Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186. Le nuove norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 7 del 21 gennaio 2019, C.S.LL.PP., recante "Istruzioni per l'applicazione per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", con particolare riferimento al paragrafo C5.1.2.3 "Compatibilità Idraulica" per i ponti denominati "tombini".

B. FINALITÀ DELL'INTERVENTO E CRITERI DELLE SCELTE PROGETTUALI.

Gli obiettivi individuati dall'Amministrazione Comunale che gli interventi intendono perseguire sono stati improntati a:

- mitigare le criticità idrauliche nelle aree di interesse antropico, in particolare in corrispondenza dei tratti attigui agli insediamenti;
- eliminare le problematiche insorte in via Abbatelle a seguito del dissesto della strada, del guard-rail e del cedimento del cordolo ivi esistente, imputabile all'azione di dilavamento del terreno da parte delle acque superficiali;
- garantire, lì ove possibile, la naturalità dei corsi d'acqua esistenti, soprattutto in quelli che hanno perso nel tempo la loro funzione.

Per quanto concerne la prima area e cioè quella di via Abbatelle, la scelta progettuale è stata ispirata dalla esigenza di contenere lo scivolamento verso valle sia del cordolo esistente, sia del terreno in prossimità.

Tale scelta è stata inoltre ispirata dalla necessità di regimentare correttamente le acque superficiali, soprattutto tenendo conto che a valle della scarpata i terreni esistenti si trovano a profondità di circa metri 3,00.

Analogo discorso è stato fatto per il viottolo in terra che si sviluppa lungo parte del perimetro della villa comunale ubicata in via Duono.

Infatti la mancata regimentazione delle acque superficiali induce, soprattutto in presenza di copiose precipitazioni atmosferiche, l'allagamento dei fondi contigui al viottolo e posti al di sotto di esso.

Particolare attenzione è stata posta alla criticità idraulica in un'area di interesse antropico sia attuale che futuro (struttura in corso di costruzione per il nuovo teatro).

In corrispondenza di tale sito esisteva un fosso di scolo delle acque meteoriche che drenava queste ultime verso valle. Attualmente, in corrispondenza del tratto interessato, tale fosso risulta del tutto inadeguato a smaltire le portate sia perché presenta criticità di pendenza, sia perché l'assenza di manutenzione ha reso l'area della sezione estremamente limitata, oltretutto invasa da vegetazione anche all'interno del suo alveo.

A ciò deve aggiungersi che l'originario tracciato del fosso, ancora leggibile in taluni punti, ha subito negli anni anche intercettazioni e deviazioni che di fatto hanno inibito il regolare deflusso delle acque, le quali originariamente venivano regolarmente convogliate nella parte di fosso posta a valle della Strada Provinciale e che oggi, non avendo sbocco, producono allagamenti di notevoli aree soprattutto in prossimità della struttura teatrale in corso di costruzione.

Per quanto concerne via I Ottobre, già via Torre nella Frazione Torone, si evidenzia che un tratto della strada, nella parte terminale che è a forte pendenza, presenta un manto stradale deteriorato che impedisce il deflusso corretto delle acque meteoriche, deviandole nei fondi contigui in caso di forti piogge.

C. DESCRIZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO.

Le aree su cui si articola l'intervento concernono le Frazioni Grottole e Torone, così come individuate nello Studio di Fattibilità tecnica ed economica, e comprendono anche le due aree, alle quali l'Amministrazione Comunale ha inteso estendere gli interventi, in quanto si verificano, come detto, allagamenti in occasione di piogge copiose.

Di seguito verranno esaminate separatamente le zone oggetto degli interventi:

C.1 Via Abbatelle

La prima area oggetto della presente relazione è quella di via Abbatelle. Essa è ubicata lungo una fascia pedemontana a pendenza intermedia tra i 10° e i 20°, costituita da brecce di pendio stabilizzate, miste a piroclastiti sciolte su un angolo di scarpa naturale. Essa riguarda parte di via Abbatelle sul versante sud della dorsale carbonatica contraddistinta dalle Colline Traverso – Pesaturo – Castellone e Gagliola.

Si riporta quanto precisato nella relazione geologica in riferimento agli aspetti geologici – idrografici e di stabilità:

“Dal punto di vista idrogeologico, dalle indagini svolte, non si è accertato la presenza di una falda acquifera superficiale entro la profondità massima di investigazione, però non è da escludere che in periodi particolari dell'anno, ovvero nei periodi in cui il picco di piovosità raggiunge i massimi livelli, si possano incontrare dei livelli completamente saturi a piccole profondità, dovuti esclusivamente alle acque di infiltrazione superficiale. Per quanto

riguarda invece la falda di base, essa è posta nel sub strato calcareo ad una profondità superiore ai 200 m.

Dal punto di vista idrografico le acque di ruscellamento superficiale sono convogliate a valle tramite fossi interpoderali e drenate tramite una piccola incisione verso il recapito principale della valle costituito dal Vallone Morrone che scorre a sud del lotto, in direzione sud ovest fino a intercettare il Fiume Volturmo.

Per quanto riguarda la stabilità generale dell'area, considerato che tale area è posta nella zona a valle di un rilievo calcareo privo di coperture in quanto abbiamo la roccia calcarea affiorante, ed è caratterizzato da una serie di piccoli terrazzamenti di natura antropica realizzati lungo il versante per la messa a dimora di un uliveto, che ad oggi svolge un'ottima funzione di stabilizzante per l'intero versante, si può asserire che essa si presenta stabile. Tuttavia parte della sede stradale lato valle è interessata da una piccola frana da scorrimento rotazionale che sebbene di piccola entità pregiudica in completo utilizzo della viabilità. Tale dissesto è senza dubbio legato al cedimento del terreno di fondazione della trave in calcestruzzo realizzata sul lato valle della strada, esso come anzidetto risulta di dimensioni contenute, interessa solo una piccola parte del piano stradale ed è oggetto dei lavori di sistemazione stradale in progetto.”.

Di seguito si riportano alcune foto dell'area in questione, dalle quali è possibile evincere la sede stradale interessata dal dissesto e dal cedimento del cordolo di fondazione ivi esistente da ascriversi all'azione di dilavamento delle acque superficiali del terreno posto al di sotto del cordolo.





C.2 Villa Comunale Via Duono

La Villa comunale in via Duono presenta lungo il perimetro dei lati a sud ed ad est un camminamento in forma in pianta ad L, in terra battuta, che durante le precipitazioni atmosferiche convoglia in maniera non appropriata le acque meteoriche, le quali, per la differenza di livello invadono i fondi privati posti a Sud e ad Est.

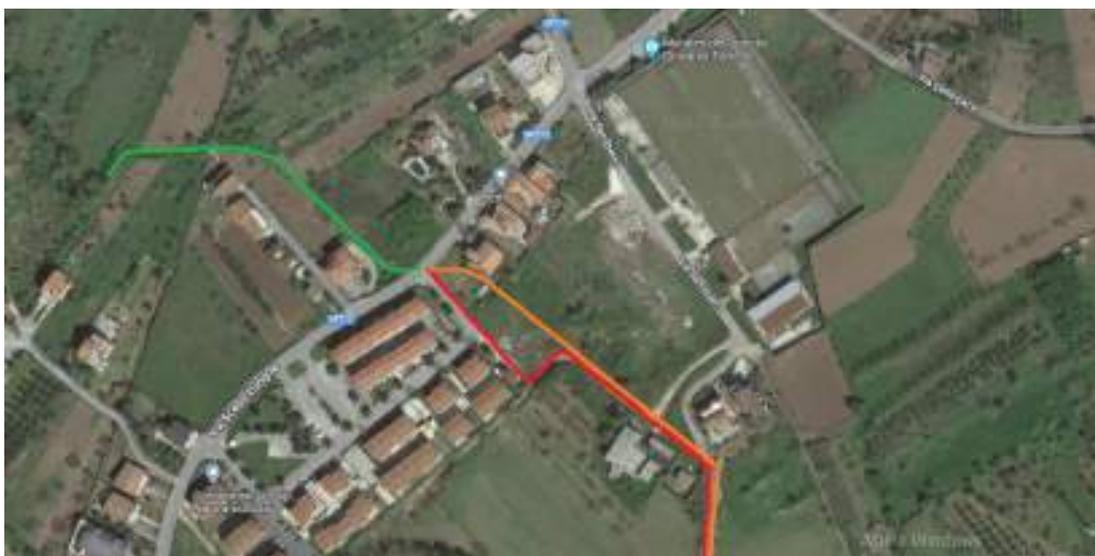
Le foto seguenti descrivono l'area in esame; da esse è possibile evincere lo stato dei luoghi.





C.3 Via Costare

Nella sottostante foto è rappresentata l'area di interesse. In essa è rappresentato in arancione il vecchio tracciato del fosso di scolo che drenava le acque dalla vicina collinetta. Tale tracciato ha subito intercettazioni nel tempo, nonché un restringimento della sezione idraulica del fosso, per cui quest'ultimo non svolge più alcuna funzione. La parte terminale dell'antico tracciato, posta in prossimità dell'attraversamento della Strada Scese Lunghe, è ancora leggibile e si trova all'interno di una proprietà privata in zona contigua ad un'abitazione. Il tracciato in verde è invece rappresentativo del fosso di scolo esistente e in funzione, che rappresenta il recapito finale del fosso ostruito. Il tracciato in rosso che si sviluppa per buona parte su strada asfaltata, rappresenta il tracciato di progetto che partendo dalla via Scese Lunghe si snoda fino a raggiungere la parte di canale proveniente da monte che convoglia le acque, le quali producono gli allagamenti.

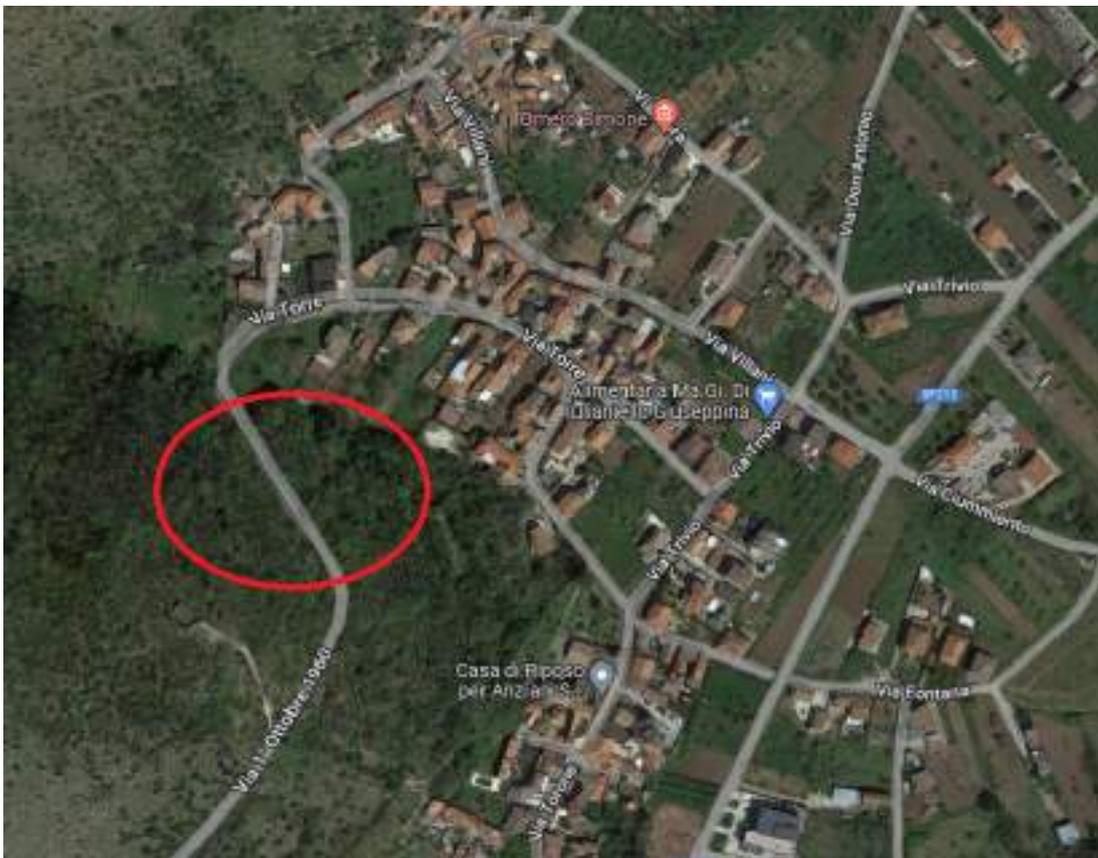


L'altra foto riguarda la parte dello stradone esistente vista da via Scese Lunghe.

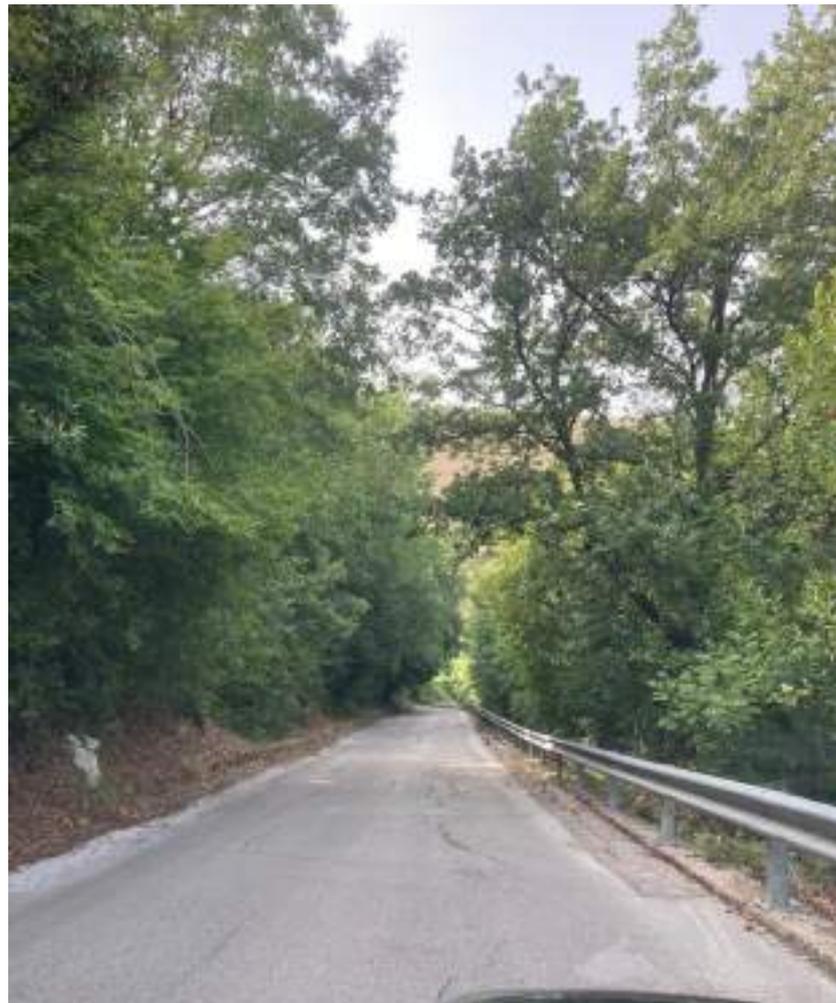


C.4 Via I Ottobre 1960 (Via Torre)

Nella foto satellitare di seguito riportata e ricavata da Google Maps è evidenziato con cerchiatura rossa il tratto di strada che sarà interessato dall'intervento.



Lo stato di fatto della pavimentazione stradale è rappresentato nelle seguenti foto, da cui può evincersi la deformazione del manto, ma soprattutto la deformazione della zanella realizzata con il conglomerato bituminoso.









D. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.

Gli interventi previsti in progetto riguardano, come detto, quattro zone distinte del territorio comunale, denominate negli elaborati e nelle tavole:

- Via Abbatelle;
- Villa Comunale Via Duono;
- Via Costare;
- Via I Ottobre 1960 (via Torre).

D.1 Via Abbatelle

Gli interventi previsti in via Abbatelle concernono essenzialmente la realizzazione di una palificata costituita da 139 pali trivellati con sonda a rotazione, sormontati da un cordolo in c.a. su cui è installata una barriera di sicurezza in acciaio zincato a caldo categoria H1.

Una volta realizzata la palificata, il progetto prevede anche il rifacimento della sede stradale mediante la demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso, uno scavo a sezione obbligata e successiva ricostruzione dello strato di fondazione in misto granulare con pavimentazione in conglomerato bituminoso e con la realizzazione delle opere accessorie costituiti da canalette di drenaggio per lo smaltimento delle acque meteoriche.

D.2 Villa Comunale Via Duono

L'intervento nella zona perimetrale della Villa comunale tende a disciplinare il regime delle acque e a creare una strada di collegamento al posto del viottolo in terra attualmente esistente.

Tale strada avrà comunque una modesta larghezza che ricalca quella esistente e sarà corredata da zanella stradale e da muretto in c.a. sormontato da guard-rail di tipo H1 in legno e acciaio, in modo da non alterare la fruizione visiva della villa e del paesaggio circostante.

Al fine di rendere coerente l'intervento con le caratteristiche dell'area è prevista la realizzazione della fondazione stradale e la realizzazione in conglomerato bituminoso colorato della pavimentazione.

Il tutto sarà corretrato da zanelle e da pozzetti per la raccolta delle acque, che saranno convogliate nella fogna posta a valle e che non interesseranno più con allagamenti i fondi circostanti.

D.3 Via Costare

L'intervento consiste essenzialmente nel ripristino della funzionalità dell'antico fosso, seppure con differente tracciato, in modo da eliminare la criticità che comporta l'allagamento della zona.

Il progetto prevede, per un primo tratto, la pulizia radicale e profonda del fosso esistente, in modo da ripristinare quanto più è possibile la sua sezione idraulica e risagomare quest'ultima.

Per il secondo tratto è invece prevista l'utilizzazione di una tubazione interrata in PEAD posta al di sotto della strada comunale esistente ed avente idoneo diametro. Sarà così garantita la regimentazione delle acque piovane che permettono lo scorrimento delle stesse ed il loro convogliamento al corpo ricettore, costituito dal fosso posto al di là della Via Costare.

A ciò si aggiungeranno anche le opere complementari quali pozzetti e raccordi di immissione, nonché la mappatura georadar dei sottoservizi eventualmente esistenti sul tracciato stradale interessato dagli scavi.

Tale mappatura garantirà l'esecuzione delle opere in sicurezza e la lavorazione ad essa connessa prevederà anche l'apertura dei pozzetti esistenti in campo con schedatura dei condotti in essi convergenti, la videoispezione e il rilievo preventivo delle quote altimetriche.

L'indagine georadar sarà accompagnata dall'esportazione dei dati rilevati in formato dwg e dalla redazione di una relazione tecnica in cui saranno riportati i dati ricavati dai rilievi ed interpretati con specifici software da tecnici specializzati.

Durante l'esecuzione dei lavori dovrà essere eventualmente garantita la deviazione del flusso idrico o il pompaggio entro gli scavi a mezzo di pompa o elettropompa.

D.4 Via I Ottobre 1960 (via Torre)

L'intervento previsto concerne la risagomatura della sede stradale e la realizzazione di due zanelle laterali in conglomerato cementizio, in modo da garantire un corretto deflusso delle acque meteoriche, provenienti da monte, in una strada avente una pendenza verso la Frazione Torone.

In particolare è prevista la demolizione della pavimentazione stradale con successiva ricostruzione di tale pavimentazione che caratterizza la carreggiata avente una larghezza di mt. 5,00.

Le due aree estreme della sezione stradale, larghe ognuna cm 50, che attualmente sono realizzate con asfalto completamente deteriorato, saranno invece ricostruite in conglomerato cementizio armato con rete metallica di maglia 10x10 e diametro mm 8.

E. QUADRO ECONOMICO

Si riporta di seguito il quadro economico dell'intervento che non altera la spesa globale prevista nello Studio di fattibilità e che è stata oggetto di finanziamento.

L'importo dei lavori ammonta a € 688.276,46 di cui € 32.347,21 per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso.

QUADRO ECONOMICO		
A)	IMPORTO TOTALE DEI LAVORI	
A.1)	Lavori a misura	€ 655 929,25
A.2)	Oneri della sicurezza diretta ed indiretta (non soggetti a ribasso)	€ 32 347,21
	Totale lavori	€ 688 276,46
B)	SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE	
B.1)	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto	€ -
B.2)	Rilievi, accertamenti ed indagini	€ 2 500,00
B.3)	Allacciamenti a pubblici servizi, compreso IVA	€ -
B.4)	Imprevisti (max 5% di A)	€ 27 885,12
B.5)	Acquisizione di aree o immobili	€ 15 000,00
B.6)	Accantonamento	€ 6 417,65
B.7)	Incentivi per funzioni tecniche di RUP (2% di A)	€ 13 765,53
B.8)	Spese tecniche relative alla Progettazione, Direzione dell'esecuzione, Verifiche e Collaudi	€ 64 129,16
B.10)	Spese di gara, pubblicità e commissioni giudicatrici	€ 4 500,00
B.12)	Oneri di discarica Autorizzata (compreso IVA)	€ 38 000,00
B.13)	IVA ed eventuali altre imposte, di cui:	
B.13.1)	CNPAIA su spese tecniche (4% di B.2+B.8)	€ 2 665,17
B.13.2)	per IVA su lavori e impresti (10% su A+B.4)	€ 71 616,16
B.13.3)	Per IVA su spese tecniche (22% su B.2+B.8+B.13.1)	€ 15 244,75
	Totale somme a disposizione	€ 261 723,54
	IMPORTO COMPLESSIVO	€ 950 000,00

Le somme a disposizione sono rimaste pressoché inalterate rispetto a quelle previste nello studio di fattibilità, a meno di quelle previste per gli accantonamenti e per l'IVA sui lavori, la quale è stata leggermente modificata in quanto l'importo dei lavori ha subito lievi modifiche.

Si evidenzia che il Computo metrico è stato redatto con il Prezzario LL.PP. vigente per l'anno 2022 per la Regione Campania e che sono stati introdotti tre nuovi prezzi per categorie di opere non previste nel Prezzario, le cui analisi trovano ospitalità nella parte finale dell'Elenco prezzi unitari.

COMUNE DI CASTEL MORRONE

PROVINCIA DI CASERTA

aggiornamento n°	data	descrizione dell'aggiornamento	disegnato	verificato	visto

PROGETTAZIONE DEFINITIVA-ESECUTIVA
LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E PREVENZIONE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO
FRAZIONE GROTTOLE E TORONE

<small>data</small> Agosto 2022	<small>Titolo</small> RELAZIONE GEOLOGICA-TECNICA E SISMICA	<small>ELABORATO N.ro</small> R02
<small>disegnato</small>		<small>scala :</small>
<small>controllato</small>		
<small>commessa</small>		

Progettista opere di ingegneria:
dott. ing. Ferdinando LUMINOSO

Geologo: dott. Antonio PETRICCIONE

COMUNE DI CASTEL MORRONE
Provincia di Caserta

**RELAZIONE GEOLOGICA-
MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA E
SISMICA**

INTERVENTI:

***MESSA IN SICUREZZA E PREVENZIONE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO
IN ALCUNE AREE DEL TERRITORIO***

LOCALITÀ

GROTTOLE, LARGISI, TORONE E TAVERNA - CASTEL MORRONE (CE)

COMMITTENTE:

COMUNE DI CASTEL MORRONE

Castel Morrone, agosto 2022

Il Geologo

Dott. Antonio Petriccione

INDICE

1	PREMESSA.....	5
1.1	Ubicazione e caratteristiche degli interventi.....	5
1.2	Articolazione del lavoro	6
2	ASPETTI GEOLOGICI GENERALI.....	7
2.1	Geologico	7
2.2	Geomorfologico.....	7
2.3	Idrografico.....	8
2.4	Idrogeologico.....	9
3	CLASSIFICAZIONE SISMICA	10
4	INTERVENTO A	15
4.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	15
4.1.1	Definizione del piano di indagini analizzate.....	15
4.2	MODELLAZIONE GEOLOGICA	16
4.2.1	Analisi geologica e stratigrafica	16
4.3	Analisi geomorfologica	16
4.4	Analisi idrogeologica ed idrologica.....	17
4.5	Rischi geologici naturali ed indotti.....	18
4.6	Pericolosità geomorfologica ed idraulica da normativa (Piano Assetto Idrogeologico).....	18
4.6.1	Stabilità dell'area.....	18
4.7	MODELLAZIONE SISMICA	20
4.7.1	Indagini sismiche.....	20
4.7.2	Analisi del suolo di fondazione	22
4.7.3	Condizioni topografiche	23
4.7.4	Stima della Pericolosità Sismica.....	24
4.7.5	Pericolosità sismica di sito	26
4.8	MODELLAZIONE GEOTECNICA	29
4.8.1	Caratterizzazione geotecnica	29
4.8.2	Esposizione ed interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche.....	29
4.8.3	Modello geotecnico del sottosuolo	31
4.8.4	Potenziale di liquefazione.....	32
5	INTERVENTO B.....	34
5.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	34
5.1.1	Definizione del piano di indagini analizzate.....	34
5.2	MODELLAZIONE GEOLOGICA	35
5.2.1	Analisi geologica e stratigrafica	35
5.3	Analisi geomorfologica	35
5.4	Analisi idrogeologica ed idrologica.....	35
5.5	Rischi geologici naturali e indotti.....	36
5.6	Stabilità dell'area.....	37
5.7	MODELLAZIONE SISMICA	37
5.7.1	Indagini sismiche.....	37
5.7.2	Analisi del suolo di fondazione	38
5.7.3	Condizioni topografiche	40
5.7.4	Stima della Pericolosità Sismica.....	41

5.7.5	Pericolosità sismica di sito	43
5.8	MODELLAZIONE GEOTECNICA	47
5.8.1	Caratterizzazione geotecnica	47
5.8.2	Esposizione ed interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche.....	47
5.8.3	Modello geotecnico del sottosuolo	49
5.8.4	Potenziale di liquefazione.....	50
6	INTERVENTO C.....	51
6.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	51
6.1.1	Definizione del piano di indagini eseguite	51
6.2	Analisi geologica e stratigrafica	53
6.3	Analisi geomorfologica	53
6.4	Analisi idrogeologica ed idrologica.....	54
6.5	Rischi geologici naturali ed indotti.....	55
6.5.1	Pericolosità geomorfologica ed idraulica da normativa.....	55
6.5.2	Stabilità dell'area.....	55
6.6	MODELLAZIONE SISMICA	55
6.6.1	Indagini sismiche.....	55
6.6.2	Analisi del suolo di fondazione	57
6.6.3	Condizioni topografiche	59
6.6.4	Stima della Pericolosità Sismica.....	60
6.6.5	Pericolosità sismica di sito	62
6.7	MODELLAZIONE GEOTECNICA	65
6.7.1	Caratterizzazione geotecnica	65
6.7.2	Esposizione ed interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche.....	65
6.7.3	Modello geotecnico del sottosuolo	67
6.7.4	Potenziale di liquefazione.....	68
7	INTERVENTO D	70
7.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	70
7.1.1	Definizione del piano di indagini eseguite	70
7.2	Analisi geologica e stratigrafica	71
7.3	Analisi geomorfologica	73
7.4	Analisi idrogeologica ed idrologica.....	74
7.5	Rischi geologici naturali ed indotti.....	75
7.6	Pericolosità geomorfologica ed idraulica da normativa (Piano Assetto Idrogeologico).....	75
7.6.1	Stabilità dell'area.....	75
7.7	MODELLAZIONE SISMICA	76
7.7.1	Indagini sismiche.....	76
7.7.2	Analisi del suolo di fondazione	77
7.7.3	Condizioni topografiche	79
7.7.4	Stima della Pericolosità Sismica.....	80
7.7.5	PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO.....	82
7.8	MODELLAZIONE GEOTECNICA	85
7.8.1	Caratterizzazione geotecnica	85
7.8.2	Esposizione ed interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche.....	85
7.8.3	Modello geotecnico del sottosuolo	89
7.8.4	Potenziale di liquefazione.....	91

ALLEGATI:

- ❖ Stralcio topografico scala 1:25.000
- ❖ Stralcio carta geologica Scala 1:100.000
- ❖ Stralcio Carta degli scenari di rischio Scala 1:25.000

- ❖ Allegati Intervento A
 - Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche
 - Certificati prove penetrometriche statiche CPT
 - Elaborati indagine sismica Masw
- ❖ Allegati Intervento B
 - Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche
 - Certificati prova penetrometrica statica CPT
 - Elaborati indagine sismica Masw
- ❖ Allegati Intervento C
 - Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche
 - Certificati prove penetrometriche statiche CPT
 - Elaborati indagine sismica Masw
- ❖ Allegati Intervento D
 - Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche
 - Stratigrafia sondaggio geognostico S1_PEEP_2003
 - Stratigrafie sondaggi geognostici S1-S2-S3_2009
 - Certificati prova penetrometrica statica CPT_PEEP_2003
 - Certificati prove penetrometriche statiche CPT_2009
 - Elaborati indagine sismica a rifrazione R1_PEEP_2003

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta su incarico dell'Amministrazione Comunale di Castel Morrone giusta determina n° 235 del 12/07/2022 – Registro Generale, la quale, dovendo procedere ai lavori volti al ripristino e alla messa in sicurezza di alcune parti del territorio comunale, mi ha incaricato di eseguire uno studio di natura geologica e geologico tecnica per valutare i caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area, nonché individuare il comportamento meccanico e sismico dei terreni.

1.1 UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI

Le aree oggetto del presente studio sono situate nel comune di Castel Morrone, in Località Grottole, Largisi, Taverna e Torone.

L'intero territorio comunale, geograficamente è posto a circa 10 km a nord est del Comune di Caserta, capoluogo di Provincia, e ricopre una superficie di circa 25 kmq. Cartograficamente, l'intera giurisdizione comunale è riportata sul Foglio n. 172 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 denominato "Caserta", mentre la tavoletta in cui ricade l'area oggetto del presente studio, in scala 1:25.000 dell'I.G.M., denominata "Castel Morrone", è la n. 12 Quadrante II NE. In allegato è riportato uno stralcio della tavoletta topografica con le ubicazioni delle aree di intervento.

Il territorio comunale è posto ad un'altezza media sul livello del mare di circa 493 metri, ma l'altitudine è oscillante tra un minimo di 21 metri s.l.m., nelle aree prospicienti il corso del fiume Volturno, ed un massimo di 620 metri s.l.m. corrispondente alla vetta di Monte Virgo.

Gli interventi prevedono una serie di opere volte alla messa in sicurezza di alcuni punti del territorio risultati vulnerabili dal punto idrogeologico. In particolare gli interventi previsti si possono sintetizzare come segue:

1. **Intervento A:** si prevede la messa in sicurezza del tratto finale di via Ciesco in località sopra Grottole, mediante la ricostruzione di un muro di contenimento parzialmente in frana e sistemazione della sede stradale con una opportuna regimentazione delle acque di ruscellamento superficiali.

2. **Intervento B:** prevede l'esecuzione di un drenaggio delle acque intercettate dalla via Abbatelle attraverso la realizzazione di un fognolo al confine di proprietà Sparago Pietro – Chirico Rosa, che convoglia le acque al recapito costituito da un canale a valle delle proprietà.
3. **Intervento C:** prevede la realizzazione di un muro di contenimento con sistemazione delle aree a monte insistente su una piccola incisione e ripristino della canalizzazione delle acque di ruscellamento superficiale nella Zona a Nord e a sud della Villa Comunale
4. **Intervento D:** prevede la realizzazione ex novo del canale per drenare correttamente le acque provenienti da via Costare fino al recapito principale costituito dall'alveo Morrone con una adeguata sistemazione e rimozione dei cumuli di materiali inerti depositati impropriamente nel corso degli anni.

Per eventuali approfondimenti si rimanda ai grafici di progetto.

1.2 ARTICOLAZIONE DEL LAVORO

L'indagine è stata articolata, previa consultazione del progetto, nelle seguenti fasi:

- ❖ Rilevamento delle caratteristiche geomorfologiche e geolitologiche di superficie integrato dalla lettura della carta geologica d'Italia foglio Caserta N°172, foglio nel quale ricade cartograficamente l'area in esame;
- ❖ Acquisizione di dati dal piano regolatore generale e da indagini eseguite dallo scrivente nelle immediate vicinanze dei lotti in studio;
- ❖ Analisi della cartografia a corredo del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (carta degli scenari di rischio);
- ❖ Ricostruzione dettagliata dei caratteri litologici, stratigrafici e geotecnici locali mediante le analisi di sondaggi geognostici e prove penetrometriche eseguite nelle aree di interesse e nelle zone limitrofe;
- ❖ Ricostruzione della stratigrafia sismica delle onde S e determinazione del parametro $V_{s,eq}$ mediante le analisi di indagini sismiche superficiali di tipo MASW ed in foro Down-hole.

2 ASPETTI GEOLOGICI GENERALI

2.1 GEOLOGICO

Geologicamente il territorio di Castel Morrone è posto tra due dorsali carbonatiche, più precisamente tra la dorsale di Monte Gagliola, Monte Castellone e Monte Castello a nord e la dorsale di Monte Montagnano, Monte Virgo e Monte Coppa a sud. La parte pianeggiante si presenta costituita da spessori variabili di materiali alluvionali, derivanti dal dilavamento dei versanti delle due dorsali, frammisti a materiali piroclastici e poggiati o sulla formazione calcarea o sulla formazione flyschioide miocenica o sulla formazione piroclastica. In particolare, su tutto il territorio di Castel Morrone, si è accertata la presenza dei seguenti litotipi (vedi stralcio carta geologica allegata):

- Calcari microcristallini, calcari dolomitici bianchi, calcari saccaroidi con liste di selce grigia, tutti appartenenti alla piattaforma carbonatica Campano-Lucana (Cretacico inf.-med.)
- Arenarie quarzoso micacee in strati e banchi con intercalazioni di argille e marne costituenti il flysch miocenico depositatosi sulla piattaforma carbonatica durante le fasi orogeniche.
- Materiali piroclastici appartenenti al gruppo delle Ignimbriti Trachi-Fonolitiche (Pleistocene sup. - Olocene) provenienti dalle frequenti eruzioni dei complessi vulcanici che circondano la piana Campana (Roccamonfina a nord, Campi Flegrei e Vesuvio a sud).
- Breccie di pendio costituite da clasti calcarei a spigoli vivi con scarsa matrice argilloso-limosa poco o niente cementate.
- Materiale alluvionale ovvero Depositi alluvionali del Fiume Volturno costituiti da argille sabbiose, limi, sabbie scure con lapilli e pomice dilavate e presenza di lenti ciottolose.

2.2 GEOMORFOLOGICO

L'analisi morfologica mostra dei versanti calcarei impostati su linee di faglia, che

si presentano ridotti a pendenze di 30-40°, e cioè pendenze tipiche dei versanti di recessione rettilineo parallela. L'evoluzione morfologica di questi versanti è avvenuta principalmente durante l'era quaternaria in condizioni di clima freddo instauratosi nei vari periodi glaciali che hanno caratterizzato la prima parte di quest'era geologica. Tra i versanti suddetti e il fondovalle pianeggiante, è presente una zona “pedemontana” a pendenza intermedia (10-25°) formata da brecce di pendio stabilizzate su un angolo di scarpa naturale, a testimonianza della disgregazione delle rocce verificatasi durante le suddette glaciazioni.

Sia il rilevamento geologico che l'analisi aerofotogrammetrica sono stati strumenti indispensabili per lo studio delle aree di interesse, sia dal punto di vista litostatigrafico che dal punto di vista geomorfologico.

Partendo da una prima analisi aerofotogrammetrica, si è cercato di porre in relazione l'assetto stratigrafico-strutturale con i caratteri geomorfologici, evidenziando i lineamenti tettonici e riconoscendo i fenomeni carsici presenti nell'area. Successivamente è stata effettuata un'analisi sul terreno delle forme del rilievo, dei contatti stratigrafici e dell'assetto strutturale.

2.3 IDROGRAFICO

La prima osservazione sul reticolo idrografico dell'area di Castel Morrone è che esso non è affatto sviluppato ed articolato, tant'è che l'ordine di gerarchizzazione raggiunge, solo nel caso del vallone di Ciummiento, il 4° ordine.

Una caratteristica dell'area è l'abbondanza di effimeri corsi d'acqua di 1° e 2° ordine e la totale assenza di ventagli di testata. Tutte queste aste di drenaggio con deflusso occasionale effimero solcano le monoclinali e convergono lungo l'asse della valle in cui scorrono: verso nord-ovest, le acque del vallone di Morrone e verso sud-est, quelle del vallone di “Ciummiento”, i quali drenano le acque verso il recapito ultimo dell'intera rete idrografica: “*il fiume Volturno*”. Il territorio di Castel Morrone, infatti, è attraversato per un breve tratto dal corso del fiume Volturno che funge da punto di raccolta di tutte le acque superficiali di tipo diffuso ed incanalato che interessano l'intero territorio comunale.

Questo tipo di reticolo conferma quanto previsto per i paesaggi in cui la fenomenologia carsica è molto pronunciata, ovvero alta permeabilità per fratturazione del substrato carbonatico che permettendo una consistente infiltrazione delle acque al proprio interno, impedisce la formazione di una rete drenante gerarchizzata.

2.4 IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, si possono distinguere diversi complessi: complesso calcareo, complesso flyschioide, complesso piroclastico ed un complesso alluvionale. Ad eccezione del Complesso calcareo che presenta alta permeabilità per fratturazione e carsismo, le altre unità presentano permeabilità per porosità da media (complessi piroclastici ed alluvionali), a bassa (complesso idrogeologico costituito dal flysch noto come “Arenarie di Caiazzo”). Essendo la valle di Castel Morrone caratterizzata da una permeabilità variabile per porosità e fratturazione, perché costituita da materiali provenienti dal disfacimento dei versanti calcarei, da materiali arenaceo-marnosi alternati a sottili livelli argillosi e da materiali piroclastici sia sciolti che a luoghi litificati a formare il Tufo Grigio, non si riscontra una falda freatica superficiale diffusa e in buona parte del territorio, le acque di infiltrazione vengono drenate in profondità, alimentando la falda di base dei calcari. Tale falda si rinviene mediamente ad una profondità superiore ai 200 metri dal piano campagna, ha una direzione di flusso verso Sud ovest e defluisce verso la Piana Campana. Nel territorio “alto” del comune di Castel Morrone, invece, non è raro incontrare delle falde superficiali e sospese, dovute a fattori locali, come lenti di materiale meno permeabile sottoposto a terreni più permeabili, fratturazione colonnare del tufo ecc., che in alcuni casi danno luogo ad una serie di piccole sorgenti. Ne sono esempio le sorgenti poste a sud-est, in corrispondenza del flysch del Miocene. Oggi però, la maggior parte di esse, non eroga più acqua, sia a causa del generale abbassamento delle falde verificatosi negli ultimi 10-15 anni, sia e soprattutto per la mancanza di regimentazione delle acque meteoriche, che prima si raccoglievano nei fossi di scolo ormai abbandonati o, addirittura, scomparsi del tutto. Le acque piovane dunque, non avendo alvei in cui scorrere, hanno un regime instabile ed imprevedibile.

3 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Le norme per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza del O.P.C.M. 3274 e Decreto 14 settembre 2005), avevano suddiviso il territorio nazionale in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale erano riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella Tabella che segue:

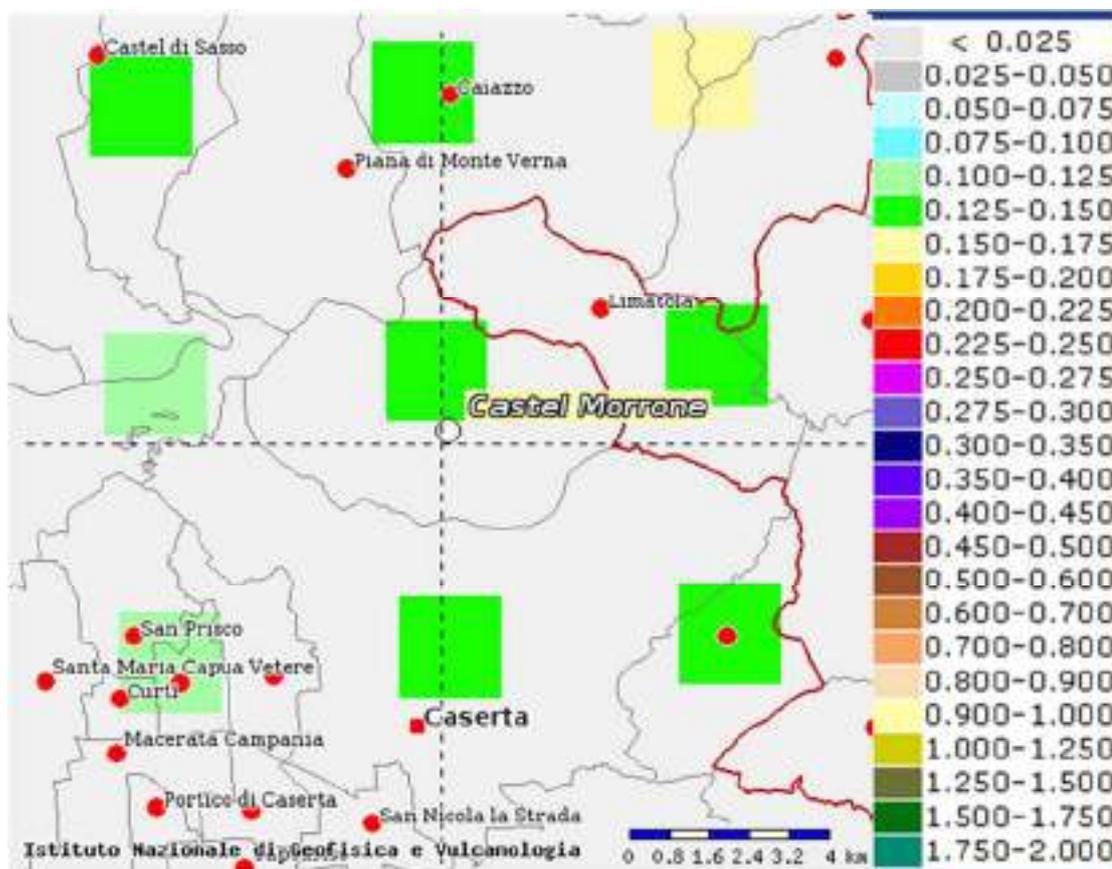
Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

La Giunta Regionale della Campania approvò l'aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania ed il territorio del comune di Castel Morrone venne classificato di categoria 2.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018 e ancor prima del D.M. 14/01/2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Quindi per la stima della pericolosità sismica di base, determinate le coordinate geografiche del sito di interesse e scelta la maglia di riferimento, si ricavano i valori dei parametri spettrali come media pesata dei valori nei vertici della maglia (forniti in allegato al D.M. 14.01.08) moltiplicati per le distanze dal punto.

Le Norme Tecniche per le costruzioni (NTC), forniscono, per l'intero territorio nazionale, i parametri da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica. Tali parametri sono forniti in corrispondenza dei nodi, che non distano tra loro più di 10 km, di un reticolo che copre l'intero territorio nazionale. I valori forniti di a_g , T_r , F_0 e T_c da utilizzare per la risposta sismica del sito sono riferiti al substrato, intendendo per substrato un litotipo con $V_s > 800$ m/s. Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole

(tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).



Mapa di pericolosità sismica e relativa legenda per il comune di Castel Morrone, (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Secondo la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, per il sito in esame, l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ag varia tra 0,125 a 0,150 g espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

La disaggregazione dei valori di ag con la medesima probabilità di eccedenza, mostra come il contributo percentualmente maggiore alla pericolosità sismica di base nella parte centrale del territorio comunale, sia determinato da sismi con **magnitudo massima attesa maggiore di 6** con epicentri individuati ad una distanza media maggiore di 31 km.

L'azione sismica sulle costruzioni viene quindi valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A nelle NTC). La "pericolosità sismica di base" costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Come anzi detto, essa, in un generico sito viene descritta in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definito in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km); per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri: a_g accelerazione orizzontale massima del terreno; 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. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- F_0 e T_c i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento, previste dalle NTC, scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun

sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare: la vita di riferimento VR della costruzione, le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati; si possono così individuare, partendo dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

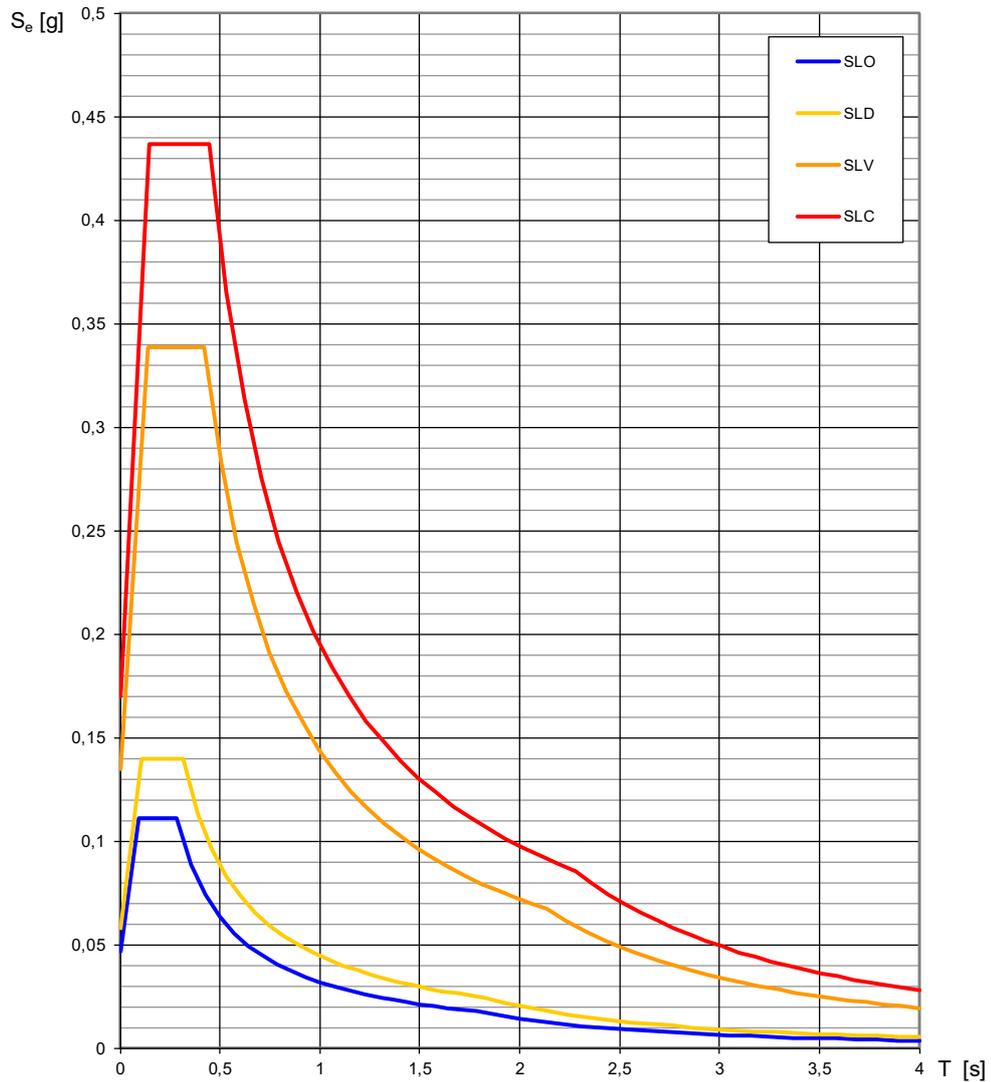
Nella tabella che segue sono riportati i valori dei suddetti parametri calcolati al centro del territorio comunale di Castel Morrone ai vari stati limite previsti dalla normativa (SLO stato limite di operatività, SLD stato limite di danno, SLV stato limite di salvaguardia della vita, SLC stato limite di prevenzione del collasso).

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,047	2,379	0,286
SLD	50	0,058	2,417	0,318
SLV	475	0,135	2,512	0,424
SLC	975	0,170	2,570	0,446

Gli stessi valori sono di seguito riportati sotto forma di grafico

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettri di risposta ai diversi stati limite

4 INTERVENTO A

L'intervento prevede la messa in sicurezza del tratto stradale di Via Abbatelle ed il completo e pieno ripristino della viabilità che attualmente risulta ridotto a causa del dissesto di parte della sede stradale.

4.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1.1 DEFINIZIONE DEL PIANO DI INDAGINI ANALIZZATE

Considerata l'entità dell'intervento e le conoscenze geologiche pregresse del sottoscritto circa l'area di interesse si è ritenuto necessario analizzare delle indagini reperite nell'ambito dell'area oggetto di intervento, risalenti ad una campagna del 2021 consistita in:

- *n.2 prove penetrometriche statiche CPT*
- *n.1 indagine sismica MASW per la determinazione del V_s ,eq.*

Di seguito si riporta uno stralcio della planimetria su ortofoto con l'ubicazione del tratto stradale interessato e delle prove considerate.



Ortofoto della planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite

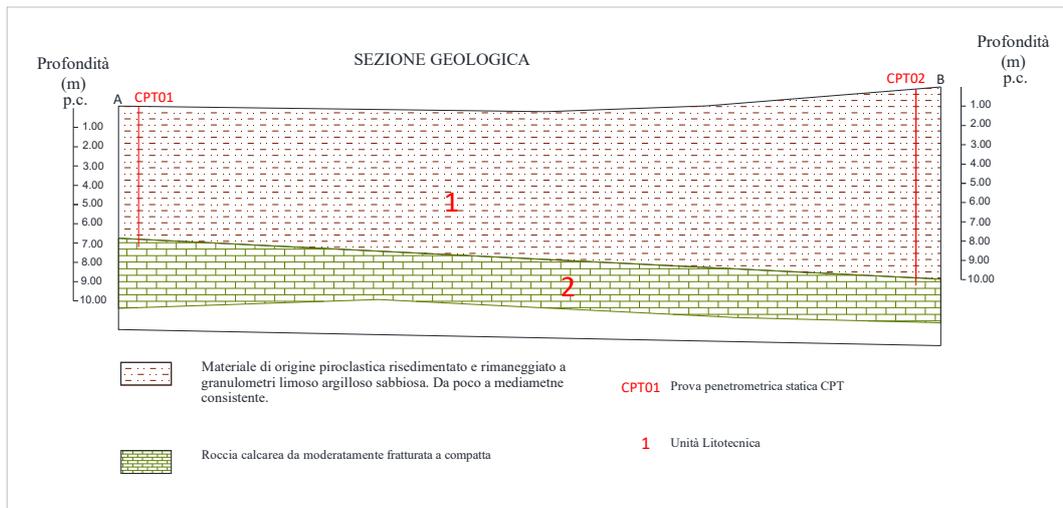
4.2 MODELLAZIONE GEOLOGICA

4.2.1 ANALISI GEOLOGICA E STRATIGRAFICA

Dalla consultazione della carta geologica e dalle analisi delle indagini reperite ed analizzate si descrive la stratigrafia del sito di interesse.

Di seguito, si riporta la stratigrafia di riferimento sintetizzata per il sito di interesse e il modello geologico risultante:

- Da 0.00 a 7.00/10.00 m, termini piroclastici in deposizione secondaria (risedimentati a seguito del dilavamento dei versanti ad opera delle acque di ruscellamento) e ricoperti o frammisti a materiali alluvionali e a materiali argilloso residuali provenienti dai calcari circostanti. Tali terreni si presentano principalmente come limi argilloso sabbiosi da poco a mediamente consistenti.
- Da 7.00/10.00 a >30.00 m, calcari da moderatamente fratturati a compatti.



Sezione geologica A-B

4.3 ANALISI GEOMORFOLOGICA

L'analisi morfologica dell'area mostra che ci troviamo alle pendici di un versante calcareo. Esso si presenta ridotto a pendenze di 22-25° ovvero pendenze tipiche dei versanti di recessione rettilinea parallela. Tra il versante suddetto e il fondovalle sub-

pianeggiante, come anzidetto, è presente una zona “*pedemontana*” a pendenza intermedia (10-20°) costituita da breccie di pendio stabilizzate miste a piroclastiti sciolte, su un angolo di scarpa naturale a testimonianza della disgregazione delle rocce verificate durante le suddette glaciazioni e accumuli caotici di materiale piroclastico a tratti argillificato. L’area investigata di via “Abbatelle” è compresa tra le quote topografiche 206 e 208 sul versante Sud della dorsale carbonatica contraddistinta dalle colline “Traverso”, “Pesaturo” “Castellone” e “Gagliola”. Il tratto di strada in esame presenta una scarpata di valle al lato sud di circa 3 m mentre sul lato nord abbiamo un terrazzo sopraelevato rispetto al essa di circa 1 m.

A sud della strada si individua l’incisione torrentizia a carattere stagionale che con direzione Nord Est – Sud Ovest defluisce verso il Vallone di Morrone.

4.4 ANALISI IDROGEOLOGICA ED IDROLOGICA

Nell’area di stretto interesse, da indagini dirette, non si è accertato la presenza di una falda acquifera superficiale entro la profondità massima di investigazione delle prove penetrometriche. Però non è da escludere che considerate le caratteristiche stratigrafiche, e vista la variabilità granulometria dei materiali presenti, in periodi particolari dell’anno, ovvero nei periodi in cui il picco di piovosità raggiunge i massimi livelli, si possano incontrare dei livelli completamente saturi a piccole profondità, dovuti esclusivamente alle acque di infiltrazione superficiale.

Per quanto riguarda invece la falda di base, essa è posta nel sub strato calcareo ad una profondità superiore ai 200 m.

Da quanto sopra detto si può intuire che i complessi idrogeologici presenti nella zona di interesse sono sostanzialmente due: il complesso alluvio-colluviale costituito da terreni piroclastici e argille residuali depositati ad opera del dilavamento dei versanti, dotato di una permeabilità media per porosità e il complesso calcareo dotato di una permeabilità medio alta per fratturazione e carsismo.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico superficiale, in generale nel territorio comunale, si nota che esso è poco sviluppato ed articolato, tant’è che l’ordine di gerarchizzazione raggiunge solo in un caso, nel vallone di Ciumminto, il 4° ordine.

4.5 RISCHI GEOLOGICI NATURALI ED INDOTTI

4.6 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DA NORMATIVA (PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO)

Nell'ambito della definizione degli scenari di rischio presenti sul territorio del comune di Castel Morrone, l'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno ha individuato una serie di aree a diverso grado di rischio idrogeologico e idraulico. Sono presenti aree a rischio variabile da R1 a R4 (rischio molto elevato in zone con presenza di infrastrutture), ed aree a diverso grado di attenzione, da A1 ad A4 (alta attenzione con elevata pericolosità ma senza presenza di infrastrutture). Tali aree sono concentrate nelle zone vallive pedemontane, con aree di invasione che spesso interessano il centro abitato.

L'area interessata dall'intervento in oggetto non è coinvolta in alcuna delle aree su indicate. In allegato si riporta uno stralcio di tale Piano con l'individuazione dell'area in oggetto.

4.6.1 STABILITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista della stabilità globale dell'area, tenendo presente che la franosità è funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, cioè è in relazione a parametri quali litologia, angolo di attrito interno, contenuto d'acqua, coesione, giacitura dei terreni e pendenza dei versanti, considerato che tale area è posta nella zona a valle di un rilievo calcareo privo di coperture in quanto abbiamo la roccia calcarea affiorante, e visto che la zona è leggermente degradante verso sud, si può asserire che l'area in esame, dal punto di vista della stabilità globale, si presenta stabile. Tuttavia non sono esclusi fenomeni di smottamento locali legati ai terrazzamenti realizzati grazie all'antropizzazione avvenuta nei secoli scorsi. In particolare la sede stradale, di tipo rurale, che un tempo era interessata dal solo traffico pedonale e bestie da soma e che oggi vede la presenza di passaggio di mezzi meccanici e traffico veicolare sempre con maggiore intensità, presenta innumerevoli ed evidenti segni di instabilità.

In particolare parte della sede stradale lato valle è interessata da una piccola frana

da scivolamento dovuta al cedimento del terreno di fondazione dell'enorme trave in calcestruzzo posta sul bordo lato valle per l'ancoraggio dei *guardrail*. Tale dissesto come si può vedere dalle immagini di seguito riportate, risulta di dimensioni contenute, interessa solo una piccola parte del piano stradale ed è oggetto dei lavori di sistemazione stradale in progetto.





4.7 MODELLAZIONE SISMICA

4.7.1 INDAGINI SISMICHE

Per la caratterizzazione sismica dei materiali è stata eseguita n° 1 indagine sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh) al fine di individuare gli spessori e le geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e classificare sismicamente il suolo come previsto dalla recente normativa antisismica (D.M. 17/01/18).

I risultati del MASW M1, riportati negli allegati sia in forma numerica che grafica presentano velocità delle onde di taglio compatibili con le litologie presenti.

Relativamente al valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$, definita dall'espressione:

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

dove h_i e $V_{S,i}$ sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati e H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia

o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Quando la profondità H del substrato è superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per la prova Masw01 il V_{s30} calcolato a partire del piano campagna risulta pari a 361 m/s.

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	H_i/V_i
0,00	2,50	80	0,0313
2,50	4,50	160	0,0125
4,50	7,50	350	0,0086
7,50	10,50	400	0,0075
10,50	20,50	810	0,0123
20,50	35,50	860	0,0174

Tabella delle velocità rilevate dal MASW

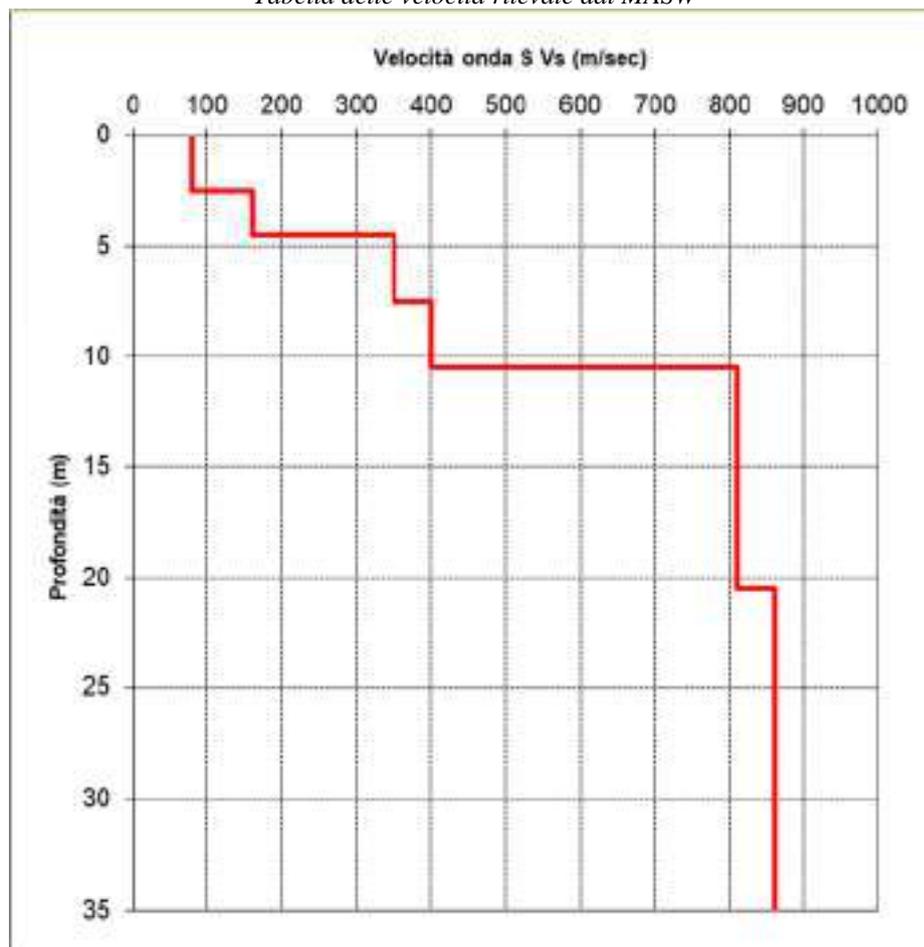


Grafico velocità-profondità dal MASW

4.7.2 ANALISI DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. Qualora, come nel caso in questione, tali studi non sono disponibili, si utilizza la classificazione dei terreni descritta nelle NTC 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni". La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$. Nel nostro caso considerato che il substrato insiste a circa -10 m dal piano campagna, la classificazione è stata effettuata considerando il V_s Eq, pertanto dalla disamina delle risultanze dell'indagine sismica MASW è emerso un valore del **V_{sEq} pari a 176 m/s**, per cui si può affermare che siamo in presenza di un suolo di categoria "D", tuttavia visto che il substrato sismico (velocità $V_s > 800$ m/s), è stato rinvenuto alla profondità di circa 10.00 metri dal piano campagna, **la categoria di sottosuolo sismico da adottare è la E, valevole per 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**

Tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	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.
B	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.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	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.
E	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.



Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_c e di C_c

Categoria sottosuolo	S_c	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,60}$

4.7.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La norma citata, per la risposta sismica del sito, stabilisce 4 categorie, in relazione alle caratteristiche topografiche dell'area in esame. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

- 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 $i > 30^\circ$

Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se presentano altezze maggiori di 30 m.

L'area in studio si presenta pianeggiante, quindi è stato adottato il coefficiente relativo alla categoria T1.

4.7.4 STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA



Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	41,1272316 [°]
Longitudine (WGS84):	14,3449898 [°]
Latitudine (ED50):	41,1282234 [°]
Longitudine (ED50):	14,3458643 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	31869	41,132230	14,286760	4970,20
2	31870	41,131740	14,353150	724,82
3	32092	41,081750	14,352480	5197,15
4	32091	41,082230	14,286160	7153,86

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,408	0,285
SLD	50	0,055	2,429	0,320
	72	0,063	2,474	0,337
	101	0,072	2,485	0,353
	140	0,081	2,529	0,363
	201	0,093	2,532	0,380
SLV	475	0,124	2,556	0,431
SLC	975	0,155	2,613	0,453
	2475	0,201	2,704	0,512

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,389	0,286
SLD	50	0,057	2,428	0,318
	72	0,067	2,447	0,335
	101	0,076	2,474	0,350
	140	0,086	2,493	0,361
	201	0,099	2,513	0,376
SLV	475	0,134	2,521	0,426
SLC	975	0,169	2,579	0,449
	2475	0,222	2,695	0,469

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,351	0,285
SLD	50	0,058	2,379	0,317
	72	0,067	2,397	0,333
	101	0,077	2,425	0,347
	140	0,087	2,450	0,358
	201	0,099	2,481	0,371
SLV	475	0,133	2,493	0,418
SLC	975	0,167	2,549	0,438
	2475	0,213	2,671	0,460

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,369	0,285
SLD	50	0,055	2,371	0,320
	72	0,064	2,410	0,335
	101	0,073	2,424	0,350
	140	0,082	2,464	0,361
	201	0,093	2,482	0,374
SLV	475	0,124	2,509	0,424
SLC	975	0,153	2,589	0,443
	2475	0,194	2,716	0,466

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,386	0,286
SLD	50	0,057	2,419	0,318
SLV	475	0,132	2,521	0,425

SLC	975	0,166	2,580	0,448
-----	-----	-------	-------	-------

4.7.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,016	0,051	0,061
kv	0,007	0,008	0,025	0,031
amax [m/s ²]	0,722	0,894	2,075	2,495
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,074	0,091	0,212	0,254
kv	0,037	0,046	0,106	0,127
amax [m/s ²]	0,722	0,894	2,075	2,495
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,048	0,059	0,138	0,165
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,722	0,894	2,075	2,495
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,015	0,018	0,051	0,061
kv	0,007	0,009	0,025	0,031
amax [m/s ²]	0,722	0,894	2,075	2,495
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,043	0,080	--
kv	--	0,021	0,040	--
amax [m/s ²]	0,722	0,894	2,075	2,495
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,043	0,080	--
kv	--	0,021	0,040	--
amax [m/s ²]	0,722	0,894	2,075	2,495
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

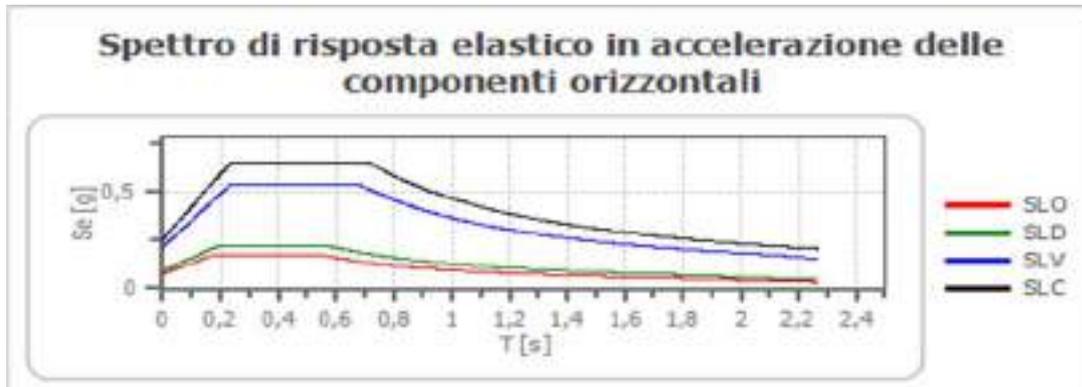
Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,057	0,071	0,164	0,197
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,722	0,894	2,075	2,495
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

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	0,046	2,386	0,286	1,600	1,900	1,000	1,600	1,000	0,181	0,543	1,784	0,074	0,176
SLD	1,0	0,057	2,419	0,318	1,600	1,820	1,000	1,600	1,000	0,193	0,579	1,828	0,091	0,220
SLV	1,0	0,132	2,521	0,425	1,600	1,620	1,000	1,600	1,000	0,230	0,689	2,129	0,212	0,533
SLC	1,0	0,166	2,580	0,448	1,530	1,590	1,000	1,530	1,000	0,237	0,712	2,265	0,254	0,656

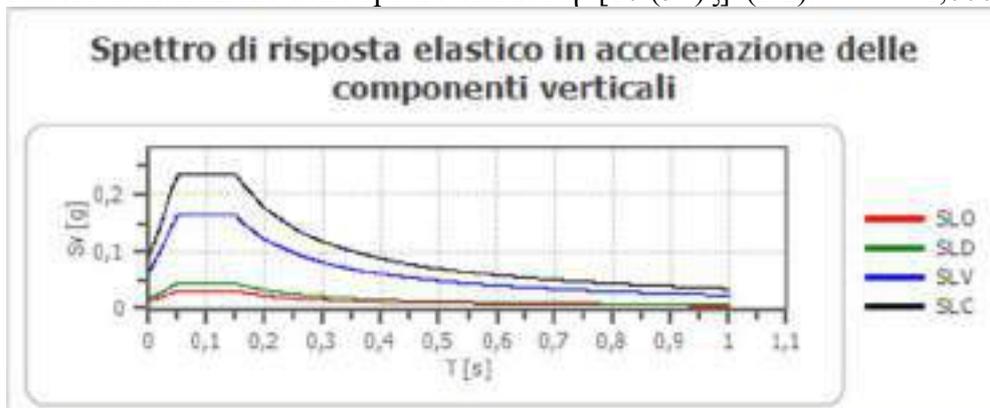
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

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

1,000



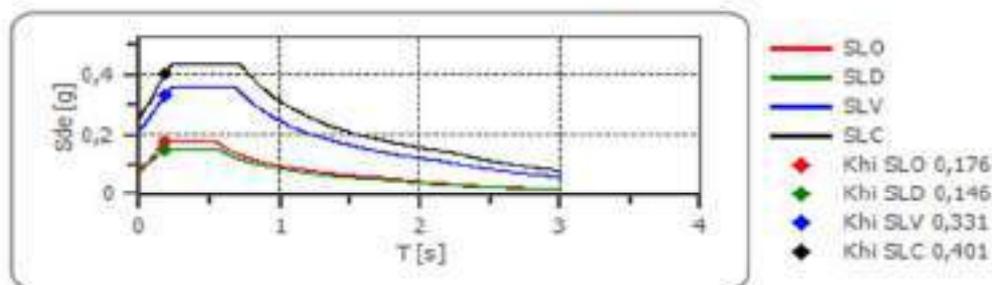
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,046	2,386	0,286	1	1,900	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,032
SLD	1,0	0,057	2,419	0,318	1	1,820	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,044
SLV	1,0	0,132	2,521	0,425	1	1,620	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,065	0,164
SLC	1,0	0,166	2,580	0,448	1	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,092	0,236

Spettro di progetto

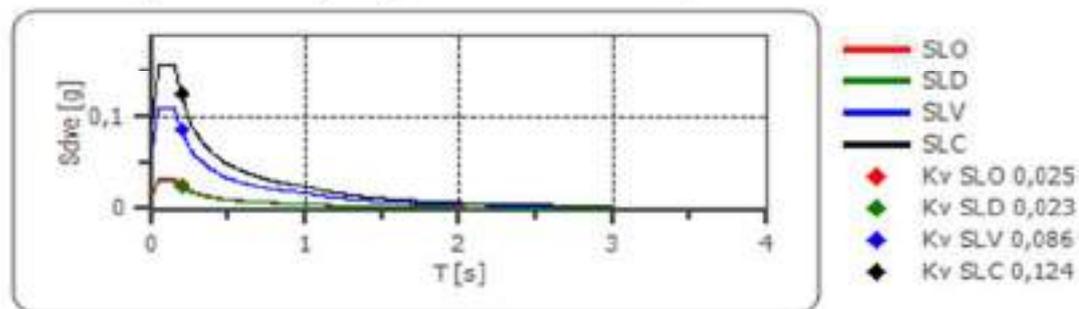
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50
 Periodo fondamentale T: 0,19 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,176	0,146	0,331	0,401
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,025	0,023	0,086	0,124

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizz	1,0	0,046	2,386	0,286	1,600	1,900	1,000	1,600	1,000	0,181	0,543	1,784	0,074	0,176
SLO vert.	1,0	0,046	2,386	0,286	1,600	1,900	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,013	0,032
SLD orizz	1,0	0,057	2,419	0,318	1,600	1,820	1,000	1,600	1,500	0,193	0,579	1,828	0,091	0,147
SLD vert.	1,0	0,057	2,419	0,318	1,600	1,820	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,018	0,030
SLV orizz	1,0	0,132	2,521	0,425	1,600	1,620	1,000	1,600	1,500	0,230	0,689	2,129	0,212	0,356
SLV vert.	1,0	0,132	2,521	0,425	1,600	1,620	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,065	0,109
SLC orizz.	1,0	0,166	2,580	0,448	1,530	1,590	1,000	1,530	1,500	0,237	0,712	2,265	0,254	0,438
SLC vert.	1,0	0,166	2,580	0,448	1,530	1,590	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,092	0,157

4.8 MODELLAZIONE GEOTECNICA

4.8.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dall'analisi delle prove reperite in zona dallo scrivente, è stato possibile individuare e caratterizzare geotecnicamente i terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame.

Nella fattispecie sono state considerate le risultanze delle 2 CPT eseguite nel corso della campagna di indagini geognostiche dell'anno 2021.

4.8.2 ESPOSIZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

Come è possibile evincere dai grafici della resistenza alla punta con la profondità, le prove penetrometriche eseguite mostrano che i materiali investigati presentano una sostanziale omogeneità laterale.

In particolare, le due prove hanno individuato inizialmente la presenza di un deposito rimaneggiato, allentato e poco consistente, dotato di scarse caratteristiche geotecniche con valori medi di resistenza alla punta R_p pari che non superano i 50 Kg/cm^2 presente sino ad una profondità variabile da 7 a 10.00 metri circa dal piano campagna.

Tale deposito poggia su termini calcarei del Cretacico che costituiscono il gruppo collinare "Pesaturo-Castellone-Gagliola. Tali termini si presentano in facies litoide e posseggono caratteristiche geotecniche ottime, tant'è che le prove penetrometriche eseguite hanno registrato il rifiuto strumentale.

Di seguito si riportano il fuso della resistenza alla punta in funzione della profondità delle prove penetrometriche CPT 01 e 02 e in forma tabellare i relativi parametri geotecnici ricavati dalle stesse prove.

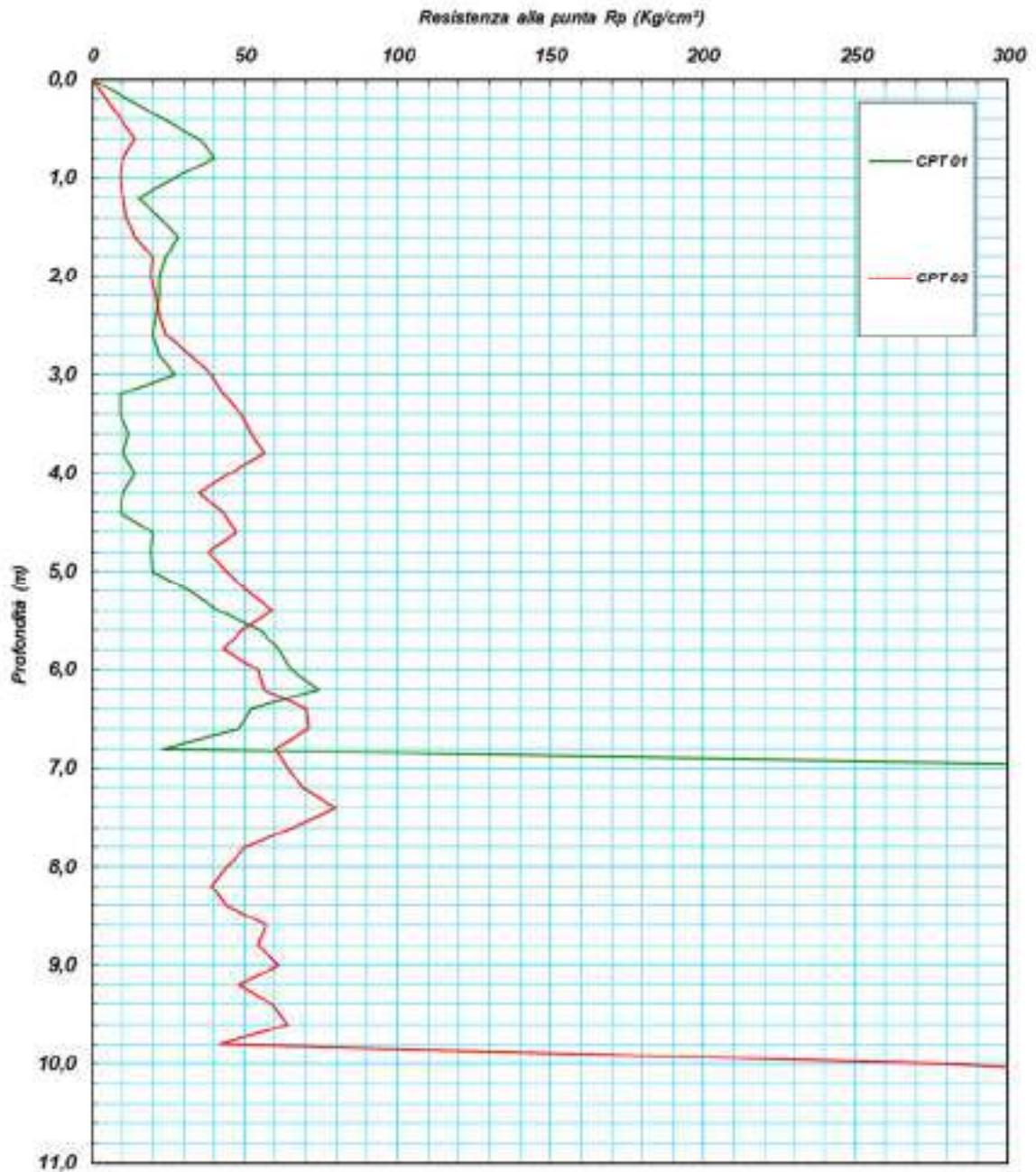


Grafico della resistenza alla punta in funzione della profondità

Prova (n): CPT 01

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm³)	Media Rp (Kg/cm²)	Media RII (Kg/cm²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm²)	Definizione della litologia
1	0,0 - 3,0	1,50	25,00	1,06	23,6	28	1,12	35	75	Argille e limi argill.
2	3,0 - 5,0	1,55	13,00	0,56	23,2	24	0,56	7	39	Argille e limi argill.
3	5,0 - 6,8	1,60	50,00	1,87	26,8	30	2,23	47	150	Limi sabbiosi
4	6,8 - 7,2	2,00	470,00	10,03	46,8	>38	21,31	100	1410	Sabbie limose

Parametri geotecnici prova CPT 01

PARAMETRI GEOTECNICI

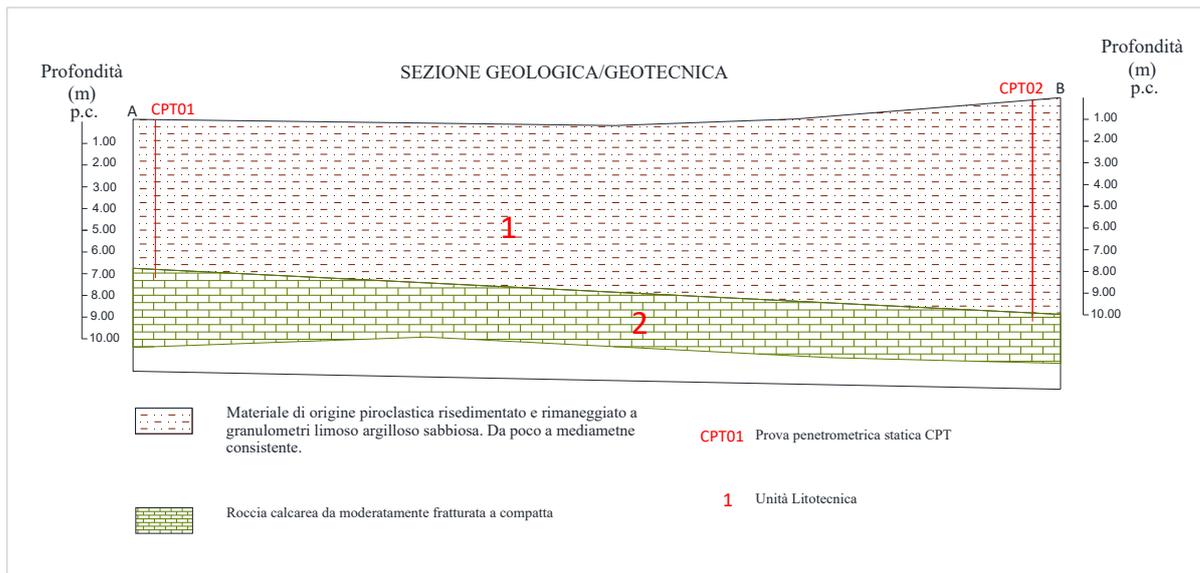
Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0,0 - 2,6	1,50	16,00	0,66	24,2	27	0,71	22	48	Argille e limi argill.
2	2,6 - 5,8	1,60	45,00	2,04	22,0	30	2,02	49	135	Argille e limi argill.
3	5,8 - 7,8	1,65	64,00	3,90	16,4	31	2,86	53	192	Argille e limi argill.
4	7,8 - 9,8	1,60	51,00	3,85	13,3	29	2,25	40	153	Torbe
5	9,8 - 10,2	2,00	340,00	10,37	32,8	>38	15,38	100	1020	Limi sabbiosi

Parametri geotecnici prova CPT 02

4.8.3 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

L'interpretazione delle prove penetrometriche statiche sono state uno strumento indispensabile per la definizione del modello geotecnico dell'area in studio.

Per la definizione del modello geotecnico del sottosuolo si deve fare riferimento al modello geologico riportato al paragrafo 4.2.1 e alle risultanze delle indagini considerate. Di seguito si riporta una sezione schematica del sottosuolo con la tabella dei parametri geotecnici medi dell'area in studio e la sezione geotecnica A-B:



Sezione geotecnica A-B

<i>TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI</i>							
Unità Litotecnica (n)	Litologia	Peso di volume (g/cm ³)	Angolo di attrito (°)	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Densità Relativa (%)	Modulo edometrico (kg/cm ²)
1	Limi argilloso sabbiosi da poco a mediamente consistenti.	1.70	26	/	2.00	35	60
2	Calcari da fratturati a compatti	2.00	>38	/	10	100	800

Tabella parametri geotecnici medi lotto investigato

Per quanto riguarda la compressibilità dei terreni, rappresentata dal modulo edometrico (Eed), essi devono ritenersi “*mediamente compressibili*”, solo nei primi 10.00 metri.

Inoltre trattandosi di terreni per lo più coesivi a granulometria variabile da limoso argilloso a argilloso limosa, i cedimenti calcolati saranno a lungo termine.

4.8.4 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

dove:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza “ τ ” si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione “ $c=0$ ” non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Alla luce di queste considerazioni considerato che siamo in assenza di falda nei primi 15 metri di profondità, possiamo escludere potenziali fenomeni di liquefazione dei terreni, in occasione di un evento sismico.

5 INTERVENTO B

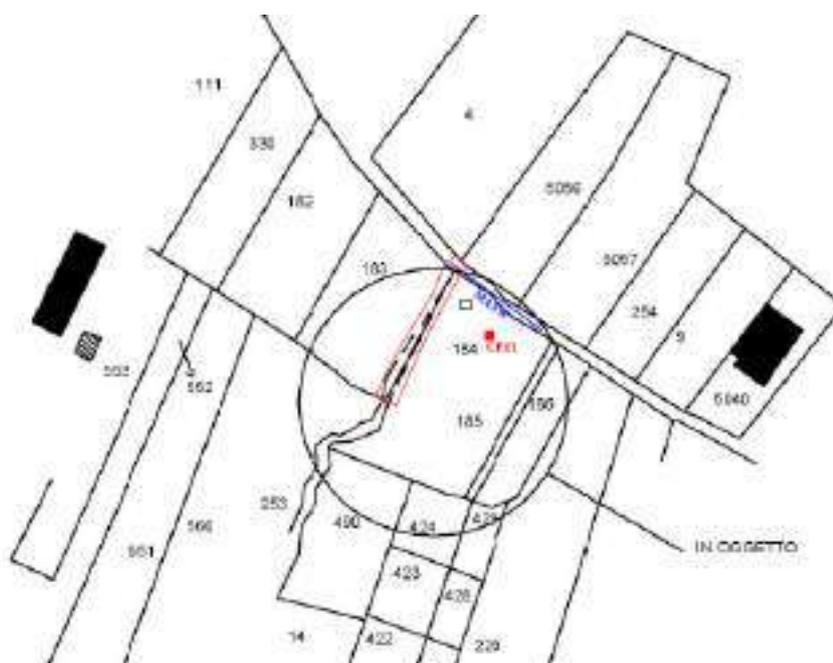
Con tale intervento si prevede di eliminare definitivamente i problemi di alluvionamento causati dal ruscellamento superficiale. Attualmente le acque intercettate da Via Abbatelle che taglia le linee di deflusso superficiale, si concentrano in prossimità delle proprietà Sparago Pietro – Chirico Rosa talvolta causando problemi di alluvionamento. È prevista la realizzazione di un fognolo al confine di proprietà, che convoglia le acque al recapito costituito da un canale a valle delle proprietà

5.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

5.1.1 DEFINIZIONE DEL PIANO DI INDAGINI ANALIZZATE

Considerata l'entità dell'intervento e le conoscenze geologiche pregresse del sottoscritto circa l'area di interesse si è ritenuto necessario analizzare delle indagini reperite nell'ambito dell'area oggetto di intervento, risalenti ad una campagna del 2012 consistita in:

- *n.1 prova penetrometrica statica CPT*
- *n.1 indagine sismica MASW per la determinazione del V_s ,eq.*



Planimetria con l'ubicazione delle indagini considerate e dell'opera a farsi

5.2 MODELLAZIONE GEOLOGICA

5.2.1 ANALISI GEOLOGICA E STRATIGRAFICA

Dalla consultazione della carta geologica e dalle analisi delle indagini reperite ed analizzate si descrive la stratigrafia del sito di interesse.

In particolare nell'area indagata, a cominciare dal piano campagna, sono presenti le seguenti litologie:

- Da 0.00 a 1.00 m, suolo agrario;
- Da 1.00 a 8.00 m, termini piroclastici in deposizione secondaria (risedimentati a seguito del dilavamento dei versanti ad opera delle acque di ruscellamento) e ricoperti o frammisti a materiali alluvionali e a materiali argilloso residuali provenienti dai calcari circostanti;
- Da 8.00 a 30.00 m, materiale piroclastico a granulometria limoso sabbiosa e limoso argillosa in deposizione secondaria proveniente dal dilavamento dei versanti circostanti l'area in esame.

5.3 ANALISI GEOMORFOLOGICA

L'analisi morfologica dell'area mostra che ci troviamo nella zona sub pianeggiante della valle alle pendici della dorsale calcarea sul versante Sud della dorsale carbonatica contraddistinta dalle colline "Traverso", "Pesaturo", "Castellone" e "Gagliola". Tali versanti calcarei, impostati su linee di faglia, si presentano ridotti a pendenze di 25-30° ovvero pendenze tipiche dei versanti di recessione rettilineo parallela. Tra i versanti suddetti e il fondovalle pianeggiante è presente una zona "pedemontana" a pendenza intermedia (10-25°) costituita da accumuli di materiale piroclastico dilavato dai vicini versanti, e da brecce di pendio stabilizzate su un angolo di scarpa naturale a testimonianza della disgregazione delle rocce verificatasi durante le suddette glaciazioni. Il lotto è ubicato nella zona sub pianeggiante in desta orografica del Vallone Morrone che scorre parallelamente alle dorsali calcaree. (vedi stralcio Topografico)

5.4 ANALISI IDROGEOLOGICA ED IDROLOGICA

Nell'area di stretto interesse, dai rilievi effettuati e da indagini dirette, è stato

possibile accertare una modesta circolazione idrica ad una profondità superiore ai 15.00 metri dal p.c. all'interno dei materiali piroclastici. Ma, considerate le caratteristiche stratigrafiche e vista la variabilità granulometria dei materiali presenti, non è da escludere che, in periodi particolari dell'anno, ovvero nei periodi in cui il picco di piovosità raggiunge i massimi livelli, si possano incontrare dei livelli completamente saturi anche a profondità minori, dovuti alle acque di infiltrazione superficiale. Per quanto riguarda invece la falda di base, essa è posta nel substrato calcareo ad una profondità superiore ai 150 m.

Da quanto sopra detto si può intuire che i complessi idrogeologici presenti nella zona di interesse sono sostanzialmente due: il complesso alluvio-colluviale costituito da terreni piroclastici, terreni alluvionali e argille residuali depositati ad opera del dilavamento dei versanti nonché dai terreni piroclastici in deposizione primaria, dotato di una permeabilità media per porosità la cui potenza aumenta man mano che ci si avvicina alla parte centrale della valle in cui scorre il Vallone Morrone e laddove è presente anche una modesta circolazione idrica, tamponata alla base da livelli argillosi che ricoprono il substrato calcareo. L'altro complesso idrogeologico è quello costituito dai calcari del Cretacico, dotato di una permeabilità medio alta per fratturazione e carsismo.

5.5 RISCHI GEOLOGICI NATURALI E INDOTTI

Nell'ambito della definizione degli scenari di rischio presenti sul territorio del comune di Castel Morrone, l'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno ha individuato una serie di aree a diverso grado di rischio idrogeologico e idraulico. Sono presenti aree a rischio R4 ovvero a rischio molto elevato in zone con presenza di infrastrutture, aree A4 ovvero aree di alta attenzione con elevata pericolosità ma senza presenza di infrastrutture. Tali aree sono concentrate nelle zone vallive pedemontane con aree di invasione che spesso interessano il centro abitato. L'area interessata dall'intervento in oggetto non è coinvolta in alcuna delle aree su indicate

5.6 STABILITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista della stabilità dell'area, considerato che la franosità è funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, è quindi in relazione a parametri quali la litologia, l'angolo di attrito interno, il contenuto d'acqua, la coesione, la giacitura dei terreni e, soprattutto, la pendenza dei versanti dove essi affiorano, fanno escludere la presenza di fenomeni gravitativi in atto o quiescenti, nonché l'innescarsi di potenziali dissesti. Inoltre, non esiste, allo stato, alcuna alterazione antropica (gallerie o cavità artificiali) che possa mutare completamente il regime statico del terreno sedime di fondazione e la sua capacità portante.

5.7 MODELLAZIONE SISMICA

5.7.1 INDAGINI SISMICHE

Per la caratterizzazione sismica dei materiali è stata eseguita n° 1 indagine sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh) al fine di individuare gli spessori e le geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e classificare sismicamente il suolo come previsto dalla recente normativa antisismica (D.M. 17/01/18).

I risultati del MASW M1, riportati negli allegati sia in forma numerica che grafica presentano velocità delle onde di taglio compatibili con le litologie presenti.

Relativamente al valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$, definita dall'espressione:

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

dove h_i e $V_{S,i}$ sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati e H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s. Quando la profondità H del substrato è superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio

VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per la prova Masw01 il Vs30 calcolato a partire del piano campagna risulta pari a 203 m/s.

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	2.80	123	0.0228
2.80	6.80	141	0.0284
6.80	14.50	260	0.0296
14.50	22.20	185	0.0416
22.20	28.50	318	0.0198
28.50	35.00	250	0.0260

Tabella delle velocità rilevate dal MASW

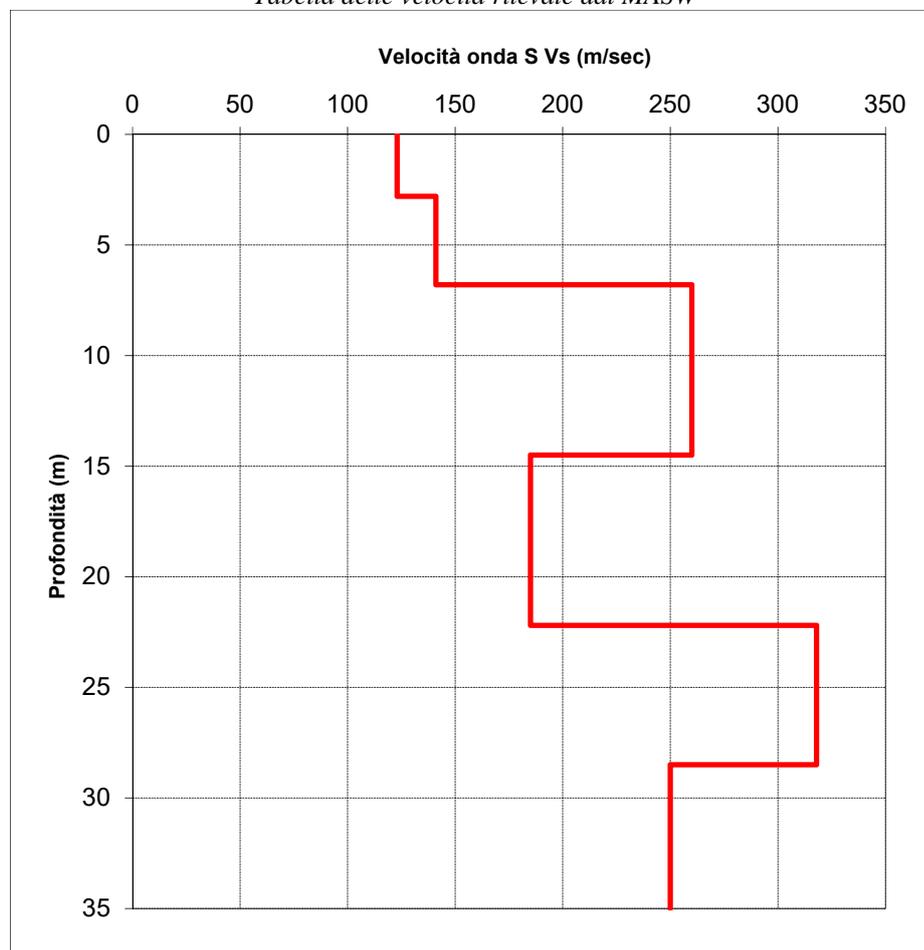


Grafico velocità-profondità dal MASW

5.7.2 ANALISI DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza

delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. Qualora, come nel caso in questione, tali studi non sono disponibili, si utilizza la classificazione dei terreni descritta nelle NTC 17 gennaio 2018 “*Norme tecniche per le costruzioni*”.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$. Nel nostro caso la classificazione è stata fatta dall’indagine sismica MASW e dal calcolo del V_{s30} dato che la profondità H del substrato è superiore a 30 m.

Il valore del parametro V_{s30} è stato calcolato con la formula seguente come previsto dalla norma:

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

ove h_i e V_{si} sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati fino a 35 metri di profondità. Il valore del **V_{s30} calcolato a partire dal piano campagna è pari a 203 m/sec** quindi di conseguenza considerata la stratigrafia dei terreni e la velocità delle onde S , si è accertato che siamo in presenza di categoria di suolo di tipo **C**:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.V – *Espressioni di S_s e di C_c*

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

5.7.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

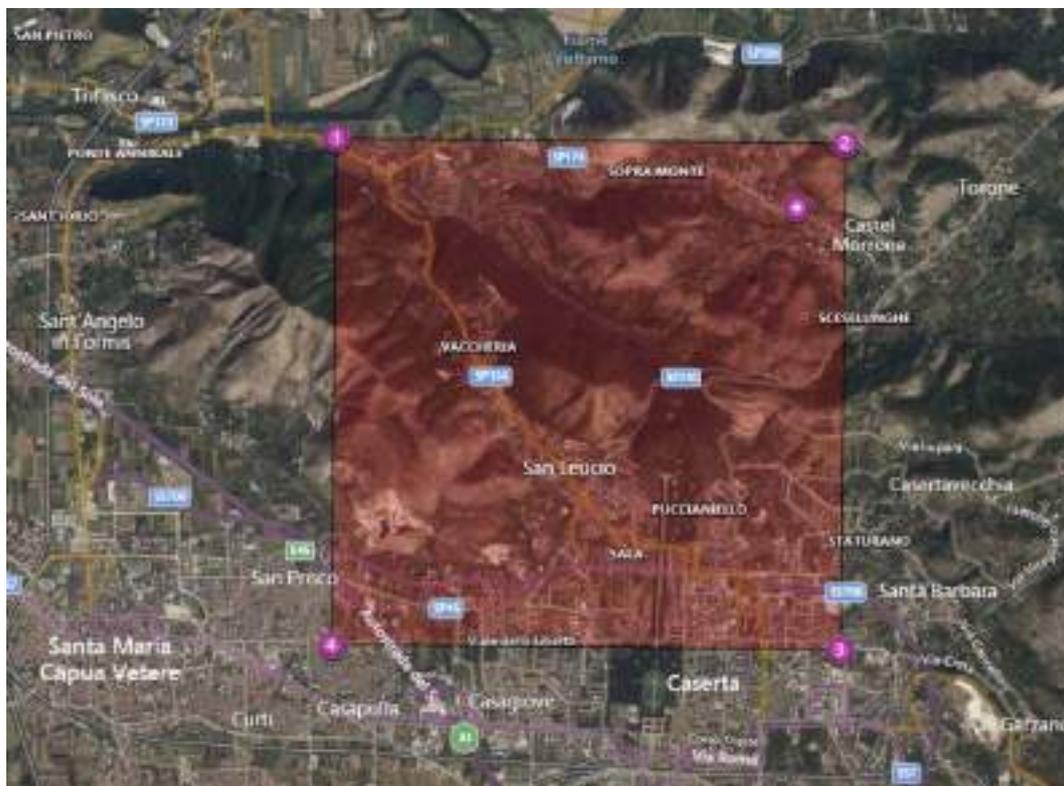
La norma citata, per la risposta sismica del sito, stabilisce 4 categorie, in relazione alle caratteristiche topografiche dell'area in esame. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

- *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 $i > 30^\circ$*

Le supposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se presentano altezze maggiori di 30 m.

L'area in studio si presenta pianeggiante, quindi è stato adottato il coefficiente relativo alla categoria T1.

5.7.4 STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA



Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso (Cu): 1
Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.1244278 [°]
Longitudine (WGS84): 14.3458128 [°]
Latitudine (ED50): 41.1254234 [°]
Longitudine (ED50): 14.3466873 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	31869	41.132230	14.286760	5075.99
2	31870	41.131740	14.353150	886.93
3	32092	41.081750	14.352480	4880.25
4	32091	41.082230	14.286160	6984.62

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.044	2.408	0.285
SLD	50	0.055	2.429	0.320
	72	0.063	2.474	0.337
	101	0.072	2.485	0.353
	140	0.081	2.529	0.363
	201	0.093	2.532	0.380
SLV	475	0.124	2.556	0.431
SLC	975	0.155	2.613	0.453
	2475	0.201	2.704	0.512

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.046	2.389	0.286
SLD	50	0.057	2.428	0.318
	72	0.067	2.447	0.335
	101	0.076	2.474	0.350
	140	0.086	2.493	0.361
	201	0.099	2.513	0.376
SLV	475	0.134	2.521	0.426
SLC	975	0.169	2.579	0.449
	2475	0.222	2.695	0.469

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.046	2.351	0.285
SLD	50	0.058	2.379	0.317
	72	0.067	2.397	0.333
	101	0.077	2.425	0.347
	140	0.087	2.450	0.358
	201	0.099	2.481	0.371
SLV	475	0.133	2.493	0.418
SLC	975	0.167	2.549	0.438
	2475	0.213	2.671	0.460

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.044	2.369	0.285
SLD	50	0.055	2.371	0.320
	72	0.064	2.410	0.335
	101	0.073	2.424	0.350
	140	0.082	2.464	0.361
	201	0.093	2.482	0.374
SLV	475	0.124	2.509	0.424
SLC	975	0.153	2.589	0.443

	2475	0.194	2.716	0.466
--	------	-------	-------	-------

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.046	2.385	0.286
SLD	50	0.057	2.417	0.318
SLV	475	0.132	2.520	0.425
SLC	975	0.166	2.580	0.448

5.7.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.048	0.057
kv	0.006	0.008	0.024	0.029
amax [m/s ²]	0.676	0.837	1.941	2.342
Beta	0.180	0.180	0.240	0.240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.069	0.085	0.198	0.239
kv	0.034	0.043	0.099	0.119
amax [m/s ²]	0.676	0.837	1.941	2.342
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3.0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.045	0.055	0.129	0.155
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.676	0.837	1.941	2.342
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.048	0.057
kv	0.007	0.009	0.024	0.029
amax [m/s ²]	0.676	0.837	1.941	2.342
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.040	0.075	--
kv	--	0.020	0.038	--
amax [m/s ²]	0.676	0.837	1.941	2.342
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.040	0.075	--
kv	--	0.020	0.038	--
amax [m/s ²]	0.676	0.837	1.941	2.342
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

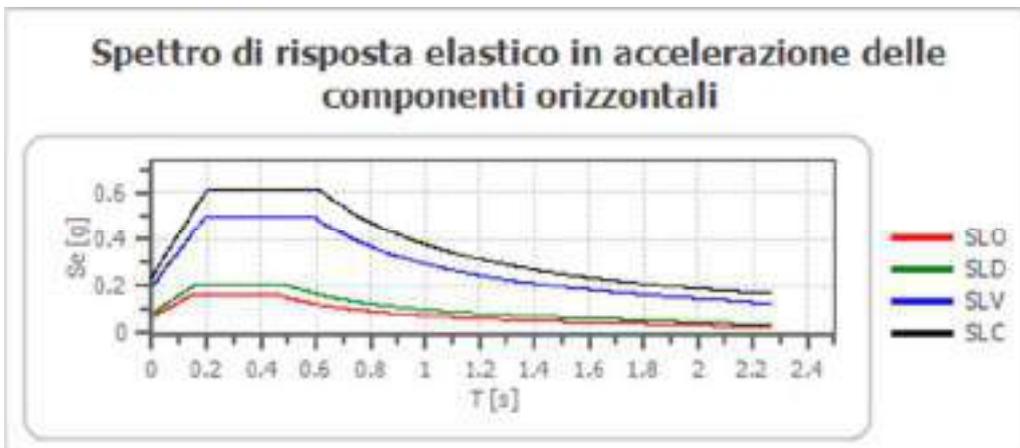
3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.053	0.066	0.154	0.185
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.676	0.837	1.941	2.342
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

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	0.046	2.385	0.286	1.500	1.590	1.000	1.500	1.000	0.151	0.454	1.784	0.069	0.164
SLD	1.0	0.057	2.417	0.318	1.500	1.530	1.000	1.500	1.000	0.162	0.487	1.828	0.085	0.206
SLV	1.0	0.132	2.520	0.425	1.500	1.390	1.000	1.500	1.000	0.197	0.591	2.128	0.198	0.499
SLC	1.0	0.166	2.580	0.448	1.440	1.370	1.000	1.440	1.000	0.204	0.613	2.263	0.239	0.616

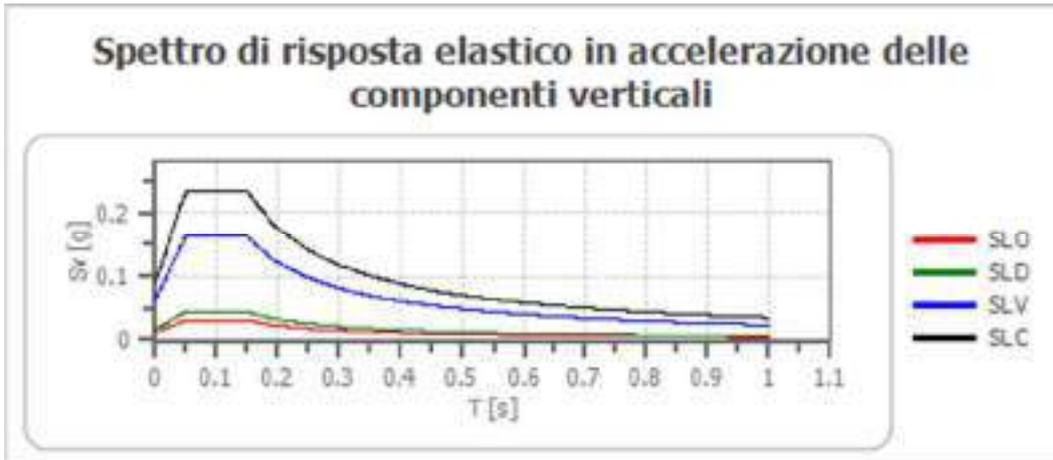
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

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

1.000

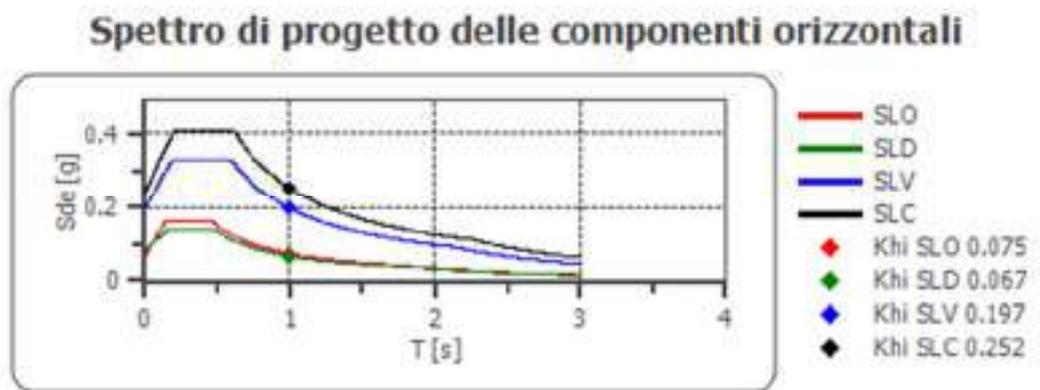


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.046	2.385	0.286	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.032
SLD	1.0	0.057	2.417	0.318	1	1.530	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.018	0.044
SLV	1.0	0.132	2.520	0.425	1	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.065	0.163
SLC	1.0	0.166	2.580	0.448	1	1.370	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.091	0.235

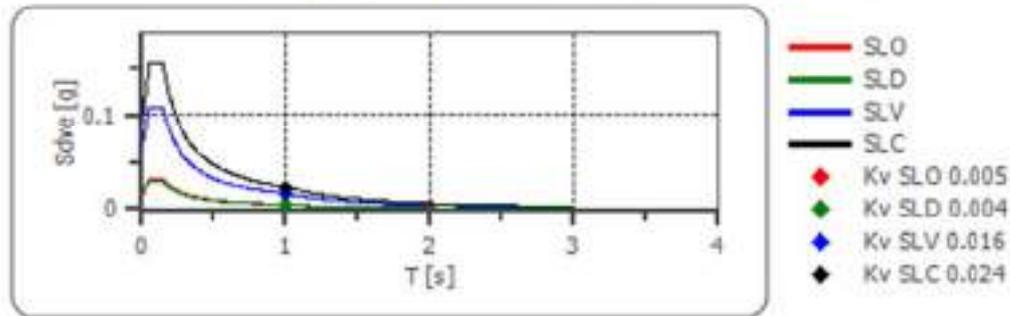
Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1.50
 Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0.075	0.067	0.197	0.252
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0.005	0.004	0.016	0.024



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.046	2.385	0.286	1.500	1.590	1.000	1.500	1.000	0.151	0.454	1.784	0.069	0.164
SLO verticale	1.0	0.046	2.385	0.286	1.500	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.032
SLD orizzontale	1.0	0.057	2.417	0.318	1.500	1.530	1.000	1.500	1.500	0.162	0.487	1.828	0.085	0.138
SLD verticale	1.0	0.057	2.417	0.318	1.500	1.530	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.018	0.030
SLV orizzontale	1.0	0.132	2.520	0.425	1.500	1.390	1.000	1.500	1.500	0.197	0.591	2.128	0.198	0.333
SLV verticale	1.0	0.132	2.520	0.425	1.500	1.390	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.065	0.109
SLC orizzontale	1.0	0.166	2.580	0.448	1.440	1.370	1.000	1.440	1.500	0.204	0.613	2.263	0.239	0.411
SLC verticale	1.0	0.166	2.580	0.448	1.440	1.370	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.091	0.157

5.8 MODELLAZIONE GEOTECNICA

5.8.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dall'analisi della prova reperita in zona dallo scrivente, è stato possibile individuare e caratterizzare geotecnicamente i terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame.

Nella fattispecie sono state considerate le risultanze della prova penetrometrica statica CPT eseguita nel corso della campagna di indagini geognostiche dell'anno 2012.

5.8.2 ESPOSIZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

Dall'analisi della prova analizzata è stato possibile individuare e caratterizzare geotecnicamente i terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame.

Le prove evidenziano che fino ad oltre 20 metri di profondità sono presenti terreni con scadenti caratteristiche geotecniche in quanto materiali risedimentati ed argillificati in deposizione secondaria. La stratigrafia geotecnica evidenzia la presenza di uno spessore di circa 5.00 di materiale poco consistente con una resistenza alla punta di circa 30 Kg/cm², al di sotto e fino a 10 metri le caratteristiche geotecniche dei materiali decadono ulteriormente facendo registrare una resistenza alla punta compresa tra 17 e 29 Kg/cm². Dai 10 ai 20 metri la situazione si mantiene pressochè costante con la presenza di materiali limo sabbiosi e argille limose con resistenza alla punta di poco superiore a 40 Kg/cm².

Di seguito si riporta il grafico della resistenza alla punta in funzione della profondità della prova considerata e in forma tabellare i relativi parametri geotecnici ricavati dalla stessa prova.

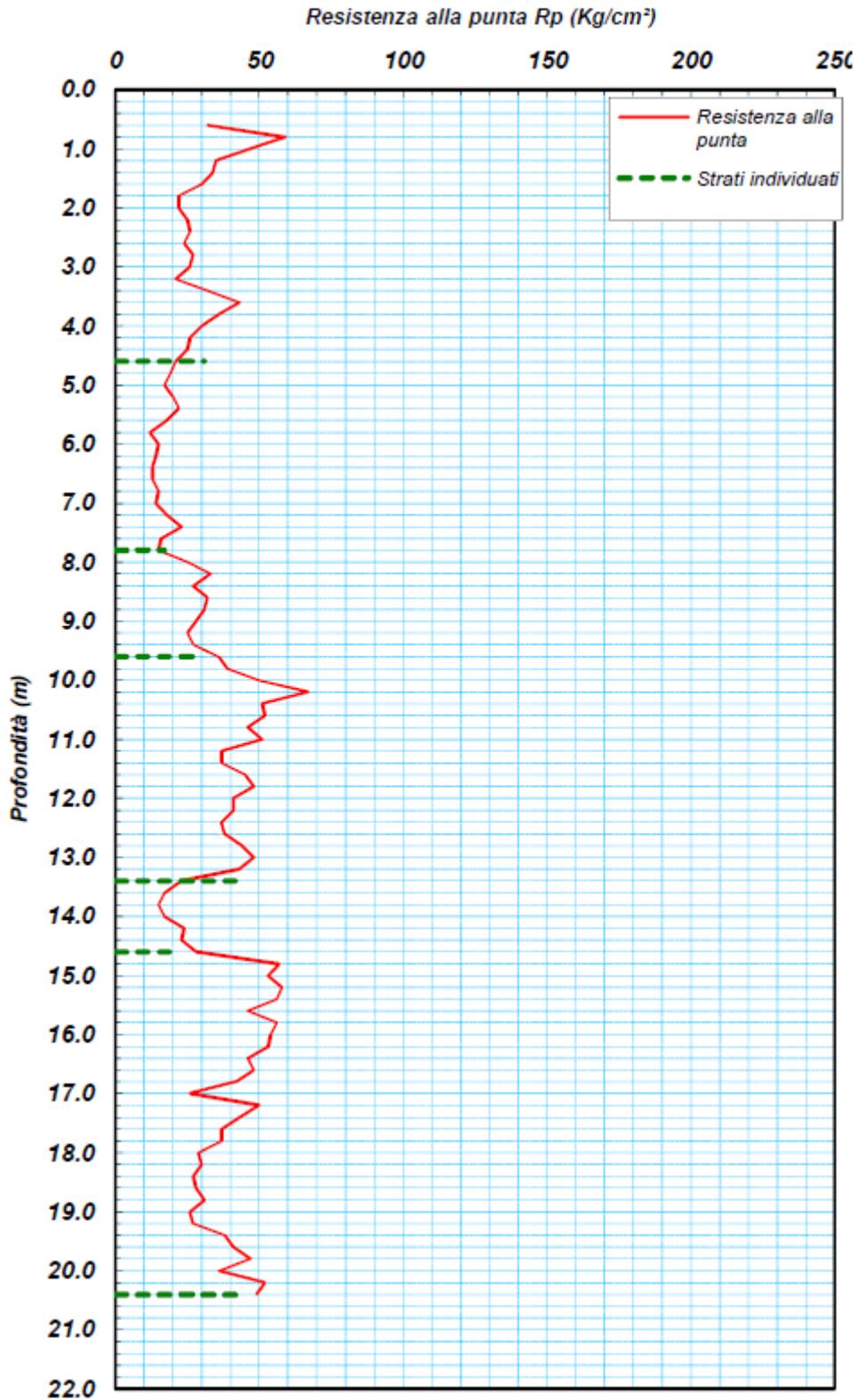


Grafico della resistenza alla punta in funzione della profondità

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0 - 4.6	1.50	31.00	1.83	16.9	28	1.38	35	93	Argille e limi argill.
2	4.6 - 7.0	1.40	17.00	0.68	25.0	25	0.73	9	51	Lim. sabbiosi
3	7.8 - 9.6	1.45	29.00	1.39	20.9	27	1.26	22	87	Argille e limi argill.
4	9.6 - 13.4	1.55	44.00	2.05	21.4	28	1.92	32	132	Argille e limi argill.
5	13.4 - 14.6	1.45	21.00	0.74	28.2	24	0.86	2	63	Lim. sabbiosi
6	14.6 - 20.4	1.55	42.00	1.61	26.1	27	1.79	22	126	Lim. sabbiosi

Parametri geotecnici prova CPT 01

5.8.3 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Dalla correlazione tra la resistenza alla punta e la pressione efficace è possibile ricavare i principali parametri geotecnici dei terreni che costituiscono il sottosuolo, i valori medi ricavati sono riportati nella tabella seguente:

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI						
Profondità (m) da a	Litologia	Peso di volume (g/cm ³)	Angolo di attrito (°)	Coes. non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edom. (kg/cm ²)
0.00 - 1.00	Suolo misto a materiale piroclastico	1.40	/	/	/	/
1.00 - 5.00	Materiale piroclastico rimaneggiati e risedimentato	1.50	28	1.30	35	90
5.00 - 10.00	Materiale di origine piroclastico alterato ed argillificato	1.40	26	1.00	15	60
10.00 - 30.00	Materiale piroclastico rimaneggiato e risedimentato	1.55	27	1.60	25	100

Per quanto riguarda la compressibilità dei terreni, rappresentata dal modulo edometrico (Eed), i terreni presenti sono da considerare *da compressibili a molto compressibili*, inoltre trattandosi di terreni a granulometria prevalentemente limoso-sabbiosa e limoso argillosa i cedimenti saranno sia di tipo immediato che a lungo termine.

5.8.4 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

dove:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza “ τ ” si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione “ $c=0$ ” non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Alla luce di queste considerazioni considerato che siamo in assenza di falda nei primi 15 metri di profondità, possiamo escludere potenziali fenomeni di liquefazione dei terreni, in occasione di un evento sismico.

6 INTERVENTO C

Questo intervento prevede la realizzazione di un muro di contenimento con sistemazione delle aree a monte insistenti su una piccola incisione e ripristino della canalizzazione delle acque di ruscellamento superficiale nella Zona a nord e a sud della Villa Comunale.

6.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1.1 DEFINIZIONE DEL PIANO DI INDAGINI ESEGUITE

Considerata l'entità dell'intervento e le conoscenze geologiche pregresse del sottoscritto circa l'area di interesse si è ritenuto necessario eseguire appositamente una campagna di indagini geognostiche nell'ambito dell'area oggetto di intervento, consistita in:

- *n.4 prove penetrometriche statiche CPT*
- *n.1 indagine sismica MASW per la determinazione del V_s ,eq.*

Di seguito si riporta uno stralcio della planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite.



Ortofoto della planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite

Di seguito un report fotografico delle prove effettuate.



Prova penetrometrica statica CPT01



Prova penetrometrica statica CPT02



Prova penetrometrica statica CPT03



Prova penetrometrica statica CPT04



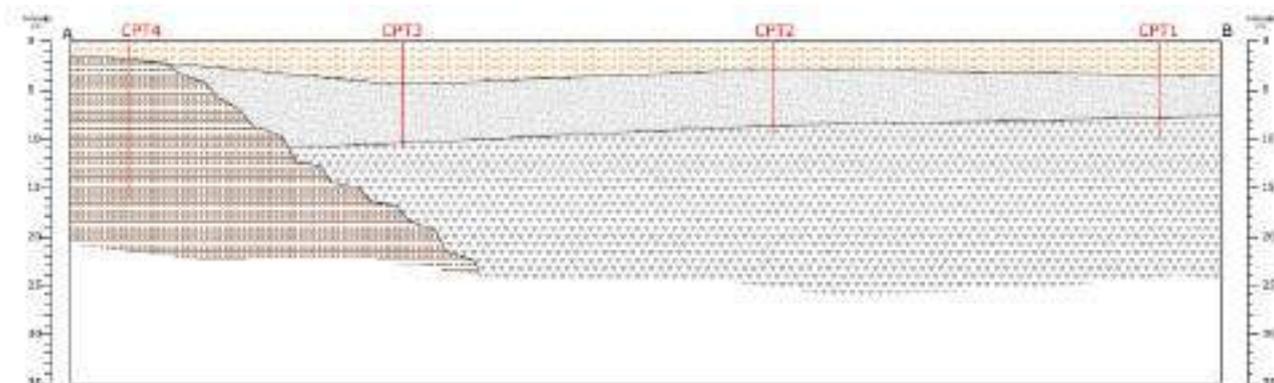
Indagine sismica Masw M1

6.2 ANALISI GEOLOGICA E STRATIGRAFICA

Dalla consultazione della carta geologica e dalle analisi delle indagini effettuate ed analizzate si descrive la stratigrafia del sito di interesse.

Di seguito, si riporta la stratigrafia di riferimento sintetizzata per il sito di interesse e il modello geologico risultante:

- Da 0.00 a 1.80/4.40 m, materiale di natura piroclastica in deposizione secondaria a granulometria limoso-sabbiosa, contenente minute pomici e scorie di dimensioni millimetriche, materiale poco consistente;
- Da 1.80/4.40 a 7.80/10.40 m, materiale di natura piroclastica a granulometria sabbioso-limosa, con presenza di pomici di dimensioni millimetriche, materiale mediamente addensata;
- Da 7.80/10.40 a 25.00 m, roccia tufacea da semilitoide a litoide all'aumentare della profondità;
- Da 1.80 a 20.00 m, materiale di natura piroclastica in deposizione secondaria a granulometria limoso-sabbiosa, argillificato, contenente minute pomici e scorie di dimensioni millimetriche. Materiale poco consistente.



Sezione geologica A - B

6.3 ANALISI GEOMORFOLOGICA

L'analisi morfologica dell'area mostra che la zona di interesse è posta alla base del versante sud occidentale del rilievo calcareo di Monte Castellone, ad una quota pari a circa 192 metri sul livello del mare. L'area si presenta, quasi perfettamente

pianeggiante con una lieve pendenza verso sud. I versanti presenti a monte risultano impostati su linee di faglia, e si presentano ridotti a pendenze di 15-25°. Tra i versanti suddetti e le aree terrazzate che degradano verso il fondovalle pianeggiante è presente una zona “*pedemontana*” a pendenza intermedia (10-15°) costituita da brecce di pendio stabilizzate su un angolo di scarpa naturale a testimonianza della disgregazione delle rocce verificatasi durante le suddette glaciazioni. Come anzidetto il lotto in oggetto, si presenta a morfologia sub pianeggiante ed è posto immediatamente a valle della fascia pedemontana, con lieve pendenza verso Sud.

Il rilievo geomorfologico, eseguito in un’area molto più vasta di quella strettamente in studio, non ha evidenziato la presenza di fenomeni franosi in atto ne sono state rilevate tracce di nicchie o cumuli di frane antiche o quiescenti che si potrebbero riattivare.

6.4 ANALISI IDROGEOLOGICA ED IDROLOGICA

Nell’area di stretto interesse, da indagini dirette, non si è accertato la presenza di una falda acquifera superficiale entro la profondità massima di investigazione delle prove penetrometriche. Però non è da escludere che considerate le caratteristiche stratigrafiche, e vista la variabilità granulometria dei materiali presenti, in periodi particolari dell’anno, ovvero nei periodi in cui il picco di piovosità raggiunge i massimi livelli, si possano incontrare dei livelli completamente saturi a piccole profondità, dovuti esclusivamente alle acque di infiltrazione superficiale. Da quanto sopra detto si può intuire che i complessi idrogeologici presenti nella zona di interesse sono sostanzialmente due: il complesso piroclastico e argille residuali, dotato di una permeabilità media bassa e il complesso calcareo dotato di una permeabilità medio alta per fratturazione e carsismo.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico superficiale si nota che esso è poco sviluppato ed articolato, tant’è che il massimo ordine di gerarchizzazione del recapito principale dell’area, cioè il vallone di Morrone, raggiunge, il 3° ordine, a testimonianza del fatto che la litologia presente non favorisce il deflusso superficiale bensì privilegia l’infiltrazione.

6.5 RISCHI GEOLOGICI NATURALI ED INDOTTI

6.5.1 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DA NORMATIVA

Nell'ambito della definizione degli scenari di rischio presenti sul territorio del comune di Castel Morrone, l'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno ha individuato una serie di aree a diverso grado di rischio idrogeologico e idraulico. Sono presenti aree a rischio variabile da R1 a R4 (rischio molto elevato in zone con presenza di infrastrutture), ed aree a diverso grado di attenzione, da A1 ad A4 (alta attenzione con elevata pericolosità ma senza presenza di infrastrutture). Tali aree sono concentrate nelle zone vallive pedemontane, con aree di invasione che spesso interessano il centro abitato.

L'area interessata dall'intervento in oggetto non ricade in nessuna delle aree a rischio individuate dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri Volturno e Garigliano. Tuttavia essa si trova a confine di un'area identificata come "Area a rischio molto elevato-R4". In allegato si riporta uno stralcio di tale Piano con l'individuazione dell'area in oggetto.

6.5.2 STABILITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista della stabilità dell'area, tenendo presente che la franosità è funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, cioè è in relazione a parametri quali litologia, angolo di attrito interno, contenuto d'acqua, coesione, giacitura dei terreni e pendenza dei versanti si può asserire nel complesso, che l'area in esame si presenta stabile. Inoltre, nella zona, non si notano evidenze di fenomeni di erosione superficiale e non esiste, allo stato, alcuna alterazione antropica (gallerie o cavità artificiali) che possa mutare completamente il regime statico del terreno.

6.6 MODELLAZIONE SISMICA

6.6.1 INDAGINI SISMICHE

Per la caratterizzazione sismica dei materiali è stata eseguita n° 1 indagine sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multica-

nale delle onde superficiali di Rayleigh) al fine di individuare gli spessori e le geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e classificare sismicamente il suolo come previsto dalla recente normativa antisismica (D.M. 17/01/18).

I risultati del MASW M1, riportati negli allegati sia in forma numerica che grafica presentano velocità delle onde di taglio compatibili con le litologie presenti.

Relativamente al valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$, definita dall'espressione:

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

dove h_i e $V_{S,i}$ sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati e H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s. Quando la profondità H del substrato è superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per la prova Masw01 il V_{S30} calcolato a partire del piano campagna risulta pari a 296 m/s.

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	H_i/V_i
0.00	6.00	180	0.0333
6.00	12.00	260	0.0231
12.00	32.00	400	0.0500
32.00	35.00	650	0.0046

Tabella delle velocità rilevate dal MASW

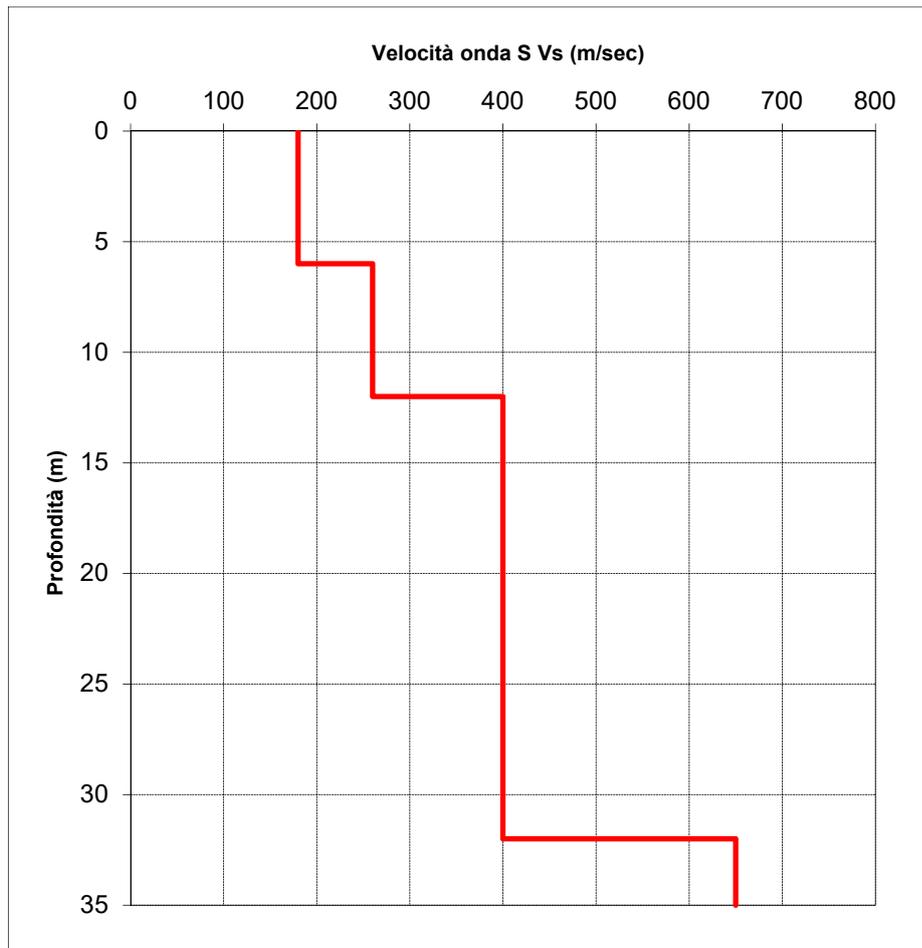


Grafico velocità-profondità dal MASW

6.6.2 ANALISI DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. Qualora, come nel caso in questione, tali studi non sono disponibili, si utilizza la classificazione dei terreni descritta nelle NTC 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq. Nel nostro caso la classificazione è stata fatta dall'indagine sismica MASW e dal calcolo del Vs30 dato che la profondità H del substrato è superiore a 30 m.

Il valore del parametro Vs30 è stato calcolato con la formula seguente come previsto dalla norma:

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

ove h_i e $V_{S,i}$ sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati fino a 35 metri di profondità. Il valore del **Vs30 calcolato a partire dal piano campagna è pari a 296 m/sec** quindi di conseguenza considerata la stratigrafia dei terreni e la velocità delle onde S, si è accertato che siamo in presenza di categoria di suolo di tipo C:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

6.6.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

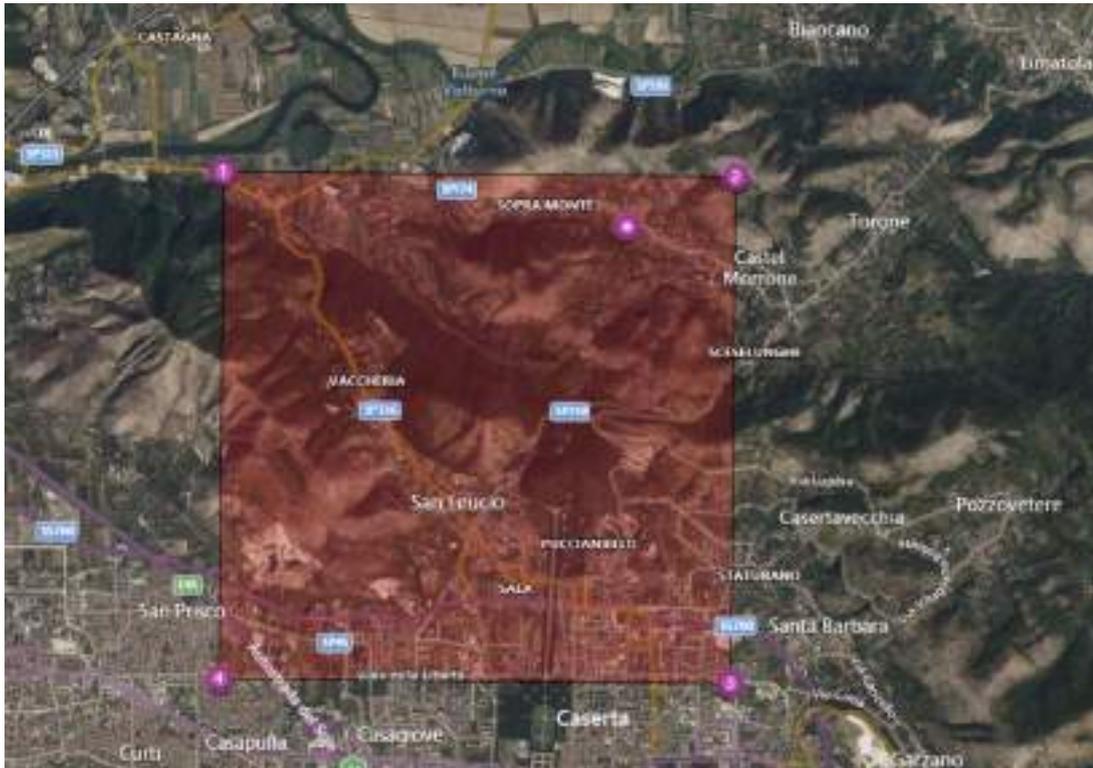
La norma citata, per la risposta sismica del sito, stabilisce 4 categorie, in relazione alle caratteristiche topografiche dell'area in esame. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

- 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 $i > 30^\circ$

Le susposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se presentano altezze maggiori di 30 m.

L'area in studio si presenta pianeggiante, quindi è stato adottato il coefficiente relativo alla categoria T1.

6.6.4 STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA



Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.1258583 [°]
 Longitudine (WGS84): 14.3381853 [°]
 Latitudine (ED50): 41.1268501 [°]
 Longitudine (ED50): 14.3390589 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	31869	41.132230	14.286760	4420.96
2	31870	41.131740	14.353150	1299.44
3	32092	41.081750	14.352480	5139.37

4	32091	41.082230	14.286160	6652.89
---	-------	-----------	-----------	---------

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.044	2.408	0.285
SLD	50	0.055	2.429	0.320
	72	0.063	2.474	0.337
	101	0.072	2.485	0.353
	140	0.081	2.529	0.363
	201	0.093	2.532	0.380
SLV	475	0.124	2.556	0.431
SLC	975	0.155	2.613	0.453
	2475	0.201	2.704	0.512

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.046	2.389	0.286
SLD	50	0.057	2.428	0.318
	72	0.067	2.447	0.335
	101	0.076	2.474	0.350
	140	0.086	2.493	0.361
	201	0.099	2.513	0.376
SLV	475	0.134	2.521	0.426
SLC	975	0.169	2.579	0.449
	2475	0.222	2.695	0.469

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.046	2.351	0.285
SLD	50	0.058	2.379	0.317
	72	0.067	2.397	0.333
	101	0.077	2.425	0.347
	140	0.087	2.450	0.358
	201	0.099	2.481	0.371
SLV	475	0.133	2.493	0.418
SLC	975	0.167	2.549	0.438
	2475	0.213	2.671	0.460

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.044	2.369	0.285
SLD	50	0.055	2.371	0.320
	72	0.064	2.410	0.335
	101	0.073	2.424	0.350
	140	0.082	2.464	0.361
	201	0.093	2.482	0.374
SLV	475	0.124	2.509	0.424
SLC	975	0.153	2.589	0.443
	2475	0.194	2.716	0.466

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]

SLO	30	0.046	2.384	0.286
SLD	50	0.057	2.415	0.318
SLV	475	0.131	2.521	0.425
SLC	975	0.165	2.581	0.447

6.6.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.047	0.057
kv	0.006	0.008	0.024	0.029
amax [m/s ²]	0.673	0.834	1.930	2.341
Beta	0.180	0.180	0.240	0.240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.069	0.085	0.197	0.239
kv	0.034	0.043	0.098	0.119
amax [m/s ²]	0.673	0.834	1.930	2.341
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3.0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.045	0.055	0.128	0.155
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.673	0.834	1.930	2.341
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.047	0.057
kv	0.007	0.009	0.024	0.029
amax [m/s ²]	0.673	0.834	1.930	2.341
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.040	0.075	--
kv	--	0.020	0.037	--
amax [m/s ²]	0.673	0.834	1.930	2.341
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.040	0.075	--
kv	--	0.020	0.037	--

amax [m/s ²]	0.673	0.834	1.930	2.341
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

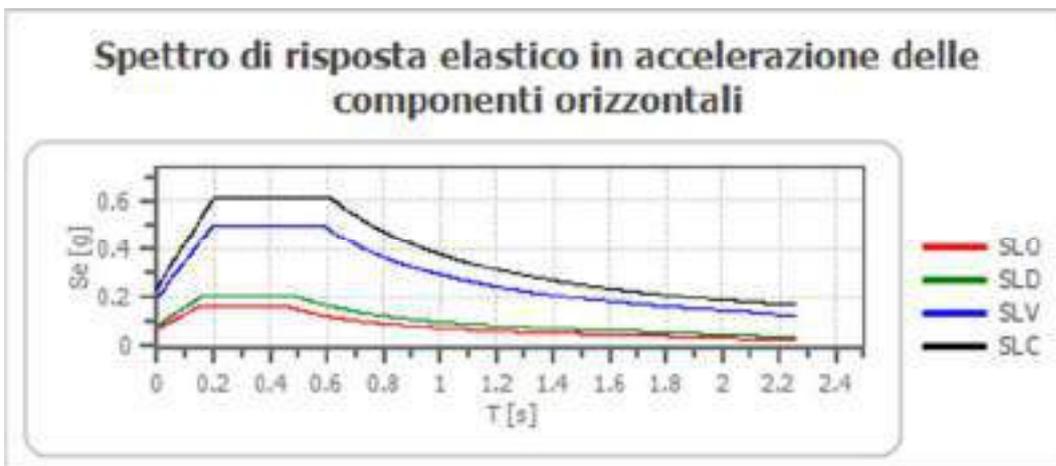
3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.053	0.066	0.153	0.185
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.673	0.834	1.930	2.341
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

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	0.046	2.384	0.286	1.500	1.590	1.000	1.500	1.000	0.151	0.454	1.783	0.069	0.164
SLD	1.0	0.057	2.415	0.318	1.500	1.530	1.000	1.500	1.000	0.162	0.487	1.827	0.085	0.205
SLV	1.0	0.131	2.521	0.425	1.500	1.390	1.000	1.500	1.000	0.197	0.591	2.125	0.197	0.496
SLC	1.0	0.165	2.581	0.447	1.450	1.370	1.000	1.450	1.000	0.204	0.613	2.258	0.239	0.616

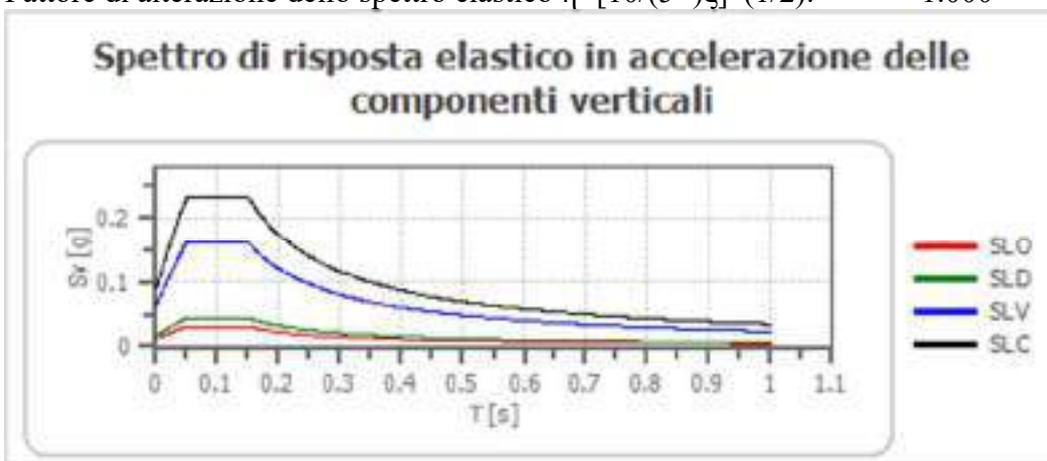
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

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

1.000



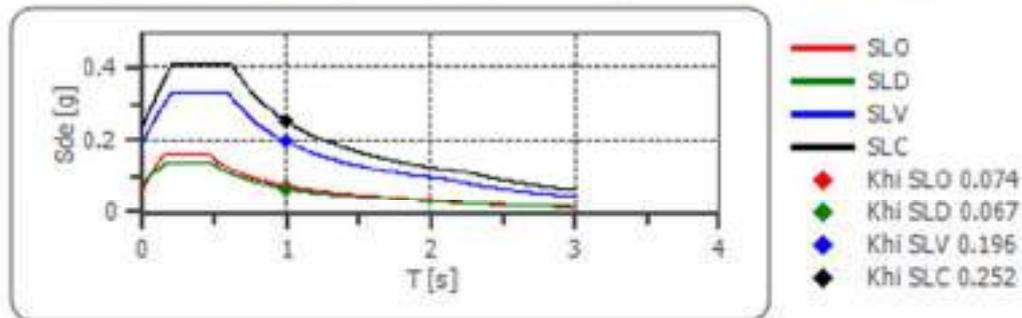
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.046	2.384	0.286	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.032
SLD	1.0	0.057	2.415	0.318	1	1.530	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.018	0.044
SLV	1.0	0.131	2.521	0.425	1	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.064	0.162
SLC	1.0	0.165	2.581	0.447	1	1.370	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.090	0.233

Spettro di progetto

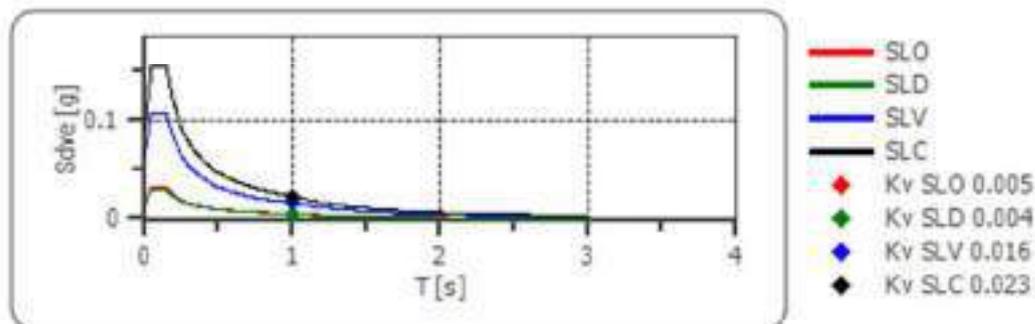
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
 Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.074	0.067	0.196	0.252
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.005	0.004	0.016	0.023

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.046	2.384	0.286	1.500	1.590	1.000	1.500	1.000	0.151	0.454	1.783	0.069	0.164
SLO verticale	1.0	0.046	2.384	0.286	1.500	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.032

SLD oriz- zontale	1.0	0.057	2.415	0.318	1.500	1.530	1.000	1.500	1.500	0.162	0.487	1.827	0.085	0.137
SLD verti- cale	1.0	0.057	2.415	0.318	1.500	1.530	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.018	0.029
SLV oriz- zontale	1.0	0.131	2.521	0.425	1.500	1.390	1.000	1.500	1.500	0.197	0.591	2.125	0.197	0.331
SLV verti- cale	1.0	0.131	2.521	0.425	1.500	1.390	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.064	0.108
SLC oriz- zontale	1.0	0.165	2.581	0.447	1.450	1.370	1.000	1.450	1.500	0.204	0.613	2.258	0.239	0.411
SLC verti- cale	1.0	0.165	2.581	0.447	1.450	1.370	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.090	0.155

6.7 MODELLAZIONE GEOTECNICA

6.7.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dalle conoscenze geologiche del sottoscritto circa l'area in studio, in considerazione di ciò che prevede il progetto, per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo dell'area in esame sono state eseguite n.4 prove penetrometriche statiche CPT.

6.7.2 ESPOSIZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

Come è possibile evincere dai grafici della Resistenza alla punta/Profondità, le prove penetrometriche eseguite mostrano che i materiali investigati presentano una sostanziale omogeneità laterale, ad esclusione della sola prova penetrometrica CPT04, la quale presenta un andamento molto differente rispetto alle altre. Ciò si può vedere dal fuso dei grafici Resistenza alla punta / Profondità di seguito riportato.

Le prove CPT01, CPT02 e CPT03, fino alla profondità variabile da 2.80 m a 4.40 m dal p.c. presentano valori inferiori a 20 Kg/cm², tali valori sono indice di materiali allentati, poco addensati con caratteristiche geotecniche scadenti. A partire da tali quote e sino alla massima profondità di investigazione, la resistenza alla punta fa registrare valori che aumentano gradualmente con la profondità fino a raggiungere valori ascrivibili al rifiuto strumentale, ottenutosi a quote comprese tra 9.60 e 11.00 metri dal p.c. Tali valori sono indice di un miglioramento dello stato di addensamento

dei terreni attraversati e delle rispettive caratteristiche geotecniche.

La prova CPT04, attraversa un deposito rimaneggiato, allentato e poco consistente, dotato di scarse caratteristiche geotecniche con valori medi di resistenza alla punta R_p inferiori a 20 Kg/cm^2 fino ai 15.00 metri. A partire da tale quota, si ha un aumento di R_p , che si attesta su valori medi di 40 Kg/cm^2 .

Di seguito si riportano il fuso della resistenza alla punta in funzione della profondità delle 4 prove penetrometriche CPT e in forma tabellare i relativi parametri geotecnici ricavati dalle stesse.

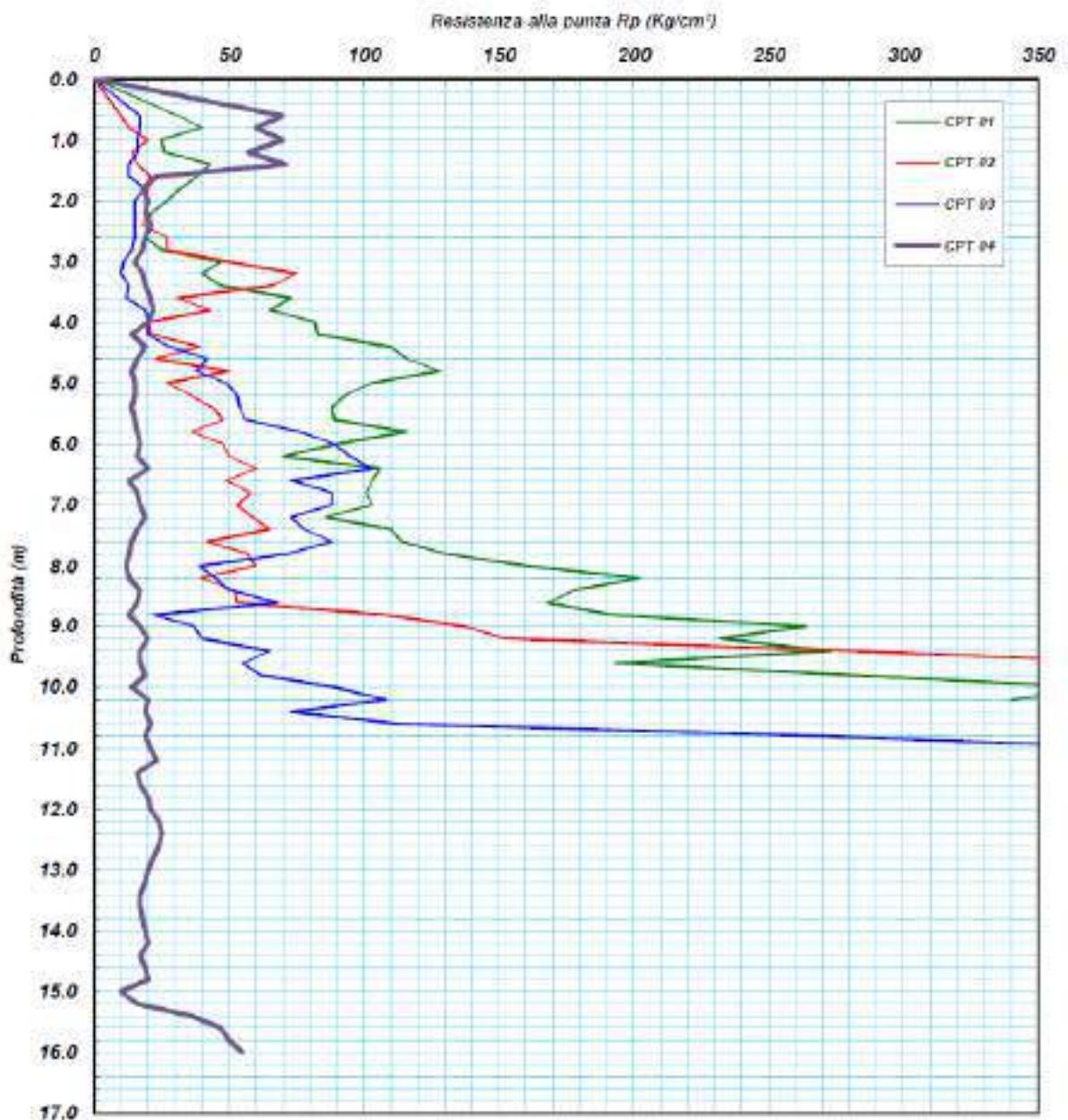


Grafico della resistenza alla punta in funzione della profondità

Prova (n): CPT 01

PARAMETRI GEOTECNICI										
Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0,0 - 3,4	1,45	32,00	1,49	21,4	29	1,43	42	96	Argille e limi argill.
2	3,4 - 7,8	1,55	98,00	3,24	30,3	34	4,42	72	294	Limi sabbiosi
3	7,8 - 10,2	1,60	238,00	6,43	37,0	37	10,76	94	714	Limi sabbiosi

Parametri geotecnici prova CPT 01

Prova (n): CPT 02

PARAMETRI GEOTECNICI										
Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0,0 - 2,8	1,50	19,00	0,78	24,3	27	0,84	27	57	Argille e limi argill.
2	2,8 - 8,8	1,55	47,00	1,63	28,8	30	2,10	45	141	Limi sabbiosi
3	8,8 - 9,6	1,60	188,00	7,56	24,9	35	8,48	86	564	Argille e limi argill.

Parametri geotecnici prova CPT 02

Prova (n): CPT 03

PARAMETRI GEOTECNICI										
Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0,0 - 4,4	1,45	16,00	0,81	19,7	25	0,70	13	48	Argille e limi argill.
2	4,4 - 10,4	1,55	66,00	2,81	23,5	31	2,95	53	198	Argille e limi argill.
3	10,4 - 11,0	1,60	261,00	7,71	33,8	37	11,79	94	783	Limi sabbiosi

Parametri geotecnici prova CPT 03

Prova (n): CPT 04

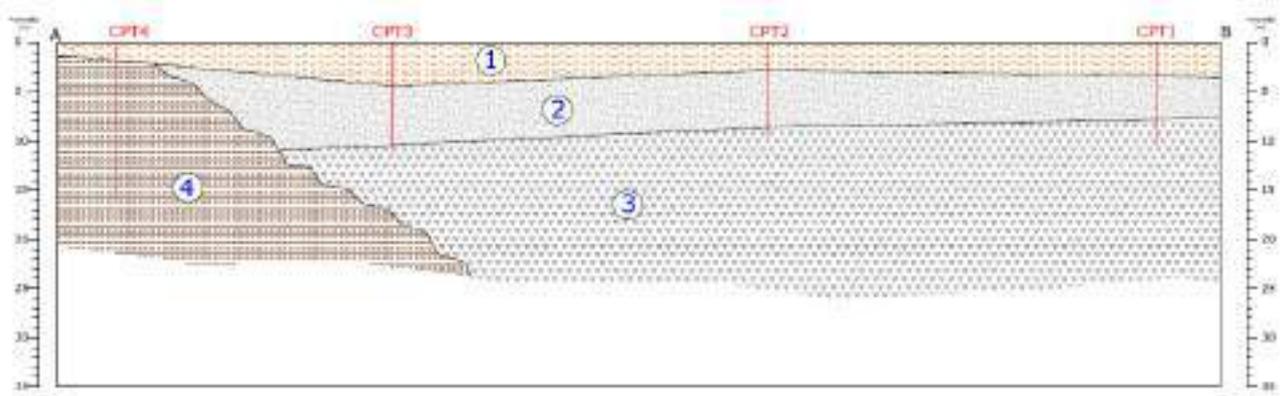
PARAMETRI GEOTECNICI										
Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0,0 - 1,8	1,55	53,00	1,44	38,9	33	2,40	69	159	Limi sabbiosi
2	1,8 - 15,0	1,45	18,00	0,76	23,7	24	0,76	6	54	Argille e limi argill.
3	15,0 - 16,0	1,50	41,00	1,60	25,6	27	1,76	24	123	Limi sabbiosi

Parametri geotecnici prova CPT 04

6.7.3 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

L'interpretazione delle prove penetrometriche statiche sono state uno strumento indispensabile per la definizione del modello geotecnico dell'area in studio.

Per la definizione del modello geotecnico del sottosuolo si deve fare riferimento al modello geologico riportato al paragrafo 6.2 e alle risultanze delle indagini considerate. Di seguito si riporta una sezione schematica del sottosuolo con la tabella dei parametri geotecnici medi dell'area in studio.



Sezione geotecnica A-B

Tabella parametri geotecnici medi

Unità Lito-tecnica (n)	Da metri a metri	Descrizione litologica	Peso di volume (g/cm ³)	An-golo di attrito (°)	Coesione (Kg/cm ²)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo di deforma-zione edo-metrico (kg/cm ²)
1	0.00 a 1.80/4.40	Piroclastite limoso sab-biosa, poco consistente.	1.50	27	0.20	0.7	27	40
2	2.80/4.40 a 7.80/10.40	Piroclastite sabbioso li-mosa, mediamente ad-densata.	1.55	31	-	2.2	55	120
3	7.80/10.40 a 25.00	Cappellaccio tufaceo passante a roccia tufa-cea da tenera a litoide	1.60	36	-	9.5	90	300
4	1.80 a 20.00	Piroclastite limoso sab-biosa, argillificata, poco consistente.	1.50	25	0.20	0.8	10	50

Tabella parametri geotecnici area di studio

Per quanto riguarda la compressibilità dei terreni, rappresentata dal modulo edo-metrico (Eed), essi devono ritenersi “*mediamente compressibili*”.

Inoltre trattandosi di terreni sia granulari che coesivi, la cui granulometria varia da sabbia limosa a limo sabbioso talora argillificato, i cedimenti calcolati saranno sia di tipo immediato che a lungo termine.

6.7.4 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

dove:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza “ τ ” si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione “ $c=0$ ” non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Alla luce di queste considerazioni considerato che siamo in assenza di falda nei primi 15 metri di profondità, possiamo escludere potenziali fenomeni di liquefazione dei terreni, in occasione di un evento sismico.

7 INTERVENTO D

L'intervento D prevede la realizzazione ex novo del canale per drenare correttamente le acque provenienti da via Costare fino al recapito principale costituito dall'alveo Morrone con una adeguata sistemazione e rimozione dei cumuli di materiali inerti depositati impropriamente nel corso degli anni.

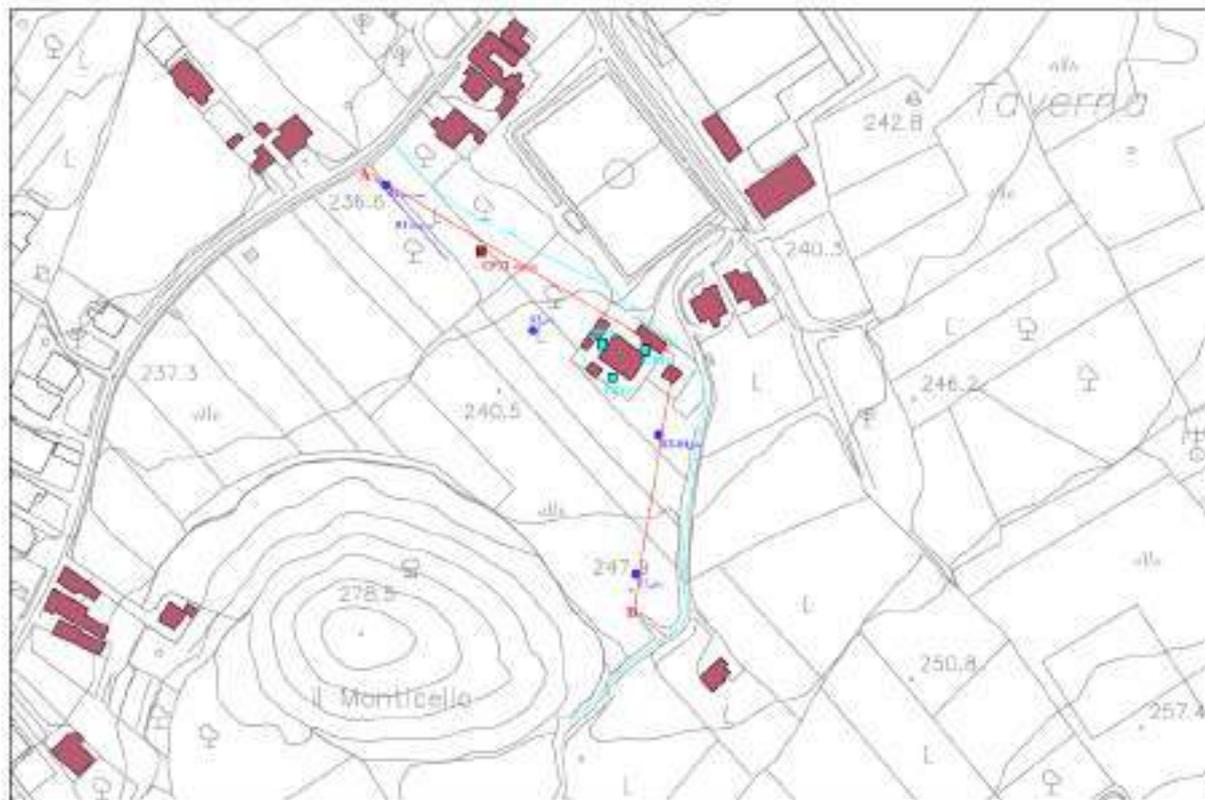
7.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

7.1.1 DEFINIZIONE DEL PIANO DI INDAGINI ESEGUITE

Considerata l'entità dell'intervento e le conoscenze geologiche pregresse del sottoscritto circa l'area di interesse si è ritenuto necessario analizzare delle indagini reperite nell'ambito dell'area oggetto di intervento, risalenti a campagne geognostiche degli anni 2003, 2009 e 2015, consistite in:

- *n.4 sondaggi geognostici: S1_PEEP2003, S1_2015, S2DH_2015 e S3_2015;*
- *n.4 prove penetrometriche statiche: CPT01_PEEP2003 e CPT1, CPT2, CPT3 del 2009(ex Teatro Comunale);*
- *n.1 indagine sismica in foro Down-hole per la determinazione del Vs,eq.*

Di seguito si riporta uno stralcio della planimetria con l'ubicazione delle indagini considerate.



Planimetria con l'ubicazione delle indagini considerate

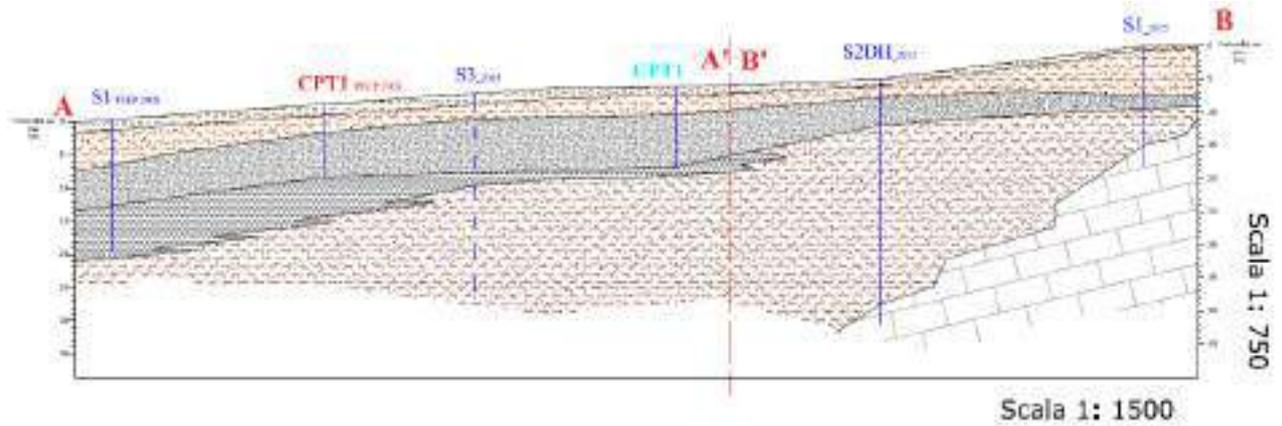
7.2 ANALISI GEOLOGICA E STRATIGRAFICA

Dalla consultazione della carta geologica e dalle analisi delle indagini reperite ed analizzate si descrive la stratigrafia del sito di interesse.

Di seguito, si riporta la stratigrafia di riferimento sintetizzata per il sito di interesse e il modello geologico risultante:

- Terreno vegetale a granulometria sabbioso-limosa debolmente argillosa, ricco di pomici di dimensioni millimetriche e resti vegetali indecomposti;
- Materiale di natura piroclastica a granulometria limoso-argillosa debolmente sabbiosa, ricco di pomici di dimensioni variabili dal millimetro fino a 1 cm. Materiale da poco consistente a consistente.
- Materiale di natura piroclastica a granulometria sabbioso-limosa, ricco di pomici di dimensioni millimetriche. Materiale da poco a moderatamente addensato.
- Tufo di colore grigio chiaro ricco di pomici eterometriche variabili da 1 mm fino a 3-4 cm.

- Materiale di natura piroclastica a granulometria limosa a tratti limoso-sabbiosa, ricco di pomici di dimensioni variabili da millimetriche fino a 1 cm. Materiale da poco addensato a addensato.
- Roccia calcarea di colore biancastro, da mediamente fratturata a compatta.



Sezione geologica A - B

7.3 ANALISI GEOMORFOLOGICA

L'analisi geomorfologica ha permesso di evidenziare quali sono stati i fattori che hanno regolato il modellamento dei versanti e quale può essere stata l'evoluzione geomorfologica dell'area; quest'ultima è frutto di complesse interazioni tra fattori tettonici, litologici, climatici e idrogeologici. Anche le dislocazioni neotettoniche hanno contribuito a controllare la morfogenesi, determinando morfostrutture, cioè corpi geologici smembrati e dislocati, su cui si è modellato un paesaggio che risente in molti casi dell'assetto strutturale.

L'area di interesse è posta in una zona pianeggiante poco distante dal versante di un rilievo calcareo collinare ad una quota di circa 240 metri sul livello del mare, mentre i rilievi collinari posti a sud est dell'area d'interesse, appartenenti al gruppo di Monte Virgo sono costituiti da Calcari del Cretacico e risultano impostati sui terreni arenaceo argillosi del Miocene ad opera di un importante sovrascorrimento noto anche nella letteratura geologica. Essi, si presentano ridotti a pendenze di 30-35°, mentre la parte pedemontana risulta interamente terrazzata e quindi interrotta da piccole scarpate fino alla parte pianeggiante della valle. L'area valliva quindi risulta una zona pressoché di accumulo di materiali provenienti dal disfacimento dei rilievi calcarei. Tale area si inserisce in un contesto generalizzato i cui meccanismi di modellamento sono da ricondurre in prevalenza all'erosione ad opera delle acque di ruscellamento superficiale, ma sebbene l'area esaminata è interessata da una vecchia incisione, di piccole dimensioni, che un tempo drenava le acque provenienti dalla zona "Le costare", attualmente essa non assolve più all'antica funzione drenante bensì si presenta quasi completamente obliterata.

In particolare, tale fenomeno si manifesta in corrispondenza dell'edificio del teatro comunale in costruzione, il cui piano seminterrato è collocato ad una quota altimetrica più bassa rispetto all'alveo in esame.

A causa dell'assenza del recapito drenante le acque provenienti dalla località Costare invadono l'area del teatro in costruzione provocando soventemente fenomeni di alluvionamento, accentuati anche dalla differenza di quota tra il piano campagna e il piano seminterrato del manufatto in costruzione.

Alla luce di quanto esposto, è necessario che sia ripristinato il canale di scolo per le acque rispettando quanto più possibile l'antico percorso del alveo antico, tenendo conto degli interventi antropici susseguitisi negli anni realizzando un canale a cielo aperto e tombando solo i tratti strettamente necessari per la viabilità e gli accessi. Tale opera dovrà assicurare un idoneo drenaggio delle acque fino al recapito principale costituito dall'Alveo Morrone che inizia il suo percorso in prossimità di via Taverna.

7.4 ANALISI IDROGEOLOGICA ED IDROLOGICA

Nell'area di stretto interesse, dai rilievi effettuati sui pozzi presenti nelle aree prospicienti, si è accertato la presenza di una circolazione idrica superficiale ad una profondità variabile dai c.a. 15.00 ai c.a. 20.00 m dal locale piano campagna con direzione sud – nord-ovest impostata nel complesso piroclastico, tale circolazione è consentita grazie alla variabilità granulometrica dei terreni sottostanti. Considerate le caratteristiche stratigrafiche, e vista la variabilità granulometria dei materiali presenti, non è da escludere che, in periodi particolari dell'anno, ovvero nei periodi in cui il picco di piovosità raggiunge i massimi livelli, si possano incontrare dei livelli completamente saturi anche a profondità minori, dovuti alle acque di infiltrazione superficiale. Per quanto riguarda invece la falda di base, essa è posta nel sub strato calcareo ad una profondità superiore ai 150 m.

Da quanto sopra detto si può intuire che i complessi idrogeologici presenti nella zona di interesse sono sostanzialmente due: il complesso alluvio-colluviale costituito da terreni piroclastici e argille residuali depositati ad opera del dilavamento dei versanti, dotato di una permeabilità media per porosità e il complesso calcareo dotato di una permeabilità medio alta per fratturazione e carsismo.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico superficiale si nota che esso è poco sviluppato ed articolato, tant'è che il massimo ordine di gerarchizzazione del recapito principale dell'area, cioè il vallone di Morrone, raggiunge, il 3° ordine, a testimonianza del fatto che la litologia presente non favorisce il deflusso superficiale bensì privilegia l'infiltrazione. Come anzi accennato nel paragrafo precedente, il lotto in esame è interessato da una vecchia incisione, di piccole dimensioni, che un tempo drenava le acque provenienti dalla zona "Le costare", attualmente essa non assolve

più all'antica funzione drenante bensì si presenta quasi completamente obliterata. Tale incisione convogliava le acque nel Vallone Morrone che costituisce uno dei recapiti principali delle acque di una cospicua porzione del territorio comunale e che ha come recapito finale il fiume Volturno.

7.5 RISCHI GEOLOGICI NATURALI ED INDOTTI

7.6 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DA NORMATIVA (PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO)

Nell'ambito della definizione degli scenari di rischio presenti sul territorio del comune di Castel Morrone, l'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno ha individuato una serie di aree a diverso grado di rischio idrogeologico e idraulico. Sono presenti aree a rischio variabile da R1 a R4 (rischio molto elevato in zone con presenza di infrastrutture), ed aree a diverso grado di attenzione, da A1 ad A4 (alta attenzione con elevata pericolosità ma senza presenza di infrastrutture). Tali aree sono concentrate nelle zone vallive pedemontane, con aree di invasione che spesso interessano il centro abitato.

L'area interessata dall'intervento in oggetto ricade in una "Area a rischio molto elevato-R4" individuata dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri Volturno e Garigliano. In allegato si riporta uno stralcio di tale Piano con l'individuazione dell'area in oggetto.

7.6.1 STABILITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista della stabilità dell'area, tenendo presente che la franosità è funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, cioè è in relazione a parametri quali litologia, angolo di attrito interno, contenuto d'acqua, coesione, giacitura dei terreni e pendenza dei versanti si può asserire nel complesso, che l'area in esame si presenta stabile. Inoltre, nella zona, non si notano evidenze di fenomeni di erosione superficiale e non esiste, allo stato, alcuna alterazione antropica (gallerie o cavità artificiali) che possa mutare completamente il regime statico del terreno.

7.7 MODELLAZIONE SISMICA

7.7.1 INDAGINI SISMICHE

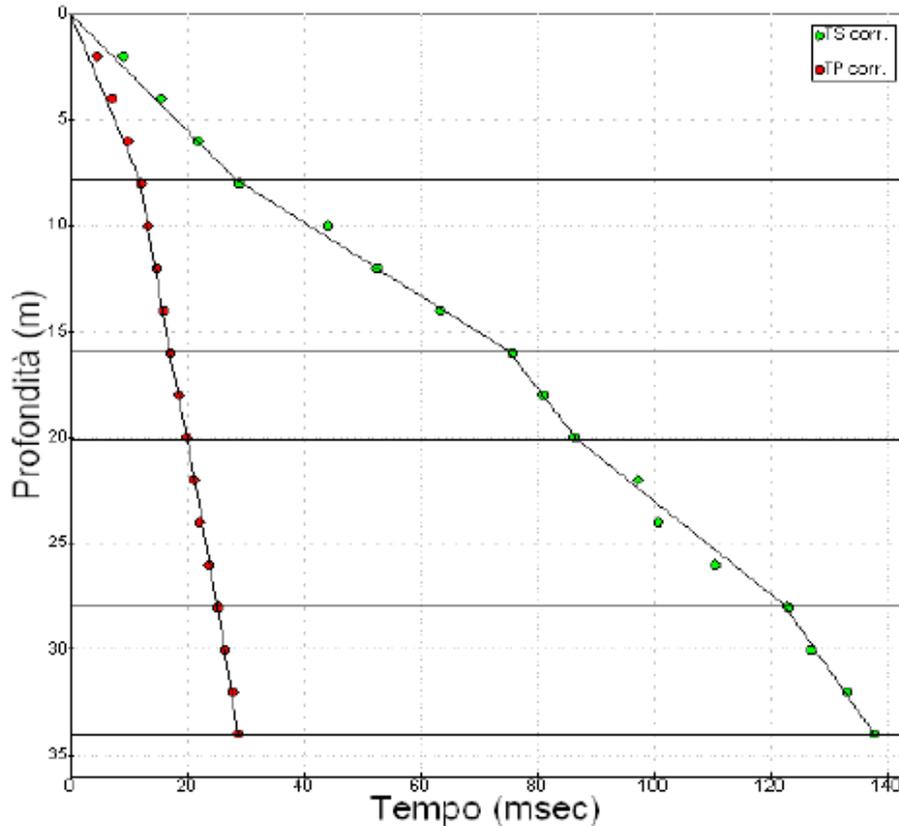
Per la caratterizzazione sismica dei materiali, sono state considerate le risultanze di un'indagine sismica in foro Down-Hole eseguita nel foro di sondaggio S2DH_2015, la cui ubicazione è riportata nella planimetria allegata. Tale indagine viene effettuata al fine di individuare gli spessori e le geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e classificare sismicamente il suolo come previsto dalla recente normativa antisismica (D.M. 17/01/18).

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalla sismica Down-Hole:

MISURE EFFETTUATE						
Registra- zione Nr.	Profond. Sonda (m)	Tempo onda P (msec)	Tempo onda S (msec)	Distanza corretta Sr (m)	Tempo Corr. Onda P (msec)	Tempo Corr. Onda S (msec)
1.00	2.00	6.20	12.60	2.83	4.38	8.91
2.00	4.00	7.80	17.20	4.47	6.98	15.38
3.00	6.00	10.20	23.00	6.32	9.68	21.82
4.00	8.00	12.30	29.70	8.25	11.93	28.81
5.00	10.00	13.40	44.90	10.20	13.14	44.03
6.00	12.00	14.90	53.10	12.17	14.70	52.38
7.00	14.00	16.00	64.00	14.14	15.84	63.36
8.00	16.00	17.10	76.20	16.12	16.97	75.61
9.00	18.00	18.60	81.40	18.11	18.49	80.90
10.00	20.00	20.00	86.70	20.10	19.90	86.27
11.00	22.00	21.10	97.60	22.09	21.01	97.20
12.00	24.00	22.20	101.10	24.08	22.12	100.75
13.00	26.00	23.70	110.80	26.08	23.63	110.47
14.00	28.00	25.20	123.20	28.07	25.14	122.89
15.00	30.00	26.30	127.20	30.07	26.24	126.92
16.00	32.00	27.80	133.40	32.06	27.75	133.14
17.00	34.00	28.70	138.00	34.06	28.65	137.76

Tabella risultati Down-Hole

Il valore del Vs30 ottenuto utilizzando l'interpretazione con il metodo intervallo, è risultato pari a 259.73 m/s.



Dromocrone

Il valore del parametro Vs30, ottenuto utilizzando l'interpretazione con il metodo diretto è stato calcolato con la formula seguente come previsto dalla norma:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{si}}}$$

ove h_i e V_{si} sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati fino a 30 metri di profondità. **Il valore del Vs30 ottenuto è pari a 243.22 m/sec.**

7.7.2 ANALISI DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. Qualora, come nel caso in questione, tali studi non sono disponibili, si utilizza la classificazione dei terreni descritta nelle NTC 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità equiva-

lente delle onde di taglio VS,eq. Nel nostro caso la classificazione è stata fatta dall'indagine sismica in foro Down-hole e dal calcolo del Vs30 dato che la profondità H del substrato è superiore a 30 m.

Il valore del parametro Vs30/Vs,eq è stato calcolato con la formula seguente come previsto dalla norma:

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

ove h_i e V_{si} sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati fino a 35 metri di profondità. Il valore del **Vs30 calcolato a partire dal piano campagna è pari a 243.22 m/sec** quindi di conseguenza considerata la stratigrafia dei terreni e la velocità delle onde S, si è accertato che siamo in presenza di categoria di suolo di tipo C:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
 C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

7.7.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

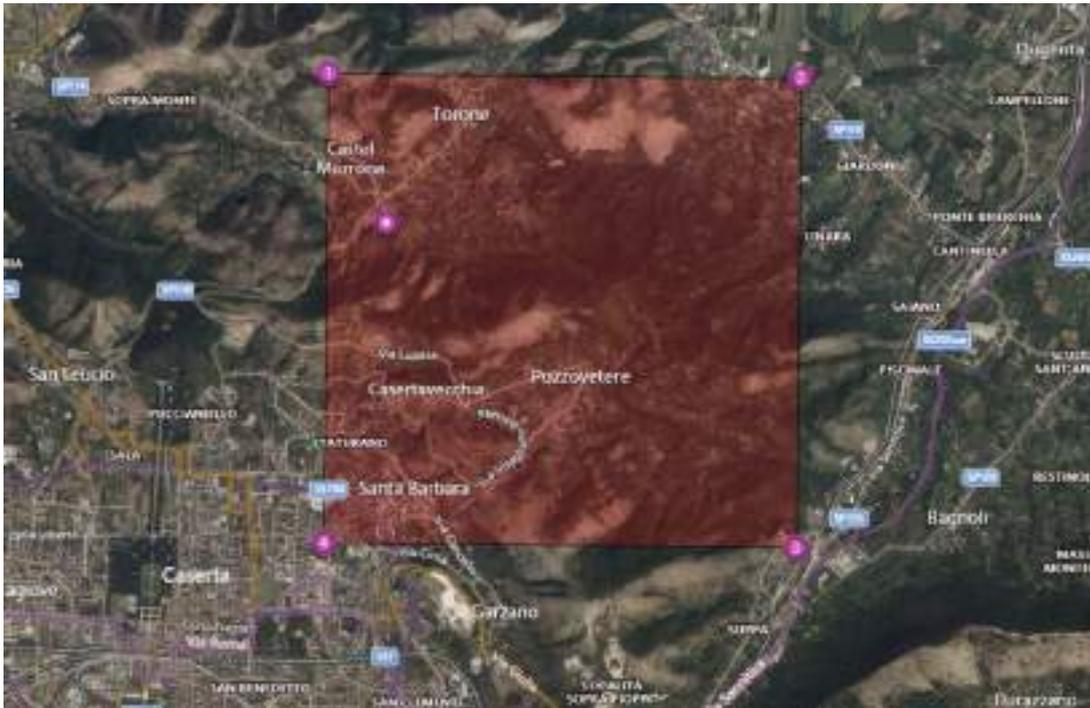
La norma citata, per la risposta sismica del sito, stabilisce 4 categorie, in relazione alle caratteristiche topografiche dell'area in esame. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

- 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 $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se presentano altezze maggiori di 30 m.

L'area in studio si presenta quasi del tutto pianeggiante, quindi è stato adottato il coefficiente relativo alla categoria T1.

7.7.4 STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA



Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.1149368 [°]
 Longitudine (WGS84): 14.3603926 [°]
 Latitudine (ED50): 41.1159286 [°]
 Longitudine (ED50): 14.3612661 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	31870	41.131740	14.353150	1884.90
2	31871	41.131220	14.419490	5164.81
3	32093	41.081220	14.418820	6176.90
4	32092	41.081750	14.352480	3871.26

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.046	2.389	0.286
SLD	50	0.057	2.428	0.318
	72	0.067	2.447	0.335
	101	0.076	2.474	0.350
	140	0.086	2.493	0.361
	201	0.099	2.513	0.376
SLV	475	0.134	2.521	0.426
SLC	975	0.169	2.579	0.449
	2475	0.222	2.695	0.469

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.049	2.371	0.286
SLD	50	0.060	2.420	0.315
	72	0.071	2.417	0.333
	101	0.081	2.455	0.345
	140	0.093	2.457	0.358
	201	0.107	2.480	0.370
SLV	475	0.146	2.485	0.421
SLC	975	0.187	2.555	0.441
	2475	0.254	2.604	0.460

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.048	2.343	0.286
SLD	50	0.060	2.385	0.315
	72	0.071	2.387	0.332
	101	0.081	2.425	0.344
	140	0.092	2.436	0.356
	201	0.106	2.464	0.366
SLV	475	0.144	2.471	0.413
SLC	975	0.183	2.513	0.433
	2475	0.236	2.629	0.455

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.046	2.351	0.285
SLD	50	0.058	2.379	0.317
	72	0.067	2.397	0.333
	101	0.077	2.425	0.347
	140	0.087	2.450	0.358
	201	0.099	2.481	0.371
SLV	475	0.133	2.493	0.418
SLC	975	0.167	2.549	0.438
	2475	0.213	2.671	0.460

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.047	2.371	0.286

SLD	50	0.058	2.410	0.317
SLV	475	0.137	2.501	0.421
SLC	975	0.174	2.559	0.443

7.7.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.049	0.060
kv	0.006	0.008	0.025	0.030
amax [m/s ²]	0.692	0.858	2.008	2.433
Beta	0.180	0.180	0.240	0.240

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.071	0.087	0.205	0.248
kv	0.035	0.044	0.102	0.124
amax [m/s ²]	0.692	0.858	2.008	2.433
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3.0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.046	0.057	0.133	0.161
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.692	0.858	2.008	2.433
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.049	0.060
kv	0.007	0.009	0.025	0.030
amax [m/s ²]	0.692	0.858	2.008	2.433
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.041	0.078	--
kv	--	0.021	0.039	--
amax [m/s ²]	0.692	0.858	2.008	2.433
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.041	0.078	--
kv	--	0.021	0.039	--

amax [m/s ²]	0.692	0.858	2.008	2.433
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

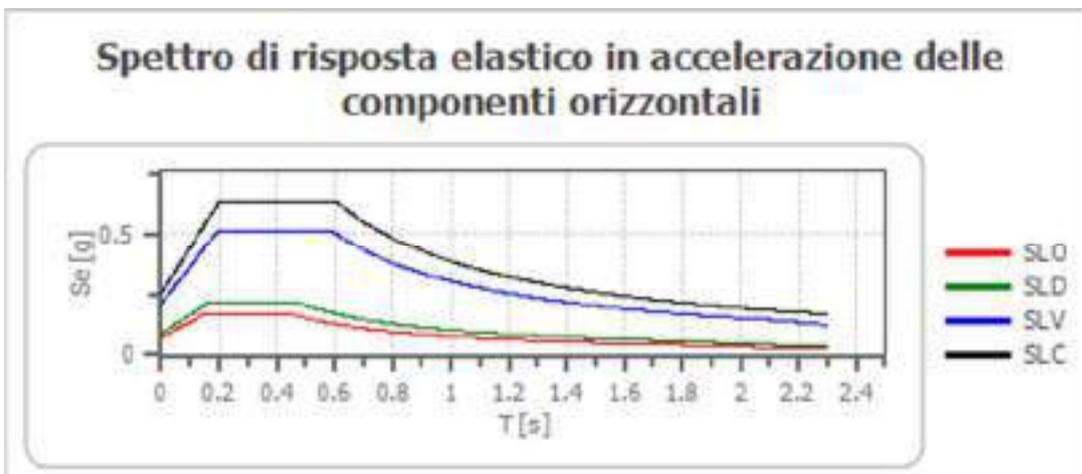
3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.055	0.068	0.159	0.193
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.692	0.858	2.008	2.433
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

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	0.047	2.371	0.286	1.500	1.590	1.000	1.500	1.000	0.151	0.454	1.788	0.071	0.167
SLD	1.0	0.058	2.410	0.317	1.500	1.530	1.000	1.500	1.000	0.162	0.485	1.833	0.087	0.211
SLV	1.0	0.137	2.501	0.421	1.490	1.400	1.000	1.490	1.000	0.197	0.590	2.150	0.205	0.512
SLC	1.0	0.174	2.559	0.443	1.430	1.370	1.000	1.430	1.000	0.202	0.607	2.294	0.248	0.635

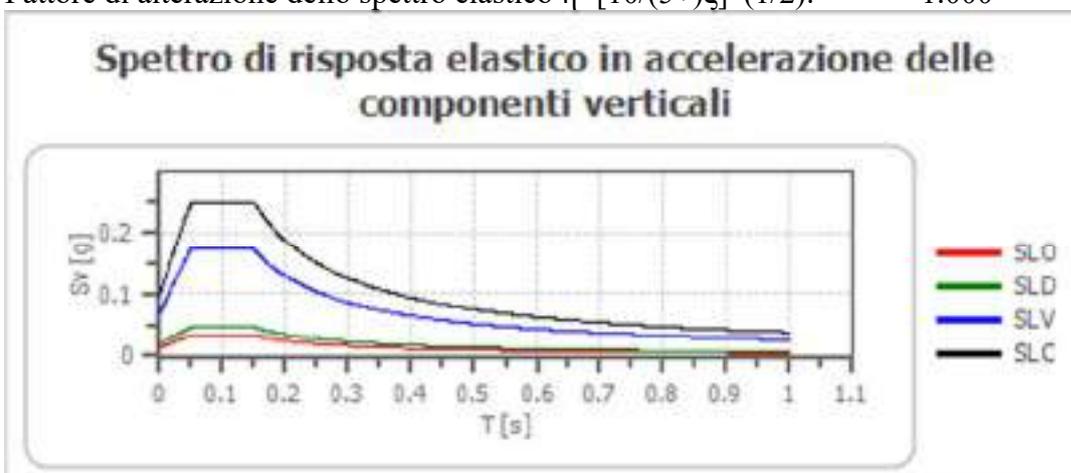
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

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

1.000



	cu	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(TB)
--	----	----	----	-----	----	----	----	---	---	----	----	----	-------	--------

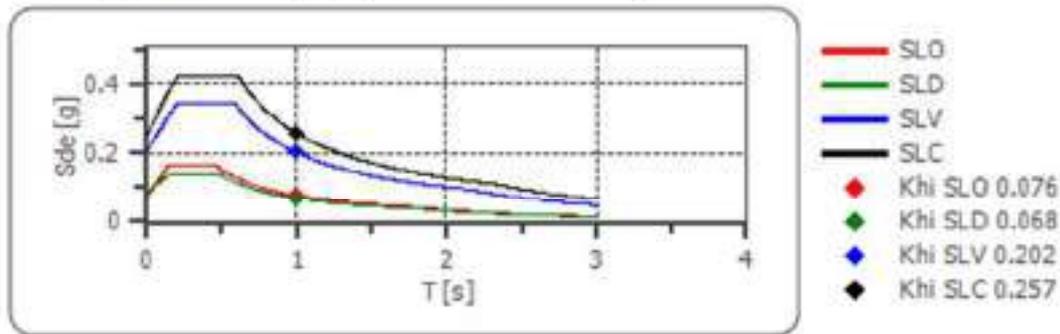
		[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO	1.0	0.047	2.371	0.286	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.014	0.033
SLD	1.0	0.058	2.410	0.317	1	1.530	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.046
SLV	1.0	0.137	2.501	0.421	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.069	0.172
SLC	1.0	0.174	2.559	0.443	1	1.370	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.098	0.250

Spettro di progetto

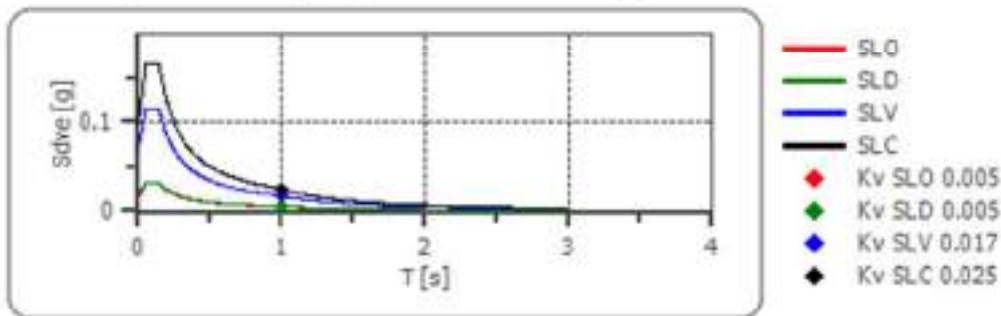
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
 Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.076	0.068	0.202	0.257
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.005	0.005	0.017	0.025

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.047	2.371	0.286	1.500	1.590	1.000	1.500	1.000	0.151	0.454	1.788	0.071	0.167
SLO verticale	1.0	0.047	2.371	0.286	1.500	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.014	0.033

SLD oriz- zontale	1.0	0.058	2.410	0.317	1.500	1.530	1.000	1.500	1.500	0.162	0.485	1.833	0.087	0.140
SLD verti- cale	1.0	0.058	2.410	0.317	1.500	1.530	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.019	0.031
SLV oriz- zontale	1.0	0.137	2.501	0.421	1.490	1.400	1.000	1.490	1.500	0.197	0.590	2.150	0.205	0.342
SLV verti- cale	1.0	0.137	2.501	0.421	1.490	1.400	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.069	0.115
SLC oriz- zontale	1.0	0.174	2.559	0.443	1.430	1.370	1.000	1.430	1.500	0.202	0.607	2.294	0.248	0.423
SLC verti- cale	1.0	0.174	2.559	0.443	1.430	1.370	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.098	0.166

7.8 MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA

7.8.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dalle conoscenze geologiche del sottoscritto circa l'area in studio, ed in considerazione di ciò che prevede il progetto, per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo sono state analizzate principalmente le risultanze delle prove penetrometriche statiche appartenenti a più campagne di indagini geognostiche eseguite nell'ambito dell'area oggetto d'intervento.

Le prove di cui si è tenuto conto sono:

- n.1 prova penetrometrica statica CPT01_PEEP2003;
- n.3 prove penetrometriche statiche CPT01, CPT02 e CPT03 eseguite per l'intervento del 2009 dell'ex Teatro Comunale.

7.8.2 ESPOSIZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

Come è possibile evincere dai grafici, i terreni rinvenuti, ad eccezione del primo strato al di sotto del materiale di riporto o terreno vegetale, fino alla profondità massima investigata, hanno fatto registrare nel complesso una media resistenza alla punta ad evidenza di un buon grado di addensamento, quindi anche buone caratteristiche geotecniche.

Come è possibile notare, a partire dal piano campagna, fino alla massima profondità investigata ovvero laddove si è rinvenuto l'orizzonte tufaceo, con ottime caratteristiche meccaniche, sono stati riscontrati materiali con caratteristiche geotecniche che migliorano notevolmente con la profondità.

Tali terreni presentano una sottile variabilità laterale ovvero gli strati risultano non perfettamente piano paralleli in quanto le rispettive quote di rinvenimento, nei punti di indagine, sono variabili fino al raggiungimento dello strato tufaceo.

I terreni investigati sono caratterizzati da un primo strato di materiale con un scarso stato di addensamento e caratteristiche meccaniche scadenti, si tratta di terreni piroclastici rimaneggiati e risedimentati che spesso si presentano frammisti a materiali di origine alluvionale, a materiali organici e suolo, anche perché la zona in studio è posta in un settore più o meno centrale dell'asse della valle, la quale è stata sede di depositi alluvio-colluviali. Tale orizzonte è più potente in corrispondenza della prova penetrometrica CPT01_PEEP2003. Successivamente si rinvengono i materiali piroclastici in deposizione primaria con un grado di addensamento via via crescente fino allo strato tufaceo litoide.

Di seguito si riportano i grafici della resistenza alla punta in funzione della profondità delle 4 prove penetrometriche CPT e in forma tabellare i relativi parametri geotecnici ricavati dalle stesse.

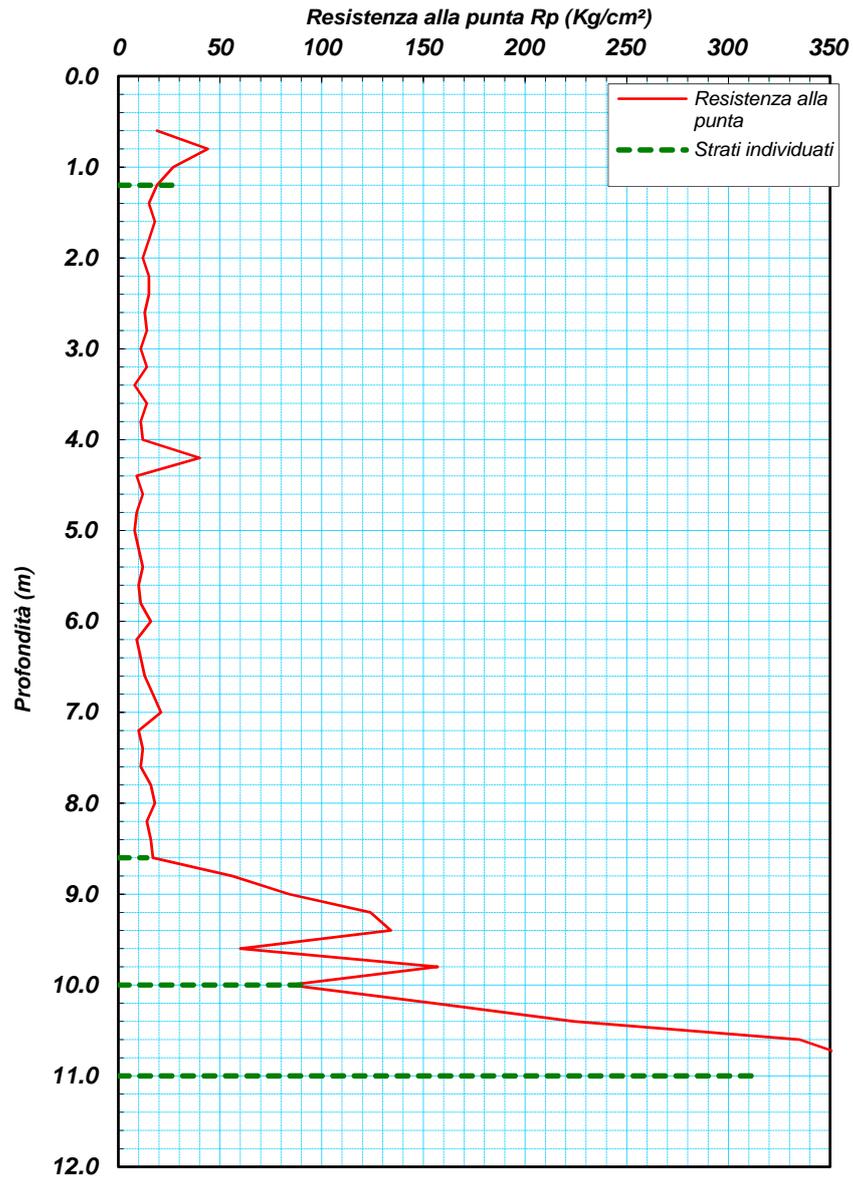
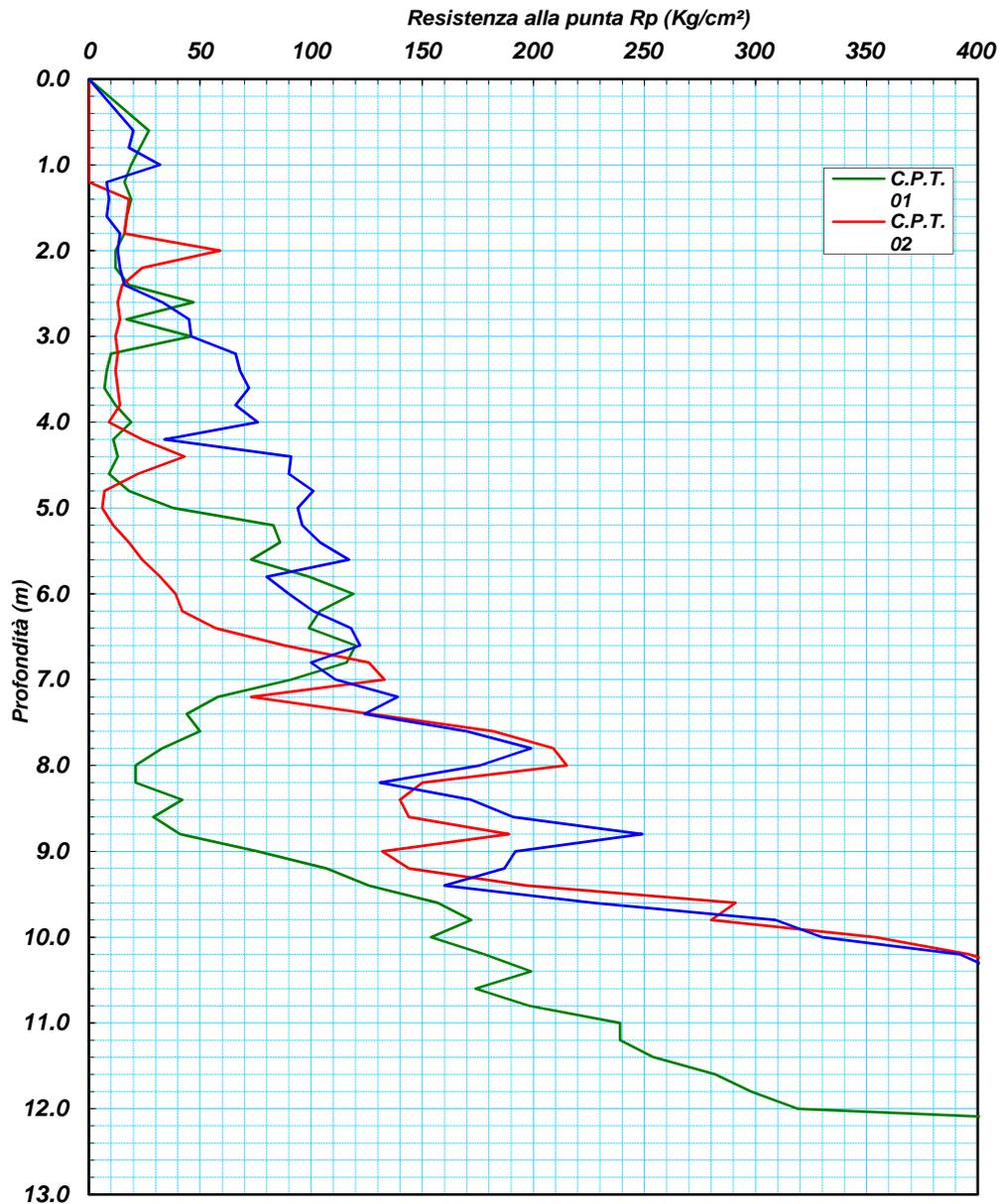


Grafico della resistenza alla punta in funzione della profondità della prova CPT01_PEEP2003



Fuso dei grafici della resistenza alla punta in funzione della profondità delle prove CPT01, CPT02 e CPT03_exTeatro2009

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. (g/cm³)	Media Rp (Kg/cm²)	Media RII (Kg/cm²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm²)	Definizione della litologia
1	0.0 - 1.2	1.35	27.00	1.25	21.6	31	1.22	55	81	Argille e limi argill.
2	1.2 - 8.6	1.30	14.00	0.68	20.7	25	0.61	9	42	Argille e limi argill.
3	8.6 - 10.0	1.45	90.00	4.33	20.8	32	4.04	62	270	Argille e limi argill.
4	10.0 - 11.0	1.70	315.00	10.61	29.7	>38	14.25	100	945	Limi sabbiosi

Parametri geotecnici prova CPT 01_PEEP2003

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profondità (m)	Profondità (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media Rll (Kg/cm ²)	Media Rp/Rll (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0	4.8	1.45	18.00	0.58	30.8	26	0.79	16	54	Limi sabbiosi
2	4.8	7.6	1.55	84.00	0.96	87.8	33	3.78	65	252	Sabbie ghiaiose
3	7.6	8.8	1.50	31.00	1.21	25.6	27	1.35	25	93	Limi sabbiosi
4	8.8	12.0	1.60	198.00	2.10	94.5	35	8.93	85	594	Sabbie ghiaiose
5	12.0	12.2	1.60	500.00	13.33	37.5	>38	22.64	100	1500	Limi sabbiosi

Parametri geotecnici prova CPT 01_exTeatro2009

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profondità (m)	Profondità (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media Rll (Kg/cm ²)	Media Rp/Rll (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0	1.2		PRESCAVO							
2	1.2	5.6	1.45	18.00	0.81	22.2	28	0.80	30	54	Argille e limi argill.
3	5.6	7.2	1.55	74.00	1.51	49.1	32	3.33	64	222	Sabbie limose
4	7.2	9.2	1.60	163.00	3.83	42.6	35	7.36	86	489	Limi sabbiosi
5	9.2	10.6	1.60	323.00	7.97	40.5	>38	14.62	100	969	Limi sabbiosi

Parametri geotecnici prova CPT 02_exTeatro2009

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profondità (m)	Profondità (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media Rll (Kg/cm ²)	Media Rp/Rll (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0	2.6	1.45	17.00	0.70	24.4	27	0.76	25	51	Argille e limi argill.
2	2.6	4.2	1.50	59.00	1.90	31.1	32	2.66	63	177	Limi sabbiosi
3	4.2	7.0	1.55	101.00	2.44	41.4	34	4.55	73	303	Limi sabbiosi
4	7.0	9.4	1.60	174.00	3.08	56.5	35	7.85	85	522	Sabbie limose
5	9.4	10.6	1.60	361.00	6.17	58.5	>38	16.34	100	1083	Sabbie limose

Parametri geotecnici prova CPT 03_exTeatro2009

7.8.3 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Per la definizione del modello geotecnico del sottosuolo si deve fare riferimento al modello geologico riportato al paragrafo 7.2 e ai risultati delle indagini reperite nell'ambito del lotto in oggetto. Di seguito si riporta una sezione schematica del sottosuolo con la tabella dei parametri geotecnici medi dell'area in studio e la sezione geotecnica A-B:

SEZIONE GEOTECNICA A-B

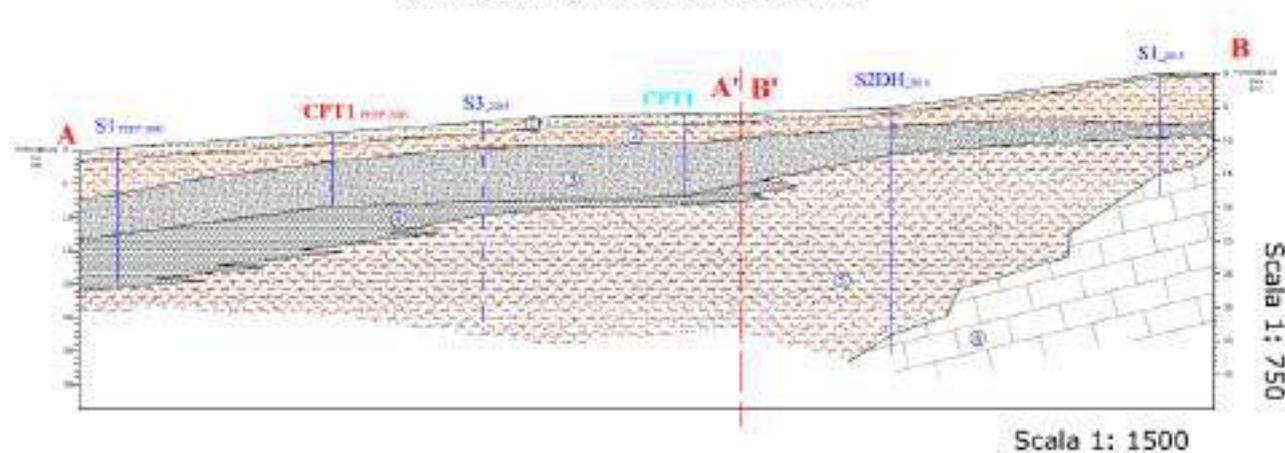


Tabella parametri geotecnici medi

Unità Litotecnica (n)	Spessore strato (m)	Descrizione litologica	Peso di volume (g/cm ³)	Angolo di attrito (°)	Coesione (Kg/cm ²)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo di deformazione edometrico (kg/cm ²)
1	Da 0.50 a 1.60	Terreno vegetale a granulometria sabbioso-limoso debolmente argillosa.	1.45	/	/	/	/	/
2	Da 1.80 a 7.00	Piroclastite limoso-argillosa debolmente sabbiosa, da poco consistente a consistente.	1.45	26	0.00	0.80	10	50
3	Da 2.00 a 8.00	Piroclastite a granulometria sabbioso-limoso, da poco a moderatamente addensata.	1.55	30	0.20	2.00	70	120
4	Da 1.60 a 7.00	Tufo grigio	1.60	36	0.80	6.00	100	250
5	Da 5.00 a 27.00	Piroclastite a granulometria limosa a tratti limoso-sabbiosa, da poco addensata a addensata.	1.45	31	0.10	0.80	30	70
6	>20	Roccia calcarea da mediamente fratturata a compatta.	2.20	>38	-	150	100	1000

Per quanto riguarda la compressibilità dei terreni, rappresentata dal modulo edometrico (Eed), essi devono ritenersi “da *mediamente compressibili a poco compressibili*”.

Inoltre trattandosi di terreni sia granulari che coesivi, la cui granulometria varia da sabbioso-limosa a limoso-argillosa, i cedimenti calcolati saranno sia di tipo immediato che a lungo termine.

7.8.4 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

dove:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza “ τ ” si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione “ $c=0$ ” non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Alla luce di queste considerazioni considerato che siamo in assenza di falda nei

primi 15 metri di profondità, possiamo escludere potenziali fenomeni di liquefazione dei terreni, in occasione di un evento sismico.

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalla modellizzazione geologica si desume che i terreni che compongono il sito investigato, sono costituiti dai termini piroclastici appartenenti al gruppo delle Ignimbriti Trachi-Fonolitiche (Pleistocene sup.-Olocene) provenienti dalle frequenti eruzioni dei complessi vulcanici che circondano la piana Campana (Roccamonfina a nord, Campi Flegrei e Vesuvio a sud). Tali materiali si presentano sia in deposizione primaria che in deposizione secondaria (risedimentati a seguito del dilavamento dei versanti ad opera delle acque di ruscellamento) e ricoperti o frammisti a materiali alluvionali e a materiali argilloso residuali provenienti dai calcari circostanti e presentano spessori variabili da zona a zona. Questi materiali piroclastici poggiano su termini calcarei microcristallini del Cretacico, di colore bianco e avana e calcari dolomitici di colore bruno.

Dal punto di vista geomorfologico le aree interessate dagli interventi in progetto, si stagliano in aree a morfologia sub-pianeggianti o comunque con pendenze basse. Per quanto riguarda la stabilità delle aree, considerate le morfologie generali, le litologie nonché le caratteristiche meccaniche dei terreni è da escludere la possibilità che i lotti in esame possano essere coinvolti in movimenti franosi di versante, tuttavia per tutte le aree in studio abbiamo delle problematiche puntuali legate alla stabilità in parte derivanti da fenomeni di alluvionamento per la presenza di alvei oblitterati e o fossi di scolo di acque di ruscellamento superficiali e in parte da fenomeni di smottamento locali.

Dalle analisi e dalle interpretazioni delle indagini geognostiche e dal modello geotecnico risultante per ogni area in studio, si ritrovano principalmente termini litologici incoerenti a granulometria prevalentemente sabbioso limosa, argillificati nella parte iniziale, le cui caratteristiche geotecniche migliorano progressivamente con la profondità sino al raggiungimento in alcuni casi del tufo grigio da semilitoide a litoidi, mentre alcuni settori sono caratterizzati dalla completa assenza dei termini tufacei da semilitoidi a litoidi, bensì dalla presenza di termini litologici coesivi e argillificati a granulometria prevalentemente limoso sabbiosa, dotati di caratteristiche

geotecniche mediocri, per poi migliorare progressivamente sino alla profondità massima di investigazione.

Per maggiori chiarimenti circa il modello geotecnico di riferimento, per ogni Intervento e la rispettiva area di interesse si rimanda ai paragrafi opportuni.

La caratterizzazione sismica dei siti indagati è stata effettuata mediante indagini di tipo MASW per gli interventi A, B e C, mentre per l'intervento D è stata utilizzata un'indagine sismica in foro Down-Hole. Dalle risultanze delle rispettive indagini è emerso che la velocità delle onde di taglio sono compatibili con le litologie presenti.

I valori del parametro $V_{s,Eq}$, calcolato a partire dal p.c., risultano essere:

- Intervento A, 203 m/sec, categoria di sottosuolo C;
- Intervento B, 176 m/sec, ma considerato che abbiamo la presenza di substrato sismico a profondità inferiore a 30 m, si deduce che siamo in presenza di categoria di suolo di tipo E;
- Intervento C, 296 m/sec, categoria di sottosuolo C;
- Intervento D, 243 m/sec, categoria di sottosuolo C.

Dal punto di vista della stabilità globale, l'area interessata dall'Intervento A, si presenta stabile; tuttavia non sono esclusi fenomeni di smottamento locali legati ai terrazzamenti realizzati grazie all'antropizzazione avvenuta nei secoli scorsi. In particolare la sede stradale, di tipo rurale, che un tempo era interessata dal solo traffico pedonale e bestie da soma e che oggi vede la presenza di passaggio di mezzi meccanici e traffico veicolare sempre con maggiore intensità, presenta innumerevoli ed evidenti segni di instabilità.

In particolare parte della sede stradale lato valle è interessata da una piccola frana da scivolamento dovuta al cedimento del terreno di fondazione dell'enorme trave in calcestruzzo posta sul bordo lato valle per l'ancoraggio dei *guardrail*. Tale dissesto, risulta di dimensioni contenute ed interessa solo una piccola parte del piano stradale ed è oggetto dei lavori di sistemazione stradale in progetto.

L'Intervento B, con tale opera si prevede di eliminare definitivamente i problemi di alluvionamento causati dalle acque di ruscellamento superficiale intercettate da

via Abbatelle che si concentrano in prossimità delle proprietà Sparago Pietro – Chirico Rosa. Essa consiste nella la realizzazione di un piccolo canale di scolo o fognolo coperto al confine delle suddette proprietà, in grado di convogliare le acque al recapito successivo costituito da un canale a valle delle citate proprietà, tale intervento non presenta particolari problemi per la realizzazione.

L'Intervento C, consistente nella realizzazione di un muro di contenimento con sistemazione delle aree a monte insistente ai margini di una piccola incisione e il ripristino della canalizzazione delle acque di ruscellamento superficiale nella Zona a nord e a sud della Villa Comunale, non presenta particolari prescrizioni circa la stabilità dell'area né per quanto riguarda la realizzazione delle opere a farsi.

L'intervento D, prevede la realizzazione ex novo del canale per drenare correttamente le acque proveniente da via Costare fino al recapito principale costituito dall'alveo Morrone con una adeguata sistemazione e rimozione dei cumuli di materiali inerti depositati impropriamente nel corso degli anni.

Tale area si inserisce in un contesto generalizzato i cui meccanismi di modellamento sono da ricondurre in prevalenza all'erosione ad opera delle acque di ruscellamento superficiale, ma sebbene l'area esaminata è interessata da una vecchia incisione, di piccole dimensioni, che un tempo drenava le acque provenienti dalla zona "Le costare", attualmente essa non assolve più all'antica funzione drenante bensì si presenta completamente obliterata nella parte medio terminale del tratto interessato.

In particolare, tale fenomeno si manifesta in corrispondenza dell'edificio del teatro comunale in costruzione, il cui piano seminterrato è collocato ad una quota altimetrica più bassa rispetto all'alveo in esame.

A causa dell'assenza del recapito drenante, in quanto completamente scomparso dopo le opere di realizzazione del vicino Parco della Zona P.E.E.P, le acque provenienti dalla località Costare invadono l'area del teatro in costruzione provocando sovente fenomeni di alluvionamento, accentuati anche dalla differenza di quota tra il piano campagna e il piano seminterrato del manufatto in costruzione.

Alla luce di quanto esposto, è necessario che sia ripristinato il canale di scolo per le acque rispettando quanto più possibile l'antico percorso del alveo antico, tenendo

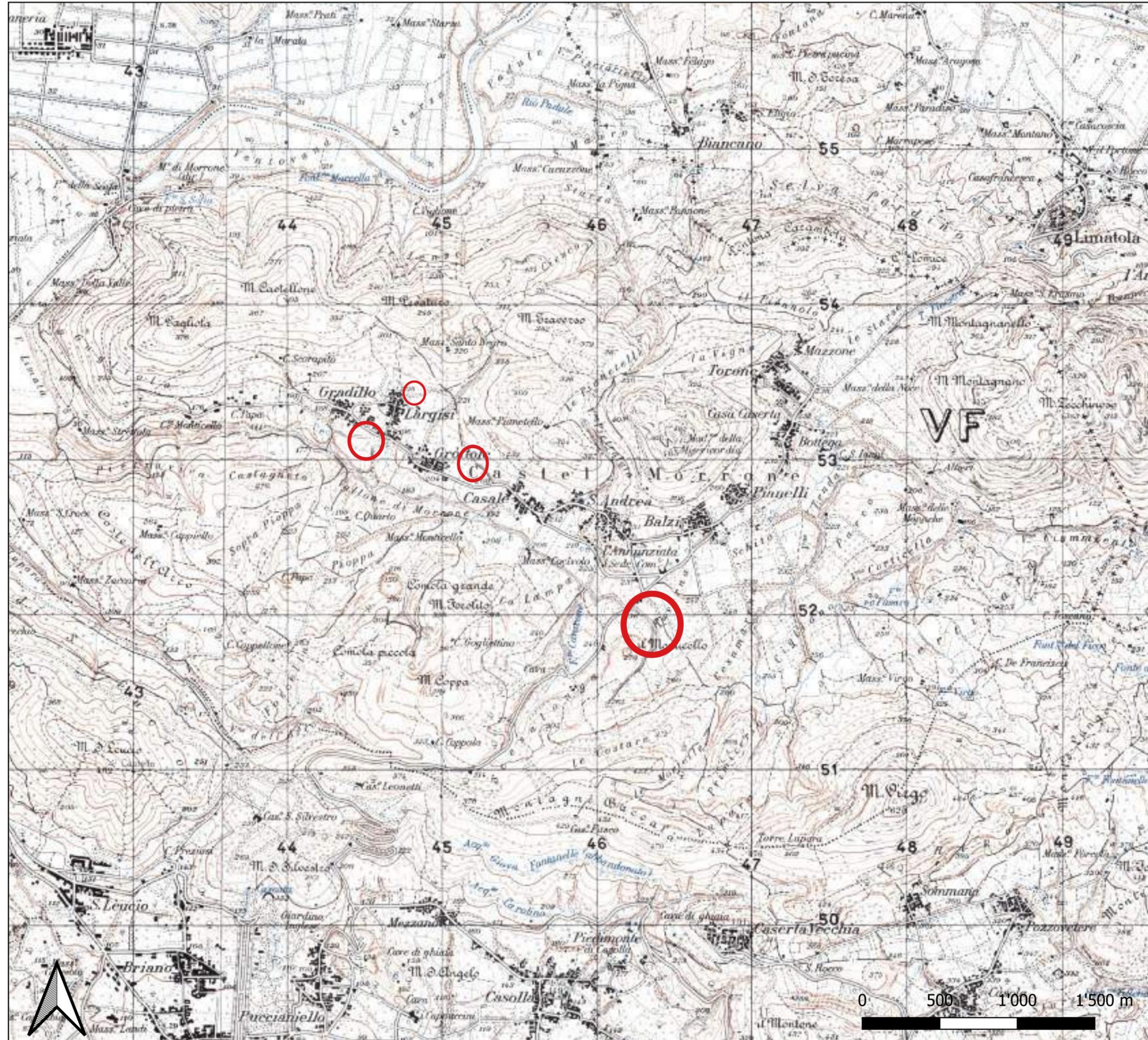
conto degli interventi antropici susseguitisi negli anni realizzando un canale a cielo aperto e tombando solo i tratti strettamente necessari per la viabilità e gli accessi. Tale opera dovrà assicurare un idoneo drenaggio delle acque fino al recapito principale costituito dall'Alveo Morrone che inizia il suo percorso in prossimità di via Taverna.

In definitiva vista la morfologia, la strutturazione geologica delle aree in studio, nonché le caratteristiche geotecniche dei terreni oggetto d'indagine, si può asserire che questi offrono sufficienti garanzie ai fini della loro utilizzazione e quindi, tenuto conto di tutte le prescrizioni riportate nella presente, non esiste alcuna controindicazione circa la fattibilità di quanto previsto nell'ipotesi progettuale.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto.

Castel Morrone, agosto 2022

Il Geologo
Dott. Antonio Petriccione



**COMUNE DI CASTEL MORRONE
(CE)**

COMMITTENTE: COMUNE DI CASTEL MORRONE

STRALCIO TOPOGRAFICO IGM
CON INDICAZIONE AREA IN ESAME
FOGLIO 172-II-NE - CASTEL MORRONE

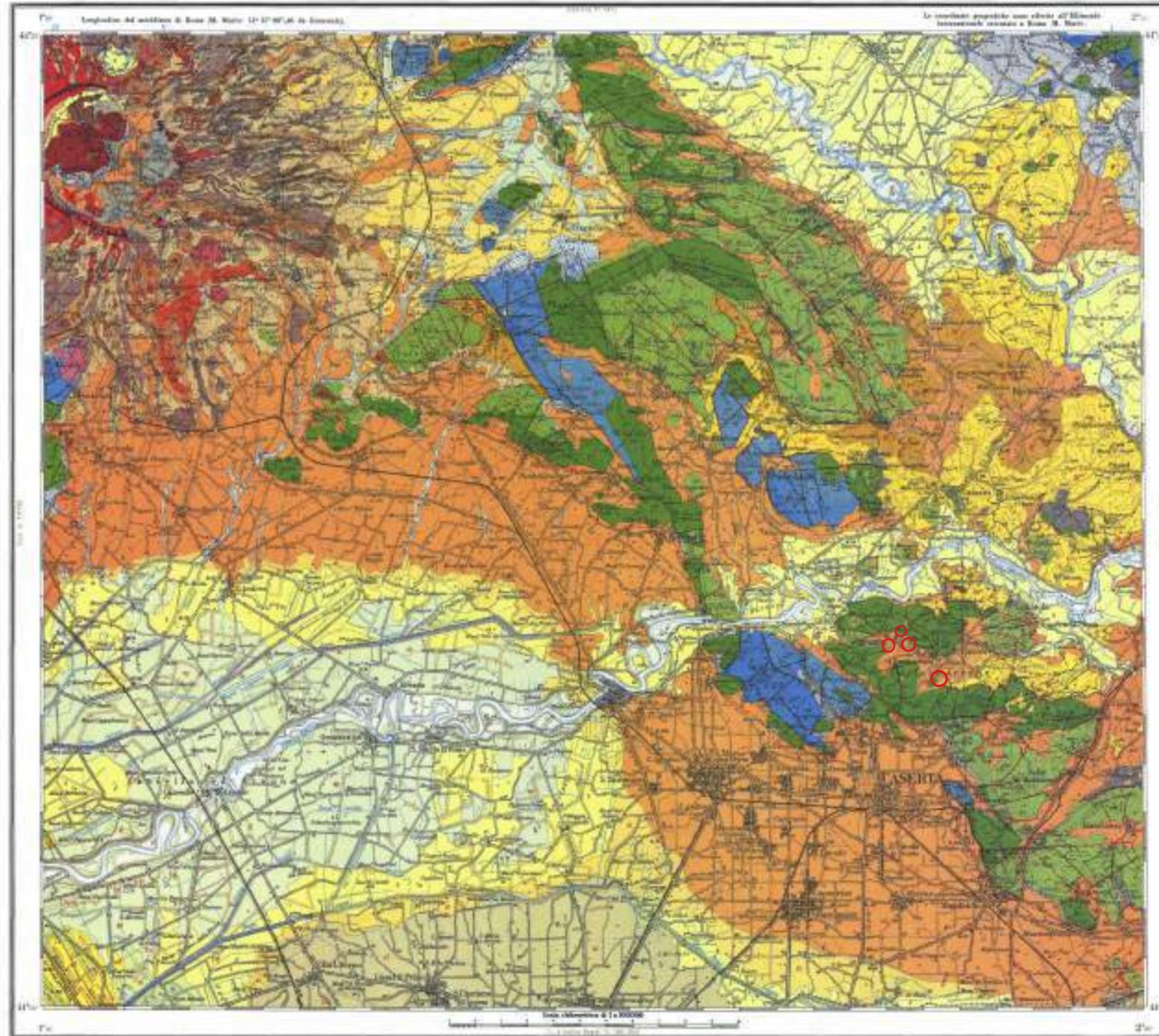


Area in esame

IL GEOLOGO
Dott. Antonio Petriccione

Scala 1:25.000

**STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100.000
FOGLIO 172 - CASERTA**



**COMUNE DI CASTEL MORRONE
(CE)**

COMMITTENTE: COMUNE DI CASTEL MORRONE

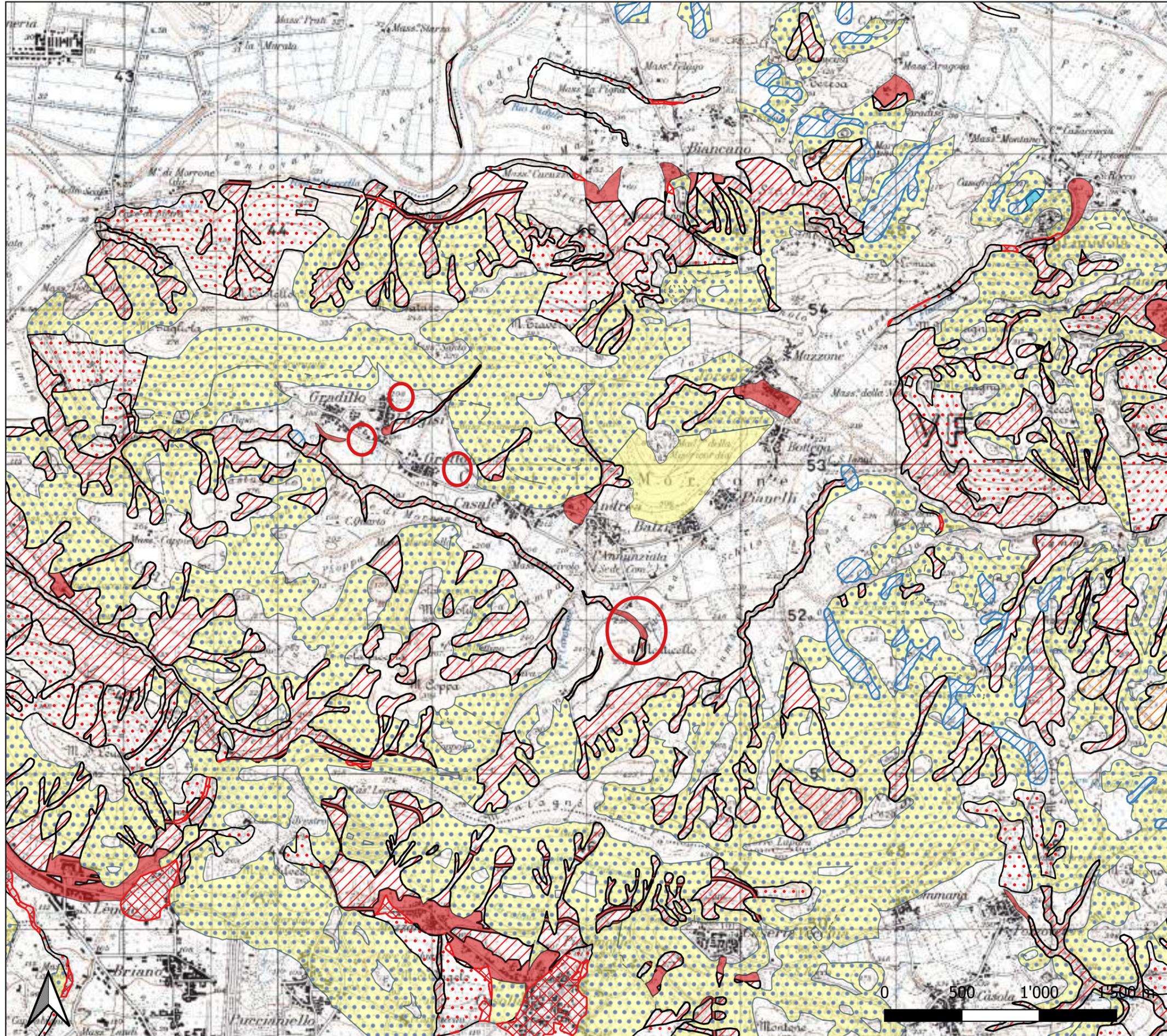
STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100.000
CON INDICAZIONE AREA IN ESAME
FOGLIO 172 - CASERTA



Aree in esame

IL GEOLOGO
Dott. Antonio Petriccione

Scala 1:100.000



COMUNE DI CASTEL MORRONE (CE)

COMUNE DI CASTEL MORRONE (CE)

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE
DI CASTEL MORRONE (CE)

PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO
AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE
APPENNINO MERIDIONALE

**AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE
APPENNINO MERIDIONALE
PSAI RISCHIO IDROGEOLOGICO**

-  Area a rischio moderato R1
 -  Area a rischio medio R2
 -  Area a rischio elevato R3
 -  Area a rischio molto elevato R4
 -  Area di moderata attenzione A1
 -  Area di media attenzione A2
 -  Area di medio-alta attenzione A3
 -  Area di alta attenzione A4
 -  Area a rischio potenzialmente alto Rpa
 -  Area di attenzione potenzialmente alta Apa
 -  Area a rischio potenzialmente basso Rpb
 -  Area di attenzione potenzialmente bassa Apb
- AMBITI RISCHIO IDROGEOLOGICO**
-  Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi carotgrafati all'interno - C1
 -  Area in esame

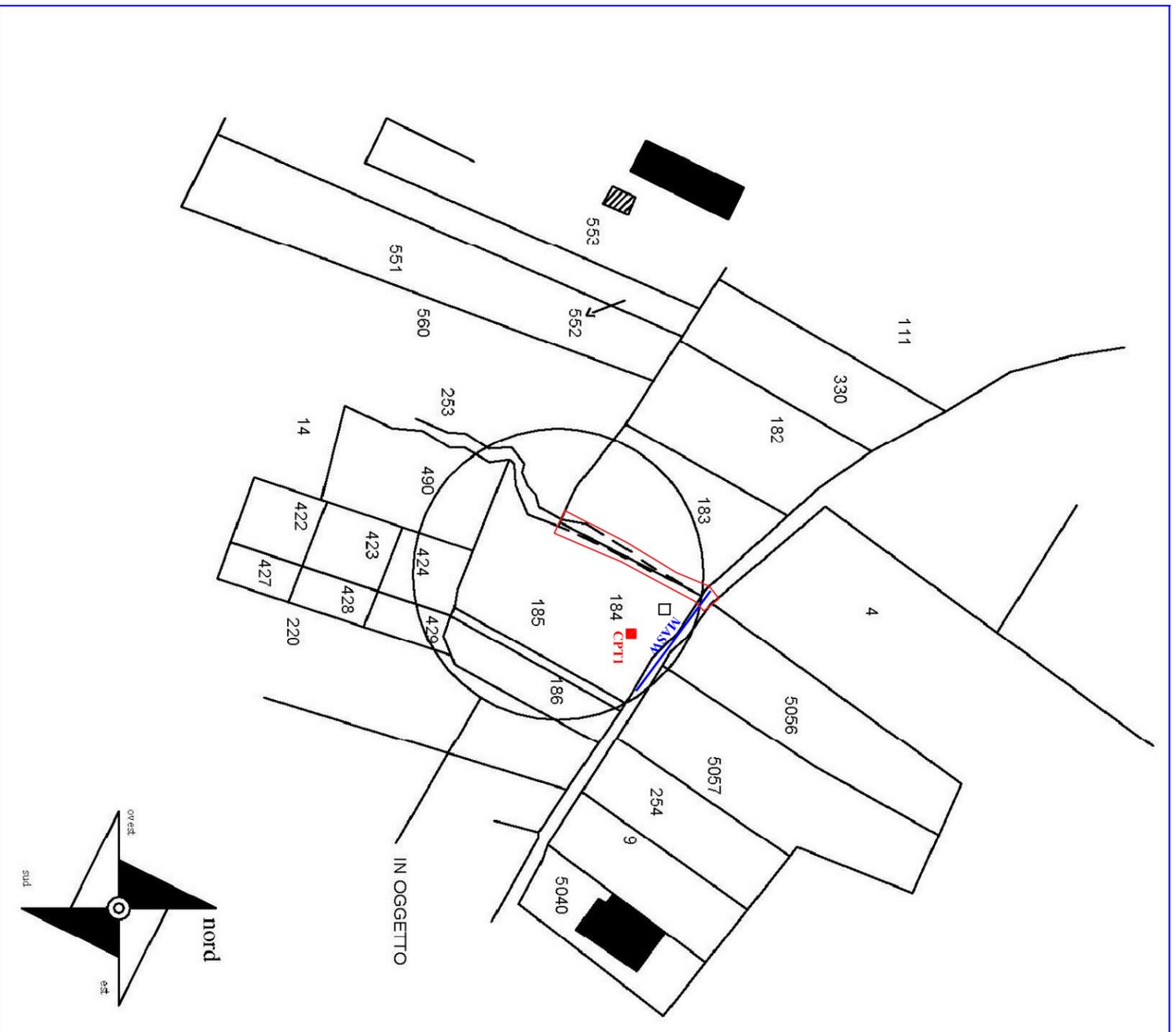
IL GEOLOGO
Dott. Antonio Petriccione

Scala 1:25.000

ALLEGATI INTERVENTO “A”

1. *Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche*
2. *Certificati prove penetrometriche statiche CPT*
3. *Elaborati indagine sismica Masw*

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI



Dott. Geol. Antonio Petriccione
Via Delle Costare, 15 - 81020
Castel Morrone Caserta
Tel. e Fax 0823399115/961 3483850177

Geo. Amb.
Studio di Geologia Applicata

COMUNE DI CASTEL MORRONE (CE)

COMMITTENTE: Comune di Castel Morrone

CANTIERE: Castel Morrone CE

LEGENDA

■ CPTI Prova penetrometrica statica CPT

MASW

Area di interesse

IL GEOLOGO
Dott. Antonio Petriccione

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

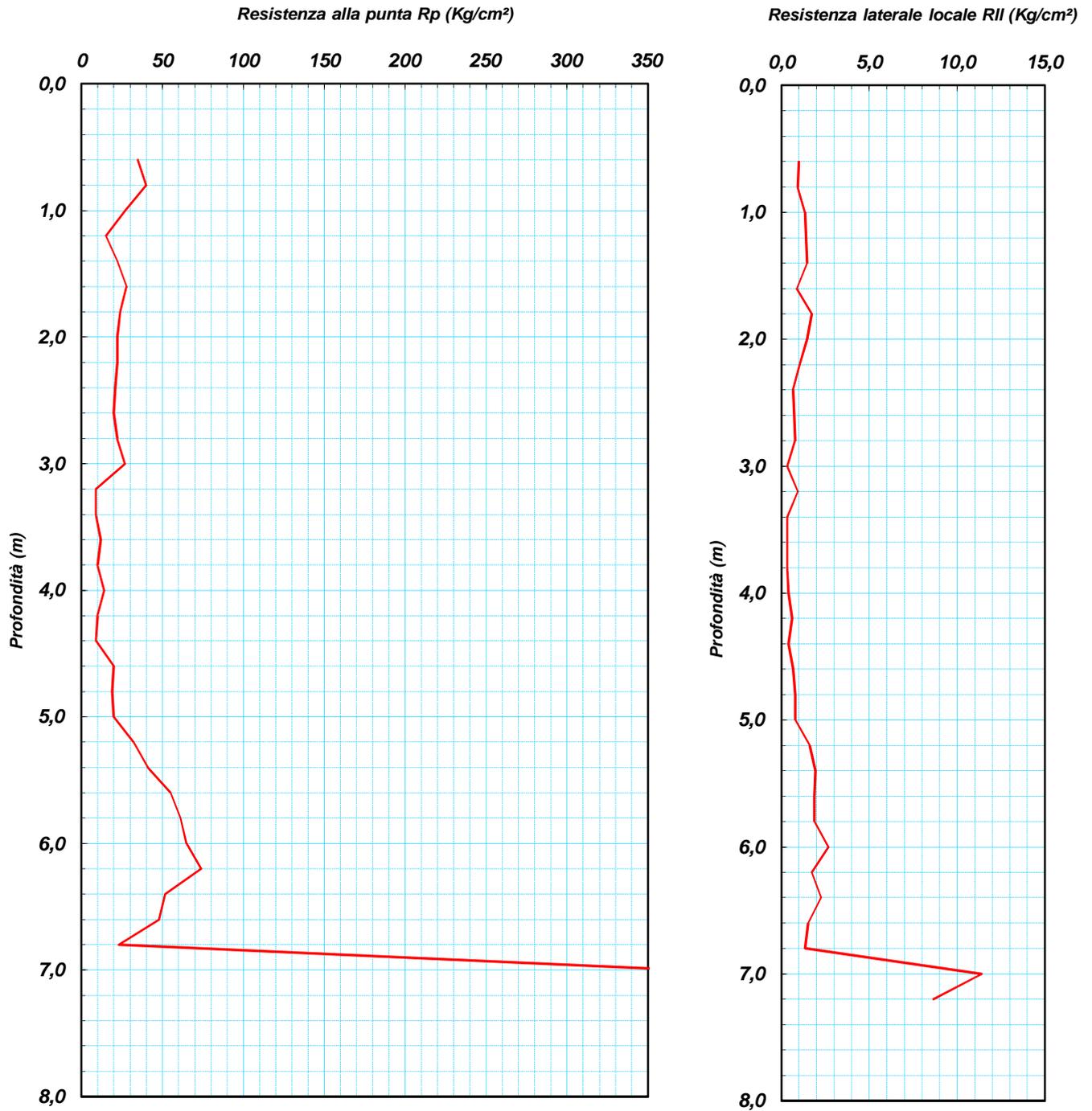
(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Comune di Castel Morrone

Cantiere: Via Abbatelle - Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.128402 / E14.341783 Data esecuz. prova: 09/03/2021

Prova (n): CPT 01



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Comune di Castel Morrone

Cantiere: Via Abbatelle - Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.128402 / E14.341783 Data esecuz. prova: 09/03/2021

Prova (n): CPT 01

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Rll (Kg/cm ²)	Rll (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Rll (Kg/cm ²)	Rll (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Rll (Kg/cm ²)	Rll (MPa)
0,6	35,0	3,43	1,0	0,10										
0,8	40,0	3,92	0,9	0,09										
1,0	27,0	2,65	1,3	0,13										
1,2	15,0	1,47	1,4	0,14										
1,4	22,0	2,16	1,5	0,14										
1,6	28,0	2,75	0,9	0,08										
1,8	24,0	2,35	1,7	0,17										
2,0	22,0	2,16	1,5	0,14										
2,2	22,0	2,16	1,1	0,10										
2,4	21,0	2,06	0,7	0,07										
2,6	20,0	1,96	0,7	0,07										
2,8	22,0	2,16	0,8	0,08										
3,0	27,0	2,65	0,3	0,03										
3,2	9,0	0,88	0,9	0,09										
3,4	9,0	0,88	0,3	0,03										
3,6	12,0	1,18	0,3	0,03										
3,8	10,0	0,98	0,3	0,03										
4,0	14,0	1,37	0,4	0,04										
4,2	10,0	0,98	0,6	0,06										
4,4	9,0	0,88	0,4	0,04										
4,6	20,0	1,96	0,7	0,07										
4,8	19,0	1,86	0,8	0,08										
5,0	20,0	1,96	0,8	0,08										
5,2	32,0	3,14	1,6	0,16										
5,4	41,0	4,02	1,9	0,19										
5,6	55,0	5,39	1,9	0,18										
5,8	61,0	5,98	1,9	0,18										
6,0	65,0	6,37	2,7	0,26										
6,2	74,0	7,26	1,7	0,17										
6,4	52,0	5,10	2,3	0,22										
6,6	48,0	4,71	1,5	0,15										
6,8	23,0	2,26	1,3	0,13										
7,0	370,0	36,29	11,4	1,12										
7,2	570,0	55,90	8,7	0,85										

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

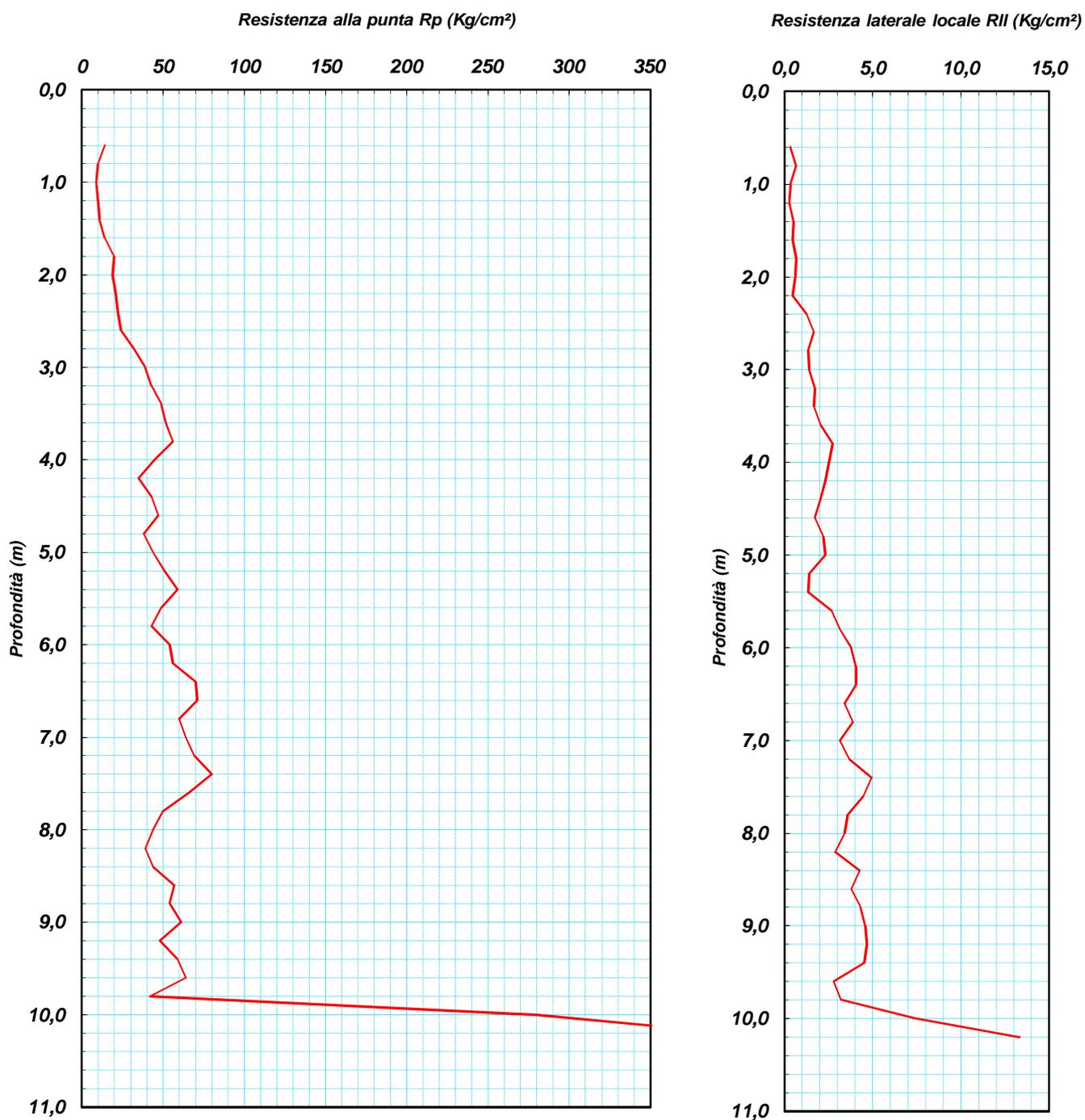
(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Comune di Castel Morrone

Cantiere: Via Abbatelle - Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.128380 / E14.342300 Data esecuz. prova: 09/03/2021

Prova (n): CPT 02



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Comune di Castel Morrone

Cantiere: Via Abbatele - Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.128380 / E14.342300 Data esecuz. prova: 09/03/2021

Prova (n): CPT 02

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rll (MPa)											
0,6	14,0	1,37	0,3	0,03	0,03	8,4	44,0	4,32	4,3	0,42			
0,8	10,0	0,98	0,7	0,07	0,07	8,6	57,0	5,59	3,8	0,37			
1,0	9,0	0,88	0,3	0,03	0,03	8,8	54,0	5,30	4,3	0,42			
1,2	10,0	0,98	0,3	0,03	0,03	9,0	61,0	5,98	4,6	0,45			
1,4	11,0	1,08	0,5	0,05	0,05	9,2	48,0	4,71	4,7	0,46			
1,6	14,0	1,37	0,5	0,05	0,05	9,4	59,0	5,79	4,5	0,44			
1,8	20,0	1,96	0,7	0,07	0,07	9,6	64,0	6,28	2,8	0,27			
2,0	19,0	1,86	0,6	0,06	0,06	9,8	42,0	4,12	3,2	0,31			
2,2	21,0	2,06	0,5	0,05	0,05	10,0	280,0	27,46	7,4	0,73			
2,4	22,0	2,16	1,3	0,12	0,12	10,2	400,0	39,23	13,3	1,31			
2,6	24,0	2,35	1,7	0,16	0,16								
2,8	32,0	3,14	1,3	0,13	0,13								
3,0	39,0	3,82	1,4	0,14	0,14								
3,2	43,0	4,22	1,7	0,17	0,17								
3,4	49,0	4,81	1,7	0,16	0,16								
3,6	52,0	5,10	2,1	0,20	0,20								
3,8	56,0	5,49	2,7	0,27	0,27								
4,0	45,0	4,41	2,5	0,25	0,25								
4,2	35,0	3,43	2,3	0,23	0,23								
4,4	43,0	4,22	2,1	0,20	0,20								
4,6	47,0	4,61	1,7	0,17	0,17								
4,8	38,0	3,73	2,2	0,22	0,22								
5,0	44,0	4,32	2,3	0,23	0,23								
5,2	51,0	5,00	1,4	0,14	0,14								
5,4	59,0	5,79	1,3	0,13	0,13								
5,6	49,0	4,81	2,7	0,26	0,26								
5,8	43,0	4,22	3,1	0,31	0,31								
6,0	54,0	5,30	3,8	0,37	0,37								
6,2	56,0	5,49	4,1	0,40	0,40								
6,4	70,0	6,86	4,1	0,40	0,40								
6,6	71,0	6,96	3,4	0,33	0,33								
6,8	60,0	5,88	3,9	0,38	0,38								
7,0	64,0	6,28	3,1	0,31	0,31								
7,2	69,0	6,77	3,7	0,36	0,36								
7,4	80,0	7,85	4,9	0,48	0,48								
7,6	66,0	6,47	4,5	0,44	0,44								
7,8	50,0	4,90	3,6	0,35	0,35								
8,0	44,0	4,32	3,4	0,33	0,33								
8,2	39,0	3,82	2,9	0,28	0,28								

PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Comune di Castel Morrone

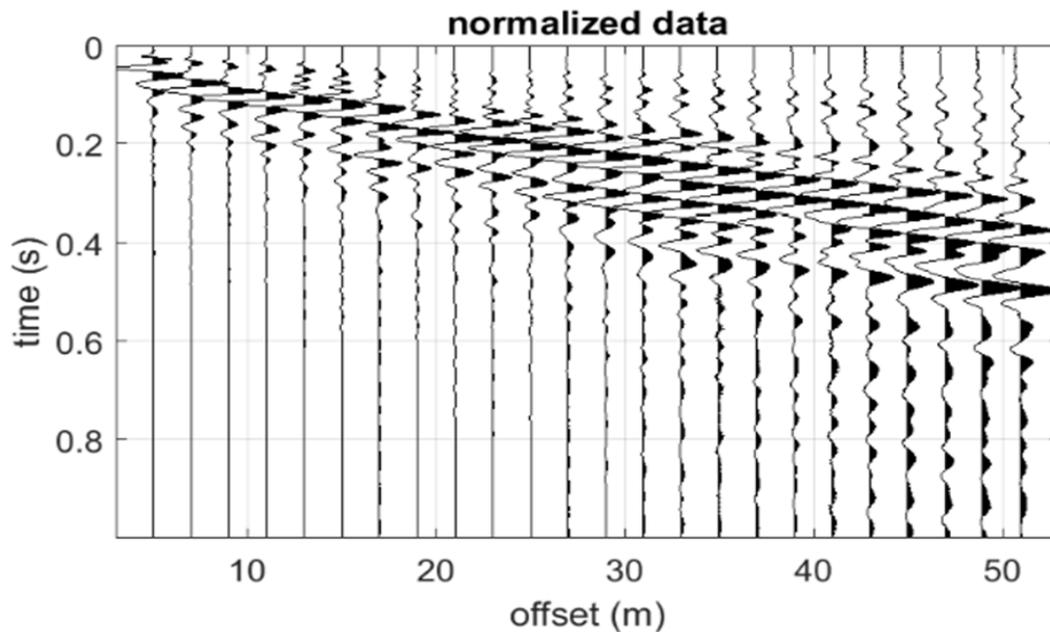
Cantiere: Via Abbatelle

Data esecuzione prova: 29/03/2021

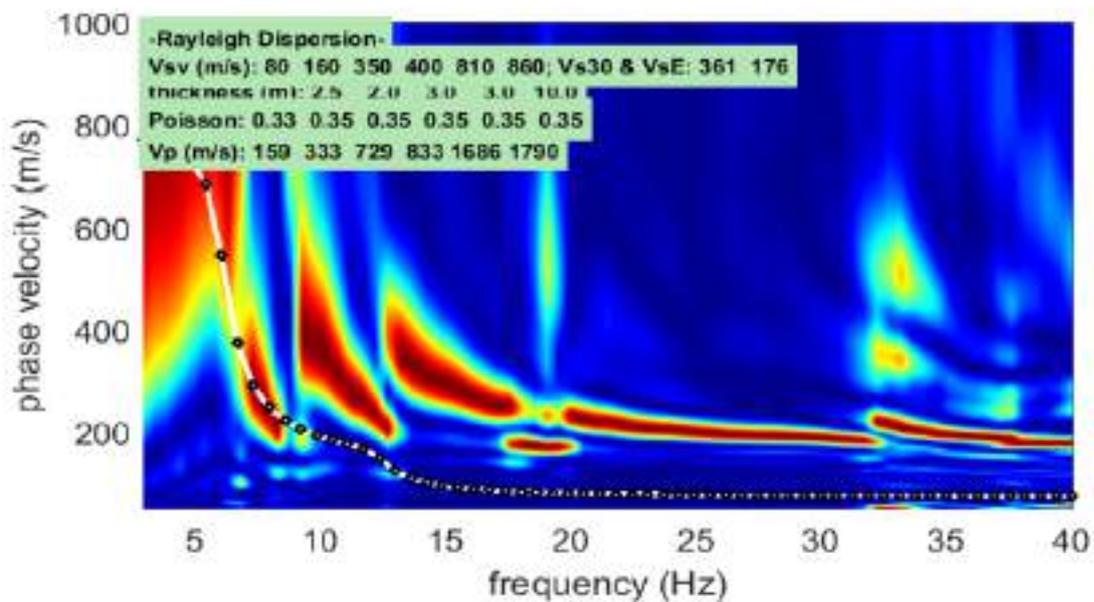
Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 01/04/2021

Registrazione di campagna delle tracce



Analisi delle frequenze e curva di dispersione calcolata dal modello del terreno



PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Comune di Castel Morrone

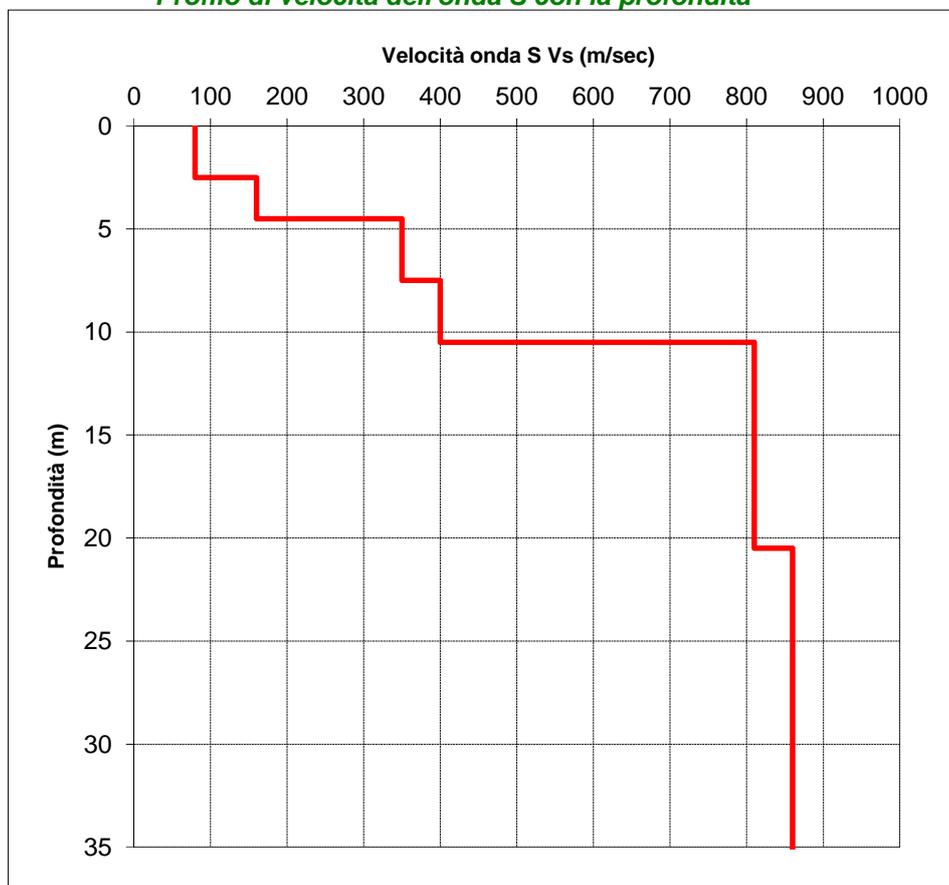
Cantiere: Via Abbatelle

Data esecuzione prova: 29/03/2021

Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 01/04/2021

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Calcolo del Vs,eq

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0,00	2,50	80	0,0313
2,50	4,50	160	0,0125
4,50	7,50	350	0,0086
7,50	10,50	400	0,0075
10,50	20,50	810	0,0123
20,50	35,50	860	0,0174

VALORE DI Vs,30 CALCOLATO (m/s)
361

VALORE DI Vs,eq CALCOLATO (m/s)
176

Categoria di sottosuolo
E

ALLEGATI INTERVENTO “B”

1. *Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche*
2. *Certificati prova penetrometrica statica CPT*
3. *Elaborati indagine sismica Masw*

PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI



Geo.AMB
Studio di geologia applicata

COMUNE DI CASTEL MORRONE Provincia di Caserta

COMMITTENTE:
Comune di Castel Morrone

OGGETTO:
*Ripristino e Messa in Sicurezza di un Tratto
di Via Abbatele*

LOCALITA':
Via Abbatele, Castel Morrone (CE)

LEGENDA

 CPTn Prova Penetrometrica Statica

 Masw Indagine sismica Masw

 Traccia di sezione Geologica e Geotecnica

IL GEOLOGO
Dott. Antonio Petriccione

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Cantiere: Via Abbatele Castel Morrone

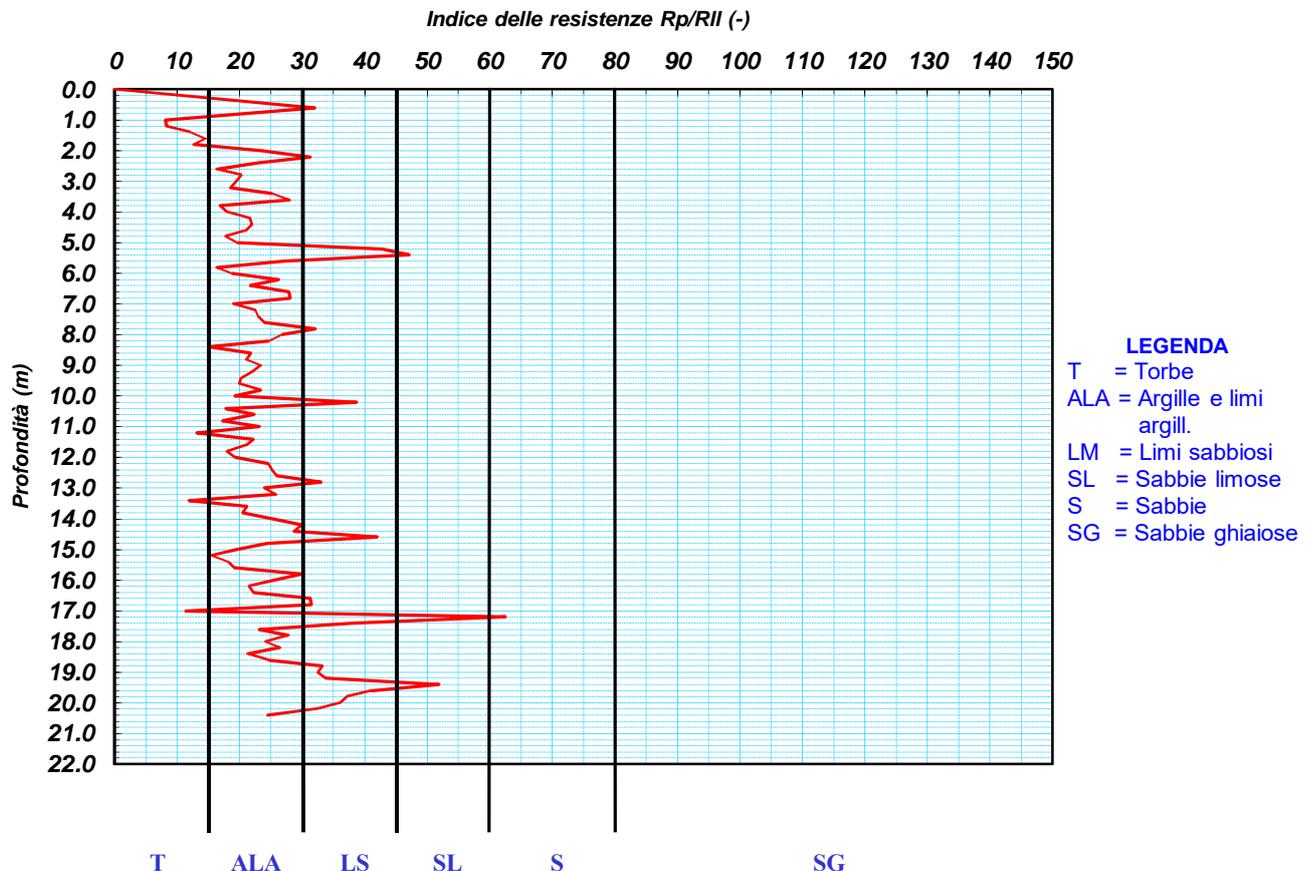
Data esecuzione prova: 11/09/2009

Prova (n): **C.P.T. 01**

Profondità massima (m): 20.40

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profond. da (m)	Profond. a (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0	4.6	1.50	31.00	1.83	16.9	28	1.38	35	93	Argille e limi argill.
2	4.6	7.8	1.40	17.00	0.68	25.0	25	0.73	9	51	Limi sabbiosi
3	7.8	9.6	1.45	29.00	1.39	20.9	27	1.26	22	87	Argille e limi argill.
4	9.6	13.4	1.55	44.00	2.05	21.4	28	1.92	32	132	Argille e limi argill.
5	13.4	14.6	1.45	21.00	0.74	28.2	24	0.86	2	63	Limi sabbiosi
6	14.6	20.4	1.55	42.00	1.61	26.1	27	1.79	22	126	Limi sabbiosi



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

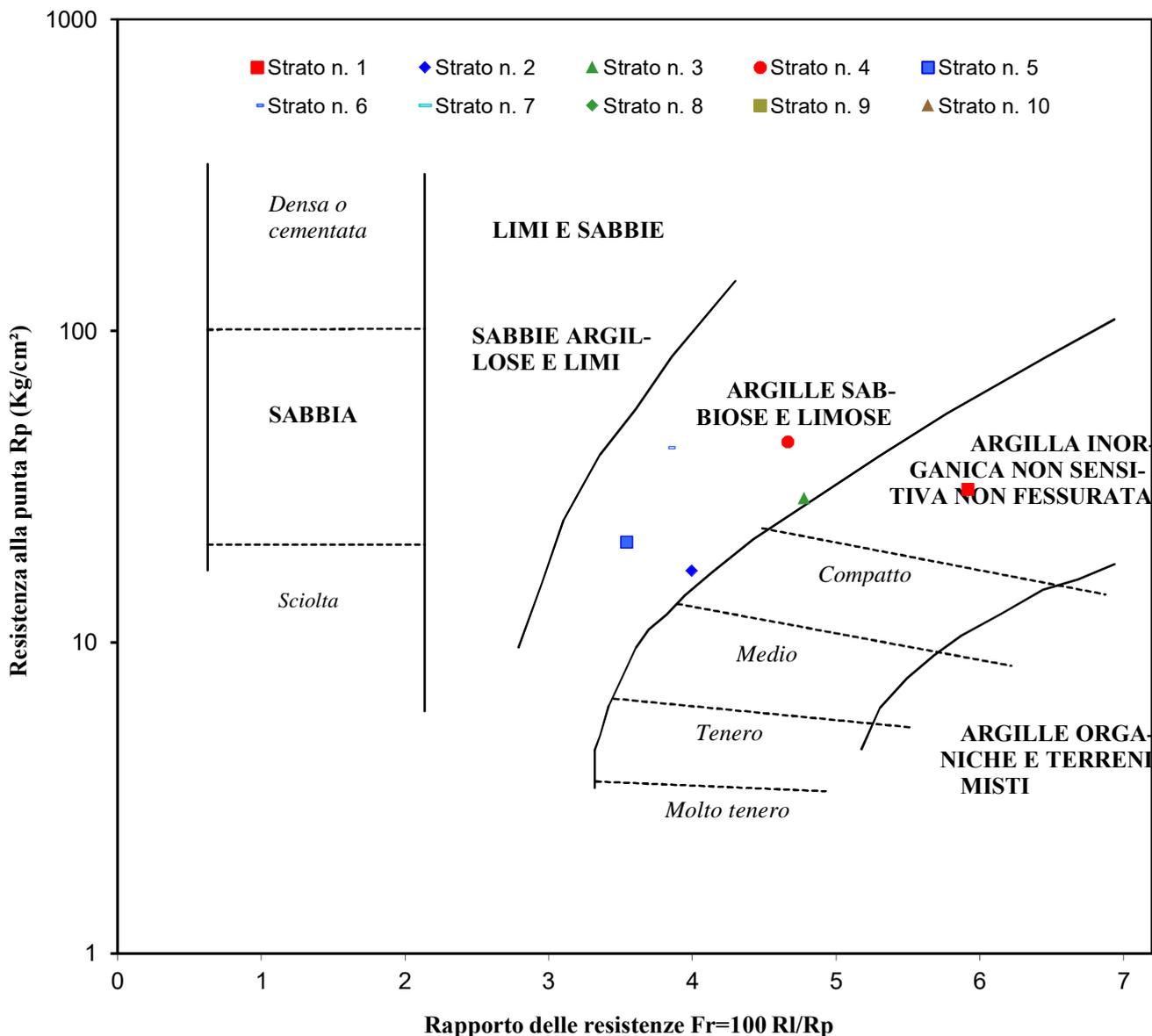
Cantiere: *Via Abbatelle Castel Morrone*

Data esecuzione prova: *11/09/2009*

Prova (n): **C.P.T. 01**

Profondità massima (m): *20.40*

CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SECONDO IL METODO DI SCHMERTMANN



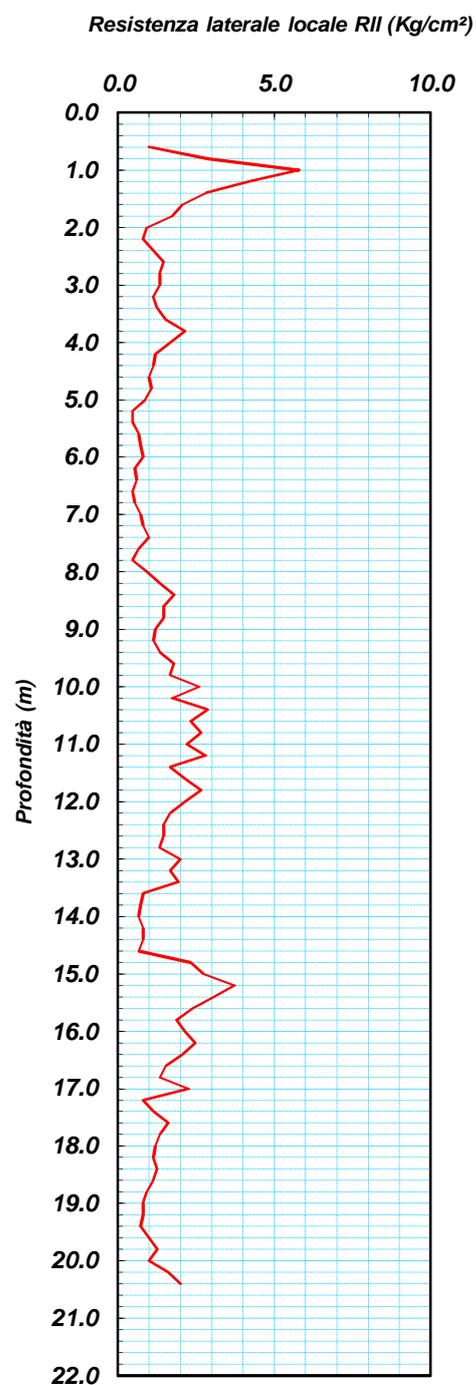
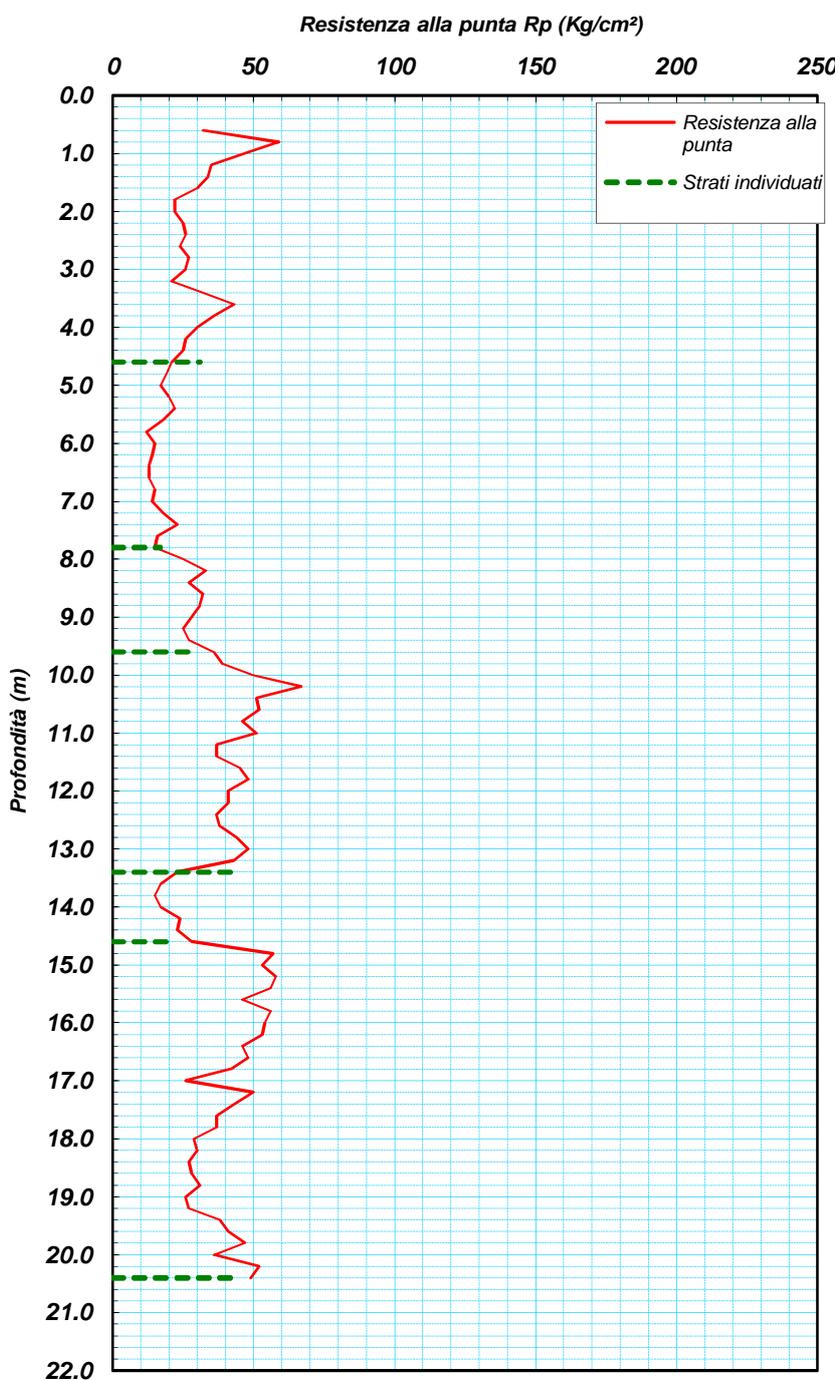
PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Cantiere: *Via Abbatelle Castel Morrone*

Data esecuzione prova: 11/09/2009

Prova (n): **C.P.T. 01**

Profondità massima (m): 20.40



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Cantiere: *Via Abbatele Castel Morrone*

Data esecuzione prova: *11/09/2009*

Prova (n): **C.P.T. 01**

Profondità massima (m): *20.40*

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	MPa	Ril (Kg/cm ²)	MPa	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	MPa	Ril (Kg/cm ²)	MPa	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	MPa	Ril (Kg/cm ²)	MPa
0.6	32.0	3.14	1.0	0.10	8.4	27.0	2.65	1.8	0.18	16.2	53.0	5.20	2.5	0.24
0.8	59.0	5.79	2.9	0.28	8.6	32.0	3.14	1.5	0.14	16.4	46.0	4.51	2.1	0.20
1.0	47.0	4.61	5.8	0.57	8.8	31.0	3.04	1.5	0.14	16.6	48.0	4.71	1.5	0.15
1.2	35.0	3.43	4.2	0.41	9.0	28.0	2.75	1.2	0.12	16.8	42.0	4.12	1.3	0.13
1.4	34.0	3.33	2.8	0.27	9.2	25.0	2.45	1.1	0.11	17.0	26.0	2.55	2.3	0.22
1.6	30.0	2.94	2.1	0.20	9.4	27.0	2.65	1.3	0.13	17.2	50.0	4.90	0.8	0.08
1.8	22.0	2.16	1.7	0.17	9.6	36.0	3.53	1.8	0.18	17.4	43.0	4.22	1.1	0.11
2.0	22.0	2.16	0.9	0.09	9.8	39.0	3.82	1.7	0.16	17.6	37.0	3.63	1.6	0.16
2.2	25.0	2.45	0.8	0.08	10.0	50.0	4.90	2.6	0.25	17.8	37.0	3.63	1.3	0.13
2.4	26.0	2.55	1.1	0.11	10.2	67.0	6.57	1.7	0.17	18.0	29.0	2.84	1.2	0.12
2.6	24.0	2.35	1.5	0.14	10.4	51.0	5.00	2.9	0.28	18.2	30.0	2.94	1.1	0.11
2.8	27.0	2.65	1.3	0.13	10.6	52.0	5.10	2.3	0.23	18.4	27.0	2.65	1.3	0.12
3.0	26.0	2.55	1.3	0.13	10.8	46.0	4.51	2.7	0.26	18.6	28.0	2.75	1.1	0.11
3.2	21.0	2.06	1.1	0.11	11.0	51.0	5.00	2.2	0.22	18.8	31.0	3.04	0.9	0.09
3.4	32.0	3.14	1.3	0.12	11.2	37.0	3.63	2.8	0.27	19.0	26.0	2.55	0.8	0.08
3.6	43.0	4.22	1.5	0.15	11.4	37.0	3.63	1.7	0.16	19.2	27.0	2.65	0.8	0.08
3.8	36.0	3.53	2.1	0.21	11.6	45.0	4.41	2.1	0.21	19.4	38.0	3.73	0.7	0.07
4.0	30.0	2.94	1.7	0.16	11.8	48.0	4.71	2.7	0.26	19.6	41.0	4.02	1.0	0.10
4.2	26.0	2.55	1.2	0.12	12.0	41.0	4.02	2.1	0.21	19.8	47.0	4.61	1.3	0.12
4.4	25.0	2.45	1.1	0.11	12.2	41.0	4.02	1.7	0.16	20.0	36.0	3.53	1.0	0.10
4.6	21.0	2.06	1.0	0.10	12.4	37.0	3.63	1.5	0.14	20.2	52.0	5.10	1.6	0.16
4.8	19.0	1.86	1.1	0.10	12.6	38.0	3.73	1.5	0.14	20.4	49.0	4.81	2.0	0.20
5.0	17.0	1.67	0.9	0.08	12.8	44.0	4.32	1.3	0.13					
5.2	20.0	1.96	0.5	0.05	13.0	48.0	4.71	2.0	0.20					
5.4	22.0	2.16	0.5	0.05	13.2	43.0	4.22	1.7	0.16					
5.6	18.0	1.77	0.7	0.07	13.4	23.0	2.26	1.9	0.19					
5.8	12.0	1.18	0.7	0.07	13.6	17.0	1.67	0.8	0.08					
6.0	15.0	1.47	0.8	0.08	13.8	15.0	1.47	0.7	0.07					
6.2	14.0	1.37	0.5	0.05	14.0	17.0	1.67	0.7	0.07					
6.4	13.0	1.27	0.6	0.06	14.2	24.0	2.35	0.8	0.08					
6.6	13.0	1.27	0.5	0.05	14.4	23.0	2.26	0.8	0.08					
6.8	15.0	1.47	0.5	0.05	14.6	28.0	2.75	0.7	0.07					
7.0	14.0	1.37	0.7	0.07	14.8	57.0	5.59	2.3	0.23					
7.2	18.0	1.77	0.8	0.08	15.0	53.0	5.20	2.7	0.27					
7.4	23.0	2.26	1.0	0.10	15.2	58.0	5.69	3.7	0.37					
7.6	16.0	1.57	0.7	0.07	15.4	56.0	5.49	3.1	0.30					
7.8	15.0	1.47	0.5	0.05	15.6	46.0	4.51	2.4	0.24					
8.0	25.0	2.45	0.9	0.09	15.8	56.0	5.49	1.9	0.18					
8.2	33.0	3.24	1.3	0.13	16.0	54.0	5.30	2.1	0.21					

PROVA SISMICA Vs30 METODO MASW

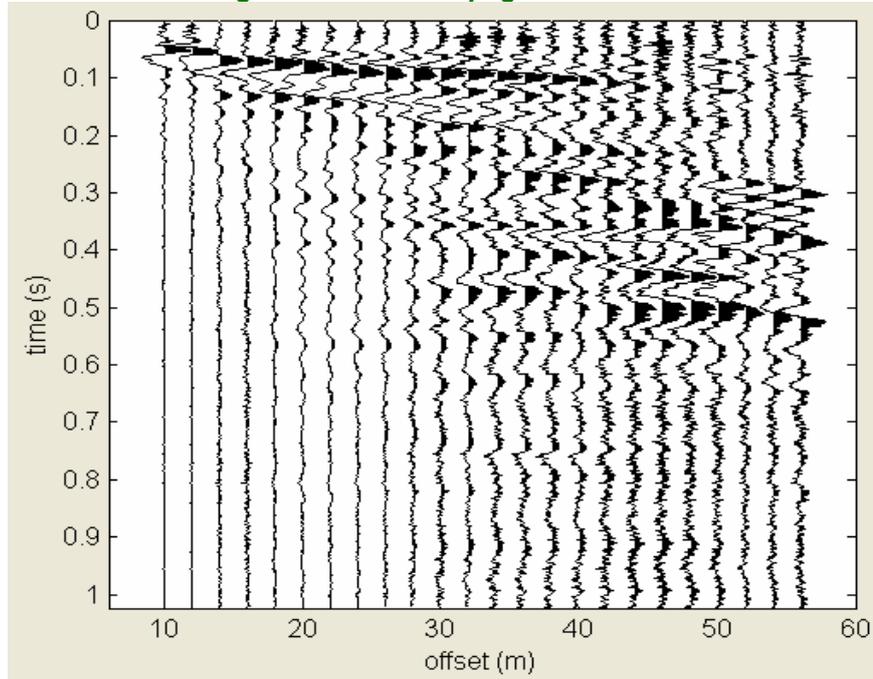
Cantiere: Via Abbatelle Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova: 15/06/2012

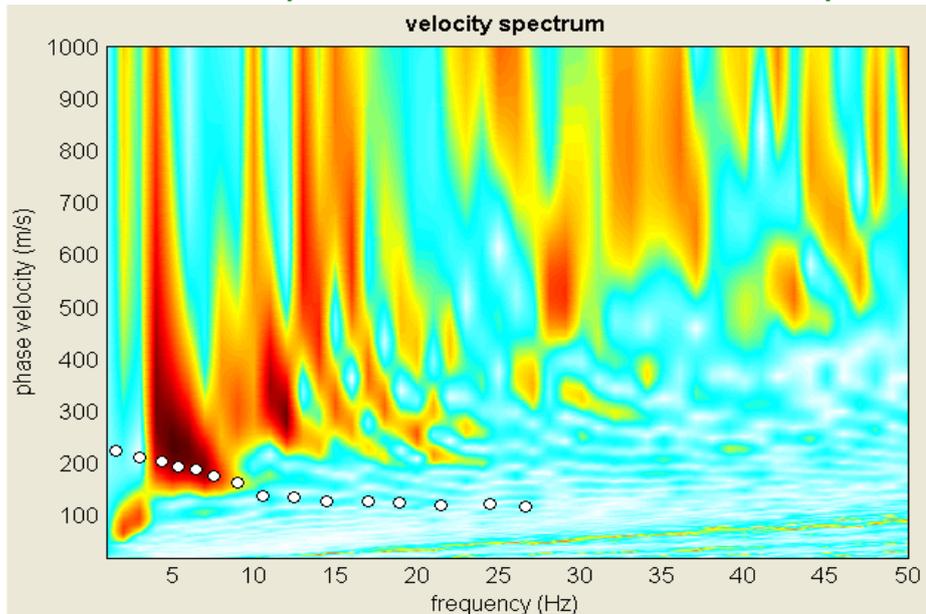
Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 03/08/2022

Registrazione di campagna delle tracce



Analisi delle frequenze ed individuazione della curva di dispersione



PROVA SISMICA Vs30 METODO MASW

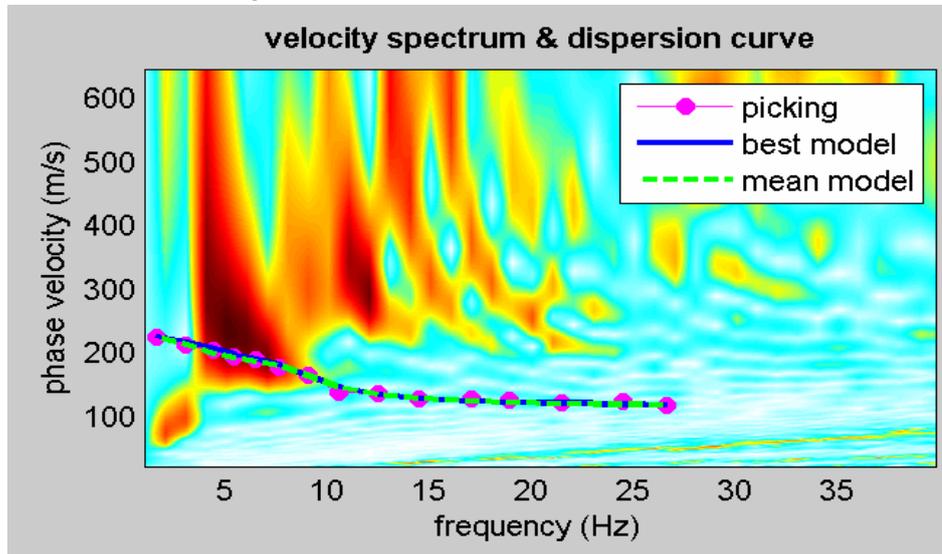
Cantiere: Via Abbatele Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova: 15/06/2012

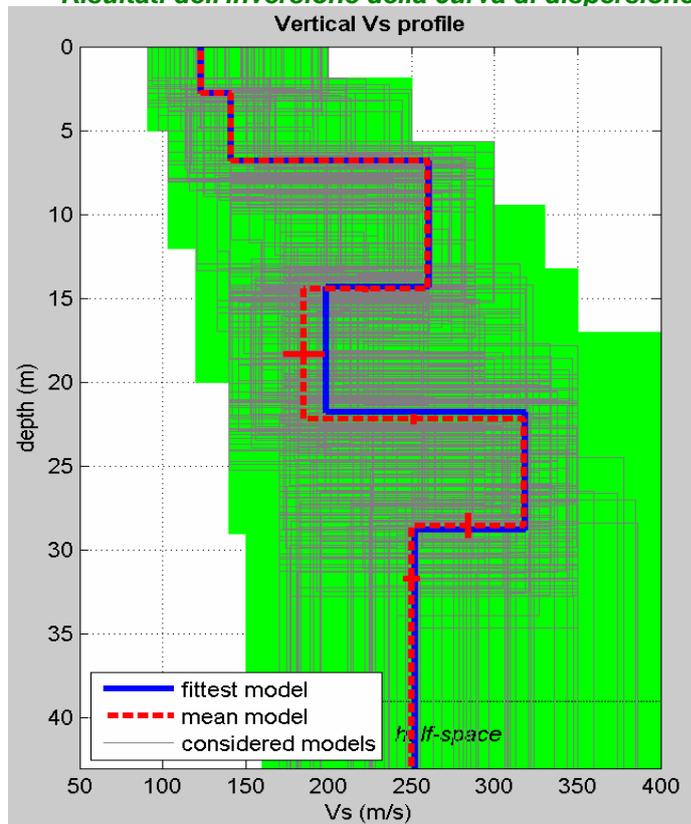
Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 03/08/2022

Curva di dispersione misurata - calcolata dal modello del terreno



Risultati dell'inversione della curva di dispersione



IL RESPONSABILE DEL SETTORE

Dott. Geol. Carmencita Ventrone

PROVA SISMICA Vs30 METODO MASW

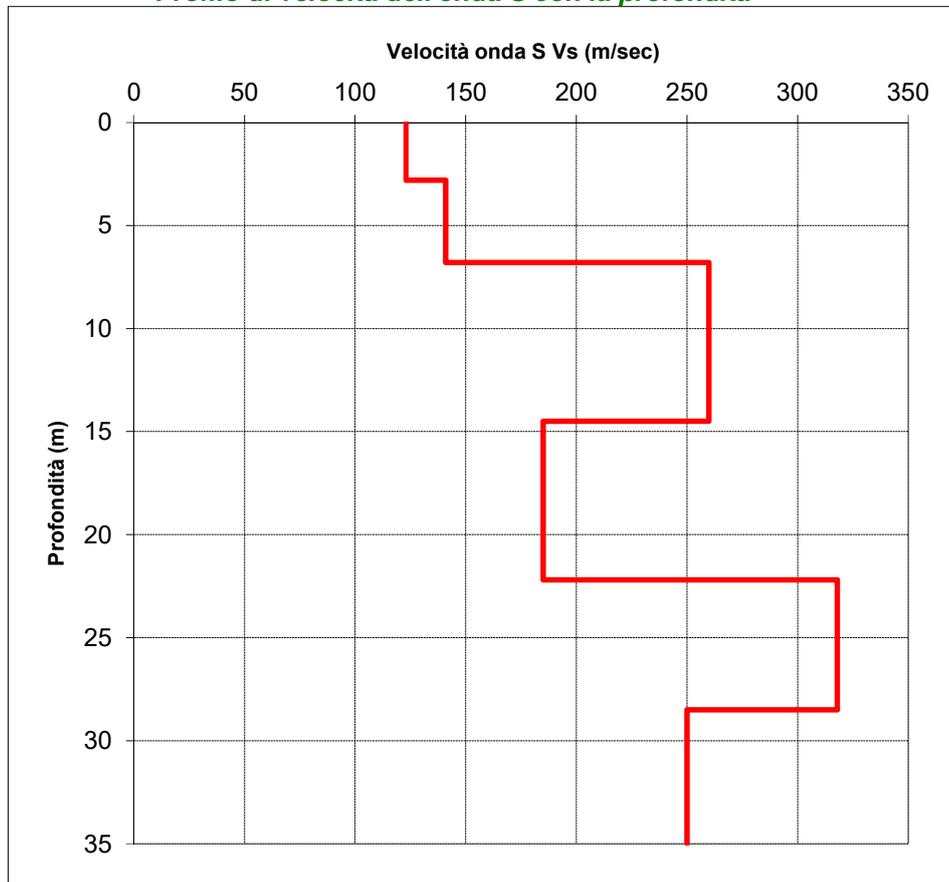
Cantiere: Via Abbatelle Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova: 15/06/2012

Prova MASW: M1

Data emissione certificato: 03/08/2022

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Calcolo del Vs30

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	2.80	123	0.0228
2.80	6.80	141	0.0284
6.80	14.50	260	0.0296
14.50	22.20	185	0.0416
22.20	28.50	318	0.0198
28.50	35.00	250	0.0260

VALORE DI Vs30 CALCOLATO (m/sec)
203

Categoria di sottosuolo
C

ALLEGATI INTERVENTO “C”

1. *Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche*
2. *Certificati prove penetrometriche statiche CPT*
3. *Elaborati indagine sismica Masw*

PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI



Geo.AMB
Studio di geologia applicata

COMUNE DI CASTEL MORRONE
Provincia di Caserta

COMMITTENTE:
Comune di Castel Morrone

INTERVENTO C VILLA COMUNALE

LEGENDA

● CPTn Prova Penetrometrica Statica

Masw Indagine sismica Masw

A
B
Traccia di sezione Geologica e Geotecnica

IL GEOLOGO
Dott. Antonio Petriccione

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

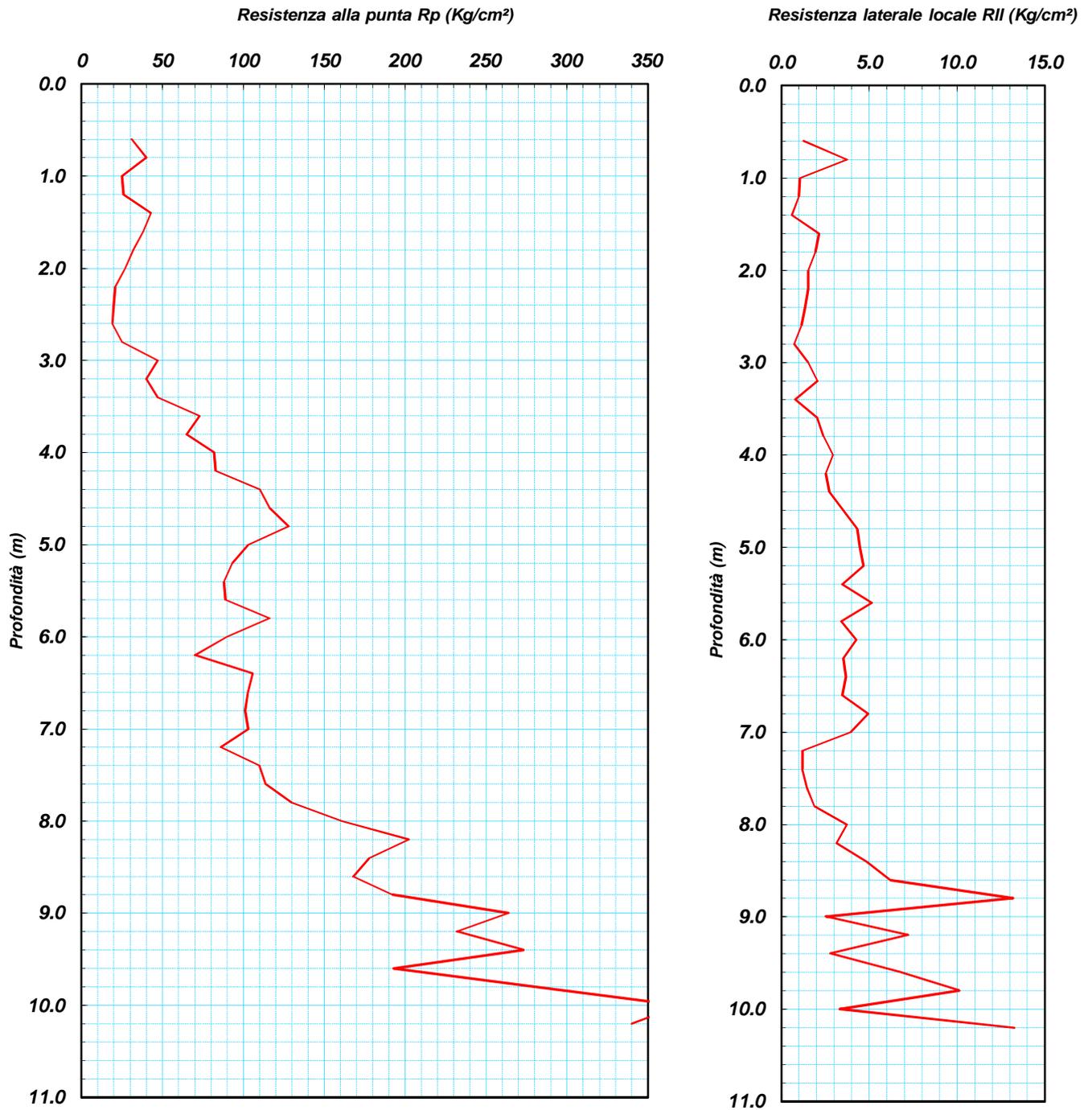
Committente: Comune di Castel Morrone

Id Int. 260 / 22

Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.125520° / E14.338360° Data esecuz. prova: 24/06/2022

Prova (n): CPT 01 Certificato n° 0558/22 del 03/08/2022 Quota (m. slm):



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Comune di Castel Morrone

Id Int. 260 / 22

Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.125520° / E14.338360° Data esecuz. prova: 24/06/2022

Prova (n): CPT 01 Certificato n° 0558/22 del 03/08/2022 Quota (m. slm):

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rll (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rll (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rll (MPa)	
0.6	31.0	3.04	1.3	0.12	8.4	178.0	17.46	4.9	0.48
0.8	40.0	3.92	3.7	0.37	8.6	168.0	16.48	6.2	0.61
1.0	25.0	2.45	1.1	0.10	8.8	192.0	18.83	13.2	1.29
1.2	26.0	2.55	1.0	0.10	9.0	264.0	25.89	2.5	0.25
1.4	43.0	4.22	0.6	0.06	9.2	232.0	22.75	7.2	0.71
1.6	38.0	3.73	2.1	0.21	9.4	273.0	26.77	2.8	0.27
1.8	32.0	3.14	1.9	0.19	9.6	193.0	18.93	6.7	0.66
2.0	27.0	2.65	1.5	0.15	9.8	281.0	27.56	10.1	0.99
2.2	21.0	2.06	1.5	0.15	10.0	370.0	36.29	3.3	0.33
2.4	20.0	1.96	1.3	0.13	10.2	340.0	33.34	13.3	1.30
2.6	19.0	1.86	1.1	0.11					
2.8	25.0	2.45	0.7	0.07					
3.0	47.0	4.61	1.5	0.15					
3.2	40.0	3.92	2.1	0.20					
3.4	47.0	4.61	0.8	0.08					
3.6	73.0	7.16	2.1	0.20					
3.8	65.0	6.37	2.4	0.24					
4.0	82.0	8.04	2.9	0.29					
4.2	83.0	8.14	2.5	0.25					
4.4	110.0	10.79	2.7	0.27					
4.6	116.0	11.38	3.5	0.35					
4.8	128.0	12.55	4.3	0.42					
5.0	103.0	10.10	4.5	0.44					
5.2	93.0	9.12	4.7	0.46					
5.4	88.0	8.63	3.5	0.34					
5.6	89.0	8.73	5.1	0.50					
5.8	116.0	11.38	3.4	0.33					
6.0	90.0	8.83	4.3	0.42					
6.2	70.0	6.86	3.5	0.35					
6.4	106.0	10.40	3.7	0.36					
6.6	103.0	10.10	3.5	0.34					
6.8	101.0	9.91	4.9	0.48					
7.0	103.0	10.10	3.9	0.39					
7.2	86.0	8.43	1.2	0.12					
7.4	110.0	10.79	1.2	0.12					
7.6	114.0	11.18	1.5	0.14					
7.8	130.0	12.75	1.9	0.18					
8.0	161.0	15.79	3.7	0.37					
8.2	202.0	19.81	3.1	0.31					

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Comune di Castel Morrone

Id Int. 260 / 22

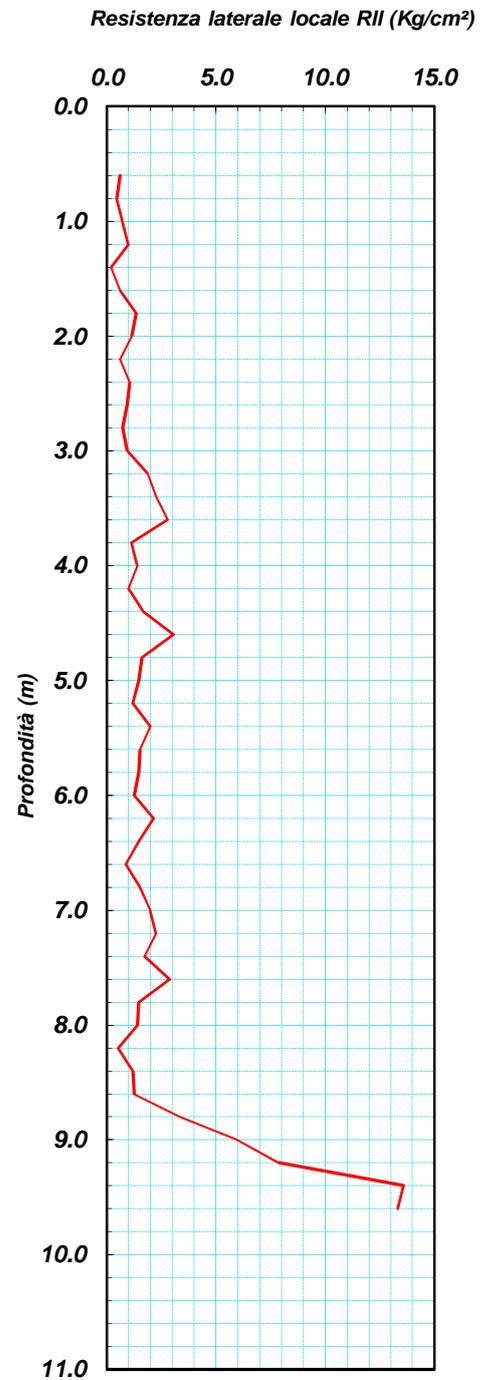
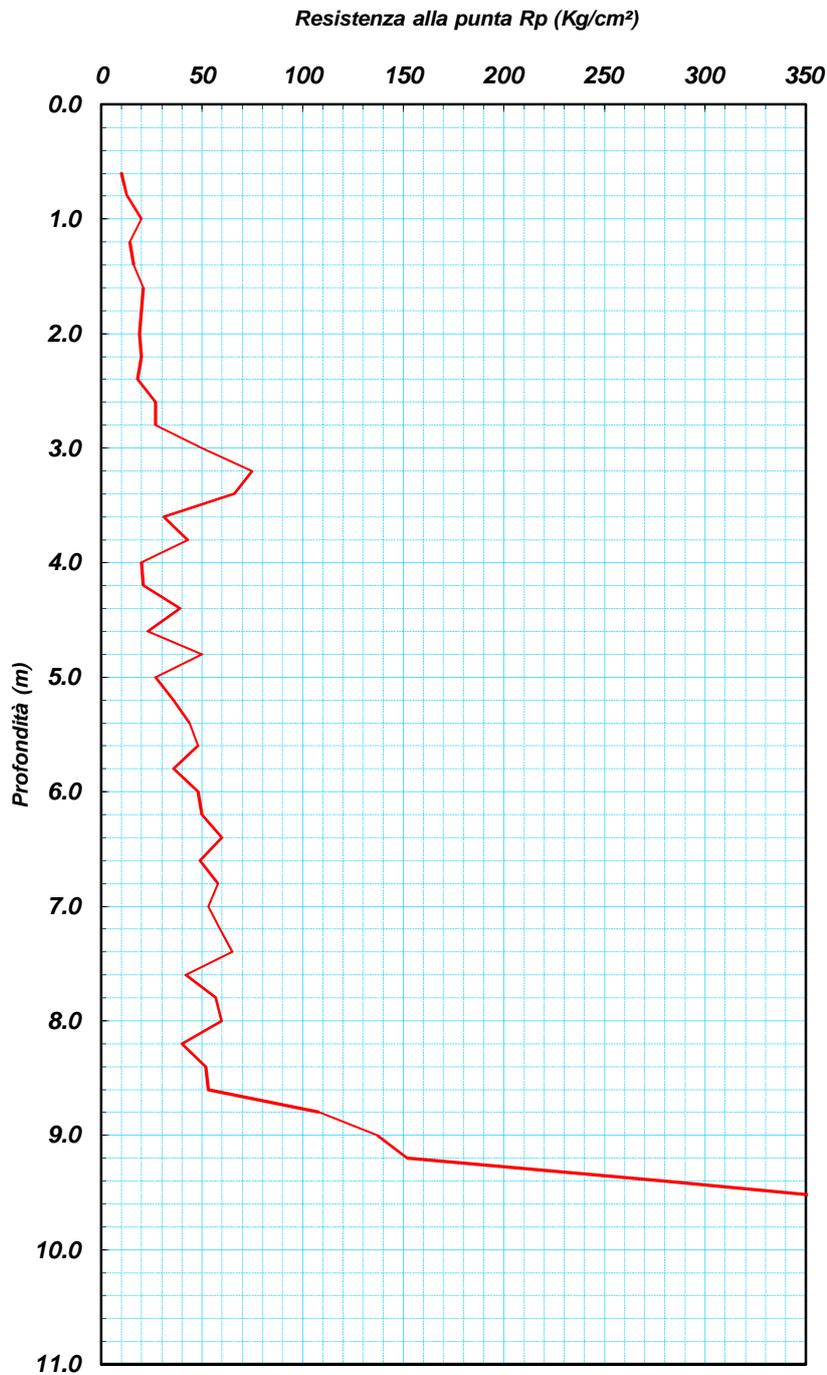
Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.125730° / E14.338160° Data esecuz. prova: 24/06/2022

Prova (n): CPT 02

Certificato n° 0559/22

del 03/08/2022 Quota (m. slm):



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Comune di Castel Morrone

Id Int. 260 / 22

Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.125730° / E14.338160° Data esecuz. prova: 24/06/2022

Prova (n): CPT 02 Certificato n° 0559/22 del 03/08/2022 Quota (m. slm):

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	MPa	Ril (Kg/cm ²)	MPa	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	MPa	Ril (Kg/cm ²)	MPa	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	MPa	Ril (Kg/cm ²)	MPa
0.6	10.0	0.98	0.6	0.06	8.4	52.0	5.10	1.2	0.12					
0.8	13.0	1.27	0.5	0.05	8.6	53.0	5.20	1.3	0.12					
1.0	20.0	1.96	0.7	0.07	8.8	108.0	10.59	3.3	0.33					
1.2	14.0	1.37	1.0	0.10	9.0	137.0	13.44	5.9	0.58					
1.4	16.0	1.57	0.2	0.02	9.2	152.0	14.91	7.9	0.77					
1.6	21.0	2.06	0.6	0.06	9.4	280.0	27.46	13.6	1.33					
1.8	20.0	1.96	1.3	0.13	9.6	400.0	39.23	13.3	1.31					
2.0	19.0	1.86	1.1	0.11										
2.2	20.0	1.96	0.6	0.06										
2.4	18.0	1.77	1.1	0.10										
2.6	27.0	2.65	0.9	0.09										
2.8	27.0	2.65	0.7	0.07										
3.0	50.0	4.90	0.9	0.09										
3.2	75.0	7.36	1.9	0.18										
3.4	66.0	6.47	2.3	0.22										
3.6	31.0	3.04	2.8	0.27										
3.8	43.0	4.22	1.1	0.11										
4.0	20.0	1.96	1.4	0.14										
4.2	21.0	2.06	1.0	0.10										
4.4	39.0	3.82	1.7	0.16										
4.6	23.0	2.26	3.1	0.30										
4.8	50.0	4.90	1.6	0.16										
5.0	27.0	2.65	1.5	0.14										
5.2	36.0	3.53	1.2	0.12										
5.4	44.0	4.32	2.0	0.20										
5.6	48.0	4.71	1.5	0.15										
5.8	36.0	3.53	1.5	0.14										
6.0	48.0	4.71	1.3	0.12										
6.2	50.0	4.90	2.1	0.21										
6.4	60.0	5.88	1.5	0.14										
6.6	49.0	4.81	0.9	0.08										
6.8	58.0	5.69	1.5	0.15										
7.0	53.0	5.20	2.0	0.20										
7.2	59.0	5.79	2.3	0.22										
7.4	65.0	6.37	1.7	0.17										
7.6	42.0	4.12	2.9	0.28										
7.8	57.0	5.59	1.5	0.14										
8.0	60.0	5.88	1.4	0.14										
8.2	40.0	3.92	0.5	0.05										

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

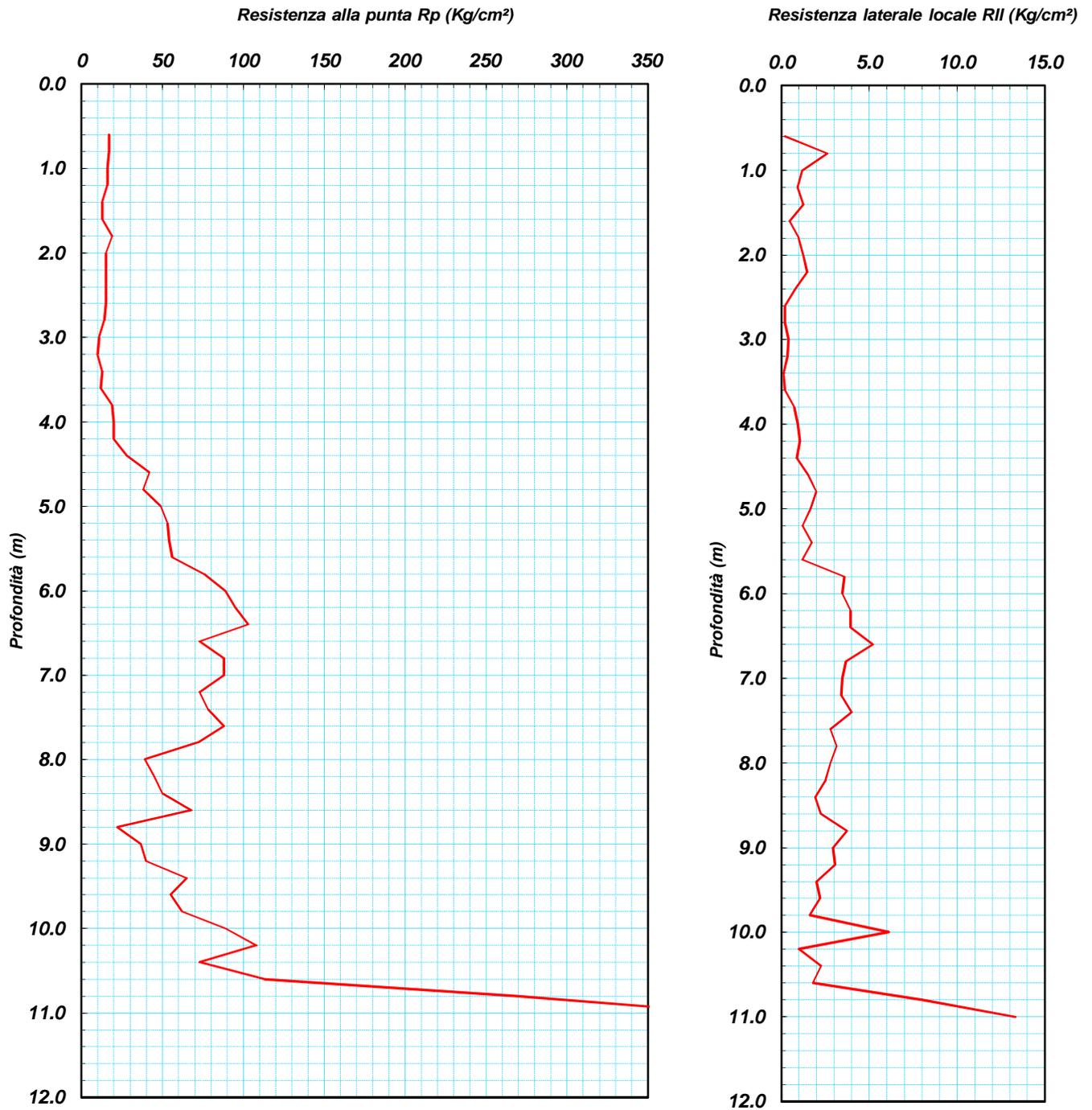
Committente: Comune di Castel Morrone

Id Int. 260 / 22

Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.126030° / E14.338240° Data esecuz. prova: 24/06/2022

Prova (n): CPT 03 Certificato n° 0560/22 del 03/08/2022 Quota (m. slm):



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Comune di Castel Morrone

Id Int. 260 / 22

Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.126030° / E14.338240° Data esecuz. prova: 24/06/2022

Prova (n): CPT 03 Certificato n° 0560/22 del 03/08/2022 Quota (m. slm):

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	
0.6	17.0	1.67	0.2	0.02	8.4	50.0	4.90	1.9	0.19
0.8	17.0	1.67	2.6	0.25	8.6	68.0	6.67	2.3	0.22
1.0	16.0	1.57	1.2	0.12	8.8	22.0	2.16	3.7	0.37
1.2	16.0	1.57	0.9	0.09	9.0	37.0	3.63	2.9	0.29
1.4	13.0	1.27	1.3	0.12	9.2	40.0	3.92	3.1	0.30
1.6	13.0	1.27	0.5	0.05	9.4	65.0	6.37	2.0	0.20
1.8	19.0	1.86	1.0	0.10	9.6	55.0	5.39	2.2	0.22
2.0	15.0	1.47	1.3	0.12	9.8	62.0	6.08	1.6	0.16
2.2	15.0	1.47	1.5	0.14	10.0	89.0	8.73	6.1	0.60
2.4	15.0	1.47	0.8	0.08	10.2	108.0	10.59	1.0	0.10
2.6	15.0	1.47	0.2	0.02	10.4	73.0	7.16	2.3	0.22
2.8	14.0	1.37	0.2	0.02	10.6	113.0	11.08	1.8	0.18
3.0	11.0	1.08	0.4	0.04	10.8	270.0	26.48	8.0	0.78
3.2	10.0	0.98	0.3	0.03	11.0	400.0	39.23	13.3	1.31
3.4	13.0	1.27	0.1	0.01					
3.6	12.0	1.18	0.2	0.02					
3.8	19.0	1.86	0.7	0.07					
4.0	20.0	1.96	0.9	0.09					
4.2	20.0	1.96	1.1	0.10					
4.4	28.0	2.75	0.9	0.08					
4.6	42.0	4.12	1.5	0.15					
4.8	38.0	3.73	2.0	0.20					
5.0	49.0	4.81	1.7	0.16					
5.2	53.0	5.20	1.2	0.12					
5.4	54.0	5.30	1.7	0.17					
5.6	56.0	5.49	1.2	0.12					
5.8	76.0	7.45	3.6	0.35					
6.0	89.0	8.73	3.5	0.34					
6.2	95.0	9.32	3.9	0.39					
6.4	103.0	10.10	3.9	0.39					
6.6	73.0	7.16	5.2	0.51					
6.8	88.0	8.63	3.7	0.36					
7.0	88.0	8.63	3.5	0.34					
7.2	73.0	7.16	3.4	0.33					
7.4	78.0	7.65	4.0	0.39					
7.6	88.0	8.63	2.8	0.27					
7.8	72.0	7.06	3.1	0.31					
8.0	39.0	3.82	2.8	0.27					
8.2	45.0	4.41	2.5	0.25					

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

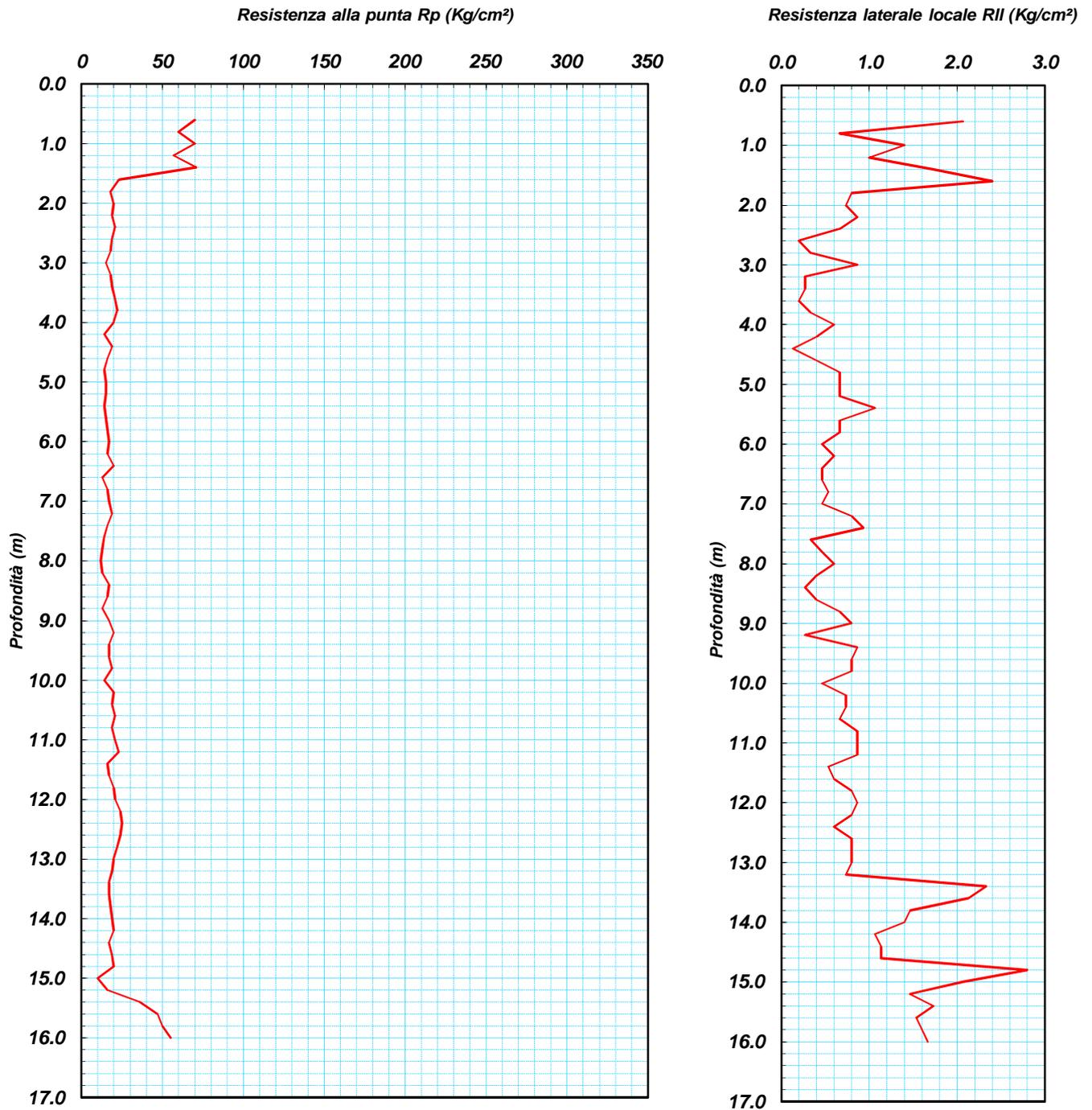
Committente: Comune di Castel Morrone

Id Int. 260 / 22

Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.126270° / E14.338360° Data esecuz. prova: 24/06/2022

Prova (n): **CPT 04** Certificato n° 0561/22 del 03/08/2022 Quota (m. slm):



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

(penetrometro Pagani TG63-200KN)

Committente: Comune di Castel Morrone

Id Int. 260 / 22

Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)

Coordinate lat. e long.: N41.126270° / E14.338360° Data esecuz. prova: 24/06/2022

Prova (n): CPT 04 Certificato n° 0561/22 del 03/08/2022 Quota (m. slm):

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

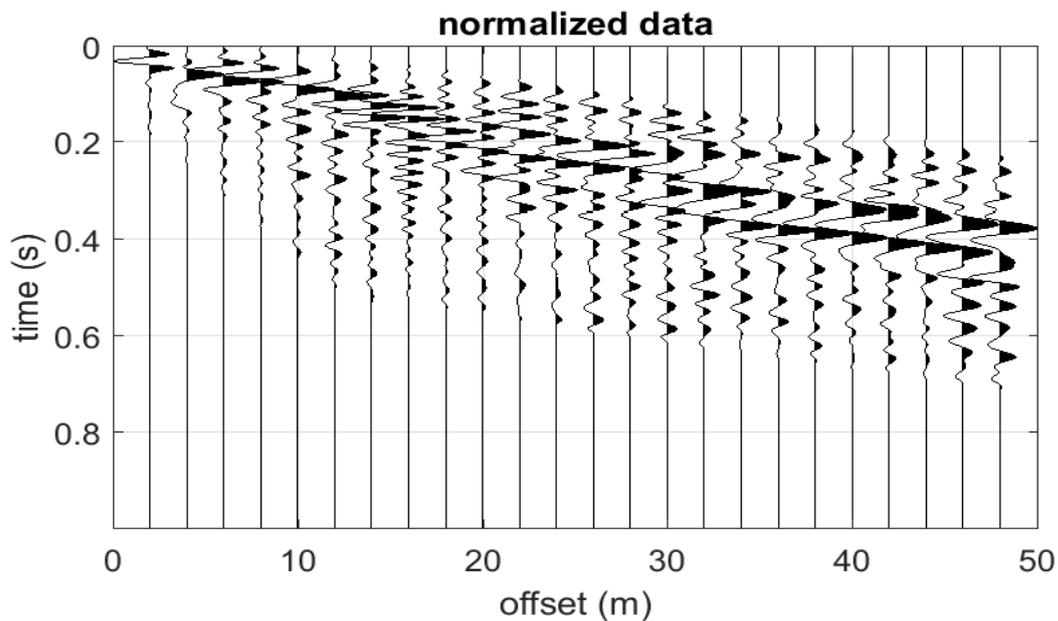
Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Ril (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Ril (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Rp (MPa)	Ril (Kg/cm ²)	Ril (MPa)
0.6	70.0	6.86	2.1	0.20	8.4	17.0	1.67	0.3	0.03					
0.8	60.0	5.88	0.7	0.07	8.6	16.0	1.57	0.4	0.04					
1.0	70.0	6.86	1.4	0.14	8.8	13.0	1.27	0.7	0.07					
1.2	57.0	5.59	1.0	0.10	9.0	17.0	1.67	0.8	0.08					
1.4	71.0	6.96	1.7	0.17	9.2	20.0	1.96	0.3	0.03					
1.6	23.0	2.26	2.4	0.24	9.4	17.0	1.67	0.9	0.08					
1.8	18.0	1.77	0.8	0.08	9.6	17.0	1.67	0.8	0.08					
2.0	20.0	1.96	0.7	0.07	9.8	19.0	1.86	0.8	0.08					
2.2	19.0	1.86	0.9	0.08	10.0	14.0	1.37	0.5	0.05					
2.4	21.0	2.06	0.7	0.07	10.2	20.0	1.96	0.7	0.07					
2.6	19.0	1.86	0.2	0.02	10.4	19.0	1.86	0.7	0.07					
2.8	18.0	1.77	0.3	0.03	10.6	21.0	2.06	0.7	0.07					
3.0	15.0	1.47	0.9	0.08	10.8	19.0	1.86	0.9	0.08					
3.2	18.0	1.77	0.3	0.03	11.0	21.0	2.06	0.9	0.08					
3.4	19.0	1.86	0.3	0.03	11.2	23.0	2.26	0.9	0.08					
3.6	21.0	2.06	0.2	0.02	11.4	16.0	1.57	0.5	0.05					
3.8	22.0	2.16	0.3	0.03	11.6	17.0	1.67	0.6	0.06					
4.0	20.0	1.96	0.6	0.06	11.8	20.0	1.96	0.8	0.08					
4.2	14.0	1.37	0.4	0.04	12.0	21.0	2.06	0.9	0.08					
4.4	19.0	1.86	0.1	0.01	12.2	24.0	2.35	0.8	0.08					
4.6	16.0	1.57	0.4	0.04	12.4	25.0	2.45	0.6	0.06					
4.8	14.0	1.37	0.7	0.07	12.6	24.0	2.35	0.8	0.08					
5.0	15.0	1.47	0.7	0.07	12.8	22.0	2.16	0.8	0.08					
5.2	15.0	1.47	0.7	0.07	13.0	20.0	1.96	0.8	0.08					
5.4	14.0	1.37	1.1	0.10	13.2	19.0	1.86	0.7	0.07					
5.6	15.0	1.47	0.7	0.07	13.4	17.0	1.67	2.3	0.23					
5.8	16.0	1.57	0.7	0.07	13.6	17.0	1.67	2.1	0.21					
6.0	17.0	1.67	0.5	0.05	13.8	18.0	1.77	1.5	0.14					
6.2	16.0	1.57	0.6	0.06	14.0	19.0	1.86	1.4	0.14					
6.4	20.0	1.96	0.5	0.05	14.2	20.0	1.96	1.1	0.10					
6.6	13.0	1.27	0.5	0.05	14.4	17.0	1.67	1.1	0.11					
6.8	16.0	1.57	0.5	0.05	14.6	19.0	1.86	1.1	0.11					
7.0	17.0	1.67	0.5	0.05	14.8	20.0	1.96	2.8	0.27					
7.2	19.0	1.86	0.8	0.08	15.0	10.0	0.98	2.1	0.20					
7.4	16.0	1.57	0.9	0.09	15.2	16.0	1.57	1.5	0.14					
7.6	14.0	1.37	0.3	0.03	15.4	36.0	3.53	1.7	0.17					
7.8	13.0	1.27	0.5	0.05	15.6	47.0	4.61	1.5	0.15					
8.0	12.0	1.18	0.6	0.06	15.8	50.0	4.90	1.6	0.16					
8.2	13.0	1.27	0.4	0.04	16.0	55.0	5.39	1.7	0.16					

PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

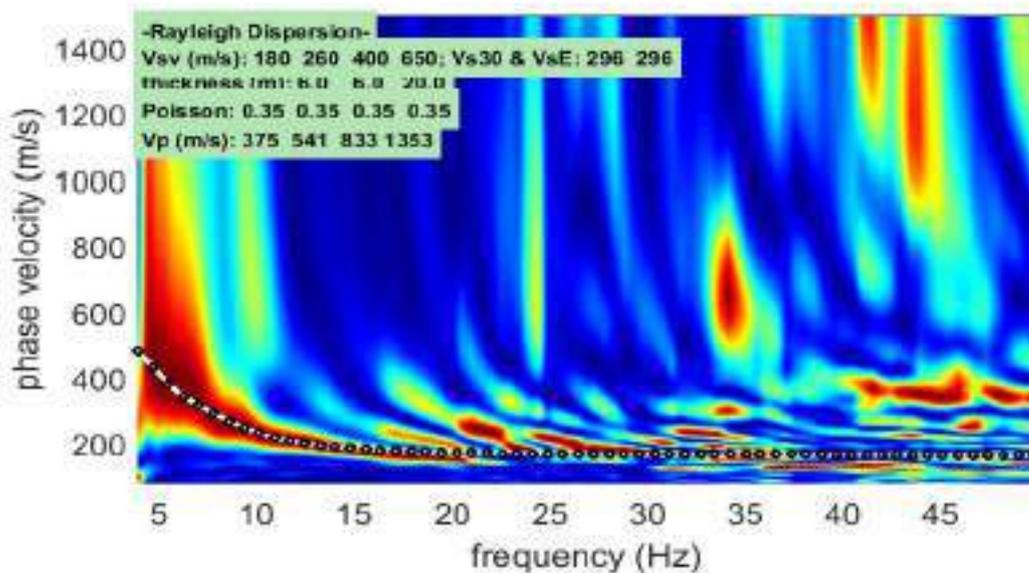
Committente: Comune di Castel Morrone
Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)
Prova MASW: M1

Protocollo n.: 260/22
Data esecuzione prova: 24/06/2022
Data emissione certificato: 04/07/2022

Registrazione di campagna delle tracce



Analisi delle frequenze e curva di dispersione calcolata dal modello del terreno

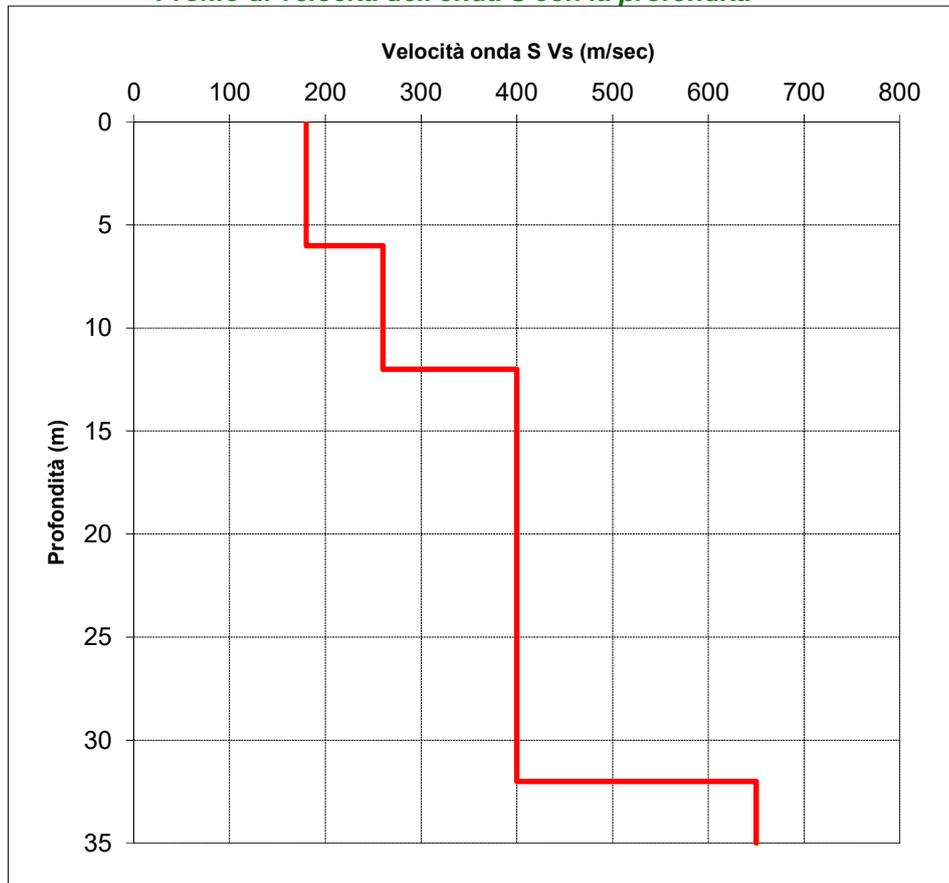


PROVA SISMICA Vs,eq METODO MASW

Committente: Comune di Castel Morrone
Cantiere: Villa Comunale Castel Morrone (CE)
Prova MASW: M1

Protocollo n.: 260/22
Data esecuzione prova: 24/06/2022
Data emissione certificato: 04/07/2022

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Calcolo del Vs,eq

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	6.00	180	0.0333
6.00	12.00	260	0.0231
12.00	32.00	400	0.0500
32.00	35.00	650	0.0046

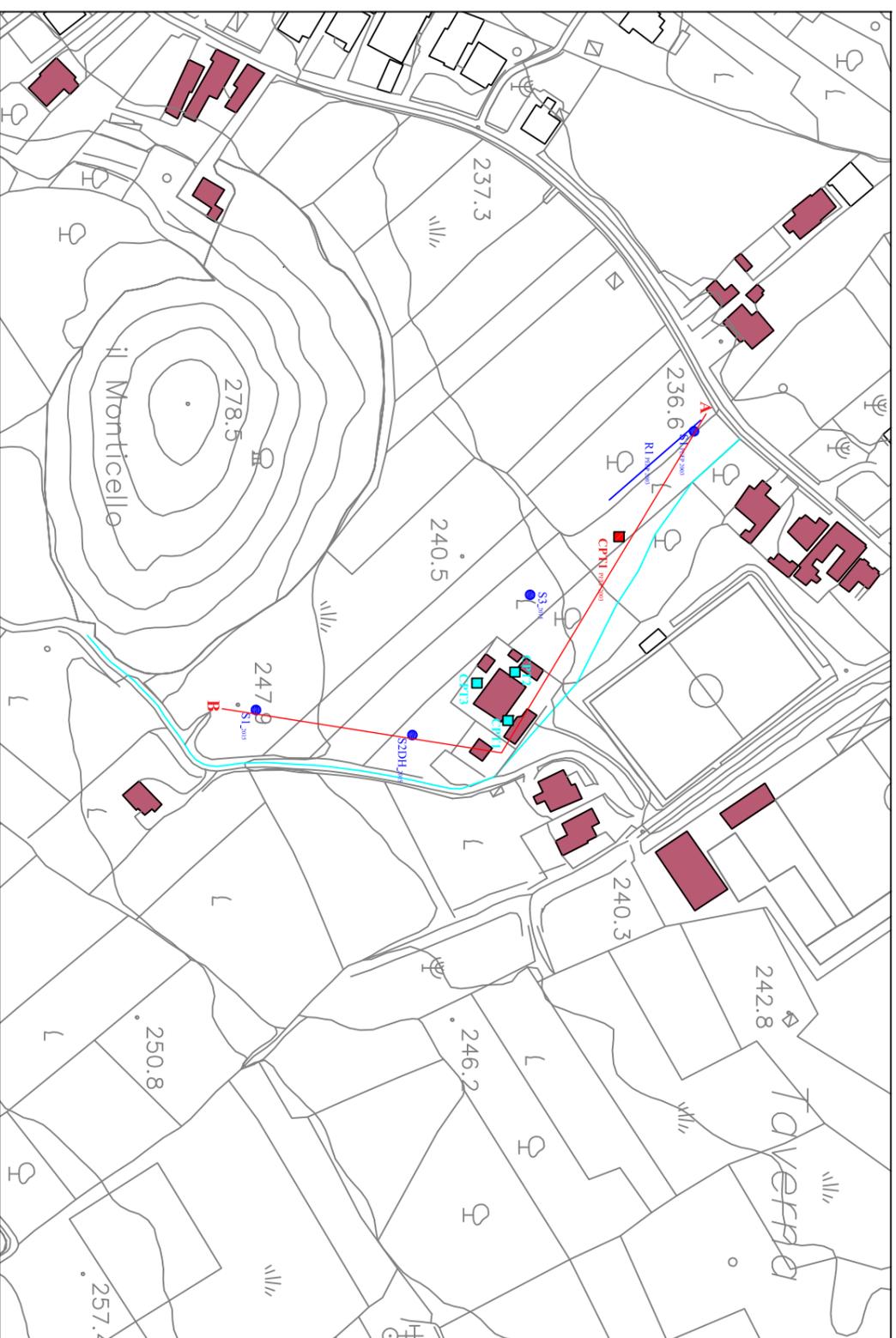
VALORE DI Vs,eq CALCOLATO (m/s)
296

Categoria di sottosuolo
C

ALLEGATI INTERVENTO “D”

1. *Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche*
2. *Stratigrafia sondaggio geognostico S1_PEEP_2003*
3. *Stratigrafie sondaggi geognostici S1-S2-S3_2009*
4. *Certificati prova penetrometrica statica CPT_PEEP_2003*
5. *Certificati prove penetrometriche statiche CPT_2009*
6. *Elaborati indagine sismica a rifrazione R1_PEEP_2003*

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI



Scala 1 : 3'000

Dott. Geol. Antonio Petriccione
Via Delle Costare, 15 - 81020
Castel Morrone Caserta
Tel. e Fax 0823399115/961 3483850177

Geo. Amb.
Studio di Geologia Applicata

COMUNE DI CASTEL MORRONE (CE)

COMMITTENTE: Comune di Castel Morrone

CANTIERE: Ripristino drenaggio superficiale vecchio campo sportivo - Castel Morrone (CE)

LEGENDA

● S N Sondaggi geognostici eseguiti negli anni 2003 e 2015

■ CPTI statico Prova penetrometrica statica CPT

■ CPTI statico Prova penetrometrica statica CPT

— A — B
Traccia sezione

IL GEOLOGO
Dott. Antonio Petriccione



IMPREFOND s.a.s.

Via Salaria 100 - 00198 Roma (RM)
Tel. 06/5121000 - Fax 06/5121001

Amministrazione Comunale di Castel Morrone (CE)

Località: Area P.E.E.P Castel Morrone (CE)

Scala 1:100

Data: 21/05/03

Attrezzatura: CMV MK420

Sigla: S1

Quota dal p.c.(m):

Legenda campioni:			=/maneggiato	=S.P.T.	=da vane test	=a percussione	=indisturbato a pressione	=indisturbato rotativo	
Spe Prof. sso (m) re	Strati grafia	Cam pi oni	DESCRIZIONE				S.P.T.	Faida	Piezo metro
1.40			Terreno Vegetale						
1.60									
1.30			Materiale piroclastico di colore marrone bruciato a granulometria limosa poco addensato.						
2.00									
2.10		1.00	Materiale piroclastico di colore marrone giallastro a granulometria sabbioso-limosa mediamente addensato con incluse pomici millimetriche				1 - 2 - 2		
5.00									
2.00			Materiale piroclastico di colore marrone a granulometria limosa debolmente argilloso mediamente consistente.						
7.00		7.00					6 - 6 - 10		
2.70			Materiale piroclastico di colore grigio nerastro a granulometria sabbioso-limosa mediamente addensato.						
6.70									
3.30			Materiale piroclastico di colore grigio plumbeo composto da frammenti di tufo tenero delle dimensioni fino a 7-8 cm in matrice sabbiosa.						
13.00									
7.00			tufo di colore grigio plumbeo molto tenero, saturo.						
20.00								13.0	



Località: Taverna - Castel Morrone	Sondaggio: S1
	Quota: 257 mt.
Coordinate: 0446256 4551584	Data: 27/02/15
Perforazione: Carotaggio Continuo	Redattore:

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				0									0.5	Terreno vegetale di colore marrone bruno a granulometria limoso sabbiosa debolmente argillosa ricco di pomici di colore variabile dal nero al bianco di dimensioni millimetriche e resti vegetali indecomposti.
				1									1.2	Materiale piroclastico di colore variabile dal marrone bruno al marrone chiaro a granulometria limoso sabbiosa ricco di pomici nere e biancastre di dimensioni millimetriche e venature rossastre indice di forte ossidazione. Consistente.
				2										Materiale piroclastico di colore marrone chiaro a granulometria limoso argillosa debolmente sabbiosa ricco di pomici nere e biancastre di dimensioni millimetriche e venature rossastre indice di fenomeni di ossidazione. Da consistente a poco consistente.
				3										
				4										
				5										
				6										
				7										
				8									7.5	Materiale di natura piroclastica di colore variabile da marrone chiaro a grigiastro a granulometria da limoso sabbiosa a limoso argillosa ricco di pomici nere e biancastre di dimensioni millimetriche e venature di colore rossastro e verdastro. Poco consistente.
				9									9.0	Materiale di natura piroclastica di colore marrone giallastro a granulometria prettamente sabbiosa ricco di pomici nere e bianco-verdastre di dimensioni eterometriche variabili da 1 millimetro fino a 2-3 millimetri. Da poco addensato a molto addensato tendente al litoide.
				10									9.5	Materiale di natura piroclastica di colore variabile da marrone bruno a marrone chiaro a granulometria limoso argillosa debolmente sabbiosa ricco di pomici di colore nerastro di dimensioi millimetriche. Da poco consistente a consistente.
				11										
				12										
				13										
				14										
				15									15.0	Roccia calcarea di colore biancastro; le carote si presentano allo stato compatto.
				16										
				17										
				18									18.0	

1) She < 5.40
5.90

Località: Taverna - Castel Morrone (CE)	Sondaggio: S2
	Quota: 233 mt
	Data: 03/03/15
Coordinate: 0446271 4551669	Redattore:
Perforazione: Carotaggio Continuo	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1								1.0		Terreno vegetale di colore marrone bruno a granulometria limoso sabbiosa ricco di pomici nerastre di dimensioni millimetriche e resti vegetali indecomposti.
				2								2.8		Materiale di natura piroclastica di colore marrone chiaro a granulometria limoso argillosa debolmente sabbiosa ricco di pomici nere di dimensioni eterometriche variabili da 1 millimetro fino a 2-3 millimetri. Tra 2.60 - 2.80 il materiale si presenta di colore rossastro indice di forte ossidazione. Poco consistente.
				3								7.0		Materiale di natura piroclastica di colore grigio chiaro a granulometria sabbioso limosa ricco di pomici di dimensioni millimetriche di colore biancastro e venature di colore rosso-arancio. Da poco addensato a sciolto.
				4										
				5										
				6										
				7										
				8										
				9										
				10										
				11										
				12										
				13										
				14										
				15										
				16										
				17										
				18										
				19										
				20										
				21										
				22										
				23										
				24										

1) She < 10.00
10.50

Materiale piroclastico di colore marrone chiaro-giallastro a granulometria sabbioso limosa, limoso sabbiosa ricco di pomici di dimensioni millimetriche di colore variabile dal nero al bianco. Da mediamente addensato a moderatamente consistente.

	Sondaggio: S2
Località: Taverna - Castel Morrone (CE)	Quota: 233 mt
Coordinate: 0446271 4551669	Data: 03/03/15
Perforazione: Carotaggio Continuo	Redattore:

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE		
										S.P.T.	N					
101				25										Materiale piroclastico di colore marrone chiaro-giallastro a granulometria sabbioso limosa, limoso sabbiosa ricco di pomici di dimensioni millimetriche di colore variabile dal nero al bianco. Da mediamente addensato a moderatamente consistente.		
				26												
				27											27.2	
				28											Materiale piroclastico di colore marrone chiaro a granulometria limoso argillosa debolmente sabbiosa ricco di pomici di colore nero e bianco di dimensioni millimetriche e venature di colore rossastro e giallastro. Moderatamente consistente.	
				29												
				30												
				31												
				32												
				33												
				34											34.0	Roccia calcarea di colore variabile da grigio molto chiaro a biancastro.
			35													
			36													
			37													
														37.0		

Il sondaggio è stato attrezzato per misure sismiche in foro (Down-Hole).
 Il boccapozzo è stato protetto con un pozzetto protettivo.

Località: Taverna - Castel Morrone (CE)	Sondaggio: S3
Coordinate: 0446215 4551722	Quota: 233 mt
Perforazione: Carotaggio Continuo	Data: 04/03/15
	Redattore:

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		prof. m	DESCRIZIONE	RQD % 0 --- 100	Cass.
								S.P.T.	N				
				1						1.5			
				2									
				3									
				4									
				5									
				6									
				7									
				8									
				9									
				10									
				11									
				12									
				13									
				14									
				15									
				16									
				17									
				18									
				19									
				20									
				21									
				22									
				23									
				24									

1) She < 7.00
7.30

2) She < 18.50
19.00

	Sondaggio: S3
Località: Taverna - Castel Morrone (CE)	Quota: 233 mt
Coordinate: 0446215 4551722	Data: 04/03/15
Perforazione: Carotaggio Continuo	Redattore:

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		prof. m	DESCRIZIONE	RQD % 0 --- 100	Cass.	
								S.P.T.	N					
				25	LITOLOGIA						DESCRIZIONE			
				26										
				27						27.0				
				28										
				29										
101				30						30.0				



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: *Amm.ne Comunale di Castel Morrone*

Protocollo n.: CA/073/03

Cantiere: *Area P.E.E.P. Castel Morrone*

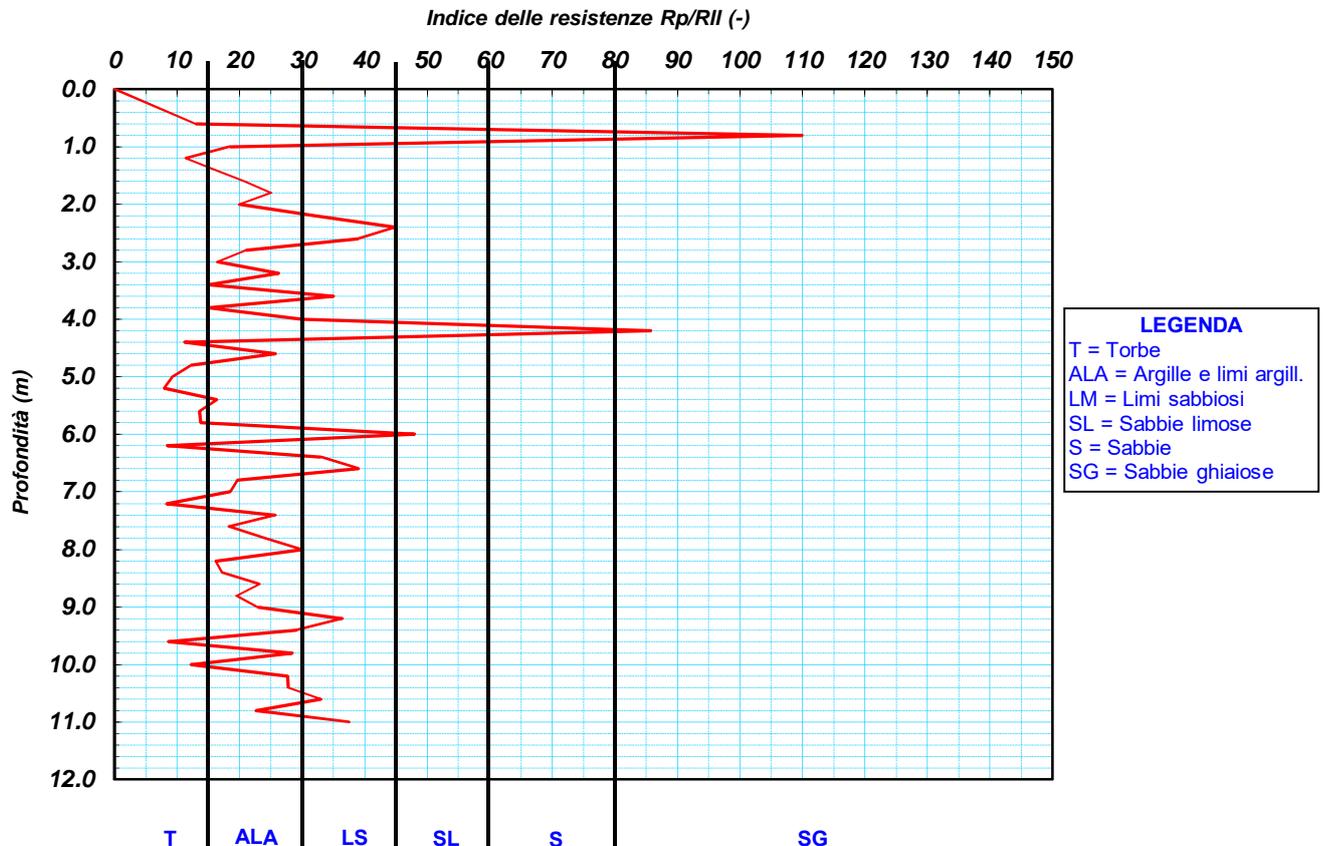
Data esecuzione prova: 26/05/2003

Prova (n): **C.P.T. 01**

Profondità massima (m): 11.00

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profond. da (m)	Profond. a (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0	1.2	1.35	27.00	1.25	21.6	31	1.22	55	81	Argille e limi argill.
2	1.2	8.6	1.30	14.00	0.68	20.7	25	0.61	9	42	Argille e limi argill.
3	8.6	10.0	1.45	90.00	4.33	20.8	32	4.04	62	270	Argille e limi argill.
4	10.0	11.0	1.70	315.00	10.61	29.7	>38	14.25	100	945	Limi sabbiosi





PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

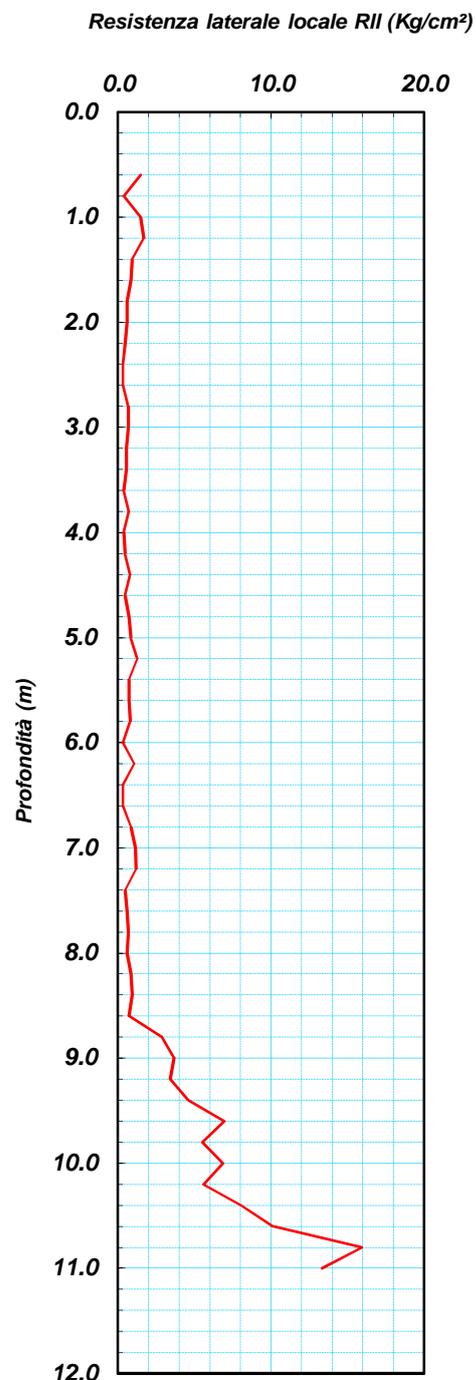
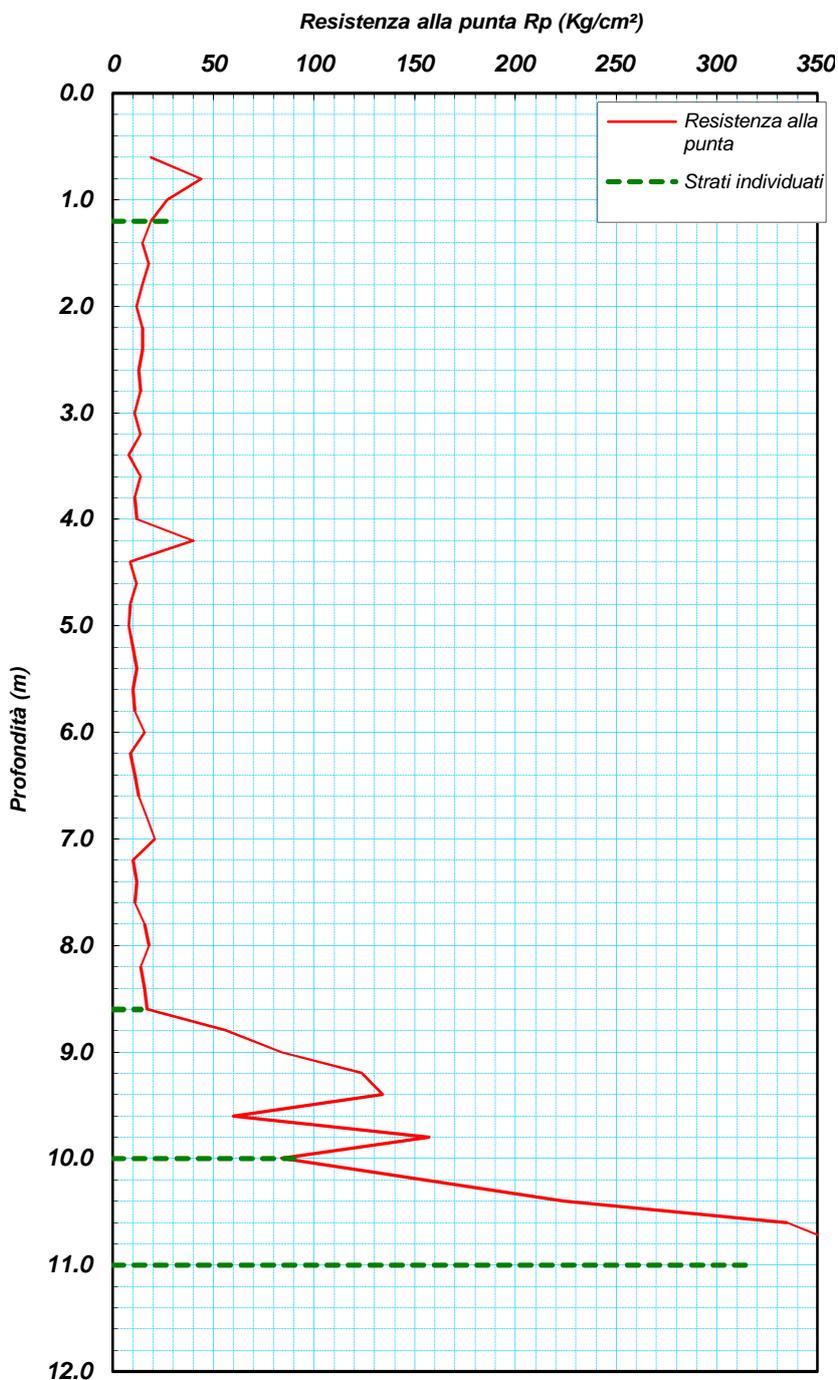
Cantiere: Area P.E.E.P. Castel Morrone

Prova (n): C.P.T. 01

Protocollo n.: CA/073/03

Data esecuzione prova: 26/05/2003

Profondità massima (m): 11.00



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

Protocollo n.: CA/073/03

Cantiere: Area P.E.E.P. Castel Morrone

Data esecuzione prova: 26/05/2003

Prova (n): C.P.T. 01

Profondità massima (m): 11.00

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	MPa	Rll (Kg/cm ²)	MPa	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	MPa	Rll (Kg/cm ²)	MPa	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	MPa	Rll (Kg/cm ²)	MPa
0.6	19.0	1.86	1.5	0.14	8.4	16.0	1.57	0.9	0.09					
0.8	44.0	4.32	0.4	0.04	8.6	17.0	1.67	0.7	0.07					
1.0	27.0	2.65	1.5	0.14	8.8	56.0	5.49	2.9	0.28					
1.2	19.0	1.86	1.7	0.16	9.0	84.0	8.24	3.7	0.36					
1.4	15.0	1.47	0.9	0.09	9.2	124.0	12.16	3.4	0.33					
1.6	18.0	1.77	0.9	0.08	9.4	134.0	13.14	4.6	0.45					
1.8	15.0	1.47	0.6	0.06	9.6	60.0	5.88	6.9	0.68					
2.0	12.0	1.18	0.6	0.06	9.8	157.0	15.40	5.5	0.54					
2.2	15.0	1.47	0.5	0.05	10.0	84.0	8.24	6.9	0.67					
2.4	15.0	1.47	0.3	0.03	10.2	155.0	15.20	5.6	0.55					
2.6	13.0	1.27	0.3	0.03	10.4	224.0	21.97	8.1	0.79					
2.8	14.0	1.37	0.7	0.07	10.6	335.0	32.85	10.1	0.99					
3.0	11.0	1.08	0.7	0.07	10.8	361.0	35.40	15.9	1.56					
3.2	14.0	1.37	0.5	0.05	11.0	500.0	49.04	13.3	1.31					
3.4	8.0	0.78	0.5	0.05										
3.6	14.0	1.37	0.4	0.04										
3.8	11.0	1.08	0.7	0.07										
4.0	12.0	1.18	0.4	0.04										
4.2	40.0	3.92	0.5	0.05										
4.4	9.0	0.88	0.8	0.08										
4.6	12.0	1.18	0.5	0.05										
4.8	9.0	0.88	0.7	0.07										
5.0	8.0	0.78	0.9	0.08										
5.2	10.0	0.98	1.3	0.12										
5.4	12.0	1.18	0.7	0.07										
5.6	10.0	0.98	0.7	0.07										
5.8	11.0	1.08	0.8	0.08										
6.0	16.0	1.57	0.3	0.03										
6.2	9.0	0.88	1.1	0.10										
6.4	11.0	1.08	0.3	0.03										
6.6	13.0	1.27	0.3	0.03										
6.8	17.0	1.67	0.9	0.08										
7.0	21.0	2.06	1.1	0.11										
7.2	10.0	0.98	1.2	0.12										
7.4	12.0	1.18	0.5	0.05										
7.6	11.0	1.08	0.6	0.06										
7.8	16.0	1.57	0.7	0.07										
8.0	18.0	1.77	0.6	0.06										
8.2	14.0	1.37	0.9	0.08										

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

 Committente: *Amm.ne Comunale di Castel Morrone*

 Protocollo n.: *RI/05/09*

 Cantiere: *Loc. Macello, Castel Morrone (CE)*

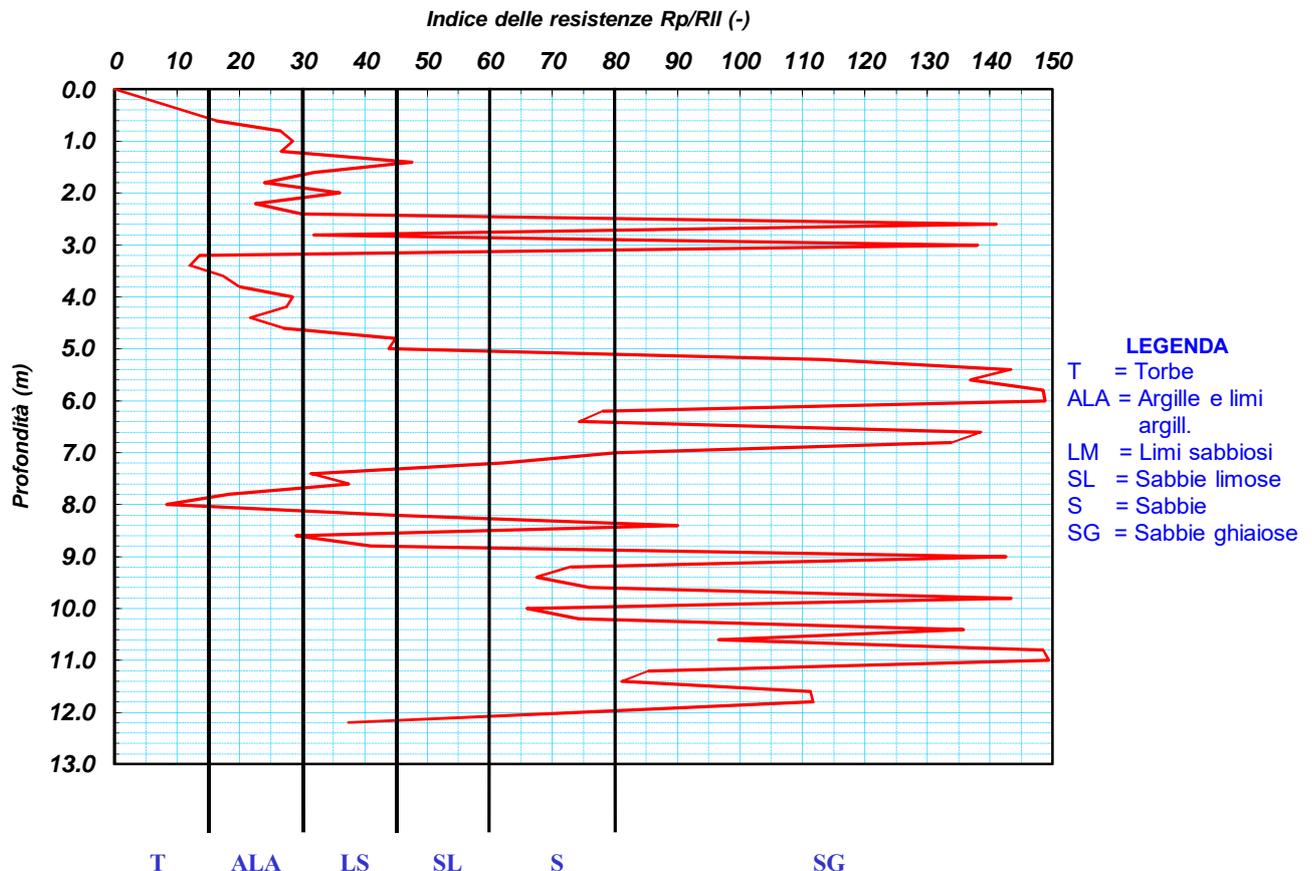
 Data esecuzione prova: *23/02/2009*

 Prova (n): **C.P.T. 01**

 Profondità massima (m): *12.20*

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0 - 4.8	1.45	18.00	0.58	30.8	26	0.79	16	54	Limi sabbiosi
2	4.8 - 7.6	1.55	84.00	0.96	87.8	33	3.78	65	252	Sabbie ghiaiose
3	7.6 - 8.8	1.50	31.00	1.21	25.6	27	1.35	25	93	Limi sabbiosi
4	8.8 - 12.0	1.60	198.00	2.10	94.5	35	8.93	85	594	Sabbie ghiaiose
5	12.0 - 12.2	1.60	500.00	13.33	37.5	>38	22.64	100	1500	Limi sabbiosi



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

Protocollo n.: RI/05/09

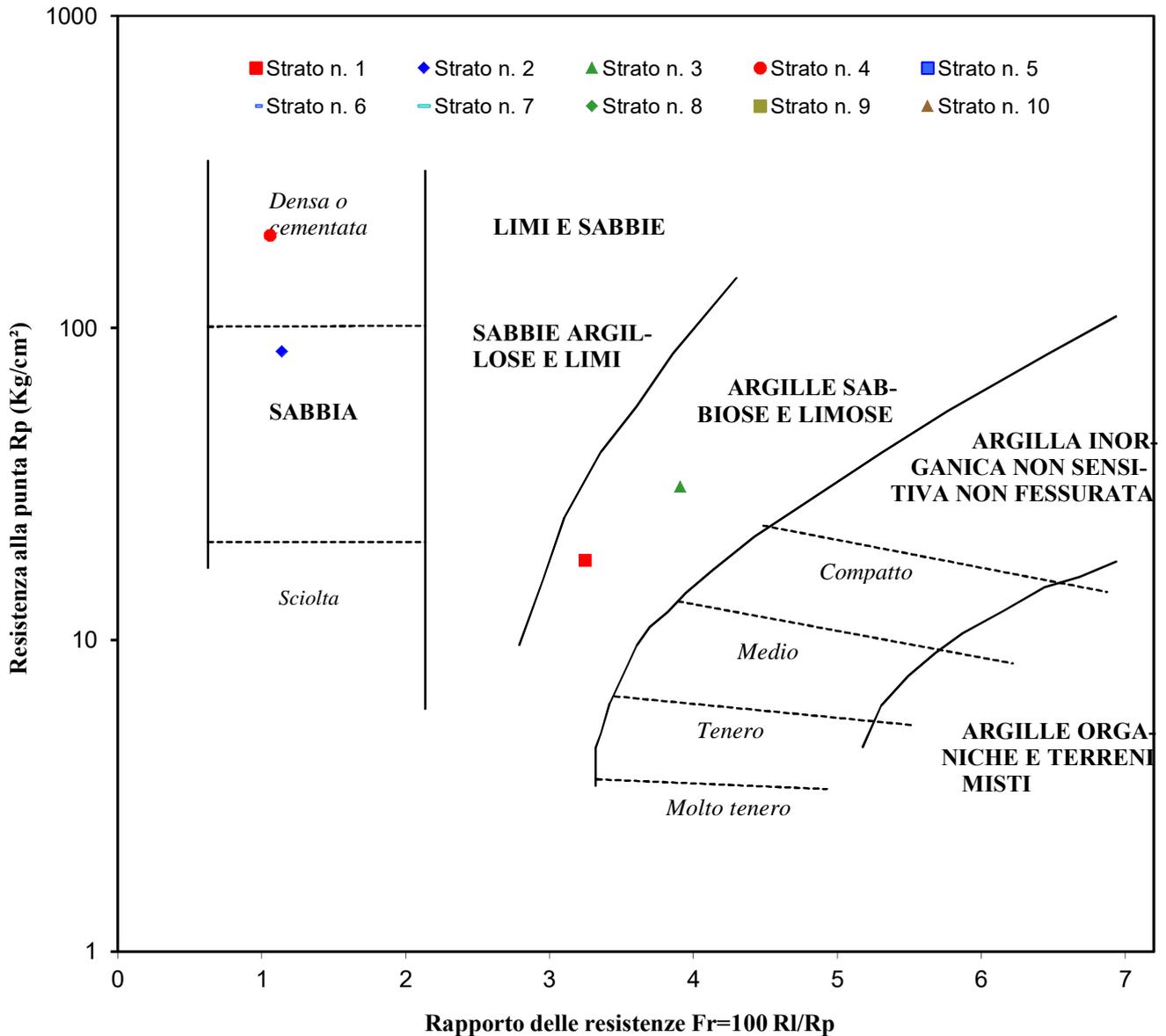
Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova: 23/02/2009

Prova (n): C.P.T. 01

Profondità massima (m): 12.20

CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SECONDO IL METODO DI SCHMERTMANN



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

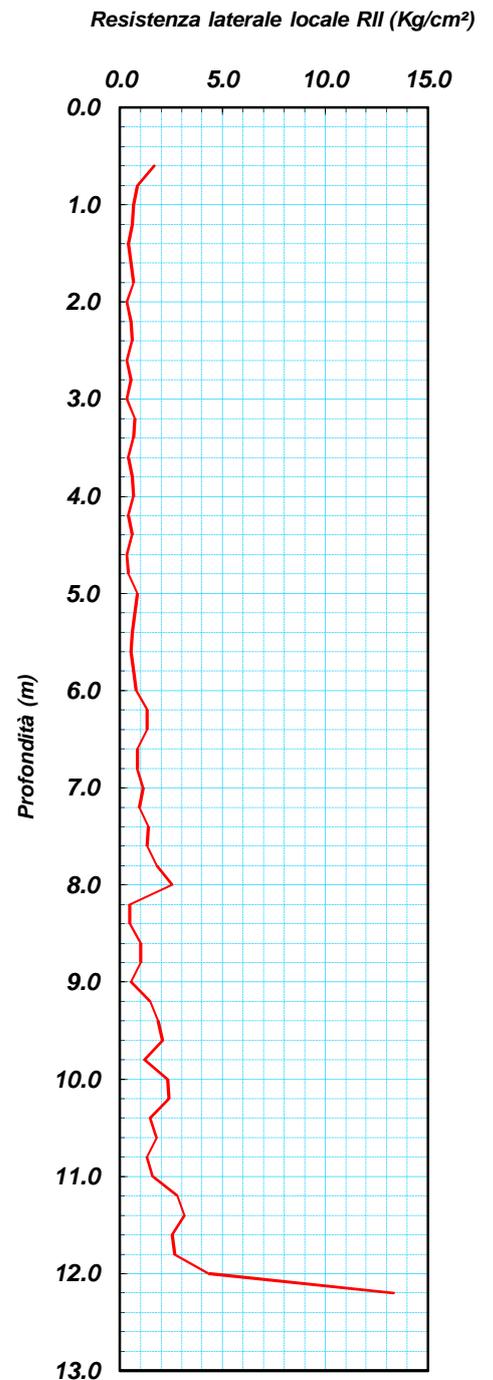
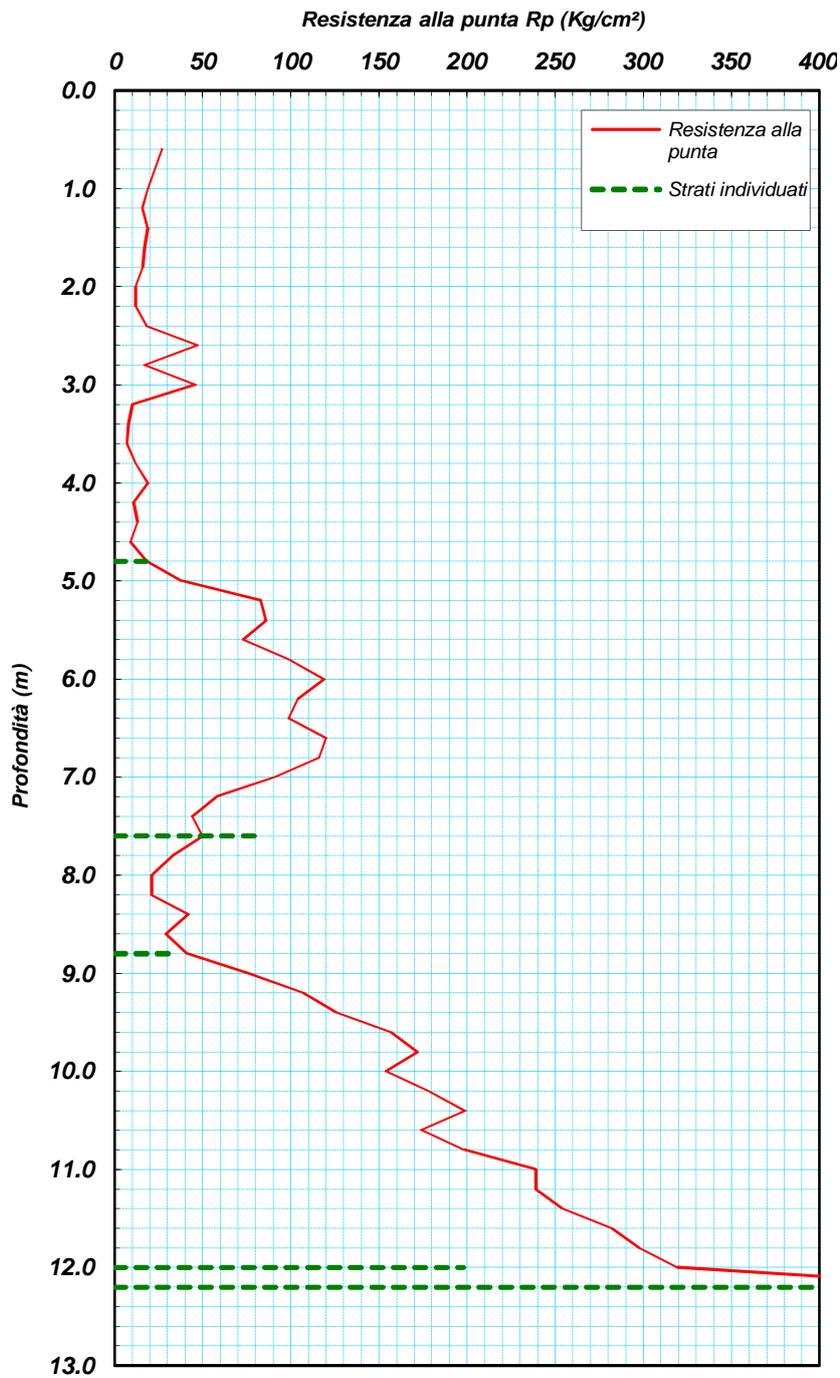
Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

Prova (n): C.P.T. 01

Protocollo n.: RI/05/09

Data esecuzione prova: 23/02/2009

Profondità massima (m): 12.20



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

Protocollo n.: RI/05/09

Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova: 23/02/2009

Prova (n): C.P.T. 01

Profondità massima (m): 12.20

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp		Ril		Prof. (m)	Rp		Ril		Prof. (m)	Rp		Ril	
	(Kg/cm ²)	(MPa)	(Kg/cm ²)	(MPa)		(Kg/cm ²)	(MPa)	(Kg/cm ²)	(MPa)		(Kg/cm ²)	(MPa)	(Kg/cm ²)	(MPa)
0.6	27.0	2.65	1.7	0.16	8.4	42.0	4.12	0.5	0.05					
0.8	23.0	2.26	0.9	0.08	8.6	29.0	2.84	1.0	0.10					
1.0	19.0	1.86	0.7	0.07	8.8	41.0	4.02	1.0	0.10					
1.2	16.0	1.57	0.6	0.06	9.0	76.0	7.45	0.5	0.05					
1.4	19.0	1.86	0.4	0.04	9.2	107.0	10.49	1.5	0.14					
1.6	17.0	1.67	0.5	0.05	9.4	126.0	12.36	1.9	0.18					
1.8	16.0	1.57	0.7	0.07	9.6	157.0	15.40	2.1	0.20					
2.0	12.0	1.18	0.3	0.03	9.8	172.0	16.87	1.2	0.12					
2.2	12.0	1.18	0.5	0.05	10.0	154.0	15.10	2.3	0.23					
2.4	18.0	1.77	0.6	0.06	10.2	178.0	17.46	2.4	0.24					
2.6	47.0	4.61	0.3	0.03	10.4	199.0	19.52	1.5	0.14					
2.8	17.0	1.67	0.5	0.05	10.6	174.0	17.06	1.8	0.18					
3.0	46.0	4.51	0.3	0.03	10.8	198.0	19.42	1.3	0.13					
3.2	10.0	0.98	0.7	0.07	11.0	239.0	23.44	1.6	0.16					
3.4	8.0	0.78	0.7	0.07	11.2	239.0	23.44	2.8	0.27					
3.6	7.0	0.69	0.4	0.04	11.4	254.0	24.91	3.1	0.31					
3.8	12.0	1.18	0.6	0.06	11.6	282.0	27.66	2.5	0.25					
4.0	19.0	1.86	0.7	0.07	11.8	298.0	29.22	2.7	0.26					
4.2	11.0	1.08	0.4	0.04	12.0	319.0	31.28	4.3	0.42					
4.4	13.0	1.27	0.6	0.06	12.2	500.0	49.04	13.3	1.31					
4.6	9.0	0.88	0.3	0.03										
4.8	18.0	1.77	0.4	0.04										
5.0	38.0	3.73	0.9	0.08										
5.2	83.0	8.14	0.7	0.07										
5.4	86.0	8.43	0.6	0.06										
5.6	73.0	7.16	0.5	0.05										
5.8	99.0	9.71	0.7	0.07										
6.0	119.0	11.67	0.8	0.08										
6.2	104.0	10.20	1.3	0.13										
6.4	99.0	9.71	1.3	0.13										
6.6	120.0	11.77	0.9	0.08										
6.8	116.0	11.38	0.9	0.08										
7.0	91.0	8.92	1.1	0.11										
7.2	58.0	5.69	0.9	0.09										
7.4	44.0	4.32	1.4	0.14										
7.6	50.0	4.90	1.3	0.13										
7.8	33.0	3.24	1.8	0.18										
8.0	21.0	2.06	2.5	0.25										
8.2	21.0	2.06	0.5	0.05										

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

Protocollo n.: RI/05/09

Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

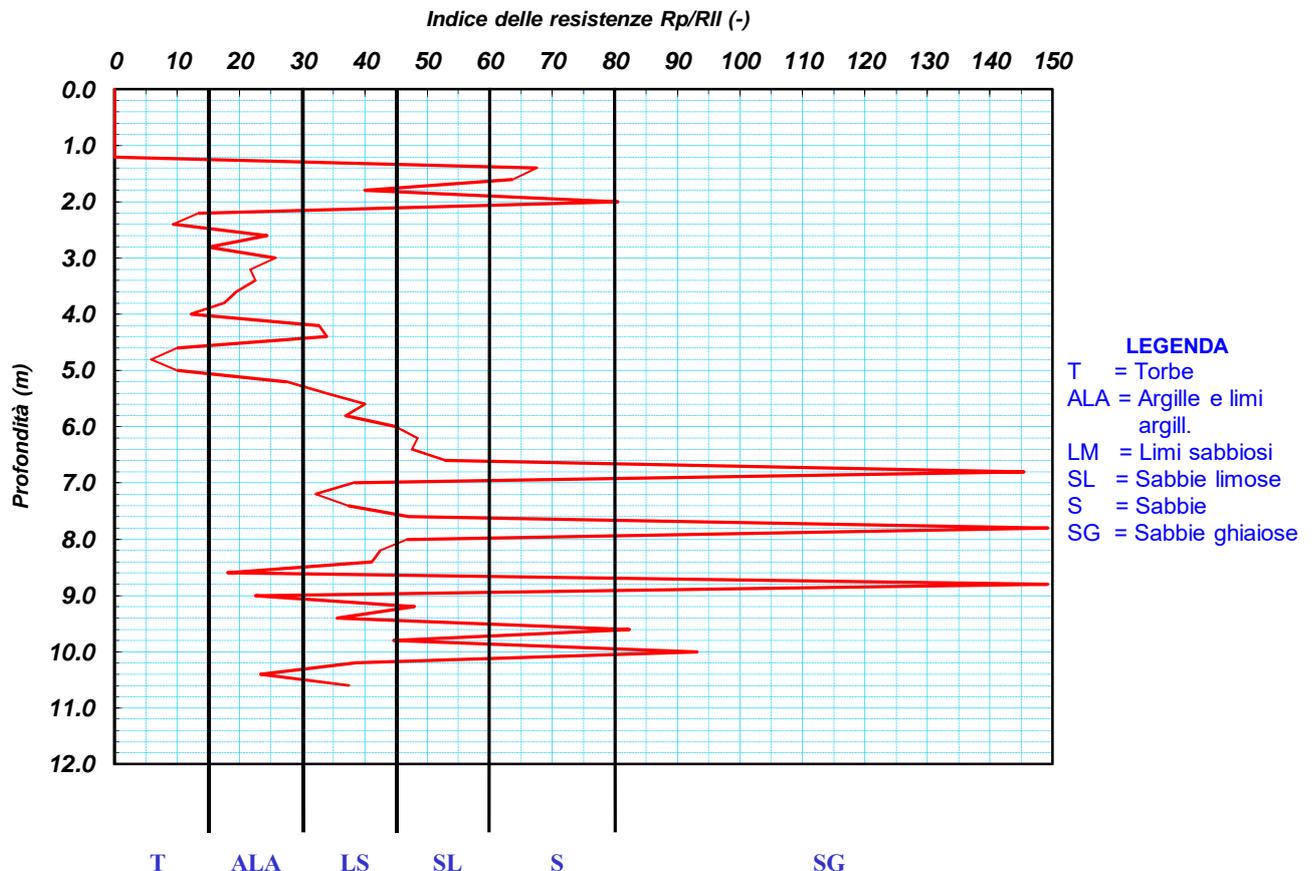
Data esecuzione prova: 23/02/2009

Prova (n): **C.P.T. 02**

Profondità massima (m): 10.60

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profondità (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0 ÷ 1.2		PRESCAVO							
2	1.2 - 5.6	1.45	18.00	0.81	22.2	28	0.80	30	54	Argille e limi argill.
3	5.6 - 7.2	1.55	74.00	1.51	49.1	32	3.33	64	222	Sabbie limose
4	7.2 - 9.2	1.60	163.00	3.83	42.6	35	7.36	86	489	Limi sabbiosi
5	9.2 - 10.6	1.60	323.00	7.97	40.5	>38	14.62	100	969	Limi sabbiosi



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

Protocollo n.: RI/05/09

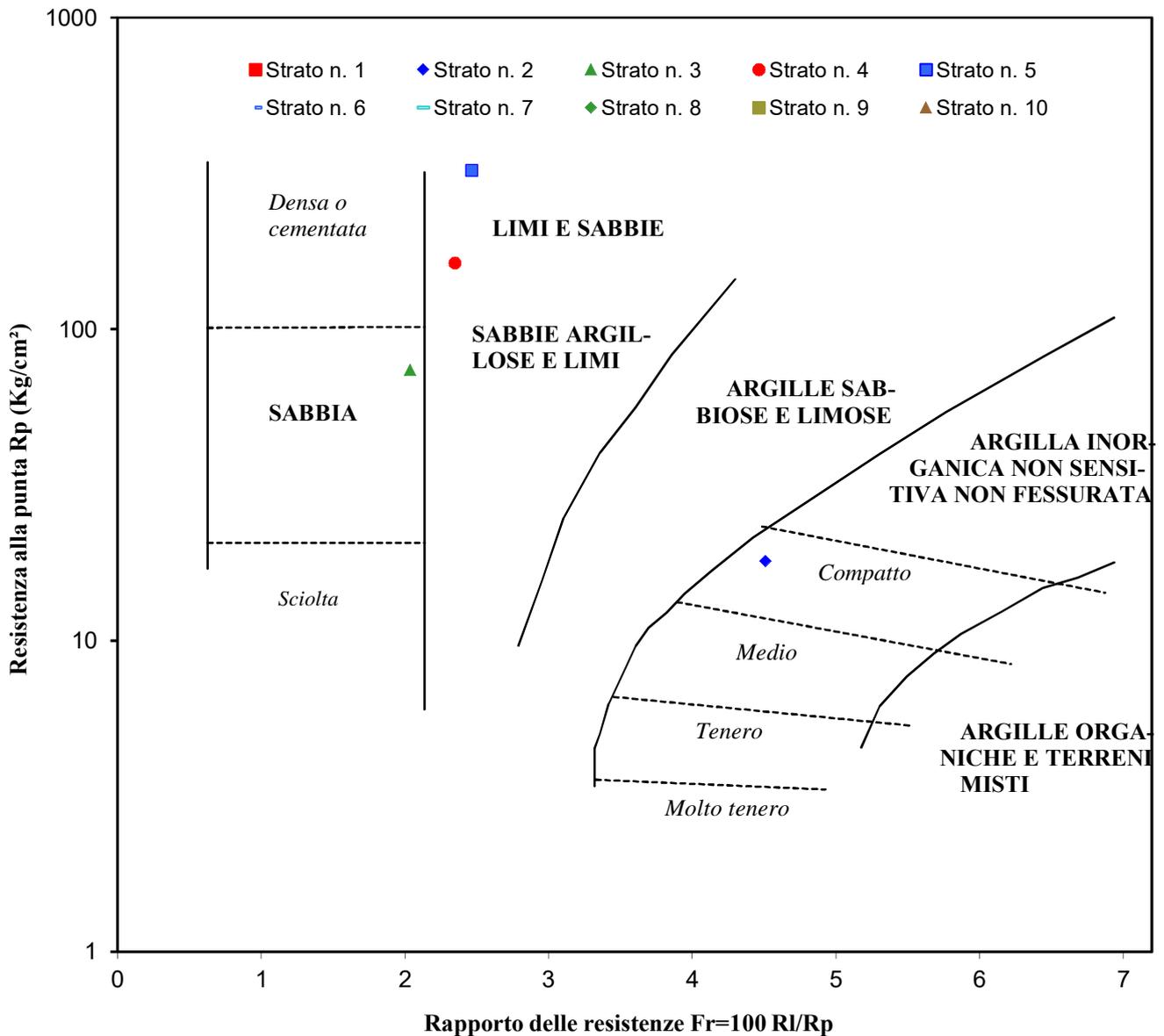
Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova: 23/02/2009

Prova (n): C.P.T. 02

Profondità massima (m): 10.60

CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SECONDO IL METODO DI SCHMERTMANN



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

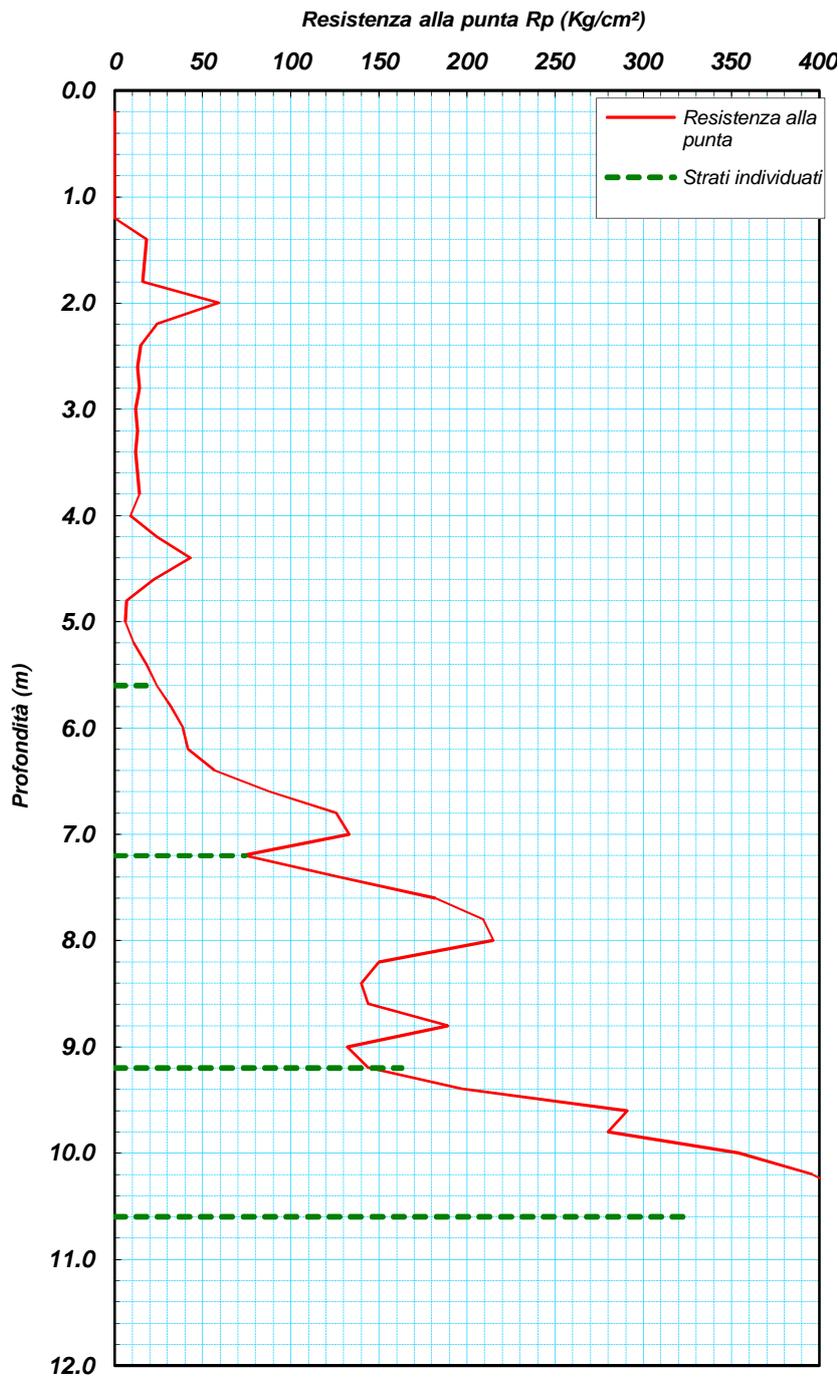
Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

Prova (n): C.P.T. 02

Protocollo n.: RI/05/09

Data esecuzione prova: 23/02/2009

Profondità massima (m): 10.60



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

 Committente: *Amm.ne Comunale di Castel Morrone*

 Protocollo n.: *RI/05/09*

 Cantiere: *Loc. Macello, Castel Morrone (CE)*

 Data esecuzione prova: *23/02/2009*

 Prova (n): **C.P.T. 02**

 Profondità massima (m): *10.60*

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp		Ril		Prof. (m)	Rp		Ril		Prof. (m)	Rp		Ril	
	(Kg/cm ²)	(MPa)	(Kg/cm ²)	(MPa)		(Kg/cm ²)	(MPa)	(Kg/cm ²)	(MPa)		(Kg/cm ²)	(MPa)	(Kg/cm ²)	(MPa)
0.2	0.0	0.00	0.0	0.00	8.0	215.0	21.09	4.6	0.45					
0.4	0.0	0.00	0.0	0.00	8.2	150.0	14.71	3.5	0.35					
0.6	0.0	0.00	0.0	0.00	8.4	140.0	13.73	3.4	0.33					
0.8	0.0	0.00	0.0	0.00	8.6	144.0	14.12	7.9	0.78					
1.0	0.0	0.00	0.0	0.00	8.8	189.0	18.54	1.3	0.12					
1.2	0.0	0.00	0.0	0.00	9.0	132.0	12.95	5.9	0.58					
1.4	18.0	1.77	0.3	0.03	9.2	144.0	14.12	3.0	0.29					
1.6	17.0	1.67	0.3	0.03	9.4	197.0	19.32	5.5	0.54					
1.8	16.0	1.57	0.4	0.04	9.6	291.0	28.54	3.5	0.35					
2.0	59.0	5.79	0.7	0.07	9.8	280.0	27.46	6.3	0.61					
2.2	24.0	2.35	1.8	0.18	10.0	354.0	34.72	3.8	0.37					
2.4	15.0	1.47	1.6	0.16	10.2	396.0	38.84	10.3	1.01					
2.6	13.0	1.27	0.5	0.05	10.4	420.0	41.19	18.0	1.77					
2.8	14.0	1.37	0.9	0.09	10.6	500.0	49.04	13.3	1.31					
3.0	12.0	1.18	0.5	0.05										
3.2	13.0	1.27	0.6	0.06										
3.4	12.0	1.18	0.5	0.05										
3.6	13.0	1.27	0.7	0.07										
3.8	14.0	1.37	0.8	0.08										
4.0	9.0	0.88	0.7	0.07										
4.2	24.0	2.35	0.7	0.07										
4.4	43.0	4.22	1.3	0.12										
4.6	22.0	2.16	2.2	0.22										
4.8	7.0	0.69	1.2	0.12										
5.0	6.0	0.59	0.6	0.06										
5.2	11.0	1.08	0.4	0.04										
5.4	18.0	1.77	0.5	0.05										
5.6	24.0	2.35	0.6	0.06										
5.8	32.0	3.14	0.9	0.08										
6.0	39.0	3.82	0.9	0.08										
6.2	42.0	4.12	0.9	0.08										
6.4	57.0	5.59	1.2	0.12										
6.6	88.0	8.63	1.7	0.16										
6.8	126.0	12.36	0.9	0.08										
7.0	133.0	13.04	3.5	0.34										
7.2	73.0	7.16	2.3	0.22										
7.4	127.0	12.45	3.4	0.33										
7.6	182.0	17.85	3.9	0.38										
7.8	209.0	20.50	1.4	0.14										

PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

Protocollo n.: RI/05/09

Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

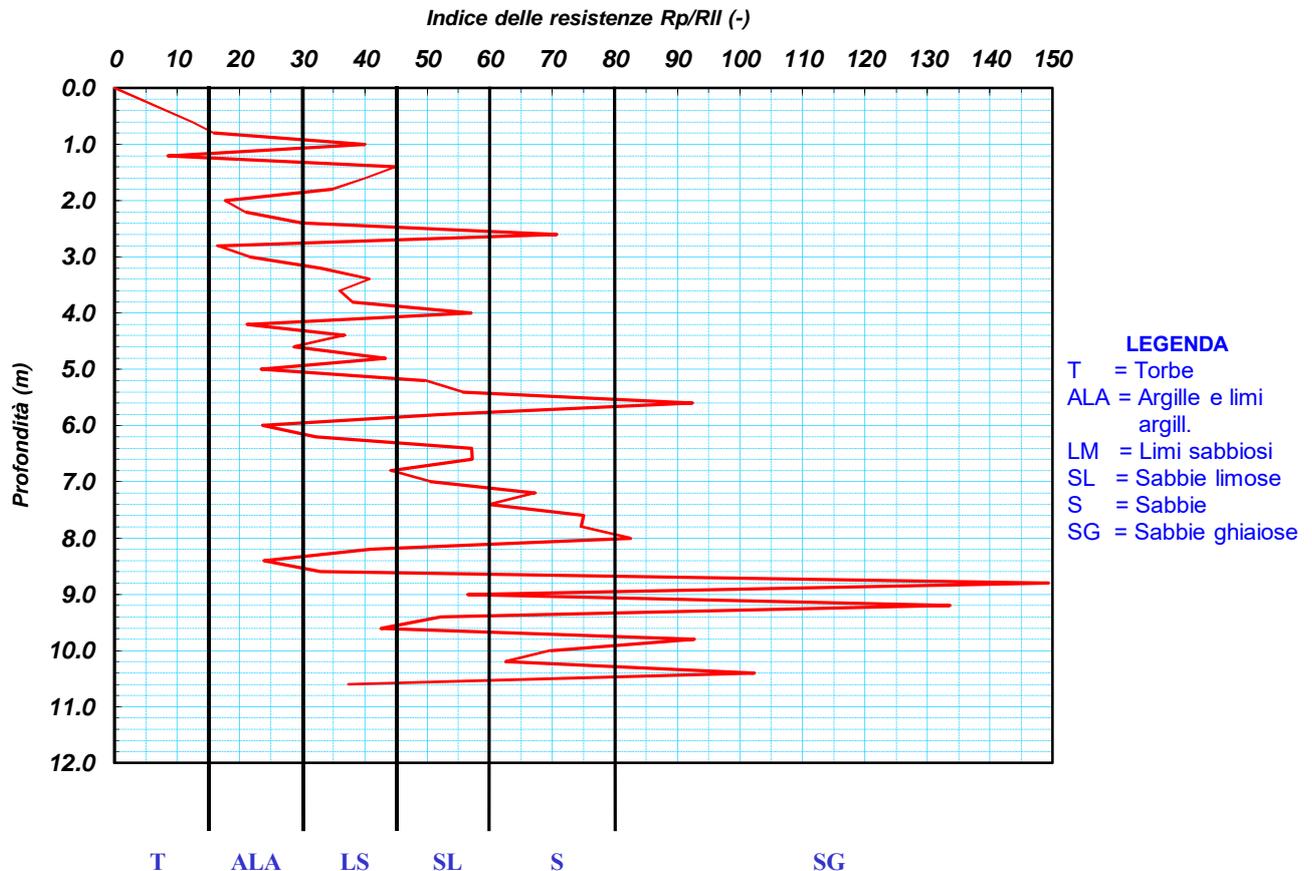
Data esecuzione prova: 23/02/2009

Prova (n): C.P.T. 03

Profondità massima (m): 10.60

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato (n)	Profond. da (m)	Profond. a (m)	Peso di vol. γ_n (g/cm ³)	Media Rp (Kg/cm ²)	Media RII (Kg/cm ²)	Media Rp/RII (-)	Attrito interno (gradi)	Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Definizione della litologia
1	0.0	2.6	1.45	17.00	0.70	24.4	27	0.76	25	51	Argille e limi argill.
2	2.6	4.2	1.50	59.00	1.90	31.1	32	2.66	63	177	Limi sabbiosi
3	4.2	7.0	1.55	101.00	2.44	41.4	34	4.55	73	303	Limi sabbiosi
4	7.0	9.4	1.60	174.00	3.08	56.5	35	7.85	85	522	Sabbie limose
5	9.4	10.6	1.60	361.00	6.17	58.5	>38	16.34	100	1083	Sabbie limose



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

Protocollo n.: RI/05/09

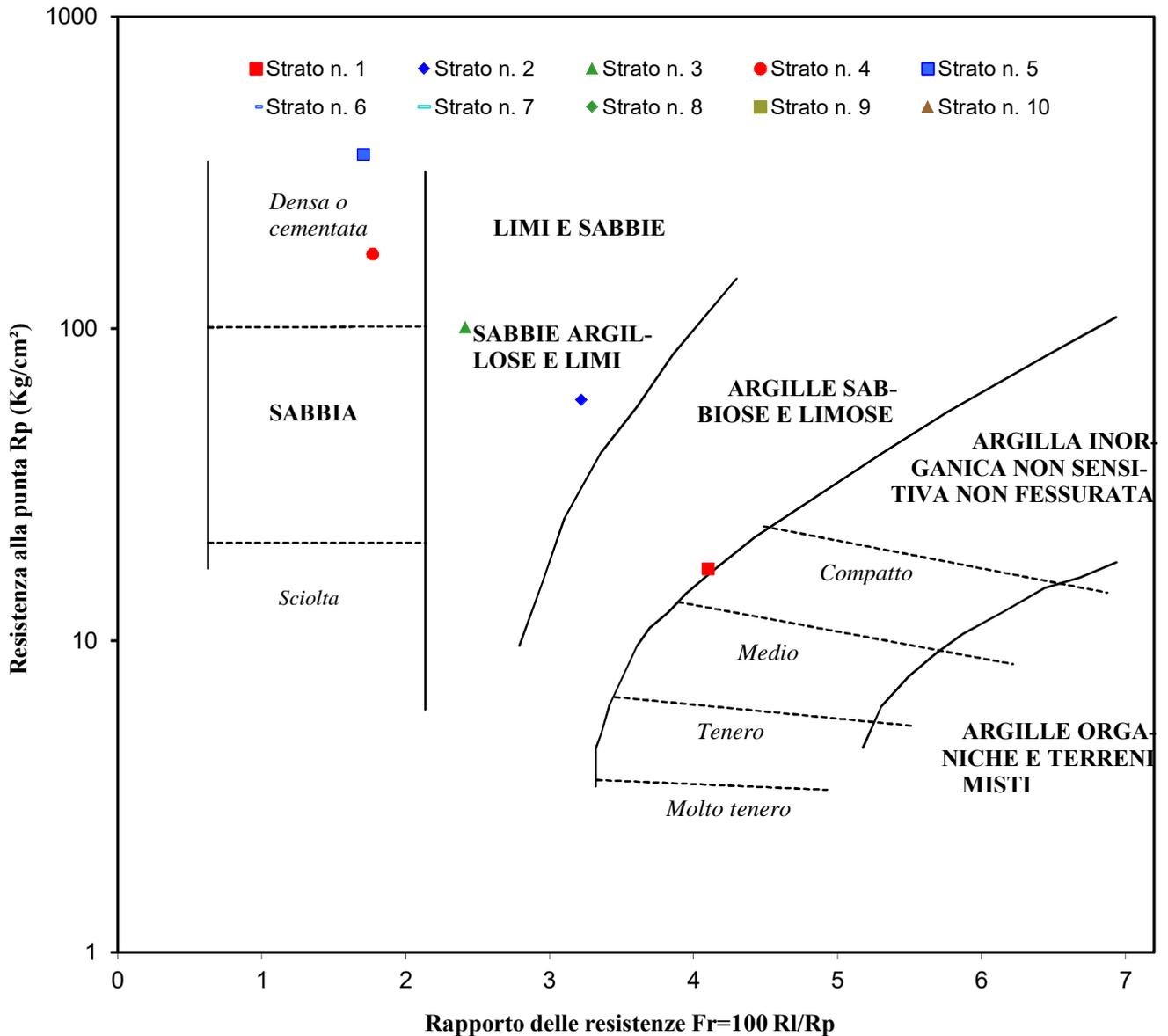
Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova: 23/02/2009

Prova (n): C.P.T. 03

Profondità massima (m): 10.60

CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI SECONDO IL METODO DI SCHMERTMANN



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

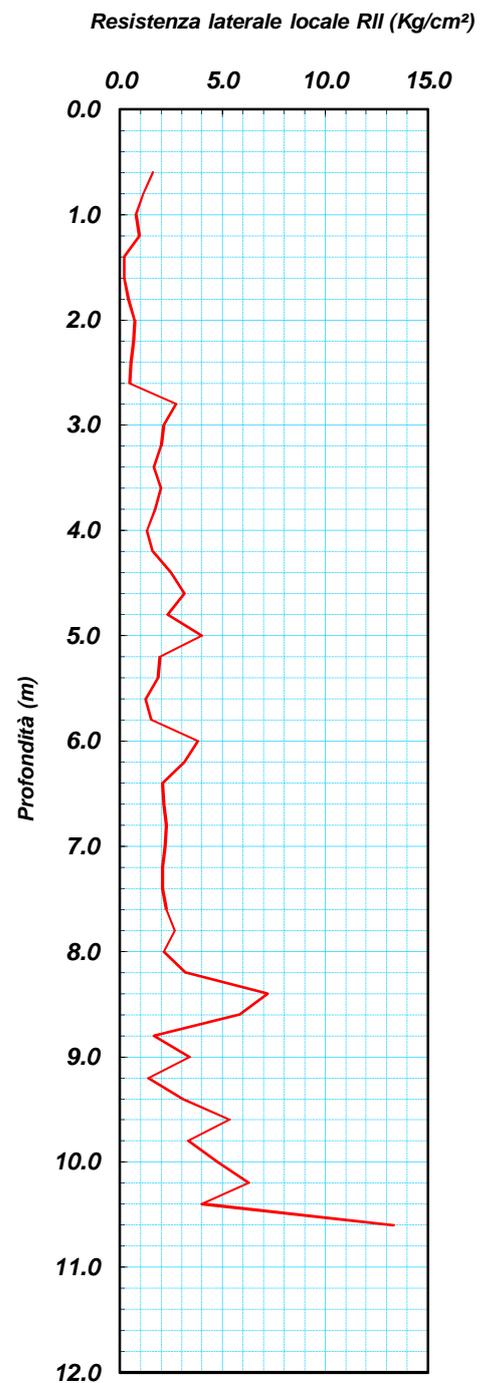
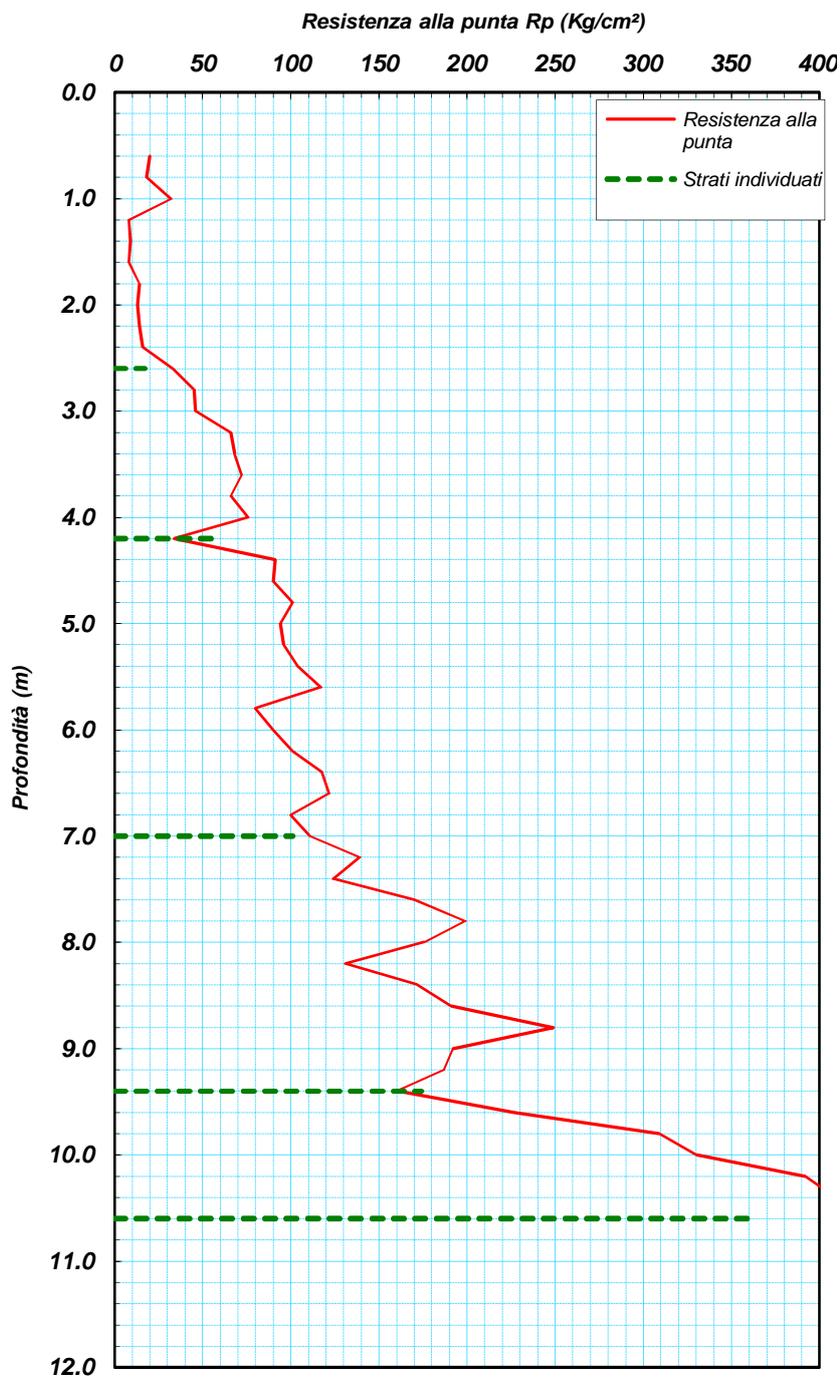
Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

Prova (n): C.P.T. 03

Protocollo n.: RI/05/09

Data esecuzione prova: 23/02/2009

Profondità massima (m): 10.60



PROVA PENETROMETRICA STATICA (C.P.T.)

Committente: Amm.ne Comunale di Castel Morrone

Protocollo n.: RI/05/09

Cantiere: Loc. Macello, Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova: 23/02/2009

Prova (n): C.P.T. 03

Profondità massima (m): 10.60

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO STATICO DA 20 TONS

Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Ril (MPa)	Prof. (m)	Rp (Kg/cm ²)	Ril (MPa)
0.6	20.0	1.96	8.4	172.0	16.87	8.4	172.0	16.87
0.8	18.0	1.77	8.6	191.0	18.73	8.6	191.0	18.73
1.0	32.0	3.14	8.8	249.0	24.42	8.8	249.0	24.42
1.2	8.0	0.78	9.0	192.0	18.83	9.0	192.0	18.83
1.4	9.0	0.88	9.2	187.0	18.34	9.2	187.0	18.34
1.6	8.0	0.78	9.4	160.0	15.69	9.4	160.0	15.69
1.8	14.0	1.37	9.6	227.0	22.26	9.6	227.0	22.26
2.0	13.0	1.27	9.8	309.0	30.30	9.8	309.0	30.30
2.2	14.0	1.37	10.0	330.0	32.36	10.0	330.0	32.36
2.4	16.0	1.57	10.2	392.0	38.44	10.2	392.0	38.44
2.6	33.0	3.24	10.4	409.0	40.11	10.4	409.0	40.11
2.8	45.0	4.41	10.6	500.0	49.04	10.6	500.0	49.04
3.0	46.0	4.51						
3.2	66.0	6.47						
3.4	68.0	6.67						
3.6	72.0	7.06						
3.8	66.0	6.47						
4.0	76.0	7.45						
4.2	34.0	3.33						
4.4	91.0	8.92						
4.6	90.0	8.83						
4.8	101.0	9.91						
5.0	94.0	9.22						
5.2	96.0	9.41						
5.4	104.0	10.20						
5.6	117.0	11.47						
5.8	80.0	7.85						
6.0	90.0	8.83						
6.2	101.0	9.91						
6.4	118.0	11.57						
6.6	122.0	11.96						
6.8	100.0	9.81						
7.0	111.0	10.89						
7.2	139.0	13.63						
7.4	124.0	12.16						
7.6	170.0	16.67						
7.8	199.0	19.52						
8.0	176.0	17.26						
8.2	131.0	12.85						



SISMICA A RIFRAZIONE

Committente: Amministrazione comunale di Castel Morrone

Protocollo n.:

CA/073/03

Cantiere: Area P.E.E.P: Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova:

28/05/2003

Stendimento (n): **R1**

Data emissione certificato:

03/06/2003

CARATTERISTICHE DELLO STENDIMENTO SISMICO

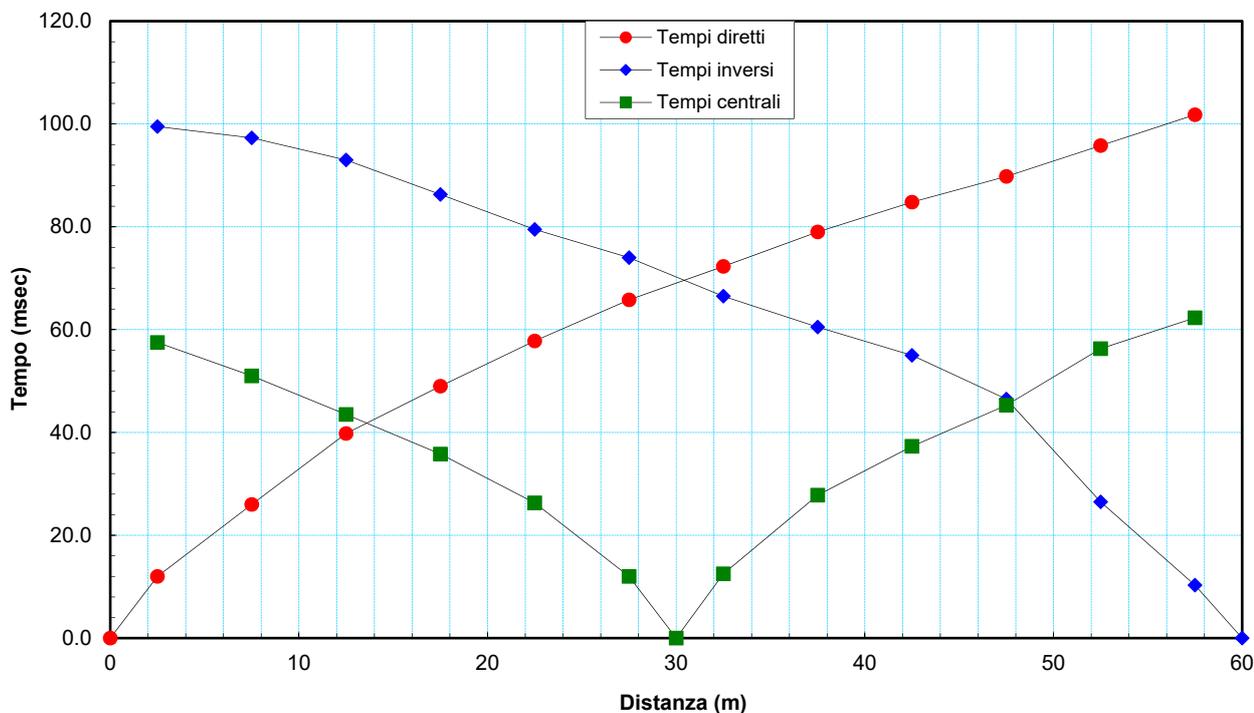
Lunghezza stendimento (m): 60.00

Distanza intergeofonica (m): 5.00

Distanza di offset (m): 2.50

DROMOCRONE

Profilo diretto ●				Profilo centrale ■				Profilo inverso ◆			
Geof. (n)	Quota (m s.l.m.)	Dist. (m)	Tempo (msec)	Geof. (n)	Quota (m s.l.m.)	Dist. (m)	Tempo (msec)	Geof. (n)	Quota (m s.l.m.)	Dist. (m)	Tempo (msec)
	n.d.	0.0	0.00		n.d.	2.5	57.50		n.d.	60.0	0.00
1	n.d.	2.5	12.00	1	n.d.	7.5	51.00	1	n.d.	57.5	10.30
2	n.d.	7.5	26.00	2	n.d.	12.5	43.50	2	n.d.	52.5	26.50
3	n.d.	12.5	39.80	3	n.d.	17.5	35.80	3	n.d.	47.5	46.50
4	n.d.	17.5	49.00	4	n.d.	22.5	26.30	4	n.d.	42.5	55.00
5	n.d.	22.5	57.80	5	n.d.	27.5	12.00	5	n.d.	37.5	60.50
6	n.d.	27.5	65.80	6	n.d.	30.0	0.00	6	n.d.	32.5	66.50
7	n.d.	32.5	72.30	7	n.d.	32.5	12.50	7	n.d.	27.5	74.00
8	n.d.	37.5	79.00	8	n.d.	37.5	27.80	8	n.d.	22.5	79.50
9	n.d.	42.5	84.80	9	n.d.	42.5	37.30	9	n.d.	17.5	86.30
10	n.d.	47.5	89.80	10	n.d.	47.5	45.30	10	n.d.	12.5	93.00
11	n.d.	52.5	95.80	11	n.d.	52.5	56.30	11	n.d.	7.5	97.30
12	n.d.	57.5	101.80	12	n.d.	57.5	62.30	12	n.d.	2.5	99.50





SISMICA A RIFRAZIONE

Committente: Amministrazione comunale di Castel Morrone	Protocollo n.: CA/073/03
Cantiere: Area P.E.E.P: Castel Morrone (CE)	Data esecuzione prova: 28/05/2003
Stendimento (n): R1	Data emissione certificato: 03/06/2003

CARATTERISTICHE DELLO STENDIMENTO SISMICO

Lunghezza stendimento (m): 60.00 Distanza intergeofonica (m): 5.00 Distanza di offset (m): 2.50

STRATIGRAFIA

Strato 1					Strato 2				
Geofono	Distanza	Quota geofoni	Velocità	Profondità dal p.c.	Geofono	Distanza	Quota geofoni	Velocità	Profondità dal p.c.
(n)	(m)	(m s.l.m.)	(m/sec)	(m)	(n)	(m)	(m s.l.m.)	(m/sec)	(m)
S. diretto	0.0	n.d.			S. diretto	0.0	n.d.		
1	2.5	n.d.	278.54	-3.28	1	2.5	n.d.	695.30	-10.89
2	7.5	n.d.	276.77	-3.26	2	7.5	n.d.	706.53	-11.70
3	12.5	n.d.	274.99	-3.25	3	12.5	n.d.	717.77	-12.81
4	17.5	n.d.	273.22	-3.23	4	17.5	n.d.	729.00	-13.47
5	22.5	n.d.	271.44	-3.36	5	22.5	n.d.	740.24	-14.31
6	27.5	n.d.	269.67	-2.99	6	27.5	n.d.	702.97	-14.74
7	32.5	n.d.	270.01	-3.39	7	32.5	n.d.	740.24	-14.86
8	37.5	n.d.	270.36	-3.66	8	37.5	n.d.	729.96	-15.34
9	42.5	n.d.	270.70	-3.94	9	42.5	n.d.	719.69	-16.34
10	47.5	n.d.	271.05	-4.22	10	47.5	n.d.	709.41	-16.83
11	52.5	n.d.	271.40	-4.51	11	52.5	n.d.	699.13	-16.82
12	57.5	n.d.	271.74	-4.79	12	57.5	n.d.	688.86	-16.81
S. inverso	60.0	n.d.			S. inverso	60.0	n.d.		

Velocità media (m/s): 272 Prof. Media (m): -3.7 Velocità media (m/s): 715 Prof. Media (m): -14.6

Strato 3					Strato 4				
Geofono	Distanza	Quota geofoni	Velocità	Profondità dal p.c.	Geofono	Distanza	Quota geofoni	Velocità	Profondità dal p.c.
(n)	(m)	(m s.l.m.)	(m/sec)	(m)	(n)	(m)	(m s.l.m.)	(m/sec)	(m)
S. diretto	0.0	n.d.			S. diretto	0.0	n.d.		
1	2.5	n.d.	1143.35		1	2.5	n.d.		
2	7.5	n.d.	1143.35		2	7.5	n.d.		
3	12.5	n.d.	1143.35		3	12.5	n.d.		
4	17.5	n.d.	1143.35		4	17.5	n.d.		
5	22.5	n.d.	1143.35		5	22.5	n.d.		
6	27.5	n.d.	1143.35		6	27.5	n.d.		
7	32.5	n.d.	1143.35		7	32.5	n.d.		
8	37.5	n.d.	1143.35		8	37.5	n.d.		
9	42.5	n.d.	1143.35		9	42.5	n.d.		
10	47.5	n.d.	1143.35		10	47.5	n.d.		
11	52.5	n.d.	1143.35		11	52.5	n.d.		
12	57.5	n.d.	1143.35		12	57.5	n.d.		
S. inverso	60.0	n.d.			S. inverso	60.0	n.d.		

Velocità media (m/s): 1143 Prof. Media (m): Velocità media (m/s): Prof. Media (m):





SISMICA A RIFRAZIONE

Committente: Amministrazione comunale di Castel Morrone

Protocollo n.: CA/073/03

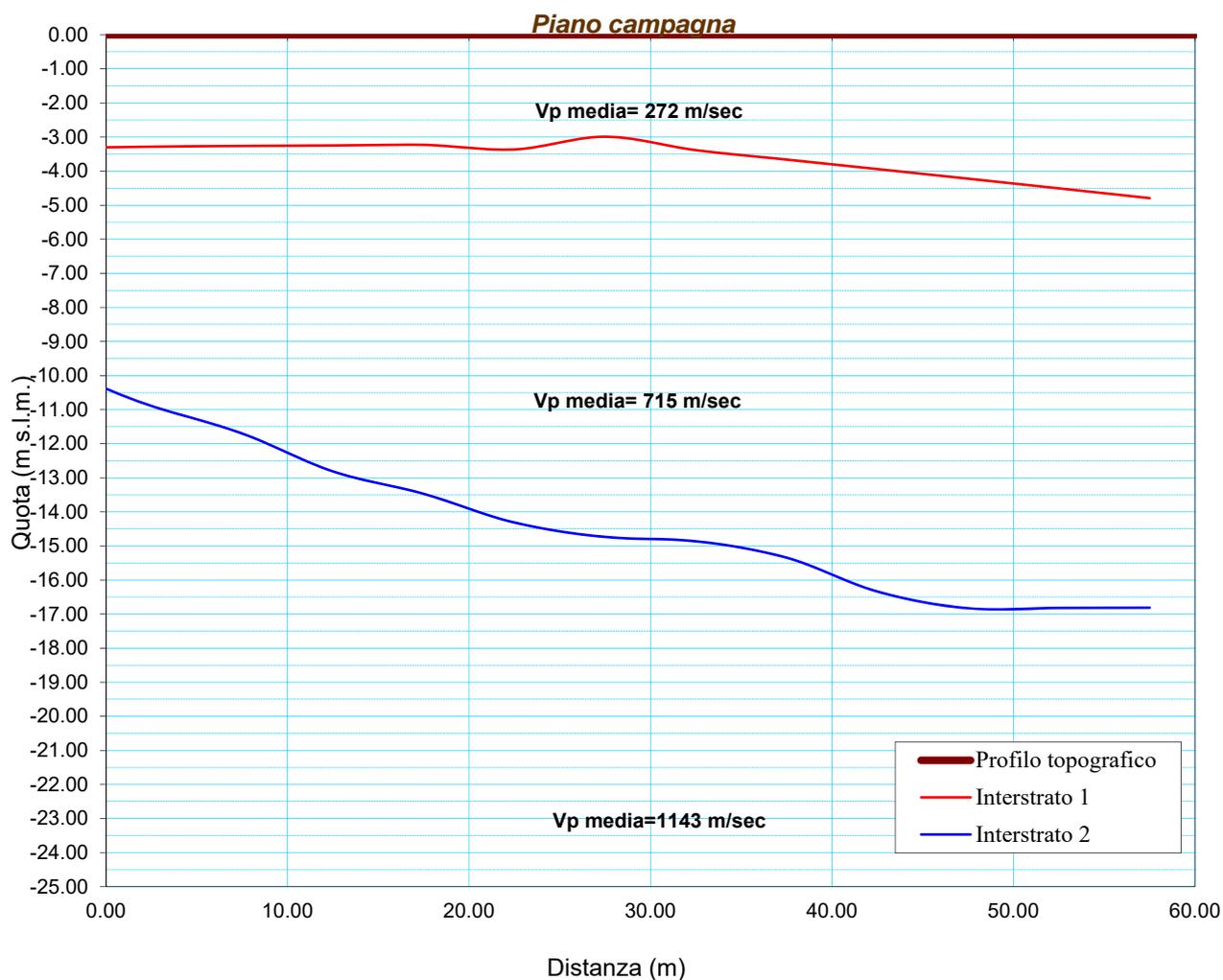
Cantiere: Area P.E.E.P: Castel Morrone (CE)

Data esecuzione prova: 28/05/2003

Stendimento (n): R1

Data emissione certificato: 03/06/2003

RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEL PROFILO SISMOSTRATOGRAFICO



COMUNE DI CASTEL MORRONE

PROVINCIA DI CASERTA

aggiornamento n°	data	descrizione dell'aggiornamento	disegnato	verificato	visto

PROGETTAZIONE DEFINITIVA-ESECUTIVA
LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E PREVENZIONE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO
FRAZIONE GROTTOLE E TORONE

<small>data</small> Agosto 2022	<small>Titolo</small> RELAZIONE SPECIALISTICA: CALCOLI STRUTTURE E PALIFICATA	<small>ELABORATO N.ro</small> R03
<small>disegnato</small>		<small>scala :</small>
<small>controllato</small>		
<small>commessa</small>		

Progettista: dott. ing. Ferdinando LUMINOSO

Premesse

La presente relazione concerne il calcolo delle strutture in c.a. costituite da muri di contenimento e palificata, nonché il calcolo di verifica statica della tubazione interrata che sarà posata in Via Costare.

Pertanto la relazione è stata suddivisa in tre distinti documenti denominati rispettivamente:

- A) Calcolo della paratia
- B) Calcolo dei muri di sostegno
- C) Verifica statica della tubazione.

Il calcolo della paratia costituita da una palificata con pali aventi diametro di 50 cm è stato condotto utilizzando il software STS denominato CDB Rel. 2021 e con Licenza n. 5082.

Tale software fa riferimento, nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione alle Norme Tecniche per Costruzioni emanate con D.M. 17.01.2018 pubblicato nel Supplemento 8 della G.U. n. 42 del 20.02.2018, nonché la Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.01.2019 n. 7 contenente le istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Si evidenzia che sono state effettuate in situ specifiche campagne di indagine per la definizione delle caratteristiche meccaniche e fisiche dei terreni di fondazione.

Per maggiori dettagli si rinvia alla Relazione Geologica – Modellizzazione geotecnica e sismica redatte dal Geol. Dott. Antonio PETRICCIONE.

Nell'ambito delle indagini condotte è stata eseguita anche un'indagine sismica M.A.S.W. al fine di individuare gli spessori e le geometrie dei litotipi, le

caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e per classificare sismicamente il suolo dell'area oggetto di studio.

Anche il calcolo dei muri di sostegno è stato condotto per la condizione più gravosa e quindi per muri di maggiore altezza, con software della stessa Casa STS denominato C.D.W. Rel. 2021 – Licenza n. 5082 ed esso ha fatto riferimento sempre alla Relazione Geologica sopra indicata.

Di seguito si riportano per ogni documento sia la relazione di calcolo, sia i Tabulati di output contenenti i dati di calcolo, le caratteristiche dei materiali e le verifiche effettuate.

CALCOLO DELLA PARATIA

RELAZIONE DI CALCOLO

1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle Norme Tecniche per le costruzioni emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

• **CALCOLO DELLE SPINTE**

Il calcolo delle spinte viene convenzionalmente riferito ad un metro di profondità di paratia. Pertanto tutte le grandezze riportate in stampa, sia per i dati di input che per quelli di output, debbono di conseguenza attribuirsi ad un metro di profondità della paratia stessa.

Per rendere più completa la trattazione relativa alla determinazione delle spinte sarà opportuno distinguere i seguenti casi:

- **Spinta delle terre:**

- a) con superficie del terreno rettilinea
- b) con superficie del terreno spezzata

- **Spinta del sovraccarico ripartito uniforme:**

- a) con superficie del terreno rettilinea
- b) con superficie del terreno spezzata

- **Spinta del sovraccarico ripartito parziale**

- **Spinta del sovraccarico concentrato lineare**

- **Spinte in presenza di coesione**

- **Spinta interstiziale in assenza o in presenza di moto di filtrazione**

- **Spinta passiva**

• **SPINTA DELLE TERRE**

Trattandosi di terreni stratificati, discretizzato il diaframma in un congruo numero di punti, si determina la spinta sulla parete come risultante delle pressioni orizzontali in ogni concio, calcolate come:

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K \cdot \cos \delta$$

dove:

- σ_h = pressione orizzontale
- σ_v = pressione verticale
- K = coefficiente di spinta dello strato di calcolo
- δ = coefficiente di attrito terra-parete

La pressione verticale è data dal peso del terreno sovrastante:

- in termini di tensioni totali:

$$\sigma_v = \tau \cdot z$$

τ = peso specifico del terreno

z = generica quota di calcolo della pressione a partire dall'estradosso del terrapieno

- in termini di tensioni efficaci in assenza di filtrazione:

$$\sigma_v = \tau' \cdot z$$

τ' = peso specifico efficace del terreno

- in termini di tensioni efficaci in presenza di filtrazione discendente dal terrapieno:

$$\sigma_v = [\tau - \tau_w \cdot (1 - I_w)] \cdot z$$

dove:

τ = peso specifico del terreno

τ_w = peso specifico dell'acqua

I_w = gradiente idraulico: $\delta H / \delta L$

δH = differenza di carico idraulico

δL = percorso minimo di filtrazione

- in termini di tensioni efficaci in presenza di filtrazione ascendente dal terrapieno:

$$\sigma_v = [\tau - \tau_w \cdot (1 + I_w)] \cdot z$$

a) Con superficie del terreno rettilinea

Lo schema di calcolo è basato sulla teoria di *Coulomb* nell'ipotesi di assenza di falda:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \phi)}{\text{sen}^2 \beta \cdot \text{sen}(\beta - \delta) \cdot \left[1 + \left(\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \cdot \text{sen}(\beta + \varepsilon)} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{Muller-Breslau})$$

avendo indicato con :

$\beta = 90^\circ$: inclinazione del paramento interno rispetto all'orizzontale;

ϕ = angolo d'attrito interno del terreno;

δ = angolo di attrito terra-muro;

ε = angolo di inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale.

b) Con superficie del terreno spezzata

In questo caso, pur mantenendo le ipotesi di *Coulomb*, la ricerca del cuneo di massima spinta non conduce alla determinazione di un unico coefficiente, come nella forma di *Muller-Breslau*, giacché il diagramma di spinta non è più triangolare bensì poligonale.

Posto l_i = lunghezza, in orizzontale, del tratto inclinato:

Studio Luminoso

SOFTWARE: C.D.B. - Computer Design of Bulkheads - Rel.2021 - Lic. Nro: 5082

$$dh = l_i \times \tan \varepsilon$$

e, permanendo la solita simbologia, si procede alla determinazione del cuneo di massima spinta ricavando l'angolo di inclinazione della corrispondente superficie di scorrimento, detto ρ_0 tale angolo, si ottiene, per $\beta = 90^\circ$:

$$\tan(\rho_0) = \frac{l_i}{-\tan(\rho_0) + \left[(1 + \tan^2 \phi) \cdot \left(1 + \frac{l_i \cdot dh}{(H + dh)^2 \cdot \tan \phi} \right) \right]^{1/2}}$$

Tracciando una retta inclinata di ' ρ_0 ' a partire dal vertice della spezzata si stacca, sulla superficie di spinta, un segmento di altezza:

$$h = l_i \cdot \frac{(\tan(\rho_0) - \tan \varepsilon) \cdot \tan \beta}{\tan(\rho_0) + \tan \beta}$$

su questo tratto della superficie di spinta si assumerà il seguente coefficiente di spinta attiva:

$$K_{a1} = \frac{(\tan \beta + \tan(\rho_0)) \cdot \left(1 + \frac{\tan \varepsilon}{\tan \beta} \right) \cdot \tan(\rho_0 - \phi)}{\tan \beta \cdot (\tan(\rho_0) - \tan \varepsilon)}$$

mentre per il restante tratto di altezza ($H - h$) si assumerà:

$$K_{a2} = \frac{(\tan \beta + \tan(\rho_0)) \cdot \tan(\rho_0 - \phi)}{\tan \beta \cdot \tan(\rho_0)}$$

c) Incremento di spinta sismica:

- Calcolo dell'incremento di spinta sismica secondo D.M. 16/01/96:

$$K_{a2} = K' - A \cdot K_a$$

essendo:

$$A = \frac{\cos^2(\alpha + \tau)}{\cos^2 \alpha + \cos \tau}$$

con:

α = angolo formato dall'intradosso con la verticale

$\tau = \arctan C$

C = coefficiente di intensità sismica

K' = coefficiente calcolato staticamente per $\varepsilon' = \varepsilon + \tau$ e $\beta' = \beta - \tau$

La pressione ottenuta ha un andamento lineare, con valore zero al piede del diaframma e valore massimo in sommità.

- Calcolo dell'incremento di spinta sismica secondo N.T.C.: in assenza di studi specifici, i coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v) che interessano tutte le masse sono calcolati come (7.11.6.3.1):

$$g \cdot K_d = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

$$a_{max} = a_g \cdot S_g \cdot S_T$$

$$K_v = 0,5 \cdot K_0$$

La forza di calcolo viene denotata come E_d da considerarsi come la risultante delle spinte statiche e dinamiche del terreno. Tale spinta totale di progetto E_d , esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno, è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \tau' \cdot (1 \pm K_v) \cdot K \cdot H^2 + E_{st}$$

dove:

- H è l'altezza del muro;
- E_{st} è la spinta idrostatica;
- τ' è il peso specifico del terreno (definito ai punti seguenti);
- K è il coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico).

Il coefficiente di spinta del terreno può essere calcolato mediante la formula di *Mononobe e Okabe*.

- Se $\beta \leq \phi - \Theta$:

$$K_0 = \frac{\text{sen}^2(\alpha + \phi - \Theta)}{\cos \Theta \cdot \text{sen}^2 \alpha \cdot \text{sen}(\phi - \Theta - \delta) \cdot \left[1 + \left(\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \beta - \Theta)}{\text{sen}(\phi - \Theta - \delta) \cdot \text{sen}(\alpha + \beta)} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

Se $\beta > \phi - \Theta$:

$$K_0 = \frac{\text{sen}^2(\alpha + \phi - \Theta)}{\cos \Theta \cdot \text{sen}^2 \alpha \cdot \text{sen}(\phi - \Theta - \delta)}$$

- ϕ è il valore di calcolo dell'angolo di resistenza a taglio del terreno in condizioni di sforzo efficace;
- α, β : sono gli angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno;
- δ è il valore di calcolo dell'angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro;
- Θ è l'angolo definito successivamente in funzione dei seguenti casi:

Livello di falda al di sotto del muro di sostegno:

$\tau' = \tau$ peso specifico del terreno

$$\tan \Theta = \frac{K_0}{1 \pm K_v}$$

Terreno al di sotto del livello di falda:

$\tau' = \tau - \tau_w$ peso immerso del terreno

τ_w : peso specifico dell'acqua

$$\tan \Theta = \frac{\tau}{\tau - \tau_w} \cdot \frac{K_0}{1 \pm K_v}$$

b) *Inerzia della parete:*

In presenza di sisma l'opera è soggetta alle forze di inerzia della parete:

- Forze di inerzia secondo D.M. 16/01/96:

$$F_i = C \cdot W$$

con C = coefficiente di intensità sismica

- Forze di inerzia secondo N.T.C.:

$$F_{ib} = K_b \cdot W$$

$$F_{iv} = K_v \cdot W$$

$$K_b = \frac{S \cdot a_g}{r}$$

$$K_v = \frac{K_h}{2}$$

Al fattore r può essere assegnato il valore 2 nel caso di opere di sostegno che ammettano spostamenti, per esempio i muri a gravità, o che siano sufficientemente flessibili. In presenza di terreni non coesivi saturi deve essere assunto il valore 1.

• **SPINTA DEL SOVRACCARICO RIPARTITO UNIFORME**

a) Con superficie del terreno rettilinea

In questo caso ,intendendo per Q il sovraccarico per metro lineare di proiezione orizzontale:

$$\sigma_v = Q$$

b) Con superficie del terreno spezzata

Una volta determinata la superficie di scorrimento del cuneo di massima spinta (ρ_0), quindi il diagramma di carico che grava sul cuneo di spinta ,si scompone tale diagramma in due strisce; la prima agente sul tratto di terreno inclinato, la seconda sul rimanente tratto orizzontale.

Ognuna delle strisce di carico genererà un diagramma di pressioni sul muro i cui valori saranno determinati secondo la formulazione di *Terzaghi* che esprime la pressione alla generica profondità z come:

$$\sigma_h = \frac{2 \cdot Q \cdot W}{\pi} \cdot (\Theta - \sin\Theta \cdot \cos 2r)$$

dove:

$$W = \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}$$

• **SPINTA DEL SOVRACCARICO CONCENTRATO LINEARE**

Il carico concentrato lineare genera un diagramma delle pressioni sul muro che può essere determinato usando la teoria di *Boussinesq*:

Essendo:

d_j = distanza del sovraccarico dal muro, in orizzontale

q_j = intensità del carico;

e posto

$$m = \frac{d_j}{H}$$

si ottiene il valore della pressione alla generica profondità z in base alle seguenti relazioni:

a) per $m \leq 0,4$

$$\sigma_h = 0,203 \cdot \frac{q_l}{H} \cdot \frac{\frac{z}{H}}{\left[0,16 + \left(\frac{z}{H}\right)^2\right]^2}$$

b) per $m > 0,4$

$$\sigma_h = 4 \cdot \frac{q_l}{H \cdot \pi} \cdot \frac{m \cdot \frac{z}{H}}{\left[m^2 + \left(\frac{z}{H}\right)^2\right]^2}$$

• **SPINTA ATTIVA DOVUTA ALLA COESIONE**

La coesione determina una controspinta sulla parete, pari a:

$$\sigma_b = -2 \cdot C \cdot \sqrt{K_a} \cdot \sqrt{1 + R_{ac}}$$

essendo:

C = coesione dello strato
 R_{ac} = rapporto aderenza/coesione

• **SPINTA INTERSTIZIALE**

La spinta risultante dovuta all'acqua è pari alla differenza tra la pressione interstiziale di monte e di valle.

Nel caso di filtrazione discendente da monte e ascendente da valle:

$$\sigma_b = \tau_w \cdot [H_{mm} \cdot (1 - I_w) - H_{mv} \cdot (1 + I_w)]$$

dove:

H_{mm} = quota della falda di monte
 H_{mv} = quota della falda di valle

Nel caso di filtrazione discendente da valle e ascendente da monte:

$$\sigma_b = \tau_w \cdot [H_{mv} \cdot (1 + I_w) - H_{mm} \cdot (1 - I_w)]$$

• **SPINTA PASSIVA**

$$\sigma_{hp} \cdot R_p = \sigma_v \cdot K_p \cdot \cos \delta + 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_p} \cdot \sqrt{1 + R_{ac}}$$

dove:

σ_{hp} = pressione passiva orizzontale
 R_p = coefficiente di riduzione della spinta passiva
 σ_v = pressione verticale
 K_p = coefficiente di spinta passiva dello strato di calcolo
 δ = coefficiente di attrito terra-parete
 C = coesione
 R_{ac} = rapporto aderenza/coesione

a) per $\phi < 0$:

$$K_p = \frac{\sin^2(\beta - \phi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[1 - \left(\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)} \right)^2 \right]}$$

b) per $\phi = 0$:

$$K_p = 1$$

• EQUILIBRIO DELLA PARATIA E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Il diaframma è una struttura deformabile, per cui in funzione degli spostamenti che assume è in grado di mobilitare pressioni dal terreno circostante. Nella trattazione classica per determinare le spinte sul tratto infisso della paratie si ipotizza che il terreno circostante sia in condizioni di equilibrio limite, per cui ipotizzata una deformata si possono determinare le zone attive e passive del terreno e le relative pressioni.

Questo modo di procedere fornisce buoni risultati nei problemi di progetto e nel caso si vogliono determinare dei valori globali di sicurezza mentre non permette di valutare con buona approssimazione i diagrammi delle sollecitazioni. Inoltre un grande limite è rappresentato dal fatto che i metodi classici non permettono di tenere in conto la presenza di più di un tirante.

Un modo più moderno di affrontare il problema dell'equilibrio delle paratie è quello di utilizzare delle tecniche di soluzione più generali quali quello degli elementi finiti. L'algoritmo di soluzione utilizzato nel programma si può riassumere nei seguenti passi principali:

- 1 - discretizzazione della paratia con elementi trave elastici.
- 2 - modellazione dei tiranti con molle elastiche che reagiscono solo nel caso la paratia si allontani dal terreno (tiranti o sbadacchi).
- 3 - modellazione del terreno in cui è infissa la paratia con molle non lineari con legame costitutivo di tipo bilatero.
- 4 - algoritmo di soluzione per sistemi di equazioni non lineari che utilizza la tecnica della matrice di rigidezza secante.
- 5 - calcolo degli spostamenti della paratia, in particolare gli spostamenti dei tiranti e del fondo scavo che danno preziose informazioni sulla deformabilità del sistema terreno-paratia.
- 6 - calcolo delle sollecitazioni degli elementi trave (taglio, momento).
- 7 - calcolo delle pressioni sul terreno dove è infissa la paratia.

Descrizione dell'algoritmo

Si discretizza la paratia in $n-1$ conci di trave connessi ad n nodi. Si calcola quindi la matrice di rigidezza elementare del concio e quindi si esegue l'assemblaggio della matrice globale. Ogni nodo presenta due gradi di libertà (spostamento trasversale e rotazione), quindi si hanno in totale $2 \times n$ gradi di libertà globali.

La matrice di rigidezza assemblata di dimensioni $(2n \times 2n)$ risulta non invertibile in quanto la struttura ammette moti rigidi. I moti rigidi e quindi la labilità della struttura vengono eliminati modellando il terreno in cui la paratia risulta infissa ed i tiranti.

Sia il terreno che i tiranti vengono modellati con delle molle i cui valori di rigidezza vengono sommati agli elementi diagonali della matrice globale. I tiranti hanno un legame costitutivo unilatero.

RIGIDEZZA DEL TIRANTE:

Se:

- L = lunghezza
- A = Area del tirante/interasse
- E = modulo elastico del tirante
- f = angolo di inclinazione

T = sforzo sul tirante/puntone v = spostamento

ne consegue:

$$K = \frac{A \cdot E}{L} \cdot \cos^2 f$$

$$T = K \times v \quad \text{se } v \geq 0$$

$$T = 0 \quad \text{se } v < 0 \text{ (la paratia si avvicina al terreno)}$$

RIGIDEZZA DEL TERRENO (Bowles, *Fondazioni* pag.649):

Se:

c = coesione
g peso specifico efficace

Nc, Nq, Ng coefficienti di portanza
z quota infissione

$$K = 40 \times (c \times Nc + 0,5 \times g \times l \times Ng) + 40 \times (g \times Nq \times z)$$

Il legame costitutivo pressione terreno-spostamento v della paratia si assume di tipo non lineare bilatero:

v_l = 1,5 cm spostamento limite elastico

P_p = pressione passiva

P_u = min(v) × K, P_p) pressione massima sopportata dal terreno

K × v ≤ P_u (fase elastica)

P(v) = P_u se K × v > P_u (fase plastica)

Il sistema non lineare risolvibile risulta quindi:

K(v) matrice secante

F = forze nodali

$$F = K(v) v$$

$$v_i = \text{inv}(K(v_{i-1})) F \quad \text{per } i = 0, \dots, n$$

Risolto iterativamente il sistema non lineare si ottengono gli spostamenti nodali e quindi pressioni, sollecitazioni e forze ai tiranti. È importante al fine di una corretta verifica della paratia controllare lo spostamento al fondo scavo della paratia.

• **ANCORAGGI**

La lunghezza minima del tirante è determinata in maniera tale che la retta passante dalla punta estrema dell'ancoraggio e dal piede del diaframma formi un angolo pari a φ (angolo di attrito interno) con la verticale.

BLOCCO DI ANCORAGGIO

Il blocco di ancoraggio, nell'ipotesi che esso sia continuo lungo tutta la lunghezza del diaframma, deve dimensionarsi sulla base di un coefficiente di sicurezza che vale:

$$\mu_a = \frac{\tau \cdot H_a^2 \cdot (K_p - K_a)}{2 \cdot T_r}$$

dove:

τ = peso specifico del terreno

H_a = affondamento del blocco di ancoraggio nel terreno
 K_p = coefficiente di spinta passiva
 K_a = coefficiente di spinta attiva
 T_r = forza di trazione sull'ancoraggio

BULBO DI ANCORAGGIO DI CALCESTRUZZO INIETTATO SOTTO PRESSIONE

Se:

T_n = sforzo resistente
 T_r = forza di trazione sull'ancoraggio
 μ_s = coefficiente di sicurezza
 A = area bulbo
 p_v = pressione verticale
 f = angolo di attrito del terreno
 $K_0 = 1 - \sin(f)$ (spinta a riposo)
 c = coesione

allora:

$$T_n = A \cdot \left[p_v \cdot K_0 \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot f\right) + 0,8 \cdot c \right]$$

• VERIFICHE

Il programma esegue le verifiche di resistenza sugli elementi strutturali in funzione della tipologia della paratia. Le verifiche verranno eseguite per tutte le tipologie a scelta dell'utente sia con il metodo delle tensioni ammissibili che con il metodo degli SLU.

Per la generica in particolare la verifica agli S.L.U. prevede solo l'utilizzo di materiali assimilabili ai sensi della normativa vigente all'acciaio Fe360, Fe430 e Fe510. In particolare per il metodo degli S.L.U. si prevede che le azioni di calcolo utilizzate per le verifiche di resistenza derivanti vengano incrementate di un coefficiente parziale pari a 1,50.

Per le sezioni in acciaio la verifica S.L.U. viene effettuato al limite elastico.

Le verifiche saranno effettuate, coerentemente con il metodo selezionato (T.A. S.L.U), rispettando la normativa vigente per le strutture in c.a. ed in acciaio.

Le verifiche saranno effettuate sia sulla sezione della paratia che sugli elementi secondari quali cordoli in c.a. ed in acciaio, testata di ancoraggio in acciaio per le berlinesi.

Le sollecitazioni agenti sul cordolo vengono calcolate schematizzandolo come una trave continua caricata con forze concentrate.

Nel caso di cordoli in c.a. vengono effettuate le verifiche consuete per le travi soggette a momento flettente e taglio.

Nel caso di cordoli realizzati in acciaio vengono effettuate le seguenti verifiche:

- 1) verifica del profilo del longherone calcolato a trave continua e caricato con forze concentrate.
- 2) Verifica del comportamento a mensola della piattabanda del profilo a contatto con i pali della berlinese.
- 3) Verifica che la risultante inclinata del tirante sia interna alla area di contatto costituita dalle piattabande dei profili.
- 4) Verifica della piastra forata della testata sollecitata dal tiro del tirante irrigidita con eventuali nervature.
- 5) Verifica della piastra forata della testata in corrispondenza dello incastro con le nervature laterali della testata. Verifica della saldature corrispondente di tipo II classe a T o completa penetrazione.

**COMUNE DI CASTEL MORRONE
PROVINCIA DI CASERTA**

TABULATI DI CALCOLO

OGGETTO:

MESSA IN SICUREZZA VIA ABBATELLE

COMMITTENTE:

COMUNE DI CASTEL MORRONE

Tomo Nro:1

- **SPECIFICHE CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia riportata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Str. N.ro	: <i>Numero dello strato</i>
Spess.	: <i>Spessore dello strato</i>
Coesione	: <i>Coesione</i>
Rapp. ader/co	: <i>Rapporto Aderenza/Coesione</i>
Ang. attr.	: <i>Angolo di attrito interno del terreno dello strato in esame</i>
Peso spec.	: <i>Peso specifico del terreno in situ</i>
Peso effie.	: <i>Peso specifico efficace del terreno saturo</i>
Attr. terra-muro	: <i>Angolo di attrito terra-muro</i>
Descriz.	: <i>Descrizione sintetica dello strato</i>

- **SPECIFICHE CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia riportata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Ka	: <i>Coefficiente di spinta attiva</i>
Kas	: <i>Coefficiente di spinta attiva sismica</i>
Kp	: <i>Coefficiente di spinta passiva</i>