



PROVINCIA DI COSENZA

EDILIZIA SCOLASTICA

"Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito mareggiata del 21 – 24 Dicembre 2019" sito in via P. Mancini, Acquappesa (CS)"

COMUNE ACQUAPPESA (CS)

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

REL.
S.G.01

SCALA
1: =====

PROGETTISTA e DIRETTORE DEI LAVORI
Ing. Michele Fida

GEOLOGO
Dr. Renato Acri

Responsabile del Procedimento: Ing. Enrico Naccarato

Redazione	Revisione	Approvazione	data

Comune di Acquappesa

(Prov. di Cosenza)

PROGETTO: LAVORI DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE MURO DI SOSTEGNO ISTITUTO
TECNICO PER IL TURISMO DI ACQUAPPESA” SITO IN VIA P. MANCINI, NEL
COMUNE DI ACQUAPPESA (CS) CUP PROV0000016741 CIG
Z7F2FA4B83

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente:

Provincia di Cosenza

Località

Via P. Mancini

Il Geologo

Dr. Renato Acri



Cosenza, Gennaio 2021

INDICE

1. Premessa

1.1. Quadro normativo di riferimento

2. Inquadramento geologico e geomorfologico generale

3. Considerazioni sulla geologia locale

3.1. Aspetti geomorfologici

3.2. Aspetti geologici

4. Aspetti idraulici, idrogeologici e idrologici dell'area

4.1. Regime Idraulico

4.2. Regime Idrogeologico

4.3. Regime Idrologico

5. Indagini geognostiche eseguite

5.1. Sondaggi meccanici a carotaggio continuo (S1, S2)

5.2. Tomografia elettrica di resistività (ERT1)

5.3. Indagine sismica MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves)

5.4. Tomografia sismica a rifrazione

5.5. Misura di vibrazione ambientale passiva (HVSr)

5.6. Prove di Laboratorio geotecnico

6. Caratteristiche tecniche dei litotipi

6.1. Sintesi del modello geologico e proposta parametri geotecnici

7. Valutazione generale delle pericolosità geologiche dell'area

7.1. Stabilità generale dell'area e confronto (PAI)

7.2. Suscettibilità alla liquefazione dell'area

8. Considerazioni conclusive

TAVOLE

Tav. 1 - Aerofoto con localizzazione area di studio

Tav. 2 - Stralcio Carta Geologica (*da Dietrich, 1975 modificata*)

Tav. 3 - Stralcio Cartografia P.A.I. Calabria - Acquappesa (CS) – da WebGis Regione Calabria

Tav. 4 - Stralcio PSEC (Piano Stralcio Erosione Costiera) Regione Calabria - da WebGis

ALLEGATI

All. 1 - Risultati indagini geognostiche

1. Premessa

Su incarico dall'Amministrazione provinciale di Cosenza, è stato eseguito lo studio geologico, geomorfologico, geotecnico ed idrogeologico dell'area prospiciente l'Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa (CS), ubicato in Via P. Mancini, dove è presente un muro di sostegno danneggiato a seguito delle mareggiate del 21-24 dicembre 2019.

L'obiettivo del progetto consiste, appunto, nei Lavori di demolizione e ricostruzione del muro danneggiato.

Il presente studio, pertanto, finalizzato a verificare la compatibilità geologica dell'area con l'intervento in progetto, è stato articolato secondo le tre fasi progettuali corrispondenti con:

- *fase preliminare*
- *fase analitica*
- *fase di sintesi*

fase preliminare

E' stata fatta una accurata ricerca bibliografica dei lavori, tecnici e scientifici, effettuati in passato nell'area in esame ovvero in aree prossime a quella di stretto interesse progettuale.

Sono state, inoltre, consultate tutte le carte tematiche del vigente Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), realizzato dalla Regione Calabria, relativamente all'area di studio, in particolare il Piano Stralcio Erosione Costiera (PSEC), dal quale è emerso che l'area di stretto interesse progettuale ricade tra quelle classificate ad alta pericolosità di erosione costiera (P3) e per le quali aree si deve far riferimento all'art. 9 (Disciplina delle aree con alta pericolosità di erosione costiera) delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio Erosione Costiera (PSEC).

fase analitica

Sono stati verificati tutti i dati acquisiti nella fase preliminare attraverso sopralluoghi e rilevamenti effettuati direttamente sul terreno. In particolare, alla fine di questa fase, si è potuto:

- ricostruire l'assetto geologico e stratigrafico delle aree;
- individuare le principali caratteristiche morfologiche;
- individuare le principali caratteristiche idrogeologiche dei litotipi presenti;
- definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni presenti nel primo sottosuolo mediante l'elaborazione dei risultati delle prove geognostiche eseguite (cfr. All. 1).

- Sono state definite le caratteristiche fisico-elastiche dei primi 35 m circa di profondità del terreno, tramite l'esecuzione, e la successiva elaborazione dei risultati, di prove sismiche, a rifrazione e di tipo MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves (cfr. All. 1), nonché prove geo-elettriche di resistività (Tomografia Elettrica di Resistività - ERT).
- Sono stati, inoltre, valutati eventuali fenomeni di amplificazione sismica locale e le frequenze di risonanza del sito tramite l'esecuzione, e la successiva elaborazione dei risultati, di prove HVSR (misura di vibrazione ambientale passiva) a stazione singola, eseguita sul terreno libero (cfr. All. 1).

fase di sintesi:

E' stata la fase finale del lavoro che è coincisa con l'elaborazione di tutti i dati ottenuti nelle fasi precedenti.

In particolare si è definito in dettaglio le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche delle porzioni di territorio esaminato, arrivando a definire il modello geologico dell'area. E' stata fatta una valutazione della pericolosità geologica del sito direttamente interessato dall'opere in progetto, tenendo in considerazione l'incidenza dell'intervento previsto sulla stabilità globale dell'area. E' stata valutata, inoltre, la suscettibilità alla liquefazione dell'area ed è stata presa in considerazione, infine, la sismicità dell'area e analizzata la risposta sismica locale (RSL 1D, metodo numerico), oggetto di specifica Relazione sismica, in rapporto allo scenario geo-morfologico del sito interessato dal presente studio.

1.1. Quadro normativo di riferimento

Il presente studio geologico è svolto in armonia con le nuove disposizioni di legge sui LL.PP. e quindi trova corrispondenza con le principali normative:

- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), in vigore dal 22 marzo 2018, approvate con D.M. 17/1/2018.
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- Legge 02/02/1974 n°64: Prescrizioni per le zone sismiche
- Ord. P.C.M. n°3274 del 10/2005: primi elementi e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

[Recepimento Eurocodici 7 (Geotechnical design) e 8 (Design of structures for earthquake resistance)]. Criteri generali per la ri-classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006): criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

- D.M. 11.03.1988: Indagini sui terreni e sulle rocce

- L.R. 11/7/94 n° 17: Snellimento delle procedure della L. 64/74 per costruzioni in zone sismiche

- L.R. 04/1998, n°7: Disciplina per le costruzioni ricadenti in zone sismiche. Snellimento delle procedure in attuazione dell'art. 20 della Legge 10 Dicembre 1981, n°741.

- L.R. 35/2009, nuova legge Sismica Regionale

- L.R. del 28 Dicembre 2015, N. 37;

- Regolamento procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla Legge Regionale 28 dicembre 2015, n° 37.

L.R. 25/2018 “Norme in materia di tutela delle prestazioni professionali per attività espletate per conto dei committenti privati e di contrasto all'evasione fiscale”.

Lo stesso è svolto anche in osservanza alle misure di salvaguardia in materia di protezione civile e di difesa del territorio. Di conseguenza le linee guida che ispirano lo studio si conformano al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), previsto dal D.L. n° 180 del 11/06/1998 (Decreto SARNO) convertito con Legge 03/08/1998 n° 267 (Aree a rischio idrogeologico) e al D.P.C.M. 29 settembre 1998 (disposizioni relative), finalizzato alla valutazione del rischio di frana e alluvione ai quali la Regione Calabria ha aggiunto quello dell'erosione costiera (Piano Stralcio Erosione Costiera).

Si ricorda, infine, che il PAI, approvato dal Consiglio della Regione Calabria il 28/12/2001, ha valore sovraordinatorio sulla strumentazione urbanistica locale (Legge 11/12/2000 n° 365, art. 1 bis comma 5).

Lo stesso è svolto anche in osservanza alle misure di salvaguardia in materia di protezione civile e di difesa del territorio.

2. Inquadramento Geologico e Geomorfologico Generale

La zona di indagine è posta nella porzione meridionale del litorale di Acquappesa, in Via P. Mancini, che dista all'incirca 1,5 chilometri, in linea d'aria, dal centro storico del Paese. La stessa ricade nella sez. D del foglio 229 III N.O. della Carta Topografica d'Italia alla scala 1:10.000 edita dalla Cassa per il Mezzogiorno.

L'area oggetto di studio si sviluppa in un'ampia zona pianeggiante facente parte della fascia litorale, con allungamento all'incirca meridiano (N-S) compresa tra la linea di costa tirrenica, ad occidente, e i primi rilievi collinari, ad oriente, i quali raccordano il litorale con la Catena Costiera Calabra.

Si ricorda che la Catena Costiera è un edificio a falde di ricoprimento formate sia da terreni cristallino-metamorfici che sedimentari, su questi si rinvencono depositi sedimentari clastici ed evaporitici altomiocenici e plio-quadernari legati a più cicli trasgressivi post-orogeni.

Tale sistema montuoso ha uno sviluppo morfologico in direzione meridiana (Nord-Sud) per circa settanta chilometri, interrompendosi, a Sud, con la Valle del Fiume Savuto e lasciando il posto, verso Nord, all'altezza di Passo dello Scalone, alla dorsale montuosa conosciuta come i Monti di Orsomarso (dorsale montuosa La Montea - La Mula - Cozzo del Pellegrino).

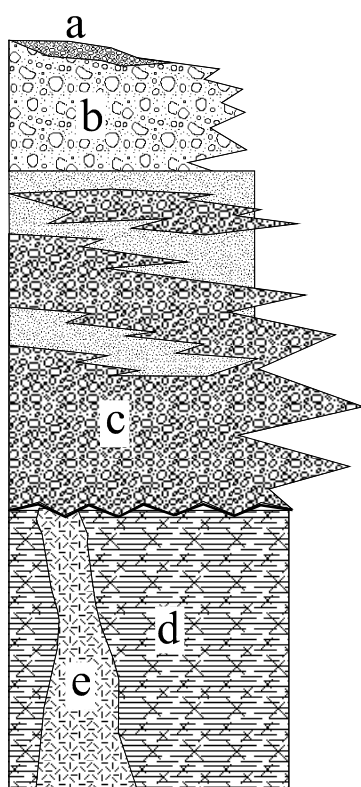
La morfologia della Catena Costiera, nelle sue linee essenziali, è quella tipica di ogni area legata a fasi recenti di rapido sollevamento. Alle aree perimetrali, infatti, caratterizzate da versanti ad elevata acclività 35-40°, contrastano le aree sommitali caratterizzate da una morfologia matura o pressoché senile, legata a fasi di più lunga continentalità.

La morfologia delle aree sommitali è direttamente legata alla natura dei terreni che costituiscono le vette principali, infatti, a parità di azione erosiva, i monti che si sviluppano nei terreni di natura cristallino-metamorfica, mostrano cime a forma cupolare con versanti subarrotondati e valli a profilo regolare. Laddove, invece, i rilievi si sviluppano in rocce carbonatiche (M.te Cocuzzo, Santa Lucerna, i monti delle Terme Luigiane etc.) più aspra è la morfologia, con creste strette ed allungate, ripidi versanti e, in alcuni punti, pareti rocciose subverticali.

Alle aree sommitali, verso ponente, si contrappone una fascia collinare di raccordo al mare, di ampiezza generalmente mai superiore ai 5 km. La morfologia è sovente caratterizzata da una serie di dossi collinari, orientati di norma est-ovest e cioè ortogonalmente alla costa ed alla catena montuosa, dato anche l'andamento dei corsi d'acqua, di natura torrentizia, che precipitano a mare lungo le linee di massima pendenza.

Infine l'elemento ultimo di raccordo a mare è costituito per lo più da una piana alluvionale che si sviluppa in conoidi detritiche terrazzate e/o dune costiere avente morfologia sub-pianeggiante.

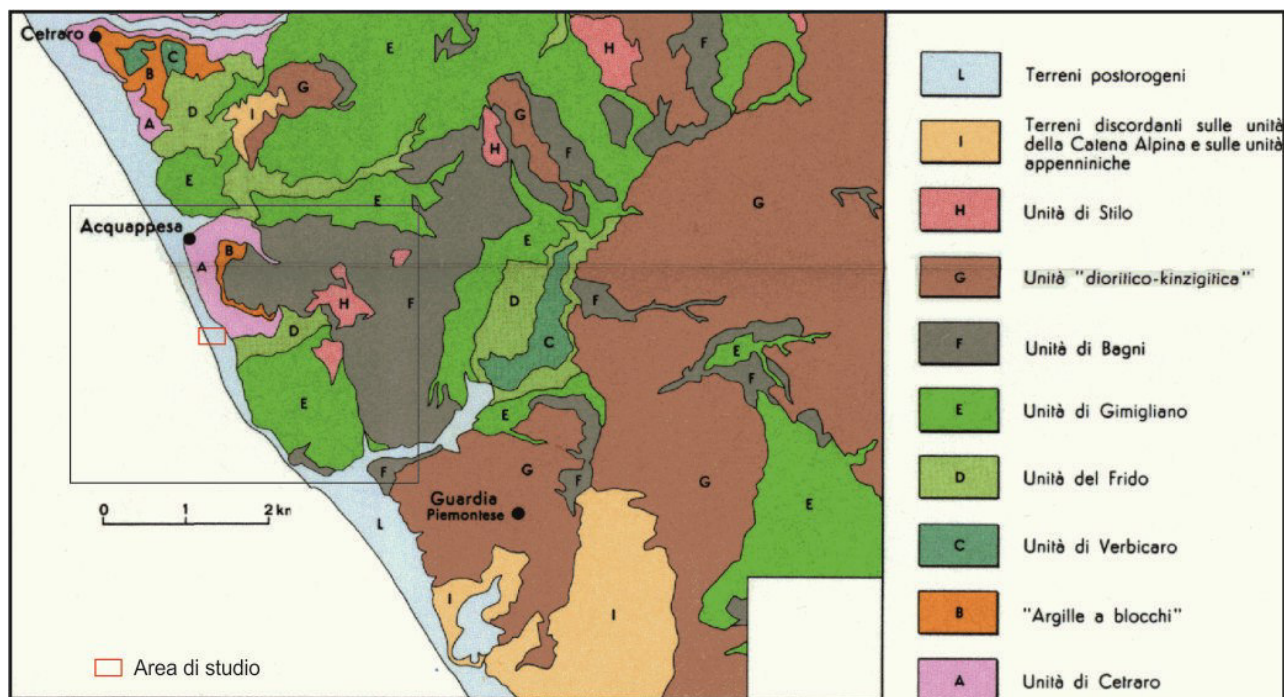
La porzione di territorio in esame è caratterizzata, dal basso verso l'alto, da una stratigrafia, data per grandi linee, da:



Rocce metamorfiche, sono per lo più scisti filladici e filladi (punti “d” della figura a fianco), talora associate a rocce di origine carbonatica con evidenti segni di metamorfismo (metacalcari) (punto “e” della figura a lato), afferenti all’Unità di Cetraro, secondo la ricostruzione geologico-strutturale (vedi schema tettonico sottostante) di Dietrich (1976).

Al di sopra della suddetta Unità, dal basso verso l'alto affiorano, con contatti discordanti e trasgressivi (punto “c”), le sequenze post-orogeniche neogeniche delle formazioni sedimentarie di età miocenica, quindi i depositi marini e continentali del Quaternario (punti “b” ed “a”).

Le litologie più recenti sono costituite da sabbie e conglomerati pleistocenici e da sedimenti di età olocenica, quest’ultimi rappresentati da depositi alluvionali dei letti fluviali, di litorale e dalle dune costiere e di conoide. Sono sovente presenti, inoltre, depositi eluviali e colluviali, in conseguenza dello sviluppo dei processi di *weathering* e della successiva mobilizzazione dei suoi prodotti.



Schema tettonico Dietrich, 1976: Unità della catena appenninica (A, B e C); Unità della catena alpina (D, E, F, G e H); terreni discordanti sulle unità della catena alpina e appenninica (I); terreni postorogeni (L).

3. Considerazioni sulla Geologia Locale

3.1. Aspetti geomorfologici

L'area interessata dal progetto è situata lungo la fascia costiera meridionale del Comune di Acquappesa, in Via P. Mancini, dove, tra il rilevato ferroviario e la spiaggia, sono ubicate diverse abitazioni civili e l'Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa.

La fascia litoranea in parola è caratterizzata da una costa bassa, con spiagge ridotte a poche decine di metri dai processi di erosione costiera in atto. Verso l'entroterra, i primi rilievi a carattere collinare si trovano a poche centinaia di metri (200 m circa), e si estendono, trasversalmente alla linea di costa, per circa 5 km, elevandosi e raccordandosi ai rilievi montuosi della Catena Costiera tramite una fascia collinare pedemontana, generalmente stretta ed allungata in direzione meridiana (N-S), troncata trasversalmente da quasi tutte le incisioni vallive.

L'area di studio è morfologicamente compresa tra l'incisione morfologica del Vallone S. Iorio, a sud, e il Vallone di località Varco Moroso, a nord.

La morfologia del settore investigato è caratterizzata dalle forme piatte del tratto di litorale preso in esame, ricadente nel complesso morfologico litorale della pianura costiera, caratterizzato dalla presenza di più generazioni di dune sabbiose costiere e sub-costiere.

Nessun fenomeno di movimento di massa è attualmente osservabile all'interno dell'area studiata: ne sussistono le condizioni, considerate le energie di rilievo nulle, per l'innescare di tali fenomenologie di dissesto.

Le quote dell'area di indagine decrescono spostandosi da est verso ovest; più in particolare, la quota dell'area antistante l'Istituto Tecnico per il Turismo, è di circa 6 m s.l.m., mentre, immediatamente a valle dello stesso muro, danneggiato dalle mareggiate del dicembre 2019, le quote decrescono fino ad annullarsi al livello medio del mare. La distanza del muro dall'attuale linea di costa è di circa 12 m.

L'area di stretto interesse progettuale è inserita in area con pericolo di erosione costiera P3 (area a pericolosità elevata - Cfr. Tav. 4, Piano Stralcio Erosione Costiera). Tra le principali cause del processo erosivo in atto, sono da sottolineare:

- 1) la riduzione dell'apporto solido dei fiumi al mare a causa dell'ingente prelievo di materiale ghiaioso-sabbioso dal letto dei corsi d'acqua e della realizzazione di briglie, a monte;
- 2) l'intensa antropizzazione delle coste nel corso degli anni, che hanno smantellato il delicato sistema di dune litoranee, così come anche la realizzazione del porto di Cetraro ovvero opere di difesa indiscriminate, che hanno di fatto ridotto o bloccato il trasporto solido litoraneo;

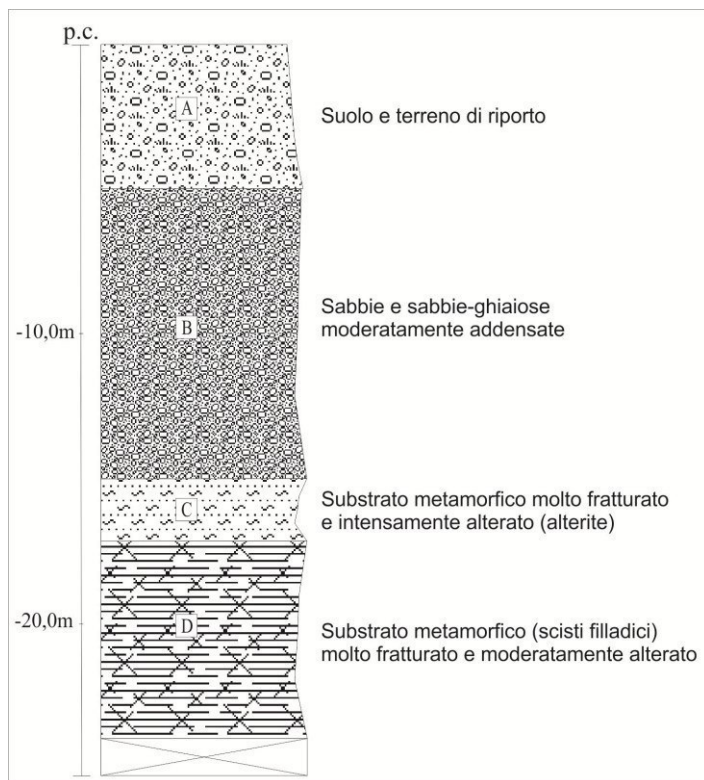
3) la subsidenza di origine antropica, attraverso l'emungimento dal sottosuolo di acqua ovvero di origine tettonica;

4) l'aumento del livello del mare in seguito al surriscaldamento del Pianeta.

Da sottolineare, infine, da un attento esame geomorfologico, la presenza a monte, rispetto all'area di studio, di ampie superfici terrazzate e conoidi di deiezione. Tali elementi rappresentano la risposta sedimentaria al sollevamento regionale dell'Arco calabro, con tassi stimati di circa 0,6 - 0,8 mm/anno, almeno nell'ultimo milione di anni. Tale sollevamento, iniziato nel tardo Miocene e proseguito per tutto il Pleistocene, è tutt'ora attivo.

3.2. Aspetti geologici

I litotipi costituenti il sito di indagine, sono essenzialmente riferibili ai depositi sabbiosi e ghiaiosi recenti degli ambienti di spiaggia, ricoperti, nel caso specifico, da consistenti spessori di terreno di riporto, e passante, verso il basso, a profondità variabile tra -14 e -16 m, a rocce del substrato metamorfico. In particolare si tratta di sabbie a granulometria variabile da media a grossolana, più spesso sabbie e ghiaie, da poco a moderatamente addensate, con ciottoli prevalentemente di natura cristallino-metamorfica.



Le sabbie poggiano sulle rocce del substrato metamorfico rappresentate, nel caso specifico, da scisti filladici e filladi appartenenti all'Unità di Cetraro (Dietrich, 1976). La ricostruzione stratigrafica di dettaglio dell'area di studio (vedi figura a lato) è stata possibile grazie ai risultati della campagna di indagini geognostica (Sondaggi meccanici a carotaggio continuo) proficuamente integrati dall'interpretazione dei risultati delle indagini geofisiche e dal rilevamento geologico di superficie, espletato in un'ampia fascia oltre il perimetro dell'area di progetto.

Ricostruzione schematica della successione litostratigrafica

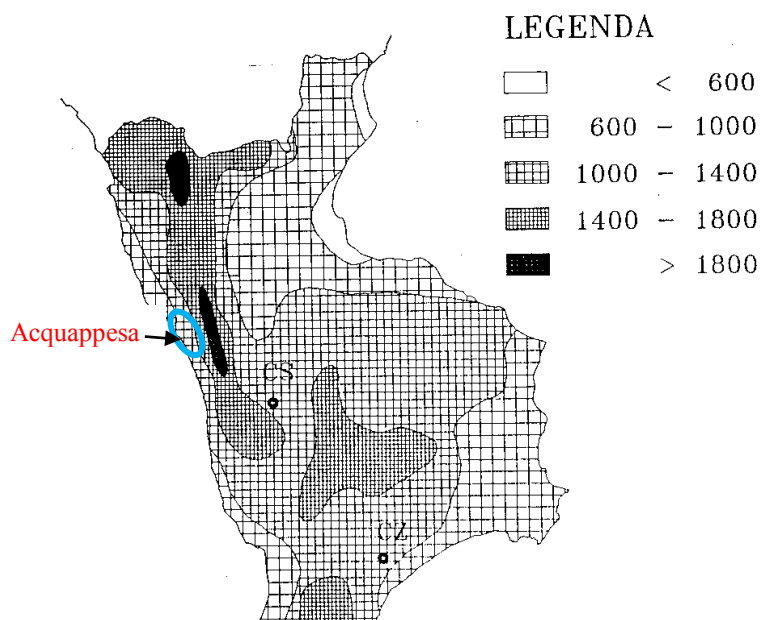
4. Aspetti idraulici, idrogeologici e idrologici dell'area

4.1. Regime Idraulico

Il territorio comunale di Acquappesa, sotto l'aspetto meteorologico, s'inquadra nel contesto delle piovosità delle aree mediterranee, caratterizzate da intense precipitazioni invernali e da periodi medio-lunghi di siccità estiva. Le precipitazioni di maggiore intensità avvengono prevalentemente nella parte del territorio che ricade a cavallo della Catena Costiera.

La valutazione quantitativa delle precipitazioni atmosferiche (lama media d'acqua) per il territorio in esame è stata eseguita analizzando i dati delle "Precipitazioni in Calabria" CNR-IRPI di Cosenza per il sessantennio 1921-1980, per le stazioni pluviometriche ricadenti nell'area di studio e nelle zone adiacenti.

Il territorio in esame ricade tra le stazioni pluviometriche di Guardia Piemontese e Cetraro, dall'orografia notevolmente diversificata, che interessa una fascia altimetrica compresa tra il livello del mare e i circa 745 m s.l.m. della vetta di Cozzo Moleo, è facile intuire come possa essere variabile il regime delle precipitazioni su tale territorio. Pertanto, per la valutazione delle precipitazioni relative alle aree montane, è stato fatto riferimento ai dati registrati nella stazione di Laghitello C.C.



Distribuzione delle precipitazioni medie annue in Calabria (1921-1980). La linea in azzurro indica il territorio comunale di Acquappesa (CS).

Dai dati analizzati si evince come gran parte del territorio ricada a cavalle tra le zone caratterizzate dalle precipitazioni medie annue comprese tra i 600 (zone litoranee e collinari) e 1400 mm (per le zone montuose).

N.	STAZIONE	GEN.		FEB.		MAR.		APR.		MAG.		GIU.		LUG.		AGO.		SET.		OTT.		NOV.		DIC.		MEDIA ANNUA	
		mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp	mm	gp
226	AIELLO CALABRO	166	13	131	10	107	9	83	8	73	7	41	4	19	2	23	3	64	5	113	9	161	11	183	12	1165	94
227	AMANTEA	124	12	103	9	84	8	67	8	63	5	29	3	17	2	26	2	60	5	102	8	131	10	146	11	952	84
228	FIUMEFREDDO B.	145	13	124	11	101	10	84	9	71	7	39	3	21	2	26	3	63	5	115	9	147	11	166	12	1095	93
229	PAOLA	156	13	122	10	101	10	81	9	73	7	34	4	18	3	29	3	66	6	123	9	152	11	174	12	1127	97
230	CRISTIANO C.C.	248	17	181	14	157	15	126	12	89	9	63	6	25	3	54	4	96	7	132	11	217	14	248	17	1591	125
231	GUARDIA PIEMONTESE	165	12	137	11	114	10	95	9	80	7	43	4	18	3	29	3	74	6	140	9	170	11	189	13	1242	21
232	CETRARO	136	12	109	12	87	9	64	7	56	6	25	4	12	2	25	3	67	5	124	9	138	11	131	12	975	91
233	BELVEDERE MARITTIMO	128	12	109	10	89	9	64	7	630	6	34	3	11	2	25	3	63	5	120	9	136	11	151	11	992	87
234	CIRELLA	135	12	105	10	80	9	63	8	57	6	27	3	15	1	26	2	63	5	112	9	141	11	145	12	967	88
235	VERBICARO SCALO	130	12	101	10	86	8	62	2	59	6	27	3	11	1	16	2	70	5	111	8	140	10	169	12	982	83
236	LAINO BORGO	214	14	181	12	128	12	102	10	85	9	46	6	26	3	41	3	88	7	156	10	206	13	213	13	1485	114
237	CAMPOTENESE C.C.	231	14	187	12	144	13	118	10	95	9	47	5	26	3	42	3	89	6	159	11	214	12	249	14	1603	112
238	MORMANNO	263	14	218	12	163	12	136	10	110	10	46	5	26	3	41	3	109	7	174	10	241	13	283	14	1810	112
239	PAPASIDERO	234	12	202	11	143	10	112	9	94	8	38	4	17	3	31	3	92	6	162	10	206	12	247	14	1560	99
240	ORSOMARSO	176	12	154	11	125	11	91	6	87	7	40	4	23	2	27	3	87	6	145	9	183	11	204	13	1350	98
241	SCALEA	150	13	112	10	90	9	74	9	64	7	31	4	17	2	27	3	79	6	123	9	148	11	169	11	1084	93
242	PRAIA D'AIETA	199	13	163	10	126	10	95	8	88	8	37	4	14	1	27	3	84	6	162	10	193	12	234	13	1421	98
243	AIETA	257	13	217	11	162	10	137	9	104	8	49	4	24	3	34	3	112	6	177	9	249	12	275	13	1796	102
25	LAGHITELLO C.C.	343	16	274	14	216	13	157	11	113	8	50	5	29	3	56	4	101	6	212	11	296	13	319	14	2181	118

Tabella delle Piogge medie, mensili ed annue in Calabria (periodo 1921-1980)

N.	Ord.	Stazioni	Max precip. mensili		Min precip. mensili		Max precip. annuale		Min precip. annuale	
			mm	mese	mm	mese	mm	anno	mm	anno
217		NICASTRO	430	12/1930	0	vari	1607	1930	732	1948
218		MAIDA	479	12/1946	0	vari	1752	1921	698	1922
219		S.EUFEMIA LAMEZIA	382	12/1969	0	vari	1352	1936	626	1948
220		CAPO SUVERO	290	12/1937	0	vari	1173	1937	470	1928
221		SAVUTO C.C.	614	1/1945	0	vari	2468	1940	595	1977
222		PARENTI	544	12/1969	0	vari	2161	1940	960	1949
223		ROGLIANO	516	12/1969	0	vari	1913	1921	634	1975
224		MARTIRANO LOMB.	737	12/1927	0	vari	2970	1921	861	1948
225		NOCERA TERINESE	402	12/1969	0	vari	1671	1937	369	1924
226		AIELLO CALABRO	464	12/1969	0	vari	1749	1930	660	1922
227		AMANTEA	393	12/1969	0	vari	1377	1963	576	1948
228		FIUMEFREDDO B.	395	1/1945	0	vari	1567	1937	547	1975
229		PAOLA	407	12/1969	0	vari	1756	1930	616	1948
230		CRISTIANO C.C.	633	12/1969	0	vari	2055	1951	1196	1967
231		GUARDIA PIEMONT.	436	12/1925	0	vari	1812	1960	752	1934
232		CETRARO	394	12/1969	0	vari	1435	1971	539	1975
233		BELVEDERE MAR.	408	12/1930	0	vari	1347	1930	527	1962
234		CIRELLA	533	2/1930	0	vari	2001	1930	603	1948
235		VERBICARO SCALO	444	12/1933	0	vari	1521	1930	539	1924
236		LAINO BORGO	523	2/1963	0	vari	1996	1965	672	1949
237		CAMPOTENESE C.C.	630	12/1933	0	vari	2435	1967	912	1932
238		MORMANNO	840	12/1933	0	vari	2740	1933	1071	1949
239		PAPASIDERO	725	12/1923	0	vari	2361	1965	707	1928
240		ORSOMARSO	574	1/1970	0	vari	2038	1965	671	1977
241		SCALEA	541	12/1927	0	vari	1774	1969	663	1948
242		PRAIA D'AIETA	580	12/1933	0	vari	2368	1963	660	1949
243		AIETA	740	1/1929	0	vari	3233	1963	1036	1949
25		LAGHITELLO C.C.	735	1/1945	0	vari	2966	1947	976	1948

Tabella delle Piogge estreme mensili ed annue in Calabria (periodo 1921-1980)

4.2. *Regime Idrogeologico*

Con riferimento all'assetto stratigrafico prima esposto, i litotipi che costituiscono l'area in esame, sono così caratterizzati dal punto di vista idrogeologico, dall'alto verso il basso:

- Complesso dei terreni di copertura (terreno di riporto), generalmente costituiti da materiale ad affinità sabbiosa grossolana ovvero sabbioso-ghiaiosa; presentano una permeabilità moderatamente alta ($10^{-3} < k < 10^{-2}$ cm/s) ed un'alta porosità primaria (generalmente > 15 %) sia pure con variazioni puntuali in funzione delle variazioni granulometriche delle sabbie e delle ghiaie.

- Depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, presentano una permeabilità moderatamente alta ($10^{-3} < k < 10^{-2}$ cm/s) ed un'alta porosità primaria (generalmente > 15 %) sia pure con variazioni puntuali in funzione delle variazioni granulometriche delle sabbie e delle ghiaie.

- Complessi scarsamente permeabili (comprendono i termini del substrato metamorfico: scisti filladici e filladi), queste rocce risultano interessate da un profilo di alterazione complesso, che determina la sovrapposizione di terreni caratterizzati da valori di permeabilità estremamente variabili. Si passa, infatti, dalle porzioni superficiali, nelle quali la coltre alteritica rappresenta un terreno mediamente permeabile e disaggregabile per infiltrazione, con un grado di porosità secondaria medio ($n = 5 \div 15$ %), e valori di k (coefficiente di permeabilità) medio-bassi dell'ordine minimo di 10^{-4} cm/s, gradualmente verso le porzioni più profonde, che presentano una permeabilità per fratturazione bassa, con k generalmente inferiori a 10^{-6} cm/s ed una porosità primaria bassa ($n < 5\%$), passando infine, a notevoli profondità, al substrato integro che si può considerare quasi impermeabile. Tali valori di permeabilità tendono a diminuire nel tempo in seguito al processo di "argillificazione" che interessa alcuni minerali (feldspati e miche) caratteristici di tali rocce.

Nel complesso delle formazioni sedimentarie superficiali (depositi sabbioso-ghiaiosi e nelle porzioni più fratturate del substrato metamorfico) si instaurano condizioni di circolazioni interne di acqua abbastanza attive che risultano fortemente influenzate dalle precipitazioni meteoriche stagionali e delle variazioni eustatiche del livello del mare.

Nel Piezometro installato nel foro di Sondaggio N.1, nel corso delle indagini in sito, la prima misura effettuata ha registrato la presenza di acqua alla profondità di -6,70 m dal boccaforo.

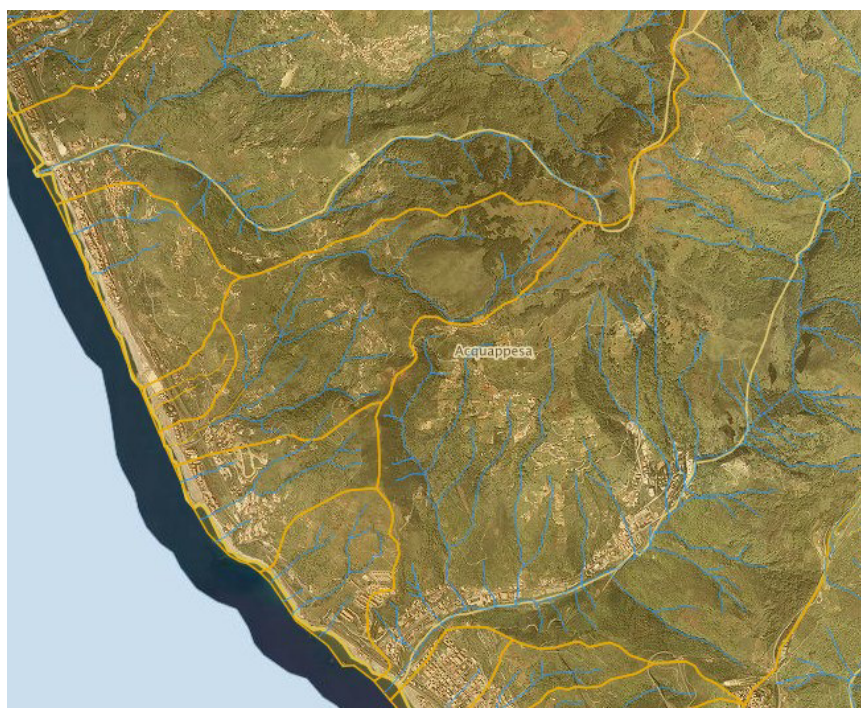
4.3. Regime Idrologico

Il territorio comunale di Acquappesa ricade in diversi sottobacini idrografici (cfr. Fig. sottostante), i quali rientrano nel vasto bacino idrografico n° 35 - tra il F. Savuto e il F. Abatemarco, per come riportato nel rapporto “Valutazione delle piene in Calabria” CNR-IRPI di Cosenza.

In particolare il territorio è caratterizzato dalla presenza di numerosi corsi d'acqua, prevalentemente a regime torrentizio, che costituiscono un reticolo idrografico complesso, la cui morfologia è legata soprattutto alle vicissitudini tettoniche che hanno contraddistinto la storia evolutiva di questa fascia di territorio calabrese.

Il “pattern” idrografico è, infatti, definibile di tipo sub-dendritico, nel quale si evince una direzione preferenziale in certi rami secondari (quelli più sviluppati), ed in alcuni tratti anche di quelli principali, che risultano pertanto subparalleli tra loro. Tutto ciò è imputabile ad un controllo strutturale (aste fluviali impostate su linee di faglia), che evidenzia chiaramente tre direzioni prevalenti: NE-SO, NS ed EO, orientate secondo i maggiori sistemi di fratture.

Tra questi, l'andamento principale, quello in direzione NE-SO, è ben testimoniato nelle aste di ordine superiore (IV) dei principali corsi d'acqua del territorio, quali: Forra dei Bagni, a sud, e Varco Moroso, a nord; tuttavia i loro tratti terminali in prossimità della piana Costiera assumono andamento EO.



Limiti dei sottobacini idrografici in cui ricade il territorio comunale di Acquappesa (CS)

5. Indagini geognostiche eseguite

L'area di stretto interesse progettuale, ed un'ampia fascia al contorno della stessa, è stata oggetto di un attento rilevamento di campagna che ha consentito di definire i caratteri geologico-stratigrafici e l'assetto tettonico generale delle formazioni presenti. L'osservazione diretta dei terreni è stata possibile grazie a diversi tagli naturali e lungo le linee di impluvio, presenti nei dintorni del sito di progetto.

I rilievi di superficie sono stati integrati dai risultati di indagini geognostiche in situ consistite complessivamente nell'esecuzione di:

- n° 2 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo (S1, S2);
- n° 1 Tomografia elettrica di resistività (ERT);
- n° 1 Tomografia sismica a rifrazione
- n° 1 Indagine sismica a rifrazione tipo MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves);
- n° 2 Misure di vibrazione ambientale passiva (prova HVSR).
- Prove di Laboratorio geotecnico

5.1. Sondaggi meccanici a carotaggio continuo (S1, S2)

In particolare per i sondaggi meccanici è stata impiegata la Sonda CMV 900 cingolata, a rotazione, completamente corredata per l'esecuzione di perforazioni a carotaggio continuo. Il materiale carotato, nel corso dei sondaggi, del tipo semi disturbato (classe Q1 - Q2), è stato collocato in apposite cassette catalogatrici, conservate in cantiere, a fine lavori, per ulteriori verifiche dei tecnici incaricati e analizzato ai fini della redazione della relative stratigrafie di sondaggio. Nel corso dei sondaggi sono stati eseguiti 2 prelievi di campioni indisturbati (classe Q5) per le successive analisi di Laboratorio geotecnico.

I Sondaggi eseguiti sono stati spinti fino a profondità, rispettivamente:

- S1 = -20,00 metri da p.c.
- S2 = -20,00 metri dal p.c.

Risultati Prove geotecniche in foro - Standard Penetration Test (SPT)

Nel corso dei sondaggi meccanici a carotaggio continuo sono state eseguite n. 2 prove SPT (Standard Penetration Test). Le prove eseguite sono conformi allo standard internazionale

raccomandato dall'ASTM ed accettato sia dalla Associazione Geotecnica Internazionale (ISSMFE-1976) che dalla Associazione Geotecnica Italiana (AGI-1976).

La prova SPT consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro una punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°, 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 della punta per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";

N2 = numero di colpi che provoca la penetrazione della punta nei successivi 15 cm;

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

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$NSPT = N2 + N3$$

I risultati di tale prova sono correlati, da diversi Autori, con i principali parametri geotecnici attraverso metodi di correlazione che sono essenzialmente di tipo sperimentale e si basano sullo studio di casi reali o su esperienze condotte in laboratorio. Per questo motivo è usuale procedere alla determinazione dei parametri geotecnici di resistenza e di deformabilità basandosi su più metodi proposti al fine di poter ottenere la massima affidabilità delle determinazioni effettuate.

Di seguito sono riportati i risultati delle 2 prove SPT (profondità / numero di colpi) eseguite nei fori di sondaggio.

Prove in foro in S1

N°	Profondità del tratto di Prova	Numero colpi
1	3,00 ÷ 3,45	10 - 12 - 16
2	6,00 ÷ 6,45 m	09 - 15 - 18
3	10,00 ÷ 10,45 m	13 - 19 - 21

Prove in foro in S2

N°	Profondità del tratto di Prova	Numero colpi
1	4,00 ÷ 4,45	12 - 14 - 16
2	7,00 ÷ 7,45 m	15 - 15 - 18
3	10,00 ÷ 10,45 m	16 - 18 - 20

Nel presente lavoro sono stati utilizzati, per la determinazione dei parametri di resistenza e di deformabilità dei terreni interessati, sulla base anche delle informazioni dedotte dalla campagna geognostica svolta, i seguenti metodi di correlazione:

- Per la determinazione della Densità relativa: il metodo di *Gibbs & Holtz* (1957), valido per le sabbie da fini a grossolane pulite, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati.
- Il metodo di *Schultze & Mezembach* (1961), valido per le sabbie da fini a ghiaiose, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati.
- Per la determinazione dell'angolo d'attrito il metodo di *De Mello* è valido per le sabbie in genere e per qualunque profondità.
- Il metodo di *Peck - Hanson & Thornburn* valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 5 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 8 m per terreni in falda (pressione efficace inferiore a 8-10 t/mq).
- Il metodo di *Meyerhof* (1965) che correla j con N_{spt} medio dello strato in funzione della sua granulometria, valido per le sabbie in genere.
- Per il calcolo del modulo di deformazione, il metodo di *Schmertmann*, valido per le sabbie in genere e il metodo di *Terzaghi*, valido per sabbie e ghiaie.

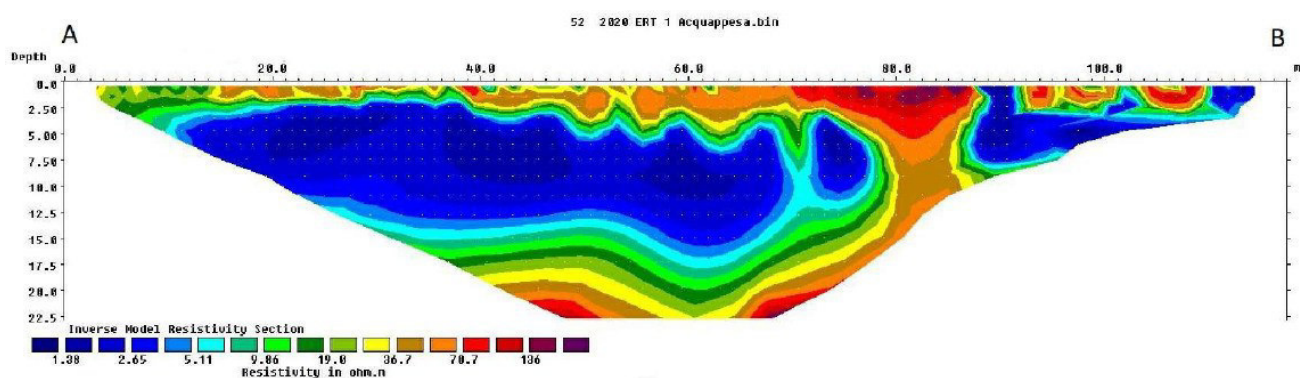
5.2. Tomografia elettrica di resistività (ERT)

La Tomografia Elettrica di Resistività (ERT) è stata realizzata utilizzando un georesistivimetro SYSCAL R2 dell'Iris Instruments che permette, mediante un sistema ad acquisizione automatica dei dati di resistività apparente (sistema multielettrodo), misure nel campo dominio frequenza utilizzando la configurazione elettrodica Wenner-Schlumberger. Nel profilo eseguito sono stati utilizzati 48 elettrodi sistemati a distanza di 2,50 m per una lunghezza complessiva di 117,50 metri. Tale configurazione ha permesso di avere dati fino a profondità di circa 22,0 m dal piano campagna.

L'analisi del modello di inversione evidenzia la presenza di depositi prevalentemente sabbiosi saturi in superficie e chiaramente litoidi in profondità. I valori di resistività relativa riscontrati sono drasticamente abbassati dalla presenza di acqua marina nei litotipi.

Omogeneizzando i dati della sezione e suddividendoli per classi, sono state riconosciute le seguenti classi di resistività (vedi figura sottostante):

- a. Resistività da 0 a circa 8 Ohm*m - sono tipiche di depositi prevalentemente sabbiosi (saturi) e raggiungono una profondità di circa -15,00 m dal p.c;
- b. Resistività da 8 a 25 Ohm*m - sono tipiche di depositi grossolani, quali potrebbero essere le rocce metamorfiche (scisti filladici) molto fratturate e a luoghi intensamente alterate. Sono litotipi presenti in tutta la sezione con uno spessore variabile tra 2,00 – 3,00 metri;
- c. Resistività da 25 a 140 Ohm*m - sono tipiche sempre di materiali grossolani con un buon grado di compattazione, assimilabili alle rocce metamorfiche moderatamente fratturate. Sono litotipi presenti in tutta la sezione e si estendono oltre la massima profondità investigata (circa 22 m dal p.c.).



Sezione ERT - Tomografia elettrica di resistività

5. 3. Indagine sismica MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves)

Nell'area in esame è stato effettuato uno stendimento sismico a rifrazione, tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), a 24 canali d'acquisizione (geofoni a movimento verticale), adottando una distanza intergeofonica di 2,00 metri. La lunghezza complessiva dello stendimento, la cui ubicazione è riportata nell'Allegato 1, è stata sufficiente a determinare la sismo-stratigrafia (2D) dei terreni al di sotto dello stendimento fino alla profondità di circa 35 m dal piano campagna.

La tecnica (per maggiori dettagli si rimanda all'Allegato 1) si basa sullo studio della dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di tipo Rayleigh (R), nota in letteratura come Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW), ed è finalizzata esclusivamente alla definizione di un profilo verticale delle onde di taglio (Vs) nei primi 30 m di terreno (Vs30).

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere le onde dovute al rumore, e di isolarle, dalle onde superficiali di Rayleigh

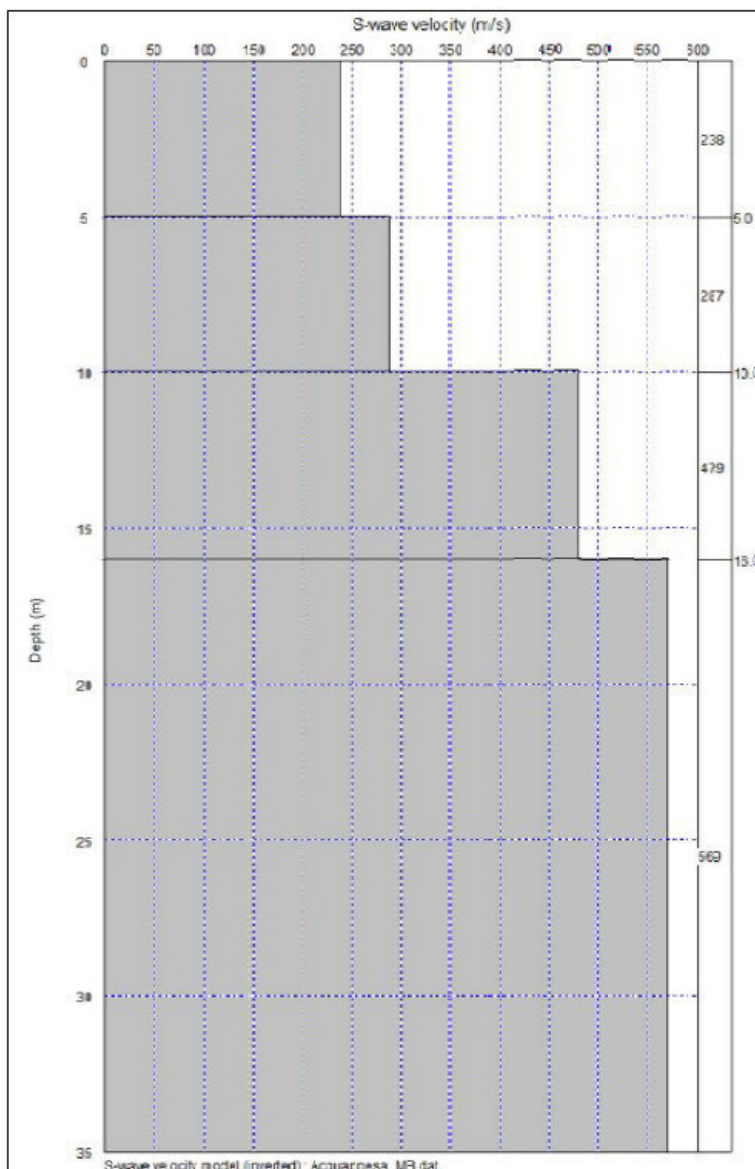
evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. Tali indagini risultano, pertanto, particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

Interpretazione dei dati

L'elaborazione è stata eseguita su di un sismogramma ottenuto partendo dalla registrazione da un punto di energizzazione posto a 5 metri dal primo geofono.

Il sismogramma è stato oggetto di filtraggio per l'eliminazione delle alte frequenze e "depurato" dalle onde di volume, al fine di ottenere dei picchi d'ampiezza nelle oscillazioni relative alle onde di superficie tipo Rayleigh. Essendo, la velocità di fase delle onde Rayleigh, fortemente legate ai valori delle velocità delle onde trasversali (V_s), si è ottenuto il modello monodimensionale, V_s /profondità, di seguito riportato.

In dettaglio la sismostratigrafia ottenuta può essere così riassunta (confronta figura sottostante):



Partendo dal piano campagna e fino alla profondità di 5,00 metri, le velocità delle onde di taglio (V_s) sono pari a 238 m/s. Tale intervallo può essere associato a terreno di riporto (rilevato da altre indagini in sito).

Da 5,00 metri di profondità fino a 10,00 metri circa la velocità delle onde S registrate è pari a 287 m/s. Tale intervallo è correlabile con depositi sabbiosi medio-grossolani poco addensati.

Da 1,00 metri di profondità fino a 16,00 metri circa la velocità delle onde S registrate è pari a 479 m/s. Tale intervallo è correlabile con depositi sabbioso-ghiaiosi da moderatamente a ben addensati.

Dai 16,00 fino alle massime profondità investigate (circa 35,0 m dal p.c.), la velocità delle V_s è pari a 569 m/s. Quest'ultimo intervallo è correlabile

con la presenza delle rocce metamorfiche (scisti filladici e filladi) molto fratturati e a luoghi molto alterati. La velocità delle onde Vs, così come le proprietà fisico-meccaniche delle rocce presenti, aumentano e migliorano con la profondità (diminuisce il grado di fratturazione e alterazione delle rocce).

L'indagine sismica MASW, considerando la sismo-stratigrafia fino alla profondità di 35,00 m dal piano campagna, ha fornito risultati della $V_{s30} = V_{SE} = 397$ m/s, che collocano i terreni oggetto d'indagine in **categoria B** (categoria di suolo di fondazione B - D.M. 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018).

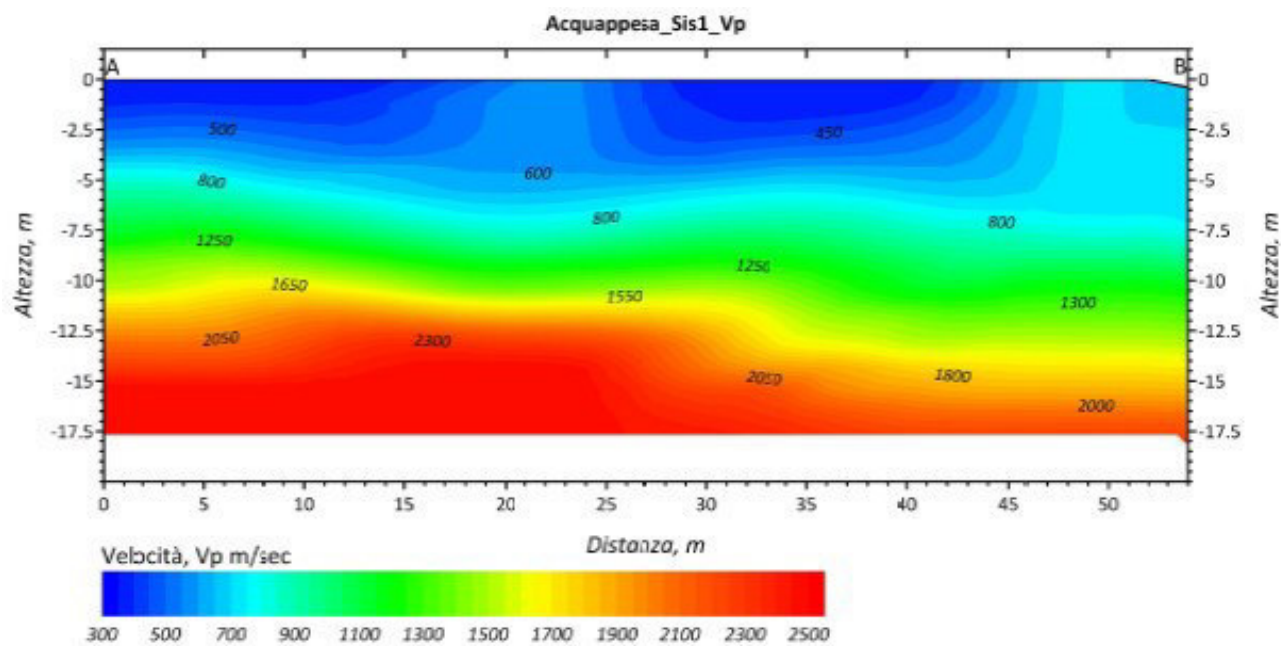
Categoria di suolo di fondazione B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

5. 4. Tomografia sismica a rifrazione

La linea sismica è stata acquisita utilizzando un *sismografo Pasi Gea24*, 24 geofoni verticali e una distanza intergeofonica di 2,00 metri.

Il metodo della sismica a rifrazione è basato sulla misura del tempo necessario perché una perturbazione elastica, indotta nel suolo da una determinata sorgente d'energia (nel caso di specie una Mazza Battente di 10 kg su piastra d'alluminio), giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni), percorrendo lo strato superficiale a bassa velocità (con onde dirette) e le superfici di separazione di strati a velocità crescente con la profondità (con onde rifratte). Ne consegue che, note le distanze fra punto di scoppio e ciascun geofono e noti i tempi di percorrenza, è possibile costruire un diagramma (dromocrona) in cui ciascun segmento è caratterizzato da un'inclinazione sull'asse delle ascisse che equivale all'inverso della velocità delle onde dello strato cui esso si riferisce; inoltre, gli stessi segmenti consentono il calcolo degli spessori degli strati.

Dall'analisi dei dati sperimentali si evidenzia una successione di sismostrati indicati nella sezione sottostante e una stima, fatta mediante formule empiriche, dei parametri elastomeccanici (di seguito tabulati).



Legenda:



Sismostrato 1. Corrispondente al terreno di riporto



Sismostrato 2. Corrispondente ai depositi sabbiosi medio grossolani poco addensati



Sismostrato 3. Corrispondente a depositi sabbioso-ghiaiosi moderatamente addensati

Dai 16-17 m di profondità in poi troviamo velocità delle onde Vp (2300-2500 m/s) corrispondenti al substrato metamorfico molto fratturato e alterato.

Tomografia Sismica Sis1								
Strato	Prof. (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	γ (KN/m ³)	ν	G (Mpa)	k (Mpa)	E (Mpa)
Sismostrato 1	5,00	600	238	18,0	0,41	104	522	292
Sismostrato 2	10,00	1250	287	18,5	0,47	155	2739	457
Sismostrato 3	16,00	2000	479	20,0	0,47	468	7531	1375
Sismostrato 4	30,00	2300	569	20,5	0,47	677	10152	1986
Legenda:								
Vp= Velocità delle onde prime (da sez. sismica)				G= Modulo di taglio dinamico				
Vs= Velocità delle onde seconde (da MASW)				k= Modulo di incompressibilità				
γ = Peso di volume naturale				E= Modulo di elasticità dinamico				
ν = Coefficiente di Poisson								

Stima parametri elastomeccanici

5.5. Misura di vibrazione ambientale passiva (HVSR)

Nell'area di studio sono state eseguite due misure di vibrazione ambientale passiva a stazione singola, di cui, una su terreno libero e l'altra all'interno della struttura che ospita l'Istituto Tecnico per il turismo di Acquappesa. Lo scopo delle misurazioni è stato triplice:

- 1) appurare se il sottosuolo esaminato può produrre eventuali fenomeni di amplificazione sismica locale e definire le frequenze di risonanza del sito (eventuali picchi sullo spettro H/V);
- 2) estrapolare una stima della sismo-stratigrafia del sito in riferimento all'ubicazione del basamento geologico locale (bedrock).
- 3) mettere al confronto le frequenze naturali di oscillazione del terreno e le frequenze naturali di oscillazione dell'edificio per scongiurare il rischio di accoppiamento delle risonanze in caso di terremoto.

La prova a stazione singola (per maggiori dettagli si rimanda all'Allegato 1), nota anche come prova Nakamura (1989) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro dotato di sensore a tre componenti.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo SR04S3 (Geobox) a 3 canali della SARA Electronic Instruments S.r.l., a 24 bits e con 3 canali linearizzati a 0.5 Hz.

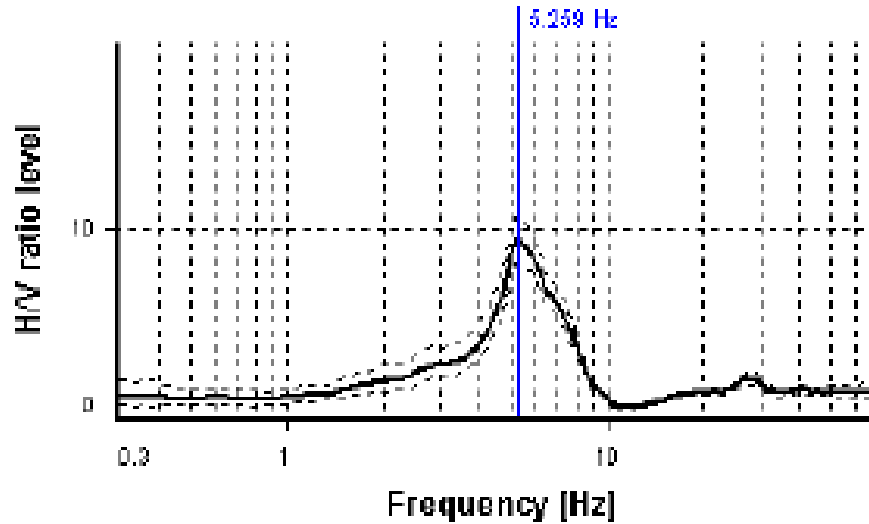
Le vibrazioni passive dipendono dalla geologia locale pertanto, se le sorgenti sono indipendenti e statisticamente distribuite uniformemente attorno al punto di misura, allora la parte persistente del campo d'onda registrato sarà quella che è funzione solo delle caratteristiche comuni a tutti i treni d'onda registrati dunque, alle caratteristiche geologiche e strutturali del terreno. Pertanto lo spettro H/V è rappresentativo della funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock al piano campagna ed i picchi relativi rappresentano le frequenze di risonanza del terreno. Lo spettro H/V infatti spesso mostra frequenze eccitate rispetto ad altre in funzione delle caratteristiche fisiche del sottosuolo. Maggiori sono i contrasti di impedenza maggiori sono i picchi H/V; c'è più energia attorno ai picchi, che si traducono in maggiori velocità, accelerazioni e spostamenti mentre, le energie si svuotano annullandosi per dissipazione alle alte frequenze.

Un sito senza picchi ha una distribuzione dello spettro medio delle vibrazioni H/V attorno al valore 1 ciò significa che il basamento è affiorante o sub affiorante e che il sito è sicuramente di classe A (categoria di suolo di fondazione del D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i.) e, non soggetto ad amplificazione sismica. L'elaborazione dei dati, infine, è stata eseguita mediante il software free Geopsy (Università di Grenoble, Francia).

Interpretazione dei dati

La durata delle registrazioni passive dei rumori ambientali, sia in campo aperto (sul terreno) che nella struttura scolastica, è stata di 30 minuti.

La frequenza del picco del rapporto H/V dell'HVSR1, eseguita sul terreno, è 5.259 Hz, significativo ai fini ingegneristici (range di frequenza di interesse ingegneristico 0,5÷20 Hz,)

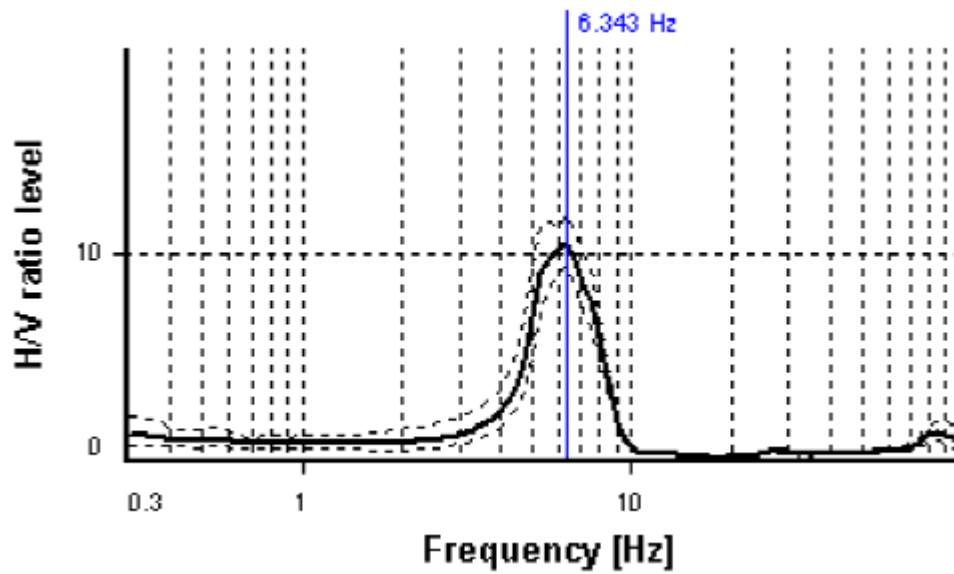


Rapporto spettrale H/V - HVSR1

La registrazione eseguita rispetta i criteri SESAME sia per una curva H/V affidabile che quelli per un picco H/V chiaro.

HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	56 valid windows (length > 1.9 s) out of 56	OK
$n_c(f_0) > 200$	5890.13 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.21921 Hz	OK
$\exists f^* \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	7.73285 Hz	OK
$A_0 > 2$	9.51 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3371 >= 0.26295	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1397 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

La frequenza del picco del rapporto H/V dell'HVSR2, eseguita sulla struttura, è 6.343 Hz.



Rapporto spettrale H/V – HVSR2

La registrazione eseguita rispetta i criteri SESAME sia per una curva H/V affidabile che quelli per un picco H/V chiaro.

HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	73 valid windows (length > 1.58 s) out of 73	OK
$n_o(f_0) > 200$	9260.25 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.7299 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	8.50526 Hz	OK
$A_0 > 2$	10.53 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.51683 >= 0.31713	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.13276 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

5.6. Prove di Laboratorio geotecnico

Nel corso dei sondaggi S1 e S2 sono stati prelevati n° 2 campioni indisturbati (qualità Q5), nominati rispettivamente:

- C1, il campione prelevato alla profondità tra -5,70 e -6,00 m nel corso del Sondaggio S1.
- C2, il campione prelevato alla profondità tra -6,70 e -7,00 m nel corso del Sondaggio S2.

Sui campioni prelevati sono state eseguite, dal Laboratorio Geotecnico I.P.G. s.n.c di Castrolibero (CS), le seguenti analisi e prove:

- *apertura campione e descrizione visiva*
- *peso dell'unità di volume;*
- *contenuto naturale d'acqua;*
- *peso specifico dei grani;*
- *analisi granulometrica,*
- *taglio diretto con resistenza di picco;*

Risultati

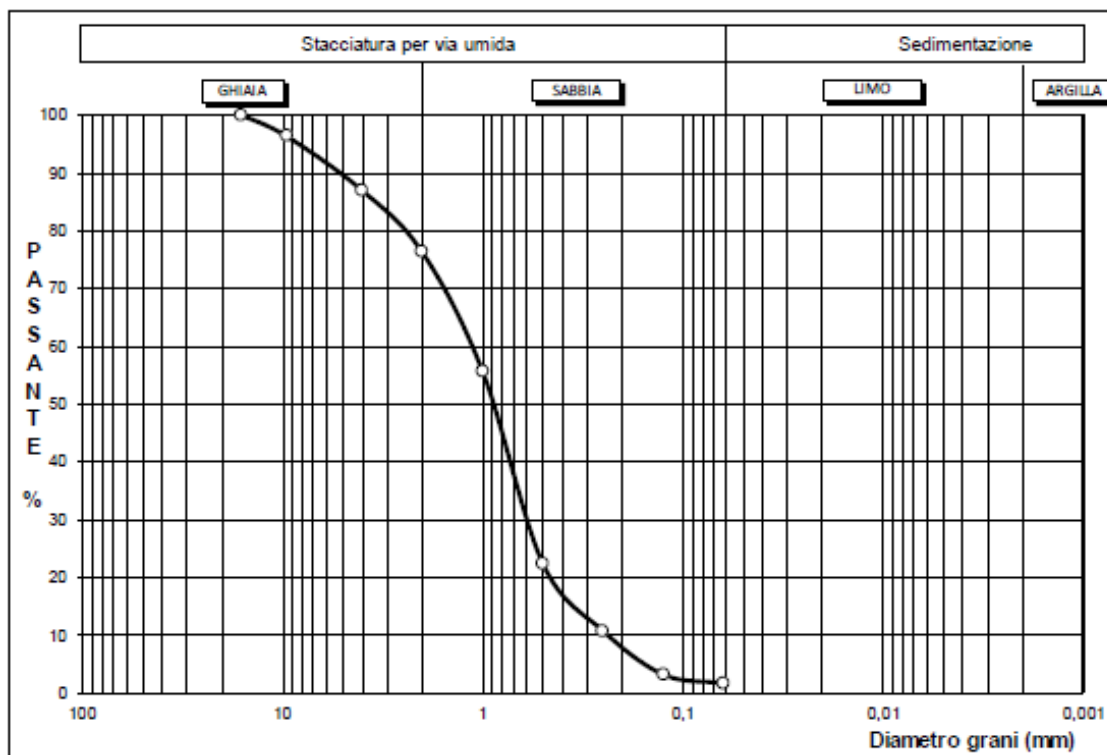
Descrizione Campione C1: **Sabbia ghiaiosa moderatamente addensata di colore grigiastro.**

Peso dell'unità di volume C1: **22,52 kN/m³**

Contenuto naturale d'acqua C1: **9,59 %**

Peso specifico dei grani C1: **26,32 kN/m³**

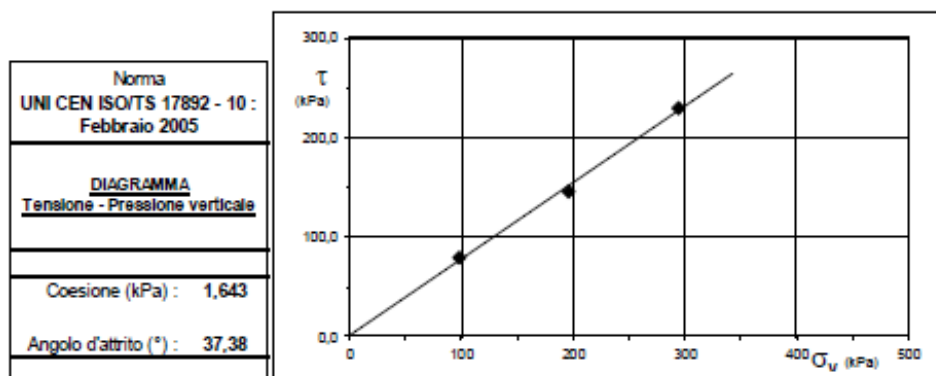
Analisi granulometrica C1:



NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :				Sabbia Ghiaiosa				grSa	
Percentuali classi granulometriche:				Ghiata 23,7%		Sabbia 74,7%		Limo 1,6%	
Diametro (mm)	Massa tratt. g	Trattenuto %	Passante %	Diametro (mm)	Massa tratt. g	Trattenuto %	Passante %	Massa del campione utilizzata:	
0	0	0,0	100,0	1	389	44,4	55,6	876 g	
0	0	0,0	100,0	0,5	681	77,7	22,3	Qualità del campione	
0	0	0,0	100,0	0,25	783	89,4	10,6	Q1 Q2 Q3 Q4 Q5	DATI STACCIATURA
16	0	0,0	100,0	0,125	849	96,9	3,1		
9,5	32	3,7	96,3	0,063	862	98,4	1,6		
4	114	13,0	87,0						
2	208	23,7	76,3						

Taglio diretto con resistenza di picco C1:



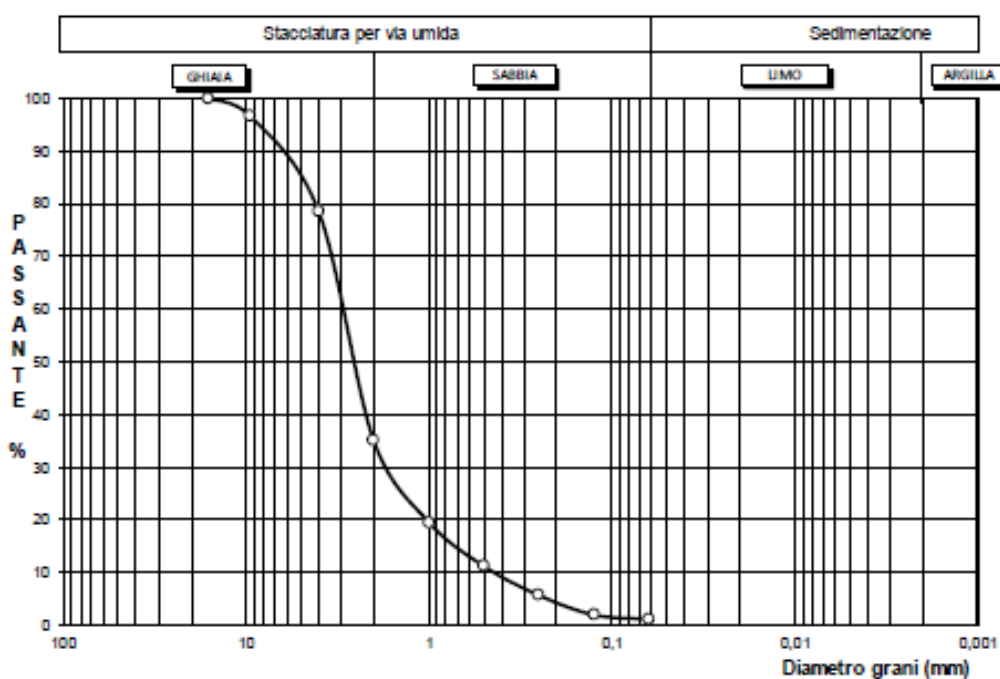
Descrizione Campione C2: **Ghiaia con sabbia sciolta di colore grigiastro**

Peso dell'unità di volume C2: **22,22 kN/m³**

Contenuto naturale d'acqua C2: **10,51 %**

Peso specifico dei grani C2: **26,28 kN/m³**

Analisi granulometrica C2:



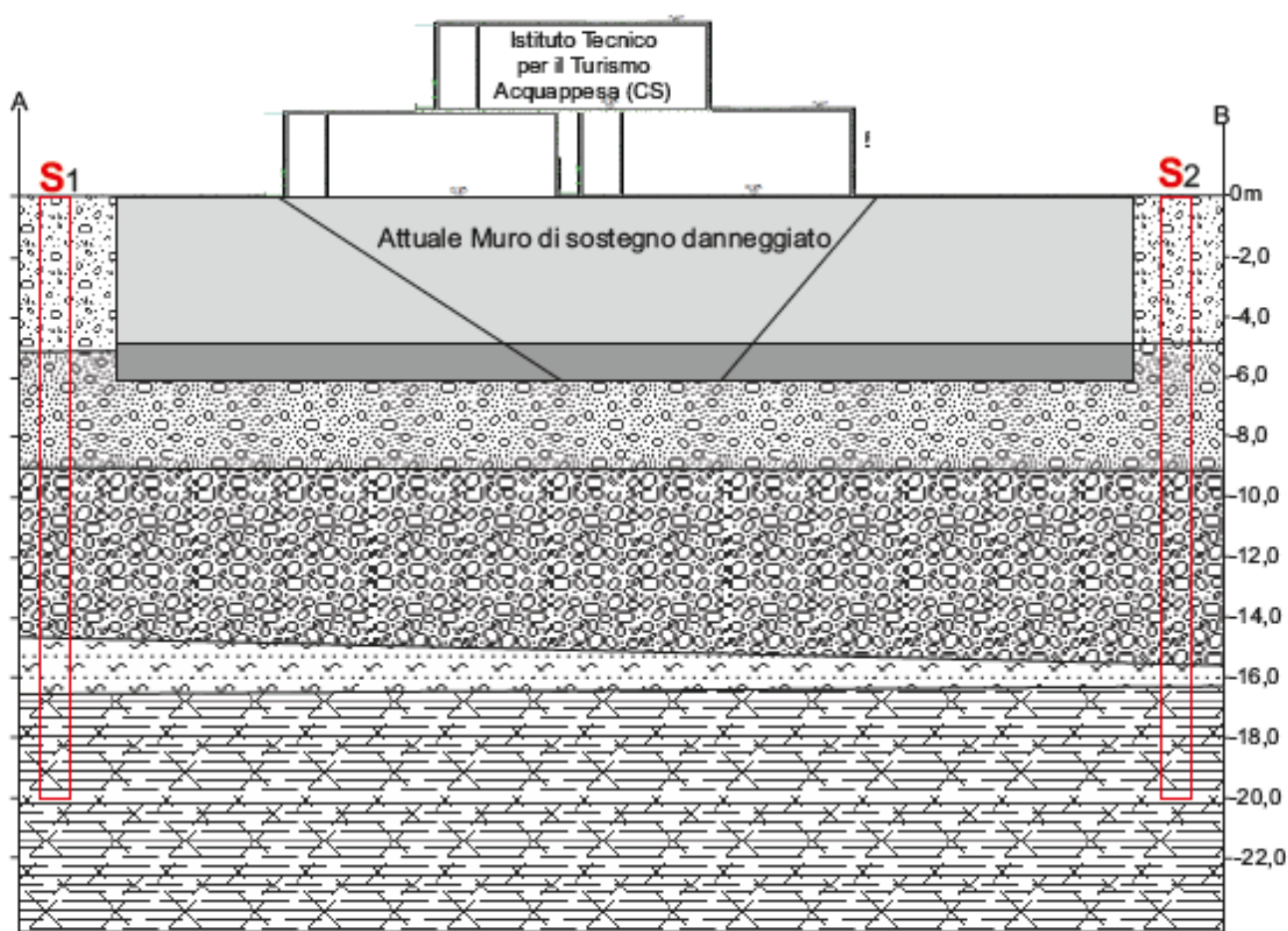
NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :				Ghiala con Sabbia				SaGR	
Percentuali classi granulometriche:				Ghiala 66,0%		Sabbia 33,8%		Limo 1,1%	
Diametro (mm)	Massa tratt. g	Trattenuto %	Passante %	Diametro (mm)	Massa tratt. g	Trattenuto %	Passante %	Massa del campione utilizzata:	
0	0	0,0	100,0	1	713	80,5	19,5	886 g	
0	0	0,0	100,0	0,5	787	88,8	11,2	Qualità del campione	
0	0	0,0	100,0	0,25	836	94,4	5,6	Q1	DATI STACCIATURA
16	0	0,0	100,0	0,125	869	98,1	1,9	Q2	
9,5	29	3,3	96,7	0,063	876	98,9	1,1	Q3	
4	190	21,4	78,6					Q4	
2	576	65,0	35,0					Q5	

6. Caratteristiche tecniche dei litotipi

6.1. Sintesi del modello geologico e proposta parametri geotecnici

Dall'esame dei risultati ottenuti dalle indagini eseguite e dalla fase di rilevamento geologico di superficie, si è potuto estrapolare un modello geologico-tecnico sufficientemente indicativo dell'area in esame (*punto 6.2.2. delle NTC 2018 e CIRCOLARE n. 7/2019, C.S.LL.PP. relativa all'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018, e punto C 6.2.2. Linee Guida*), che è sintetizzato e illustrato nella sezione geologico-tecnica interpretativa sottostante.

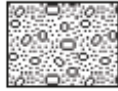


Modello geologico-tecnico interpretativo dell'area di studio
(Volume significativo di terreno per come indicato nel prg. 3.2.2. - NTC 2018 e CIRCOLARE n. 7/2019, C.S.LL.PP.)

LEGENDA



Terreno di riporto (spessore variabile da 4,80 a 5,20 m)



Sabbie grossolane con ciottoli sparsi, talora leggermente limose da moderatamente a poco addensate

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = 2.00 \text{ g/cm}^3 \\ \phi = 28^\circ \\ C = 0,00 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\}$$



Ghiaia e sabbie grossolane moderatamente addensate

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = 2.05 \text{ g/cm}^3 \\ \phi = 30^\circ \\ C = 0,00 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\}$$



Substrato metamorfico molto alterato e fratturato

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = 2.10 \text{ g/cm}^3 \\ \phi = 30^\circ \\ C = 0,01 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\}$$



Substrato metamorfico costituito da scisti filladici grigio-verdi molto fratturati e talora alterati

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = 2.20 \text{ g/cm}^3 \\ \phi = 32^\circ \\ C = 0,05 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\}$$

Vs30 and VsE (m/s): 397

Categoria sottosuolo di **tipo B**

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

7. Valutazione generale delle pericolosità geologiche dell'area

7.1. Stabilità generale dell'area e confronto (PAI)

Nel corso del presente Studio Geologico, sono state consultate tutte le carte tematiche del vigente Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), realizzato dalla Regione Calabria, relativamente all'area di studio. In particolare il Piano Stralcio Erosione Costiera (PSEC) ha evidenziato, per l'area di stretto interesse progettuale, come questa sia inserita in area con pericolo di erosione costiera P3 (area a pericolosità elevata - Cfr. Tav. 4, Piano Stralcio Erosione Costiera).

Le norme specifiche di attuazione e misure di salvaguardia, di corredo al PSEC (approvate in via definitiva dal Comitato Istituzionale in data 11 aprile 2016), che disciplinano le aree con alta pericolosità di erosione costiera (P3), all'Art. 9 (Titolo II, Capo I), prevedono al COMMA 1, punti:

g) *“interventi finalizzati alla manutenzione straordinaria delle opere di difesa costiera esistenti”;*

j) *“interventi puntuali di difesa costiera sulla terraferma volti a diminuire il grado di vulnerabilità dei beni e degli edifici esistenti esposti al pericolo e rischio di erosione, senza aumento di superficie e di volume degli edifici stessi”.*

L'intervento progettuale di cui alla presente Relazione Geologica, ovvero *“Lavori di demolizione e ricostruzione del muro di sostegno a difesa dell'Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa”* rientra, pertanto, tra le eccezioni (punto g e punto j) previste dalle Norme specifiche di attuazione e misure di salvaguardia del PSEC.

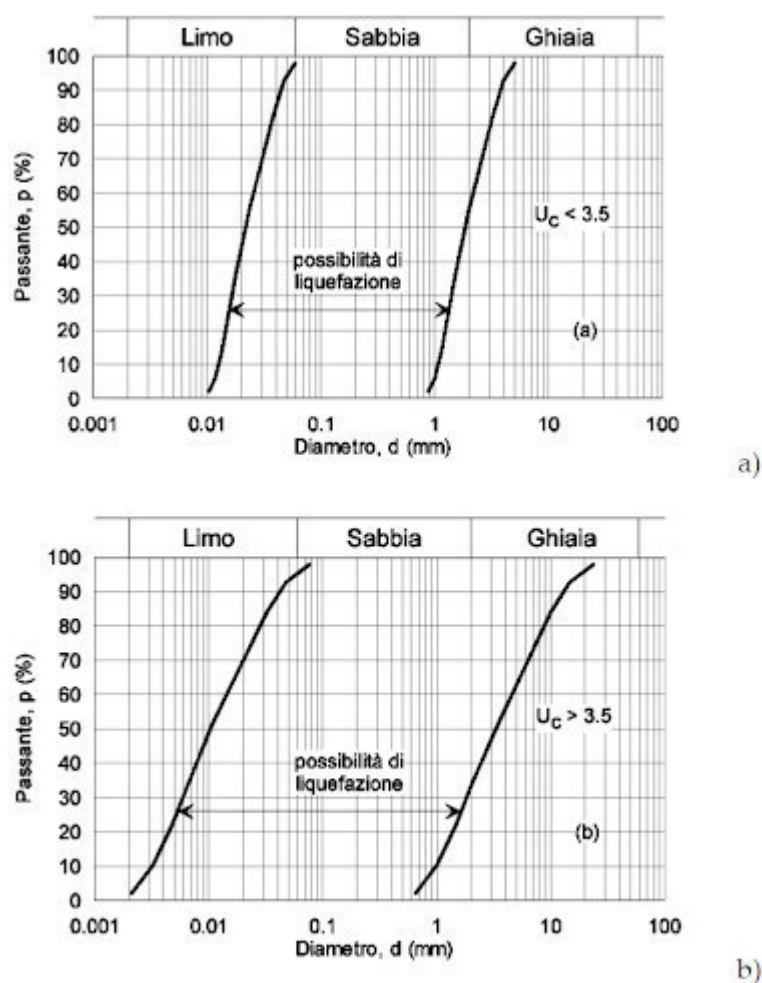
7.2. Suscettibilità alla liquefazione dell'area

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

Secondo quanto prescritto dalle nuove NTC (2018) e nella CIRCOLARE n. 7/2019, C.S.LL.PP. (Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018”), in presenza di terreni costituiti da sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo - argillosa, deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione.

Secondo le succitate NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2: Esclusione della verifica a liquefazione), la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

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



NTC 2018 Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Nell'area di studio sono presenti terreni a prevalente componente sabbiosa e sabbiosa ghiaiosa da sciolti a moderatamente addensati. La falda, inoltre, è stata rilevata nel corso della prima lettura effettuata nel piezometro installato nel foro del sondaggio S1, a -6,70 m dal boccaforo.

Dai risultati delle prove penetrometriche in foro (SPT) e dalle analisi granulometriche effettuate sui campioni indisturbati prelevati dai sondaggi meccanici a carotaggio continuo, si può escludere tale pericolo rientrando nei casi 3 e 4 delle succitate NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2: Esclusione della verifica a liquefazione).

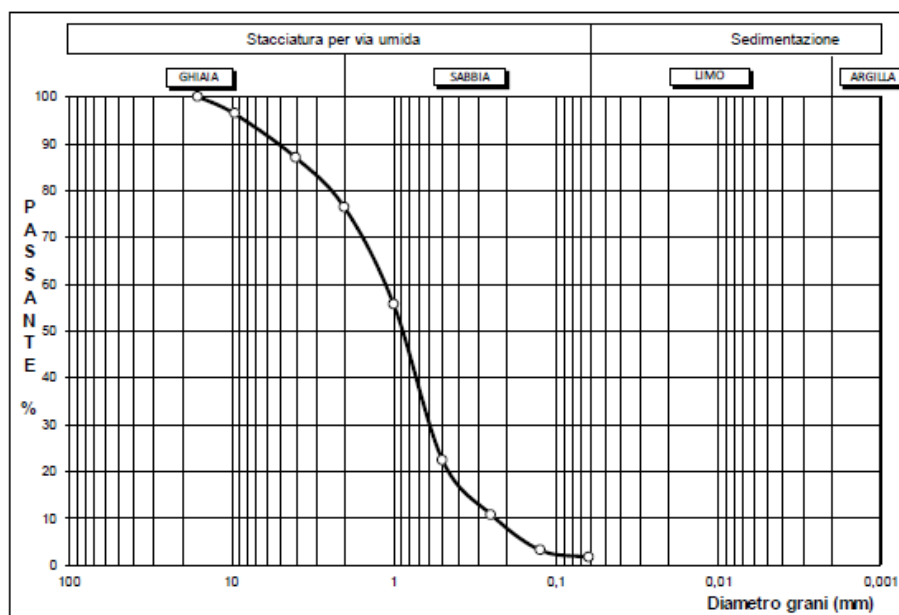
Prove SPT in foro eseguite in S1

N°	Profondità del tratto di Prova	Numero colpi	Nspt
1	3,00 ÷ 3,45	10 - 12 - 16	28
2	6,00 ÷ 6,45 m	09 - 15 - 18	33
3	10,00 ÷ 10,45 m	13 - 19 - 21	40

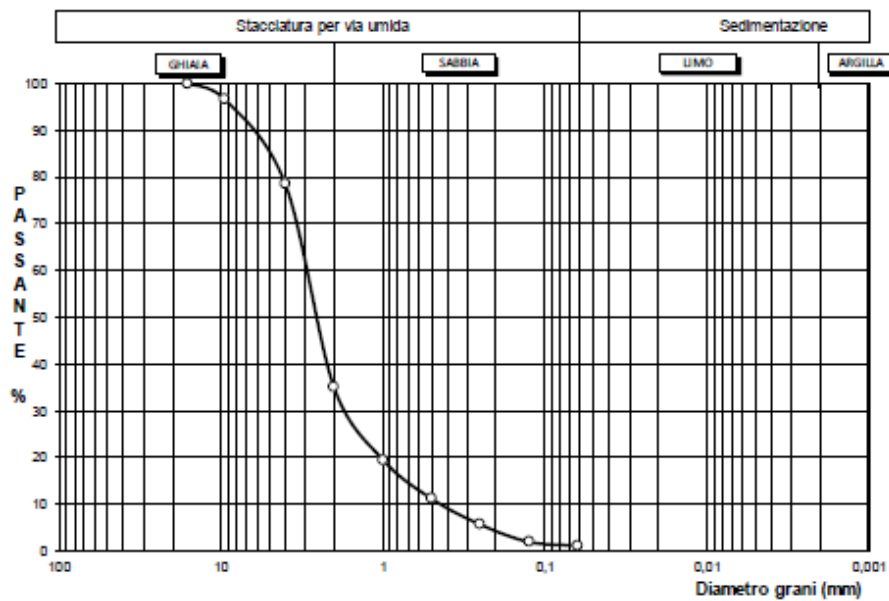
Prove SPT in foro eseguite in S2

N°	Profondità del tratto di Prova	Numero colpi	Nspt
1	4,00 ÷ 4,45	12 - 14 - 16	30
2	7,00 ÷ 7,45 m	15 - 15 - 18	33
3	10,00 ÷ 10,45 m	16 - 18 - 20	38

Analisi granulometrica C1:



Analisi granulometrica C2:



Nel caso in esame, è possibile ulteriormente migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche degli strati sabbioso-ghiaiosi (e quindi abbassare ulteriormente il potenziale di liquefazione dei terreni) attraverso, per esempio, interventi di Vibro-compattazione, eseguiti con l'utilizzo di sonda vibrante a bassa frequenza, la cui azione induce l'addensamento del terreno stesso, con conseguente riduzione dell'indice dei vuoti, e dunque con il miglioramento della sua resistenza al taglio.

8. Considerazioni conclusive

Il presente studio, finalizzato a verificare la compatibilità geologica dell'area in esame, con l'intervento in progetto, ovvero "*Lavori di demolizione e ricostruzione del muro di sostegno a difesa dell'Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa*", ha dato esito positivo di fattibilità e compatibilità geologica del progetto. In base a quanto acquisito nel corso delle indagini, infatti, riportate nella Relazione che precede, la realizzazione del muro non modifica sostanzialmente il contesto geo-morfologico in cui è inserito.

L'area di progetto mostra condizioni geostatiche definibili soddisfacenti. L'ossatura geologica del sito, infatti, è geologicamente caratterizzata da depositi di spiaggia antichi e stabilizzati, a prevalente componente sabbiosa e sabbiosa ghiaiosa, da poco a moderatamente addensata. La formazione sabbiosa e sabbiosa ghiaiosa, inoltre, con la profondità, aumenta il grado di addensamento e con essa anche le caratteristiche tecniche.

Per il tipo e il dimensionamento delle strutture di fondazione del muro, dovranno essere presi in considerazione i parametri geotecnici suggeriti nel presente lavoro (Cfr. paragrafo 6.1. *Sintesi del modello geologico e proposta parametri geotecnici*).

L'elaborazione dei dati acquisiti per il sito d'indagine hanno fornito valori delle velocità delle onde di taglio $V_{s30} = V_{SE} = 397$ m/s, che collocano i terreni oggetto d'indagine in **categoria B** (categoria di suolo di fondazione B - D.M. 17 gennaio 2018). Si precisa che nel presente calcolo il valore delle V_{s30} e V_{SE} è stato determinato considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di circa -35,00 m dall'attuale piano campagna.

La falda, inoltre, è stata rilevata nel corso della prima lettura effettuata nel piezometro installato nel foro del sondaggio S1, a -6,70 m dal boccaforo.

Per quanto riguarda la suscettibilità alla liquefazione dell'area, inoltre, dai risultati delle prove penetrometriche in foro (SPT) e dalle analisi granulometriche effettuate sui campioni indisturbati prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi meccanici, questa risulta bassa e potrebbe ulteriormente essere diminuita con interventi di Vibro-compattazione del terreno stesso, con conseguente riduzione dell'indice dei vuoti, e dunque con il miglioramento della resistenza al taglio dei depositi sabbioso-ghiaiosi.

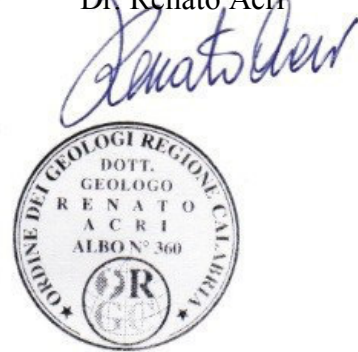
Nel corso del presente Studio Geologico, sono state consultate tutte le carte tematiche del vigente Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), realizzato dalla Regione Calabria, relativamente all'area di studio. In particolare dal Piano Stralcio Erosione Costiera (PSEC) è emerso che l'area di stretto interesse progettuale è inserita in area con pericolo di erosione costiera P3 (area a pericolosità elevata). L'intervento progettuale di cui alla presente Relazione Geologica, ovvero *“Lavori di demolizione e ricostruzione del muro di sostegno a difesa dell'Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa”* rientra tra le eccezioni (punto g e punto j) previste dalle Norme specifiche di attuazione e misure di salvaguardia del PSEC

In conclusione da tutti i dati acquisiti, si può affermare che, per quanto concerne i lavori in progetto, non esistono altre controindicazioni di tipo geologico e geomorfologico che possano inibirne la realizzazione.

Cosenza 18/01/2021

Il Geologo

Dr. Renato Aciri



TAVOLE

Tav. 1 - Aerofoto con localizzazione area di studio

Tav. 2 - Stralcio Carta Geologica (*da Dietrich, 1975 modificata*)

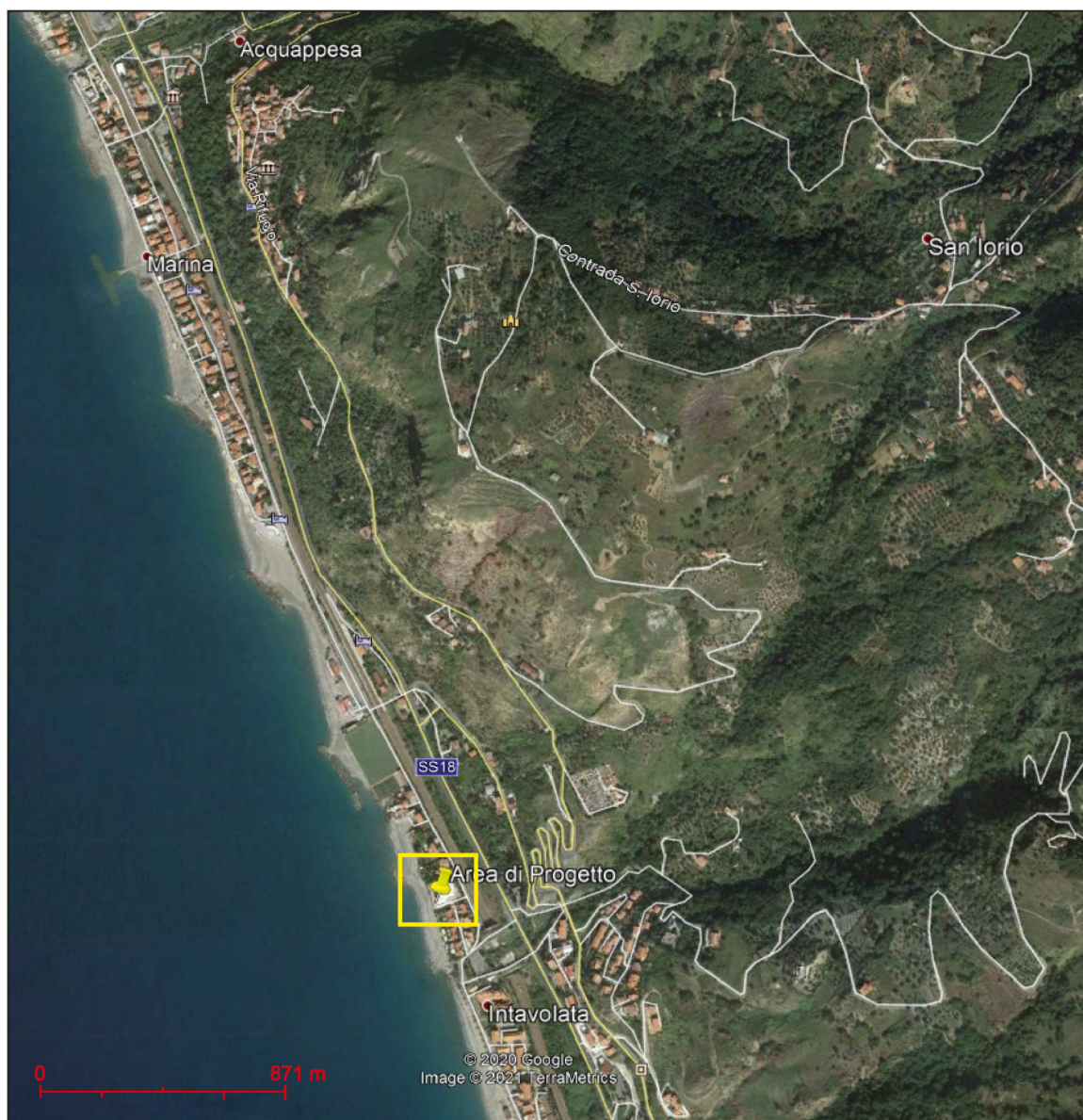
Tav. 3 - Stralcio Cartografia P.A.I. Calabria - Acquappesa (CS) – da WebGis Regione Calabria

Tav. 4 - Stralcio PSEC (Piano Stralcio Erosione Costiera) Regione Calabria - da WebGis

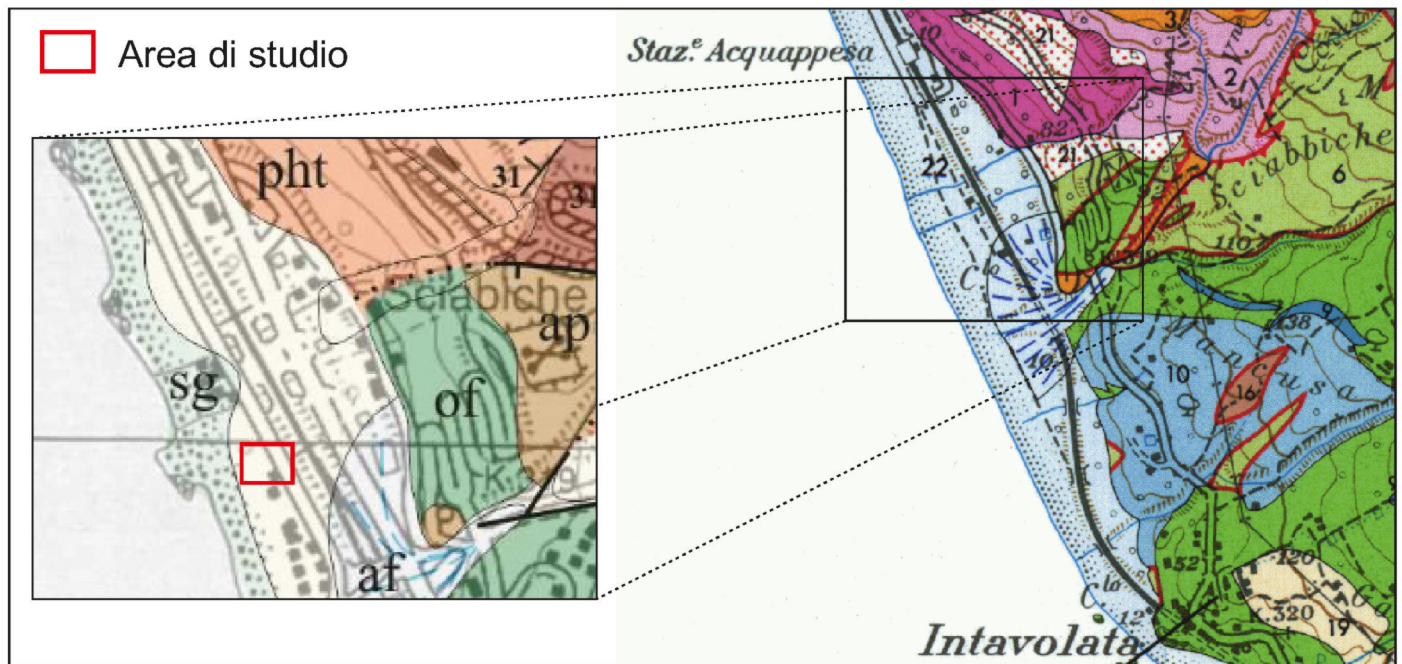
ALLEGATI

All. 1 - Risultati indagini geognostiche

Tav. 1 - Aerofoto con localizzazione area di studio



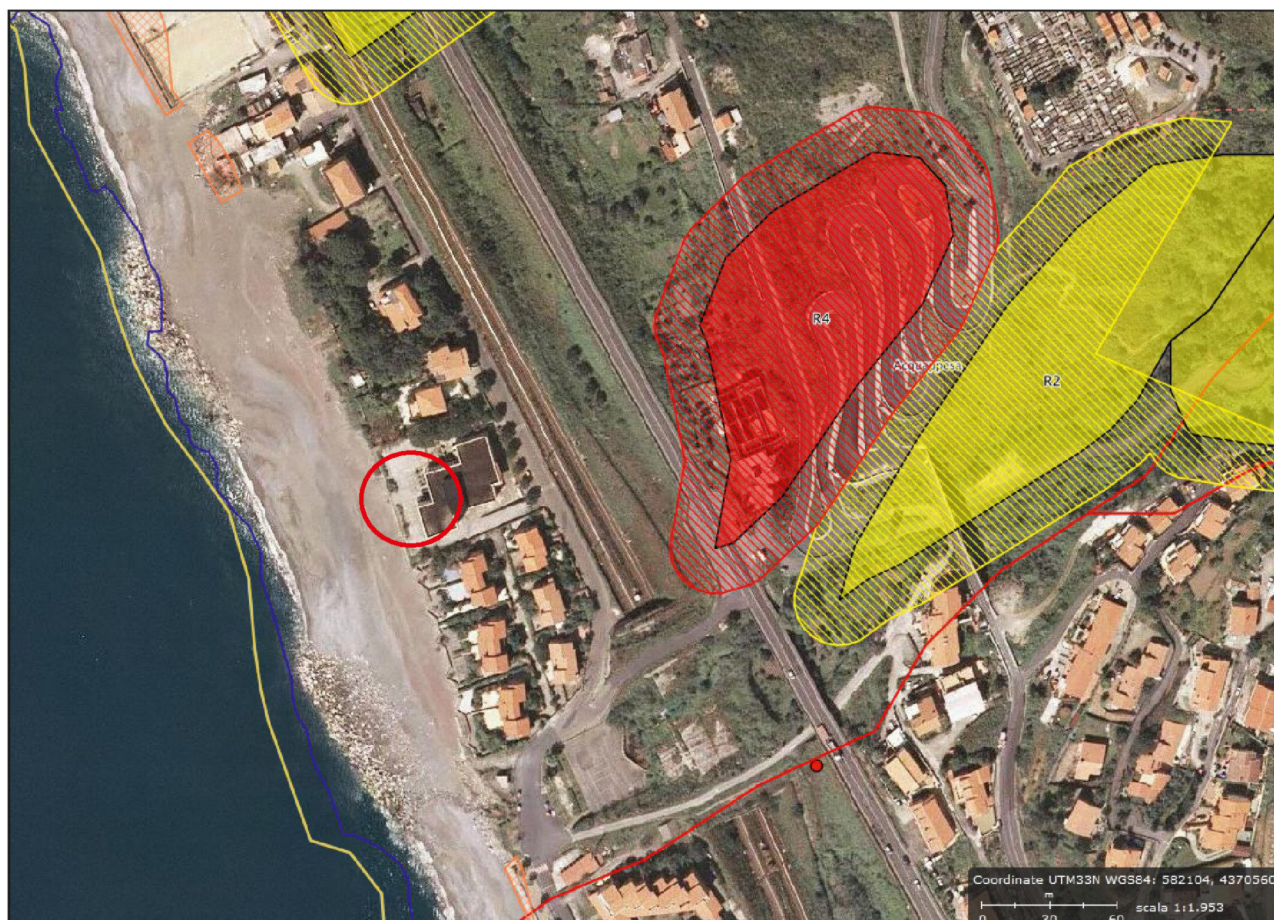
Tav. 2 - Stralcio Carta Geologica (da Dietrich, 1975 modificata)



LEGENDA

- | | |
|---|--|
| <div style="background-color: #d9ead3; border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">sg</div> | Sabbie e ghiaie delle spiagge attuali. Olocene |
| <div style="background-color: #d9ead3; border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">af</div> | Conoidi alluvionali attuali. Olocene |
| <div style="background-color: #fce4d6; border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">al</div> | Depositi alluvionali recenti. Olocene |
| <div style="background-color: #f4cccc; border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">ap</div> | Argille plumbee mal stratificate contenenti ciottoli e blocchi dell'Unità del Frido. Messiniano |
|
UNITÀ DI GIMIGLIANO | |
| <div style="background-color: #c7e9c0; border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">of</div> | Calcarei cristallini grigi e verdastri straterellati; selci policrome e metaradiolariti rosse e verdi; metabasalti porfirici spesso a struttura a <i>pillow</i> ; metaialoclastiti. Giurassico sup.-Cretacico inf. |
|
UNITÀ DI CETRARO | |
| <div style="background-color: #f4cccc; border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">pht</div> | FILLADI
Filladi grige, verdognole e violacee, spesso carbonatiche con vene e <i>rod</i> di quarzo. Anisico-Ladinico. |

Tav. 3 - Stralcio Cartografia P.A.I. Calabria - Acquappesa (CS)
da WebGis Regione Calabria



LEGENDA

PAI Calabria vigente

Aree a rischio frana



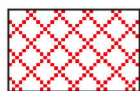
R1



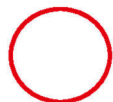
R2



R3



R4



Area di interesse progettuale



Buffer zone

PERICOLOSITA'
AGGIORNAMENTO
PAI 2016
non ancora adottato

Aree in frana



nc



lp1



lp2



lp3



lp4



Stralcio di mappa estratto da web.sit-puglia.it/adbc

Scala 1: 1953

Sistema di Proiezione: UTM33 Nord - WGS84

Coordinate vertice inferiore sinistro: E = 582271.43; N = 4370631.58

Coordinate vertice superiore destro: E = 582836.39; N = 4370937.49

14 gennaio 2021, 17:53



LEGENDA

LIMITI AMMINISTRATIVI

- P1 - Aree a pericolosità bassa
- P2 - Aree a pericolosità media
- P3 - Aree a pericolosità alta

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano

Azienda con sistema di gestione qualità UNI EN ISO 9001:2015

*Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)*

**Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it**

RAPPORTO TECNICO INDAGINI IN SITU ED IN LABORATORIO

- *Sondaggi a carotaggio continuo*
- *Certificati prove geotecniche di laboratorio*
- *Indagini Geofisiche*

Committente: Provincia di Cosenza - Edilizia Scolastica

Cantiere:

**“Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa” sito in via P. Mancini, Acquappesa (CS) CUP PROV0000016741
CIG Z7F2FA4B83”**

Data inizio lavori: 11/12/2020

Data fine lavori: 21/12/2020

ORIGINALE



Il Direttore
Dott. Geol. Massimiliano Valenza

PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Provinciale di Cosenza, il Laboratorio Geotecnico I.P.G. s.n.c. di Castrolibero (CS) ha effettuato le seguenti indagini geognostiche relative al progetto **“Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa” sito in via P. Mancini, Acquappesa (CS)”**.

La presente campagna geognostica comprende:

- N° 2 sondaggi S1 e S2 a carotaggio continuo (S1 attrezzato con tubazione piezometrica)
- N° 6 S.P.T.;
- N° 2 campioni prelevati nel corso della fase di perforazione;
- N° 1 Tomografia Sismica a Rifrazione;
- N° 1 M.A.S.W. (Analisi 1D);
- N° 2 Misure HVSr;
- N° 1 Tomografia Elettrica di Resistività

QUADRO RIASSUNTIVO DELLE INDAGINI GEOLOGICHE

Obiettivo dei sondaggi a carotaggio continuo è la definizione di una stratigrafia puntuale dettagliata dei litotipi attraversati. La perforazione S1, eseguita dal 11/12/2020 al 14/12/2020, e la perforazione S2 eseguita dal 14/12/2020 al 15/12/2020 sono state effettuate tramite una sonda CMV MK 900 potenziata.

Il sondaggio S1 è stato spinto sino alla profondità di 20.00 m dal p.c. (per l'ubicazione del sondaggio si rimanda alla carta ubicazione indagini). Nel corso del sondaggio sono state eseguite n°3 prove S.P.T. in foro ed è stato prelevato n°1 campione indisturbato identificativo del materiale attraversato.

Il sondaggio S2 è stato spinto sino alla profondità di 20.00 m dal p.c. (per l'ubicazione del sondaggio si rimanda alla carta ubicazione indagini). Nel corso del sondaggio sono state eseguite n°3 prove S.P.T. in foro ed è stato prelevato n°1 campione indisturbato identificativo del materiale attraversato.

Il diametro di perforazione utilizzato per il sondaggio a rotazione a carotaggio continuo è di 101 mm. La perforazione è stata condotta con il minor utilizzo d'acqua in tale modo si è ottenuto il massimo recupero del materiale riducendo al massimo il dilavamento delle parti fini. Il materiale prelevato durante le perforazioni è stato depositato in apposite cassette catalogatrici a scomparti, sui quali sono stati riportati la quota inferiore e superiore in m dal p.c. per ogni metro di perforazione (vedi documentazione fotografica). Dall'analisi delle carote prelevate è stato possibile definire la tipologia dei terreni attraversati il loro grado di consistenza (per i terreni coesivi) ed il grado di addensamento (per i terreni granulari).

Ultimato il sondaggio S1 il foro è stato attrezzato mediante tubazione piezometrica.

Di seguito è riportato il livello di falda misurato ad ultimazione lavori.

Sondaggio	Livello di falda (m dal p.c.)	Data misurazione
S1	6.70	16/12/2020

PROVE GEOTECNICHE IN SITU (S.P.T.)

Per effettuare le prove S.P.T. si è utilizzato un penetrometro dinamico standard che consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di una punta infissa a partire dal fondo di sondaggio. La resistenza è funzione proporzionale delle caratteristiche meccaniche del terreno.

Le prove S.P.T. sono state eseguite seguendo le modalità standard suggerite dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) ed hanno fornito i dati necessari per determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni.

La prova consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63,5 kg, da una altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di batterie di aste alla cui estremità inferiore è avvitata la punta di dimensioni standardizzate.

Il numero di colpi (N) necessario per la penetrazione della punta pari a 300 mm, (dopo l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità e dopo 150 mm di immissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione.

Nel corso della perforazione sono stati eseguiti i seguenti SPT:

Sondaggio	COD.	Prof.	N ₁ – N ₂ – N ₃
S1	S.P.T. n1	3.00-3.45	10-12-16
S1	S.P.T. n2	6.00-6.45	9-15-18
S1	S.P.T. n3	10.00-10.45	13-19-21
S2	S.P.T. n1	4.00-4.45	12-14-16
S2	S.P.T. n2	7.00-7.45	15-15-18
S2	S.P.T. n3	10.00-10.45	16-18-20

PRELIEVO DEI CAMPIONI INDISTURBATI

Nel corso dei sondaggi S1 e S2 sono stati prelevati n° 2 campioni indisturbati. Sui campioni S1 C1, S2 C1 sono state eseguite le seguenti analisi e prove:

- *apertura campione e descrizione visiva*
- *peso dell'unità di volume;*
- *contenuto naturale d'acqua;*
- *peso specifico dei grani;*
- *analisi granulometrica,*
- *taglio diretto con resistenza di picco;*

Per i risultati delle prove di laboratorio si rimanda agli elaborati in allegato.

Di seguito viene riportata la tabella riepilogativa delle prove geotecniche.

Camp.	Profondità m dal p.c.	Descrizione granulometrica	Classi granulom.	W %	γ kN/m ³	ϕ (°)	C kPa
S1 C1	5.70-6.00	Sabbia Ghiaiosa	Ghiaia: 23,7 % Sabbia: 74,7 % Limo: 1,6 % Argilla: 0,00 %	9,59	22,521	37,38	1,643
S2 C1	6.70-7.00	Ghiaia con Sabbia	Ghiaia: 65,0 % Sabbia: 33,9 % Limo: 1,1 % Argilla: 0,0 %	10,51	22,222	-	-

Allegati

Report Indagini Geognostiche

COMUNE DI:
ACQUAPPESA
(PROV. DI COSENZA)

PROGETTO:

INDAGINE GEOGNOSTICA -
SONDAGGI MECCANICI A ROTAZIONE
CONTINUA.
ISTITUTO TECNICO PER IL TURISMO
ACQUAPPESA (CS) - SISTEMAZIONE
MURO.

COMMITTENTE:
AMMINISTRAZIONE
PROVINCIALE DI COSENZA

DATA: DICEMBRE/2020

L'IMPRESA

I.P.G. s.n.c.
Istituto Prove Geotecniche



INDAGINE GEOGNOSTICA
ISTITUTO TECNICO PER IL TURISMO





UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA
SONDAGGI MECCANICI A ROTAZIONE CONTINUA
COMUNE DI ACQUAPPESA (CS) - ISTITUTO TECNICO PER IL TURISMO



LEGENDA

SONDAGGI MECCANICI:

-  - S1 ATTREZZATO CON TUBO PIEZOMETRICO (20 MT)
-  - S2

Committente: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI COSENZA

Comune di ACQUAPPESA (CS) -
ISTITUTO TECNICO PER IL TURISMO

**Oggetto: “INDAGINE GEOGNOSTICA – SONDAGGI MECCANICI A
ROTAZIONE CONTINUA.**

ELABORATI

Committente: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI COSENZA (CS)

**Comune di ACQUAPPESA (CS) - ISTITUTO TECNICO PER IL
TURISMO**

**Oggetto: “INDAGINE GEOGNOSTICA – SONDAGGI MECCANICI A
ROTAZIONE CONTINUA ”**

**Data esecuzione indagine: 11-14 DICEMBRE-
2020**

Numero prova: S1

Sonda in fase di perforazione



SPT



Tubo piezometrico



POZZETTO
PROTEZIONE FORO S1



LETTURA LIVELLO
PIEZOMETRICO



CAMPIONE DI TERRENO PER
PROVE DI LABORATORIO



Cassette catalogatrici



Committente AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI COSENZA	Coordinate X Y N 39°28'57.19" - E 15°57'27.73"	Profondità raggiunta 20 Mt
Cantiere ACQUAPPESA (CS) - IST. TECNICO PER IL TURISMO	Progetto SISTEMAZIONE MURO	Inizio/Fine Esecuzione 11-14 DICEMBRE 2020
Responsabile	Sondaggio Nr. S1	Tipo Sonda CMV 900
		Certificato n°

Scala	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T.	Campioni	Diam. Foro	Metodo	Metodo	Falda	Piez.
1		TERRENO DI RIPORTO SABBIOSO LIMOSO CON PRESENZA DI SPORADICI CIOTTOLI ETEROMETRICI DI NATURA METAMORFICA. COLORE MARRONE-BRUNO.									
2											
3						10-12-16					
4						3.00 PC					
5			5.20	%C=95							
6		SABBIA GROSSOLANA CON CIOTTOLI SPARSI TALORA LEGGERMENTE LIMOSA. COLORE BEIGE-MARRONE				9-15-18	5.70 S				
7						6.00 PC	6.00				
8										6.70	
9			9.00	%C=92							
10		GHIAIA E SABBIA CON PRESENZA DI CIOTTOLI ETEROMETRICI DA POCHI CM A MAX 8 CM. COLORE GRIGIO-BEIGE.				13-19-21					
11						10.00 PC					
12											
13											
14			14.50	%C=96							
15		SUBSTRATO METAMORFICO SI PRESENTA COME SABBIA LIMOSA CON INCLUSI, A VARIE PROFONDITA', DI PORZIONI DI ROCCIA DI NATURA SCISTOSA FILLADICA DI DIMENSIONI DECIMETRICHE. COLORE GRIGIO A TRATTI VERDE.						(CS)			
16			16.50	%C=91				15.50			
17		SUBSTRATO METAMORFICO COSTITUITO DA SCISTI FILLADICI CON PRESENZA DI LIVELLI DI QUARZO DECIMETRICI. COLORE GRIGIO VERDE.							(RM)		
18							(127 mm)				
19							18.00			18.00	
20			20.00	%C=83							
							(101 mm)		(CD)		
							20.00	20.00			
											A
											20.00

Committente: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI COSENZA (CS)

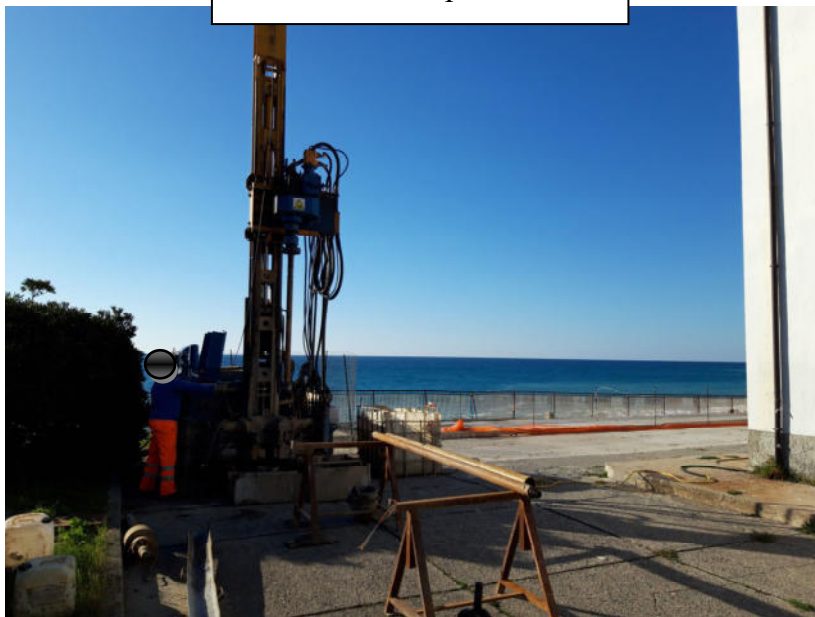
**Comune di ACQUAPPESA (CS) - ISTITUTO TECNICO PER IL
TURISMO**

**Oggetto: “INDAGINE GEOGNOSTICA – SONDAGGI MECCANICI A
ROTAZIONE CONTINUA”**

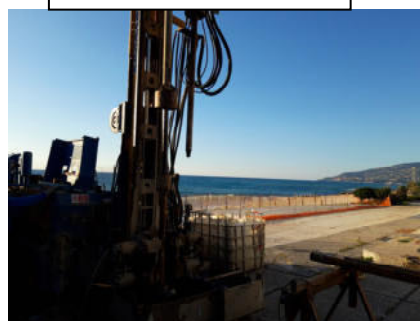
**Data esecuzione indagine: 14-15 DICEMBRE-
2020**

Numero prova: S2

Sonda in fase di perforazione



SPT



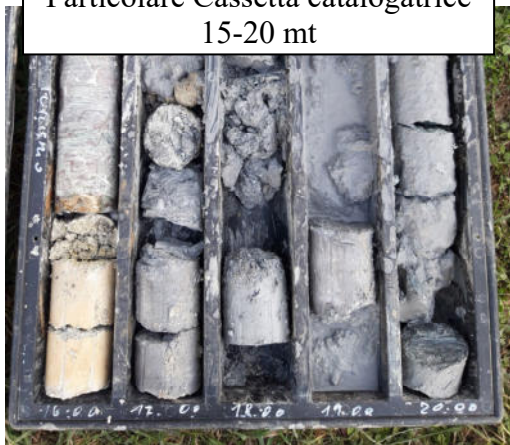
CAMPIONE DI TERRENO PER
PROVE DI LABORATORIO



Cassette catalogatrici



Particolare Casseta catalogatrice
15-20 mt



Committente AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI COSENZA	Coordinate X Y N 39°28'55.85" - E 15°57'28.36"	Profondità raggiunta 20 Mt
Cantiere ACQUAPPESA (CS) - IST. TECNICO PER IL TURISMO	Progetto SISTEMAZIONE MURO	Inizio/Fine Esecuzione 14 -15 DICEMBRE 2020
Responsabile	Sondaggio Nr. S2	Tipo Sonda CMV 900
		Certificato n°

Scala	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T.	Campioni	Diam. Foro	Metodo	Metodo	Falda	Piez. (P)
1		TERRENO DI RIPORTO SABBIOSO LIMOSO CON PRESENZA DI SPORADICI CIOTTOLI ETEROMETRICI DI NATURA METAMORFICA. COLORE MARRONE-BRUNO.									
2											
3											
4			4.80	%C=92		12-14-16 4.00 PC					
5		SABBIA GROSSOLANA CON CIOTTOLI SPARSI TALORA LEGGERMENTE LIMOSA. COLORE BEIGE-MARRONE									
6											
7						15-15-18 7.00 PC	6.70 S				
8											
9			9.20	%C=94							
10		GHIAIA E SABBIA CON PRESENZA DI CIOTTOLI ETEROMETRICI DA POCHI CM A MAX 8 CM. COLORE GRIGIO-BEIGE.				16-18-20 10.00 PC					
11											
12											
13											
14											
15			15.50	%C=92						(CS) 15.00	
16		SUBSTRATO METAMORFICO SI PRESENTA COME SABBIA LIMOSA CON INCLUSI DI ROCCIA DI NATURA SCISTOSA	16.20								
17		SUBSTRATO METAMORFICO COSTITUITO DA SCISTI FILLADICI CON PRESENZA DI LIVELLI DI QUARZO DECIMETRICI. COLORE GRIGIO VERDE.		%C=94							
18										(RM)	
19											
20			20.00	%C=83			(127 mm) 19.00 (101 mm) 20.00			(CD) 19.00 20.00	

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**AZIENDA CON SISTEMA DI
GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO
9001:2015**

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**Indagine: Lavori di demolizione e ricostruzione muro di
sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di
Acquappesa danneggiato a seguito di
mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di
laboratorio.**

Committente: Provincia di Cosenza

ORIGINALE



I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>APERTURA CAMPIONE</u>	
<i>Data arrivo campione:</i>	16/12/2020	<i>Data Apertura:</i>	16/12/2020
		<i>Pagine Certificato :</i>	1 di 8
<i>Verbale Accettazione:</i>	21	<i>Certificato numero :</i>	4704
		<i>Data Certificato :</i>	21/12/2020
<i>INDAGINE :</i> Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
<i>COMMITTENTE :</i> Provincia di Cosenza			
<i>SONDAGGIO:</i>	1	<i>Campione :</i>	1
		<i>PROFONDITA' :</i>	m 5,70 - 6,00
NORMA DI RIFERIMENTO : UNI EN ISO 14688-1 : Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2 : Novembre 2004			

Caratteristiche del campione		Contenitore		Stato del campione	
<i>Diametro (mm):</i>	84	■	<i>Fustella</i>	□	<i>Disturbato o Rimaneggiato</i>
<i>Lunghezza dichiarata (mm):</i>	300	□	<i>PVC</i>	□	<i>Disturbo limitato</i>
<i>Lunghezza effettiva (mm):</i>	300	□	<i>Busta</i>	■	<i>Indisturbato</i>
Caratteristiche determinabili					
<i>Classe di qualità dichiarata : (Q1-Q5)</i>	Q5	Qualità del campione effettiva :			
		Disturbato o Rimaneggiato		Disturbo limitato	Indisturbato
		Q1	Q2	Q3	Q4
Profilo stratigrafico					
Composizione granulometrica					■
Contenuto d'acqua naturale					■
Peso dell'unità di volume					■
Caratteristiche meccaniche					■
Prove non eseguibili					
Parte Bassa		Parte Alta			
<i>Prelievo dei Pr ovini – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket</i>					
➔					
		Pr	Pr	Pr	Pr
2,7	5,4	8,1	10,8	13,5	16,2
		Pr	Pr	Pr	Pr
		18,9	21,6	24,3	27,0
cm		cm			
Descrizione visiva del campione					
Sabbia Ghiaiosa moderatamente addensata di colore grigiastro.					
Note					

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia



I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA</u>	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	16/12/2020
		Pagine Certificato :	2 di 8
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4704
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	1
		PROFONDITA': m 5,70 - 6,00	

NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 1 : Febbraio 2005

DATI SPERIMENTALI

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Tara numero	1	2

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Massa Tara	9,00 g	9,30 g

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Massa Terreno Umido + Tara	969,20 g	958,32 g

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Massa Terreno Secco + Tara	885,10 g	875,36 g

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Contenuto d'acqua w	9,60 %	9,58 %

Media delle misurazioni w	9,59	%
---------------------------	-------------	----------

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

Massimiliano Valenza

ORIGINALE



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME</u>	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	16/12/2020
		Pagine Certificato :	3 di 8
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4704
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	1
		PROFONDITA' : m 5,70 - 6,00	

NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005

METODO UTILIZZATO	Metodo con misurazioni lineari
--------------------------	--------------------------------

DATI SPERIMENTALI

Massa del campione utilizzato	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
	165,3 g	165,4 g
Volume del campione	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
	72 cm ³	72 cm ³
Peso dell'Unità di Volume	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
	22,514 (kN/m ³)	22,528 (kN/m ³)
Media delle misurazioni γ	22,521	(kN/m ³)

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

Massimiliano Valenza

ORIGINALE



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel-Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI</u>	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	18/12/2020
		Pagine Certificato :	4 di 8
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4704
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	1
		PROFONDITA' :	m 5,70 - 6,00

NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 3 : Febbraio 2005

DATI SPERIMENTALI

Temperatura	21	°C	Densità acqua γ_w	9,78723	kN/m ³
-------------	----	----	--------------------------	---------	-------------------

Massa Picnometro	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	30,740	g	30,946	g
Massa Campione	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	10	g	10	g
Massa Campione + Massa Picnometro	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	40,740	g	40,946	g
Massa Picnometro + acqua	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	82,980	g	83,327	g
Massa Campione + Massa Picnometro + acqua	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	89,263	g	89,608	g
Peso specifico γ_s	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	26,331	(kN/m ³)	26,317	(kN/m ³)
Media delle misurazioni γ_s	26,324			(kN/m ³)

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008**

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**ANALISI GRANULOMETRICA
mediante setacci e/o crivelli**

Data arrivo campione: 16/12/2020

Data esecuzione prova: 18/12/2020

Pagine Certificato : 5 di 8

Verbale Accettazione: 21

Certificato numero : 4704

Data Certificato : 21/12/2020

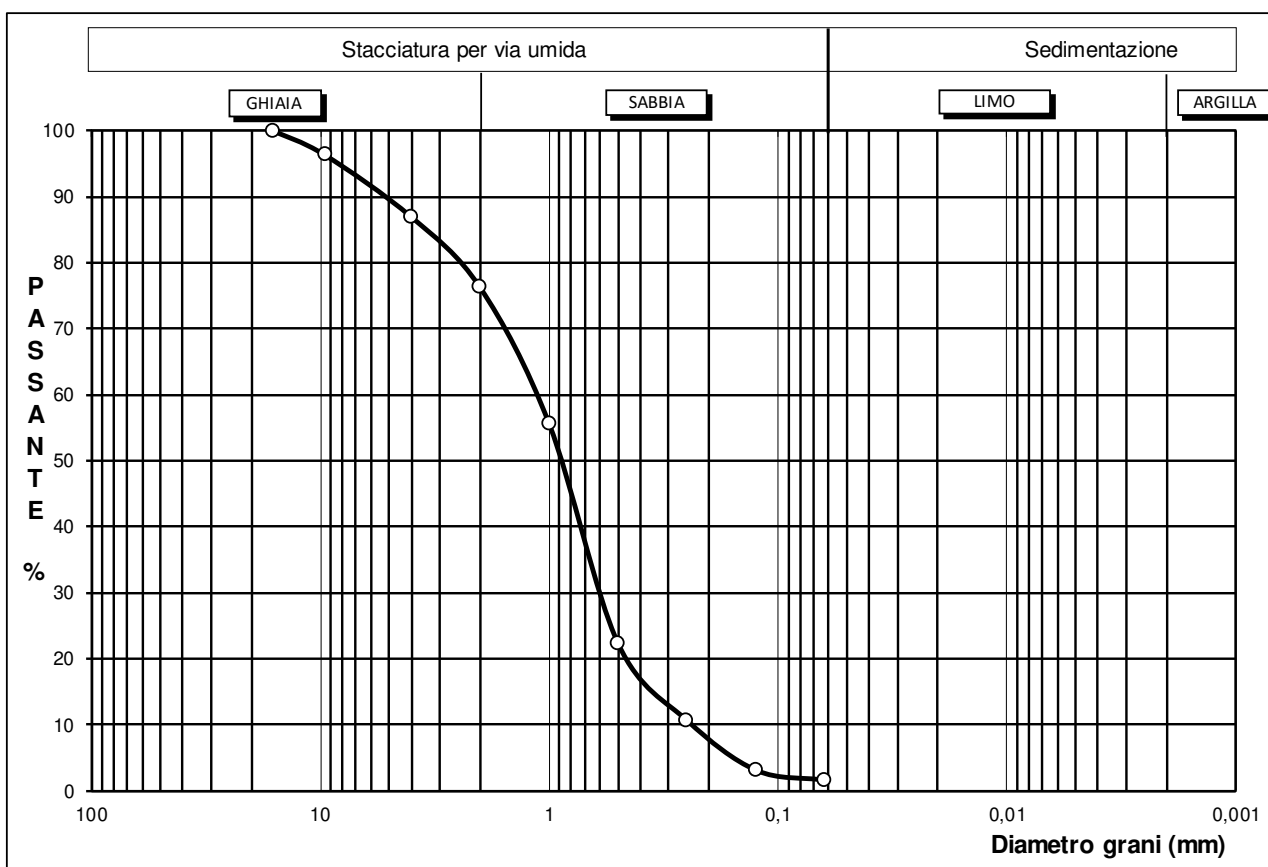
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.

COMMITTENTE : Provincia di Cosenza

SONDAGGIO: 1

Campione : 1

PROFONDITA' : m 5,70 - 6,00



NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :				Sabbia Ghiaiosa				grSa	
Percentuali classi granulometriche:				Ghiaia 23,7%		Sabbia 74,7%		Limo 1,6%	
Diametro (mm)	Massa tratt. g	Trattenuto %	Passante %	Diametro (mm)	Massa tratt. g	Trattenuto %	Passante %	Massa del campione utilizzata:	
0	0	0,0	100,0	1	389	44,4	55,6	876 g	
0	0	0,0	100,0	0,5	681	77,7	22,3	Qualità del campione	
0	0	0,0	100,0	0,25	783	89,4	10,6	Q1 Q2 Q3 Q4 Q5	DATI STACCIATURA
16	0	0,0	100,0	0,125	849	96,9	3,1		
9,5	32	3,7	96,3	0,063	862	98,4	1,6		
4	114	13,0	87,0						
2	208	23,7	76,3						

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia



I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel.-Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>PROVA DI TAGLIO DIRETTO</u> (Pagina 1 di 3)	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	16/12/2020
		Pagine Certificato :	6 di 8
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4704
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	1
		PROFONDITA' : m 5,70 - 6,00	

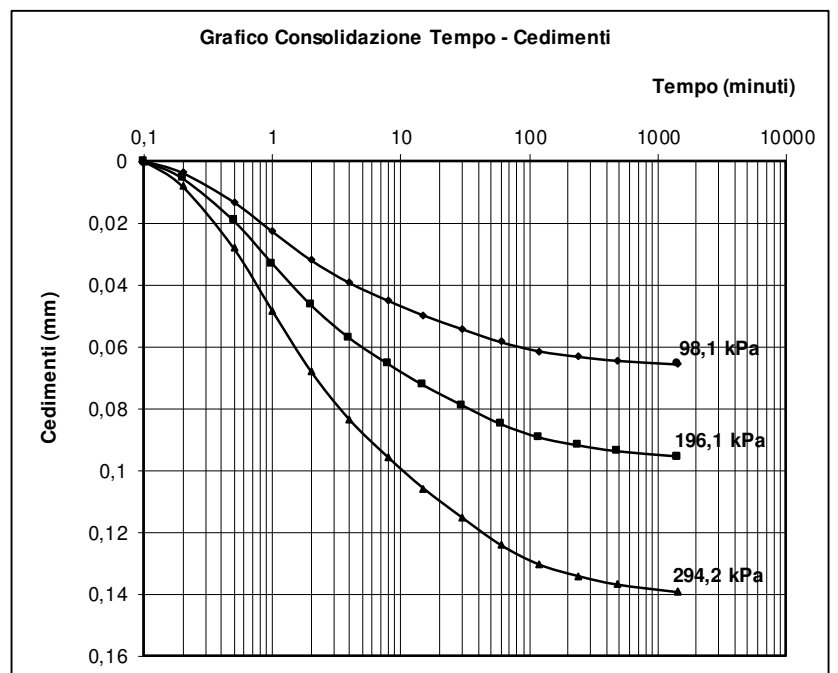
NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005

METODO UTILIZZATO	PROVA ESEGUITA CON SCATOLA DI CASAGRANDE 6 cm X 6 cm X 2 cm
--------------------------	---

CONDIZIONI INIZIALI DEI PROVINI				CONDIZIONI FINALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3	Provino n°	1	2	3
Condizioni del provino	Ricostituito	Ricostituito	Ricostituito	Massa provini Finale (g)	166,3	165,3	164,3
Massa provini Iniziale (g)	165,10	165,30	165,50	Massa secca provini (g)	149,6	149,2	149,8
Peso di Volume (kN/m ³)	22,49	22,51	22,54	Cont. d'acqua Fin.(%)	11,16	10,79	9,68
Cont. d'acqua Iniz.(%)	10,36	10,79	10,48				
Carico applicato (kPa)	98,07	196,13	294,20				
t ₁₀₀ (min)	480	480	480	Vel. di scorr. mm/min	0,003		

DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI CONSOLIDAZIONE

Tempo minuti	Cedimenti in fase di Consolidazione (mm)		
	Provino 1	Provino 2	Provino 3
0,2	0,004	0,006	0,008
0,5	0,013	0,019	0,028
1	0,023	0,033	0,048
2	0,032	0,047	0,068
4	0,039	0,057	0,084
8	0,045	0,066	0,096
15	0,050	0,073	0,106
30	0,054	0,079	0,115
60	0,059	0,085	0,124
120	0,061	0,090	0,131
240	0,063	0,092	0,134
480	0,065	0,094	0,137
1440	0,066	0,096	0,139
-			
-			
-			



Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

Massimiliano Valenza

ORIGINALE



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>PROVA DI TAGLIO DIRETTO</u> (Pagina 2 di 3)	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	16/12/2020
		Pagine Certificato :	7 di 8
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4704
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	1
		PROFONDITA' : m 5,70 - 6,00	

DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI ROTTURA DEI PROVINI
--

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
ΔH verticale (mm)	ΔX orizzontale (mm)	τ (kPa)	ΔH verticale (mm)	ΔX orizzontale (mm)	τ (kPa)	ΔH verticale (mm)	ΔX orizzontale (mm)	τ (kPa)
0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00
0,058	0,22	30,12	0,011	0,12	42,62	0,016	0,16	24,58
0,127	0,47	39,84	0,011	0,36	117,21	0,049	0,37	54,73
0,159	0,70	49,55	0,026	0,49	130,72	0,101	0,62	84,15
0,185	0,97	60,89	0,033	0,79	144,64	0,138	0,89	106,72
0,202	1,24	63,48	0,033	1,09	144,23	0,166	1,16	125,88
0,204	1,50	66,72	0,035	1,41	143,81	0,187	1,45	141,61
0,214	1,75	69,96	0,035	1,70	143,40	0,201	1,75	156,66
0,209	2,00	72,87	0,035	2,01	142,57	0,208	2,05	168,29
0,192	2,26	75,46	0,035	2,31	142,57	0,208	2,34	180,95
0,174	2,52	76,76	0,035	2,63	142,57	0,203	2,65	192,24
0,153	2,78	78,05	0,035	2,93	142,57	0,192	2,94	202,50
0,136	3,04	78,38	0,035	3,25	142,57	0,177	3,24	210,37
0,115	3,30	79,03	0,035	3,55	142,57	0,155	3,55	218,23
0,091	3,56	79,35	0,033	3,83	142,98	0,131	3,85	222,68
0,061	3,82	79,03	0,033	4,13	142,98	0,101	4,14	225,76
0,035	4,07	78,38	0,031	4,44	142,98	0,072	4,44	227,47
0,012	4,33	78,05	0,029	4,73	143,40	0,044	4,74	229,18
-0,007	4,58	77,41	0,029	5,04	144,23	0,016	5,06	228,84
-0,023	4,84	76,44	0,027	5,35	144,64	-0,011	5,35	226,79
-0,030	5,10	75,14	0,027	5,64	145,89	-0,035	5,66	225,76
-0,038	5,36	74,49	0,026	5,94	145,89	-0,056	5,96	225,76
-0,044	5,62	73,84	0,022	6,24	145,89	-0,079	6,26	225,76
-0,049	5,88	73,52						
-0,056	6,14	72,87						
-0,063	6,40	72,22						
-0,068	6,66	72,22						

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

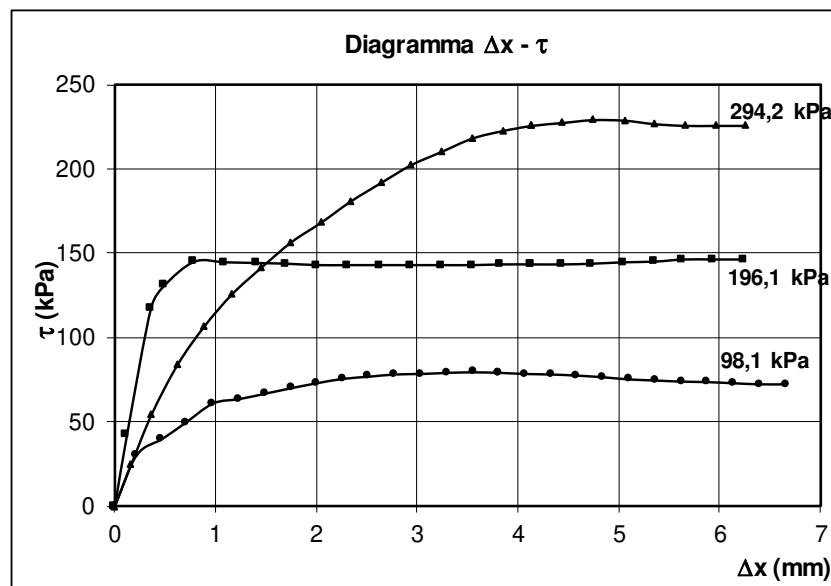
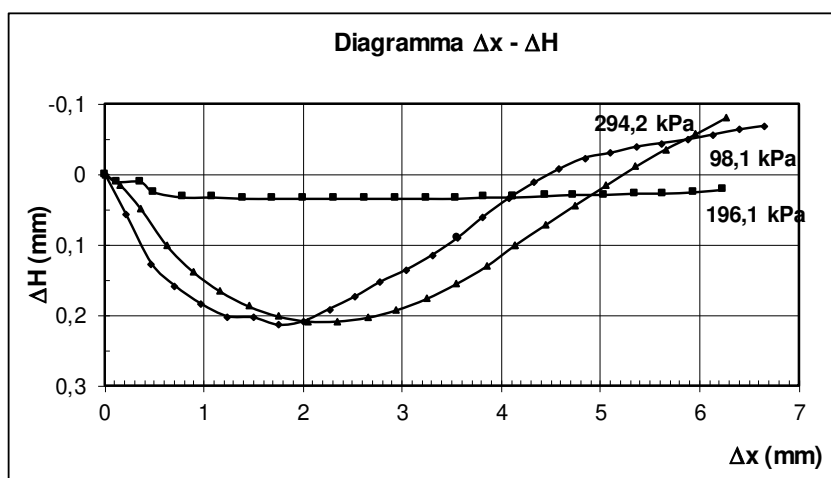
Massimiliano Valenza



Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>PROVA DI TAGLIO DIRETTO</u> (Pagina 3 di 3)	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	16/12/2020
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4704
		Pagine Certificato :	8 di 8
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	1
		PROFONDITA' :	m 5,70 - 6,00

DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA



Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

Massimiliano Valenza



Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>APERTURA CAMPIONE</u>	
<i>Data arrivo campione:</i>	16/12/2020	<i>Data Apertura:</i>	16/12/2020
		<i>Pagine Certificato :</i>	1 di 5
<i>Verbale Accettazione:</i>	21	<i>Certificato numero :</i>	4705
		<i>Data Certificato :</i>	21/12/2020
<i>INDAGINE :</i> Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
<i>COMMITTENTE :</i> Provincia di Cosenza			
<i>SONDAGGIO:</i>	1	<i>Campione :</i>	2
		<i>PROFONDITA' :</i>	m 6,70 - 7,00
NORMA DI RIFERIMENTO : UNI EN ISO 14688-1 : Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2 : Novembre 2004			

Caratteristiche del campione		Contenitore		Stato del campione	
<i>Diametro (mm):</i>	84	■	<i>Fustella</i>	□	<i>Disturbato o Rimaneggiato</i>
<i>Lunghezza dichiarata (mm):</i>	300	□	<i>PVC</i>	□	<i>Disturbo limitato</i>
<i>Lunghezza effettiva (mm):</i>	300	□	<i>Busta</i>	■	<i>Indisturbato</i>
Caratteristiche determinabili					
<i>Classe di qualità dichiarata : (Q1-Q5)</i>	Q5	Qualità del campione effettiva :			
		Disturbato o Rimaneggiato		Disturbo limitato	Indisturbato
		Q1	Q2	Q3	Q4
Profilo stratigrafico					
Composizione granulometrica					■
Contenuto d'acqua naturale					■
Peso dell'unità di volume					■
Caratteristiche meccaniche					■
Prove non eseguibili					
Parte Bassa		Parte Alta			
<i>Prelievo dei Pr ovini – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket</i>					
➔					
		Pr	Pr	Pr	Pr
2,7	5,4	8,1	10,8	13,5	16,2
		Pr	Pr	Pr	Pr
		18,9	21,6	24,3	27,0
					29,7
cm		cm			
Descrizione visiva del campione					
Ghiaia con Sabbia sciolta di colore grigiastro.					
Note					

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza



ORIGINALE



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia



I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA</u>	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	16/12/2020
		Pagine Certificato :	2 di 5
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4705
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	2
		PROFONDITA': m 6,70 - 7,00	

NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 1 : Febbraio 2005

DATI SPERIMENTALI

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Tara numero	1	2

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Massa Tara	9,00 g	9,30 g

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Massa Terreno Umido + Tara	976,10 g	925,30 g

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Massa Terreno Secco + Tara	886,80 g	835,60 g

	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
Contenuto d'acqua w	10,17 %	10,86 %

Media delle misurazioni w	10,51	%
---------------------------	--------------	----------

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

Massimiliano Valenza

ORIGINALE



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI</u> <u>VOLUME</u>	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	16/12/2020
		Pagine Certificato :	3 di 5
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4705
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	2
		PROFONDITA' : m 6,70 - 7,00	

NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005

METODO UTILIZZATO	Metodo con misurazioni lineari
--------------------------	--------------------------------

DATI SPERIMENTALI

Massa del campione utilizzato	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
	163,2 g	163,1 g
Volume del campione	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
	72 cm ³	72 cm ³
Peso dell'Unità di Volume	1 ^a misurazione	2 ^a misurazione
	22,228 (kN/m ³)	22,215 (kN/m ³)
Media delle misurazioni γ	22,222	(kN/m ³)

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

Massimiliano Valenza

ORIGINALE



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel-Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI</u>	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	18/12/2020
		Pagine Certificato :	4 di 5
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4705
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	2
		PROFONDITA' :	m 6,70 - 7,00

NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 3 : Febbraio 2005

DATI SPERIMENTALI

Temperatura	21	°C	Densità acqua γ_w	9,78723	kN/m ³
-------------	----	----	--------------------------	---------	-------------------

Massa Picnometro	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	30,740	g	30,946	g
Massa Campione	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	10	g	10	g
Massa Campione + Massa Picnometro	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	40,740	g	40,946	g
Massa Picnometro + acqua	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	82,980	g	83,327	g
Massa Campione + Massa Picnometro + acqua	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	89,258	g	89,602	g
Peso specifico γ_s	1 ^a misurazione		2 ^a misurazione	
	26,296	(kN/m ³)	26,274	(kN/m ³)
Media delle misurazioni γ_s	26,285			(kN/m ³)

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

Massimiliano Valenza

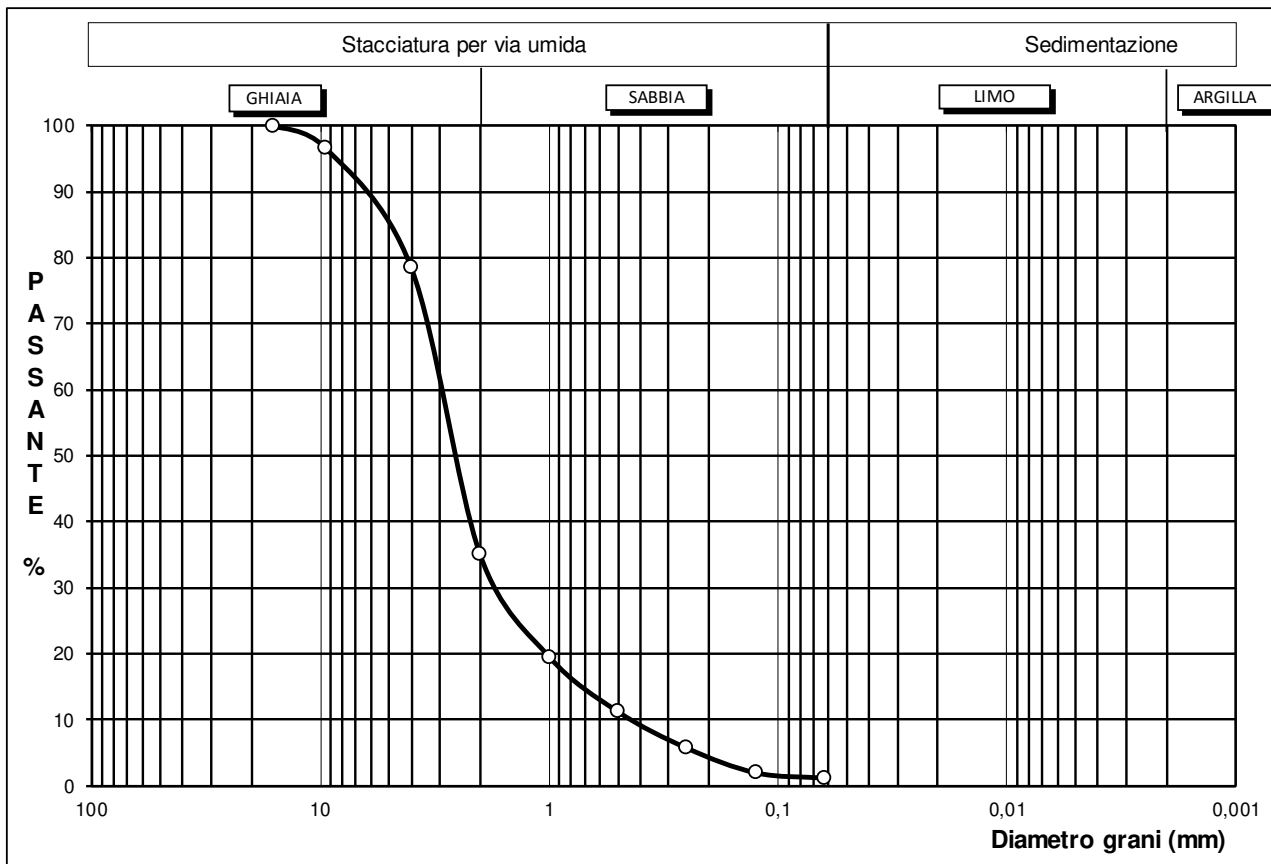
ORIGINALE



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

Domenico Celia

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008	
Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)		<u>ANALISI GRANULOMETRICA</u> <u>mediante setacci e/o crivelli</u>	
Data arrivo campione:	16/12/2020	Data esecuzione prova:	18/12/2020
		Pagine Certificato :	5 di 5
Verbale Accettazione:	21	Certificato numero :	4705
		Data Certificato :	21/12/2020
INDAGINE : Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa danneggiato a seguito di mareggiata del 21-24 dicembre 2019 - prove di laboratorio.			
COMMITTENTE : Provincia di Cosenza			
SONDAGGIO:	1	Campione :	2
		PROFONDITA' : m 6,70 - 7,00	



NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :				Ghiaia con Sabbia				SaGR	
Percentuali classi granulometriche:				Ghiaia 65,0%		Sabbia 33,9%		Limo 1,1%	
Diametro (mm)	Massa tratt. g	Trattenuto %	Passante %	Diametro (mm)	Massa tratt. g	Trattenuto %	Passante %	Massa del campione utilizzata:	
0	0	0,0	100,0	1	713	80,5	19,5	886 g	
0	0	0,0	100,0	0,5	787	88,8	11,2	Qualità del campione	
0	0	0,0	100,0	0,25	836	94,4	5,6	Q1	DATI STACCIATURA
16	0	0,0	100,0	0,125	869	98,1	1,9	Q2	
9,5	29	3,3	96,7	0,063	876	98,9	1,1	Q3	
4	190	21,4	78,6					Q4	
2	576	65,0	35,0					Q5	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

Massimiliano Valenza

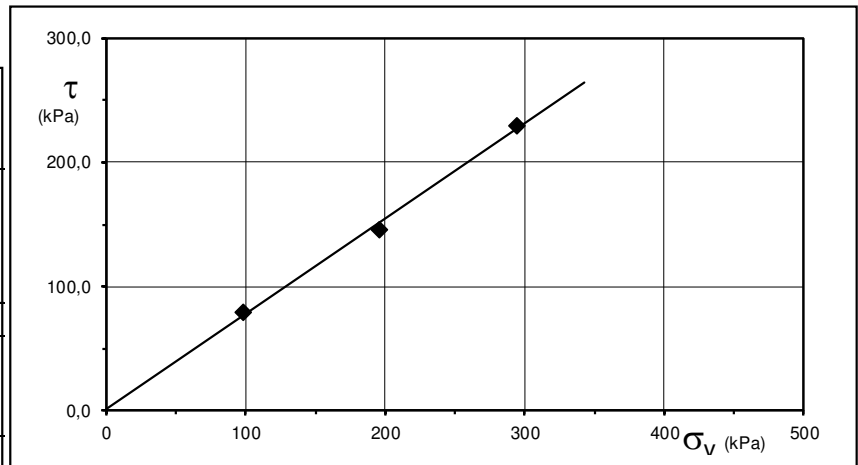


Domenico Celia

S1 C1 da m 5.70 – 6.00
Prova di taglio diretto – Valori di Picco

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	79,35	145,89	229,18
Spost. Oriz. a rottura (mm)	3,56	5,64	4,74

Norma UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005
<u>DIAGRAMMA</u> <u>Tensione - Pressione verticale</u>
Coesione (kPa) : 1,643
Angolo d'attrito (°) : 37,38



I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano

Azienda con sistema di gestione qualità UNI EN ISO 9001:2015

*Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)*

**Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it**

REPORT INDAGINI GEOFISICHE

Committente: Provincia di Cosenza - Edilizia Scolastica

Cantiere:

**“Lavori di demolizione e ricostruzione muro di sostegno Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa” sito in via P. Mancini, Acquappesa (CS) CUP PROV0000016741
CIG Z7F2FA4B83”**



Sommario

1. PREMESSA	2
2. INDAGINI SISMOSTRATIGRAFICHE	2
2.1. TOMOGRAFIE SISMICHE A RIFRAZIONE	2
2.1.1. <i>Metodo di acquisizione e di elaborazione</i>	3
2.2. M.A.S.W.	5
2.2.1. <i>Calcolo del V_s,eq</i>	7
3. MISURA HVSR_1	8
3.1. ANALISI HVSR (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO)	9
3.2. MODALITÀ ESECUTIVE DELLA PROVA E ACQUISIZIONE DATI	9
4. MISURA HVSR_2 (SULLA STRUTTURA)	10

Appendice:

- *Planimetria con Ubicazione Indagini (Scala 1: 1.000)*
- *Tomografia Sismica a Rifrazione (Scala 1: 200)*
- *M.A.S.W. (Analisi 1D)*
- *H.V.S.R.*
- *Tomografia Elettrica di Resistività (Scala 1: 350)*

1. PREMESSA

Il laboratorio I.P.G. (Istituto Prove Geotecniche) nell'ambito del progetto ***“LAVORI DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE MURO DI SOSTEGNO ISTITUTO TECNICO PER IL TURISMO DI ACQUAPPESA”*** ha eseguito, presso l'Istituto Tecnico per il Turismo di Acquappesa le indagini geofisiche di seguito elencate:

- *n° 1 Tomografia Sismica a Rifrazione;*
- *n° 1 M.A.S.W. (Analisi 1D);*
- *n° 2 Misure HVSR;*
- *n° 1 Tomografia Elettrica di Resistività.*

L'ubicazione delle indagini è riportata nella planimetria allegata (Scala 1:1.000). Tutte le indagini sono state documentate mediante foto.

I file ed i dati di acquisizione delle indagini in sito sono a disposizione del Committente per la durata di anni uno, mentre i risultati su supporto cartaceo e/o informatico lo saranno per 5 (cinque).

2. INDAGINI SISMOSTRATIGRAFICHE

Le indagini sismostratigrafiche sono state eseguite utilizzando la seguente attrezzatura:

- *sismografo Pasi Gea24;*
- *energizzatore a massa battente;*
- *prolunghe e materiale d'uso;*
- *geofoni da 4,5 Hz (verticali).*

2.1. Tomografie Sismiche a Rifrazione

La linea sismica è stata acquisita utilizzando 24 geofoni verticali, una distanza intergeofonica di 2,00 metri, una *Lunghezza di Registrazione di 200 ms* ed un *Sample Rate* di 0,125 ms. Gli scoppi (n°7) sono stati eseguiti con massa battente di 10 Kg su piastra di alluminio. Per l'acquisizione della linea sismica è stata utilizzata la seguente configurazione:

Tabella 1. Configurazione Linea Sismica 52 2020 Sis1

file_name	id	shot_distance	first_receiver	receiver_interval
52 2020 Sis1_1.dat	1	0.00	2.00	2.00
52 2020 Sis1_2.dat	2	2.00	2.00	2.00
52 2020 Sis1_3.dat	3	5.00	2.00	2.00
52 2020 Sis1_4.dat	4	27.00	2.00	2.00
52 2020 Sis1_5.dat	5	49.00	2.00	2.00
52 2020 Sis1_6.dat	6	52.00	2.00	2.00
52 2020 Sis1_7.dat	7	54.00	2.00	2.00

2.1.1. Metodo di acquisizione e di elaborazione

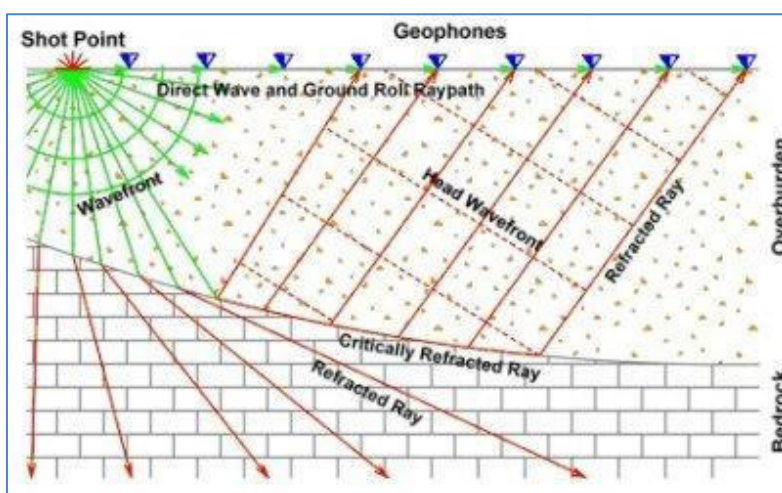


Figura 1. Schema esecutivo Sismica a Rifrazione

Il metodo della sismica a rifrazione è basato sulla misura del tempo necessario perché una perturbazione elastica, indotta nel suolo da una determinata sorgente d'energia (Energizzatore - Minibang della TEGEO e/o Mazza Battente su piastra d'alluminio), giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni), percorrendo lo strato superficiale a bassa ve-

locità (con onde dirette) e le superfici di separazione di strati a velocità crescente con la profondità (con onde rifratte). Ne consegue che, note le distanze fra punto di scoppio e ciascun geofono e noti i tempi di percorrenza, è possibile costruire un diagramma (dromocrona) in cui ciascun segmento è caratterizzato da un'inclinazione sull'asse delle ascisse che equivale all'inverso della velocità delle onde dello strato cui esso si riferisce; inoltre, gli stessi segmenti consentono il calcolo degli spessori degli strati.

La sismica a rifrazione è stata elaborata ed interpretata utilizzando il pacchetto software Seisimager/2D (Pickwin e Plotrefa). Il software consente di utilizzare i metodi di elaborazione classici (Reciprocal Method e Time-Term Inversion) e/o da questi procedere ad una inversione tomografica dei dati. Per eseguire l'inversione tomografica, naturalmente, è indispensabile avere una mole di dati, come nel nostro caso, consistente e ridondante (almeno n° 7 shots per linea).

La prima fase consiste nella determinazione del primo arrivo (V_p) di ogni "record" utilizzando il modulo software Pickwin.

La seconda fase consiste nella definizione dei Travel Time, i quali sono stati controllati e corretti per una stima il più possibile precisa delle V_p .

La terza fase consiste nella modellazione del profilo di velocità con il metodo di **"Inversione Tomografica"** fornita dal modulo software Plotrefa. Il metodo di interpretazione prevede che sia fornito un modello iniziale di velocità. Il modello offre una prima distribuzione delle velocità e l'intervallo di velocità da fornire alla successiva procedura di ray-tracing. L'obiettivo principale è di ricercare il minimo tempo di tragitto tra la sorgente e il ricevitore per ogni coppia degli stessi, utilizzando le onde sismiche e l'inverso della velocità (slowness). Il problema viene risolto attraverso un procedimento iterativo ai minimi quadrati. Per il ray-tracing il modello viene diviso in celle a velocità costante e quindi si attiva una procedura automatica che traccia iterativamente sul modello le tracce dei raggi sismici, con l'obiettivo di minimizzare l'errore quadratico medio (RMS) tra i tempi osservati e quelli calcolati. Valutato il risultato, l'operatore può intervenire sul modello variando sia l'andamento dei confini tra strati che le velocità degli stessi e facendo ripartire il ray-tracing, ottenendo un nuovo RMS. La procedura può essere ripetuta più volte al fine di ottenere un modello finale soddisfacente.

Nelle figure seguenti sono riportati i *Travel Time* dei dati sperimentali (quelli acquisiti in campo) e di quelli calcolati con il metodo sopra descritto. Dall'analisi delle stesse si evidenzia che l'errore statistico medio è molto basso (inferiore al 2 %) per cui l'elaborazione ottenuta rispecchia abbastanza fedelmente la sequenza litologica locale.

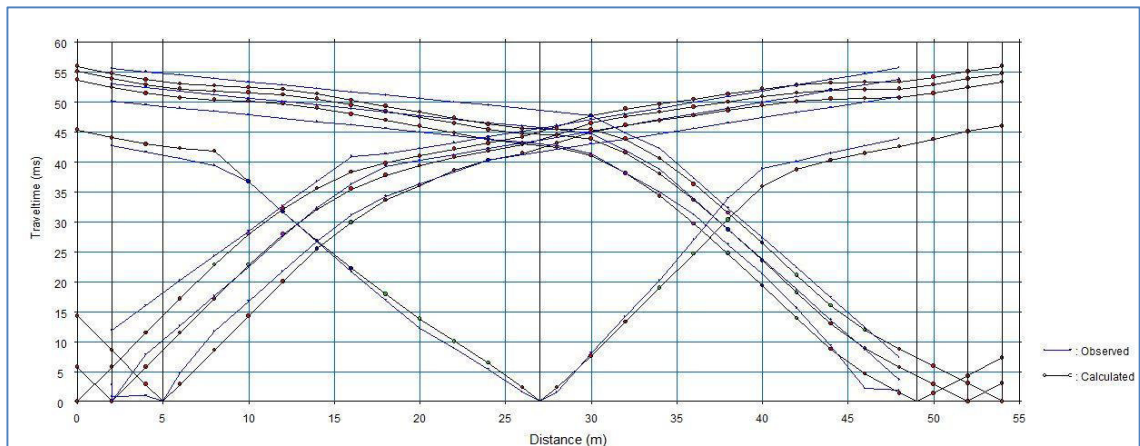


Figura 2. Travel Time - Linea Sismica 52 2020 Sis1

Per i dettagli si rimanda alla sezione allegata in appendice (Scala 1:200)

2.2. M.A.S.W.

Con una prospezione sismica M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves) si analizza il fenomeno della dispersione che le onde di superficie subiscono in un mezzo stratificato.

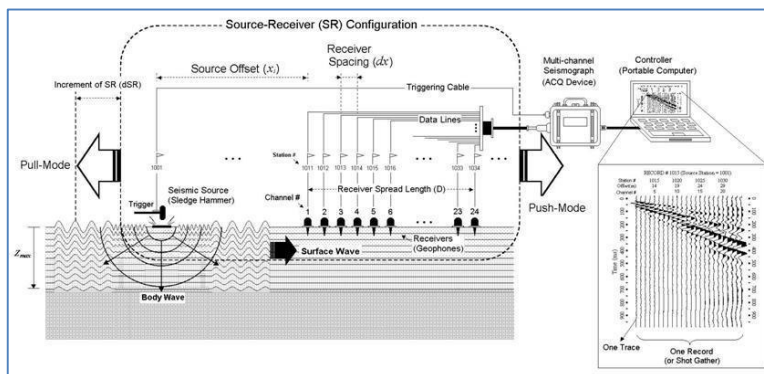


Figura 3. Schema di esecuzione e registrazione di una M.A.S.W.

La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza è, infatti, influenzata dalle proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta velocità di fase.

Le MASW attive sono realizzate tramite analisi di onde di Rayleigh, onde di Love, oppure congiuntamente Rayleigh + Love. Queste rappresentano le onde di superficie prodotte dall'iterazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Le onde di Rayleigh, e più precisamente le loro componenti verticali, vengono registrate tramite i comuni geofoni verticali a bassa frequenza e generate da una sorgente ad impatto verticale (la classica martellata). Le onde di Love invece vengono acquisite mediante geofoni a componente

orizzontale e generate applicando una sorgente di taglio al terreno, questo perché le loro componenti si muovono solamente sul piano orizzontale, con oscillazione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda. Durante le prospezioni in oggetto lungo lo stendimento sismico sono state registrate sia le componenti verticali delle onde di Rayleigh che le onde di Love.

Il principio della tecnica MASW prevede che, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo (ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati). La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio.

L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la curva di dispersione, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del dataset è ottenuta mediante il passaggio dal dominio spazio-tempo (sismogramma) al dominio velocità di fase/frequenza (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato. Nel nostro caso sono stati utilizzati i moduli Pikwin e WaveEq del software Seisimager SW.

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti. Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

1. La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh o di Love è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
2. La propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh o di Love si verifica senza problemi anche in caso di inversioni di velocità. Rispetto alla sismica a rifrazione, infatti, il metodo M.A.S.W. non presenta problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi.

3. La propagazione delle onde di superficie, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (N.T.C. 2018).

L'acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh è avvenuta mediante registrazione della propagazione del segnale sismico generato da una sorgente ad impatto verticale (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a movimento verticale.

I principali parametri di acquisizione della M.A.S.W. sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 2. Configurazione M.A.S.W.

Linea Sismica	N° Geof.	Shot coord. (m)	Passo (m)	Coord. 1° geof. (m)	N° File	Record Length (ms)	Sample Rate (ms)
52 2020 Sis1	24	50,00	2,00	0,00	Acquappesa MB	2000	1

Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi modi, che possono sovrapporsi all'interno dello spettro di velocità.

2.2.1. Calcolo del $V_{s,eq}$

Il D.M. 17.01.2018 ha aggiornato la normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Oltre alle importanti novità relative alle metodologie di calcolo ingegneristico è stata modificata la classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto limitandole in 5 categorie principali (dalla A alla E), sulla base del parametro $V_{s,eq}$.

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:

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

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.

I dati acquisiti non hanno evidenziato, sino alla profondità di ml 35,00 da p.c., la presenza del bedrock sismico (con $V_s > 800$ m/sec). Per tale motivo, riferendo il piano di posa di un'eventuale fondazione all'attuale piano campagna, il $V_{s,eq}$ calcolato per i primi 30 metri di profondità è di **397 m/sec**.

2.3. Conclusioni indagini sismostratigrafiche

La prospezione sismica a rifrazione e la M.A.S.W. hanno consentito di individuare i sismostrati indicati nella sezione allegata, il valore del $V_{s,eq}$ (397 m/sec) e di stimare mediante formule empiriche i parametri elastomeccanici (di seguito tabulati).

Tabella 3 Stima parametri elastomeccanici

Tomografia Sismica Sis1								
Strato	Prof. (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	γ (KN/m ³)	ν	G (Mpa)	k (Mpa)	E (Mpa)
Sismostrato 1	5,00	600	238	18,0	0,41	104	522	292
Sismostrato 2	10,00	1250	287	18,5	0,47	155	2739	457
Sismostrato 3	16,00	2000	479	20,0	0,47	468	7531	1375
Sismostrato 4	30,00	2300	569	20,5	0,47	677	10152	1986
Legenda:								
V_p = Velocità delle onde prime (da sez. sismica)				G = Modulo di taglio dinamico				
V_s = Velocità delle onde seconde (da MASW)				k = Modulo di incompressibilità				
γ = Peso di volume naturale				E = Modulo di elasticità dinamico				
ν = Coefficiente di Poisson								

3. Misura HVSR_1 (sul "terreno")

Nell'ambito del lavoro indicato in premessa è stata eseguita n° 1 registrazione di microtre-mori al suolo effettuate su una stazione di misura singola, ed elaborata secondo la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

L'indagine è stata condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dal Progetto SESAME (Site EffectS Assessment using AMBient Excitations) che stabilisce la corretta

esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array e fornisce i criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati. L'analisi dei dati è stata eseguita mediante il software GEOEXPLORER HVSR 2.4.0 - SARA electronic instruments srl.

3.1. Analisi HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio - Metodo Nakamura), è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. Il metodo è basato sull'acquisizione del rumore sismico (microtremore) generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Il risultato che si ottiene da una registrazione di questo tipo è la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici/strutture in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosa per la stabilità degli stessi in presenza di sisma.

3.2. Modalità esecutive della prova e acquisizione dati

Per l'esecuzione dell'indagine si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (X-Y-Z). Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore a 20 minuti (nel nostro caso la registrazione è stata di 30 minuti). Dopo opportuni filtraggi ed operazioni di elaborazione si ottiene il rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

In allegato è riportato il Report completo della prova.

4. MISURA HVSR_2 (sulla struttura)

Per confrontare la “frequenza di vibrazione” della struttura con quella caratteristica del sito è stata eseguita una misura HVSR al primo piano dell’edificio. La sua posizione è indicata nella planimetria allegata. La registrazione ha avuto una durata di 1800 secondi utilizzando una frequenza di campionamento di 600,00 Hz.

Per l’acquisizione dei dati è stato utilizzato lo stesso strumento utilizzato per la HVSR sul “terreno”.

È stata eseguita un’analisi comparata degli spettri delle componenti nelle due registrazioni. L’analisi degli spettri ha evidenziato che il modo principale di vibrazione (componenti orizzontali) dell’edificio è tra i 6,00 ed i 7,00.

In allegato è riportato il Report completo della prova e l’analisi comparata degli spettri delle componenti nelle due registrazioni.

5. TOMOGRAFIA ELETTRICA DI RESISTIVITÀ (ERT)

I valori di *Resistività Apparente* delle **ERT**, sono stati acquisiti con un georesistivimetro SYSCAL R2 dell'*Iris Instruments* ad acquisizione automatica dei dati di resistività apparente mediante sistema multielettrodo. La strumentazione utilizzata ha le seguenti principali caratteristiche tecniche:

- *Voltaggio massimo 800 V con 2 A*
- *Risoluzione 10 μ A ed 1 μ V*
- *Input impedenza 10 Mohm*
- *Compensazione automatica del potenziale spontaneo (da -5V a + 5V)*
- *Misurazione della resistenza di contatto da 0,1 a 1.000 K Ω*
- *Acquisizione dei dati di resistività mediante sistema multi elettrodo.*

Tabella 4. "Configurazione" ERT

Nome	Località	Lunghezza (m)	N° Elettrodi	Distanza interelettrodica (m)	N° Punti di acq. (post-processing)	N° Livelli	Profondità max di invest. (m)
52 2020 ERT1	Acquappesa	117,50	48	2,50	436	22	22,00

5.1. Note Tecniche di esecuzione

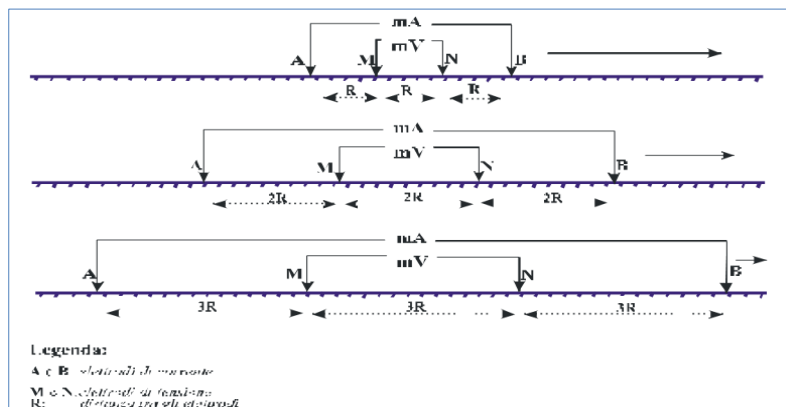


Figura 4. Schema configurazione Wenner-Schlumberger

La ERT è stata realizzata, mediante un sistema di acquisizione dati automatico (sistema multielettrodo) con misure nel campo *dominio frequenza* utilizzando la configurazione elettrodica **Wenner-Schlumberger**. La percentuale di errore di acquisizione delle misure di resistività

apparente è stata molto bassa. Dai dati si evidenzia che la percentuale di errore delle misure di resistività utilizzate è stata uguale o prossima allo zero. Le misure "anomale" dovute a *Noise* strumentale sono state eliminate in fase di pre-processing.

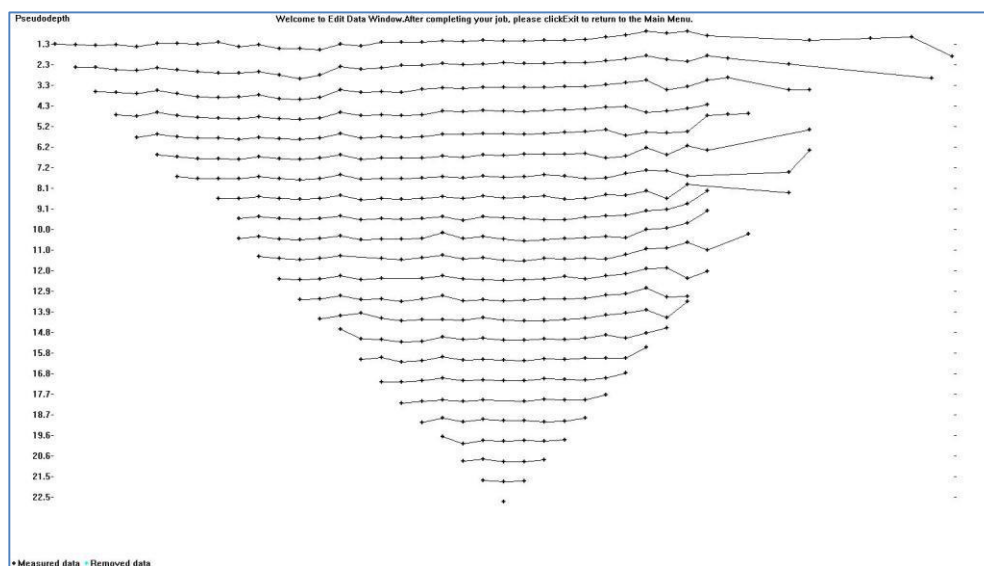


Figura 5. Punti di acquisizione ERT_1 (postprocessing)

5.2. Note tecniche di elaborazione

Nel presente paragrafo viene brevemente riportata la **tecnica di inversione 2D** utilizzata dal software RES2DINV per l'elaborazione dei dati. Nella figura seguente è visibile la pseudosezione (postprocessing) con i valori di resistività apparente acquisiti in campagna.

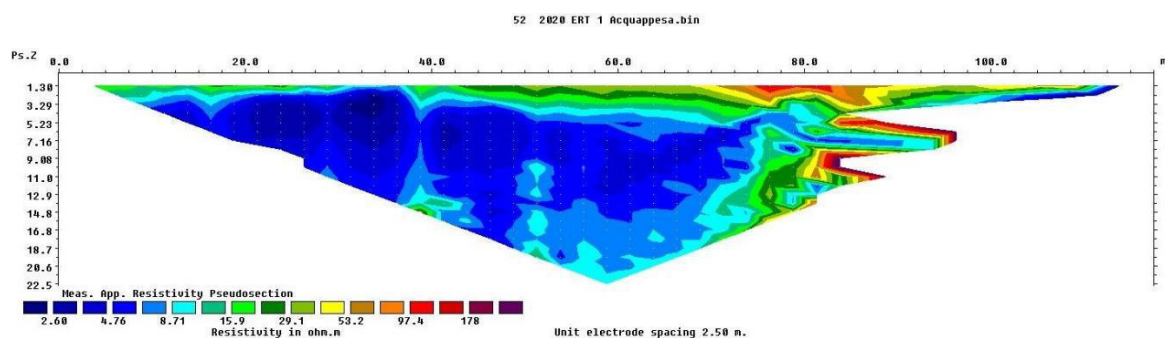


Figura 6. Pseudosezione ERT_1

La tecnica di elaborazione, che consente di ottenere modelli ragionevolmente accurati di diverse strutture geologiche, divide il sottosuolo in un certo numero di blocchi rettangolari e utilizza una tecnica di ottimizzazione non lineare per migliorare un modello iniziale.

Loke e Barker (1995) hanno introdotto una rapida tecnica basata sull'ottimizzazione ai minimi quadrati che produce un modello libero da distorsioni causate dalla geometria degli elettrodi ed insensibile al rumore *random* nei dati. Questa tecnica è anche chiamata "**metodo di deconvoluzione ai minimi quadrati**" (Smoothness constrained, least-square inversion), perché separa l'effetto dovuto alla geometria dell'array di elettrodi sulla resistività apparente, dall'effetto dovuto alla resistività del sottosuolo. Assumendo un modello 2D costituito da blocchi rettangolari aventi resistività costante, l'approccio è quello di usare un metodo di ottimizzazione iterativo non lineare per determinare la resistività dei blocchi stessi.

Il metodo *smoothness constrained* ai minimi quadrati (de Groot-hedlin and Constable, 1990) viene usato per determinare la resistività dei blocchi rettangolari (parametri del modello) che minimizzi la differenza tra i valori di resistività apparente calcolata e quelli misurati. L'equazione ai minimi quadrati è:

$$(J^T + \lambda C^T C)p = j^T \vec{g}$$

dove J è la matrice Jacobiana delle derivate parziali, λ è il "fattore di smorzamento" (damping factor), \vec{g} è il vettore di discrepanza che contiene la differenza logaritmica tra r_a misurato e r_a calcolato; \vec{p} è il vettore di correzione dei parametri del modello e C è il *flatness filter* il cui effetto è quello di forzare il *lisciamento* dei parametri del modello in alcuni valori costanti (Sasaki, 1992). Il vettore di correzione \vec{p} si calcola usando i logaritmi dei valori di resistività del modello.

Il procedimento d'inversione si può dividere in tre passi fondamentali:

- Il primo passo consiste nel calcolare i valori di r_{app} per il modello in uso. Il calcolo si esegue con il metodo alle differenze finite, o agli elementi finiti. (Sasaki, 1992).
- Si calcola la matrice Jacobiana J delle derivate parziali.
- Si risolve il sistema di equazioni linearizzato

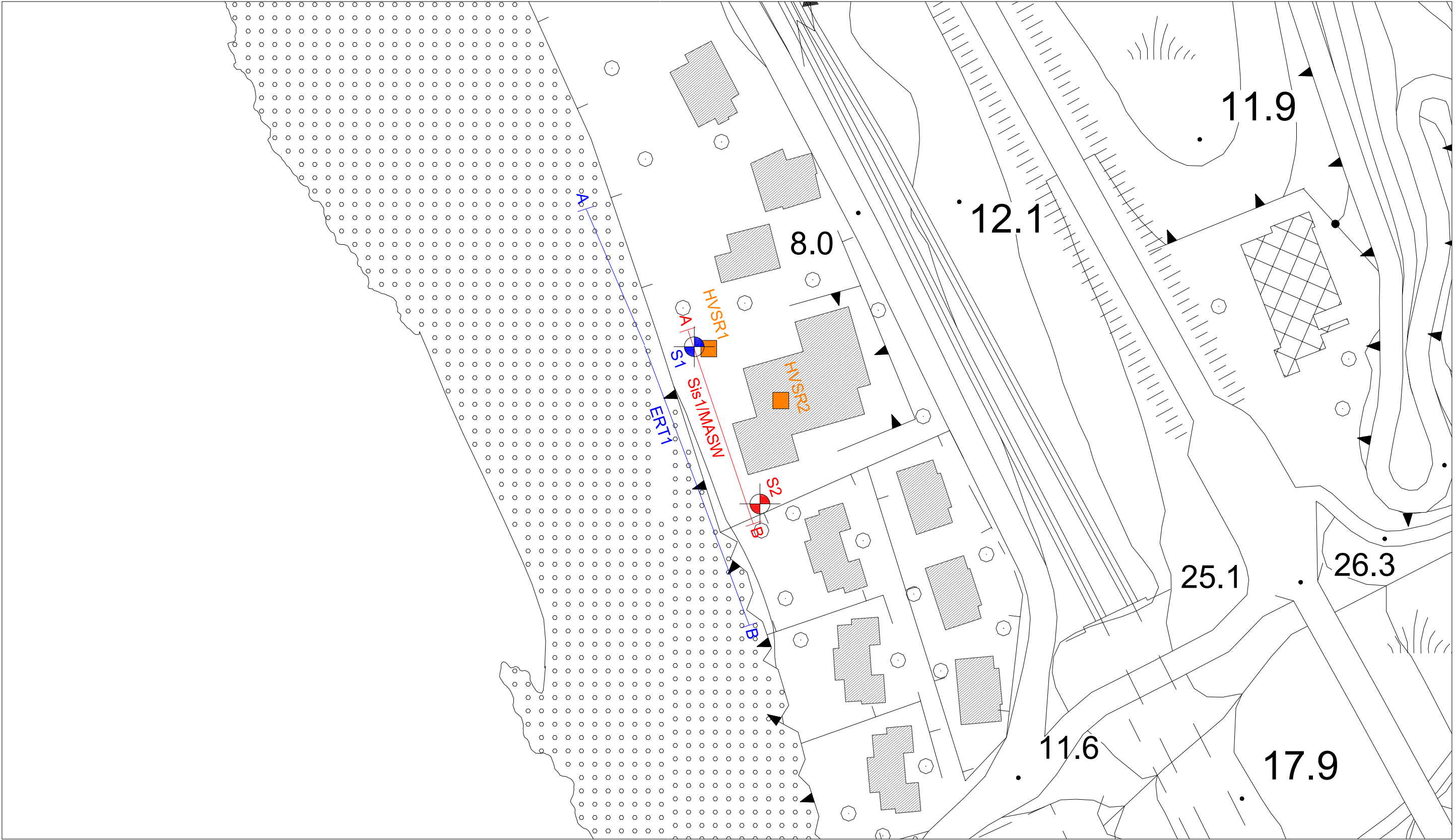
La derivata parziale per un blocco rettangolare 2D si può ottenere integrando tra -8 e +8 in direzione y e entro opportuni limiti per x e z . In questo caso i blocchi rettangolari sono distribuiti in modo da seguire la distribuzione di punti misurati in una pseudosezione di resistività apparente (Barker, 1992). Il numero di blocchi usati è pari al numero di dati misurati; la profondità del blocco è fissata alla profondità media d'investigazione dell'array di elettrodi.

5.3. Conclusioni ERT

La ERT è stata eseguita alla base del muro di contenimento danneggiato ed ha messo in evidenza la presenza di depositi prevalentemente sabbiosi saturi in superficie e francamente litoidi in profondità. I valori di resistività relativa riscontrati sono drasticamente abbassati “dall’ingresso” dell’acqua marina nei litotipi.

Per i dettagli si rimanda alla sezione allegata in appendice (Scala 1:350).

Castrolibero, dicembre 2020



Legenda:

Tomografia Elettrica di Resistività (ERT)

Tomografia Sismica a Rifrazione/M.A.S.W. (Analisi 1D)

Misura HVSR

Sondaggio a Carotaggio Continuo
attrezzato con piezometro a tubo aperto

Sondaggio a Carotaggio Continuo

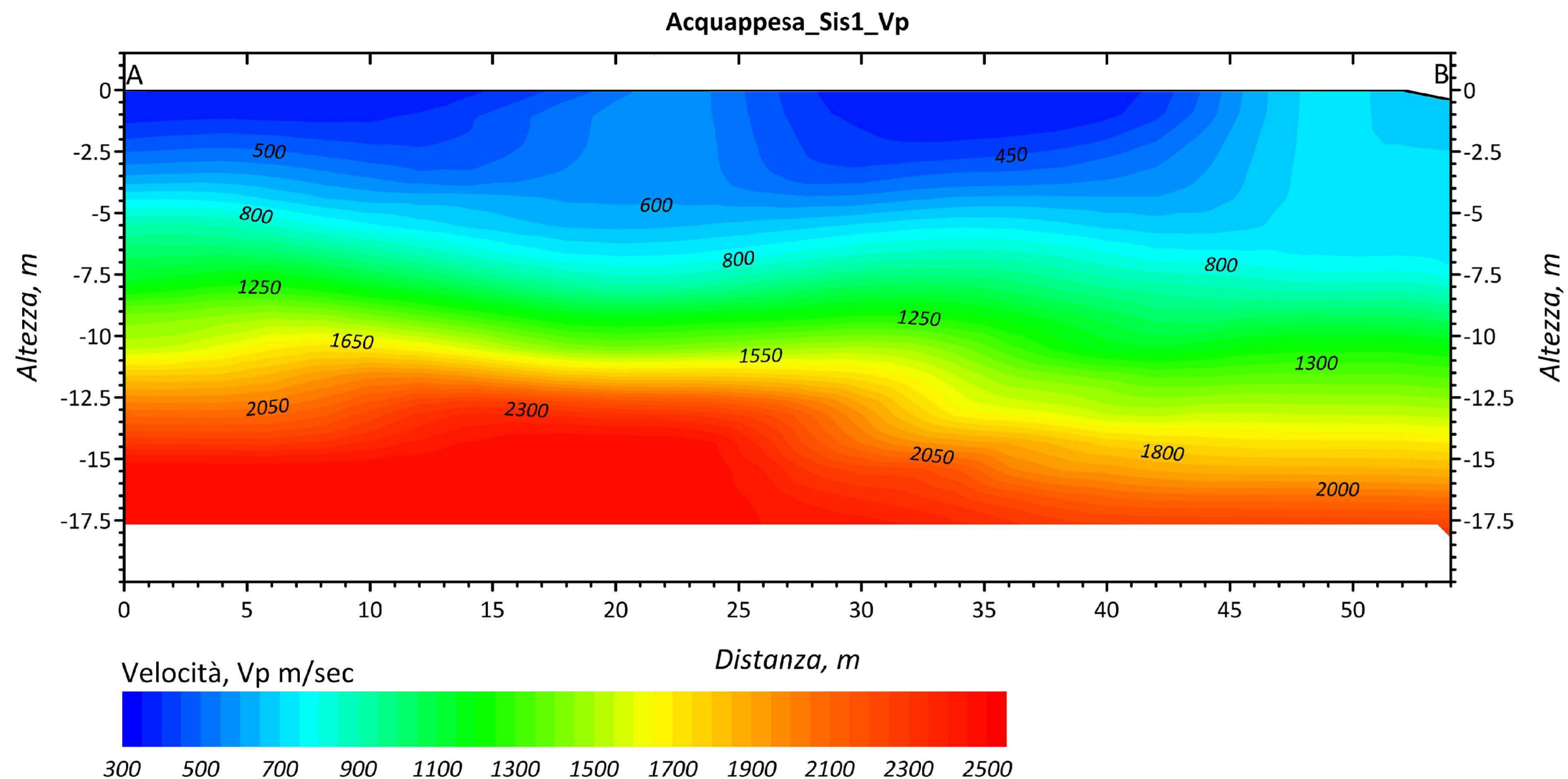
Progetto:
COSTRUZIONE MURO DANNEGGIATO

Committente:
Provincia di Cosenza




Tavola: Ubicazione Indagini

Comune: **Acquappesa (CS)**
Località: **Istituto Tecnico per il Turismo**

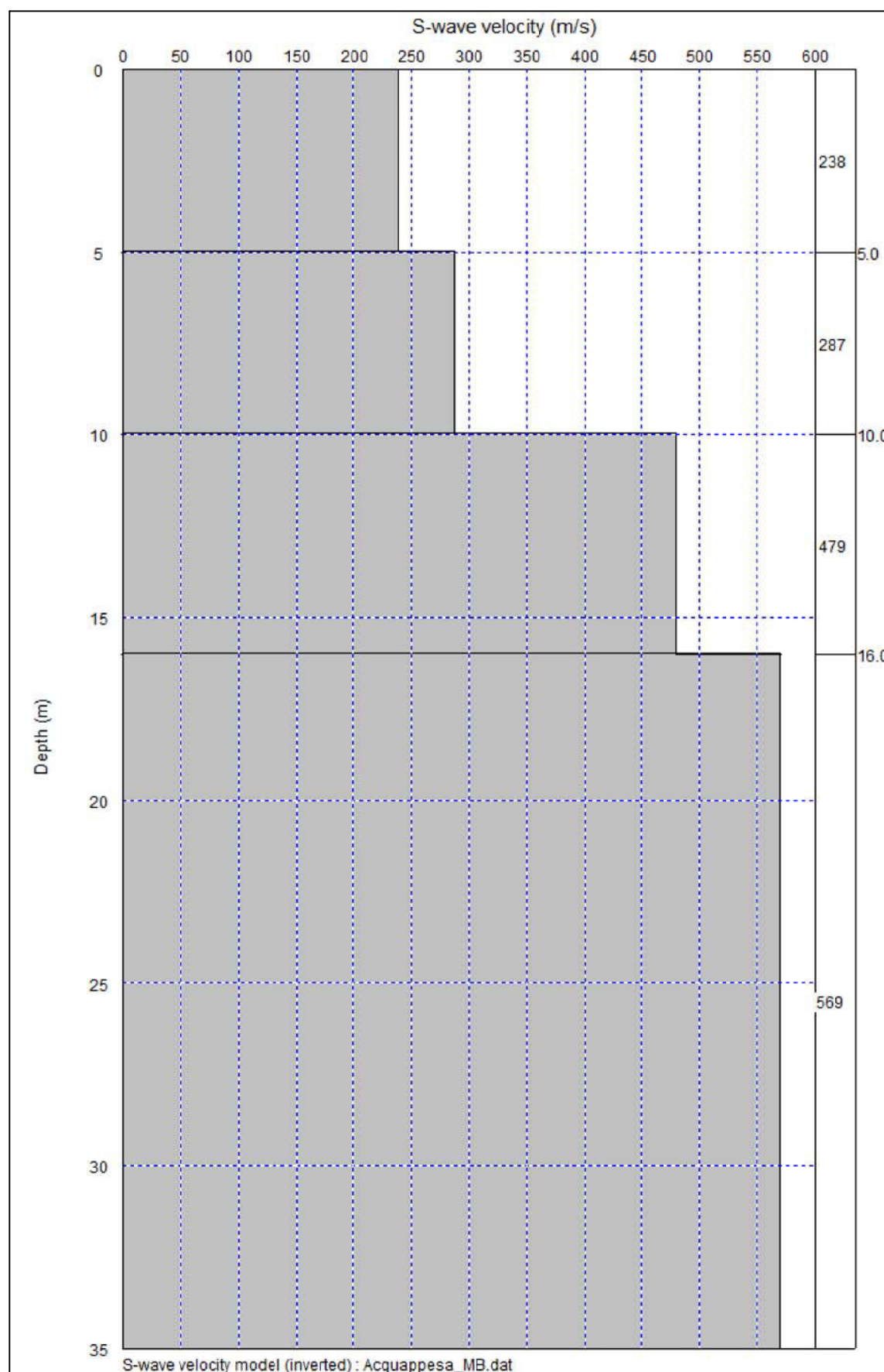
Scala: **1:1.000**



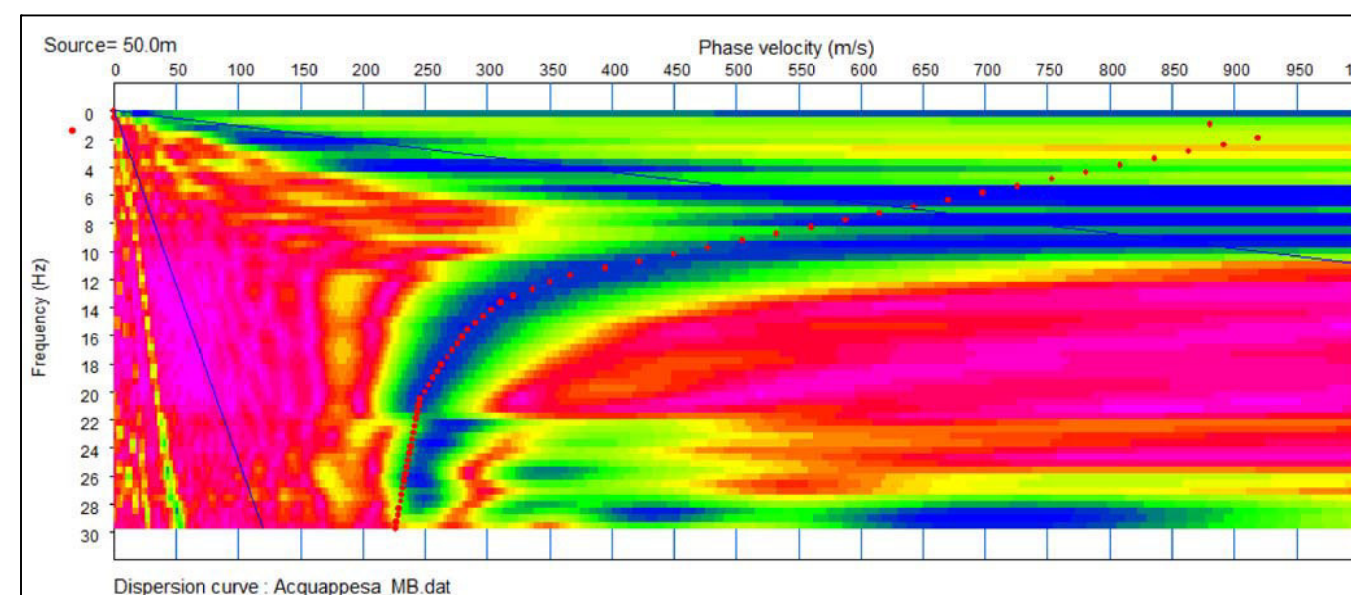
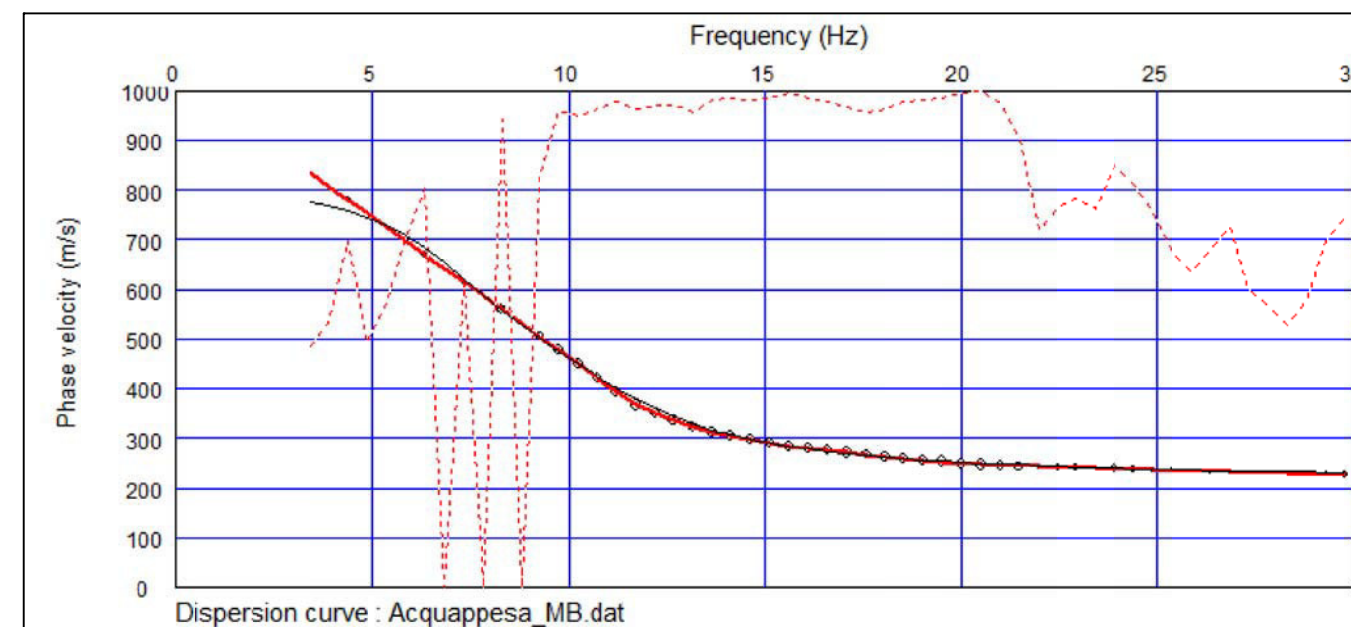
Legenda:

-  **Sismostrato 1.** "Terreno" di riporto
-  **Sismostrato 2.** Riconducibile a depositi prevalentemente sabbiosi
-  **Sismostrato 3.** Riconducibile al substrato metamorfico

Descrizione: COSTRUZIONE MURO DANNEGGIATO	
Committente: I.P.G. s.n.c. (Istituto Prove Geotecniche)	Comune: Acquappesa (CS) Località: Istituto Tecnico per il Turismo
Tavola: Tomografia Sismica 52 2020 Sis1	Scala: 1:200



$V_{s,eq}$ (da p.c., ponendo $H = 30,00$ m) = 397 m/sec



Descrizione: COSTRUZIONE MURO DANNEGGIATO	
Committente: I.P.G. s.n.c. (Istituto Prove Geotecniche)	Comune: Acquappesa (CS) Località: Istituto Tec. per il Turismo
Tavola: MASW 1D - 52 2020 Sis1	Scala:

HVSR_1 STATION INFORMATION

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato il sismografo SR04S3 (Geobox) a 3 canali della SARA Electronic Instruments S.r.l. con le seguenti caratteristiche strumentali principali:

Numero canali	3 linearizzati a 0.5 Hz
Convertitore A/D	24 bit ($\Sigma\Delta$)
Range dinamico	124dB (144 dB. 24 bit effettivi. fra 0.1 e 10 Hz)
Campionamento	simultaneo sui tre canali
Sampling rates	Da 10-600
Certificazioni	CE (EN55022. EN55011)
Elaborazione	GEOEXPLORER HVSR 2.4.0 - SARA electronic instruments srl

PLACE INFORMATION

Place ID: 52 2020 Acquappesa_HVSR 1

Address: Istituto Tecnico per il Turismo

Latitude: 39.482508

Longitude: 15.957767

Coordinate system: WGS84

Elevation: 7 m s.l.m.

Weather: Coperto

Notes: La registrazione eseguita rispetta sia i criteri SESAME per una curva H/V affidabile che quelli per un picco H/V chiaro.

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2020/12/07 10:45:51

Recording length: 1800 sec

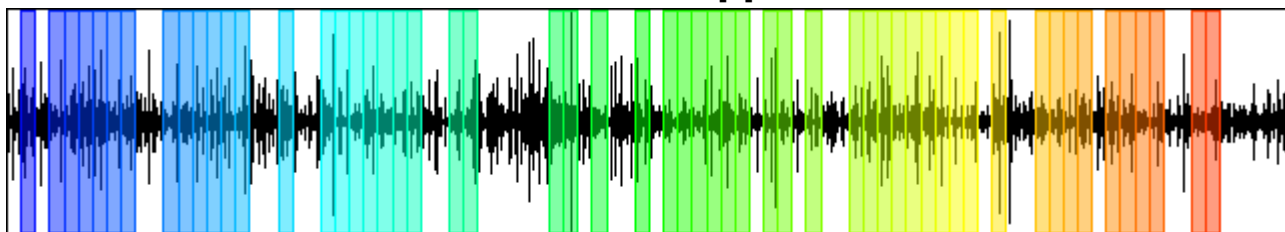
Windows count: 56

Average windows length: 20

Signal coverage: 62.22%

169965 Counts

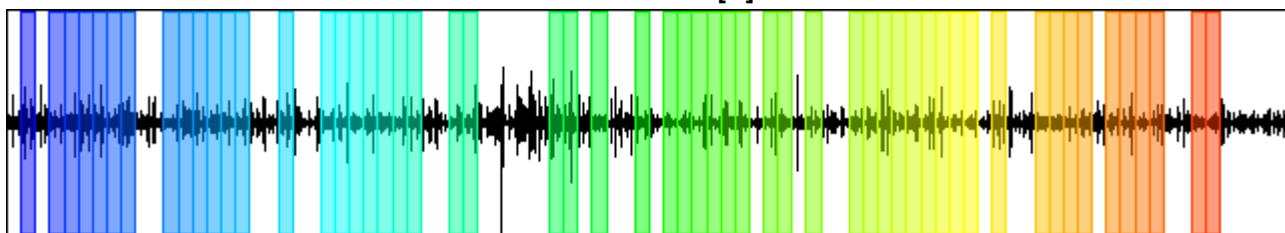
CHANNEL #1 [V]



-169463 Counts

174906 Counts

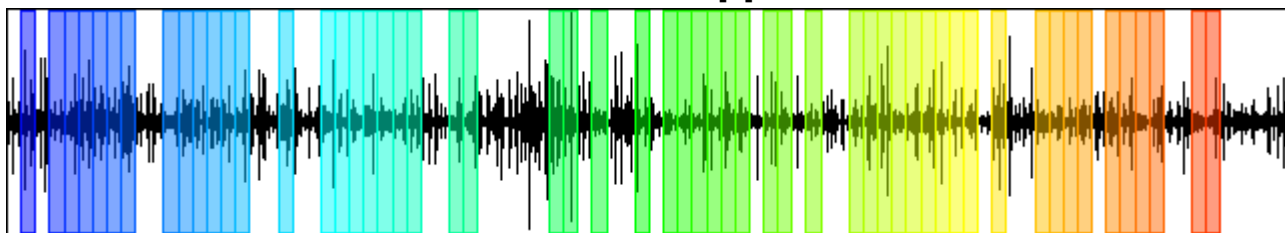
CHANNEL #2 [N]



-346682 Counts

243022 Counts

CHANNEL #3 [E]



-233747 Counts

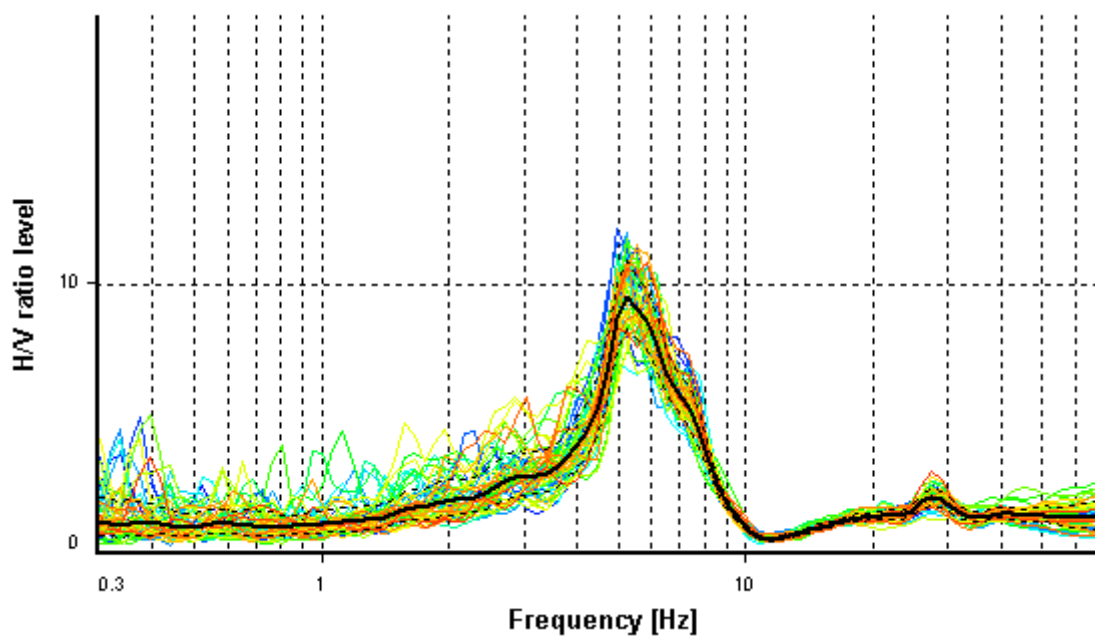
HVSR ANALYSIS

Tapering: Disabled

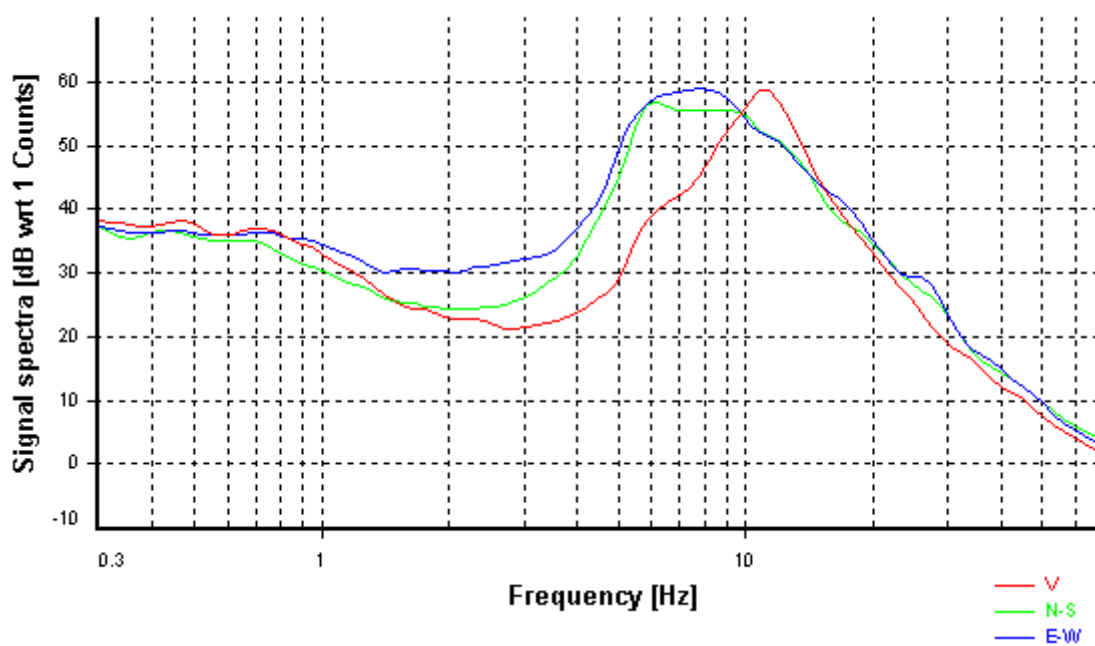
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

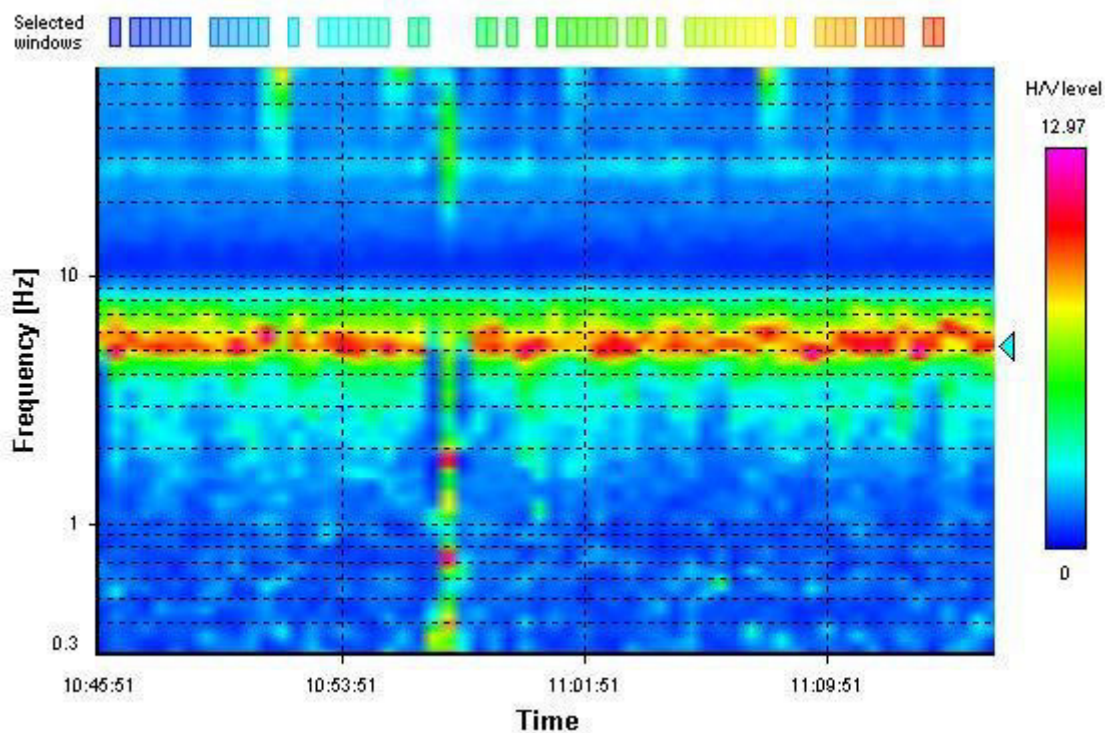
HVSR average



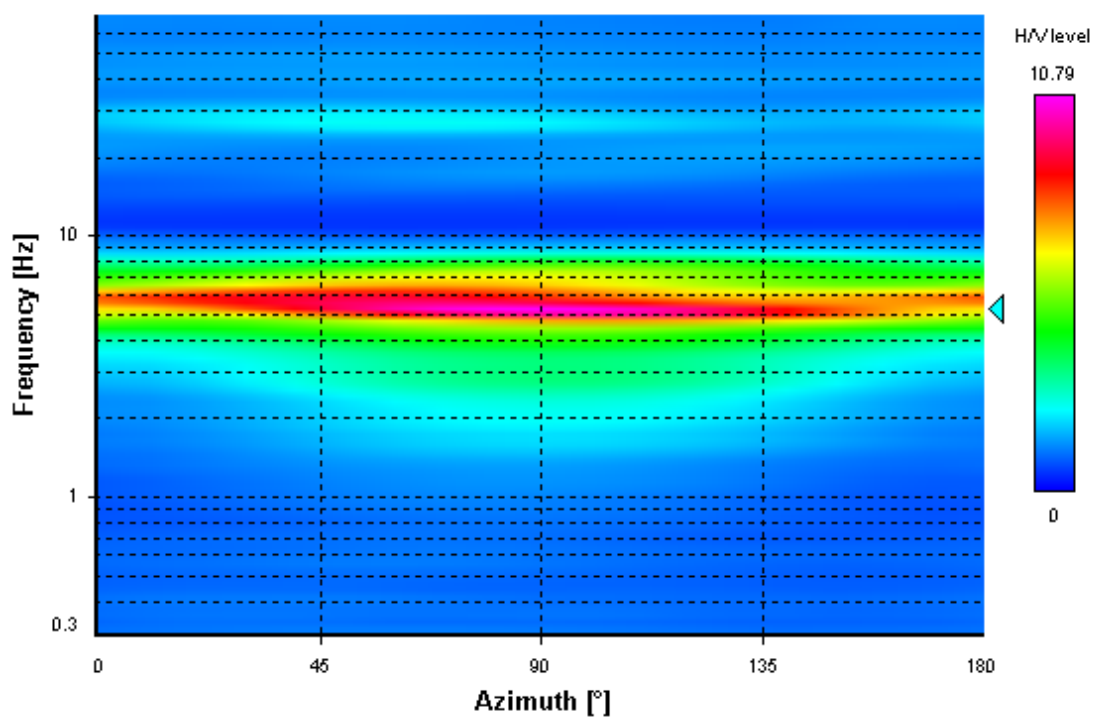
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



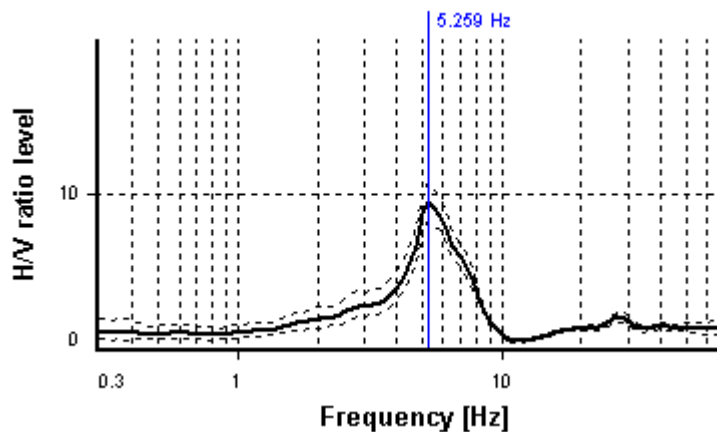
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

5.259 Hz

A_0 amplitude = 9.512

Average $f_0 = 5.405 \pm 0.337$



HVSR curve reliability criteria

$f_0 > 10 / L_w$	56 valid windows (length > 1.9 s) out of 56	OK
$n_c(f_0) > 200$	5890.13 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 25	OK

HVSR peak clarity criteria

$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.21921 Hz	OK
$\exists f^* \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	7.73285 Hz	OK
$A_0 > 2$	9.51 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.3371 >= 0.26295	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.1397 < 1.58	OK

Overall criteria fulfillment

OK

HVSR_2

STATION INFORMATION

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato il sismografo SR04S3 (Geobox) a 3 canali della SARA Electronic Instruments S.r.l. con le seguenti caratteristiche strumentali principali:

Numero canali	3 linearizzati a 0.5 Hz
Convertitore A/D	24 bit ($\Sigma\Delta$)
Range dinamico	124dB (144 dB. 24 bit effettivi. fra 0.1 e 10 Hz)
Campionamento	simultaneo sui tre canali
Sampling rates	Da 10-600
Certificazioni	CE (EN55022. EN55011)
Elaborazione	GEOEXPLORER HVSR 2.4.0 - SARA electronic instruments srl

PLACE INFORMATION

Place ID: 52 2020 Acquappesa_HVSR 2

Address: Istituto Tecnico per il Turismo

Latitude: 39.482421

Longitude: 15.958003

Coordinate system: WGS84

Elevation: 10 m s.l.m.

Weather: Coperto

Notes: La registrazione eseguita rispetta sia i criteri SESAME per una curva H/V affidabile che quelli per un picco H/V chiaro.

PHOTOGRAPHIC REFERENCES



SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 600 Hz

Recording start time: 2020/12/07 11:40:05

Recording length: 30 min

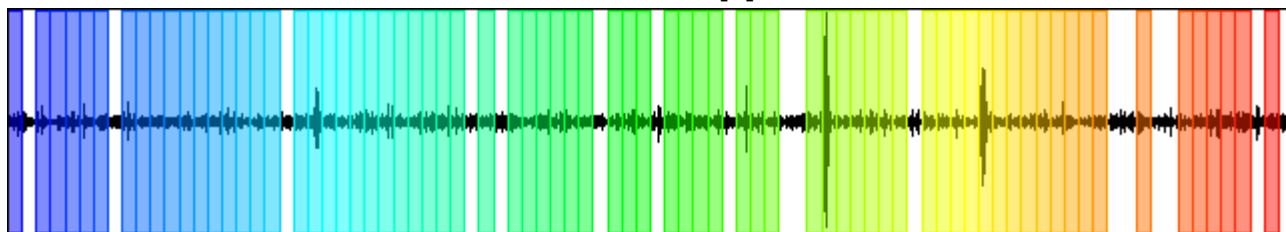
Windows count: 73

Average windows length: 20

Signal coverage: 81.11%

763389 Counts

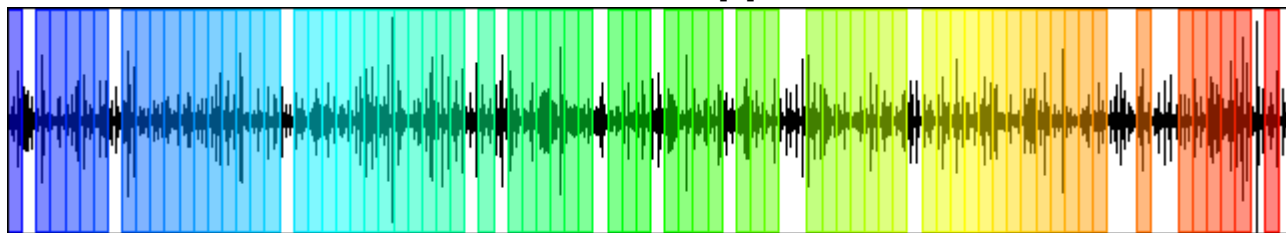
CHANNEL #1 [V]



-723802 Counts

263822 Counts

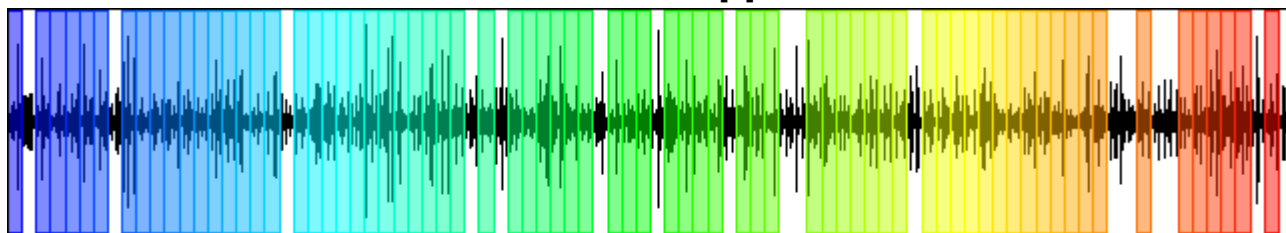
CHANNEL #2 [N]



-281594 Counts

160647 Counts

CHANNEL #3 [E]



-152978 Counts

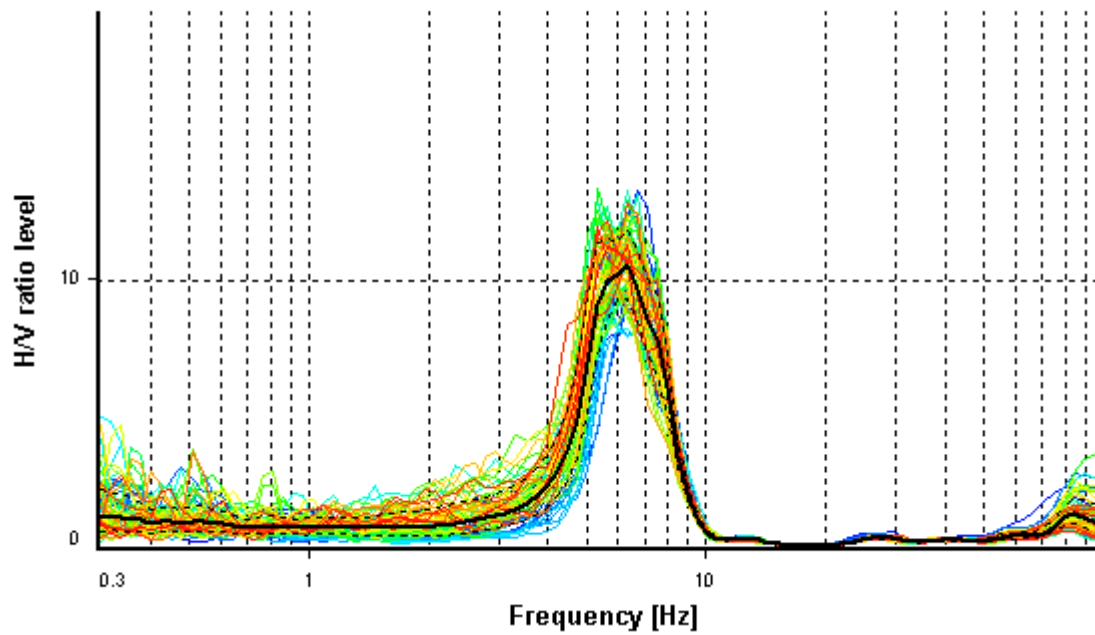
HVSR ANALYSIS

Tapering: Disabled

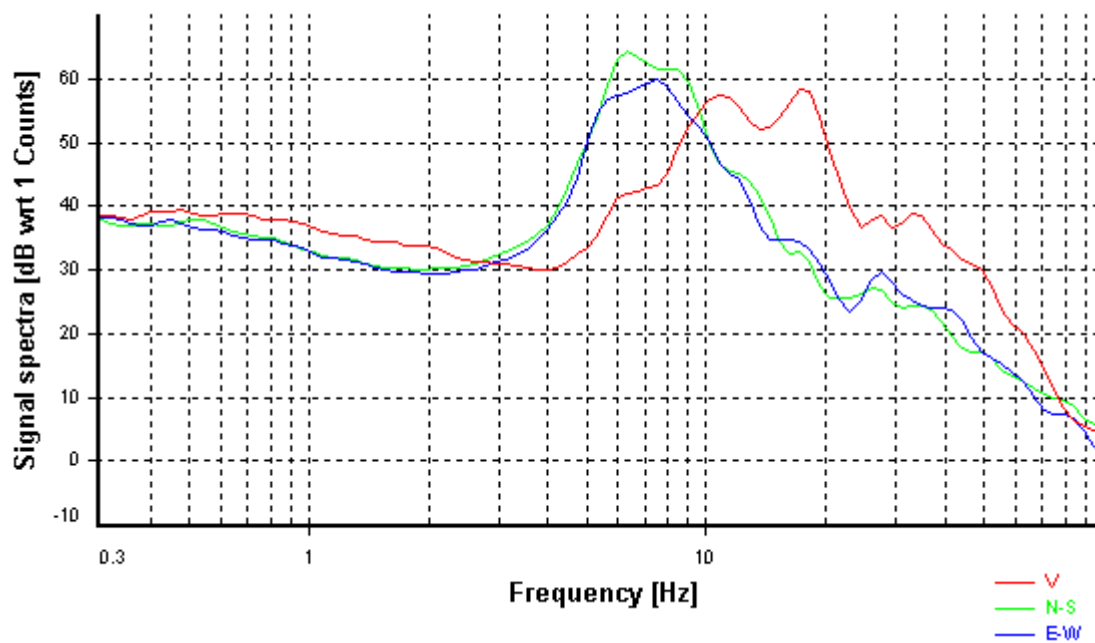
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

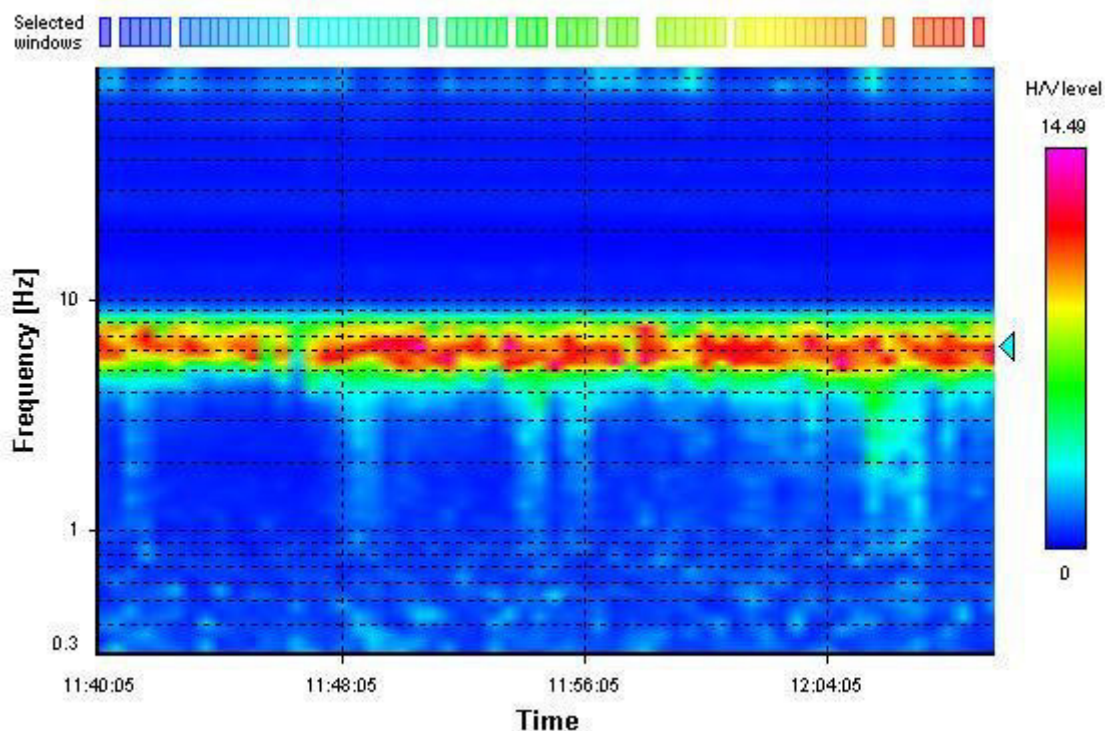
HVSR average



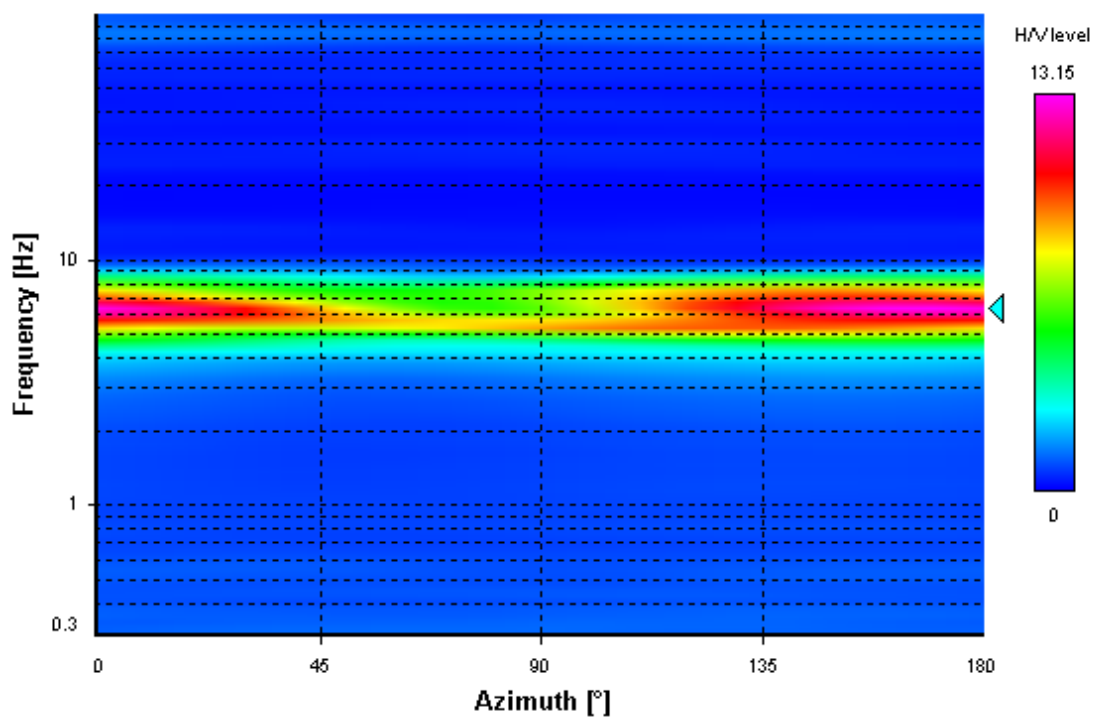
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



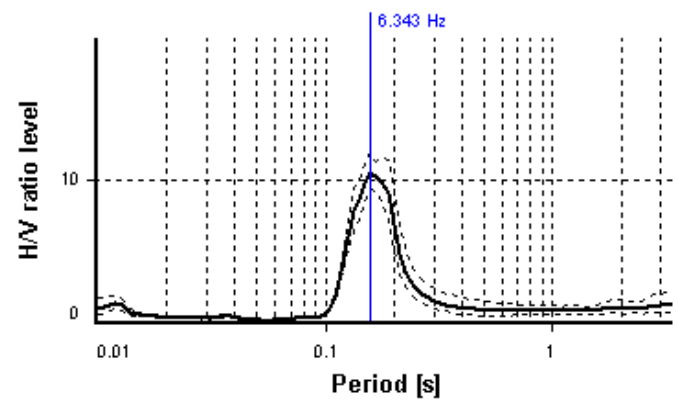
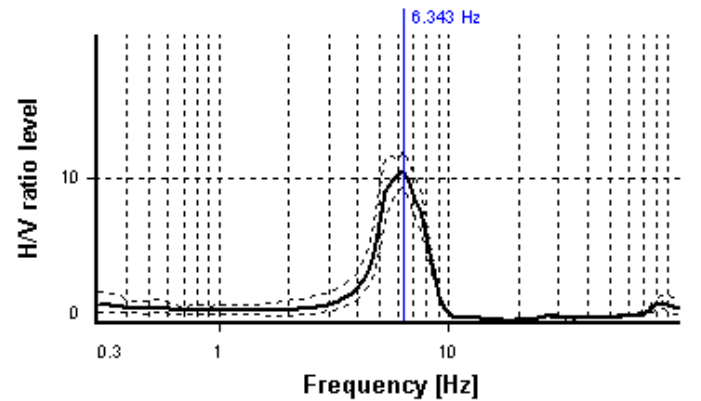
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

6.343 Hz

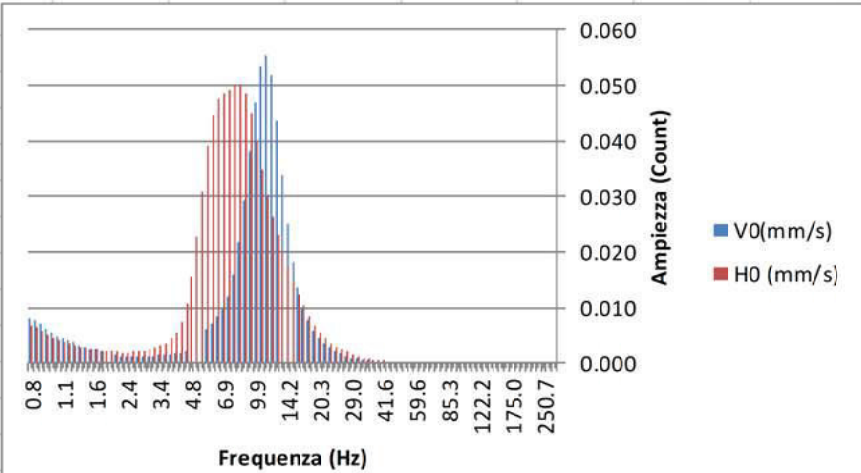
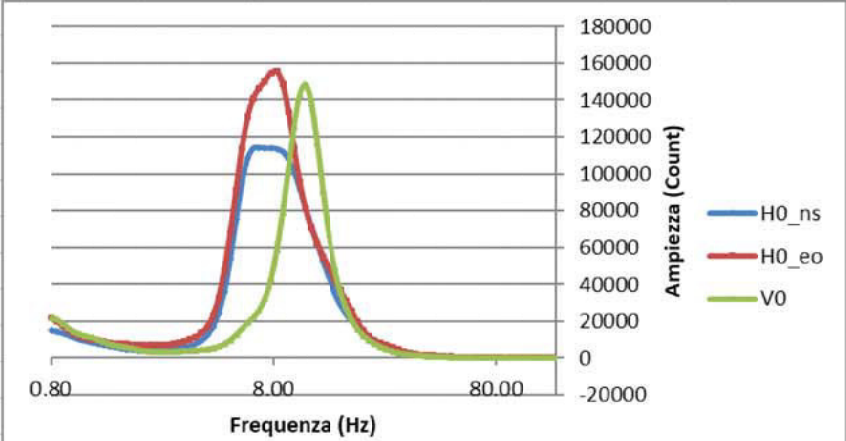
A_0 amplitude = 10.527

Average $f_0 = 6.134 \pm 0.517$

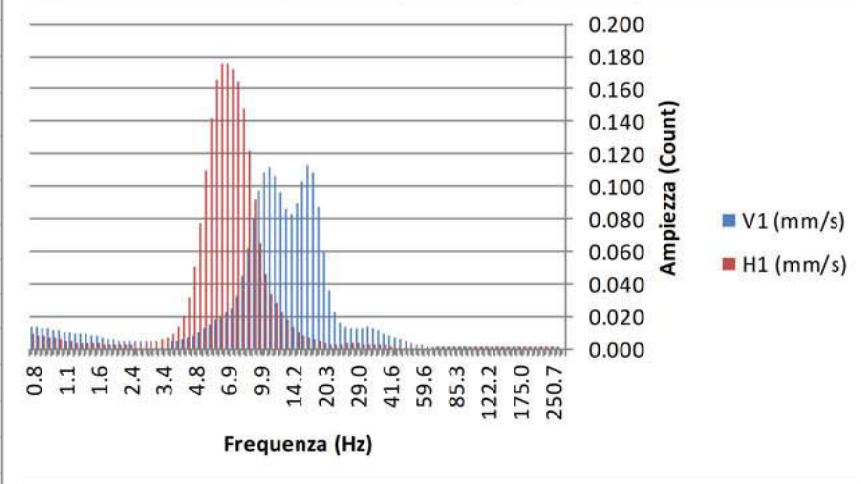
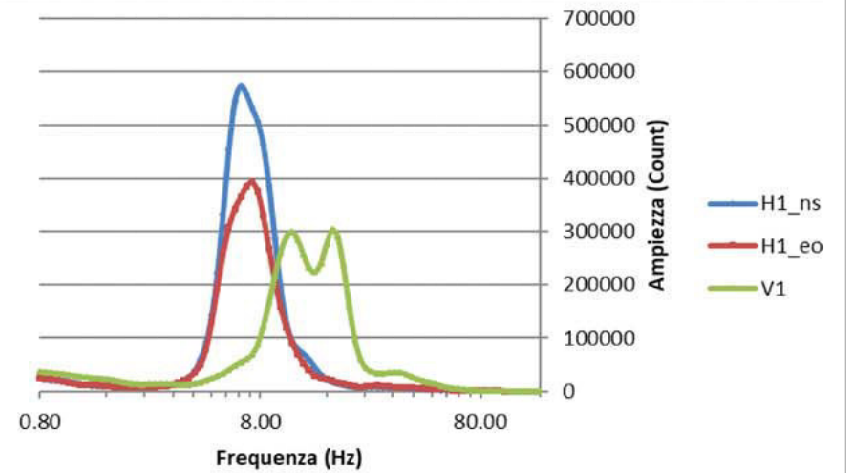


HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	73 valid windows (length > 1.58 s) out of 73	OK
$n_c(f_0) > 200$	9260.25 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.7299 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	8.50526 Hz	OK
$A_0 > 2$	10.53 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.51683 >= 0.31713	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.13276 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

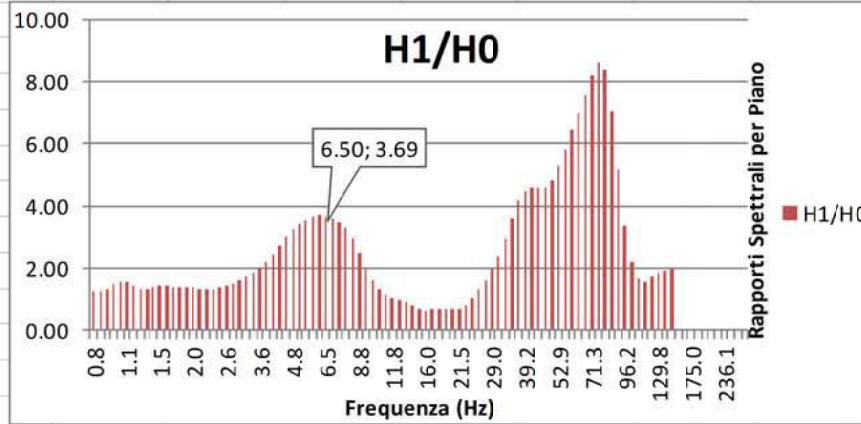
Spettri delle Singole Componenti sul Terreno ed al Primo Piano dell'edificio



	V0= 0.055	H0_ns= 0.042	H0_eo= 0.057	mm/sec
$f_0=$	11.15	6.90	8.26	Hz
T_0	0.09	0.14	0.12	sec
$\omega_0=$	69.99	43.36	51.89	rad/s

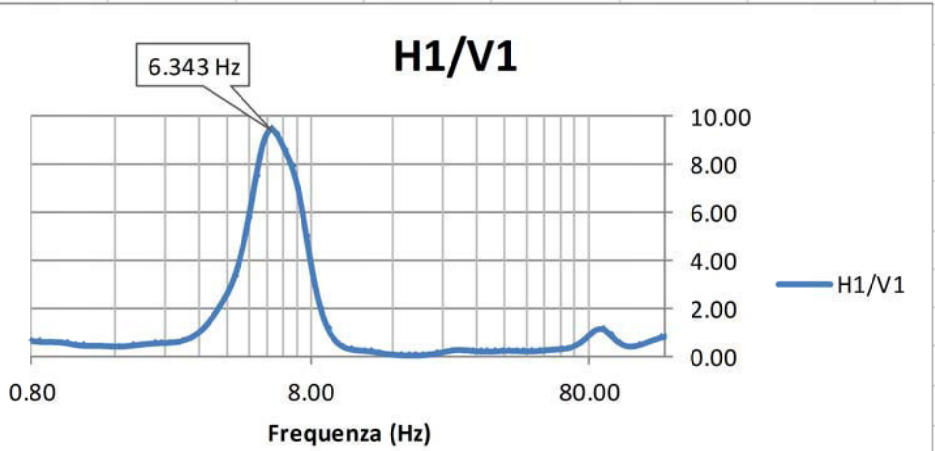
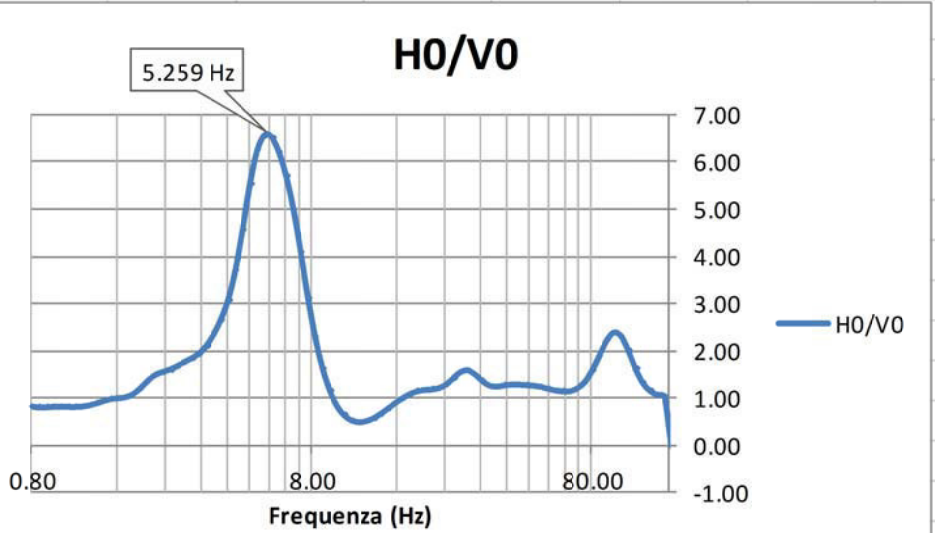


	V1= 0.113	H1_ns= 0.212	H1_eo= 0.145	mm/sec
$f_0=$	16.95	6.50	7.33	Hz
T_0	0.06	0.15	0.14	sec
$\omega_0=$	106.43	40.84	46.03	rad/s



Modo 1° Componenti Orizzontali $f_0=$ 6.50 $T_0=$ 0.15 sec

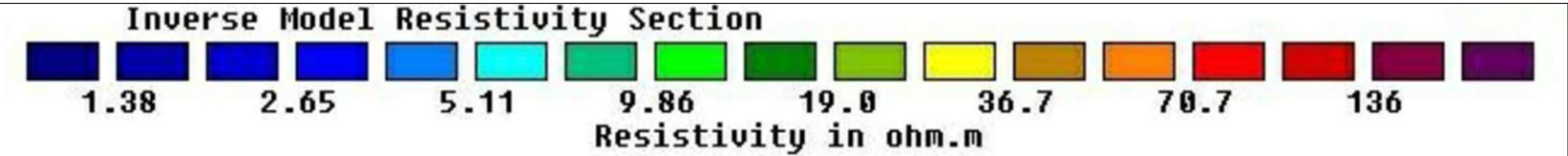
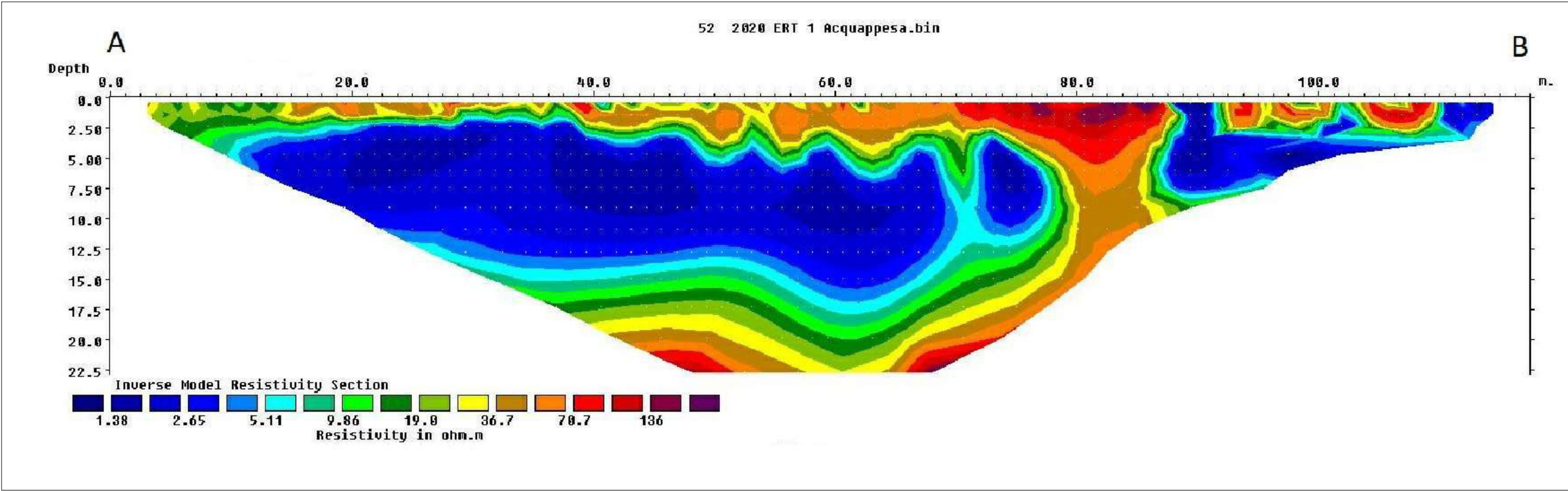
Rapporti H/V sul "Terreno" ed al Piano Primo



Progetto: COSTRUZIONE MURO DANNEGGIATO

Committente: I.P.G. s.n.c. (Istituto Prove Geotecniche) Comune: Acquappesa (CS)
Località: Istituto Tecnico per il Turismo

Misure HVSR - Analisi degli Spettri delle Componenti



Litotipo riconducibile a depositi prevalentemente sabbiosi (saturi)

Litotipo riconducibile a prodotti di alterazione del substrato metamorfico nella parte bassa della sezione ed a depositi sabbiosi in superficie

Litotipo riconducibile al substrato metamorfico in profondità (parte bassa della sezione) ed a depositi prevalentemente ciottolosi in superficie

Descrizione: COSTRUZIONE MURO DANNEGGIATO	
Committente: I.P.G. s.n.c. (Istituto Prove Geotecniche)	Comune: Acquappesa (CS) Località: Istituto Tecnico per il Turismo
Tavola: Tomografia Elettrica di Resistività	Scala: 1:350

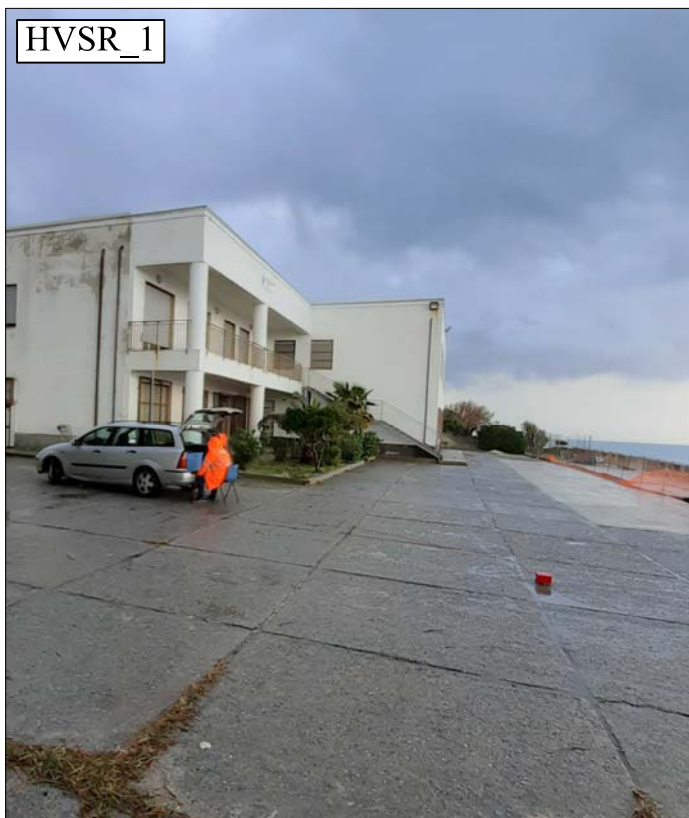
Sismica/MASW



ERT



HVSR_1



HVSR_2



Progetto:
COSTRUZIONE MURO DANNEGGIATO

Committente:
I.P.G. s.n.c. (Istituto Prove Geotecniche)

Comune: Acquappesa (CS)

Località: Istituto Tecnico per il Turismo

Tavola: Documentazione Fotografica

Scala: