

PROVINCIA DI BENEVENTO

PROGETTO:

S.P. N. 1 "CIARDELLI"

***RICOSTRUZIONE MURO DI CONTENIMENTO ALLA LOCALITÀ PERILLO
DEL COMUNE DI ARPAISE***

RELAZIONE GEOLOGICA

E

**RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO DI COSTRUZIONE
(NTC-2018; CIRC. N. 7/2019 C.S.LL.PP.)**

PER LO SVINCOLO IDROGEOLOGICO

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE



Il Geologo

d.ssa Irene Savino



Morcone, settembre 2020

Visti ed approvazioni:

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	3
2.1 Inquadramento geologico	3
2.2 Inquadramento geomorfologico	9
2.3 Aspetti idrogeologici	13
3. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI	15
4. CORRELAZIONI MODELLO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO CON LE PROVE IN SITU E DI LABORATORIO	21
5. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO	23
5.1 Classificazione sismica a scala comunale	24
5.2 Pericolosità sismica di base del sito di costruzione (NTC - D.M. 17 gennaio 2018)	25
5.3 Valutazione della risposta sismica locale	28
5.3.1 Effetti stratigrafici - Categoria del sottosuolo	28
5.3.2 Effetti topografici - Categoria topografica	31
5.3.3 Valutazione degli effetti cosismici	31
5.4 Coefficienti sismici tenendo conto della risposta sismica locale	32
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	33

Allegati

- CERTIFICATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E DELLE PROVE DI LABORATORIO

1. PREMESSA

L'Amministrazione Provinciale di Benevento, settore Tecnico – SERVIZIO VIABILITA' 2 E CONNESSE INFRASTRUTTURE, con determinazione n. 3147 del 31/12/2019, ha affidato alla sottoscritta geol. d.ssa Irene Savino, con studio in Morcone (BN) alla Via Dei Marsi n. 3, iscritta all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n. 1730, l'incarico di eseguire uno studio geologico, così come richiesto dalle norme vigenti, in merito al progetto: **S.P. N. 1 "CIARDELLI" RICOSTRUZIONE MURO DI CONTENIMENTO ALLA LOCALITÀ PERILLO DEL COMUNE DI ARPAISE.**

Lo studio è stato condotto secondo l'aggiornamento delle NTC del 2018 e la Circolare n. 7 C.S.L.L.P.P. del 21 gennaio 2019. I risultati vengono presentati in questa relazione che fornisce anche i parametri per la modellazione sismica, i quali dipendono anche dalle caratteristiche stratigrafiche e morfologiche del sito di progetto, e di verificare le problematiche di carattere geologico eventualmente esistenti,

Il muro che si intende ricostruire è localizzato su un tratto della S.P. n. 1, ricadente nel comune di Arpaise (BN). Si tratta di un manufatto in pietra calcarea interessato da un dissesto che ne ha compromesso la stabilità.

Per poter redigere lo studio geologico che ha permesso di redigere la presente relazione, è stata eseguita una campagna di indagini e studi così articolata:

- *ricerca e studio dei dati bibliografici;*
- *interpretazione delle carte topografica e aerofotogrammetrica di riferimento;*
- *rilevamento geologico e geomorfologico di superficie;*
- *studio delle caratteristiche idrogeologiche dell'area;*
- *esecuzione di n. 2 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di n. 3 campioni indisturbati di terreno su cui sono state eseguite le prove di laboratorio, ed esecuzione di n. 5 prove SPT (Standard Penetration Test) in foro.*
- *Esecuzione di una indagine sismica (MASW), per l'acquisizione dei dati sismici dell'area che hanno consentito di redigere la RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO DI COSTRUZIONE secondo il **par.C.10.1, Circ. Min. Infr. 617/09 e ss.mm.ii.***

L'ubicazione delle suddette indagini, le relative stratimetrie e i risultati delle prove di laboratorio sono riportati in allegato alla presente.

I dati ricavati sono stati considerati sufficienti per ricostruire il modello geologico del sito in oggetto, illustrato nei paragrafi 3 e 4.

Il dissesto in oggetto riguarda un muro di contenimento che si trova lungo un tratto della strada provinciale n. 1 Ciardelli, in località Perillo nel comune di Arpaise ed è ubicato ad una quota altimetrica compresa all'incirca tra 459 e 460 m s.l.m..

2.2 Inquadramento geologico

Il sito di progetto è ubicato nel settore occidentale e meridionale di una estesa zona di affioramento di sedimenti del Pliocene medio che dall'area beneventana (immediatamente ad E di Montesarchio) prosegue verso NE nell'arianese (Ariano Irpino) fino al margine orientale della catena appenninica (Bovino, Orsara di Puglia) nel foggiano. In particolare, nell'area di interesse, tali terreni costituiscono il bacino pliocenico silicoclastico di Benevento caratterizzato da facies marine (di mare basso e profondo) di transizione (facies costiere) e continentali di piana alluvionale) con successioni non continue e di età che, a luoghi, molto probabilmente raggiungono anche il Pleistocene inferiore.

Nel Foglio 432-Benevento della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (2009) (**fig. 2**) i terreni del Pliocene medio (formazione della Baronìa; **BNA**) poggiano in discontinuità stratigrafica (contatto stratigrafico inconforme; più precisamente in discordanza angolare) sulle unità del Messiniano superiore–Pliocene inferiore (Unità di Tufo-Altavilla; **UTA**) con analoghe facies di quelle del Pliocene medio oppure poggiano sempre in discordanza angolare su depositi più antichi sinorogeni (Formazione di S. Giorgio: successione torbiditica di conoide sottomarina di età Langhiano-Messiniano inferiore pp) e preorogeni associati al bacino lagonegrese Auct. (indicati come Formazione delle Argille Varicolori con, nella parte superiore, la formazione del Flysch Numidico; vedi Foglio 432-Benevento).

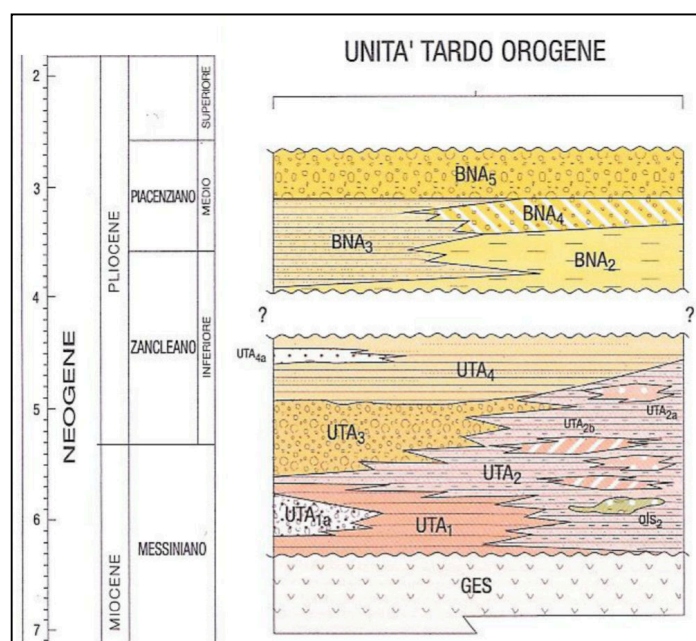


Fig. 2 – Stralcio dello schema cronostatigrafico delle UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE del Foglio 432-Benevento della Carta Geologica d'Italia.

Evitando di toccare temi relativi all'interpretazione di queste unità nell'ambito dei diversi modelli evolutivi di questo tratto di Appennino, si può affermare che l'assetto geologico dell'area è oggettivamente caratterizzato a W dall'accavallamento delle unità della piattaforma carbonatica (Partenio, Monte Taburno, ...) sulle unità del mesozoico fino al Pliocene inferiore.

Le deformazioni tettoniche risultano molto intense e vistose nelle unità preorogene bacinali con più di un sistema di pieghe e sovrascorrimenti associati a diversi eventi compressivi. Tali evidenze si osservano attenuate nelle successioni del Messiniano superiore-Pliocene inferiore (**UTA**). Mentre si riconoscono con difficoltà e solo localmente in quelle del Pliocene medio. Sicuramente sono presenti faglie normali di età diverse (da quelle sinsedimentarie a quelle legate alla tettonica recente ed attuale) ma le evidenze morfologiche non sono ben definite per l'erodibilità dei litotipi affioranti.

Il sito di interesse corrisponde ad una zona di spartiacque allungata in direzione WSW-ENE e, in particolare la strada attraversa in trincea una sella che si sviluppa lungo lo stesso spartiacque (**fig. 1**). La sella si è formata al passaggio tra due litofacies dell'Unità di Tufo Altavilla, **UTA₂** e **UTA_{2b}** (**figg. 4 e 6**): gli strati immergono verso i quadranti orientali e sul lato WSW affiorano sabbie limoso-argillose e limi sabbioso-argillosi (**UTA₂**) con associazioni di spiaggia sommersa-piattaforma mentre sul lato ENE affiorano ghiaie sabbiose (**UTA_{2b}**) con ciottoli da centimetrici a decimetrici costituiti da litotipi presenti nella formazione di San Giorgio (quelli arenacei) e in quella della Formazione delle Argille Varicolori (calcare, selce, marne più o meno silicizzate, ecc.). I sondaggi eseguiti mostrano la probabile presenza di un contatto latero-verticale tra la facies ghiaiosa (**UTA_{2b}**) e quella limoso-sabbioso-argillosa (**UTA₂**).

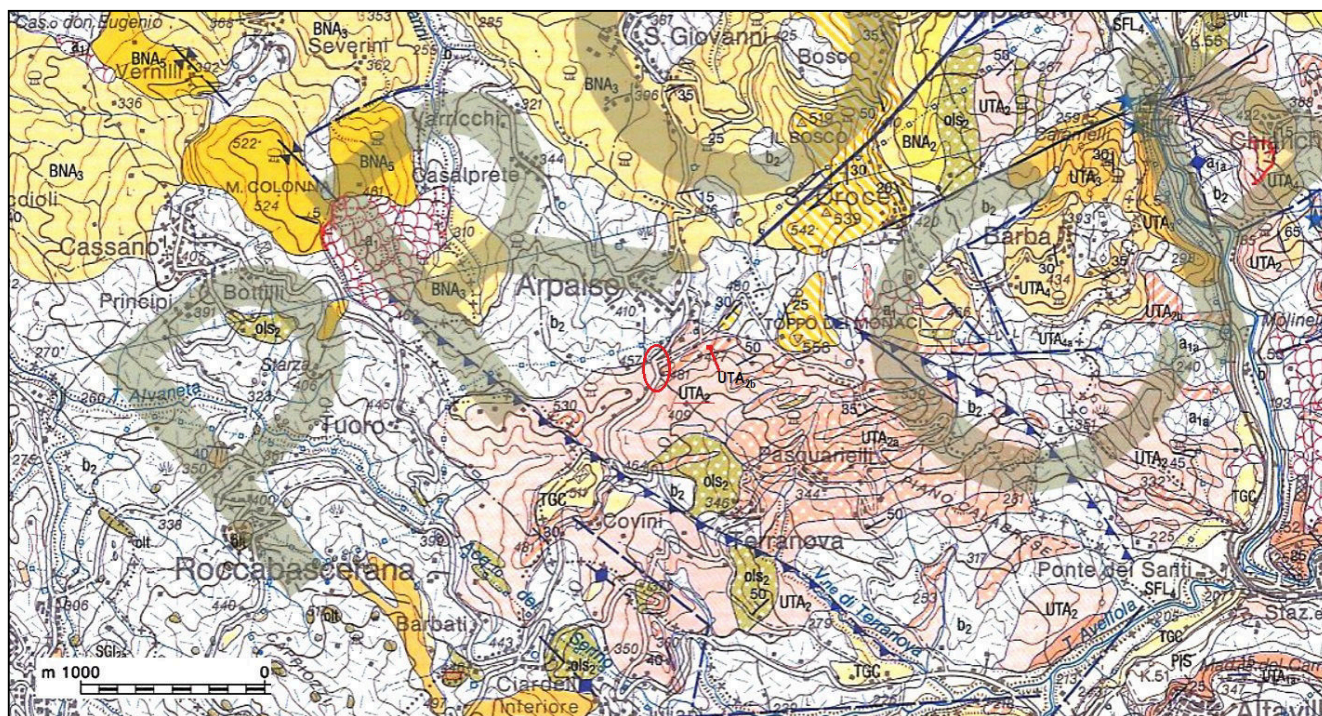


Fig. 3 – Stralcio del Foglio 432-Benevento della Carta Geologica d'Italia.

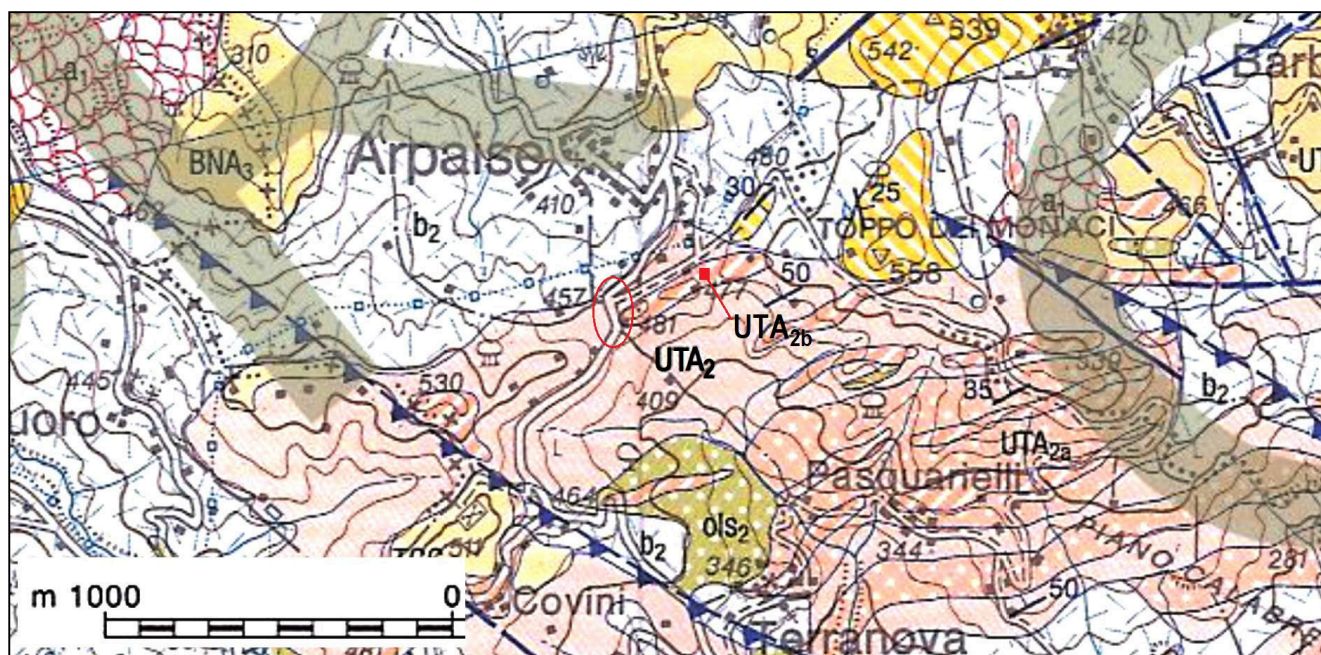


Fig. 4 – Stralcio del Foglio 432-Benevento della Carta Geologica d'Italia. Nell'ovale rosso, l'area di studio.

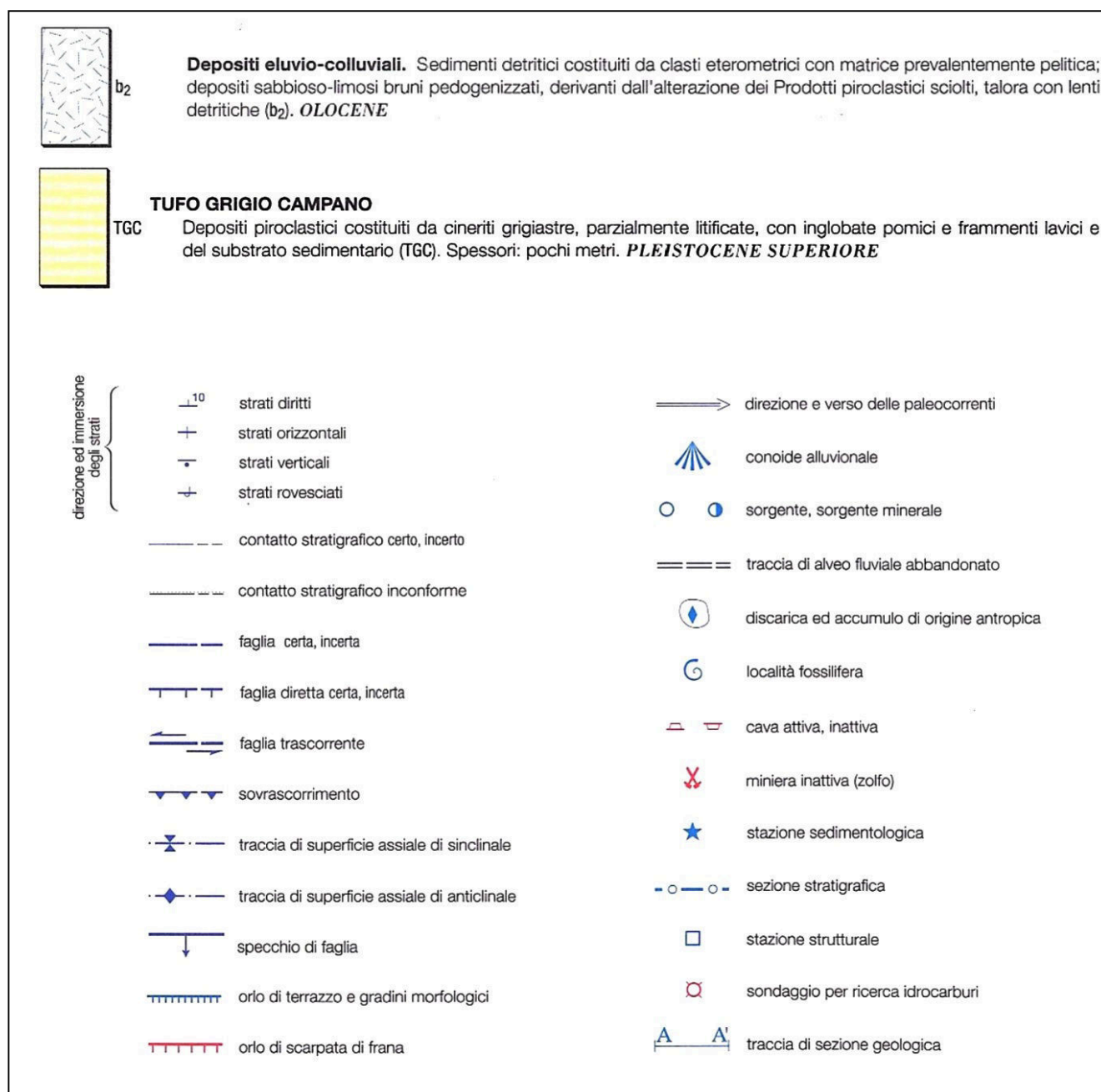


Fig. 5 – Stralcio del Foglio 432-Benevento della Carta Geologica d'Italia. Parte della legenda del Foglio, con la descrizione dei litotipi più recenti affioranti nell'intorno dell'area e dei simboli adottati.

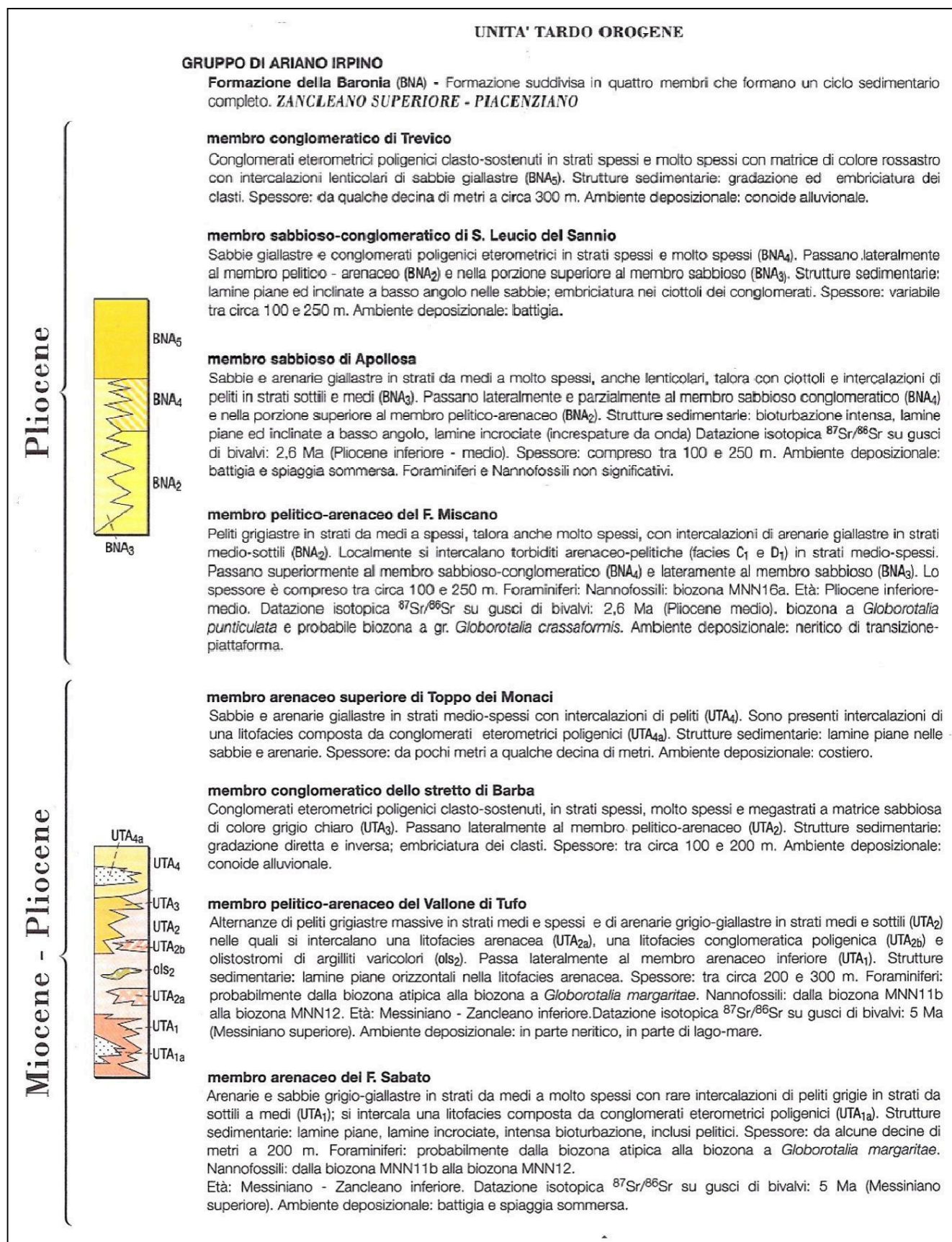


Fig. 6 – Stralcio del Foglio 432-Benevento della Carta Geologica d'Italia. Parte della legenda del Foglio con la descrizione dei litotipi affioranti nell'area di studio (UTA₂ e UTA_{2b}).

2.2 Inquadramento geomorfologico

Tutto quanto su esposto, unitamente alla diversa erodibilità dei sedimenti, legata alla natura degli stessi, ha determinato in tutto il territorio una morfologia collinare piuttosto varia, con quote che raggiungono al massimo i 607 m s.l.m. .

Geomorfologicamente quindi, l'intera area rientra in una **zona collinare** caratterizzata da versanti a debole pendenza, in corrispondenza dei sedimenti prevalentemente pelitici, e versanti a pendenza maggiore, in corrispondenza dei litotipi conglomeratici e arenacei, maggiormente resistenti ai processi morfoevolutivi. Tali versanti degradano in direzioni varie verso le numerose incisioni torrentizie presenti nel territorio.

Nel dettaglio, i rilievi condotti hanno evidenziato che l'area interessata dal progetto si trova in corrispondenza di una zona collinare di spartiacque (**cf. fig. 1**) non interessata da processi morfodinamici erosivi significativi sia areali che puntuali. Ciò trova rispondenza anche nella carta degli scenari di rischio dell'Autorità di Bacino (**cf. figg. 9 e 10**) che non vi riconosce alcun livello di rischio. Il danneggiamento al muro di contenimento in progetto, visibilmente inclinato (**cf. fig. 7**), è imputabile allo scadimento delle caratteristiche tecniche del terreno di fondazione per assenza, o non efficienza, di opere di drenaggio o allontanamento delle acque superficiali, considerando che lo stesso muro è stato costruito su fondazioni dirette molto superficiali (0,50 m di profondità).



Fig. 7 – Tratto del muro in oggetto, puntellato in seguito a evidente inclinazione.



Fig. 8 – Contesto geografico generale in cui è inserita l'area oggetto del presente studio. E' evidente il reticolo dei corsi d'acqua che caratterizza il territorio. Stralcio della carta topografica IGM in scala 1:50.000; le maglie del reticolo UTM sono ampie 2 Km.

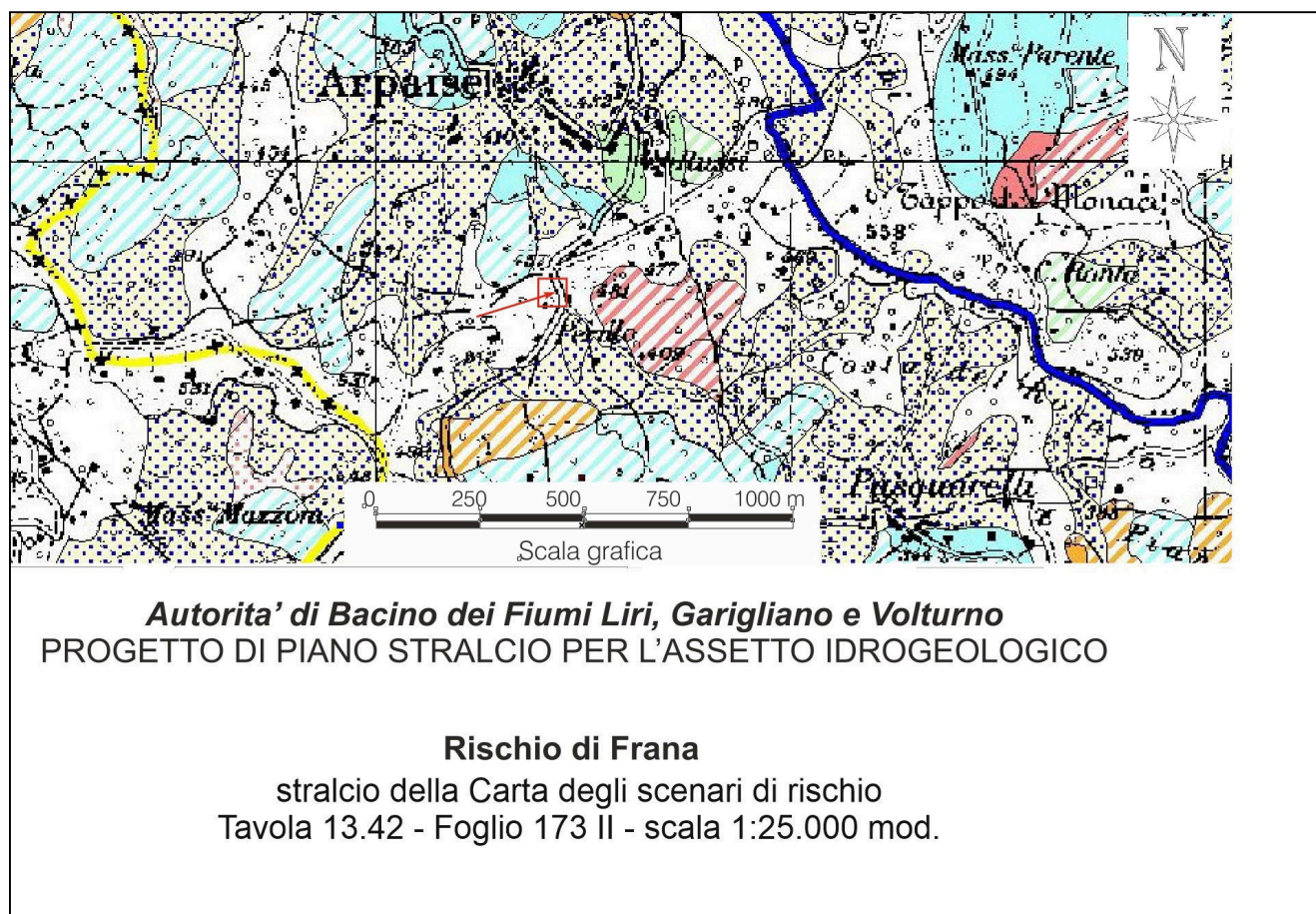


Fig. 9 – Stralcio della Carta degli scenari di rischio dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno).

	AREA A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R 4 Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche. (* Aree a rischio molto elevato ricadenti in zone a Parco)
	AREA A RISCHIO ELEVATO - R 3 Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.
	AREA A RISCHIO MEDIO - R 2 Nella quale per il livello di rischio presente sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
	AREA A RISCHIO MODERATO - R 1 Nella quale per il livello di rischio presente i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.
	AREA DI ALTA ATTENZIONE - A 4 Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.
	AREA DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE - A 3 Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.
	AREA DI MEDIA ATTENZIONE - A 2 Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente, a massima intensità attesa media.
	AREA DI MODERATA ATTENZIONE - A 1 Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana a massima intensità attesa bassa.
	AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE ALTO - RP_a Area nella quale il livello di rischio, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.
	AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE ALTA - AP_a Area non urbanizzata, nella quale il livello di attenzione, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggiore dettaglio.
	AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE BASSO - RP_b Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di rischio, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.
	AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE BASSA - AP_b Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di attenzione, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.
	Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11/3/88 - C 1 N.B.: Nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino allo spartiacque principale e/o secondario, già riportati nella carta geomorfologica.
	Area di versante nella quale non è stato riconosciuto un livello di rischio o di attenzione significativo (applicazione D.M. LL.PP 11/3/88) - C 2

Fig. 10 – legenda della “carta degli scenari di rischio” dell'Autorità di Bacino.

2.3 Aspetti idrogeologici

Da un punto di vista **idrologico** il territorio è attraversato da numerosi impluvi, anche in dipendenza della permeabilità media e bassa dei litotipi presenti che favoriscono il ruscellamento e non tanto l'infiltrazione. Questi impluvi raccolgono le acque superficiali e subsuperficiali derivanti dalle precipitazioni atmosferiche, concentrate in massima parte nel periodo ottobre-maggio, e formano un reticolo idrografico che si presenta a densità media e si sviluppa attraverso incisioni di tipo torrentizio, non molto ramificate, che alimentano le aste principali. In particolare, a Sud-Est del sito di progetto, il Torrente Avellola raccoglie le acque del Vallone Terranova e del Torrente Pietrastornina, confluenndo nel fiume Sabato, importante affluente di sinistra idrografica del Fiume Calore a Ovest della città di Benevento; a Ovest del sito di progetto, il Torrente Alvaneta confluisce nel Fosso Cerretello, che a sua volta va ad alimentare le acque del Torrente Corvo che più a Nord diventa Torrente Serretella, anch'esso affluente di sinistra idrografica del Fiume Calore, a Sud-Ovest della città di Benevento (cfr. fig. 8); a Nord-Ovest invece, le acque superficiali e subsuperficiali alimentano il Vallone San Giovanni, anch'esso affluente del Torrente Corvo.

L'**idrogeologia** dell'area è dunque condizionata dalla presenza di materiale a litologia variabile (membro pelitico arenaceo del Vallone di Tufo, cfr. § 2.2 e figg. 4 e 6) che può dunque facilitare o impedire l'infiltrazione potenziale, oltre che la circolazione idrica superficiale e sotterranea.

In corrispondenza dei sedimenti prevalentemente pelitici, come nel caso delle peliti grigie massive affioranti nell'area di studio (**UTA₂**) l'infiltrazione è scarsa o nulla; ciò è stato verificato mediante l'esecuzione del sondaggio S1 e l'installazione di un piezometro che ha potuto permettere la deduzione dell'assenza di una falda idrica.

In corrispondenza dei litotipi conglomeratico-sabbiosi invece (**UTA_{2b}**), permeabili per porosità, è possibile rinvenire livelli idrici o vere e proprie falde, in dipendenza dello spessore del litotipo che li ospita. Nell'area di studio, attraverso l'esecuzione del sondaggio S2, eseguito a livello del piano stradale, a valle del muro in progetto, si è potuta constatare la presenza di un livello idrico, dello spessore di circa 4,2 metri, all'interno di un livello costituito da ciottoli, ghiaie e sabbie (cfr. fig. 11, 15 e 16).

Profondità: 26,00 mt Cassetta: n° 4 Quota p.c.: 460 data esecuzione: da 1/6/2020 al 1/6/2020 Attrezzatura: continuo Ø 101 mm Tipo carotiere: semplice Rivestimento: Ø 127 mm a mt 1,5 Op
Condizionamento foro e note:
 Installato tubo piezometrico

Profondità metri	Spess. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot	Can
				25 50 75	Seshaib O: Oster N: Muz
1	1,0	1,0	Massicciata e riporto costituito da materiali sabbiosi limosi con clasti poligenici millimetrici e centimetrici a spigoli vivi e sub arrotondati		
	1,5	0,5	Altemanza di livelli centimetrici di argilla grigio-bluastro e sabbia giallo ocrea		1,5
2			Sabbia limosa e ghiaia con clasti arenacei silicizzati, millimetrici centimetrici e decimetrici		C1
3	2,5	1,0	Ghiaia e clasti millimetrici e decimetrici con spigoli vivi e sub arrotondati in matrice sabbioso giallo ocrea		2,0
	3,3	0,7	Limo sabbioso argilloso, grigio con clasti millimetrici		
4	4,0	0,7	Sabbia limosa-argillosa grigio-verdastra		
5	5,0	1,0			
6					

Fig. 11 – Sondaggio S2. Ritaglio della colonna stratigrafica allegata nei certificati delle indagini in sito.

3. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI

La ricostruzione stratigrafica dell'area di studio in oggetto interessata dall'intervento di consolidamento, è stata effettuata dagli affioramenti presenti nell'intorno del sito, dal supporto dei dati contenuti nella bibliografia di base, nonché dalle informazioni acquisite mediante indagini in situ e di laboratorio. Sono stati infatti eseguiti n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, denominati S1 ed S2, spinti rispettivamente fino alla profondità di 20 e 26 metri dal piano-campagna, (con installazione di piezometro nel solo sondaggio S1); durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite n. 5 prove SPT in foro (Standard Penetration Test), n. 2 SPT in S1 e n. 3 SPT in S2 e prelevati n. 3 campioni indisturbati di terreno (S1C1 ed S1C2 nel sondaggio S1 e S2C1 nel sondaggio S2). È stata inoltre eseguita una prova sismica del tipo MASW che ha permesso di ricavare informazioni sui sismostrati indagati. È stato pertanto possibile individuare, a partire dal piano-campagna (p.c.), in corrispondenza dei sondaggi S1 ed S2, le seguenti stratigrafie:

Sondaggio S1 Quota: 465.00 m s.l.m.	
profondità dal p.c. (m)	descrizione
0.00 – 0.20	Conglomerato cementizio e massiciata.
0.20 – 0.60	Materiale di riporto, sabbioso-limoso, debolmente argilloso.
0.60 – 3.70	Argilla con limo sabbioso color marrone grigiastro con presenza di clasti (1-2 cm) calcarei e livelletti carboniosi e sabbiosi con forme di ossidazione.
3.70 – 4.20	Argilla con limo debolmente sabbiosa, di colore marrone-grigiastro.
4.20 – 7.50	Argilla grigia, debolmente limosa, molto compatta.
7.50 – 20.00	Argilla grigia, molto compatta.

La falda idrica è assente.

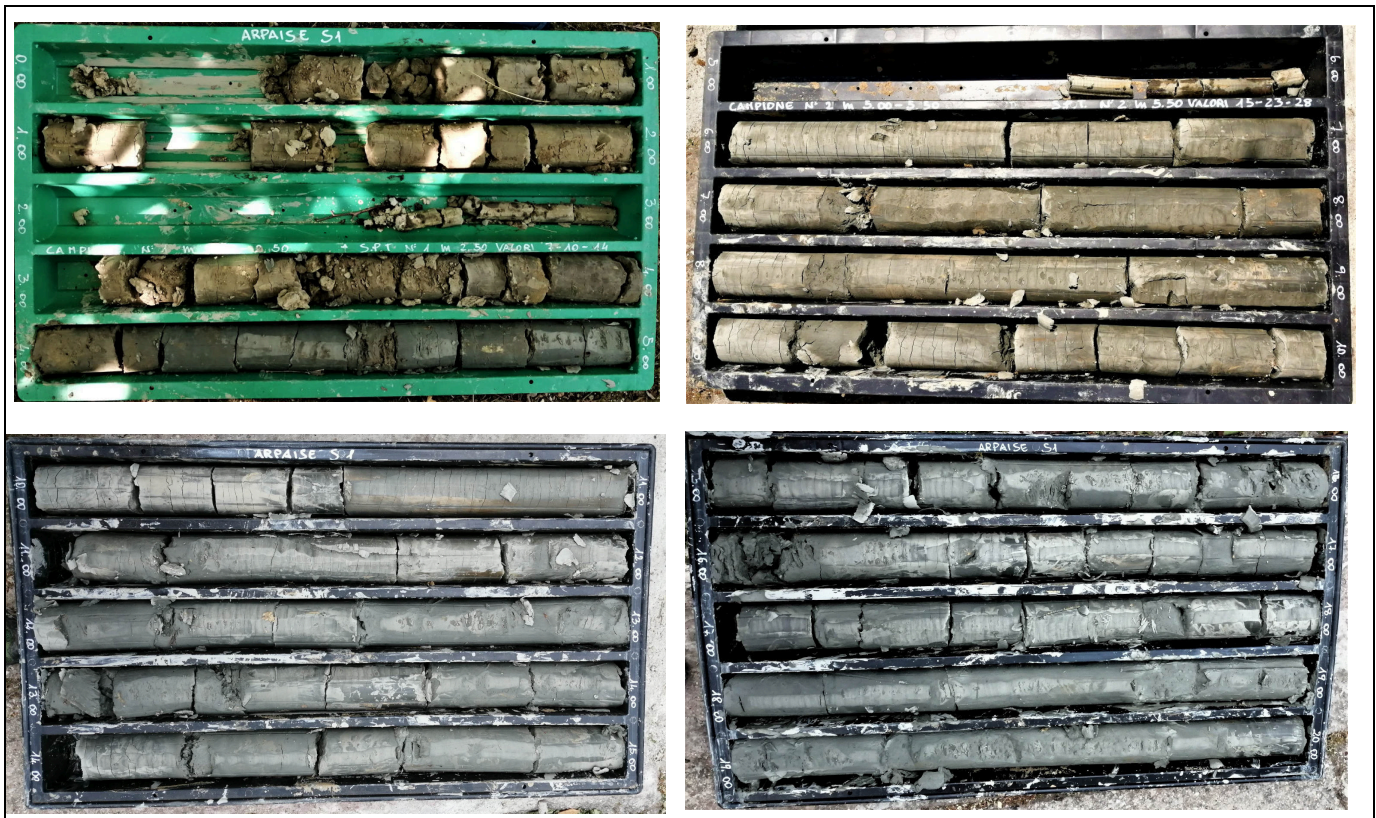


Fig. 12 – Sondaggio S1: cassette catalogatrici



Fig. 13 – Sondaggio S1: installazione del piezometro.

Sondaggio S2 Quota: 457.00 m s.l.m.	
profondità dal p.c. (m)	descrizione
0.00 – 1.00	Massicciata e riporto, costituito da materiali sabbioso-limosi, con clasti poligenici, millimetrici e centimetrici, a spigoli vivi e sub-arrotondati.
1.00 – 1.50	Alternanza di livelli centimetrici di argilla grigio-bluastro e sabbia limosa giallo ocra.
1.50 – 2.50	Sabbia limosa e ghiaia, con clasti arenacei silicizzati, millimetrici, centimetrici e decimetrici.
2.50 - 3.30	Ghiaia e clasti millimetrici, centimetrici e decimetrici con spigoli vivi e sub-arrotondati in matrice sabbiosa giallo ocra.
3.30 – 4.00	Limo sabbioso-argilloso, grigio, con clasti millimetrici.
4.00 – 5.00	Sabbia limoso-argillosa, grigio-verdastra.
5.00 – 9.20	Ciottoli arrotondati, sub-arrotondati e talvolta a spigoli vivi, eterometrici (da pochi cm a circa 10 cm), poligenici (calcarei, marnosi, ma prevalentemente arenacei, silicizzati (cfr. fig. 16), in matrice sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa di colore grigio. In falda.
9.20 – 12.50	Argilla marnosa, a luoghi debolmente limosa, grigia, molto compatta, con rari ciottoli arenacei, millimetrici e centimetrici, arrotondati, silicizzati.
12.50 – 26.00	Argilla marnosa omogenea e molto compatta.

È presente un livello idrico tra 5,00 e 9,20 m di profondità.



Fig. 14 – Sondaggio S2.



Fig. 15 – Sondaggio S2: cassette catalogatrici da 0,00 a 26,00 m.



Fig. 16 – Sondaggio S2: ciottolo arenaceo silicizzato nel livello "5.00 – 9.20".

I campioni dei sondaggi S1 ed S2, sono stati prelevati alle seguenti profondità:

denominazione campione	Profondità (metri)
S1C1	2,00-2,50
S1C2	5,00-5,50
S2C1	1,50-2,00

Dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni **S1C1** ed **S1C2** sono stati dedotti i parametri fisici e geomeccanici dei litotipi che si trovano a monte del muro di contenimento da ricostruire (per la cui consultazione integrale si rimanda al certificato relativo, allegato alla presente); tali parametri sono riassunti nelle seguenti tabelle:

S1C1 – profondità 2,00-2,50 m	
Definizione granulometrica: Limo argilloso.	
<i>Peso di volume naturale, Y_n (kN/mc)</i>	19,50
<i>Peso di volume saturo, Y_{sat} (kN/mc)</i>	20,08
<i>Coesione, c (kN/mq)</i>	15,1
<i>Angolo di attrito, ϕ (°DEG)</i>	20,9
<i>Modulo Edometrico, E_d (kN/mq)</i>	Prova edometrica non eseguita su questo campione

S1C2 – profondità 5,00-5,50 m	
Definizione granulometrica: Limo argilloso.	
<i>Peso di volume naturale, Y_n (kN/mc)</i>	19,70
<i>Peso di volume saturo, Y_{sat} (kN/mc)</i>	20,81
<i>Coesione, c (kN/mq)</i>	21,8
<i>Angolo di attrito, ϕ (°DEG)</i>	19,1
<i>Modulo Edometrico, E_d, (kN/mq) tra 100 e 1000 kPa.</i>	9293
<i>Per gli altri valori si veda la tabella che segue.</i>	

	100	278	277	276	275	274	273	271	270	268	266	264
	25	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211
CARICO	Pressioni Applicate			kPa	0	25	50	100	200			
	Altezza Campione	$2H^A$		cm	2,000	1,997	1,981	1,958	1,929	1,896	1,860	1,822
	Altezza Vuoti			cm	0,699	0,696	0,680	0,657	0,632	0,605	0,576	0,546

Dalle prove di laboratorio eseguite sul campione **S2C1** sono stati dedotti i parametri fisici e geomeccanici del litotipo che si incontra al di sotto della massicciata stradale e del terreno di riporto, dopo aver attraversato anche un livello di 0.50 m di argilla grigio-bluastro e sabbia limosa giallo ocra, poco consistente.

Tali parametri sono riassunti nelle seguenti tabelle:

S2C1 – profondità 1,50-2,00 m	
Definizione granulometrica: Limo sabbioso ghiaioso debolmente argilloso.	
<i>Peso di volume naturale, Y_n (kN/mc)</i>	19,04
<i>Peso di volume saturo, Y_{sat} (kN/mc)</i>	19,63
<i>Coesione, c (kN/mq)</i>	8,4
<i>Angolo di attrito, Φ (°DEG)</i>	20,1
<i>Modulo Edometrico, E_d (kN/mq) tra 100 e 1000 kPa.</i>	5603
Per gli altri valori si veda la tabella che segue.	

FASE DI CARICO	Pressioni Applicate	kPa	0	25	50	100	200	400	800	1600
	Altezza Campione	$2H^A$ cm	2,000	1,970	1,932	1,870	1,760	1,668	1,595	1,516
	Altezza Vuoti	cm	0,845	0,815	0,777	0,715	0,605	0,513	0,440	0,361
	Indice Vuoti	e	0,731	0,705	0,672	0,618	0,523	0,444	0,381	0,312
	Indice di Compressibilità	C_c				0,109	0,178	0,316	0,265	0,209
	Modulo Edometrico	E_d kN/m ²			1296	1558	1700	3825	9171	16121
	Consolidazione	%		1,523	3,520	6,952	13,636	19,906	25,375	31,921

Nel corso della perforazione dei sondaggi geognostici S1 e S2, a diverse altezze stratigrafiche sono state eseguite n.° 5 prove geotecniche in sito del tipo S.P.T. (Standard Penetration Test).

La prova SPT si esegue nel corso della perforazione e consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno, a fondo foro, un tubo campionario di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

Durante la prova si misura:

- N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionario per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionario nei successivi 15 cm;
- N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore: $NSPT = N2 + N3$.

Nelle tabelle che seguono sono riassunte le profondità e i valori di NSPT per le 5 prove:

TABELLA RIASSUNTIVA PROVE S.P.T. (Standard Penetration Test) - Sondaggio S1				
Prof.. (m)	N1	N2	N3	$N_{spt}=N_2+N_3$
2,50-2,95	7	10	14	24
5,50-5,95	15	23	28	51

TABELLA RIASSUNTIVA PROVE S.P.T. (Standard Penetration Test) - Sondaggio S2				
Prof.. (m)	N1	N2	N3	$N_{spt}=N_2+N_3$
2,00-2,45	7	5	6	11
4,00-4,45	21	32	47	79
11,50-11,95	17	28	44	72

Vi sono numerose correlazioni tra la resistenza alla penetrazione (NSPT) e i parametri geotecnici dei terreni, sia granulari che coesivi. In allegato vengono riportate delle elaborazioni relative alle prove SPT suddette, da cui sono stati desunti alcuni parametri geotecnici. Questi sono stati integrati con i dati di laboratorio per caratterizzare tutti i litotipi indagati. I dati sono stati inseriti nell'elaborazione del modello geologico-geotecnico-sismico di seguito illustrato.

4. CORRELAZIONI MODELLO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO CON LE PROVE IN SITU E DI LABORATORIO.

L'insieme dei dati raccolti fornisce un modello geologico caratterizzato dalla successione pelitico-arenacea del vallone di Tufo, appartenente all'**Unità di Tufo-Altavilla (UTA)**, costituito da alternanze di peliti grigiastre massive in strati medi e spessi e di arenarie grigio-giallastre in strati medi e sottili (**UTA₂**) nelle quali si intercala una litofacies conglomeratica poligenica (**UTA_{2b}**); successione osservabile fino alla massima profondità indagata, di circa 34 metri, a partire dalla quota di 465 m s.l.m. del sondaggio S1 e fino alla quota di 434 m s.l.m. alla fine del sondaggio S2. All'interno della litofacies conglomeratica rinvenuta nel sondaggio S2 (**UTA_{2b}**), è stato individuato un livello idrico a partire dalla quota di 5,00 m di profondità dal p.c. fino a circa 9,20 m, ma probabilmente la falda interessa spessori maggiori, visto che la litofacies che la ospita caratterizza in buona parte il settore opposto al muro in oggetto (cfr. fig. 4) mentre è tamponata dai litotipi pelitici dell'unità **UTA₂** che caratterizza il settore a monte del muro in oggetto (cfr. fig. 17).

Considerando il tipo di fondazione che si intende realizzare (fondazione superficiale), l'esito delle indagini geognostiche e dell'indagine geofisica (MASW), è opportuno e cautelati-

vo adottare un modello geo-meccanico della porzione più superficiale di sottosuolo svincolato dalla stratificazione e che tenga conto, essenzialmente, del grado di degradazione dei livelli pelitici e arenacei. Infatti le prove in situ e i dati della MASW evidenziano la presenza di un fronte di alterazione che segue l'andamento della superficie topografica ad una profondità dal piano-campagna di circa 4.0 metri. Il modello ricostruito è rappresentato in fig. 17.

Di seguito viene schematizzato il modello di sottosuolo desunto dalle indagini eseguite:

Livello A: massicciata e riporto costituito da terreni sciolti;

Livello B: alternanza di peliti grigiastre e arenarie grigio-giallastre (**UTA₂**) – ALTERATE;

Livello C: litofacies conglomeratica poligenica (**UTA_{2b}**);

Livello D: alternanza di peliti grigiastre e arenarie grigio-giallastre (**UTA₂**)

Livelli	Profondità dal p.c. (m)	N _{SPT}	Cu Kg/cm ² (valore indicativo da letteratura)	Vs m/s	Descrizione
Livello A	0.00-1.00	-	-	169	Terreni sciolti
Livello B	1.00-5.00	11	0.95	279	Substrato assimilabile a terreno coesivo, duro
Livello C	5.00-9.20	79	-	379	Substrato assimilabile a terreno non coesivo, molto addensato
Livello D	9.20-25.40	72	2.15		Substrato assimilabile a terreno coesivo, durissimo

È da considerare inoltre che alla profondità compresa tra 1,00 m e 1,50 m si incontra uno strato piuttosto argilloso, di media consistenza, direttamente a contatto con i materiali permeabili del Livello A soprastante che vi trasferiscono facilmente le acque stagionali superficiali causandone il decadimento delle proprietà meccaniche. Pertanto si consiglia di attestare le fondazioni ad una profondità non inferiore ad 1,50 m.

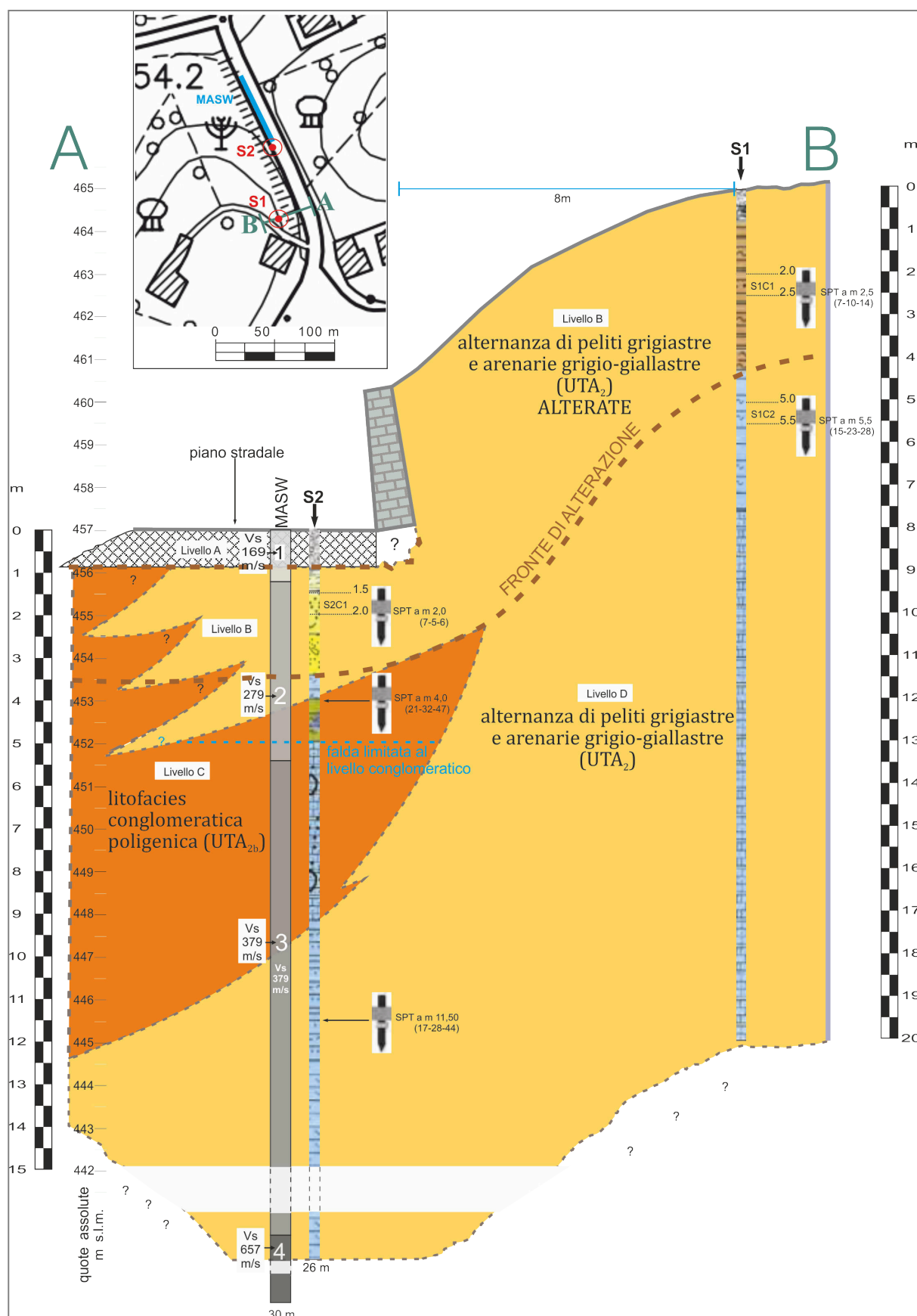


Fig. 17 – Modello geologico utile per la caratterizzazione e modellazione geotecnica del sottosuolo del sito di progetto. La sezione mostra il modello geologico del sottosuolo per la sezione AB indicata nello stralcio in alto a sinistra.

5. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

5.1 Classificazione sismica a scala comunale

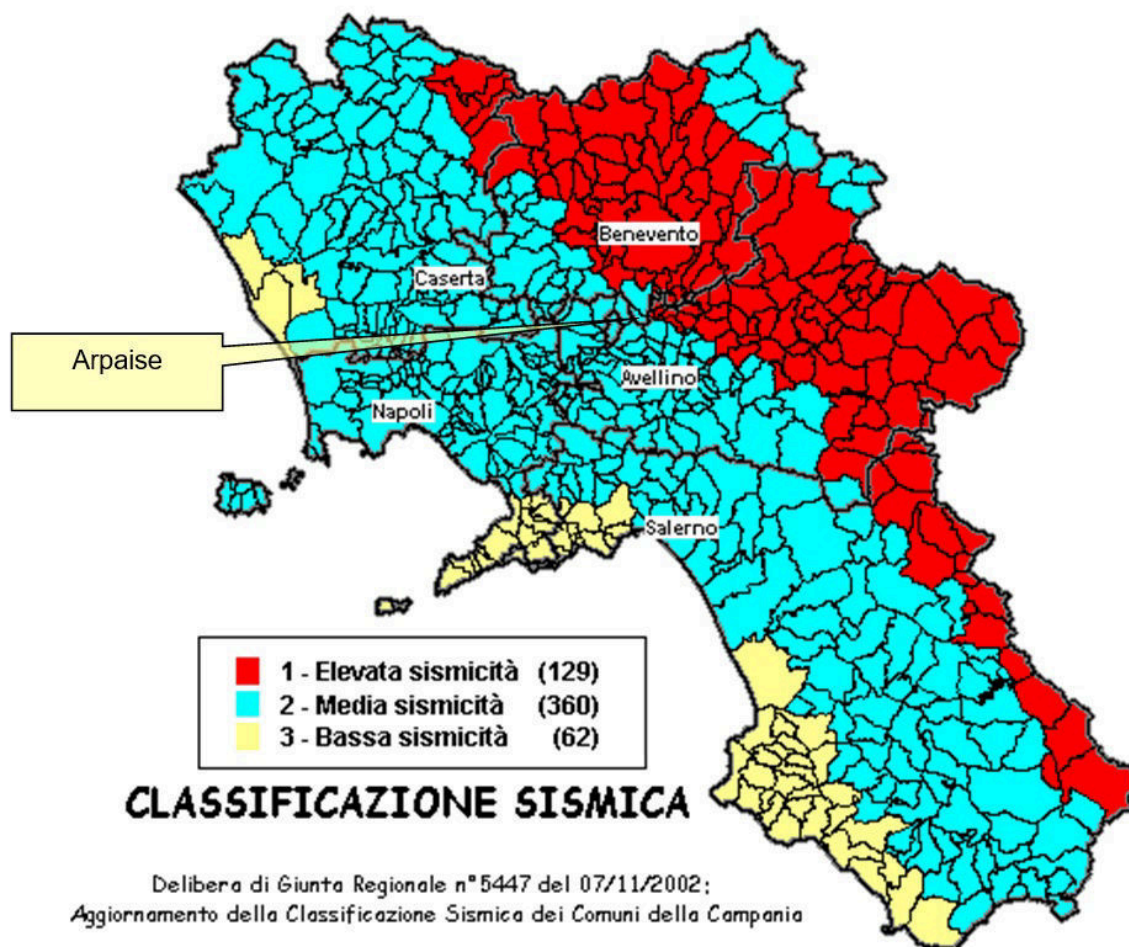
Secondo quanto disposto dalla Regione Campania con la D.G.R n. 5447 del 07/11/2002 e dall' l'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003, il Comune di Arpaise è classificato in zona 2 per la quale valgono i seguenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g :

Tabella 1 – Valori di accelerazione di picco orizzontale per la Zona 2

accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (norme tecniche) [a_g/g]
0.15 < a_g ≤ 0.25	0.25

Tali indicazioni sono puramente indicative ai fini della “valutazione dell’azione sismica” nel sito di progetto e sull’opera da costruire (vedi NTC-2018; cfr. par. 6.2.).

Figura 1 – Classificazione sismica della Regione Campania



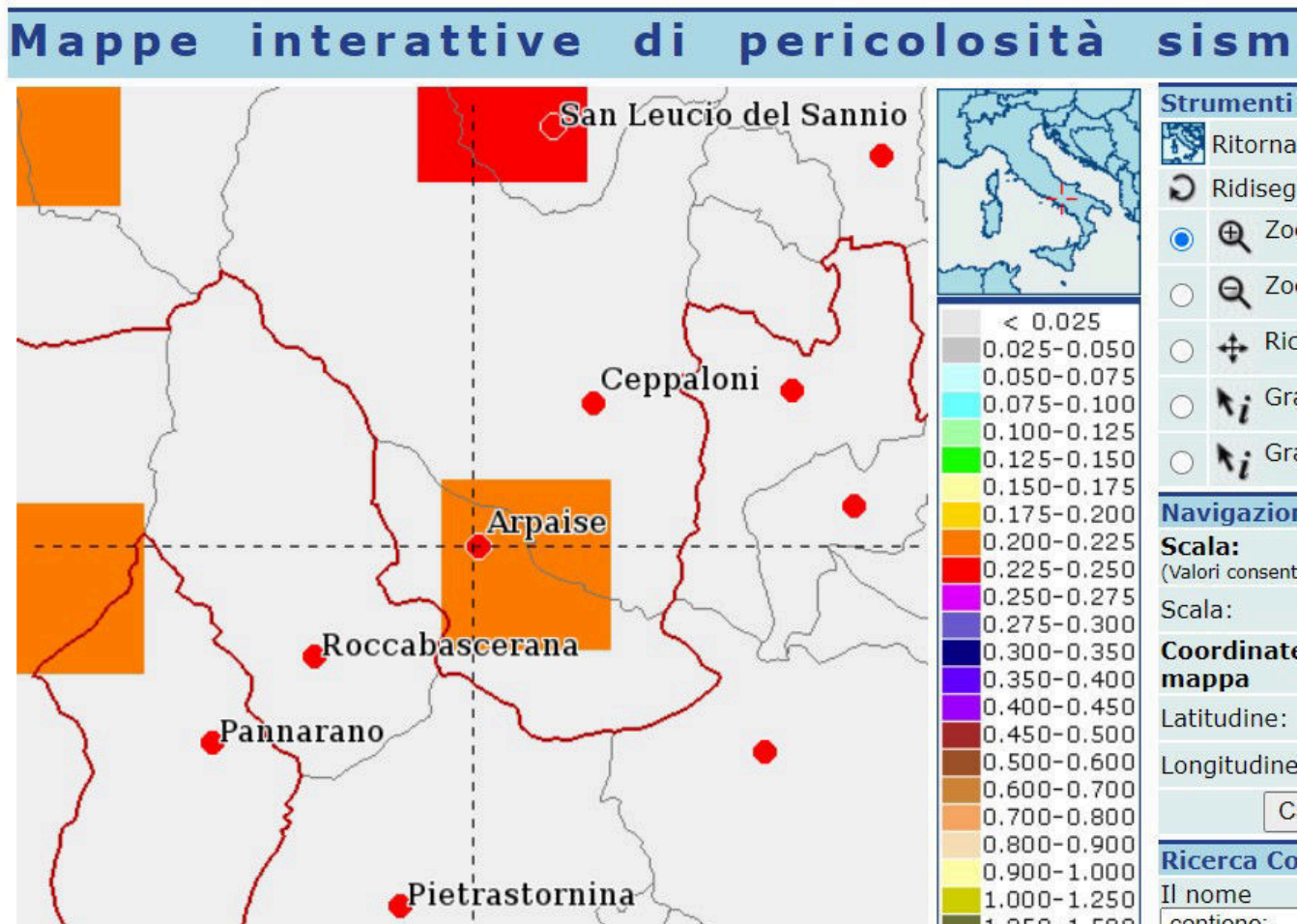


Figura 2 – Classificazione sismica sul sito web esse1-gis.mi.ingv.it. I siti interessati dalle opere di consolidamento ricadono in un'area in cui i valori di $a(g)$ sono compresi tra 0,200 e 0,225.

5.2 Pericolosità sismica di base del sito di costruzione (NTC - D.M. 17 gennaio 2018)

L'azione sismica di progetto viene valutata, secondo la normativa vigente, sia in funzione del sito scelto che rispetto ai caratteri dell'opera. Cioè in funzione anche della sua *vita nominale* (V_N , espressa in anni), della *classe d'uso* (a cui si associa il *coefficiente d'uso* C_U) e del grado di protezione dell'opera dall'azione sismica. Questo ultimo viene "scelto", secondo le NTC, associando opportunamente ai diversi "stati limite" (SL) dell'opera due parametri legati alla definizione di pericolosità sismica di un sito: il *periodo di riferimento* V_R e la *probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento* P_{VR} (entrambi rappresentano una valutazione probabilistica dell'intervallo di tempo che intercorre tra due terremoti di data magnitudo cioè del "*periodo di ritorno*" T_R).

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite (SL) considerati, si definiscono a partire dalla **pericolosità sismica di base** del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La *pericolosità sismica di base* è definita in termini:

- di *accelerazione orizzontale massima attesa* (a_g , espressa in **g**, *accelerazione di gravità*) su *sito di riferimento*: cioè al sito di costruzione “assunto” con sottosuolo rigido (*categoria di sottosuolo A*), con superficie topografica orizzontale (*categoria topografica T1*) e in condizioni di campo libero (in assenza di manufatti);
- di valore delle *ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione* $S_e(T)$ corrispondente ad a_g , con riferimento a prefissate *probabilità di eccedenza* P_{VR} , nel *periodo di riferimento* V_R .

Il D.M. 17/01/2018 definisce le forme spettrali, per ciascuna delle *probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento* P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su *sito di riferimento* (cioè per categoria di sottosuolo **A**, categoria topografica **T1** e in assenza di manufatti):

- a_g = *accelerazione orizzontale massima al sito*;
- F_o = *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*.

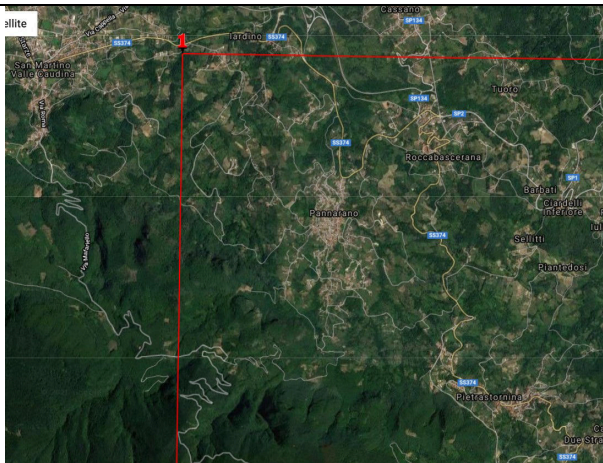
Nella **tabella 2**, per il **sito di progetto**, sono forniti, seguendo i criteri previsti dalle NTC:

- i valori di a_g , F_o e T^*_c per i “*periodi di ritorno*” (T_R) di riferimento;
- i valori dei parametri a_g , F_o , T^*_c per il “periodo di ritorno” associato a ciascuno **SL** in base alla *strategia progettuale*;
- i coefficienti sismici **di base** (per *sito di riferimento*: **assumendo** per il sito di costruzione categoria di sottosuolo **A**, categoria topografica **T1** e in assenza di manufatti) associati a ciascun **SL**.

La tabella riporta i parametri che definiscono la *pericolosità sismica di base* rispetto ai *nodi* della maglia del *reticolo di riferimento S1-INGV* in cui ricade il “sito di progetto”. Le maglie del reticolo sono di ampiezza inferiore a 10km: 0,05° di **Lat** e intorno a 0,07° di **Lon**.

I dati forniti provengono: dalle tabelle dell'allegato **B** delle **NTC-2008** (come previsto dalle NTC-2018: cfr. par. **3.2.**) e dall'uso di programmi specifici (*Azioni sismiche–Spettri di risposta* vers. 1.03 disponibile sul sito del C.S.LL.PP. e Geostru-PS Versione 2018, disponibile su <http://geoapp.eu/parametrisismici2018>).

Tabella 2 - Parametri sismici di base

Coordinate sito di progetto		WGS84 UTM	ED50 UTM	WGS84 hddd,ddddd°	ED50 hddd,ddddd°		
Lat				41.025987	41.026979		
Lon				14.743478	14.744342		
Siti di riferimento: nodi della maglia del <i>reticolo di riferimento</i> (S1-INGV) in cui ricade il sito di progetto (coordinate espresse in ED50)							
Sito 1	ID: 32319	Lat: 41,0288	Lon: 14,6831	Distanza: 5137,710			
Sito 2	ID: 32320	Lat: 41,0280	Lon: 14,7494	Distanza: 442,003			
Sito 3	ID: 32542	Lat: 40,9780	Lon: 14,7484	Distanza: 5452,518			
Sito 4	ID: 32541	Lat: 40,9788	Lon: 14,6822	Distanza: 7478,217			
Parametri sismici di base del sito di costruzione: su “sito di riferimento” rigido (categoria di sottosuolo A) con superficie topografica orizzontale (categoria topografica T1) in condizioni di campo libero (in assenza di manufatti).							
T _R [anni]	a _g [g]	F ₀	T [*] _c [s]	Maglia di appartenenza del sito di progetto			
30	0,588	2,35	0,28				
50	0,780	2,31	0,30				
72	0,942	2,30	0,32				
101	1,111	2,31	0,33				
140	1,295	2,32	0,34				
201	1,539	2,33	0,35				
475	2,221	2,36	0,37				
975	2,880	2,44	0,38				
2475	3,900	2,54	0,41				
Caratteristiche dell’opera							
Vita nominale V_n		Classe d’uso		Coefficiente d’uso C_u			
50 anni		II		1			
Valori dei parametri a_g, F₀, T[*]_c per il periodo di ritorno associato a ciascun SL							
Stato Limite	P_{VR} [%]	T_R [anni]	a_g [g]	F₀	T[*]_c [s]	Note:	
SLO	81	30	0,058	2,348	0,280		
SLD	63	50	0,077	2,306	0,299		
SLV	10	475	0,219	2,359	0,366		
SLC	5	975	0,284	2,435	0,366		
Coefficienti sismici di base associati a ciascun SL : per “ <i>sito di riferimento</i> ” (cfr. NTC) cioè per categoria di sottosuolo A , categoria topografica T1							
	Ss:	Cc:	St:	Kh:	Kv:	Amax:	Beta:
SLO:	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,572	0,000
SLD:	1,000	1,000	1,000	0,036	0,018	0,758	0,470
SLV:	1,000	1,000	1,000	0,083	0,042	2,152	0,380
SLC:	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	2,787	0,000

La tabella mostra tutti i parametri di **base** riferiti a *strategia progettuale di norma* in termini di valutazione dell'azione sismica che la committenza può variare se desidera maggiori gradi di protezione.

Altri parametri riportati in **tabella 2**:

- **Ss**: coefficiente di amplificazione stratigrafica
- **Cc**: coefficiente funzione della categoria di sottosuolo
- **St**: coefficiente di amplificazione topografica
- **Kh**: coefficiente sismico orizzontale
- **Kv**: coefficiente sismico verticale
- **Amax**: accelerazione orizzontale massima attesa al sito
- **Beta**: coefficiente di riduzione dell'accel. massima attesa al sito

5.3. Valutazione della *risposta sismica locale*

Consiste nel definire per il "sito di progetto":

- l'influenza delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo e del contesto morfologico (condizioni topografiche) sul moto del suolo "trascurate" nella valutazione della *pericolosità sismica di base*; ciò permette di definire i *coefficienti sismici*, per ogni **SL**, da considerare per lo "*spettro di risposta elastico in accelerazione*" (componente orizzontale) **S_e(T)** in cui si tiene conto dell'eventuale amplificazione stratigrafica e/o topografica legate alle condizioni stratigrafiche e topografiche del sito di progetto;
- condizioni morfologiche, stratigrafiche, strutturali e idrogeologiche che predispongano a *fenomeni cosismici*.

5.3.1. Effetti stratigrafici - Categoria del sottosuolo

Dal par. **3.2.2.** delle NTC-2018: "Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2."... "La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della **velocità equivalente** di propagazione delle onde di taglio, V_{S,eq} (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s."

Il terreno di fondazione dell'opera da realizzare è costituito da una successione pelitico-arenacea del vallone di Tufo, appartenente all'**Unità di Tufo-Altavilla (UTA)**, costituito da alternanze di peliti grigiastre massive in strati medi e spessi e di arenarie grigio-giallastre in strati medi e sottili (**UTA₂**) nelle quali si intercala una litofacies conglomeratica poligenica (**UTA_{2b}**).

Le caratteristiche meccaniche dell'unità dipendono dalla degradazione dei livelli pelitici e, quindi, dalla profondità alla quale il fronte di alterazione è penetrato nell'ammasso.

Sul sito di progetto è stata eseguita una *indagine sismica tipo MASW*, descritta nell'allegato attinente. Dall'elaborazione dei dati raccolti è scaturito un modello di velocità a 4 strati (fig. 3).

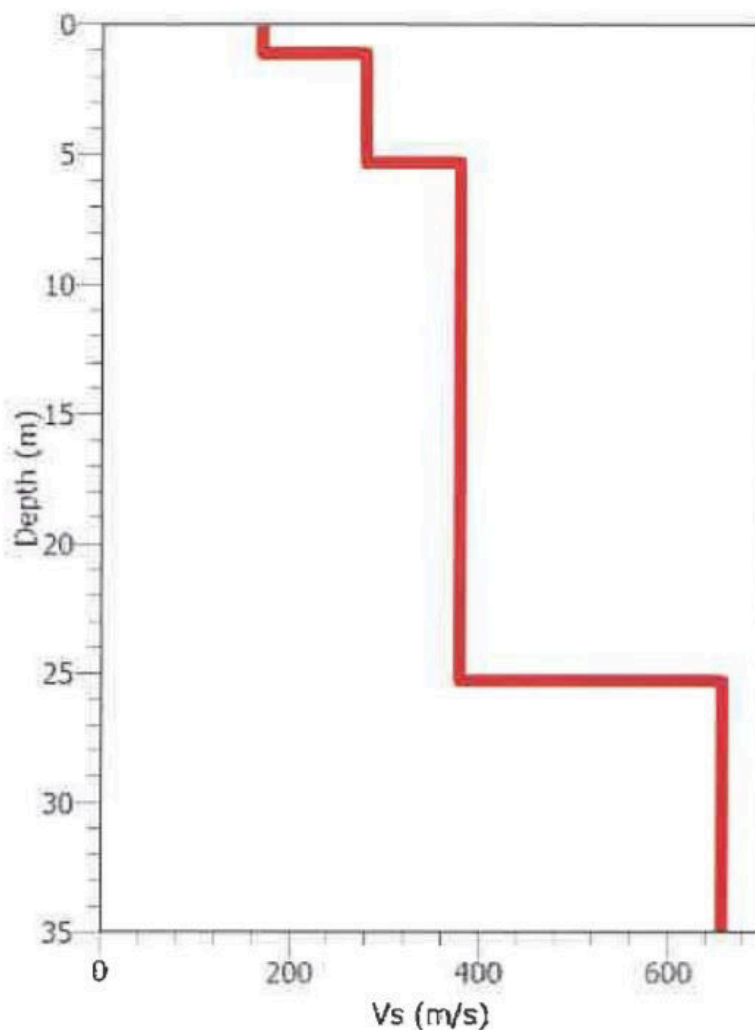


Fig. 3 - Modello delle velocità delle onde di taglio (V_s) fornito dall'indagine sismica eseguita sul sito di progetto.

Tabella 3: schema dei parametri del sottosuolo calcolati fino a 30 m dal piano-campagna

Tabella 4: parametri dinamici del sottosuolo calcolati fino a 30 m dal p.c.

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m^3)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)
1	1,20	497	169	1500	0,43	42842	122923
2	1,20	650	270	1600	0,30	124546	246420

Tale modello (fig. 3 e tab. 3) indica che il “substrato di riferimento” ($v_s > 800$ m/s) è presente a profondità sicuramente maggiori di 30 metri, quindi il parametro $V_{S,eq}$ è calcolato per i primi 30 m di profondità (mediante l’equazione 3.2.1 del § 3.2.2. delle NTC-2018) ed ha un valore di 366 m/s.

Analizzando il modello delle velocità delle onde S, di fig. 3, si nota che tali valori aumentano con la profondità, coerentemente con l’aumento delle proprietà meccaniche dei terreni (come evidenziato nel paragrafo 4). Premesso ciò, è da considerare che il valore di **$V_{S,eq} = 366$ m/s** è un valore leggermente superiore a 360 m/s, il che lo farebbe rientrare nei valori che caratterizzano la categoria di sottosuolo B, ma poiché l’indagine è stata eseguita lungo la strada, che si trova in una trincea, alla base del muro, e quindi non tiene conto dei terreni a monte di esso, che avrebbero contribuito alla riduzione di tale valore, è opportuno far rientrare i terreni nella **categoria C**.

Tabella 3.2.II delle NTC-2018 – Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato

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

***Modifica:** Nella tabella originale delle NTC 2018, in questo campo è riportata la dicitura “**caratteristiche della superficie topografica**”. Si tratta probabilmente di un errore passato inosservato alle correzioni.

5.3.2. Effetti topografici - Categoria topografica

Nel caso di configurazioni superficiali semplici è possibile adottare la classificazione riportata in tabella **3.2.III** delle NTC-2018 e determinare opportunamente la categoria topografica a cui appartiene il sito di progetto.

Il sito interessato dalle opere di consolidamento si trova su un tratto di versante con pendenza media di circa 27,6%, pari a circa **15,5° di inclinazione**.

Essendo l'inclinazione superiore a 15°, al sito di progetto va attribuita la

categoria topografica T2

(coefficiente di amplificazione topografica $S_T=1,2$; cfr. tabella **3.2.V** delle NTC-2018).

Tabella 3.2.III delle NTC-2018 - Categorie topografiche

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

Tabella 3.2.V delle NTC-2018 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T	
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento
T1	-
T2	In corrispondenza della comunità del no

5.3.3. Valutazione degli effetti cosismici

Le condizioni morfologiche, stratigrafiche, strutturali e idrogeologiche osservate non evidenziano possibili sviluppi di fenomeni cosismici tipo frane, liquefazione, densificazione, ecc. che possano coinvolgere direttamente il sito di progetto.

5.4. Coefficienti sismici tenendo conto della risposta sismica locale

Sulla base delle valutazioni della risposta sismica locale del sito di progetto si riportano i coefficienti sismici, per ogni **SL**, da considerare per lo “spettro di risposta elastico in accelerazione” (componente orizzontale) **$S_e(T)$** che tenga conto dell'eventuale amplificazione stratigrafica e/o topografica legate alle condizioni stratigrafiche e topografiche del sito di progetto: categoria sottosuolo **C**, categoria topografica **T2**. Tali coefficienti vengono riportati in **tabella 4**.

Tabella 4 – Coefficienti sismici (in base alla valutazione della risposta sismica locale)

	Ss:	Cc:	St:	Kh:	Kv:	Amax:	Beta:
SLO:	1,500	1,600	1,200	0,000	0,000	1,029	0,000
SLD:	1,500	1,560	1,200	0,065	0,033	1,365	0,470
SLV:	1,390	1,460	1,200	0,139	0,070	3,589	0,380
SLC:	1,280	1,440	1,200	0,000	0,000	4,281	0,000

La tabella mostra tutti i coefficienti legati ai parametri sismici del sito di costruzione (cfr. **tabella 2**) e desunti, per la *risposta sismica locale*, con *approccio semplificato* definito dalla normativa (cfr. par. **3.2.2.** delle NTC). Dove:

- **Ss:** coefficiente di amplificazione stratigrafica
- **Cc:** coefficiente funzione della categoria di sottosuolo
- **St:** coefficiente di amplificazione topografica
- **Kh:** coefficiente sismico orizzontale
- **Kv:** coefficiente sismico verticale
- **Amax:** accelerazione orizzontale massima attesa al sito
- **Beta:** coefficiente di riduzione dell'accel. massima attesa al sito

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base degli studi eseguiti, in relazione a quanto sin qui esposto, si può sinteticamente riassumere quanto segue:

- 1) dal punto di vista **geologico**, il terreno di fondazione dell'opera in progetto è costituito da una successione pelitico-arenacea del vallone di Tufo, appartenente all'**Unità di Tufo-Altavilla (UTA)**, costituito da alternanze di peliti grigiastre massive in strati medi e spessi e di arenarie grigio-giallastre in strati medi e sottili (**UTA₂**) nelle quali si intercala una litofacies conglomeratica poligenica (**UTA_{2b}**), le cui caratteristiche meccaniche dipendono dalla degradazione dei livelli pelitici e, quindi, dalla profondità alla quale il fronte di alterazione è penetrato nell'ammasso.
- 2) dal punto di vista **idrogeologico** si può affermare che in corrispondenza dei sedimenti prevalentemente pelitici, massivi, affioranti nell'area di studio (**UTA₂**) l'infiltrazione è scarsa o nulla (probabilmente durante le stagioni piovose essa permea all'interno della coltre più superficiale, alterata); ciò è stato verificato mediante l'esecuzione del sondaggio S1 e l'installazione di un piezometro che ha potuto permettere la deduzione dell'assenza di una falda idrica.
- 3) dal punto di vista **geomorfologico**, l'intera area rientra in una **zona collinare** caratterizzata da versanti a debole pendenza, in corrispondenza dei sedimenti prevalentemente pelitici, e versanti a pendenza maggiore, in corrispondenza dei litotipi conglomeratici e arenacei, maggiormente resistenti ai processi morfoevolutivi.

Nel dettaglio, i rilievi condotti hanno evidenziato che l'area interessata dal progetto si trova in corrispondenza di una zona collinare di spartiacque (**cfr. fig. 1**) non interessata da processi morfodinamici erosivi significativi sia areali che puntuali. Ciò trova rispondenza anche nella carta degli scenari di rischio dell'Autorità di Bacino (**cfr. figg. 9 e 10**) che non vi riconosce alcun livello di rischio. Il danneggiamento al muro di contenimento in progetto, visibilmente inclinato (**cfr. fig. 7**), è imputabile allo scadimento delle caratteristiche tecniche del terreno di fondazione per assenza, o non efficienza, di opere di drenaggio o allontanamento delle acque superficiali, considerando che lo stesso muro è stato costruito su fondazioni dirette molto superficiali (0,50 m di profondità).

Da quanto sin qui esposto la sottoscritta ritiene che l'opera in progetto sia fattibile in relazione alla stabilità d'insieme della zona e che la costruzione del manufatto in progetto non conduca a conseguenze dannose per il sito in questione né per le aree adiacenti, ma, anzi, sia necessaria ai fini della sicurezza dell'area.

Tanto si doveva ad espletamento dell'incarico ricevuto.

Morcone, settembre 2020

LA PROFESSIONISTA INCARICATA

Geol. d.ssa Irene Savino



ALLEGATI

Accettazione n°1234

del 25 maggio 2020

Rapporti di prova da n°146 e 147 anno 2020

Spett.le
Dott. Geol. Irene Savino

Committente: *Amministrazione Provinciale di Benevento*

SP 1 CIARDIELLI – RICOSTRUZIONE MURO DI CONTENIMENTO
Loc. Perrillo – Comune di Arpaia (BN)

 **GEO-TECNICA**
INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA
Z.I. Ponte Valentino - 82100 BENEVENTO
www.geo-tecnica.it

INDAGINI IN SITO

PROVE ESEGUITE

- Sondaggio geognostico S1 a mt 30,0 rapp. di prova 149/2020
- Sondaggio geognostico S2 a mt 20,0 rapp. di prova 150/2020
- Prova sismica superficiale Masw rapp. di prova 151/2020

STRALCI PLANIMETRICI CON UBICAZIONE DELLE PROVE



DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA

CAROTAGGIO CONTINUO

Tutte le indagini eseguite sono state effettuate a carotaggio continuo con il prelievo della carota disposta in apposite cassette catalogatrici. Il carotaggio è stato eseguito a secco, nei terreni più sciolti e con circolazione di fluido in quelli di natura litoide. L'espulsione della carota è stata effettuata o con spinta idraulica (acqua) o in caso di materiale litoide tramite martellamento del carotiere, il tutto raccolto in contenitore adatto e riposto, secondo la profondità, nelle apposite cassette. La strumentazione utilizzata per le indagini è la seguente: **Sonda** perforatrice a rotazione di marca Trivel Mec modello TM 10FG, anno di produzione 2014, peso circa 10000 kg, coppia massima di rotazione 1000 kgm, velocità di rotazione massima 450 g/min; corsa di 3300 mm, **Aste** lunghezza 1500 mm diametro 76 mm spessore 6,6 mm, **Carotiere** di tipo semplice diametro 101 lunghezza 3000 mm e corona con denti in widia, **Pompa fanghi** del tipo a vite con pressione massima di esercizio 30 bar.

PRELIEVO DEI CAMPIONI INDISTURBATI

Raggiunta la profondità desiderata con la perforazione si è proceduto alla manovra di pulizia del foro mediante lavaggio con acqua pulita tale da rimuovere dal fondo del foro eventuale fango e detriti lasciati dalla manovra precedente. Il prelievo dei campioni è stato eseguito, a seconda del grado di consistenza del terreno, con un campionatore a pressione di tipo shelby con fustella a pareti sottili, nei terreni meno consistenti e con un campionatore rotativo denominato "Drill" nei terreni consistenti, litoidi e semilitoidi. Tale campionatore, che viene usato con circolazione di fluido, è costituito da una parte esterna con corona sottile al widia che esegue il taglio del terreno e da una fustella interna in acciaio collegata tramite una testa libera che permette alla fustella di inserirsi nel terreno senza ruotare. Il campione indisturbato, prelevato nella fustella, è stato regolarmente paraffinato e contrassegnato con i dati relativi al sondaggio, alla profondità e alla data di prelievo.

STANDARD PENETRATION TEST

La prova SPT si esegue durante la perforazione. Consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa sulle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0,75 m.

Durante la prova si misura:

N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm

N2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;

N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore: $N_{SPT} = N_2 + N_3$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m; Testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste; Maglio di acciaio di 63,5 kg; Dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0,76 m; Centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna; Campionatore standard (detto Raymond dalla società che lo ha introdotto per prima). Si tratta di un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm. Nei terreni ghiaiosi la scarpa del carotiere viene sostituita da una punta conica di diametro 51 mm e angolo 60°. Il campionatore Raymond consta di un tubo diviso longitudinalmente a metà, i due semitubi sono tenuti insieme, durante l'infissione, da una scarpa tagliente avvitata alla base e da un anello in testa. Alla fine della prova si svita la scarpa, il carotiere si apre in due permettendo di estrarre il campione di terreno.

Profondità: 20,00 mt Cassette: n° 4 Quota p.c.: 465 data esecuzione: da 28/5/20 al 29/5/20 Attrezzatura: Trivel Mac TM10FG

Tipo carotaggio: continuo Ø 101 mm Tipo carotiere: semplice Rivestimento: Ø 127 mm a mt 3,0 Operatore: Giglio Giuseppe

Condizionamento foro e note:

Istallato tubo piezometrico

Scala 1:150

Profondità metri	Spess. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 25 50 75	Camp. Sashibry 0=Discontinua 1=Continua	Poket Kg/cmq M=continua N=discontinua	H ₂ O	SPT Ala punta (penetration) Cappella (blow)
1	0,2 0,6	0,2 0,4	Conglomerato cementizio e massicciata Riparto sabbioso limoso debolmente argilloso					
2			Argilla con limo sabbioso di colore marrone-grigiastro con presenza di clasti (1-2 cm) calcarei e livelletti carboniosi e sabbiosi con forme di ossidazione		2,0 C1 S			A mt 2,5 (7-10-14)
3					2,5			
4	3,7 4,2	3,1 0,5	Argilla con limo debolmente sabbiosa di colore marrone grigiastra					
5					5,0 C2 S			
6			Argilla grigia, debolmente limosa, molto compatta		5,5			A mt 5,5 (15-23-28)
7								
8	7,5	3,2						
9								
10								
11								
12								
13			Argilla grigio molto compatta				11.7	
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20	20,0	Fine Foro						
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								

Profondità: 26,00 mt Cassette: n° 4 Quota p.c.: 457 data esecuzione: da 1/6/2020 al 1/6/2020 Attrezzatura: Trivel Mac TM10FG

Tipo carotaggio: continuo Ø 101 mm Tipo carotiere: semplice Rivestimento: Ø 127 mm a mt 1,5 Operatore: Giglio Giuseppe

Condizionamento foro e note:

Scala 1:150

Profondità metri	Spess. metri	SIMBOLO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% Carot 25 50 75	Camp. Seishiby 0 = Osterberg M = Muir	Poket Kg/cm² Misurato a 1/2	H ₂ O	SPT A = punta aperta C = punta chiusa
1	1,0	1,0	Massicciata e riporto costituito da materiali sabbiosi limosi con clasti poligenici millimetrici e centimetrici a spigoli vivi e sub arrotondati					
2	1,5	0,5	Altemanza di livelli centimetrici di argilla grigio-bluastro e sabbia giallo ocrea		1,5			
3	2,5	1,0	Sabbia limosa e ghiaia con clasti arenacei silicizzati, millimetrici centimetrici e decimetrici		C1 S 2,0			A Mt 2,0 (7-5-6)
4	3,3	0,7	Ghiaia e clasti millimetrici e decimetrici con spigoli vivi e sub arrotondati in matrice sabbioso giallo ocrea					
4	4,0	0,7	Limo sabbioso argilloso, grigio con clasti millimetrici					
5	5,0	1,0	Sabbia limosa-argillosa grigio-verdastra					A mt 4,0 (21-32-47)
6								
7								
8			Ciottoli arrotondati, sub-arrotondati e talvolta a spigoli vivi, eterometrici (da pochi cm a circa 10 cm) poligenici prevalentemente arenacei silicizzati in subordine calcarei e marnosi in matrice sabbiosa e sabbiosa ghiaiosa di colore grigio					
9								
10	9,2	4,2						
11			Argilla mamosa a luoghi debolmente limosa, grigia, molto compatta con rari ciottoli arenacei millimetrici e centimetrici arrotondati e sliticizzati					
12								A mt 11,5 (17-28-44)
13	12,5	3,3						
14								
15								
16								
17								
18								
19			Argilla mamosa grigia omogenea compatta					
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26	26,0	Fine Foro						
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								

INDAGINE SISMICA MASW

Ubicazione



Normativa di riferimento

I disastrosi terremoti che negli ultimi anni hanno interessato l'Italia hanno determinato una riclassificazione sismica del territorio nazionale e una rivisitazione della normativa sismica che regola le costruzioni ricadenti in zone sismiche. Le Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC 17 gennaio 2018¹), la normativa tecnica europea (Eurocodici EC7² e EC8³) e le più avanzate normative internazionali⁴ disciplinano la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche e la valutazione della sicurezza e degli interventi di adeguamento su edifici soggetti al medesimo tipo di azioni. Tali norme hanno lo scopo di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile. Fra le novità più importanti della nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica vi è l'estensione della zonazione sismica a tutto il territorio nazionale.

La necessità di investigare il sottosuolo ha indirizzato i ricercatori a studiare tecniche non invasive, e quindi economiche, veloci e pratiche, per effettuare caratterizzazioni sismostratigrafiche del sottosuolo. Per ottemperare a quanto prescritto dalla normativa vigente è necessario determinare le azioni sismiche previste su nuove costruzioni, ampliamenti e ristrutturazioni importanti che ricadono in zona sismica, attraverso la determinazione della $V_{s,eq}$ in m/s (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio). A tale parametro vengono attribuiti intervalli di variazione a cui corrispondono differenti categorie di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC 2018). Il parametro $V_{s,eq}$ è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [m/s]$$

dove:

$V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell' i-esimo strato

¹ Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17 gennaio 2018, pubblicato sul supplemento ordinario n. 42 del 20 febbraio 2018

² CEN 1994, Geotechnical Design, General Rules, European Committee for Standardisation (CEN), Eurocode 7 Part 1.

³ CEN 2003, Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, Final Draft, prEN 1998-1, Brussels;

⁴ CEN 2004, Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting for buildings, Draft No 7, prEN 1998-3, Brussels;

⁵ Applied Technology Council, 1996, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume 1, California;

ACI 318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary, American Concrete Institute, Michigan, 2000;

Standards New Zealand, The design of concrete structures, NZS 3101, Wellington, 1995;

Canada Standards, The design of concrete structures, CSA-A23.3-04, Canada, 2005.

hi: spessore in metri dello strato i-esimo

N: numero di strati

H: profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato 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.

La determinazione della $V_{s,eq}$ avviene attraverso specifiche indagini geofisiche che si basano sulla propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

In generale, le indagini sismiche si dividono in attive e passive. Le prime consistono nella generazione di onde sismiche che si propagano nel sottosuolo in seguito ad una energizzazione, che avviene tramite massa battente o scoppio, in un punto sorgente. Le onde generate vengono successivamente registrate da geofoni, rilevatori del moto del suolo, disposti lungo una linea sismica. Le indagini sismiche passive, invece, sono caratterizzate dalla registrazione del rumore sismico generato da sorgenti naturali e/o artificiali (rumore antropico).

Indagine sismica con tecnica "MASW"

L'indagine sismica di tipo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è un'indagine di recente sviluppo (Park et al. 1999³) e consente di ricavare il valore della velocità delle onde di taglio (V_s) in maniera indiretta. I vantaggi di questa tecnica risiedono nella sua velocità di esecuzione e nel fatto che si tratta di una indagine non invasiva (poiché non necessita di perforazioni per l'esecuzione della prova stessa). A seguito della facile trattazione analitica delle onde P, in passato i ricercatori hanno preferito concentrarsi sulle onde di volume, finendo per considerare le onde superficiali solo come un inutile disturbo. Recenti studi (Miller et al. 1999⁴, Xia et al., 1999⁵) hanno consentito di creare un modello matematico anche per trattare le onde di Rayleigh, cercando di godere del vantaggio della elevata energia associata a questo tipo di propagazione. L'analisi di questo tipo di onde sismiche attraverso la tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale nel dominio delle frequenze. L'osservazione dello spettro consente di notare che le onde superficiali si propagano a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa: questo fenomeno è detto *dispersione* ed è caratteristico di questo tipo di onde. Poiché generalmente la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenta con la profondità, alle frequenze più basse delle onde di superficie (lunghezze d'onda maggiori) corrispondono velocità maggiori, caratteristiche degli strati più profondi, mentre le frequenze più alte (lunghezze d'onda minori) saranno caratterizzate da una velocità di propagazione più bassa, che dipende dalle caratteristiche degli strati più superficiali. La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta *curva di dispersione*, che associa ad ogni frequenza una velocità di propagazione dell'onda.

La curva di dispersione, in realtà, può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla qualità dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. La curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con una curva di dispersione teorica relativa ad un modello di sottosuolo che dipende dai parametri V_p , V_s , Poisson e densità (profilo 1D). La variazione dei parametri che individuano il modello teorico di sottosuolo porterà all'individuazione di diverse curve di dispersione teoriche che verranno confrontate con quella sperimentale. Il miglior modello teorico di sottosuolo che meglio interpreta i dati è quello che produce la curva teorica che mostra la minima differenza con la curva sperimentale (best fit-minimo misfit). La procedura MASW può sintetizzarsi, quindi, in tre stadi distinti: acquisizione dei dati sperimentali, estrazione della curva di dispersione; inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1D), che descrive la variazione di V_s con la profondità.

Strumentazione utilizzata per tecnica MASW

L'indagine viene condotta mediante l'utilizzo del sismografo 12S24P della PASI srl (via Galliani 5/E TORINO) a 24 bit a 24 canali. Il sismografo 24 bit per prospezione sismica si distingue per la piattaforma di acquisizione dati di ultima generazione unita al sistema operativo di uso intuitivo e organizzato in menu navigabili con funzioni differenti in base al tipo di sondaggio sismico selezionato mediante un semplice tocco sul monitor touch screen a colori di grandi dimensioni. Caratteristica principale di questa serie di sismografi è la risoluzione di 24 bit effettivi per ogni singolo canale. L'adozione di tale architettura rende ideale il 12S24P per tutte le tipologie di prospezione sismica attiva e passiva. Grazie alla grande versatilità ed alle numerose procedure automatiche di verifica pre-acquisizione dalla corretta connessione dei geofoni fino all'analisi della rumorosità di fondo del sito investigato, l'acquisizione dati risulta sempre particolarmente agevole ed alla portata di tutti, inoltre è possibile effettuare una prima analisi dei dati acquisiti, anche per singola onda, direttamente in campagna, visualizzando con poche e semplici operazioni i dati relativi alle velocità in ogni singolo punto dell'onda esaminata. Il salvataggio dei dati avviene su hard disk interno a stato solido, per una maggiore sicurezza dei dati, oppure su memoria USB esterna.

Tale strumento, compatto e versatile, è stato progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione

³ Park C.B., Miller R.D., Xia J., 1999, Multichannel analysis of surface waves (MASW), *Geophysics* Vol. 64, pp. 800 - 805.

⁴ Miller R.D., Xia J., Park C.B., Janov J., 1999, Multichannel analysis of surface waves in map mode, *Leading Edge* 18, pp. 1392 - 1396.

⁵ Xia J., Miller R.D. and Park C.B., 1999b, Evaluation of the MASW technique in unconsolidated sediments: technical program with biographies, SEG, 99th Annual Meeting Houston, Texas, pp. 437-440.



GEO-TECNICA SRL – società con socio Unico- Zona Industriale, Ponte Valentino
82100 Benevento www.geo-tecnica.it e-mail: informazioni@geo-tecnica.it

Accettazione n° 1234 del 25.05.2020

Richiedente: Dott. Geol. Irene Savino

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento

Progetto: SP 1 Ciardielli-Ricostruzione muro di contenimento

Località: Perrillo-Comune di Arpaia (BN)

Data esecuzione: 03.06.2020

Rapporto di prova: n° 147 del 17.06.2020

sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor) - M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) - S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise). La sorgente sismica è costituita da una mazza battente (peso di 8kg che batte su una piastra in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale a 10 Hz, posto in prossimità della piastra posizionata a diverse distanze dal primo geofono. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da geofoni verticali (Geospace-4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con appositi programmi (Geopsy-Dinver) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

 **GEO-TECNICA**
INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA
Z.L. Ponte Valentino - 82100 BENEVENTO
www.geo-tecnica.it

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Umberto Lonardo



GEO-TECNICA SRL – società con socio Unico- Zona Industriale. Ponte Valentino
82100 Benevento www.geo-tecnica.it e-mail: informazioni@geo-tecnica.it

Accettazione n° 1234 del 25.05.2020

Richiedente: Dott. Geol. Irene Savino

Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento

Progetto: SP 1 Ciardielli-Ricostruzione muro di contenimento

Località: Perrillo-Comune di Arpaise (BN)

Data esecuzione: 03.06.2020

Rapporto di prova: n° 147 del 17.06.2020

Premessa

Il sottoscritto dott. geol. Giuseppe Pasquale, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n. 2319, veniva incaricato dalla GEO-TECNICA srl con sede alla Z.I. Ponte Valentino-Benevento di eseguire la caratterizzazione sismica nel comune di Arpaise (BN), in Loc. Perrillo, per i lavori relativi a SP1 Ciardielli-Ricostruzione muro di contenimento. La ditta committente è rappresentata dall'Amministrazione Provinciale di Benevento.

Obiettivo della presente relazione geofisica è quello di definire secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia il parametro $V_{s,eq}$ attraverso la stima delle velocità dei terreni con l'esecuzione di n. 1 prova sismica di tipo MASW mediante la caratterizzazione dinamica del sottosuolo con l'individuazione delle principali unità sismostratigrafiche e delle relative proprietà elastiche.

Di seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni dell'indagine eseguita.

- Prova sismica superficiale MASW: rapporto di prova n. 147 del 17/06/20

 GEO-TECNICA INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA GEO-TECNICA SRL – società con socio Unico- Zona Industriale, Ponte Valentino 82100 Benevento www.geo-tecnica.it e-mail: informazioni@geo-tecnica.it	Accettazione n° 1234 del 25.05.2020 Richiedente: Dott. Geol. Irene Savino Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento Progetto: SP 1 Ciardielli-Ricostruzione muro di contenimento Località: Perrillo-Comune di Arpaia (BN) Data esecuzione: 03.06.2020 Rapporto di prova: n° 147 del 17.06.2020
--	---

Acquisizione ed elaborazione dei dati MASW

La geometria (Figura 1) e la modalità di acquisizione dei dati (Tabella 1) sono riportate di seguito:

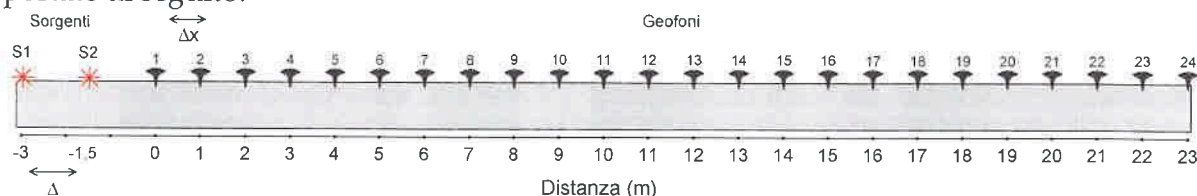


Figura 1: schema della geometria di acquisizione. Tabella 1: caratteristiche di acquisizione dei dati

Numero geofoni	24
Tipo di geofono	Verticale
Frequenza propria dei geofoni (Hz)	4,5
Distanza intergeofonica Δx (m)	1,0
Lunghezza stendimento sismico (m)	23
Frequenza di campionamento (Hz)-MASW	1000
Intervallo di acquisizione (ms)-MASW	0.001
Tipo di starter	Meccanico
Tipo di energizzazione	Meccanico

Durante la fase di acquisizione sono stati eseguiti due shots con diversi offstes (vedi Tabella 2) per valutare la stabilità della curva di dispersione sperimentale apparente, necessaria per verificare l'assenza di variazioni laterali, fondamentale prima di eseguire la fase di inversione 1D.

Tabella 2: schema energizzazione.

Numero di energizzazioni	2*
Scoppio S1	S ₁ = -3,0 (m)
Scoppio S2	S ₂ = -1,5 (m)

*la posizione dei punti sorgente è riportata in Figura 1.

L'analisi è stata condotta nel dominio delle frequenze attraverso la determinazione dello spettro f-k (Figura 2), piccando con una procedura manuale i massimi all'interno dello spettro. La curva di dispersione presenta la migliore definizione nell'intervallo 4,5-90 Hz.

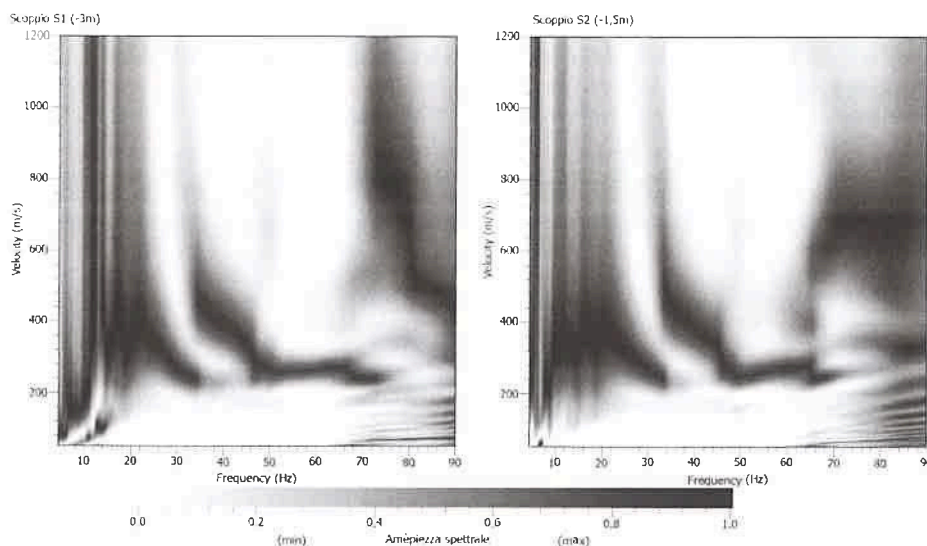


Figura 2: curve di dispersione ottenute per i due scoppi realizzati.

Attraverso una procedura manuale sono stati individuati i massimi (punti in rosso in Figura 3) all'interno dello spettro relativo allo scoppio S2 (in quanto la relativa curva di dispersione risulta essere meglio definita all'interno del range di frequenza considerato) e la curva di dispersione così ottenuta è stata utilizzata successivamente per il processo di inversione.

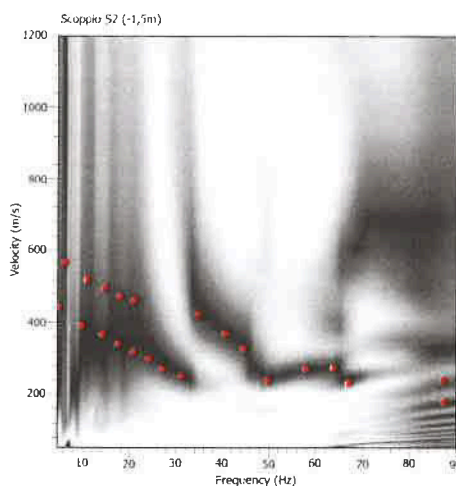


Figura 3. Picking della curva di dispersione relativa allo scoppio S2. I punti in rosso rappresentano i massimi relativi al modo di vibrazione riconosciuto.

La procedura di inversione, effettuata utilizzando il software "Dinver", prevede che

 GEO-TECNICA INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA GEO-TECNICA SRL – società con socio Unico- Zona Industriale, Ponte Valentino 82100 Benevento www.geo-tecnica.it e-mail: informazioni@geo-tecnica.it	Accettazione n° 1234 del 25.05.2020 Richiedente: Dott. Geol. Irene Savino Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento Progetto: SP 1 Ciardielli-Ricostruzione muro di contenimento Località: Perrillo-Comune di Arpaia (BN) Data esecuzione: 03.06.2020 Rapporto di prova: n° 147 del 17.06.2020
--	---

il modello teorico sia costituito da una sequenza di n strati, poggianti su un semispazio, ognuno dei quali caratterizzato da un intervallo dei parametri V_p , V_s , Poisson, densità e spessore. Nell'inversione a ciascun run corrispondono 100 iterazioni, ognuna delle quali costituita da 50 modelli generati in modo random. Per ogni modello viene calcolato il minimo misfit associato alla curva di dispersione teorica confrontata con quella sperimentale. L'errore accettabile deve essere inferiore al 10%, a cui corrisponde un misfit minore di 1. Nella Tabella 3 si riportano i parametri utilizzati nella procedura di inversione.

Tabella 3

Parametri di inversione	
Numero di run	4
Iterazione per ciascun run	100
Modelli generati per ciascun run	5050
Modelli totali generati	20200
Minimo misfit	0,0883

In Figura 4 sono riportate le curve di dispersione teoriche e i corrispondenti modelli di velocità delle onde P ed S. In rosso sono indicati la curva e il modello che presentano il minor misfit, unitamente agli intervalli minimo e massimo di variabilità dei parametri dei modelli.

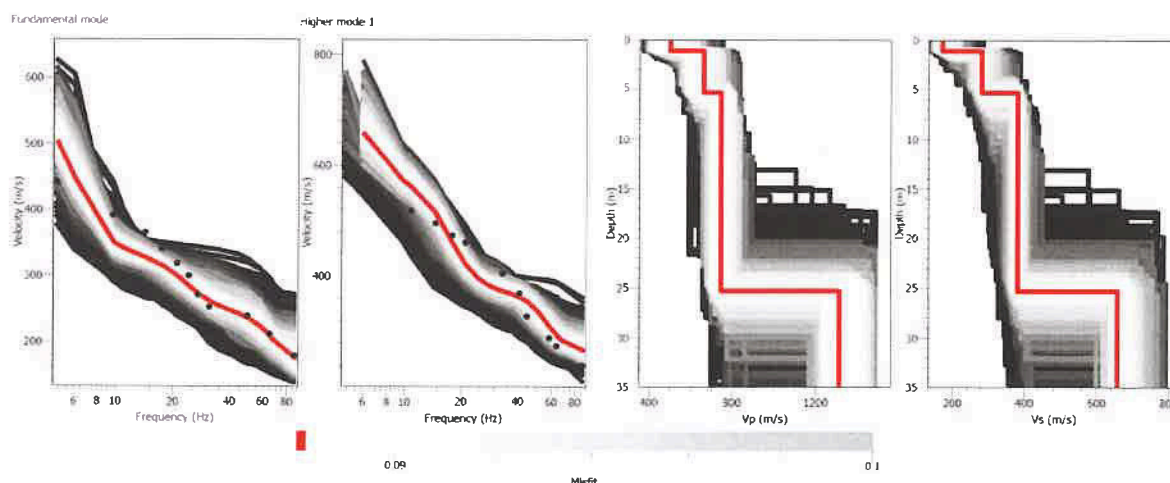


Figura 4: curve di dispersione e modelli di velocità ottenuti dalla procedura d'inversione.

Inoltre, per ottemperare a quanto previsto dalla vigente normativa sismica (NTC 2018), si riporta il profilo di velocità delle onde S (con minimo misfit) fino alla profondità di 35 m dall'attuale piano campagna.

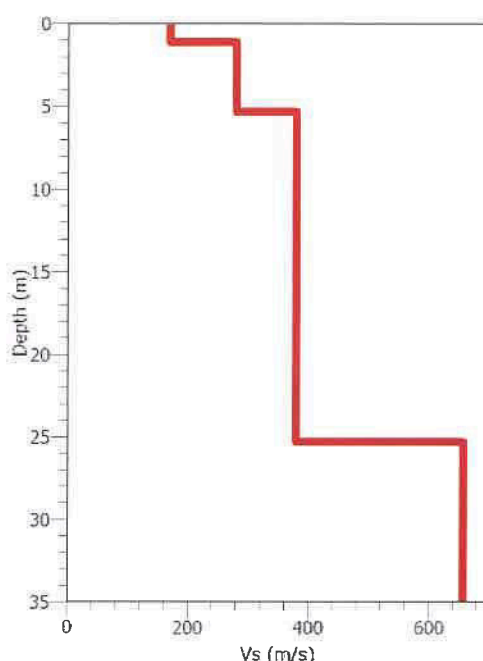


Figura 5: modello di velocità delle onde S (con minimo misfit) utilizzato per il calcolo della Vs,eq.

A partire dalle velocità delle onde di volume, è possibile dedurre, attraverso l'uso di semplici relazioni⁸, i parametri dinamici del sottosuolo riportati in Tabella 4.

⁸ $G = V_s^2 \cdot \rho$
 $K = \rho \cdot (V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2)$
 $E = V_s^2 \cdot \rho \left[\frac{3(V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)} \right]$
 $\nu = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left[\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]^{-1}$

Carrara E., Rapolla A., Roberti N. "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici". Liguori Editore, 1992

 GEO-TECNICA INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA GEO-TECNICA SRL – società con socio Unico- Zona Industriale, Ponte Valentino 82100 Benevento www.geo-tecnica.it e-mail: informazioni@geo-tecnica.it	Accettazione n° 1234 del 25.05.2020 Richiedente: Dott. Geol. Irene Savino Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento Progetto: SP 1 Ciardielli-Ricostruzione muro di contenimento Località: Perrillo-Comune di Arpaia (BN) Data esecuzione: 03.06.2020 Rapporto di prova: n° 147 del 17.06.2020
--	---

Tabella 4: parametri dinamici del sottosuolo calcolati fino a 30 m dal p.c.

Strato	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità ρ (kg/m ³)	Poisson ν	Modulo di taglio G (kPa)	Modulo di Young E (kPa)	Modulo di incompressibilità K (kPa)
1	1,20	497	169	1500	0,43	42842	122923	313392
2	4,20	659	279	1600	0,39	124546	346438	528789
3	20,00	742	379	1700	0,32	244190	646372	610373
4	4,60	1305	657	1900	0,33	820133	2181953	2142237

Ai sensi del DM 17 gennaio 2018, si riporta il valore della Vs,eq (con H=30m) riferito a diverse profondità rispetto all' attuale piano campagna.

Profondità (m)	Vs,eq (m/s)
0-30	366

 GEO-TECNICA INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA GEO-TECNICA SRL – società con socio Unico- Zona Industriale, Ponte Valentino 82100 Benevento www.geo-tecnica.it e-mail: informazioni@geo-tecnica.it	Accettazione n° 1234 del 25.05.2020 Richiedente: Dott. Geol. Irene Savino Committente: Amministrazione Provinciale di Benevento Progetto: SP 1 Ciardielli-Ricostruzione muro di contenimento Località: Perrillo-Comune di Arpaia (BN) Data esecuzione: 03.06.2020 Rapporto di prova: n° 147 del 17.06.2020
--	---

Conclusioni

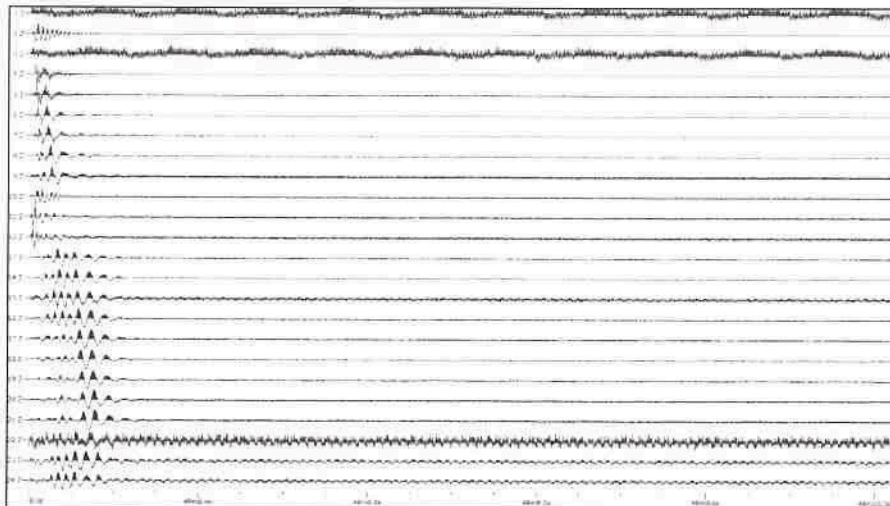
L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s e, di conseguenza, del parametro $V_{s,eq}$ risultato essere pari a 366 m/s.

In riferimento alla Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni si riportano le categorie di sottosuolo di riferimento distinte in funzione del parametro $V_{s,eq}$ (Tabella 5).

Tabella 5: Categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II NTC 2018)

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

* La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa vigente (NTC 2018) tenendo conto della locale successione stratigrafica. Si ricorda che per depositi con profondità H del substrato 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 espressione [3.2.1] del § 3.2.2 NTC 2018 e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



Tracce MASW



Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo sperimentatore incaricato
Dott. Geol. Giuseppe Pasquale

Accettazione Prove Terre n. 216
del 01 Giugno 2020

Certificati di Prova da n° 408 a n° 418.

Spett.le
DOTT.SSA GEOL. IRENE SAVINO

Committente: **AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE**

-S.P. N°1 "CIARDELLI"
RICOSTRUZIONE MURO DI
CONTENIMENTO-

Loc: Perrillo

Comune di Arpaiese (BN)



LABORATORIO PROVE SU TERRE E ROCCE

Questo LABORATORIO PROVE SU TERRE e ROCCE, attrezzato con apparecchiature normalizzate ASTM÷AASHTO, ha esaminato i campioni indisturbati di terreno prelevati in data 28-29/05/2020 e 01/06/2020 dai nostri tecnici settore geognostica nel sito di cui i lavori ne sono oggetto.

Su di essi sono state eseguite, come richiesto, complessivamente:

- n° 3 Apertura del Campione Indisturbato e relativa Identificazione Visiva;
- n° 3 Determinazione delle Costanti Fisiche Generali;
- n° 3 Analisi Granulometrica con vagli ASTM e Densitometria;
- n° 3 Prova di Taglio Diretto drenato consolidato;
- n° 2 Prova di Compressione Edometrica con 7 gradini di carico e 3 di scarico.

Gli esiti sono riportati nei Certificati di prova allegati, da n° 408 a n° 418.

Tanto dovevasi.

Benevento, 24 Giugno 2020.



Il Direttore del Laboratorio:


Dott. Geol. Umberto Lonardo

**APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)
E RIEPILOGO PROVE ESEGUITE**

ACCETTAZIONE n° 216

del 1-giu-2020

pag. 1/1
rev. 1 del 11/01/2018

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale	Progetto: S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento		
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località: Perrillo _ Arpaize (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1	Indisturbato	Prelievo del: 28-mag-20	Profondità, m: 2,00-2,50
Data ricevimento campione: 28-mag-2020	Data apertura campione: 3-giu-2020		Prelevato da: Geo-Tecnica

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)	
Grani:	FINI
(Ø max e min - Forma - Distribuzione %)	Ø <4,75 mm
Umidità:	MEDIA
Consistenza:	2,1 kg/cm² (pocket penetrometer)*
Colore da tavola di Munsell:	HUE 2,5Y - 4/3 olive brown
Colore:	MARRONE VARIEGATO
Denominazione:	LIMO ARGILLOSO
OSSERVAZIONI:	
* Valore medio su 10 determinazioni	
con: 50+25 % Pass.	...oso: 25+15 % Pass.
debolmente ...oso: 15+5 % Pass.	

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE		CERTIFICATI N.
☒	- COSTANTI FISICHE GENERALI	408
☐	- LIMITI di ATTERBERG	
☐	- ANALISI GRANULOMETRICA con SOLI VAGLI ASTM	
☒	- ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA	409
☒	- TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATO LENTO	410
☐	- TAGLIO DIRETTO + TAGLIO RESIDUO	
☐	- PROVA EDOMETRICA	
☐	- PROVA EDOMETRICA + PROVA DI PERMEABILITA'	
☐	- PROVA ad ESPANSIONE LATERALE LIBERA	
☐	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO COSTANTE	
☐	- PROVA di PERMEABILITA' a CARICO VARIABILE	
☐	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA (CD)	
☐	- PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA (CU)	
☐	- PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA (UU)	
☐	- DETERMINAZIONE della DENSITA' RELATIVA	
☐	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOSTANZA ORGANICA	
☐	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di SOLFATI	
☐	- DETERMINAZIONE del CONTENUTO di CARBONATI	
☐	- PROVA di COMPATTAZIONE PROCTOR	
☐	- PROVA CBR	

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI
(ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 216 del 1-giu-2020

CERTIFICATI N. 408

del 24-giu-2020

pag. 1/1

Mod. G.T - 7.5.1.1.c/d/e C

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale	Progetto: S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento		
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località: Perrillo _ Arpaize (BN)		
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1	Indisturbato	Prelievo del: 28-mag-20	Profondità, m: 2,00-2,50
Data ricevimento campione: 28-mag-2020	Data apertura campione: 3-giu-2020		Data di prova: 3-giu-2020

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n) (ASTM D 2216)				
DETERMINAZIONE, N	1	2	3	
Contenitore, n	P1	2	C	
Massa Contenitore, g	20,87	15,83	15,99	
Massa Cont + Terra Umida, g	65,79	55,28	62,99	
Massa Cont + Terra Secca, g	58,11	48,50	54,89	
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n), %	20,62%	20,75%	20,82%	20,73%

PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) (BS 1377 T15)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Volumometro, n	B	4	
Massa Volumometro, g	55,13	58,51	
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22	
Massa Volumometro + Terra Umida, g	133,62	136,85	
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m³	19,52	19,48	19,50
PESO di VOLUME SECCO (γ_d), kN/m³			16,15

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100	
Picnometro, n	408	357	
Massa Campione Secco, g	15,08	15,05	Temperatura, °C 23
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	90,01	90,39	
Massa Picnometro + Acqua, g	80,58	80,98	
Fattore di Correzione, k	0,9976	0,9976	
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m³	26,63	26,62	26,62

GRANDEZZE INDICI	
• INDICE dei VUOTI (e')	0,649
• POROSITA' (n), %	39,34
• GRADO di SATURAZIONE (S_r)	85,10%
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	20,08

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott.ssa Geol. Michela Di Franza



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422)

ACCETTAZIONE n° 216

del 1-giu-2020

CERTIFICATI N. 409

del 24-giu-2020

pag. 1/1

Mod. G.T-7.5.1.1.b C

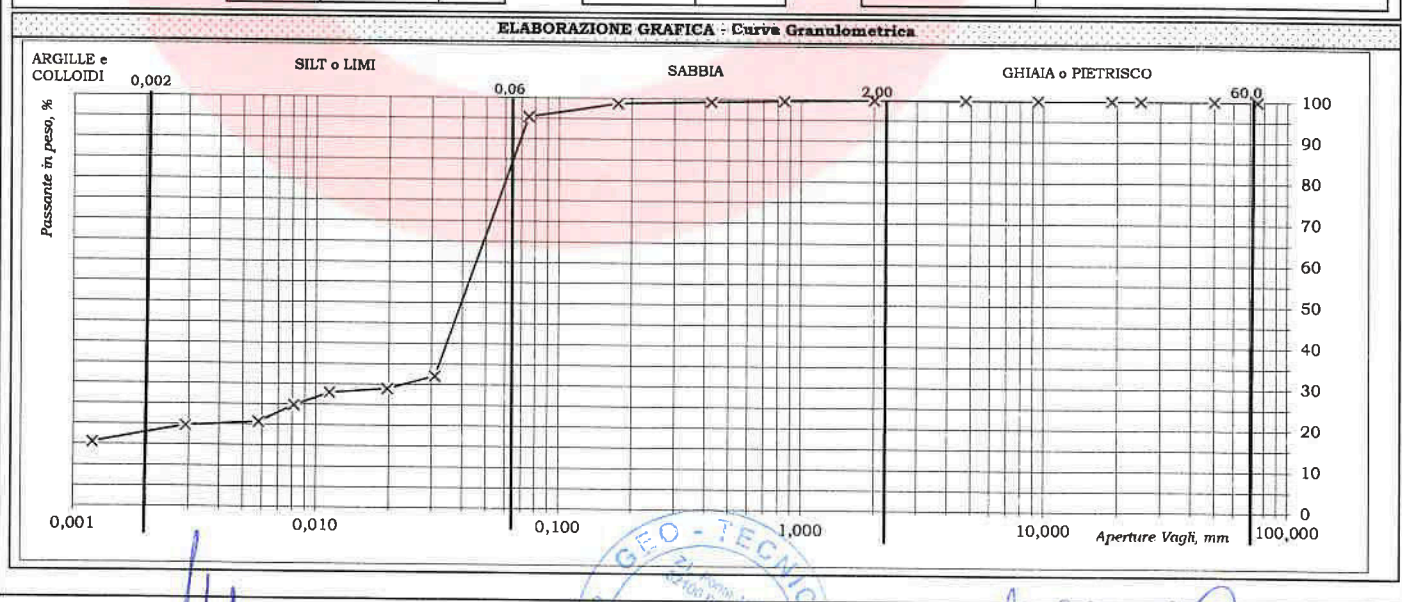
DATI GENERALI	
Committente: Amministrazione Provinciale	Progetto: S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località: Perrillo - Arpaia (BN)
DATI DEL CAMPIONE	
Identificativo campione: S1C1 Indisturbato	Prelievo del: 28-mag-20
Data ricevimento campione: 28-mag-20	Data apertura campione: 03-giu-20
	Profondità, m: 2,00-2,50
	Data di prova: 05-giu-20

DETERMINAZIONI DI PROVA	Massa Contenitore, g	106,14					
	Massa Cont. + Campione secco, g	558,70					
	Massa Campione secco, g	452,56					
ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)							
VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)									
ANALISI DENSITOMETRICA									
Massa Contenitore, g	103,70	Tempi, mn	2	5	15	30	60	240	1440
Massa Cont. + Campione secco, g	153,82	Lettura Densimetro, R	1,0170	1,0155	1,0150	1,0135	1,0115	1,0110	1,0090
Massa Campione secco, g	50,12	Correzione per T°, ΔR	-0,0039						
Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³	26,62	Lettura Corretta, R'	1,0131	1,0116	1,0111	1,0096	1,0076	1,0071	1,0051
Temperatura di prova T°, C°	23	Profondità Lettura, L in mm	169,85	172,85	173,85	176,85	180,85	181,85	185,85
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml	0,9976	Ø equivalente dei grani, mm	0,0308	0,0197	0,0114	0,0081	0,0058	0,0029	0,0012
Coeff. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise	0,0094	% Passante	32,1	29,0	28,0	24,9	20,7	19,7	15,5

ANALISI MECCANICA					
VAGLI ASTM	# 20	# 40	# 80	# 200	PAN
Apertura in mm	0,850	0,425	0,175	0,075	-
Ritenuto, g	0,18	0,15	0,26	1,69	47,84
Passante, g	49,94	49,79	49,53	47,84	-
% Passante	99,6	99,3	98,8	95,4	-
Fattore riduzione massa campione, FR 1,000					
Risconto, g 0,00					

ESITI	GHIAIE/PIETRISCO %	0,0	SABBIA %	4,5	SILT e LIMI %	78,1	ARGILLE E COLLOIDI %	17,3
	Grossa	Media	Fine	Grossa	Fine			
	0,0	0,0	0,0	0,7	3,9			
DENOMINAZIONE:						LIMO ARGILLOSO		



Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott.ssa Geol. Michela Di Franza

PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 216

del 01-giu-20

CERTIFICATI N. 410

del 24-giu-20

pag. 1/2

Mod. G.T- 7.5.1.2.b C

Mod. G.T.-7.5.1.2.b C

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale		Progetto: S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento	
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino		Località: Perrillo _ Arpaia (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S1C1 Indisturbato		Prelievo del: 28-mag-20 Profondità, m: 2,00-2,50	
Data ricevimento campione: 28-mag-20		Data apertura campione: 03-giu-20 Data inizio prova: 04-giu-20	
TIPO DI PROVA: Lenta: SI Consolidata: SI		ATTREZZATURA: Controls - Cella Dinamometrica REP TCE 350 Matr. N° 1223	
			Fattore di conversione: 1

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA			SCATOLA DI TAGLIO			
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kN/m ³	26,62	Lato Fustella, cm	6,02	Altezza Fustella, cm	3,05
Contenuto Naturale in Acqua (media)	%	20,73%	Velocità di taglio, mm/mn	0,007	Sezione Fustella, cm ²	36,24

DETERMINAZIONI											
PROVINO			1			2			3		
Fustella Portacampione	n	G									
Massa Fustella	g	165,92				101,35			102,78		
Massa Fustella + Campione	g	381,20				317,01			318,90		
Massa Campione	g	215,28				215,66			216,12		
			PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ	PRIMA	DOPO	Δ
Peso di Volume Naturale	kN/m ³		19,48	19,57	0,10	19,51	19,78	0,27	19,55	20,03	0,47
Peso di Volume Secco	kN/m ³		16,13	16,21	0,08	16,16	16,39	0,23	16,19	16,59	0,39
Indice dei Vuoti			0,650	0,642	-0,01	0,647	0,625	-0,02	0,644	0,605	-0,04
Altezza Solidi	cm		2,227			2,231			2,235		

PROVINO n. 1									SFORZO NORMALE, kN/m²:					50,0
Cedimenti, cm	0,015				Altezza Finale, cm				3,035	Consolidazione, %				0,49
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360		
Spostamenti Cella, mm	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7						
Lettura cella dinamometrica	14	68	97	111	119	122	121	118						
Trasduttore Vert., mm	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14						
SFORZI di TAGLIO, kN/m²	3,8	18,5	26,4	30,2	32,4	33,2	33,0	32,1						

PROVINO n. 2									SFORZO NORMALE, kN/m ² :				100,0	
Cedimenti, cm	0,042					Altezza Finale, cm			3,008	Consolidazione, %				1,40
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360		
Spostamenti Cella, mm	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9					
Lettura cella dinamometrica	19	87	136	169	191	200	201	200	195					
Trasduttore Vert., mm	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41					
SFORZI di TAGLIO, kN/m ²	5,2	23,7	37,0	46,0	52,0	54,5	54,8	54,5	53,1					

PROVINO n. 3								SFORZO NORMALE, kN/m²: 200,0				
Cedimenti, cm	0,072			Altezza Finale, cm 2,978				Consolidazione, % 2,42				
Tempi, mn	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	
Lettura cella dinamometrica	25	117	194	254	300	319	329	333	334	332	328	
Trasduttore Vert., mm	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	
SFORZI di TAGLIO, kN/m²	6,8	31,9	52,8	69,2	81,7	86,9	89,6	90,7	91,0	90,4	89,3	

RIEPILOGO

SFORZI, kN/m ²		
Provini	Normali	di Taglio
3	200,0	91,0
2	100,0	54,8
1	50,0	33,2

OSSERVAZIONI:

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott.ssa Geol. Michela Di Franza



PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 216

del 01-giu-20

CERTIFICATI N. 410

del 24-giu-20

pag. 2/2

Mod. G.T-7.5.1.2 b C

DATI GENERALI			
Committente:	Amministrazione Provinciale	Progetto:	S.P. n° 1 "Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente:	Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località:	Perrillo - Arpaia (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C1 Indisturbato	Prelievo del:	28-mag-20
Data ricevimento campione:	28-mag-20	Data apertura campione:	03-giu-20
		Profondità, m:	2,00-2,50
		Data inizio prova:	04-giu-20

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

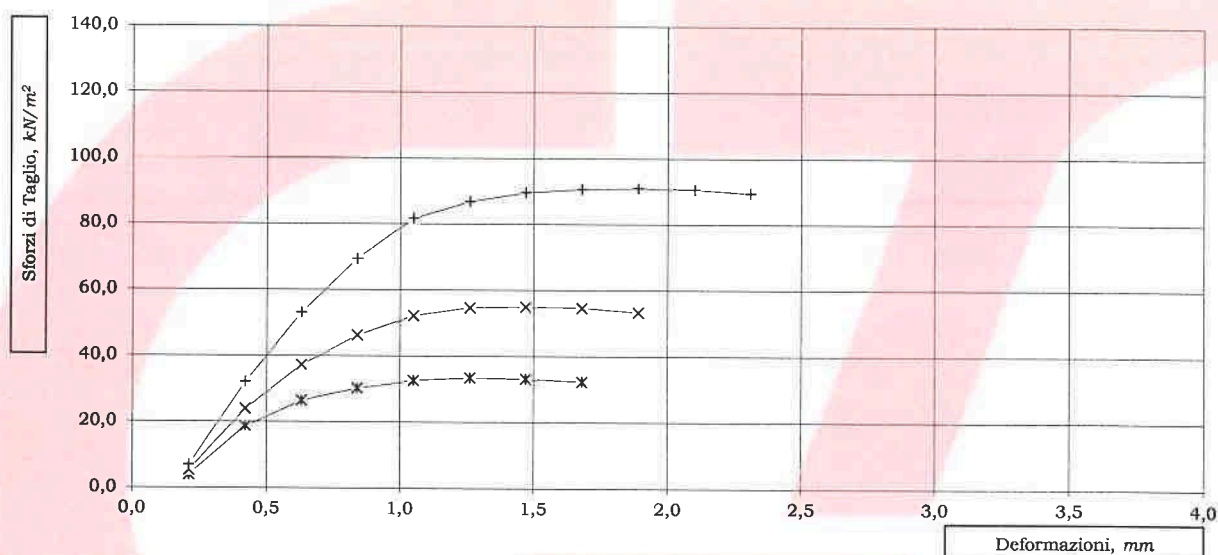
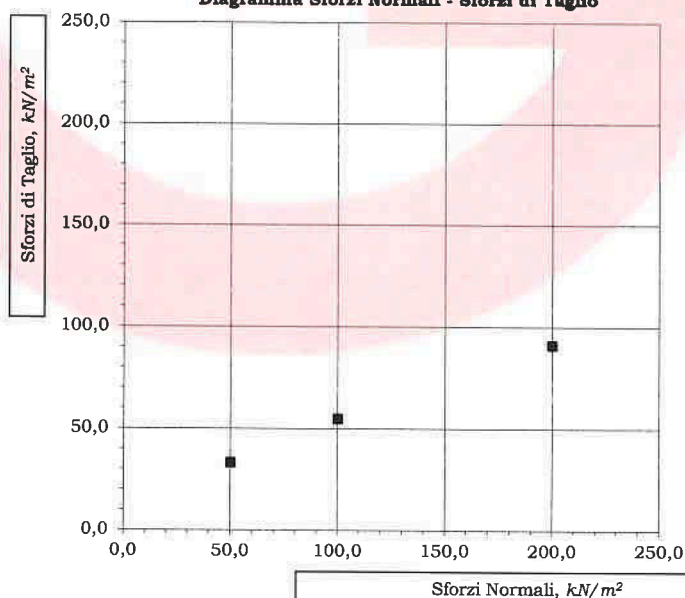


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



Lo Sperimentatore:
Michela Di Franza
Dott.ssa Geol. Michela Di Franza

rev. 1 del 11/01/2018

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

Geo-Tecnica s.r.l. – Società con socio unico - Zona Industriale Ponte Valentino 82100 Benevento – www.geo-tecnica.it
tel 0824 313705 e-mail: informazioni@geo-tecnica.it - P.Iva/C.F. 01701820621 – Cap. Soc. int. Versato € 30.000

DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI
(ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 216 del 1-giu-2020

CERTIFICATI N. 411

del 24-giu-2020

pag. 1/1

Mod. G.T - 7.5.1.1.c/d/e C

Mod. G.T - 7.5.1.1.c/d/e C

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale		Progetto:	S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino		Località:	Perrillo _ Arpaia (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C2	Indisturbato	Prelievo del: 29-mag-20
			Profondità, m: 5,50-6,00
Data ricevimento campione:	29-mag-2020	Data apertura campione:	4-giu-2020
			Data di prova: 4-giu-2020

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n) (ASTM D 2216)				
DETERMINAZIONE, N	1	2	3	
Contenitore, n	E	B1	I	
Massa Contenitore, g	15,87	20,85	18,27	
Massa Cont + Terra Umida, g	54,04	57,02	50,61	
Massa Cont + Terra Secca, g	49,40	52,64	46,71	
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n), %	13,84%	13,78%	13,71%	13,78%

PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) (BS 1377 T15)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Volumometro, n	D	P	
Massa Volumometro, g	55,02	64,92	
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22	
Massa Volumometro + Terra Umida, g	134,20	144,20	
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m³	19,69	19,71	19,70
PESO di VOLUME SECCO (γ_d), kN/m³			17,31

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100	
Picnometro, n	VII	391	
Massa Campione Secco, g	15,06	15,02	Temperatura, °C 23
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	87,19	90,29	
Massa Picnometro + Acqua, g	77,78	80,90	
Fattore di Correzione, k	0,9976	0,9976	
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m³	26,59	26,61	26,60

GRANDEZZE INDICI	
• INDICE dei VUOTI (e')	0,536
• POROSITA' (n), %	34,92
• GRADO di SATURAZIONE (S_r)	68,32%
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	20,81

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott.ssa Geol. Michela Di Franza



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422)

ACCETTAZIONE n° 216

del 1-giu-2020

CERTIFICATI N. 412

del 24-giu-2020

pag. 1/1

Mod. G.T. 7.5.1.1.b C

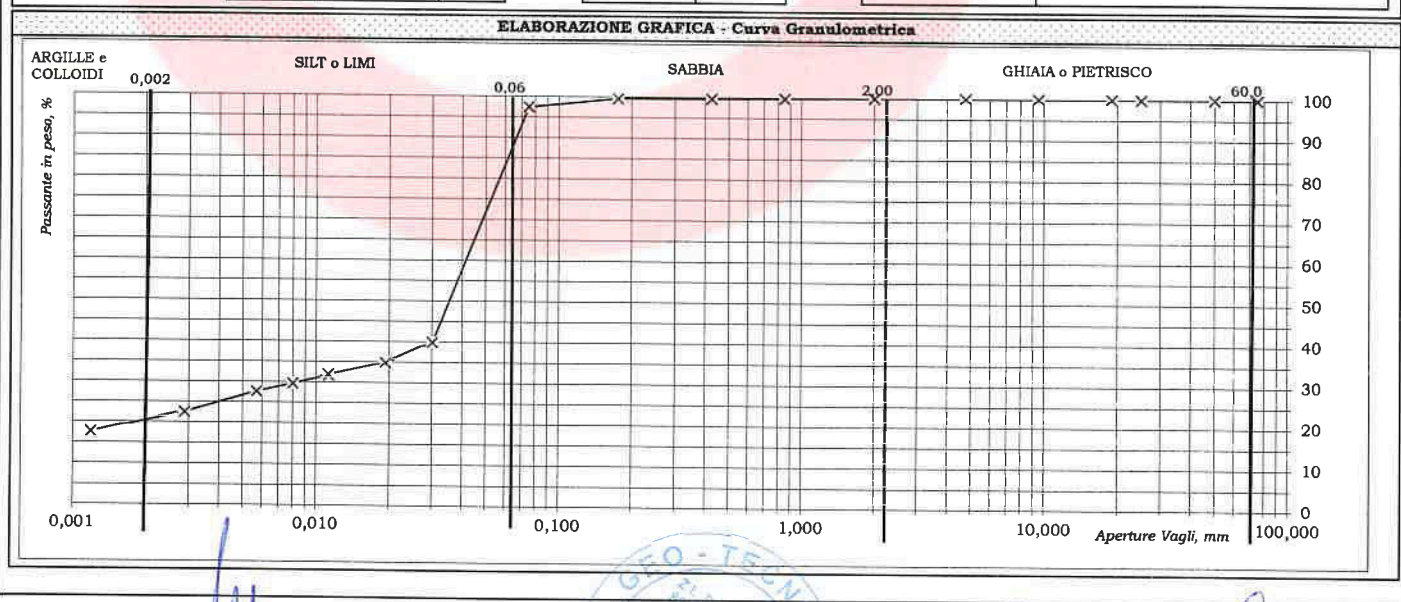
DATI GENERALI	
Committente: Amministrazione Provinciale	Progetto: S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località: Perrillo - Arpaia (BN)
DATI DEL CAMPIONE	
Identificativo campione: S1C2 Indisturbato	Prelievo del: 29-mag-20
Data ricevimento campione: 29-mag-20	Data apertura campione: 04-giu-20
	Profondità, m: 5,50-6,00
	Data di prova: 08-giu-20

DETERMINAZIONI DI PROVA		ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)								
Massa Contenitore, g	105,38	VAGLI ASTM		3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Massa Cont. + Campione secco, g	546,50	Apertura in mm		75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Massa Campione secco, g	441,12	Ritenuto, g		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		% Ritenuto		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		% Passante		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)										
ANALISI DENSITOMETRICA										
Massa Contenitore, g	106,35	Tempi, mn		2	5	15	30	60	240	1440
Massa Cont. + Campione secco, g	157,09	Lettura Densimetro, R		1,0210	1,0185	1,0170	1,0160	1,0150	1,0125	1,0100
Massa Campione secco, g	50,74	Correzione per T°, ΔR		-0,0039						
Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³	26,60	Lettura Corretta, R'		1,0171	1,0146	1,0131	1,0121	1,0111	1,0086	1,0061
Temperatura di prova T°, C°	23	Profondità Lettura, L in mm		161,85	166,85	169,85	171,85	173,85	178,85	183,85
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml	0,9976	Ø equivalente dei grani, mm		0,0301	0,0193	0,0113	0,0080	0,0057	0,0029	0,0012
Coefl. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise	0,0094	% Passante		39,9	34,8	31,7	29,7	27,6	22,5	17,4

VAGLI ASTM		ANALISI MECCANICA					Fattore riduzione	
Apertura in mm		# 20	# 40	# 80	# 200	PAN	massa campione, FR	1,000
		0,850	0,425	0,175	0,075	-		
Ritenuto, g		0,08	0,06	0,06	1,08	49,46	Riscontro, g	0,00
Passante, g		50,66	50,60	50,54	49,46	-		
% Passante		99,8	99,7	99,6	97,5	-		

ESITI	GHIAIE/PIETRISCO %	0,0	SABBIA %	2,5	SILT o LIMI %	77,8	ARGILLE E COLLOIDI %	19,7
	Grossa	Media	Fine	Grossa	Fine			
	0,0	0,0	0,0	0,3	2,2			
DENOMINAZIONE:					LIMO ARGILLOSO			



Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott.ssa Geol. Michela Di Franza

PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 216

del 01-giu-20

CERTIFICATI N. 413

del 24-giu-20

pag. 2/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI			
Committente:	Amministrazione Provinciale	Progetto:	S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente:	Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località:	Perrillo - Arpaize (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C2	Indisturbato	Prelievo del: 29-mag-20
Data ricevimento campione:	29-mag-20	Data apertura campione:	04-giu-20
		Profondità, m:	5,50-6,00
		Data inizio prova:	04-giu-20

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

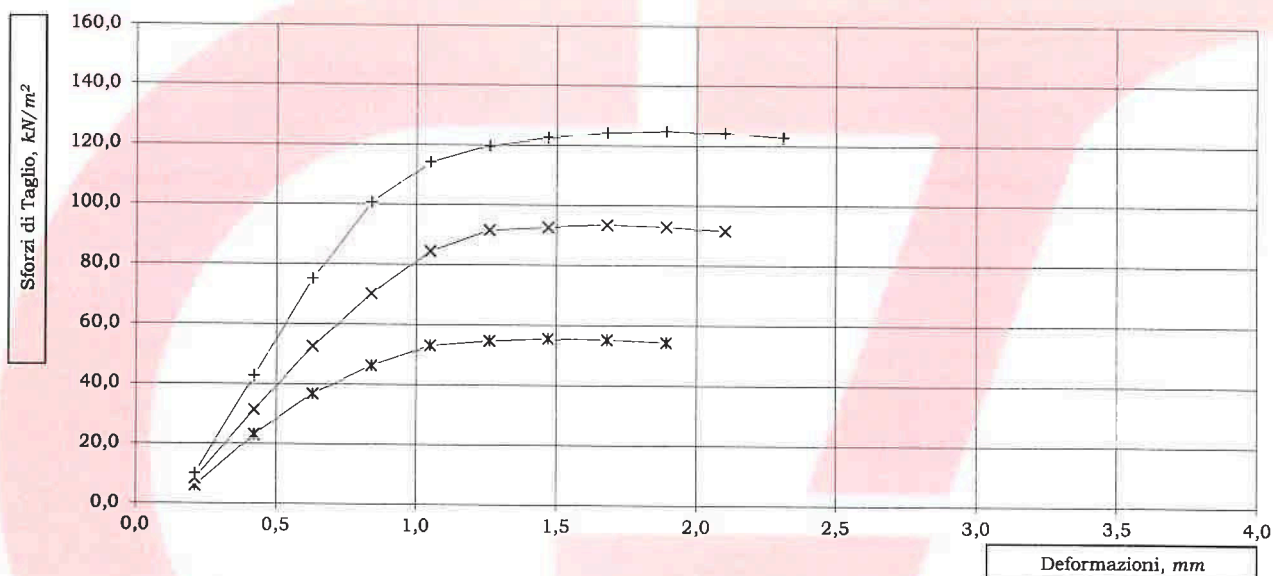
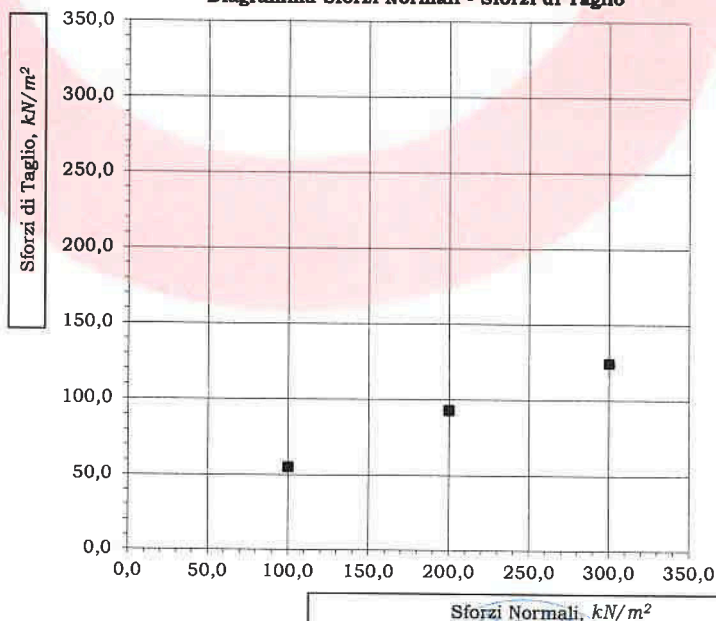


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



Lo Sperimentatore:
Michela Di Franca
Dott.ssa Geol. Michela Di Franca

paq. 1/3

Mod. G.T- 7.5.1.2.a,p C

PROVA di PERMEABILITA'									
Sezione Buretta	cm ²	0,44							
Altezza Acqua Inizio Prova	cm								
Altezza Acqua Fine Prova	cm								
Intervallo di Tempo (ΔT)	s								
Coefficiente di Permeabilità	cm/s								
		Carichi kPa	25	50	100	200	400	800	1600

Note:

Dott.ssa Geol. Michela Di Franza



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 216 del 1-giu-20

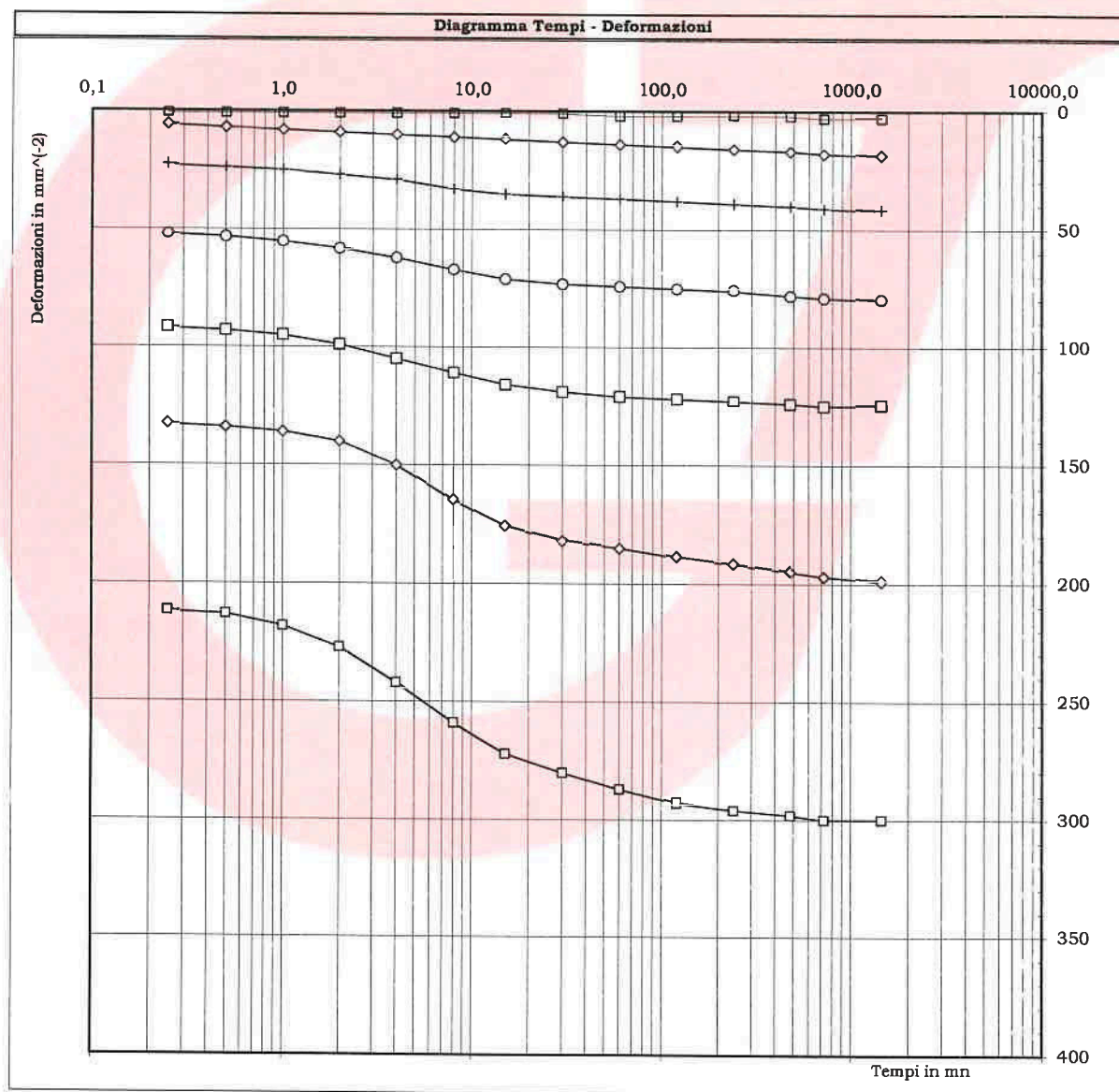
CERTIFICATI N. 414 del 24-giu-20

pag. 2/3

Mod. G.T- 7.5.1.2.a.p C

DATI GENERALI			
Committente:	Amministrazione Provinciale	Progetto:	S.P. n° 1 "Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente:	Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località:	Perrillo Arpaia (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C2 Indisturbato	Prelievo del:	29-mag-20
Data ricevimento campione:	29-mag-20	Data apertura campione:	04-giu-20
		Profondità, m:	5,50-6,00
		Data inizio prova:	04-giu-20

ELABORAZIONE GRAFICA



Lo Sperimentatore:
Michela Di Franza
Dott.ssa Geol. Michela Di Franza

PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 216 del 1-giu-20

CERTIFICATI N. 414

del 24-giu-20

pag. 3/3

Mod. G.T- 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	Amministrazione Provinciale	Progetto:	S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente:	Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località:	Perrillo - Arpaia (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S1C2 Indisturbato	Prelievo del:	29-mag-20
Data ricevimento campione:	29-mag-20	Data apertura campione:	04-giu-20
		Profondità, m:	5,50-6,00
		Data inizio prova:	04-giu-20

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Carichi - Indice dei Vuoti

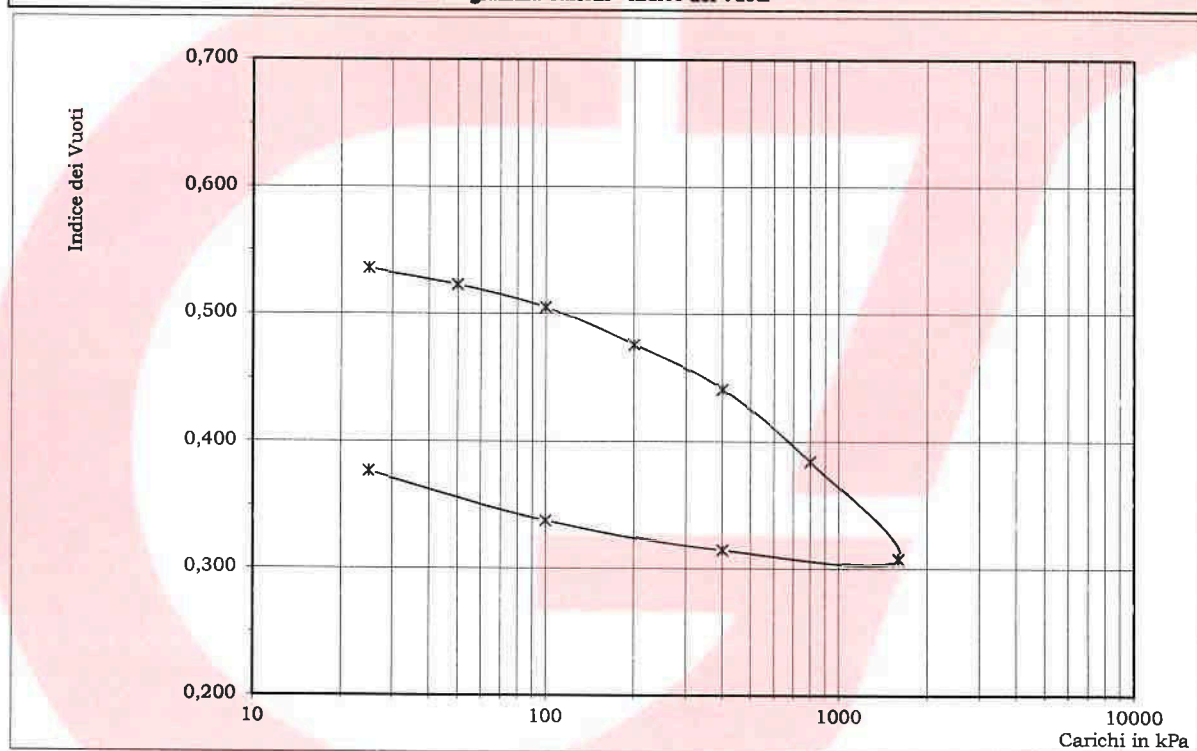
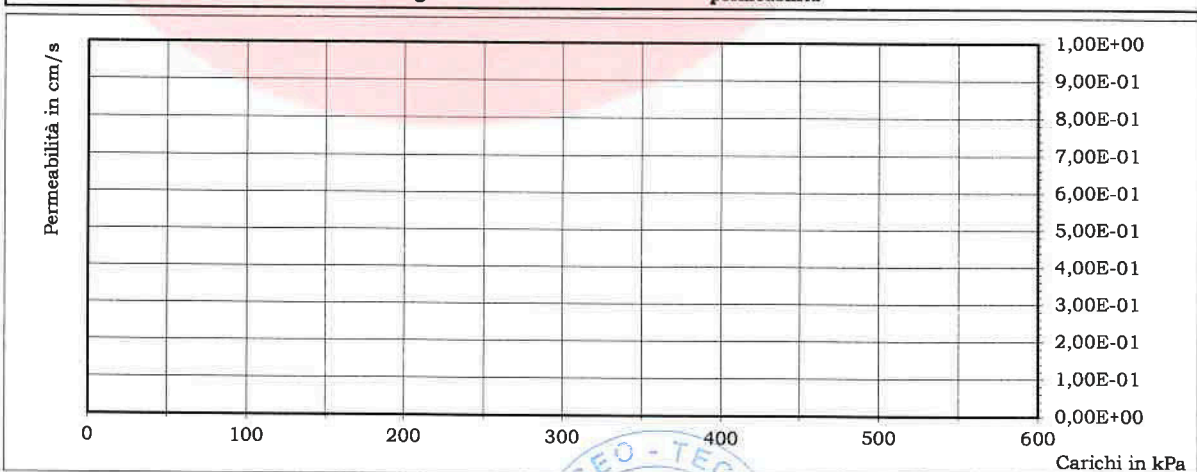


Diagramma Carichi - Coefficiente di permeabilità



Lo Sperimentatore:
Michela Di Franza
Dott.ssa Geol. Michela Di Franza

rev. 1 del 11/01/2018

APERTURA CAMPIONE - IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D 2488)

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE

Dott. Geol. Umberto Lonardo

DETERMINAZIONE delle COSTANTI FISICHE GENERALI

(ASTM D 2216 - BS 1377 T15 - ASTM D 854)

ACCETTAZIONE n° 216 del 1-giu-2020

CERTIFICATI N. 415

del 24-giu-2020

pag. 1/1

Mod. G.T - 7.5.1.1.c/d/e C

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale	Progetto: S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento		
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località: Perrillo _ Arpaize (BN)		

DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S2C1	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-20	Profondità, m: 1,50-2,00
Data ricevimento campione: 1-giu-2020		Data apertura campione: 5-giu-2020	Data di prova: 5-giu-2020

CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n) (ASTM D 2216)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	3
Contenitore, n	V	P	M
Massa Contenitore, g	17,23	17,87	20,27
Massa Cont + Terra Umida, g	54,90	49,38	48,05
Massa Cont + Terra Secca, g	47,78	43,39	42,76
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (w_n), %	23,31%	23,47%	23,52%
			23,43%

PESO di VOLUME NATURALE (γ_n) (BS 1377 T15)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Volumometro, n	I	Q	
Massa Volumometro, g	33,86	65,08	
Capacità Volumometro, cm ³	40,22	40,22	
Massa Volumometro + Terra Umida, g	110,22	141,90	
PESO di VOLUME NATURALE (γ_n), kN/m ³	18,99	19,10	19,04
			15,43

PESO SPECIFICO DEI GRANI (ASTM D 854)			
DETERMINAZIONE, N	1	2	
Vaglio ASTM #10, % Passante	100	100	
Picnometro, n	348	IV	
Massa Campione Secco, g	15,06	15,02	Temperatura, °C
Massa Picnometro + Campione + Acqua, g	88,33	86,88	23
Massa Picnometro + Acqua, g	78,91	77,49	
Fattore di Correzione, k	0,9976	0,9976	
PESO SPECIFICO dei GRANI a 20°C, kN/m ³	26,64	26,61	26,63

GRANDEZZE INDICI	
• INDICE dei VUOTI (e)	0,726
• POROSITA' (n), %	42,06
• GRADO di SATURAZIONE (S_r)	85,96%
• PESO di VOLUME SATURO, (γ_{sat}), kN/m ³	19,63

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott.ssa Geol. Michela Di Franza



GEO-TECNICA srl

INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOTECNICA - SISMICA

Ministero delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Concessione n° 99 del
19 Marzo 2018
D.P.R. n°380/2001-art.59
Laboratorio Prove su Terre e Rocce



ANALISI GRANULOMETRICA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422)

ACCETTAZIONE n° 216

del 1-giu-2020

CERTIFICATI N. 416

del 24-giu-2020

pag. 1/1

Mod. G.T.- 7.5.1.1.b C

DATI GENERALI	
Committente: Amministrazione Provinciale	Progetto: S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località: Perrillo - Arpaia (BN)
DATI DEL CAMPIONE	
Identificativo campione: S2C1 Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-20
Data ricevimento campione: 01-giu-20	Data apertura campione: 05-giu-20
	Profondità, m: 1,50-2,00
	Data di prova: 08-giu-20

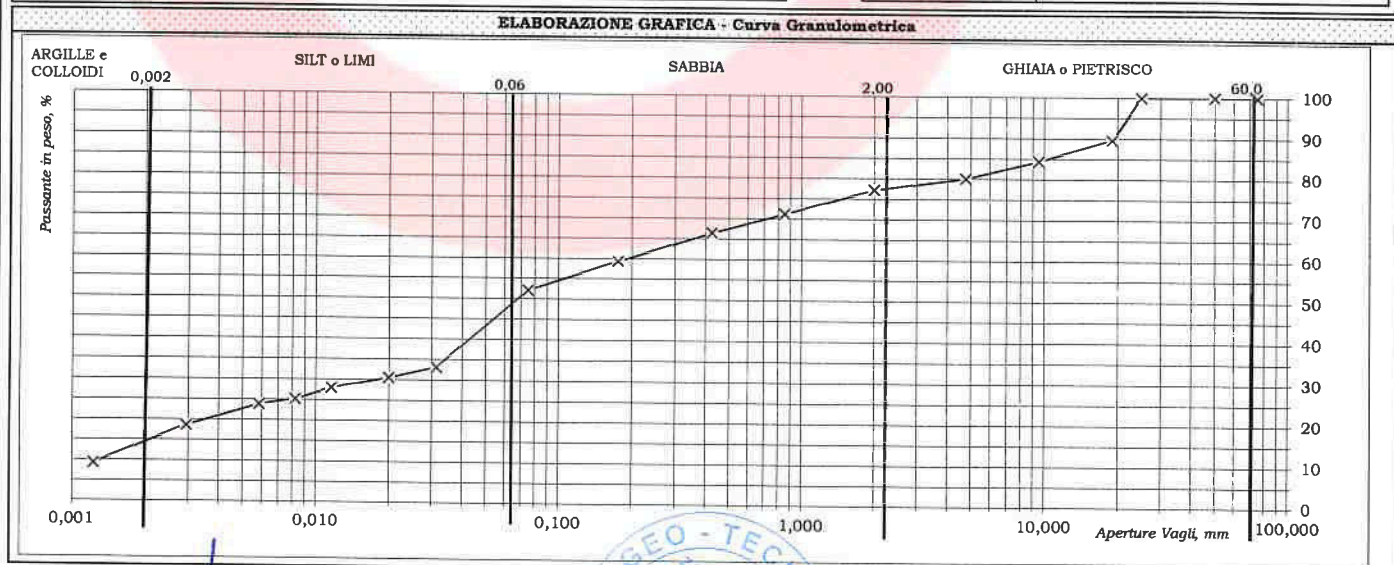
DETERMINAZIONI DI PROVA	
Massa Contenitore, g	104,96
Massa Cont. + Campione secco, g	547,10
Massa Campione secco, g	442,14

ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)							
VAGLI ASTM	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Apertura in mm	75,0	50,0	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	46,00	22,91	19,10	13,30
% Ritenuto	0,0	0,0	0,0	10,4	5,2	4,3	3,0
% Passante	100,0	100,0	100,0	89,6	84,4	80,1	77,1

ANALISI DENSITOMETRICA e MECCANICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM # 10 (Ø=2,0 mm)									
ANALISI DENSITOMETRICA									
Massa Contenitore, g	105,75	Tempi, mn	2	5	15	30	60	240	1440
Massa Cont. + Campione secco, g	156,44	Lettura Densimetro, R	1,0140	1,0130	1,0120	1,0110	1,0105	1,0085	1,0050
Massa Campione secco, g	50,69	Correzione per T°, ΔR	-0,0039						
Peso Specifico del Passante al #10, kN/m³	26,63	Lettura Corretta, R'	1,0101	1,0091	1,0081	1,0071	1,0066	1,0046	1,0011
Temperatura di prova T°, C°	23	Profondità Lettura, L in mm	175,85	177,85	179,85	181,85	182,85	186,85	193,85
Massa Volumica Acqua a T°, g/ml	0,9976	Ø equivalente dei grani, mm	0,0313	0,0199	0,0116	0,0082	0,0058	0,0029	0,0012
Coeff. Viscosità dinamica nel liquido a T°, Poise	0,0094	% Passante	33,2	30,5	27,9	25,2	23,9	18,6	9,3

ANALISI MECCANICA					
VAGLI ASTM	# 20	# 40	# 80	# 200	PAN
Apertura in mm	0,850	0,425	0,175	0,075	=
Ritenuto, g	3,89	3,13	4,68	4,68	34,31
Passante, g	46,80	43,67	38,99	34,31	=
% Passante	71,2	66,4	59,3	52,2	=
Fattore riduzione massa campione, FR					0,771
Risconto, g					0,00

ESITI	GHIAIE/PIETRISCO % 22,9	SABBIA % 24,9	SILT e LIMI % 39,5	ARGILLE E COLLOIDI % 12,7
	Grossa Media Fine	Grossa Fine		
	0,0 15,6 7,3	10,7 14,2		
DENOMINAZIONE: LIMO SABBIOSO GHIAIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO				



Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott.ssa Geol. Michela Di Franza

PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 216

del 01-giu-20

CERTIFICATI N. 417

del 24-giu-20

pag. 1/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

Mod. G.T. - 7.5.1.2.8 C

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale		Progetto: S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento	
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino		Località: Perrillo _ Arpaia (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S2C1 Indisturbato		Prelievo del: 01-giu-20 Profondità, m: 1,50-2,00	
Data ricevimento campione: 01-giu-20		Data apertura campione: 05-giu-20 Data inizio prova: 09-giu-20	
TIPO DI PROVA: Lenta: SI Consolidata: SI		ATTREZZATURA: Controls - Cella Dinamometrica REP TCE 350 Matr. N° 1223	
		Fattore di conversione: 1	

DATI DEL CAMPIONE IN PROVA			SCATOLA DI TAGLIO			
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kN/m ³	26,63	Lato Fustella, cm	6,02	Altezza Fustella,cm	3,05
Contenuto Naturale in Acqua (media)	%	23,43%	Velocità di taglio, mm/mn	0,007	Sezione Fustella,cm ²	36,24

DETERMINAZIONI													
PROVINO	n	1				2				3			
Fustella Portacampione	n	G				H				I			
Massa Fustella	g	165,92				101,35				102,78			
Massa Fustella + Campione	g	376,60				312,55				314,55			
Massa Campione	g	210,68				211,20				211,77			
		PRIMA	DOPO	Δ		PRIMA	DOPO	Δ		PRIMA	DOPO	Δ	
Peso di Volume Naturale	kN/m ³	19,06	19,44	0,38		19,11	19,62	0,51		19,16	19,82	0,66	
Peso di Volume Secco	kN/m ³	15,44	15,75	0,31		15,48	15,90	0,42		15,52	16,06	0,54	
Indice dei Vuoti		0,724	0,690	-0,03		0,720	0,675	-0,05		0,715	0,658	-0,06	
Altezza Solidi	cm	2,178				2,184				2,190			

PROVINO n. 1									SFORZO NORMALE, kN/m²: 50,0				
Cedimenti, cm 0,060		Altezza Finale, cm 2,990							Consolidazione, % 2,01				
Tempi, mn		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm		0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5					
Lettura cella dinamometrica		12	55	78	95	98	96	92					
Trasduttore Vert., mm		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59					
SFORZI di TAGLIO, kN/m²		3,3	15,0	21,2	25,9	26,7	26,2	25,1					

PROVINO n. 2									SFORZO NORMALE, kN/m²: 100,0				
Cedimenti, cm 0,080				Altezza Finale, cm 2,970					Consolidazione, % 2,69				
Tempi, mn		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm		0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9			
Lettura cella dinamometrica		21	78	122	149	158	164	165	163	159			
Trasduttore Vert., mm		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79			
SFORZI di TAGLIO, kN/m²		5,7	21,2	33,2	40,6	43,0	44,7	44,9	44,4	43,3			

PROVINO n. 3									SFORZO NORMALE, kN/m²: 200,0				
Cedimenti, cm 0,102		Altezza Finale, cm 2,948							Consolidazione, % 3,46				
Tempi, mn		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Spostamenti Cella, mm		0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1		
Lettura cella dinamometrica		30	108	168	218	258	285	296	299	297	295		
Trasduttore Vert., mm		1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01		
SFORZI di TAGLIO, kN/m²		8,2	29,4	45,8	59,4	70,3	77,6	80,6	81,4	80,9	80,4		

RIEPILOGO

SFORZI, kN/m ²		
Provini	Normali	di Taglio
3	200,0	81,4
2	100,0	44,9
1	50,0	26,7

OSSERVAZIONI: Le prove sono state effettuate sulla parte fine ricostruita

Il Direttore del Laboratorio:

Dott. Geol. Umberto Lonardo

Lo Sperimentatore:

Dott.ssa Geol. Michela Di Franza

PROVA di TAGLIO DIRETTO
(ASTM D 3080)

ACCETTAZIONE n° 216

del 01-giu-20

CERTIFICATI N. 417

del 24-giu-20

pag. 2/2

Mod. G.T. 7.5.1.2.b C

DATI GENERALI

Committente: Amministrazione Provinciale
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino

Progetto: S.P. n° 1 "Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Località: Perrillo - Arpaia (BN)

DATI DEL CAMPIONE

Identificativo campione: **S2C1** Indisturbato
Data ricevimento campione: 01-giu-20

Prelievo del: **01-giu-20**
Data apertura campione: 05-giu-20

Profondità, m: **1,50-2,00**
Data inizio prova: 09-giu-20

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Sforzi di Taglio - Deformazioni

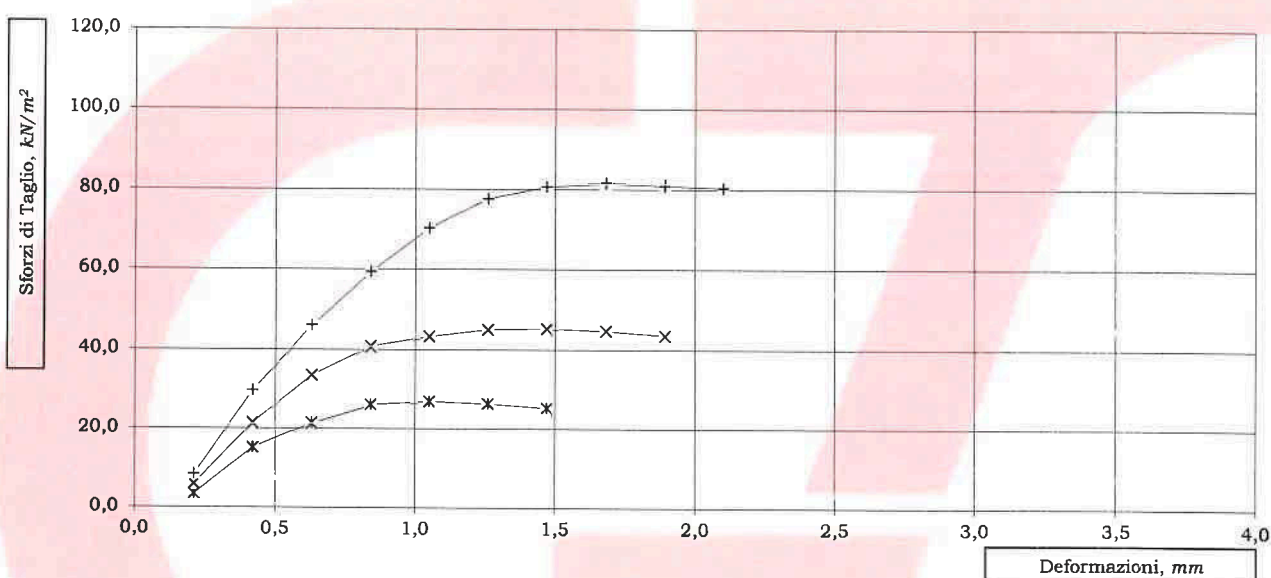
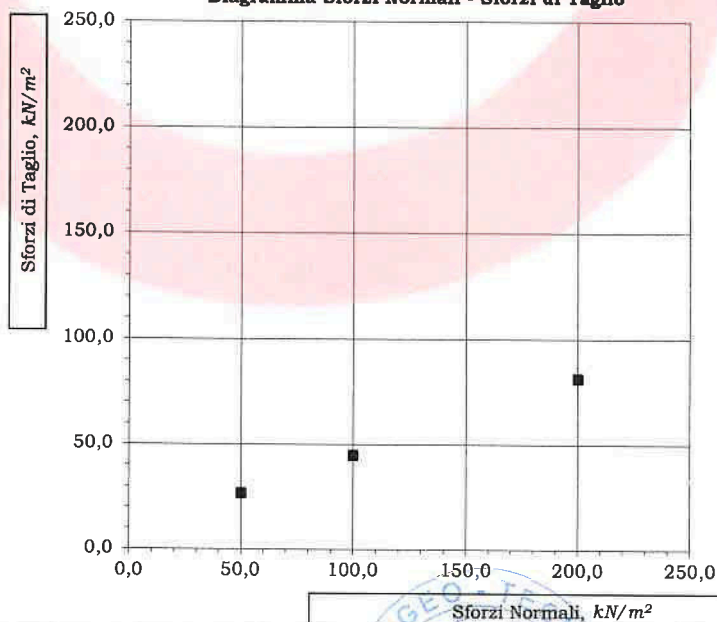


Diagramma Sforzi Normali - Sforzi di Taglio



Lo Sperimentatore:
Michela Di Franca
Dott.ssa Geol. Michela Di Franca

PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'
(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 216 del 1-giu-20

CERTIFICATI N. 418 del 24-giu-20

pag. 1/3

Mod. G.T. 7.5.1.2.a.p C

DATI GENERALI			
Committente: Amministrazione Provinciale		Progetto: S.P. n° 1 "Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento	
Richiedente: Dott.ssa Geol. Irene Savino		Località: Perrillo Arpaiese (BN)	
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione: S2C1 Indisturbato		Prelievo del: 01-giu-20	
Data ricevimento campione: 01-giu-20		Data apertura campione: 05-giu-20	
Profondità, m: 1,50-2,00		Data inizio prova: 05-giu-20	
DATI DEL CAMPIONE IN PROVA		ATTREZZATURA	
Peso Specifico dei Grani (Gt*)	kN/m ³ 26,63	Marca:	RMU
Contenuto Naturale in Acqua	% 23,43	Trasduttore di spostamento	CH 07
DETERMINAZIONI			
Anello Portaprovino n. I			
Ø interno Anello, cm	5,06	Altezza Anello, cm	2,00
Massa Anello, g	33,86	Area Base Anello, cm ²	20,11
Massa Anello+Campione, g		110,22	
Massa Campione, g		76,36	
CELLA ALLAGATA			
PRIMA		DOPO	
Peso Volume Naturale, kN/m ³		18,99	
Peso Volume Secco, kN/m ³		15,38	
Indice dei Vuoti		0,731	
Altezza Solidi, cm		1,155	
CONTENUTO in ACQUA DOPO PROVA			
Contenitore, n	p		
Massa Contenitore, g	17,87		
Massa Cont+Terra Umida, g	94,15	w %	
Massa Cont+Terra Secca, g	79,80	23,17	

DATI della PROVA																
Tempi	15"	30"	1'	2'	4'	8'	15'	30'	1 h	2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	2H^	
	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	15,00	30,00	60,00	120,00	240,00	480,00	720,00	1440,00		
kPa	Misure al Comparatore Centesimale															cm
25	10	11	12	13	15	16	18	21	23	24	25	26	28	30	1,9700	
50	38	39	41	43	45	49	53	57	61	63	65	66	67	68	1,9320	
100	83	84	86	89	93	99	105	110	118	122	125	127	128	130	1,8700	
200	150	152	156	162	169	181	195	212	223	229	234	236	238	240	1,7600	
400	248	250	254	260	272	286	299	312	324	327	329	330	331	332	1,6680	
800	336	338	342	352	364	376	382	389	392	394	396	399	402	405	1,5952	
1600	421	422	426	433	447	459	464	470	474	479	481	482	483	484	1,5161	
400	482	481	480	479	478	477	476	475	474	473	472	471	470	469	1,5310	
100	462	460	458	456	454	453	451	450	448	446	444	443	442	440	1,5600	
25	428	427	426	425	423	422	421	420	419	417	416	415	413	410	1,5900	

FASE DI CARICO	Pressioni Applicate		kPa	0	25	50	100	200	400	800	1600	
	Altezza Campione		2H^	cm	2,000	1,970	1,932	1,870	1,760	1,668	1,595	1,516
	Altezza Vuoti			cm	0,845	0,815	0,777	0,715	0,605	0,513	0,440	0,361
	Indice Vuoti		e		0,731	0,705	0,672	0,618	0,523	0,444	0,381	0,312
	Indice di Compressibilità		Cc				0,109	0,178	0,316	0,265	0,209	0,228
	Modulo Edometrico		Ed	kN/m^3				1296	1558	1700	3825	9171
Consolidazione			%		1,523	3,520	6,952	13,636	19,906	25,375	31,921	

PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 216 del 1-giu-20

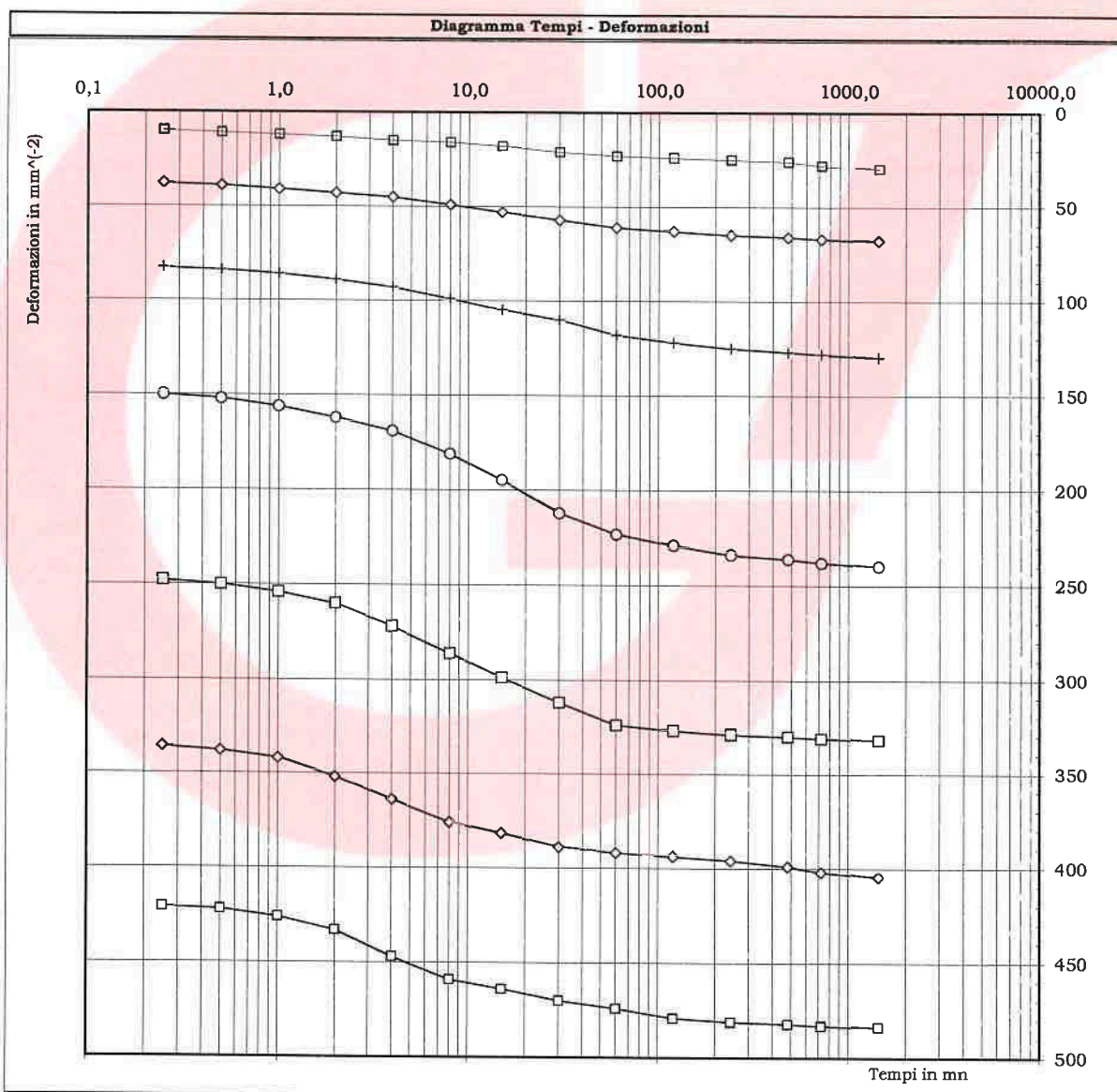
CERTIFICATI N. 418 del 24-giu-20

pag. 2/3

Mod. G.T-7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	Amministrazione Provinciale	Progetto:	S.P. n° 1 "Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente:	Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località:	Perrillo - Arpaia (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	82C1	Indisturbato	Prelievo del: 01-giu-20
Data ricevimento campione:	01-giu-20	Data apertura campione:	05-giu-20
		Profondità, m:	1,50-2,00
		Data inizio prova:	05-giu-20

ELABORAZIONE GRAFICA



Lo Sperimentatore:
Michela Di Franza
Dott.ssa Geol. Michela Di Franza

PROVA di COMPRESSIONE EDOMETRICA e PROVA di PERMEABILITA'

(ASTM D 2435 - Bowles, Exp.12-1978)

ACCETTAZIONE n° 216 del 1-giu-20

CERTIFICATI N. 418

del 24-giu-20

pag. 3/3

Mod. G.T. 7.5.1.2.a.p.C

DATI GENERALI			
Committente:	Amministrazione Provinciale	Progetto:	S.P. n° 1 " Ciardelli" Ricostruzione muro di contenimento
Richiedente:	Dott.ssa Geol. Irene Savino	Località:	Perrillo - Arpaia (BN)
DATI DEL CAMPIONE			
Identificativo campione:	S2C1 Indisturbato	Prelievo del:	01-giu-20
Data ricevimento campione:	01-giu-20	Data apertura campione:	05-giu-20
		Profondità, m:	1,50-2,00
		Data inizio prova:	05-giu-20

ELABORAZIONE GRAFICA

Diagramma Carichi - Indice dei Vuoti

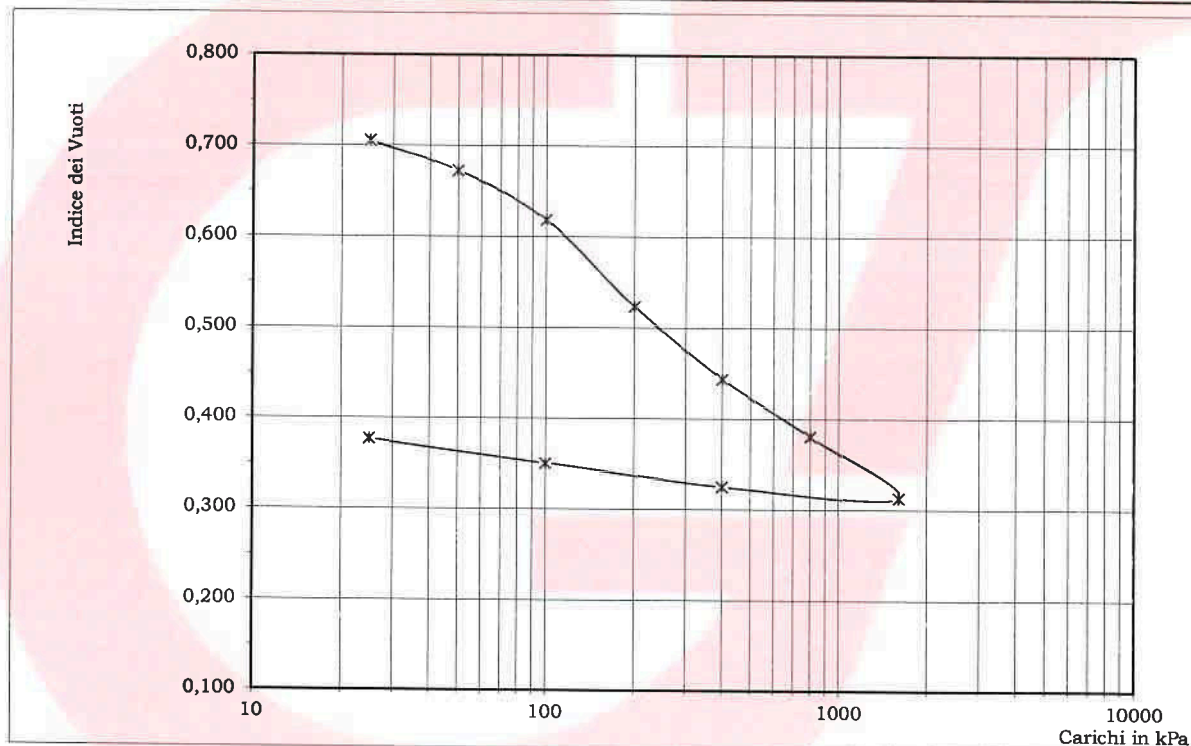
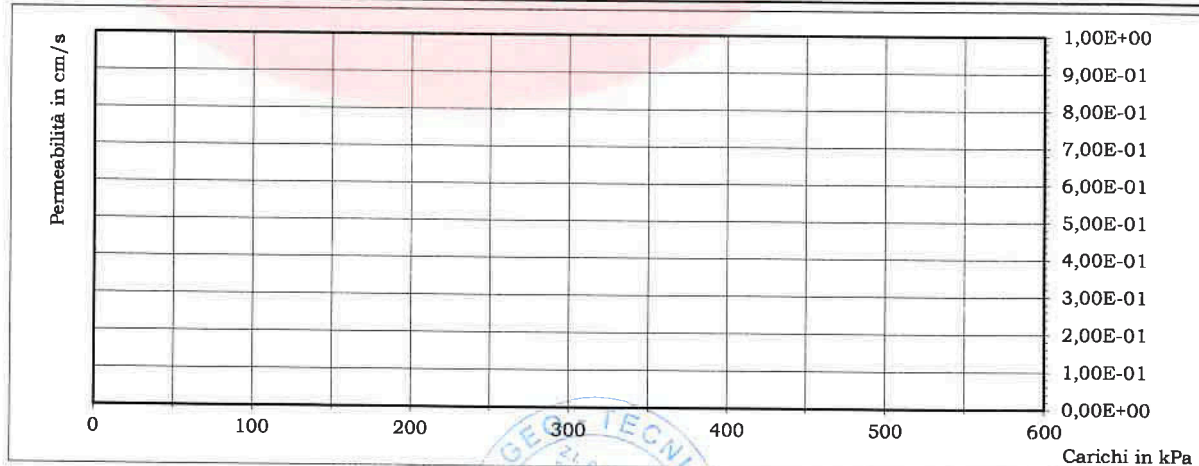


Diagramma Carichi - Coefficiente di permeabilità



Lo Sperimentatore:
Michela Di Franza
Dott.ssa Geol. Michela Di Franza

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Provincia di Benevento
Cantiere: S.P. N. 1 “CIARDELLI” RICOSTRUZIONE MURO DI CONTENIMENTO.
Località: Perillo - Comune di Arpaise

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.76 m
Peso sistema di battuta	4.2 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

OPERATORE
GEO-TECNICA

RESPONSABILE
Geol. Irene Savino

PROVA ...S1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Falda rilevata

PROVE SPT IN FORO
 30/07/2020

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
2.65	7
2.80	10
2.95	14
5.65	15
5.80	23
5.95	28

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - Strato	24	2.95	Shioi - Fukui (1982)	0.60
[2] - Strato	51	5.95	Shioi - Fukui (1982)	1.28

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	24	2.95	Robertson (1983)	48.00
[2] - Strato	51	5.95	Robertson (1983)	102.00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[1] - Strato	24	2.95	Stroud e Butler (1975)	110.11
[2] - Strato	51	5.95	Stroud e Butler (1975)	233.99

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[1] - Strato	24	2.95	Apollonia	240.00
[2] - Strato	51	5.95	Apollonia	510.00

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	24	2.95	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - Strato	51	5.95	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato	24	2.95	Meyerhof ed altri	2.11
[2] - Strato	51	5.95	Meyerhof ed altri	2.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo
-------------	------	------------------	--------------	-----------------------------

				(t/m ³)
[1] - Strato	24	2.95	Meyerhof ed altri	2.20
[2] - Strato	51	5.95	Meyerhof ed altri	2.50

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - Strato	11	2.45	Shioi - Fukui 1982	0.55
[2] - Strato	79	4.45	Shioi - Fukui 1982	3.95
[3] - Strato	72	17.95	Shioi - Fukui 1982	3.60

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato	11	2.45	Robertson (1983)	22.00
[2] - Strato	79	4.45	Robertson (1983)	158.00
[3] - Strato	72	17.95	Robertson (1983)	144.00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[1] - Strato	11	2.45	Stroud e Butler (1975)	50.47
[2] - Strato	79	4.45	Stroud e Butler (1975)	362.45
[3] - Strato	72	17.95	Stroud e Butler (1975)	330.34

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[1] - Strato	11	2.45	Apollonia	110.00
[2] - Strato	79	4.45	Apollonia	790.00
[3] - Strato	72	17.95	Apollonia	720.00

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	11	2.45	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Strato	79	4.45	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] - Strato	72	17.95	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato	11	2.45	Meyerhof ed altri	1.99
[2] - Strato	79	4.45	Meyerhof ed altri	2.50
[3] - Strato	72	17.95	Meyerhof ed altri	2.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato	11	2.45	Meyerhof ed altri	--
[2] - Strato	79	4.45	Meyerhof ed altri	2.50
[3] - Strato	72	17.95	Meyerhof ed altri	2.50