

COMUNE DI PETTINEO
CITTÀ METROPOLITANA DI MESSINA

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA, CON
MIGLIORAMENTO SISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI,
CON CONTESTUALE RIQUALIFICAZIONE DEGLI SPAZI PUBBLICI ADIACENTI DI
CONTRADA CREDENZA

PROGETTO ESECUTIVO

G1

Il Progettista Ingegnere
Basilio Calantoni



VISTO
Il responsabile del Procedimento



ALLEGATI STRUTTURALI

RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	REVISIONE				
			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

STUDIO DI GEOLOGIA

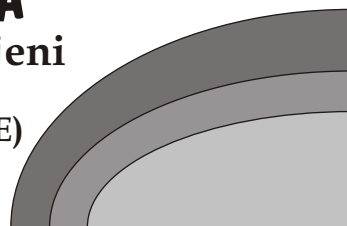
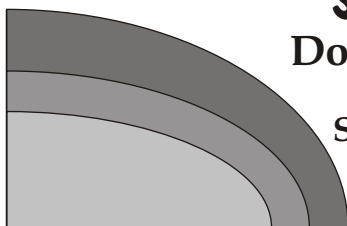
Dott. Saverio Angelo Ojeni

via Roma

S. Stefano di Camastra (ME)

Tel. 0921-331280

E-mail: studiojeni@tiscali.it



RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA

PROGETTO:

**RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA CON
MIGLIORAMENTO SISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI
EDIFICI, CON CONTESTUALE RIQUALIFICAZIONE DEGLI SPAZI
PUBBLICI DI CONTRADA CREDENZA**

COMUNE DI PETTINEO (ME)

COMMITTENTE:

Comune di Pettineo (ME)

Settembre 2022



IL GEOLOGO

Dott. SAVERIO ANGELO OJENI

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

1.0 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta su incarico dell'Amministrazione Comunale di Pettineo, formalizzato con successiva Determina di incarico del Responsabile del Settore Tecnico del Comune di Pettineo ed ha avuto lo scopo di accertare le caratteristiche geologiche - tecniche di un'area interessata dagli interventi previsti dal progetto relativo ai lavori di: *“Riqualificazione dell'edilizia residenziale pubblica con miglioramento sismico ed efficientamento energetico degli edifici, con contestuale riqualificazione degli spazi pubblici di contrada Credenza”*. Lavori da realizzare nel Comune di Pettineo (ME).

Per quanto sopra, lo studio in oggetto, ha interessato un'area localizzata in prossimità del settore settentrionale del centro urbano del Comune di Pettineo e precisamente, in corrispondenza della zona compresa tra la S.P. 176 ad est e a monte e la via Credenza ad ovest ed a valle.

L'area su descritta, identificata nella Carta Tecnica Regionale dalla Sez. N° 610040 (V. Allegato 1) è, attualmente, interessata da N° 5 edifici destinati ad edilizia economica e popolare suddivisi, in particolare, in un

primo blocco costituito da N° 3 edifici ubicati in corrispondenza del settore meridionale dell'area di intervento e N° 2 edifici localizzati in corrispondenza del settore settentrionale della stessa area oggetto di intervento. Gli edifici sopra descritti risultano censiti in catasto al Foglio 4, Particelle 254, 255, 256, 257 e 258 del N.C.E.U. del Comune di Pettineo.

Per quanto sopra, al fine di ottemperare all'incarico conferito, si è proceduto, qui di seguito, alla redazione di uno studio geologico - tecnico, che ha avuto lo scopo di accertare le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geologiche, geotecniche e simiche del così detto "volume significativo", così come previsto dalle precedenti NTC-2008 e dalle successive "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", così come definite dal D.M. 17/01/2018 e ss.mm.ii.

Lo studio in oggetto, si è articolato nelle diverse fasi sotto elencate:

- Acquisizione di dati provenienti da studi precedenti;
- Inquadramento geo-topografico e idro-geomorfologico;
- Caratteristiche geomorfologiche e accertamento della pericolosità e del rischio dell'area di studio;
- Rilevamento geologico e idrogeologico di un areale più vasto rispetto a quello oggetto di studio;
- Descrizione delle indagini di riferimento, del programma e dell'esecuzione delle indagini in situ previste;
- Analisi della successione litostratigrafica locale;
- Analisi delle caratteristiche geotecniche dei terreni in esame;
- Accertamento delle caratteristiche sismiche dell'area e del sottosuolo di fondazione;
- Considerazioni conclusive.

Elaborati allegati alla presente relazione:

- a) ALLEGATO 1: Stralcio C.T.R., in scala 1:10.000;
- b) ALLEGATO 2: Stralcio topografico I.G.M.I., in scala 1:25.000;
- c) ALLEGATO 3: Carta Geologica, in scala 1:5.000;
- d) ALLEGATO 4: Carta delle Indagini, in scala 1:1.000;
- e) ALLEGATO 5: Sezione geolitologica A1 - B1, in scala 1:200;
- f) ALLEGATO 6: Sezione geolitologica A2 - B2, in scala 1:200;
- g) ALLEGATO 7: Sezione geolitologica A3 – B3, in scala 1:200;

ELABORATI SISMICI:

- h) ALLEGATO A: Elaborati relativi alle prove sismiche a rifrazione e Masw;
- i) ALLEGATO B: Elaborati relativi alle prove sismiche passive HVSr.

2.0 INQUADRAMENTO GEO-TOPOGRAFICO E IDRO-GEOMORFOLOGICO

2.1 Caratteristiche geo - topografiche

L'area oggetto di studio ricade all'interno della Carta d'Italia, Tavoleta in scala 1:25000 Tusa, Foglio N° 260, I N.O. edita a cura dell' I.G.M.I. e più precisamente, in corrispondenza del settore settentrionale del centro abitato del Comune di Pettineo, tra la via Credenza ad ovest e la S.P. 176 ad est, in corrispondenza e lungo la via Credenza, asse viario che dalla S.P. 176 e dagli impianti sportivi conduce al centro storico del Comune di Pettineo (Vedi Allegato 2).

2.2 Caratteristiche geomorfologiche

Dal punto di vista geomorfologico, l'area oggetto di studio e il territorio ad essa circostante, sono caratterizzati da una morfologia di tipo prevalentemente collinare. I maggiori rilievi dell'area si limitano infatti, a due sole vette che presentano altezze rilevanti, ovvero il Monte S. Cono di m 924 e P. zzo Taverna di m 1027, rispettivamente ubicati a sud-est e sud-ovest di Pettineo.

Quasi tutti i rilievi della zona presentano vette arrotondate e versanti interessati da intensi processi di erosione differenziale. Tali processi, in zone di versante, hanno portato alla formazione di profonde incisioni nei terreni più teneri e ad asperità in corrispondenza di quelli più resistenti determinando la formazione dei caratteristici “versanti a gradinata”, tipiche strutture di erosione differenziale dei terreni flyschiodi, che in queste zone affiorano estesamente.

L’area direttamente interessata dal presente studio, occupa parte del settore settentrionale del centro abitato del Comune di Pettineo, e più precisamente, l’area compresa tra la via Credenza ad ovest e la S.P. 176 ad est, sviluppandosi altimetricamente a quote comprese tra i m 255,0 e i m 265,0 circa s.l.m.m. (V. Allegato 3).

L’aspetto geomorfologico più rilevante dell’area di studio, è da riferire alla presenza di un versante, moderatamente acclive e/o sub pianeggiante, in corrispondenza dell’area di studio, più acclive in corrispondenza del settore posto ad ovest e a monte dell’area di intervento. In particolare in corrispondenza del sito oggetto di intervento, il su citato versante è delimitato ad ovest e a valle dal greto del Vallone Ciuppa ad est e a monte dalla S.P.

176 e S.P. 174 e più a monte, dalla dorsale che segna la linea di spartiacque idrografico a confine con il Comune di Motta D'Affermo, tra il bacino del Torrente Tusa ad ovest e quelli più modesti degli altri valloni ivi presenti posti più ad est (V. Allegato 2).

Dal punto di vista geolitologico i versanti, sono costituiti, in superficie, da coltri detritico colluviali di spessore ed estensione areale variabile, a profondità maggiori, dalle alternanze arenaceo pelitiche della Formazione del Flysch di Reitano in condizioni alterate in superficie ed integre a profondità maggiori.

Le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito di studio sopra descritte, hanno determinato, in combinazione con l'azione degli agenti esogeni, l'innescare di fenomeni di erosione differenziale, meglio visibili in corrispondenza delle testate flyschiodi e più in generale di erosione delle porzioni più tenere delle coperture ivi presenti.

2.3 Pericolosità e rischio geomorfologico dell'area in esame

Dal punto di vista della stabilità geomorfologica, sia studi precedenti redatti nell'ambito di progetti realizzati in situ e nelle aree adiacenti, che i sopralluoghi eseguiti in sito in occasione del presente studio, hanno permesso di escludere la presenza di aree interessate da fenomeni dissestivi ed in generale, di fenomeni e/o indizi di instabilità geomorfologica in atto.

Alla luce di quanto sopra esposto e dalle verifiche effettuate nel contesto degli studi condotti nell'ambito del P.A.I. (Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico), si è accertato che l'area di intervento non ricade in nessuna delle aree classificate con livelli di pericolosità e/o rischio idrogeologico o idraulico nell'ambito delle carte redatte a cura del sopra citato P.A.I.

Per tutto quanto sopra esposto, in considerazione della verifica delle risultanze degli studi precedenti effettuata e soprattutto alla luce dei sopralluoghi, degli studi e delle verifiche condotte dallo scrivente professionista per il presente progetto, si ritiene che l'area oggetto di intervento sia caratterizzata, allo stato attuale degli studi, da un assetto geomorfologico stabile e per questo sia compatibile, dal punto di vista

geologico, con gli interventi di miglioramento sismico e riqualificazione previsti in progetto.

2.4 Caratteristiche idrografiche

Il reticolo idrografico del territorio comunale di Pettineo, presenta forma prettamente dendritica, essendo esso, caratterizzato dalla presenza di un corso d'acqua principale, rappresentato dal Torrente Tusa e da numerose aste fluviali secondarie, affluenti in destra e sinistra idraulica dello stesso Torrente.

Fra gli affluenti in destra idraulica del su citato Torrente Tusa, si annovera il Vallone Ciuppa, corso d'acqua che defluisce, in direzione est – ovest, subito a sud dell'area di intervento. Tale corso d'acqua, per la sua limitata estensione e modesta portata idrica, si ritiene, non possa in alcun modo, interferire e/o creare alcuna minaccia alle opere previste in progetto, anche in considerazione del fatto, che gli edifici oggetto di intervento sono già presenti in situ da alcune decine di anni fa.

3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

I litotipi che più estesamente, affiorano nell'area oggetto di studio, considerando un areale più vasto rispetto a quello in esame, sono rappresentati da terreni appartenenti a varie Unità Stratifico Strutturali, distinte secondo le recenti classificazioni stratigrafiche redatte nell'ambito del "Progetto CARG" e che si sono sovrapposte durante le fasi orogeniche.

Nell'area rilevata affiorano, dall'alto in basso, terreni appartenenti rispettivamente ai "Depositi Quaternari", a quelli del "Miocene Inferiore – Medio e inferiormente terreni appartenenti alle "Unità Sicilidi" (V. Allegato 3).

In particolare, i litotipi affioranti nell'area oggetto di studio ed in un areale più vasto rispetto a quello oggetto di studio, risultano sovrapposti stratigraficamente, dall'alto verso il basso, secondo la successione sotto rappresentata:

DEPOSITI QUATERNARI

a) Depositi alluvionali recenti e terrazzati (Recente - Olocene):

Sono i terreni che si sono depositi lungo i corsi d'acqua della zona; e i terrazzi fluviali, i quali, occupano le aree sub-pianeggianti dei versanti destro

e sinistro del Torrente Tusa. Risultano costituiti prevalentemente da sabbia, da grossolana a fine, ghiaia e ciottoli di natura prevalentemente arenacea. Questi ultimi, hanno dimensioni che variano da pochi centimetri al metro e si presentano, di norma, a contorno arrotondato. Tali litotipi affiorano in corrispondenza della piana alluvionale del Torrente Tusa.

b) Coltre detritico – alteritico - colluviale (Recente - Olocene):

Rappresentano terreni originariamente appartenenti alle stesse formazioni che sono presenti nell'area e che, successivamente, hanno subito processi di alterazione, ad opera di vari agenti esogeni e un limitato trasporto. Attualmente affiorano con spessori differenti nella parte medio - alta dei versanti che racchiudono i corsi d'acqua dell'area. Risultano costituiti, prevalentemente, da sabbie, sabbie limose e limi con inclusioni di frammenti arenacei eterometrici. Tali litotipi affiorano, talora assieme a riporti, in corrispondenza dell'area di studio, come coltri di copertura superficiale.

DEPOSITI DEL MIOCENE INFERIORE – MEDIO.

a) Flysch di Reitano (Miocene Inf. – Med.):

E' la formazione che, affiora con maggiore estensione nell'area di studio. Essa è costituita da un'alternanza ritmica di strati di arenarie gradate giallastre con spessore compreso tra i 20 centimetri e i 2 metri e da strati di argille marnose, di colore grigio oliva con a volte, intervalli di marne e calcari marnosi, alternati a banconi arenacei di colore biancastro. Quest'ultima formazione costituisce l'orizzonte di base della successione litostratigrafica dell'area di studio. Le altre formazioni, stratigraficamente superiori, si sono deposte sulla prima, o per trasgressione marina, o per deposizione fluviale.

I litotipi che con maggiore estensione e continuità affiorano nell'area oggetto di studio, sono costituiti dall'alternanza ritmica pelitico-arenacea che si presenta come strati alternati regolari, noti alla lettura geologica con il nome di Flysch.

In particolare nell'area di studio, l'alternanza è costituita da strati di arenarie gradate gialle con spessore compreso tra i 20 cm e i 2 m e da argille marnose di colore grigio-oliva con a volte strati di marne e calcari marnosi alternati a banconi di arenaria di colore bianco. L'insieme di questi

litotipi va' a costituire un'unica formazione, di età oligo-miocenica, nota come Flysch di Reitano (Ogniben, 1960) (Vedi Allegato 3).

Il Flysch di Reitano, costituisce la formazione di base su cui è ubicato il centro abitato di Pettineo e occupa in affioramento quasi tutto il settore a monte del versante destro del Torrente Tusa, fino ad oltre il centro abitato di Motta D'Affermo.

Nell'area oggetto di studio, il Flysch di Reitano si presenta con due diverse modalità giacitureali; stratificato e caotico. L'intero centro abitato di Pettineo poggia su terreni costituiti prevalentemente da sabbie giallastre e limi, intercalate a luoghi, da livelli di argille plastiche e da frammenti arenacei di varie dimensioni. Appena fuori del centro abitato, il Flysch di Reitano si presenta stratificato e tettonicamente poco disturbato, ciò è visibile lungo le pareti acclivi del versante meridionale ed occidentale del rilievo su cui è posto lo stesso centro abitato. Qui affiorano, infatti, le testate degli strati arenacei e argillosi che presentano immersione nord-est e pendenza comprese tra i 22° e i 30° circa.

In corrispondenza dell'area di studio, l'assetto stratigrafico della Formazione, risulta occultata da coltri di spessore variabile, di terreni di riporto e/o detritico eluvio colluviali.

UNITA' SICILIDE

Flysch o Tufiti di Tusa (Oligocene Sup. – Miocene Inf.)

Si tratta di alternanze in banchi di arenarie micacee e tufitiche a cemento carbonatico e di marne, calcari marnosi e calcareniti in livelli decimetrici. Nell'area rilevata, la formazione non è stata rilevata.

4.0 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Per quanto riguarda, le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nell'area, va' precisato che il Flysch di Reitano stratificato, presenta una permeabilità di tipo secondario, ovvero per fessurazione, ciò rende difficile la formazione di vere e proprie falde idriche, se non a profondità elevate e nel caso della presenza di micro fessure interconnesse, in quanto gli strati arenacei permeabili per fessurazione si alternano a strati argilloso-limosi, che risultano pressoché impermeabili, per cui, il valore del coefficiente

di permeabilità complessivo, risulta medio - basso. Per questo orizzonte il valore è di norma compreso tra i seguenti valori:

$$\text{cm/s } 10^{-6} < K < 10^{-3} \text{ cm/s}$$

I terreni di superficie, che ha luoghi, ricoprono il Flysch di Reitano, presentano invece permeabilità di tipo primario, questi infatti, sono costituiti da abbondante frazione sabbiosa ed in subordine da sabbie limo argillose. In questo caso la permeabilità è legata alla porosità propria dei terreni costituenti l'orizzonte, per cui, i valori del coefficiente di permeabilità possono raggiungere valori medio-alti. Per questo secondo orizzonte il valore del coefficiente di permeabilità è di norma compreso tra i seguenti valori:

$$\text{cm/s } 10^{-4} < K < 10^{-2} \text{ cm/s}$$

La differente permeabilità dei due orizzonti, costituenti la successione litostratigrafica dell'area di studio, può portare, a luoghi, alla formazione di falde idriche confinate proprio al contatto dei due terreni a differente suscettività idrogeologica.

A tal proposito si precisa, che le indagini geognostiche di riferimento utilizzate in questo studio, hanno permesso di accertare la presenza di una

falda idrica, che in particolare giace ad una profondità compresa tra i m 6,90 (SR3) e i m 12,50 (SR4) dal p.c.

In riferimento a quanto sopra esposto, si precisa tuttavia, che la profondità della sopra citata falda è tale, da non poter in alcun modo interferire con il sistema fondazionale degli edifici ivi presenti e con gli interventi previsti in progetto.

5.0 INDAGINI DI RIFERIMENTO E PROGRAMMA ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI IN SITU PREVISTE PER IL PRESENTE STUDIO

5.1 Premessa

Al fine di poter procedere all'accertamento delle caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni interessati dallo studio in oggetto, si è proceduto in una prima fase, ad una ricerca bibliografica relativa a possibili indagini, analisi e prove di laboratorio eseguiti per lavori precedenti nella stessa area e/o in aree limitrofe, in una seconda fase alla programmazione ragionata e alla esecuzione di ulteriori indagini ad integrazione e completamento di quelle già esistenti, così come previsto

dalla Circolare del M.L.P. n. 30483 del 24 settembre 1988 e ss. mm. ii. e dalle recenti Norme tecniche così come definite dal D.M. 17/01/2018.

5.2 Indagini e prove di riferimento eseguite per lavori precedenti

Le ricerche bibliografiche effettuate, hanno permesso di accertare l'esistenza di indagini in situ ed in laboratorio, già eseguiti in occasione di lavori precedenti in corrispondenza dell'area di studio e/o in quella limitrofa.

In particolare le indagini in situ individuate sono identificate nell'Allegato 4; qui di seguito, nella tabella sottostante, si riportano sinteticamente tutte le prove in situ e in laboratorio individuate, secondo la tipologia e le dimensioni:

TIPO DI INDAGINE	DIMENSIONI (m)	PROFONDITA' (m)	QUANTITA' N°	FINALITA'
Sondaggi geognostici a carotaggio continuo	Ø 0,101	SR1: 20,00 SR2: 19,00 SR3: 10,00 SR4: 12,50 SR5: 13,50	5	Profilo litologico, prelievo campioni, presenza falda idrica
Prove Penetrometriche (S.P.T.)		SR1: 8,00 - 10,50 - 14,0 SR2: 3,10 - 6,00-14,00 SR3: 2,90-6,90	8	Proprietà meccaniche
Proprietà indici			9	Proprietà fisiche
Analisi granulometrica			9	Proprietà dimensionali
Taglio diretto CD			4	Proprietà meccaniche
Triassiale UU			3	Proprietà meccaniche
Compressione edometrica			3	Proprietà meccaniche

Per una lettura più dettagliata delle risultanze delle indagini e delle prove geotecniche di riferimento, si rimanda a quanto riportato nei relativi paragrafi dedicati alla litostratigrafia e alle caratteristiche geotecniche presenti all'interno della presente relazione e/o agli elaborati delle analisi e delle prove redatti per gli studi precedenti.

5.3 Indagini e prove previste ed eseguite per il presente studio

A completamento ed integrazione delle indagini di riferimento eseguite in occasione di lavori precedenti, si è ritenuto necessario eseguire ulteriori indagini che permettessero di avere un quadro areale più completo in riferimento all'estensione dell'area di intervento.

Il numero e le finalità di ciascuna indagine e prova prevista sono riportate nella tabella sottostante:

TIPO DI INDAGINE	DIMENSIONI (m)	PROFONDITA' (m)	QUANTITA' N°	FINALITA'
Profilo sismico a rifrazione + Tomografia	T1: 50,00 T2: 48,00 T3: 24,00		3	Caratteristiche sismiche successione sismostratigrafica
Prova sismica di tipo Masw	Masw 1 Masw 3	30,00 30,00	2	sismostratigrafia, categoria sottosuolo
Prove sismiche di tipo HVSr	HVSr1 HVSr2 HVSr3 HVSr4	>30,00	4	Frequenza sito, sismostratigrafia, categoria suolo, doppia risonanza

Le indagini sopra elencate, sono state ubicate in corrispondenza dei siti ritenuti più idonei al fine di raggiungere gli scopi prefissi in riferimento all'accessibilità dei luoghi (V. Allegato 4).

Per una lettura più dettagliata delle risultanze delle indagini eseguite, si rimanda ai relativi elaborati allegati alla presente relazione.

6.0 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE LOCALI

La successione litostratigrafica dell'area direttamente interessata dallo studio in oggetto, è stata ricostruita attraverso una attenta ricerca ed analisi delle risultanze geognostiche delle indagini, eseguite nell'area, in occasione di studi precedenti, da un dettagliato rilevamento di superficie eseguito nelle aree di studio sia per lavori precedenti che per il presente studio e sebbene in maniera indiretta, dalla campagna di indagini sismiche eseguite per il presente studio.

In particolare come più sopra specificato, oltre alle risultanze delle indagini sismiche eseguite per il presente studio, si sono analizzati alcuni sondaggi geognostici eseguiti in prossimità dell'area in oggetto in tempi precedenti e che sono stati scelti come sondaggi di riferimento per il

presente studio (V. Allegato 4). Per maggiori dettagli, si rimanda agli elaborati originali degli studi citati.

Dalle analisi di tutte le indagini, sia prese come riferimento ed eseguite per studi precedenti, che eseguite direttamente in situ per il presente studio, appare evidente, che la successione litostratigrafica dell'area oggetto di studio, possa essere riferibile ad almeno tre orizzonti litologici riferibili dall'alto in basso a:

- un primo orizzonte costituito da pavimentazioni, sottostanti riporti e/o rinterri e a luoghi, coltri di terreno vegetale;
- un orizzonte intermedio riferibile ad una coltre detritico - colluviale a costituzione sabbioso limosa con inclusi litoidi;
- un orizzonte di base riferibile alle alternanze arenaceo pelitiche del Flysch di Reitano, alterato al tetto, via via in condizioni più integre a profondità maggiori.

Per una lettura più dettagliata della distribuzione areale e degli spessori degli strati, si rimanda alle sezioni geolitologiche di cui agli allegati 5, 6 e 7 facenti parte integrante del presente studio.

7.0 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni interessati dal presente intervento, sono state desunte, dalle analisi e dalle prove eseguite in occasione delle indagini prese come riferimento in questo studio e sopra esposte e/o con quanto riportato dalla letteratura specialistica in materia.

Per ciò che riguarda i parametri relativi all'angolo di attrito interno, alla coesione e al peso di volume riferito a ciascun orizzonte analizzato, si constatano i seguenti valori:

PARAMETRI GEOTECNICI – ORIZZONTE DETRITICO COLLUVIALE

II° Orizzonte	Prof. > m 1,20 dal p.c.	
Parametri	Valore	Osservazioni
Angolo di Attrito interno	$(\varphi) = 27,00^\circ$	Compressione Triassiale (CU)
Coesione	$(c') = \text{Kg/cm}^2 \ 0,10$	Compressione Triassiale (CU)
Peso di volume	$(\gamma) = \text{T/m}^3 \ 1,98$	Valore più basso

PARAMETRI GEOTECNICI – ORIZZONTE DI BASE

III° Orizzonte	Prof. m > 4,20 dal p.c.	
Parametri	Valore	Osservazioni
Angolo di Attrito interno	$(\varphi) = 32,00^\circ$	Compressione Triassiale (CU)
Coesione	$(c') = \text{Kg/cm}^2 \ 0,00$	Compressione Triassiale (CU)
Peso di volume	$(\gamma) = \text{T/m}^3 \ 1,97$	Valore medio

I parametri su esposti si riferiscono a valori medi di laboratorio, sarà pertanto necessario, nel caso in ispecie, procedere all'applicazione dei necessari coefficienti correttivi in riferimento alla tipologie di verifiche adottate.

Per una lettura più dettagliata della distribuzione e degli spessori degli orizzonti, si rimanda agli allegati 5, 6 e 7 facenti parte integrante del presente studio.

8.0 CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA DI STUDIO E DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

8.1 Classificazione sismica

L'attività sismica dell'area oggetto di studio, regionalmente ricadente nel settore centro settentrionale della Sicilia ed identificata nell'ambito della classificazione sismogenetica del territorio nazionale (ZS9) dalla zona ZS 933 (V. Fig. 1), può essere considerata intermedia, intendendo con questo termine una sismicità, che pur essendo sensibile ed evidente ad intervalli di tempo pressoché regolari, è ed è stata, senza dubbio, meno pericolosa rispetto ad altre simicamente più attive della Sicilia.



Fig. 1. Zonazione sismogenetica. Fonte I.N.G.V. 2004 – Google Earth.

Per quanto sopra, la pericolosità sismica dell'area di progetto è stata identificata, in questo studio, secondo quanto previsto dalla precedente O.P.C.M. N° 3274/2003 recepito dalla Regione Sicilia con la D.G.R. n. 408 del 19/12/2003, dalle successive nuove norme tecniche in materia di costruzioni (N.T.C. 2018) nonché e soprattutto, dagli studi redatti nell'ambito del progetto INGV – DPC S1 (V. Fig. 2).

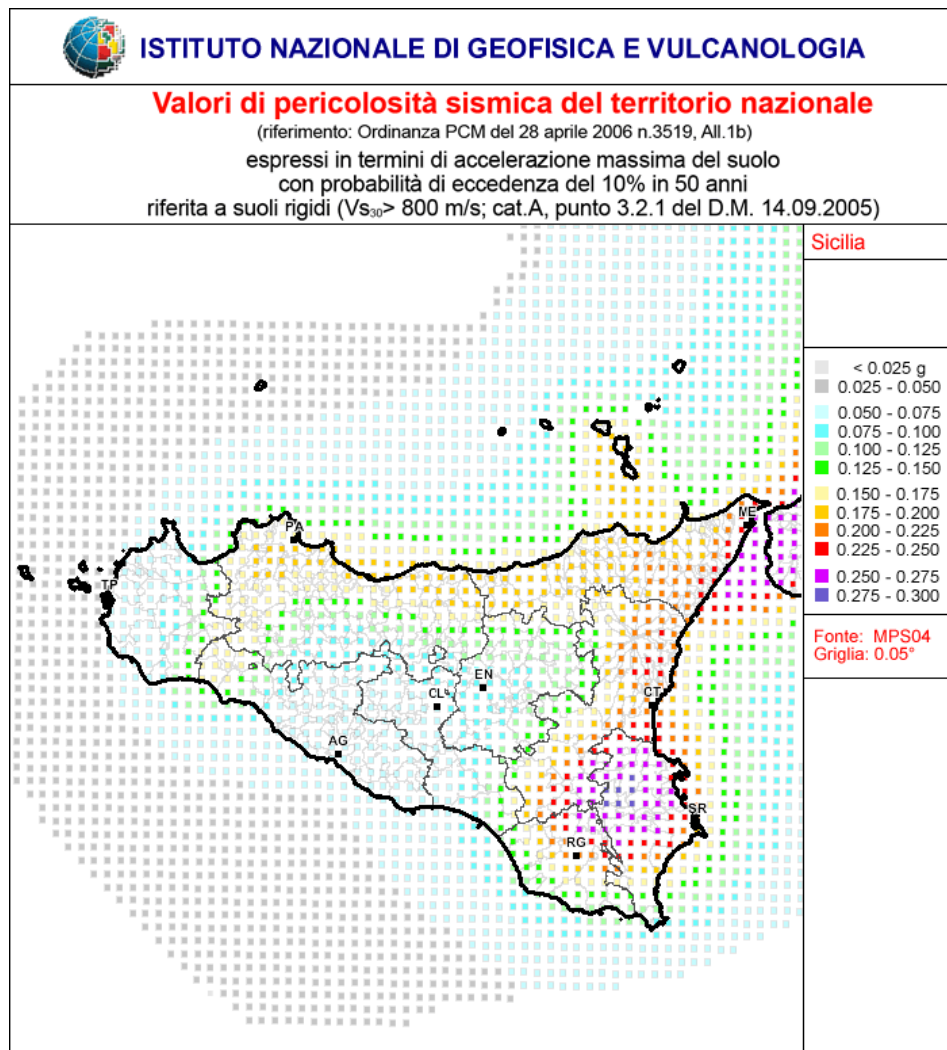


Fig. 2. Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Nell'ambito delle norme e degli studi su citati, si è provveduto a redigere una nuova classificazione sismica del territorio nazionale,

suddividendo lo stesso, in quattro zone a diverso valore di a_g (accelerazione orizzontale massima).

Facendo riferimento alle norme tecniche sopra citate ed in base alla recente classificazione aggiornata al 2022 dal Dipartimento di Protezione Civile, il territorio comunale di Pettineo è stato classificato come “Zona 2” e pertanto, caratterizzato da un valore di a_g (accelerazione orizzontale massima) pari a 0,25 g.

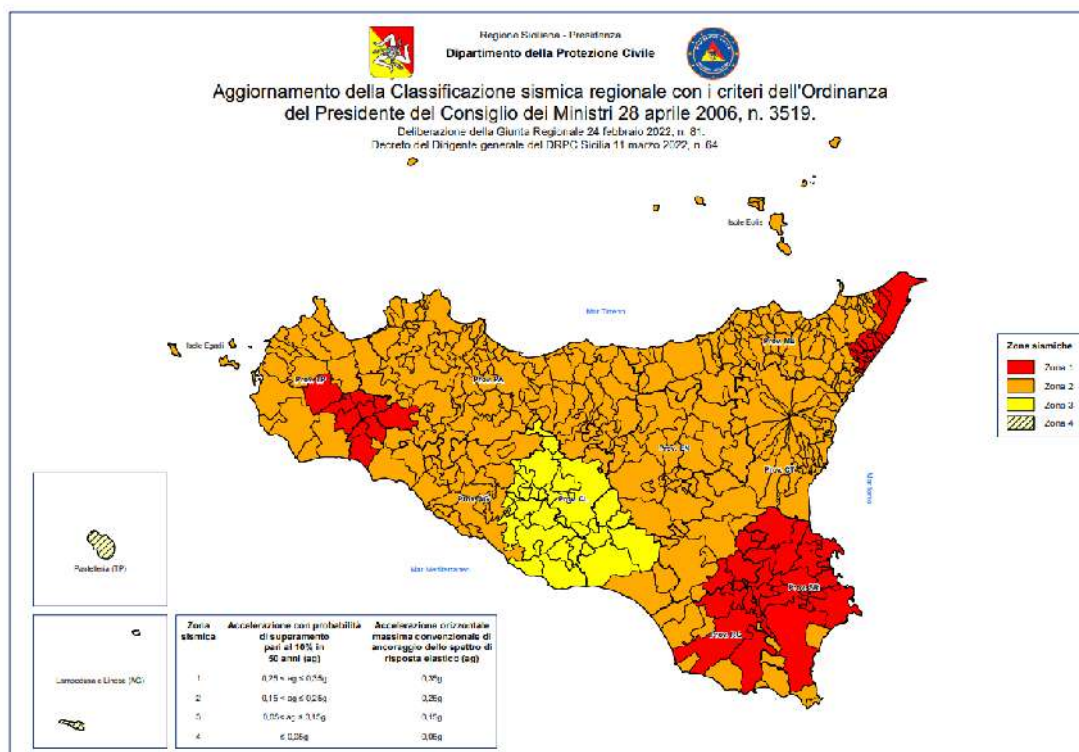


Fig. 3. Zonazione sismica. Fonte D.R.P.C. 2022

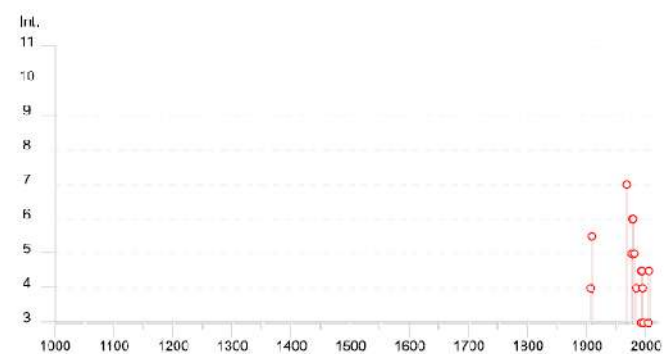
Al fine di accertare le caratteristiche tipologiche dell'attività sismica locale dell'area di studio, si sono analizzati gli eventi sismici storici, che si sono succeduti nel tempo nell'area e/o in un suo intorno significativo. Tale analisi è stata effettuata partendo dai dati raccolti dal catalogo sismologico, meglio conosciuto come DBMI15 (Database Macrosismico Italiano 2015). In

tale catalogo, per ciascun evento, vengono riportati la data dell'evento, la distanza epicentrale (NMDP), l'intensità macrosismica (Int.), l'intensità epicentrale (I_0) e quella Mw (Magnitudo momento).

Qui di seguito, in Fig. 4, si riportano gli eventi sismici che si sono verificati nell'area oggetto di studio e nel suo intorno dall'anno 1000.

Pettineo

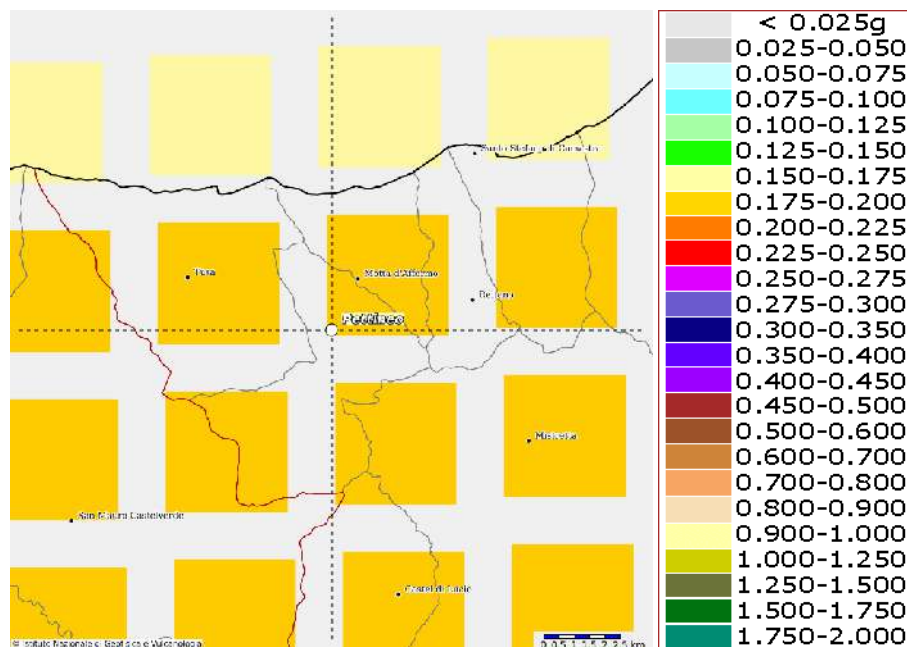
PlaceID IT_67141
 Coordinates (lat, lon) 37,966, 14,291
 Municipality (ISTAT 2015) Pettineo
 Province Messina
 Region Sicilia
 No. of reported earthquakes 21

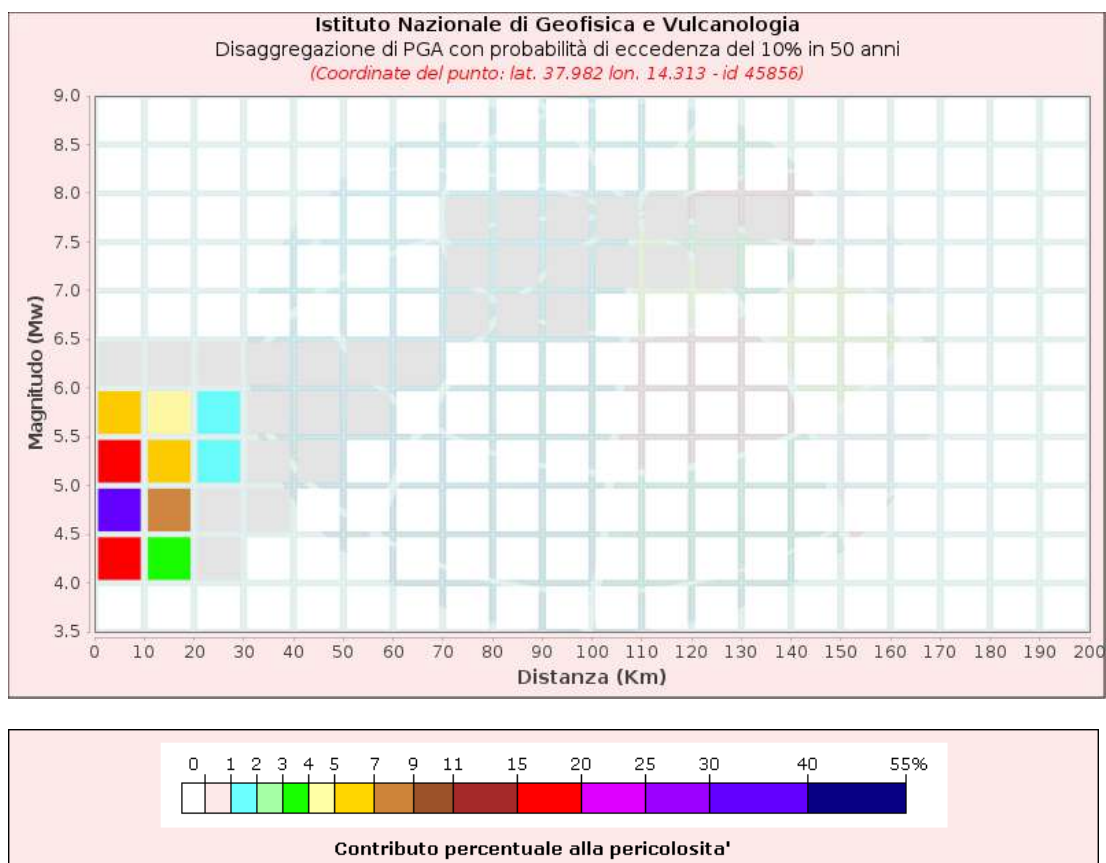


Effects										Reported earthquakes			
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area			NMDP	Io	Mw	
4	1906	04	22	23	12		Monti Madonie ?			24	5	4.18	
5-6	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina			772	11	7.10	
NF	1947	05	11	05	32	1	Calabria centrale			254	8	5.70	
7	1967	10	31	21	08	0	Monti Nebrodi			60	8	5.33	
5	1976	09	17	01	23	5	Monti Nebrodi			40	5-6	4.55	
6	1977	06	05	13	59		Monti Nebrodi			108	6-7	4.61	
6	1978	04	15	23	33	4	Golfo di Patti			330	8	6.03	
5	1980	05	28	19	51	2	Tirreno meridionale			44	5-6	5.66	
4	1983	05	13	01	35	0	Monti Madonie			6	4	4.16	
NF	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale			304		5.61	
NF	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale			105		4.38	
NF	1991	01	07	11	42	5	Monti Madonie			26	4-5	3.79	
4-5	1992	04	06	13	08	3	Monti Nebrodi			23	5	4.73	
3	1992	09	27	11	55	1	Sicilia centro-settentrionale			54		4.16	
4-5	1993	06	26	17	47	5	Monti Madonie ?			47	6-7	4.92	
4	1994	05	06	19	09	4	Sicilia centrale			68	5	4.36	
3	1995	07	23	18	44	2	Isole Eolie			58	6	4.63	
NF	1996	12	14	00	18	4	Monti Madonie			45	5	4.27	
3	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie			641		5.42	
4-5	2005	11	03	09	19	0	Costa siciliana settentrionale			61	4-5	3.30	
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale			255		4.56	

La valutazione della pericolosità sismica del sito oggetto di intervento, è stata determinata attraverso la piattaforma interattiva del progetto DPC-INGV “S1”, edita a cura dell’INGV e accessibile mediante il sito “*esse1-gis.mi.ingv.it*”.

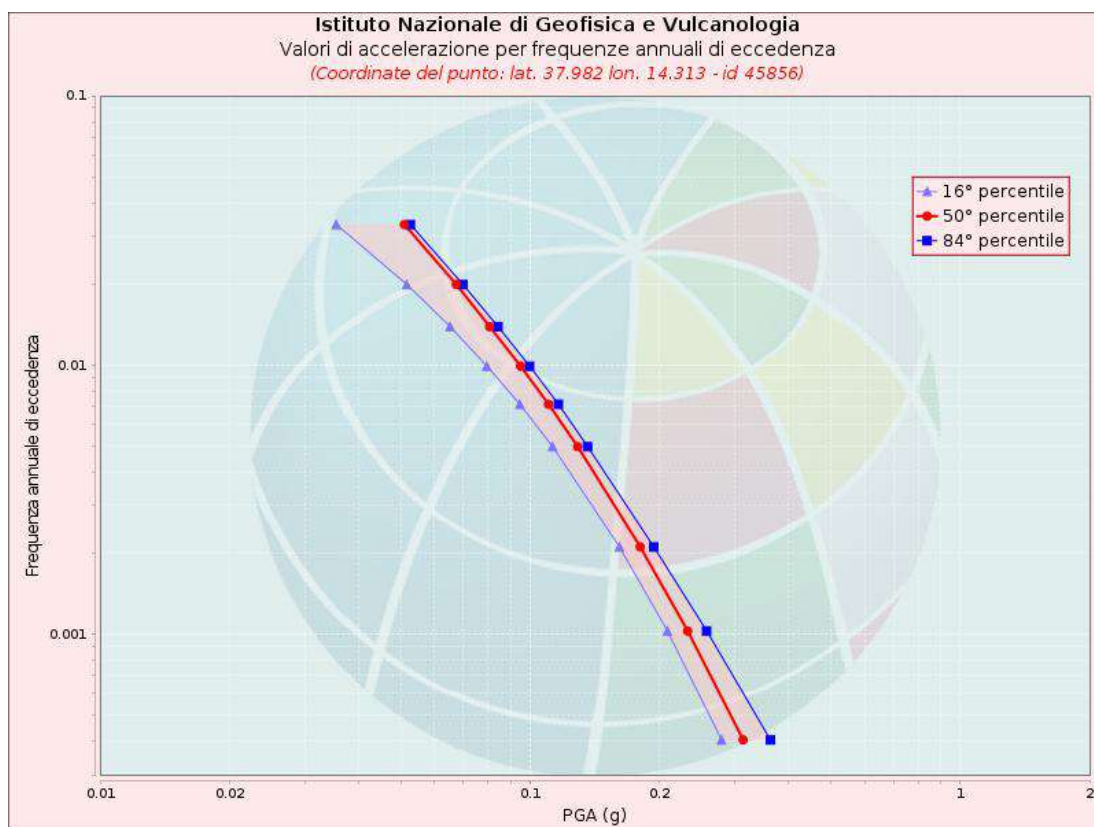
Di seguito si riportano i grafici relativi: alla griglia, alla disaggregazione, allo scuotimento (valori di accelerazione massima “g”) e agli spettri a pericolosità uniforme:



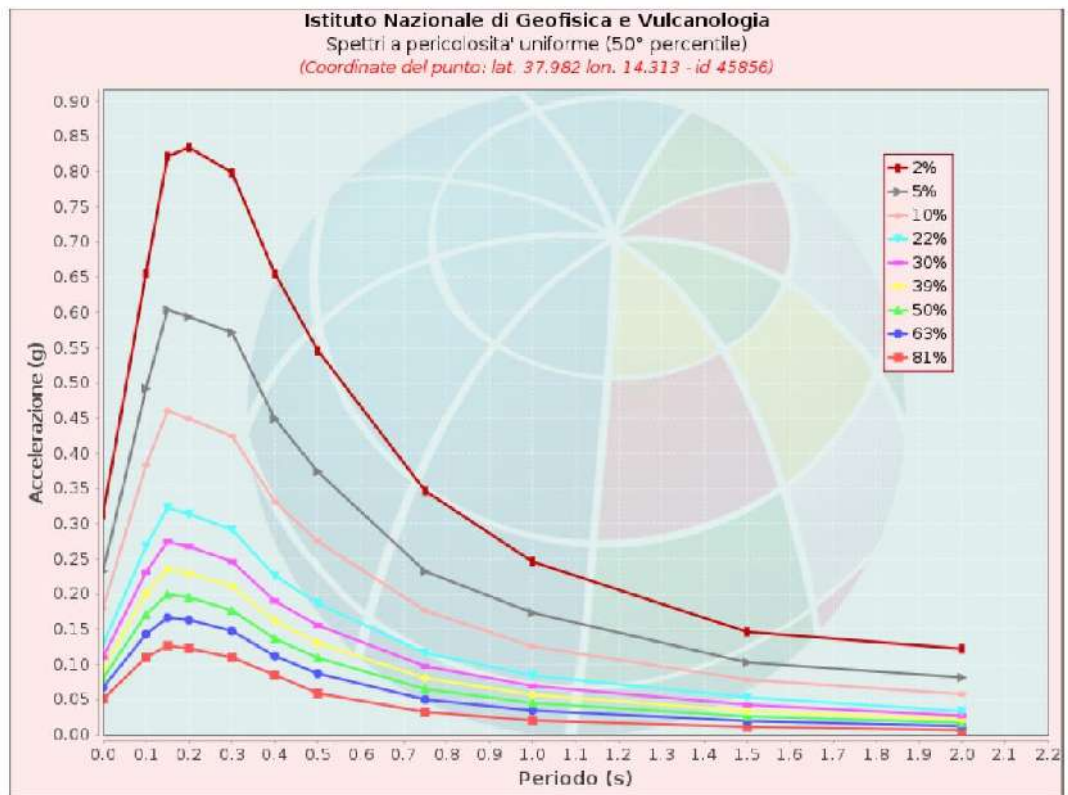


Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.982 lon. 14.313 - id 45856)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	19.9000	32.5000	15.3000	6.1300	0.6360	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.0500	7.9600	6.5000	4.1500	0.5660	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0264	0.5410	1.0500	1.0500	0.1810	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0011	0.0924	0.2110	0.0458	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0436	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0014	0.0005	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.0297	0.0104	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0257	0.0109	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116	0.0068	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0036	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0015	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.0	7.77	0.788



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.982 lon. 14.313 - id 45856)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2788	0.3132	0.3624
0.0010	0.2087	0.2327	0.2576
0.0021	0.1614	0.1804	0.1940
0.0050	0.1129	0.1291	0.1361
0.0071	0.0947	0.1105	0.1165
0.0099	0.0794	0.0951	0.0998
0.0139	0.0652	0.0806	0.0843
0.0199	0.0517	0.0674	0.0698
0.0332	0.0354	0.0510	0.0527



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.313	0.656	0.822	0.834	0.799	0.655	0.546	0.347	0.246	0.146	0.122
5%	0.233	0.492	0.604	0.594	0.572	0.449	0.374	0.232	0.174	0.103	0.082
10%	0.180	0.383	0.461	0.449	0.425	0.331	0.275	0.177	0.126	0.078	0.058
22%	0.129	0.268	0.323	0.314	0.292	0.226	0.187	0.116	0.084	0.053	0.034
30%	0.110	0.231	0.275	0.268	0.247	0.190	0.156	0.098	0.070	0.043	0.027
39%	0.095	0.201	0.236	0.230	0.211	0.163	0.131	0.081	0.057	0.034	0.022
50%	0.081	0.171	0.200	0.195	0.177	0.137	0.110	0.065	0.046	0.026	0.017
63%	0.067	0.143	0.167	0.164	0.148	0.112	0.087	0.050	0.035	0.020	0.013
81%	0.051	0.110	0.127	0.123	0.110	0.085	0.059	0.033	0.021	0.011	0.007

Ai fini del raggiungimento di un più elevato grado di sicurezza ai fini sismici, si può utilizzare, in sostituzione del valore di magnitudo derivante dalla disaggregazione di cui sopra, il valore relativo alla magnitudo (MwMax) evinto dalla Tabella 6 del “Rapporto conclusivo – Redazione della mappa di pericolosità sismica” edita a cura dell’INGV.

Tale valore indica la massima intensità del sisma accaduto nella zona sismica di riferimento, in questo specifico caso, “Sicilia Settentrionale” ZS 933. Per tale zona, il valore che può essere preso a riferimento, è pari a 6,14 MwMax (magnitudo massima momento).

8.2 Azione sismica di progetto

In ottemperanza alla recenti norme tecniche per le costruzioni definite dal D.M. 17 Gennaio 2018 (NTC 2018), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale deve essere valutata attraverso specifiche analisi da eseguire secondo quanto previsto dal paragrafo 7.11.3 del su citato D.M. Nel caso in specie, così come previsto dallo stesso D.M., si è ritenuto poter fare riferimento “a un approccio semplificato” che si basa sull'accertamento della categoria di sottosuolo attraverso la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

Per quanto sopra e così come previsto dalle normative vigenti, la determinazione del sottosuolo sismico, si attua attraverso l'accertamento delle condizione stratigrafiche del sito e la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio, analiticamente data da:

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

dove:

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, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Al fine di accertare quanto sopra, si è fatto ricorso all'esecuzione di N° 3 prove sismiche a rifrazione e tomografiche, a N° 2 di tipo Masw e N° 4 prove sismiche passive a stazione singola di tipo HVSR, tutte eseguite in corrispondenza dell'area oggetto di studio (V. Allegato 4).

Tale indagine, ha permesso di accertare: la frequenza di sito, l'ampiezza del rapporto componenti orizzontali – verticale, eventuali fenomeni di doppia risonanza (HVSR) e per le prove sismiche Masw e HVSR, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio $V_{s,eq}$ e di conseguenza, la classificazione della categoria di sottosuolo sismico.

Le risultanze delle indagini sismiche ottenute dall'elaborazione dei dati acquisiti in situ ed esposti nei relativi elaborati allegati alla presente relazione, hanno permesso di accertare sinteticamente quanto segue:

PROVE SISMICHE HVSR

ID PROVA	FREQUENZA DI SITO (Hz)	AMPIEZZA H_o/H_v	VELOCITA' $V_{s,eq}$ (m/s)	CATEGORIA SOTTOSUOLO	DOPPIA RISONANZA
HVSR 1	4,0	0,99	259,10	C	NO
HVSR 2	1,46	2,13	308,40	C	NO
HVSR 3	1,42	2,45	341,90	C	NO
HVSR 4	1,76	2,55	349,00	C	NO

PROVE SISMICHE MASW

ID PROVA	FREQUENZA DI SITO (Hz)	AMPIEZZA H_o/H_v	VELOCITA' $V_{s,eq}$ (m/s)	CATEGORIA SOTTOSUOLO	DOPPIA RISONANZA
MASW 1			442,70	B	
MASW 3			339,09	C	

Per quanto sopra, ai sensi delle NTC 2018, in considerazione dei valori di $V_{s,eq}$ riscontrati e ai fini della sicurezza si ritiene che il sottosuolo simico del sito di intervento possa essere classificato di:

Categoria “C”;

e quindi, come si evince dalla Tab. 3.2.II della stessa normativa, alla seguente descrizione:

“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

9.0 Condizioni Topografiche

In riferimento alle caratteristiche topografiche dell'area oggetto di studio, le verifiche relative alle condizioni morfologiche e orografiche del sito eseguite in loco, facendo riferimento alla Tab. 3.2.III delle NTC/2018, hanno permesso di identificare una categoria topografica pari a:

T2

Per quanto sopra, si consiglia al calcolista di adottare, per le verifiche sismiche e le relative calcolazioni previste, i parametri su riportati.

10.0 CONSIDERAZIONI FINALI

In conclusione si ritiene che, lo studio geologico tecnico, i sopralluoghi effettuati in situ, la raccolta di notizie e dati provenienti da indagini e studi precedenti nonché le indagini svolte in occasione del presente studio, hanno consentito di accertare quanto segue:

- L'area oggetto di studio ricade in corrispondenza del settore settentrionale del centro abitato del Comune di Pettineo ed in particolare copre, da ovest a est, l'area compresa tra la via Credenza a valle e la S.P. 176 a monte (V. Allegato 1);
- Dal punto di vista geomorfologico e orografico, gli edifici e l'area su cui essi insistono, si inseriscono in un contesto territoriale già urbanizzato ed antropizzato caratterizzato da una orografia ad assetto in leggero pendio e/o sub pianeggiante, posta ad una quota compresa tra i m 255,0 e i m 265,0 circa s.l.m.m., delimitata ad ovest da versanti a modesta acclività degradanti fino al greto del Vallone Ciuppa, ad est da versanti a più

elevata acclività, che si sviluppano progressivamente a monte fino alla dorsale che segna ad est, lo spartiacque idrografico del Torrente Tusa, in territorio di Motta D'Affermo (V. Allegato 2);

- Per quanto riguarda l'assetto litostratigrafico e le caratteristiche fisico meccaniche dei terreni dell'area interessata dagli interventi previsti in progetto, si rimanda ai rispettivi paragrafi dedicati, all'Allegato 3 e alle sezioni geolitologiche (Allegati 5, 6 e 7) facenti parte del presente studio;
- Le indagini eseguite in precedenza ed utilizzati in questo studio come riferimento, hanno permesso di accertare la presenza di una falda idrica riscontrata in situ, ad una profondità compresa tra i m 6,90 (SR3) e i m 12,50 (SR4) dal p.c. Si ritiene tuttavia, che la profondità a cui giace la falda, sia tale da non poter, in alcun modo, interferire, ne con le opere fondazionali degli edifici esistenti e oggetto di intervento ne con gli interventi previsti nello stesso progetto;
- Per quanto sopra accertato e da quanto evinto dalle indagini e dalle verifiche eseguite in situ, si ritiene che l'area direttamente interessata dagli interventi previsti in progetto, è caratterizzata da un assetto geomorfologico stabile e priva di qualsiasi forma di evoluzione accelerata

potenzialmente pericolosa per l'assetto statico dell'area e delle opere che su di essa, si dovranno realizzare. A tal proposito si precisa, che verifiche eseguite in tal senso, hanno permesso di accertare, che l'area oggetto di intervento, non ricade in nessuna delle aree classificate con livelli di pericolosità e/o rischio idrogeologico o idraulico nell'ambito del P.A.I.;

Quanto sopra esposto, consente di definire positivamente la fattibilità geologica delle opere previste in progetto. Tuttavia, sarà necessario adottare alcuni accorgimenti qui di seguito elencati, che si consigliano di eseguire, al fine di garantire la buona esecuzione e la stabilità delle opere stesse:

- 1) Accertata la presenza in corrispondenza degli edifici in oggetto di superfici e di elementi strutturali deteriorati e/o ammalorati, si consiglia di eseguire opportuni interventi di bonifica e risanamento strutturale delle parti degradate;
- 2) Tenuto conto, che i sopralluoghi eseguiti in situ, hanno permesso di accertare, lungo il perimetro degli edifici oggetto di intervento, molti tratti interessati da un evidente fenomeno di risalita capillare, si

consiglia di provvedere alla realizzazione di mirati interventi, atti ad annullare le cause del fenomeno sopra descritto e di risanare le parti ammolorate;

- 3) Accertata la presenza di segni di dissesto e cedimento di alcuni pozzetti e del manto stradale circostante, si consiglia di procedere ad una attenta verifica alla perdita dei su pozzetti e delle condotte di collegamento;
- 4) Tenuto conto, che il progetto prevede la realizzazione di un'area a parcheggio ubicata subito a valle dalla via Credenza, considerate le caratteristiche orografiche e litostratigrafiche dell'area che dovrà ospitare il su detto parcheggio, si consiglia di procedere, alla radicale asportazione del primo orizzonte presente in situ e relativo alla coltre di terreno agrario e/o comunque fino al sottostante orizzonte detritico – colluviale e per la realizzazione dell'orizzonte di base ed il livellamento della su detta area, utilizzare materiale inerte di cava opportunamente assortito granulometricamente e di elevate caratteristiche geotecniche appartenente al Gruppo "A1" della tabella di classificazione stradale HRB-AASHTO adottata anche dalle Norme

Italiane (CNR-UNI 10006). Si precisa che la messa in opera dei su detti materiali in situ, dovrà avvenire mediante l'esecuzione di reiterati cicli di distribuzione in strati centimetrici dei su detti materiali, opportunamente inumiditi e compattati fino alla massima densità e ciò, al fine di evitare l'innescò di eventuali fenomeni di cedimento differenziale. A completamento degli interventi sopra descritti, si consiglia inoltre, di realizzare opportune opere di sostegno a valle dell'area adibita a parcheggio, che nel caso in ispecie, dovranno essere ammorsate almeno fino al II° orizzonte (coltre detritico colluviale) accertato in situ e parametrizzato, infine, le su dette opere dovranno essere provviste di idonei sistemi di drenaggio;

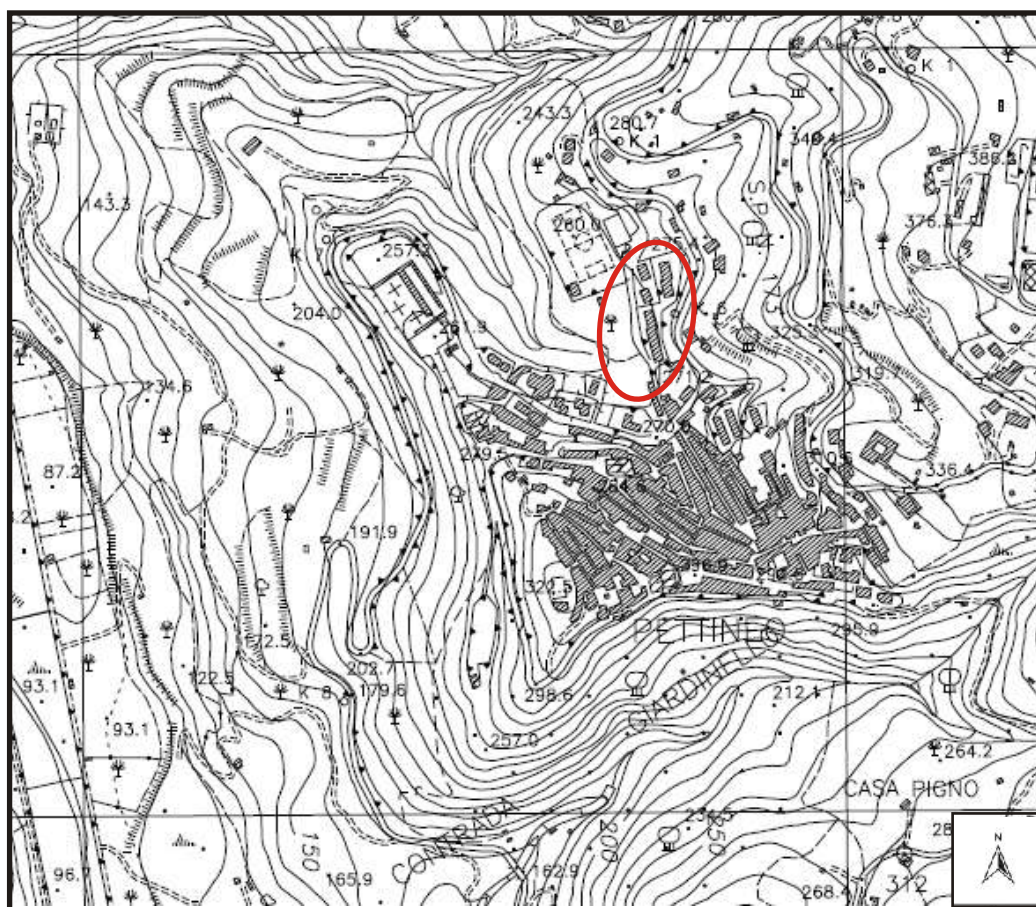
- 5) Si consiglia, di utilizzare come parametri geotecnici, sismici e topografici, per le relative verifiche previste, i valori riportati nei paragrafi dedicati, precisando che i parametri geotecnici, si riferiscono a valori medi di laboratorio e/o a parametri desunti prudenzialmente dalla letteratura specialistica in materia.

S. Stefano di Camastra, settembre 2022.

Dott. Geologo Saverio Angelo Ojeni



Saverio Angelo Ojeni



ALLEGATO 1

Stralcio C.T.R. Sez. 610040

Scala 1:10.000

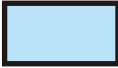



Aree oggetto di studio




ALLEGATO 3 Carta Geologica Scala 1:5.000

DEPOSITI QUATERNARI

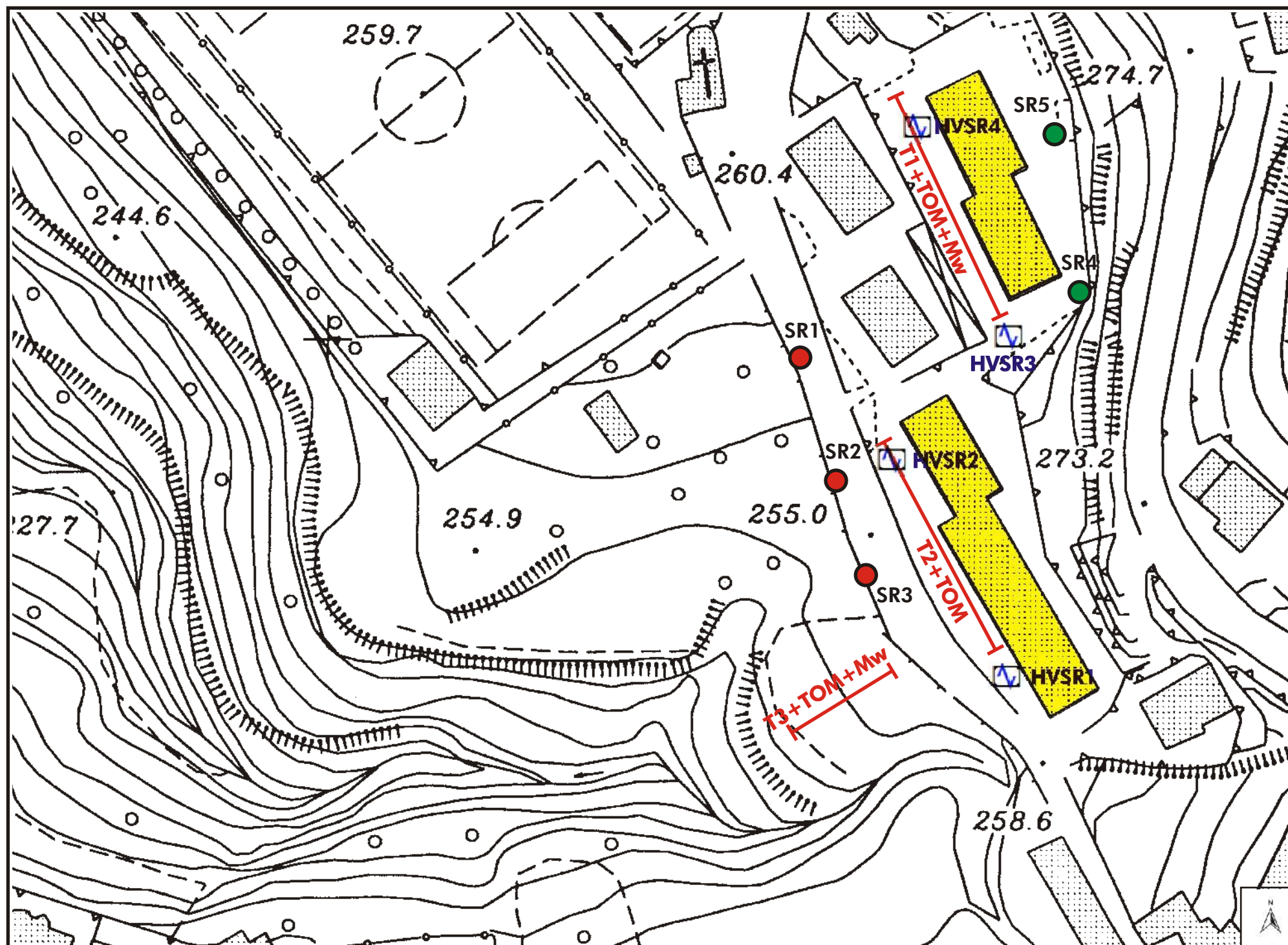
-  Alluvioni fluviali e conglomerati terrazzati (Recente-Oligocene)
-  Coltri detritico eluvio colluviali: Sabbie, sabbie limose, arenarie e argille ricoperti da suoli agrari, coltri di alterazione superficiali e locali riporti (Recente-Oligocene)

DEPOSITI DEL MIOCENE INF. - MED.

-  Alternanze arenaceo-pelitiche del Flysch di Reitano (Miocene Inf.-Med.) in loco ricoperte da coltri di alterazione e/o detritico eluvio colluviali

 Traccia di sezioni geolitologiche

 Area oggetto di intervento



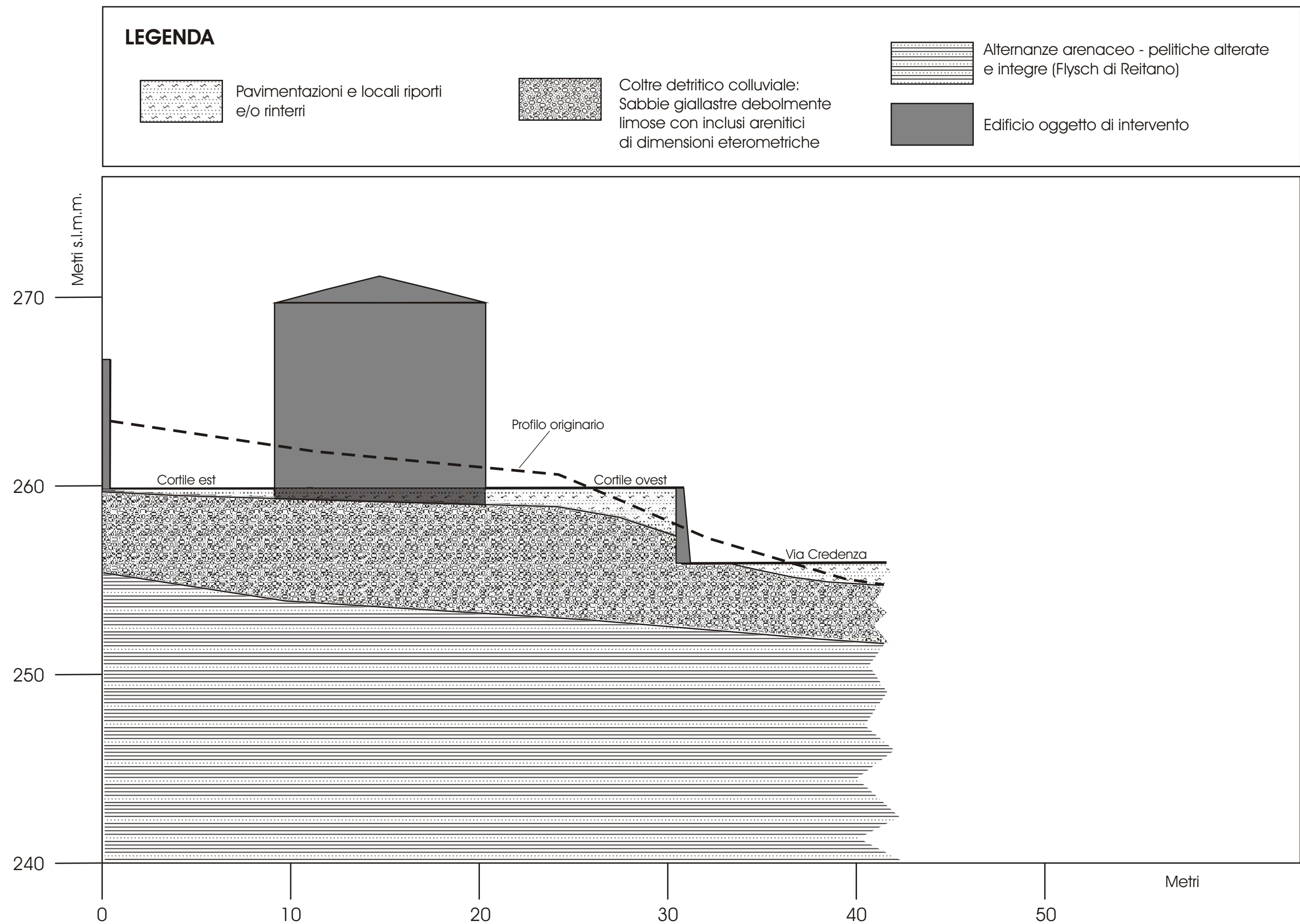
ALLEGATO 4
Carta delle indagini
Scala 1:1.000

**INDAGINI DI RIFERIMENTO ESEGUITI
 PER STUDI PRECEDENTI**

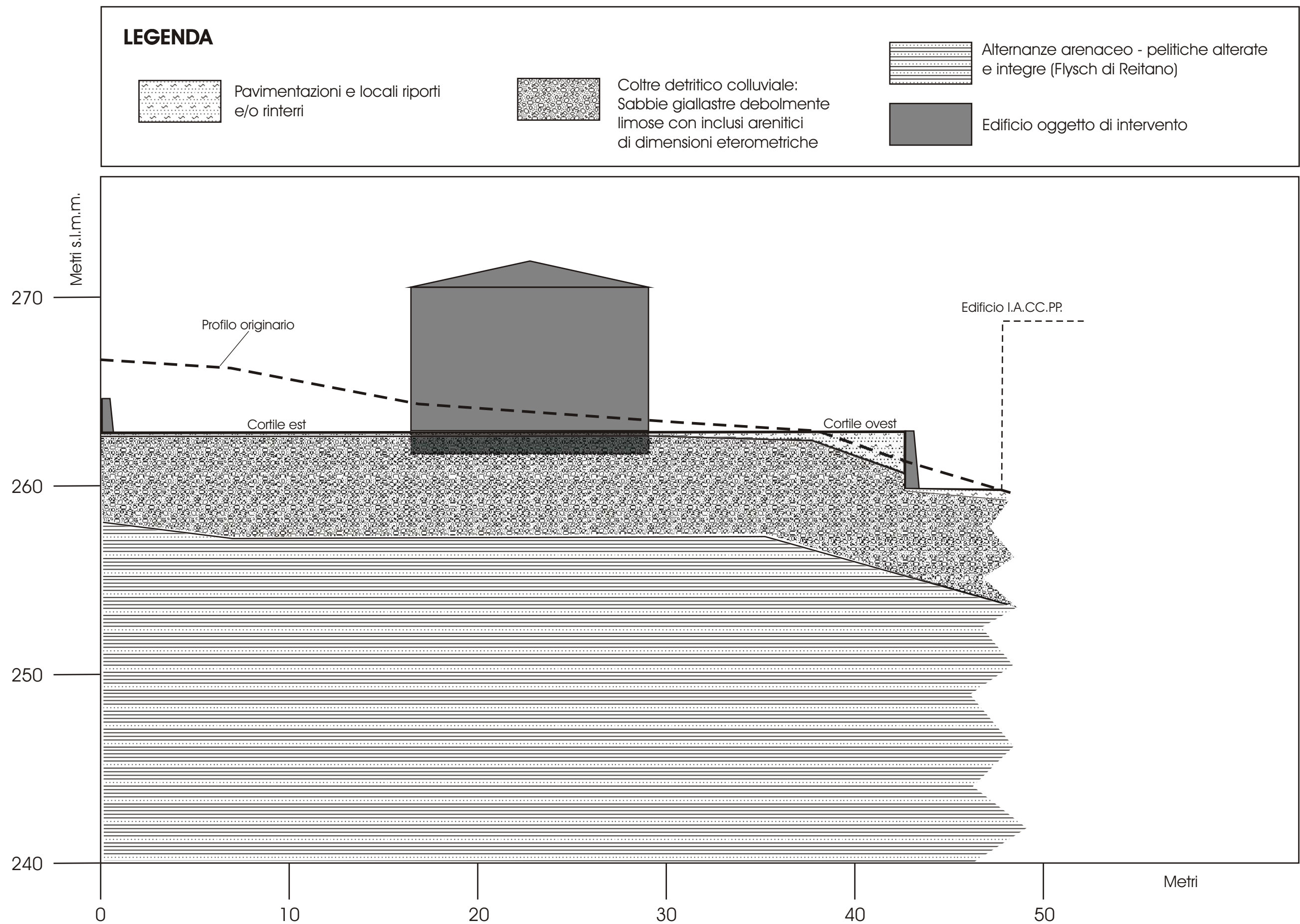
- SR# ● Sondaggio gognostico a c.c. eseguito per il "Progetto per la costruzione di N° 20 alloggi popolari" e relativa denominazione
- SR# ● Sondaggio gognostico a c.c. eseguito per il "Progetto dei lavori di opere connesse e di urbanizzazione a servizio degli alloggi popolari in C/da Credenza" e relativa denominazione

**INDAGINI ESEGUITI IN SITU PER IL
 PRESENTE STUDIO**

- T# ↗ Profilo simico a rifrazione e relativa denominazione, con TOM tomografia e con Mw masw
- HVSR# □ Prova sismica passiva HVSR e relativa denominazione
- Edifici oggetto di intervento

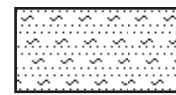


ALLEGATO 5. Sezione geolitologica A1 - B1. Scala 1:200.

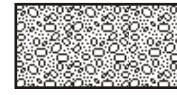


ALLEGATO 6. Sezione geolitologica A2 - B2. Scala 1:200.

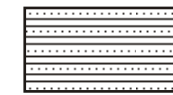
LEGENDA



Pavimentazioni, locali riporti
e/o Terreno vegetale



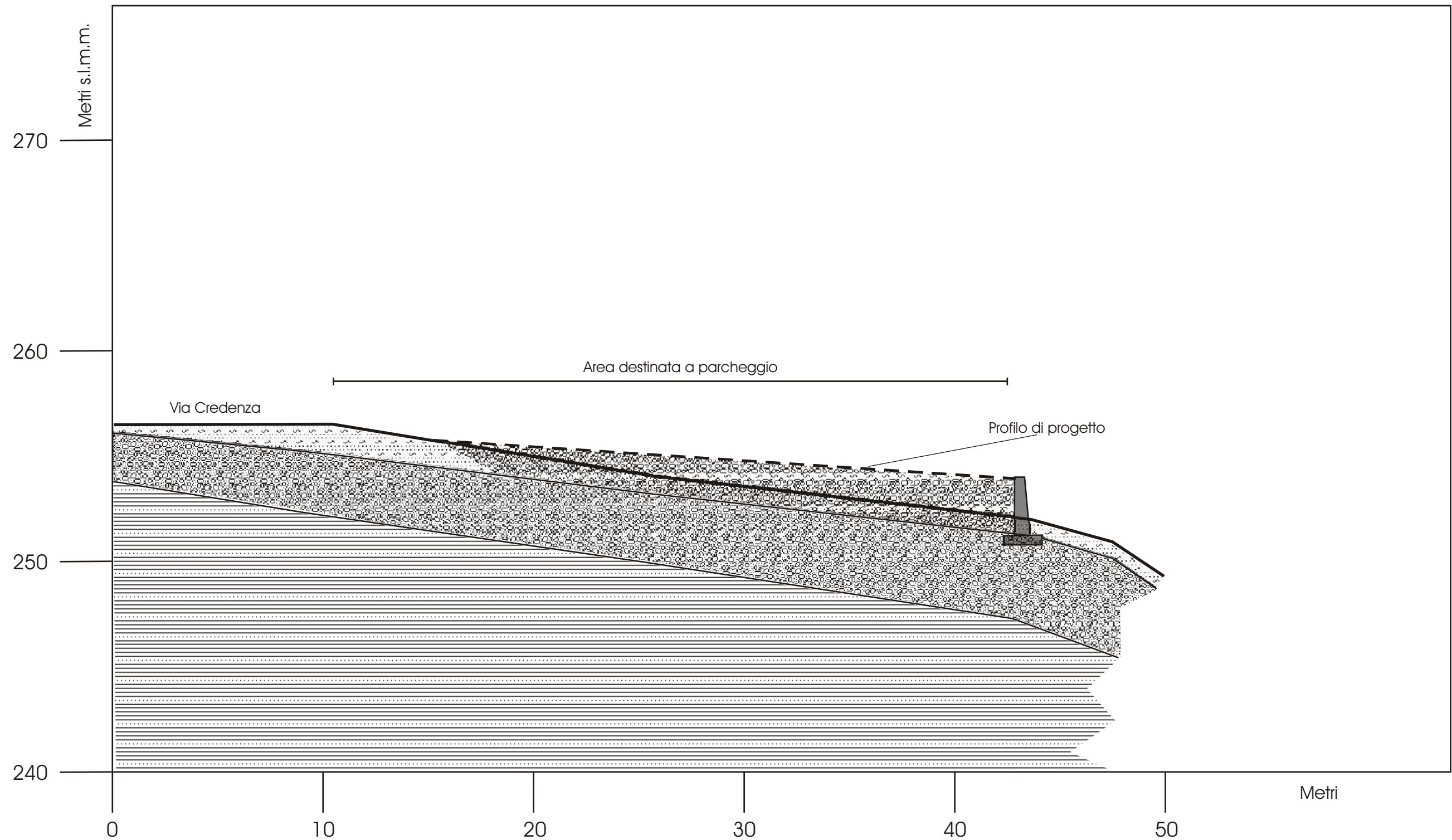
Coltre detritico colluviale:
Sabbie giallastre debolmente
limose con inclusi arenitici
di dimensioni eterometriche



Alternanze arenaceo - pelitiche alterate
e integre (Flysch di Reitano)



Terreni di rilevato per area a parcheggio



ALLEGATO 7. Sezione geolitologica A3 - B3. Scala 1:200.

ALLEGATO A INDAGINI SISMICHE

Prove sismiche a rifrazione, Tomografiche e Masw

1. PREMESSA

Scopo dell'indagine è stato quello di determinare la categoria dei suoli secondo la normativa sismica italiana (VS,eq) e la stratigrafia sismica dei terreni.

A tale scopo sono state eseguite:

- n° 2 misure “Active MASW multichannel analysis of surface waves method” (Masw);
- n° 3 misura di sismica a rifrazione;
- n° 3 misura di sismica arifrazione con analisi tomografica;

2. METODOLOGIA “ACTIVE MASW”

L'indagine è stata eseguita con un sismografo, modello A6000S della M.A.E. (molisana apparecchiature elettroniche) a **24 canali**.

2.1 Sismografo

Il sismografo 24 bit per prospezione sismica MAE A6000S presenta la piattaforma di acquisizione dati di ultima generazione e sistema operativo di uso intuitivo e organizzato in menu navigabili con funzioni differenti in base al tipo di sondaggio sismico selezionato mediante un semplice tocco sul monitor *touch screen* a colori di grandi dimensioni.

Caratteristica principale di questo sismografo è la risoluzione di 24 bit effettivi per ogni singolo canale che si ottiene grazie all'utilizzo della nuova scheda di acquisizione dati MAE 24 bit, che adotta un convertitore digitale A/D 24 bit per ciascuno dei canali di ingresso di cui è dotato il sismografo (tecnologia SST). L'adozione di tale architettura rende ideale l'**A6000S** per tutte le tipologie di prospezione sismica attiva e passiva nonché per indagini e rilievi strutturali su edifici ed opere infrastrutturali (acquisizione di vibrazioni con accelerometri o sensori sismici a bassa frequenza, etc.). Le procedure automatiche permettono verifiche pre-acquisizione dalla corretta connessione dei geofoni e dell'analisi della rumorosità di fondo del sito investigato, inoltre è possibile effettuare una prima analisi dei dati acquisiti, anche per singola onda, direttamente in campagna, visualizzando i dati relativi alle velocità in ogni singolo punto dell'onda esaminata. Il salvataggio dei dati avviene su hard disk interno a stato solido, per una maggiore sicurezza dei dati, oppure su memoria USB esterna.

2.1.1 Specifiche Tecniche

- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz

- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale o per gruppi di canali liberamente organizzabili
- Filtro anti-alias: -3dB,80% della frequenza di Nyquist,-80dB
- Tempo pre-trigger: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 50, 100, 200, 300, 400, 500ms
- Intervalli di campionamento: 1/30, 1/15, 1/7.5, 1/3.75, 0.5, 1.0, 2.0, 10.0, 20.0 ms
- Numero di campioni per evento: impostabile da 1024 a 43520 con incrementi di 512
- Interfacce disponibili: LAN, USB, VGA
- Canali: configurazioni da 12, 24 o 36. Possibilità di utilizzare da 1 al numero massimo di canali installati per ogni acquisizione.
- Test della strumentazione: solo in laboratorio
- Auto-calibrazione interna dei convertitori prima di ogni acquisizione.
- Filtri digitali: selezionati automaticamente in base alla frequenza di campionatura
- Test geofoni: verifica automatica per individuare interruzioni dei cavi oppure geofoni rotti o in corto.
- Visualizzazione in tempo reale dei segnali provenienti dai geofoni
- Archiviazione dati: in memoria FLASH interna (fino a 3GB disponibili) e/o su USB pen-drive rimovibile
- Trigger: positive, negative (opzionale a chiusura di contatto) con soglia regolabile da software
- Formato dei dati: SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII
- Alimentazione: 12V DC, fornita da apposito power box ricaricabile. Assorbimento medio: 1.5A
- Dimensioni e peso: 40.4x17.4x33 cm, 5 Kg (cavi e sensori esclusi)
- Stampanti: ad interfaccia USB compatibili con Windows XP
- Condizioni ambientali: -20/80°C
- Sistema Operativo: Windows Embedded Standard 2009

2.2 Metodologia MASW

La metodologia MASW permette di eseguire indagini per identificare le caratteristiche dinamiche dei suoli e quindi anche il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs con metodologie finalizzate alla progettazione e/o previsione del comportamento delle opere soggette ad azioni dinamiche (sisma, vibrazioni, esplosioni, etc.)

L'analisi permette di determinare la risposta sperimentale del sito e l'individuazione del profilo delle onde di taglio verticali Vs, sulla base del quale valutare la velocità equivalente delle onde di taglio verticali nei primi 30 mt di profondità Vs,eq e quindi la categoria di suolo sismico, secondo quanto indicato dalla nuova normativa sismica e dall'Eurocodice.

Il metodo MASW è classificabile come tecnica di indagine sismica simile alla sismica a rifrazione e alla sismica a riflessione, perché il principio alla base della prova sperimentale in sito è analogo e consiste nel misurare le onde superficiali sul suolo.

Rispetto alla sismica a rifrazione il metodo MASW presenta i vantaggi di superare i problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi o di strati più rigidi compresi tra strati più soffici; o nel caso di sismica a rifrazione con onde P alla presenza della falda superficiale, che nasconde gli strati di terreno con velocità delle onde P inferiore alla velocità delle onde nell'acqua. Il metodo MASW consente di individuare il profilo di velocità Vs anche in presenza di contrasti di rigidezza tra gli strati del suolo.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Nella pratica è stato osservato che, se si esegue la prova con lo stendimento dei sensori lungo la direzione di massima pendenza, la presenza di forti acclività comporta una traslazione della curva di dispersione sperimentale. Il problema è mitigato disponendo lo stendimento dei sensori lungo una curva di livello in direzione perpendicolare alla direzione di massima pendenza.

2.3 Software di analisi

L'analisi dei dati avviene utilizzando un software specifico Easy**MASW** che elabora i dati strumentali di vari formati TXT, SEG2, SG2, DAT, SU, SEGY, SGY, XLS e DRM.



L'inserimento dei dati sperimentali prevede di inserire la distanza tra i ricevitori, il tempo di campionamento, il punto di scoppio e il numero ricevitori/segnali da considerare.

Definito lo spettro f-k si selezionerà il range di frequenza da analizzare definendo la curva di dispersione sperimentale. Sarà definita la stratigrafia del sottosuolo sismico da investigare, il numero di iterazioni.

Un processo di inversione metterà a confronto curva sperimentale ed apparente e curva sperimentale ed effettiva oltre ai modi di Rayleigh. Quindi si definirà un profilo Vs e relativa curva di taglio verticale. Il processo dati si chiude con la definizione delle unità sismogenetiche e relativi valori di Vs dai quali con applicazione della formula

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

Si otterrà il valore di $V_{s,eq}$ che definirà la **categoria di suolo di fondazione** così come richiesto dal **D.M 17 Gennaio 2018 - Norme tecniche per le costruzioni** basandosi sulle velocità medie delle onde sismiche trasversali nei primi trenta metri terreno fondazionale per la determinazione dei fattori amplificativi dell'azione sismica.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

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

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

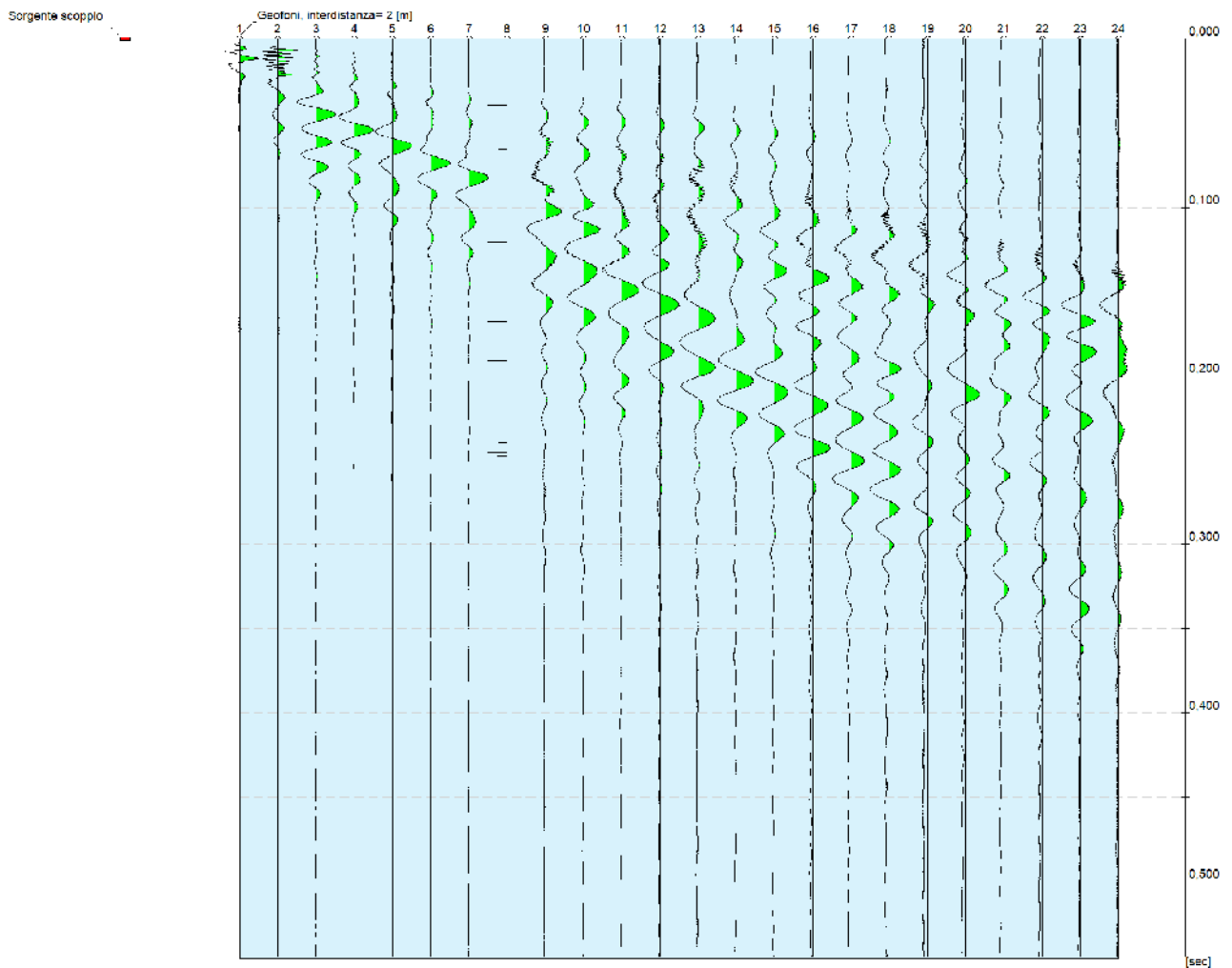
3. INDAGINI “ACTIVE MASW”

3.1 Misura M_{W1}

La misura M_{W1} è stata eseguita lungo una linea rettilinea di **46,00 metri**. Lo stendimento è limitato per problemi logistici.

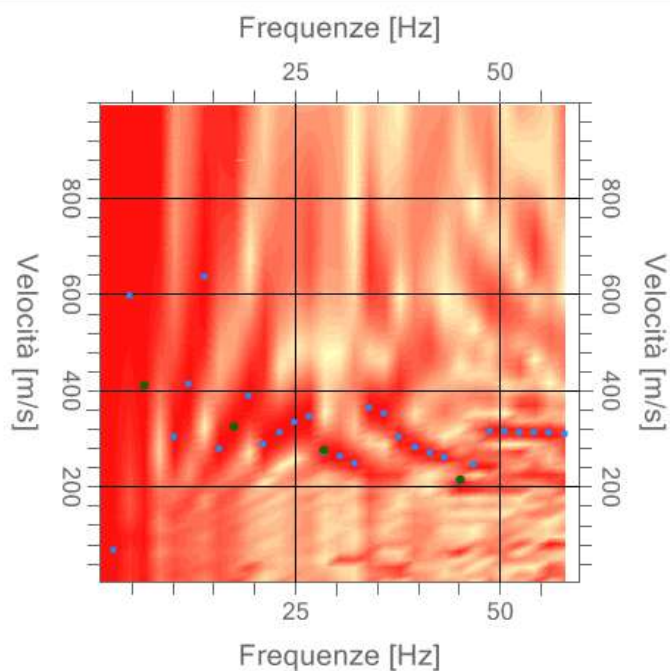
FOTO

Sono stati adoperati **24 geofoni** con frequenza di 4,5 Hz collocati nel terreno lungo una linea rettilinea con interdistanza di **2,00 metri**.



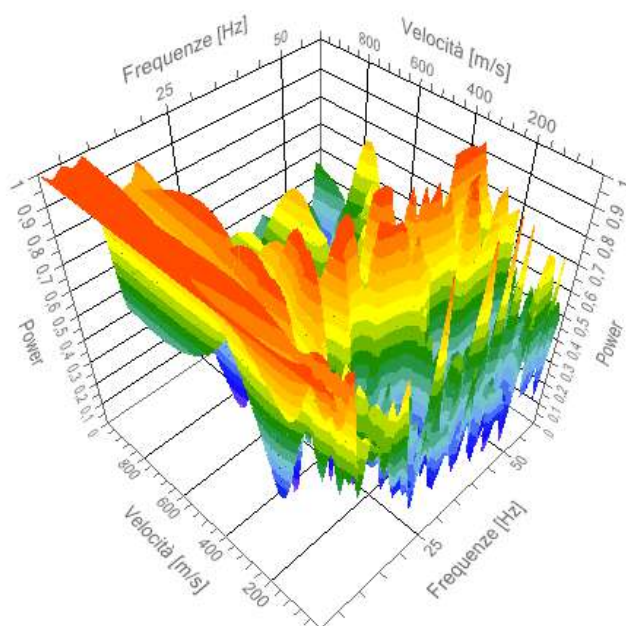
Nella prima registrazione il punto di energizzazione è stato posto a **-2,00 metri** di distanza dal geofono **n. 1** e sullo stesso allineamento.

Spettro Velocità di fase - Frequenze

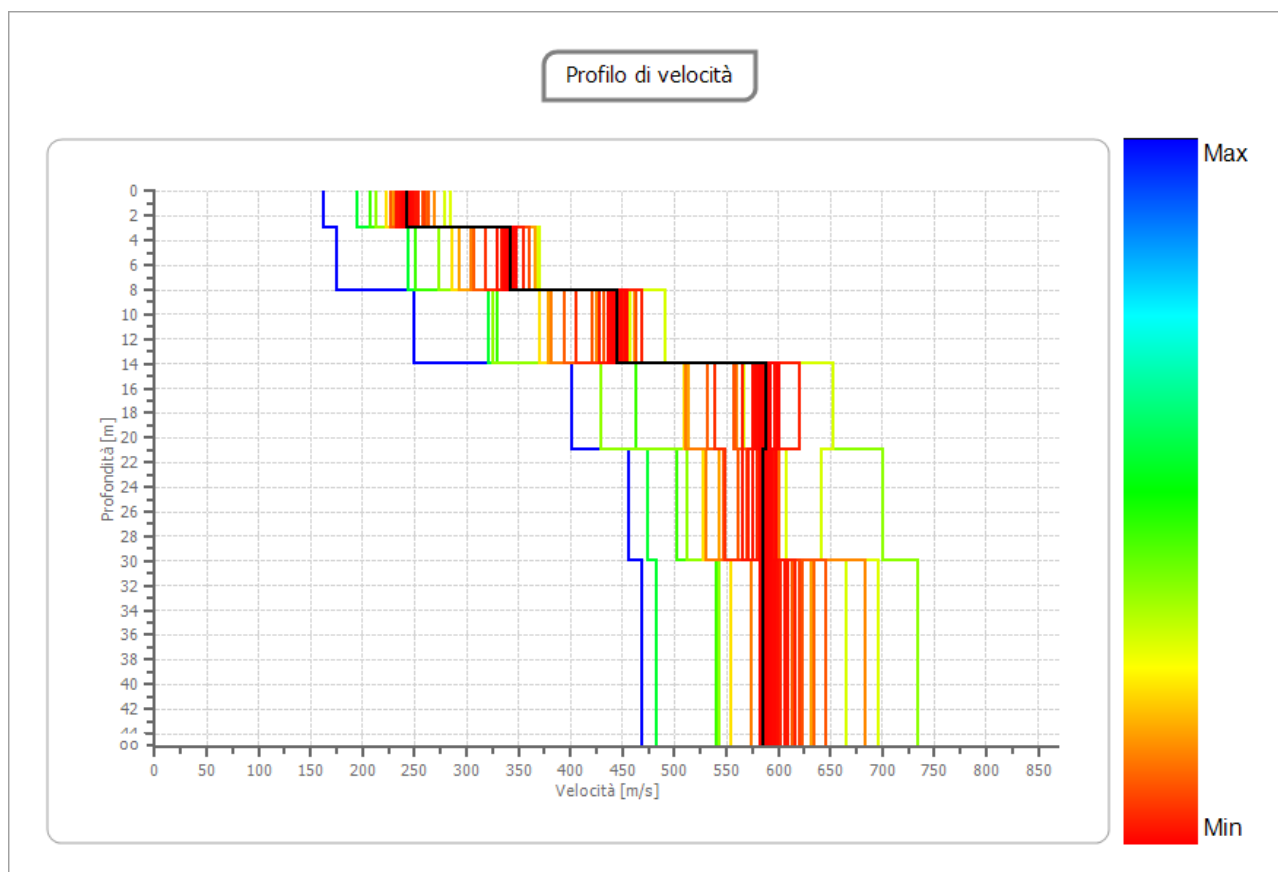


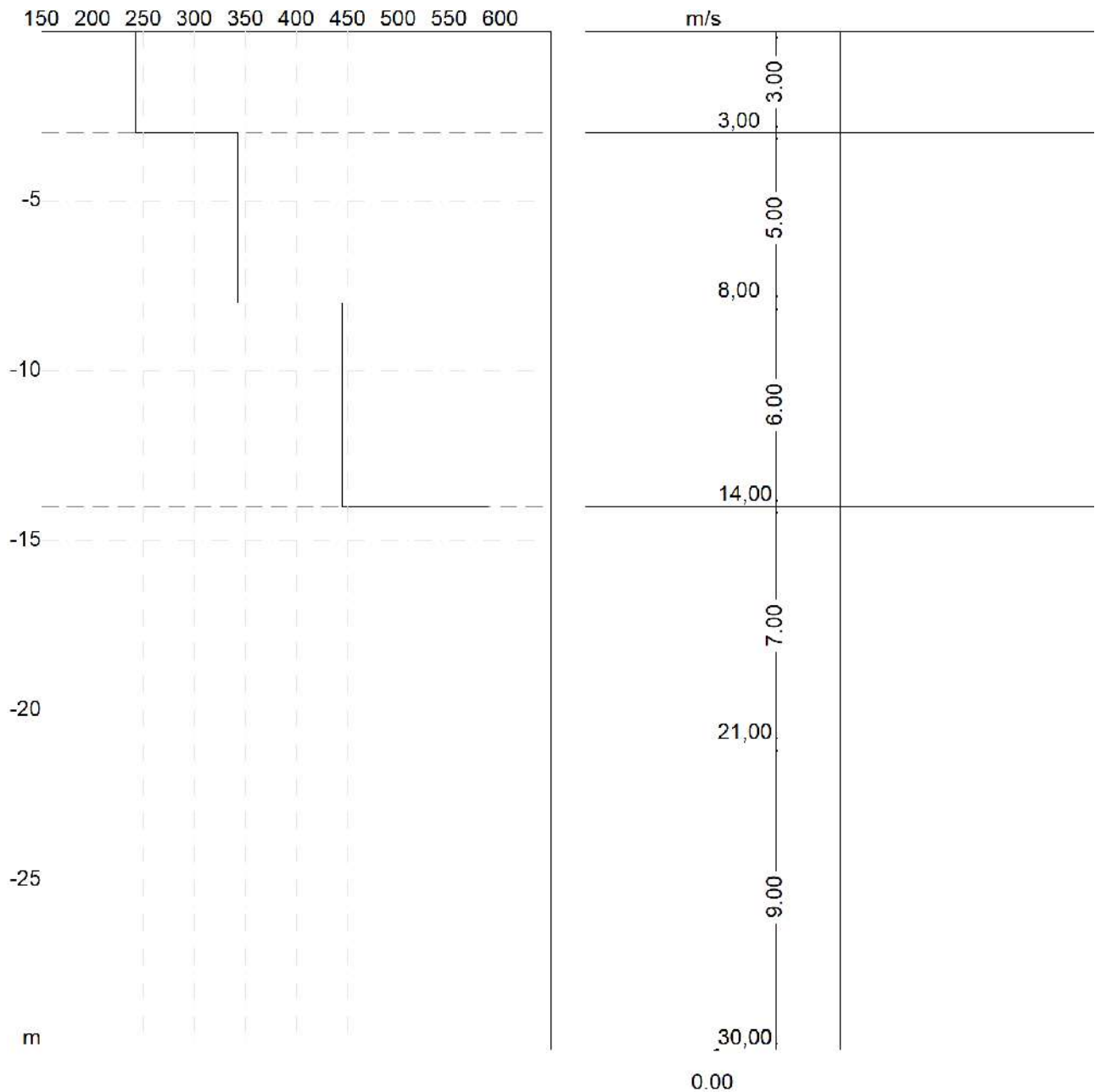
Nelle tavole allegate sono riportati i sismogrammi e le schermate prodotte dal software durante il processo di elaborazione.

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Il software elabora e definisce il valore medio delle velocità delle onde trasversali **Vs** relativo ad uno spessore di **30 metri**.





Valori del parametro $V_{s,eq}$

Secondo i dettami delle ultime normative di legge abbiamo calcolato la $V_{s,eq}$ con la seguente espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

Il valore calcolato per la misura M_{W1} è:

Definizione del profilo stratigrafico								
Profondità piano di posa		0 [m]						
Vs,eq		442,70 [m/s]						
Categoria del suolo		B						
<input type="checkbox"/> Sito suscettibile di liquefazione o costituito da argilla sensitiva.								
<input type="checkbox"/> Probabile suolo di tipo E								
	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]
1	3,00	3,00	241,98					
2	8,00	5,00	342,21					
3	14,00	6,00	444,75					
4	21,00	7,00	588,47					
5	30,00	9,00	585,51					
6	oo	oo	585,82					

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs,30, ottenuto ponendo H=30 m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il sito oggetto d'indagine può appartenere alla **categoria "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.**

4. - SISMICA A RIFRAZIONE

Il Profilo sismico a rifrazione è stato eseguito con apparecchiatura elettronica multicanale ad alta precisione ed a segnale incrementale, sismografo modello A6000S della M.A.E. (molisana apparecchiature elettroniche) a 24 canali.

La metodologia d'indagine consiste nel provocare una perturbazione elastica in un punto e nel registrare le oscillazioni elastiche che ne scaturiscono in altri punti del terreno dove sono stati piazzati dei geofoni ad intervallo regolare, disposti lungo un allineamento superficiale.

I segnali provenienti dalle varie perturbazioni elastiche provocate dall'impatto di una mazza su una piastra metallica appoggiata sulla superficie del suolo, sono stati memorizzati dal sismografo e successivamente trasferiti sul computer.

L'interpretazione è stata eseguita utilizzando un software specializzato PSLab 2008 (seismic data elaboration software) della M.A.E. (molisana apparecchiature elettroniche).

Il programma elabora i dati acquisiti con ricerca dei primi arrivi e ricostruzione delle dromocrone diretta ed inversa delle onde longitudinali che attraverso l'interpretazioni si definiscono i tratti corrispondenti a diversi rifrattori. Attraverso il calcolo delle velocità si definiscono i diversi strati di propagazione sismica in spessore e velocità delle Vp in un piano z con definizione delle sismosezioni.

ANALISI TOMOGRAFIA - SISMICA

L'analisi di **tomografia sismica** è un metodo di indagine che si basa sull'analisi del tempo di propagazione di onde sismiche. La tomografia sismica è un tipo di *visualizzazione sismica* (*seismic imaging*) e di solito si basa sull'analisi della velocità di propagazione delle *onde P* fornendo una immagine del sottosuolo.

L'interpretazione è stata eseguita con la metodologia tomografica, utilizzando un software edito dalla Optim inc.

4.1 Profilo sismico T1

L'indagine è stata eseguita utilizzando 24 geofoni ad interdistanza di **2,00 metri**, con stendimento di **50 metri** totali ed esecuzione di n° 5 misure con punto di sparo rispettivamente a **0.00 m, + 7.00 m, +25.00 m, +37.00 m, +50.00 m** dal geofono n° 1. Distanze geofoniche vincolate per motivi logistici in sito.

L'interpretazione è stata eseguita con la metodologia a rifrazione, utilizzando apposito software per elaborazione dati sismici a rifrazione.

Di seguito sono allegate le tavole e le risultanze elaborate dal software relative alla **T1**:

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	1.sg2
13.00	0.00	2.sg2
25.00	0.00	3.sg2
37.00	0.00	4.sg2
50.00	0.00	5.sg2

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 13 [ms]	FBP da 25 [ms]	FBP da 37 [ms]	FBP da 50 [ms]
1	2.00	0.00	2.53	7.07	16.53	6.80	17.20
2	4.00	0.00	4.00	5.15	15.47	6.27	17.07
3	6.00	0.00	6.67	3.07	14.40	5.87	16.93
4	8.00	0.00	8.00	1.87	12.67	5.60	16.67
5	10.00	0.00	8.80	0.93	10.67	5.33	16.53
6	12.00	0.00	12.67	0.27	9.87	5.20	16.40
7	14.00	0.00	14.40	0.64	9.60	4.80	16.27
8	16.00	0.00	15.60	1.73	8.80	4.27	16.13
9	18.00	0.00	16.40	1.87	7.73	3.07	16.00
10	20.00	0.00	18.53	2.80	7.33	2.80	15.87
11	22.00	0.00	19.07	3.87	6.00	2.27	15.87
12	24.00	0.00	19.73	4.40	5.47	2.13	15.60
13	26.00	0.00	20.40	5.73	5.87	1.87	15.47
14	28.00	0.00	20.53	7.73	6.40	1.07	15.20
15	30.00	0.00	21.07	8.93	7.07	0.93	14.93
16	32.00	0.00	21.47	11.20	8.13	0.53	14.67

17	34.00	0.00	21.47	12.67	9.73	0.40	14.00
18	36.00	0.00	21.87	13.33	10.27	0.14	12.93
19	38.00	0.00	22.27	15.60	12.40	0.13	10.27
20	40.00	0.00	22.67	16.00	14.80	0.27	10.00
21	42.00	0.00	22.80	16.53	16.00	1.87	8.27
22	44.00	0.00	23.07	17.07	17.47	3.73	5.73
23	46.00	0.00	23.20	18.67	17.87	4.53	5.33
24	48.00	0.00	23.33	19.73	18.13	4.67	3.73

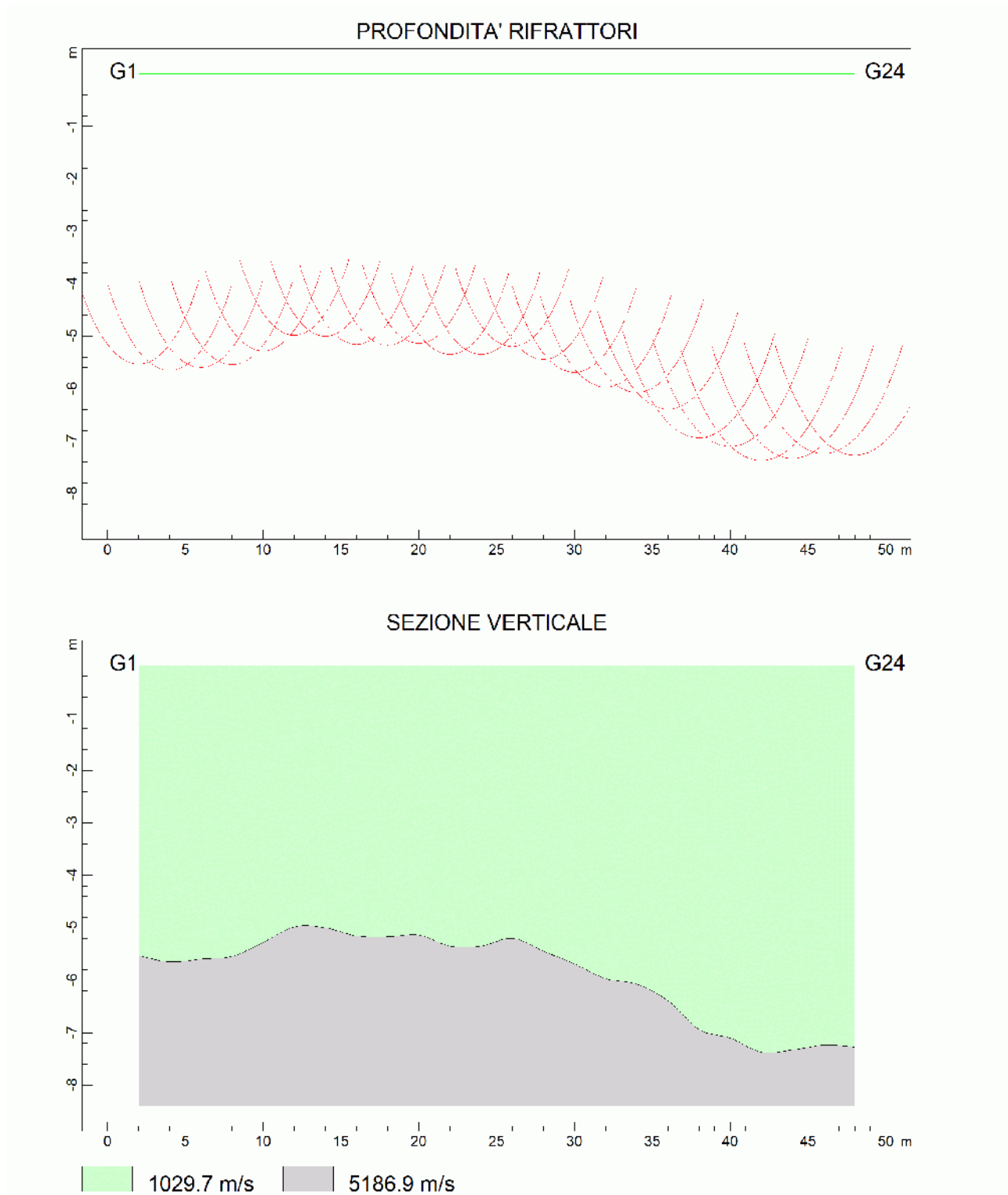
DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	5.5
2	5.6
3	5.6
4	5.5
5	5.3
6	5.0
7	5.0
8	5.2
9	5.2
10	5.1
11	5.3
12	5.3
13	5.2
14	5.4
15	5.7
16	6.0
17	6.1

18	6.4
19	6.9
20	7.1
21	7.4
22	7.3
23	7.2
24	7.3

VELOCITA' DEGLI STRATI

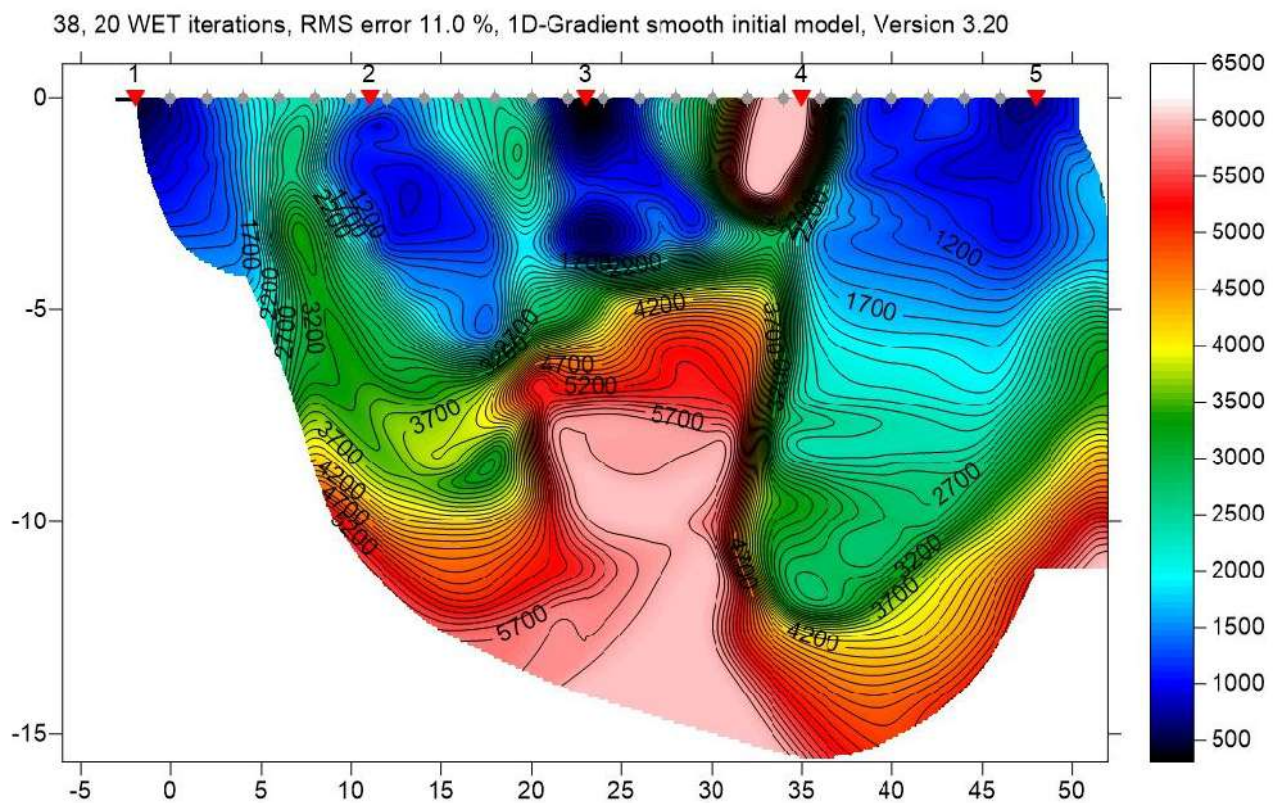
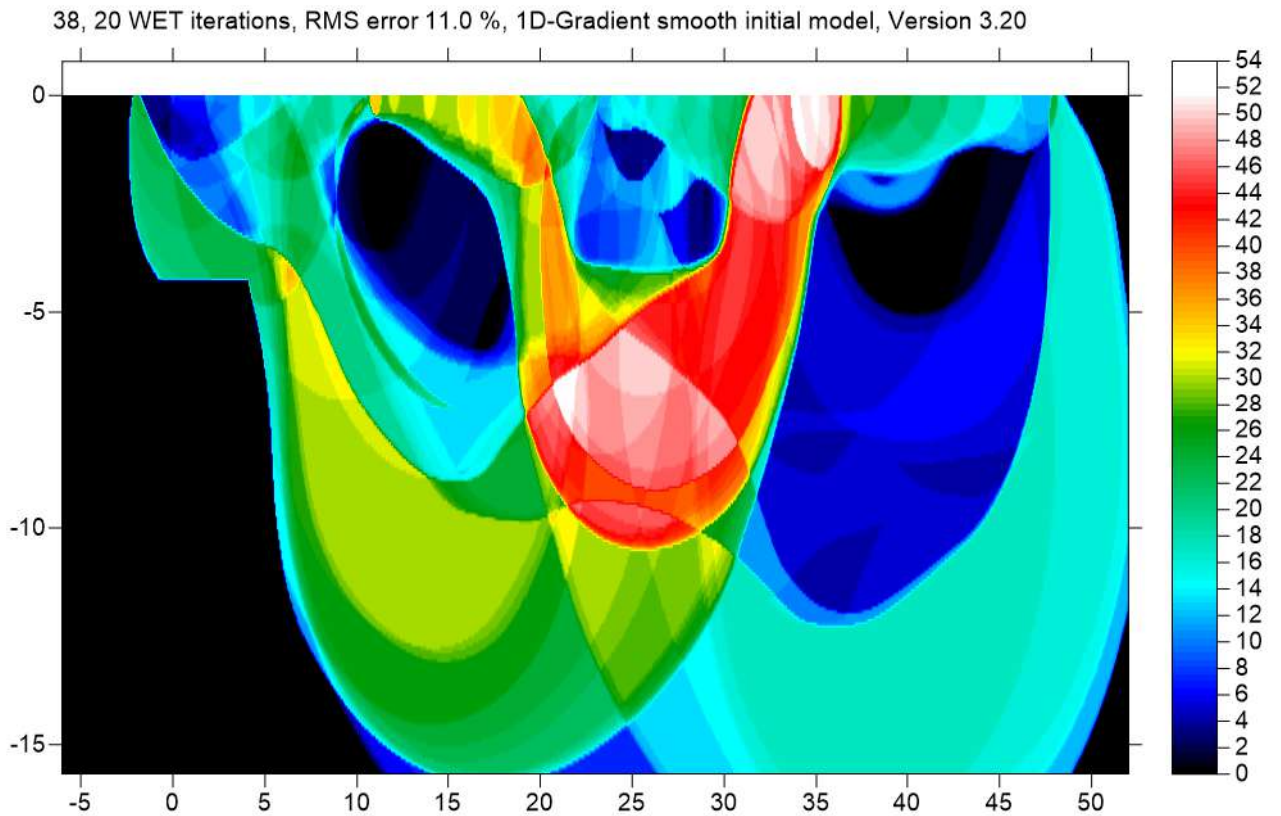
N. Strato	Velocità [m/s]
1	1029.7
2	5186.9



4.1.1 Profilo sismico TOMO1

L'indagine è stata eseguita utilizzando 24 geofoni ad interdistanza di **2,00 metri**, con stendimento di **50 metri** totali ed esecuzione di **n° 5 misure** con punto di sparo rispettivamente a **0.00 m, +7.00**

m, +25.00 m, +37.00 m, +50.00 m dal geofono n° 1. Distanze geofoniche vincolate per motivi logistici in sito.



4.2 Profilo sismico T2

L'indagine è stata eseguita utilizzando 24 geofoni ad interdistanza di **2,00 metri**, con stendimento di **50 metri** totali ed esecuzione di **n° 5 misure** con punto di sparo rispettivamente a **0.00 m, +7.00 m, +25.00, +37.00, +50.00 m** dal geofono n° 1. Distanze geofoniche vincolate per motivi logistici in sito.

L'interpretazione è stata eseguita con la metodologia a rifrazione, utilizzando apposito software per elaborazione dati sismici a rifrazione.

Di seguito sono allegate le tavole e le risultanze elaborate dal software relative alla **T2**:

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	1.sg2
13.00	0.00	2.sg2
25.00	0.00	3.sg2
37.00	0.00	4.sg2
50.00	0.00	5.sg2

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 13 [ms]	FBP da 25 [ms]	FBP da 37 [ms]	FBP da 50 [ms]
1	2.00	0.00	2.28	7.40	15.08	26.07	22.05
2	4.00	0.00	2.71	6.43	14.88	26.04	21.56
3	6.00	0.00	2.66	5.66	13.88	25.76	21.57
4	8.00	0.00	3.91	4.86	13.00	24.56	20.61
5	10.00	0.00	5.19	4.49	11.51	23.74	19.90
6	12.00	0.00	5.48	3.67	9.47	23.00	18.94
7	14.00	0.00	6.84	3.95	8.94	20.15	18.71

8	16.00	0.00	8.04	5.49	8.06	17.51	18.11
9	18.00	0.00	8.85	5.59	6.59	14.25	17.40
10	20.00	0.00	9.28	6.28	6.00	12.07	16.80
11	22.00	0.00	9.66	6.71	5.47	10.26	16.08
12	24.00	0.00	9.99	7.31	4.45	9.31	15.61
13	26.00	0.00	10.32	8.51	4.37	8.27	15.25
14	28.00	0.00	11.73	10.92	5.16	7.70	14.42
15	30.00	0.00	12.92	13.50	6.18	7.22	13.46
16	32.00	0.00	13.36	16.16	6.24	6.27	12.99
17	34.00	0.00	13.52	16.51	7.25	5.80	11.44
18	36.00	0.00	13.74	18.49	8.45	4.94	11.44
19	38.00	0.00	14.12	19.13	8.84	5.09	10.60
20	40.00	0.00	14.48	20.01	9.29	6.04	10.01
21	42.00	0.00	14.66	20.99	9.76	6.19	8.82
22	44.00	0.00	14.86	21.53	11.64	7.07	8.14
23	46.00	0.00	15.11	21.68	13.24	8.00	7.57
24	48.00	0.00	15.20	22.47	13.54	9.11	6.59

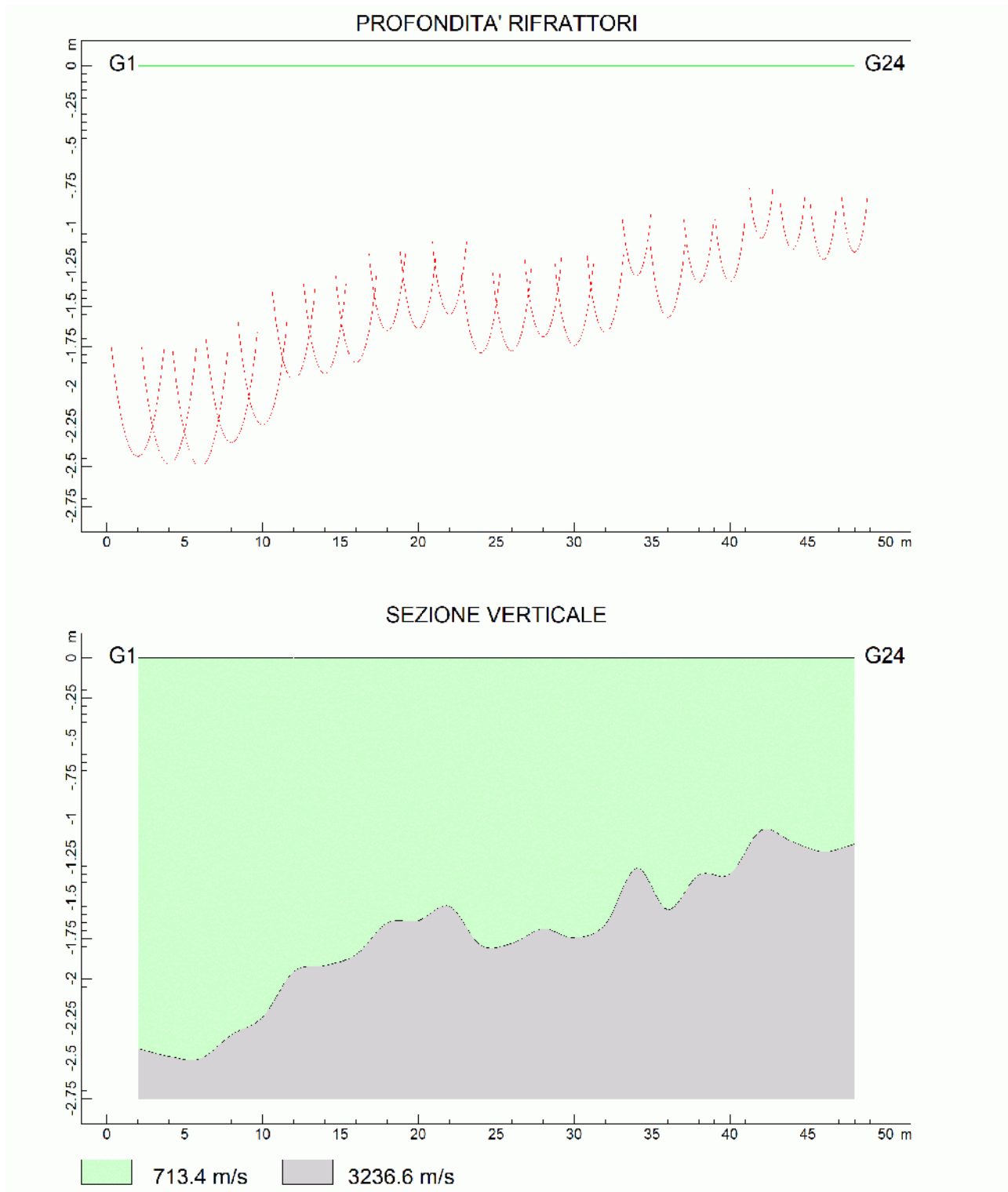
DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	2.4
2	2.5
3	2.5
4	2.3
5	2.2
6	2.0
7	1.9
8	1.8

9	1.7
10	1.6
11	1.5
12	1.8
13	1.8
14	1.7
15	1.7
16	1.7
17	1.3
18	1.6
19	1.4
20	1.3
21	1.1
22	1.1
23	1.2
24	1.2

VELOCITA' DEGLI STRATI

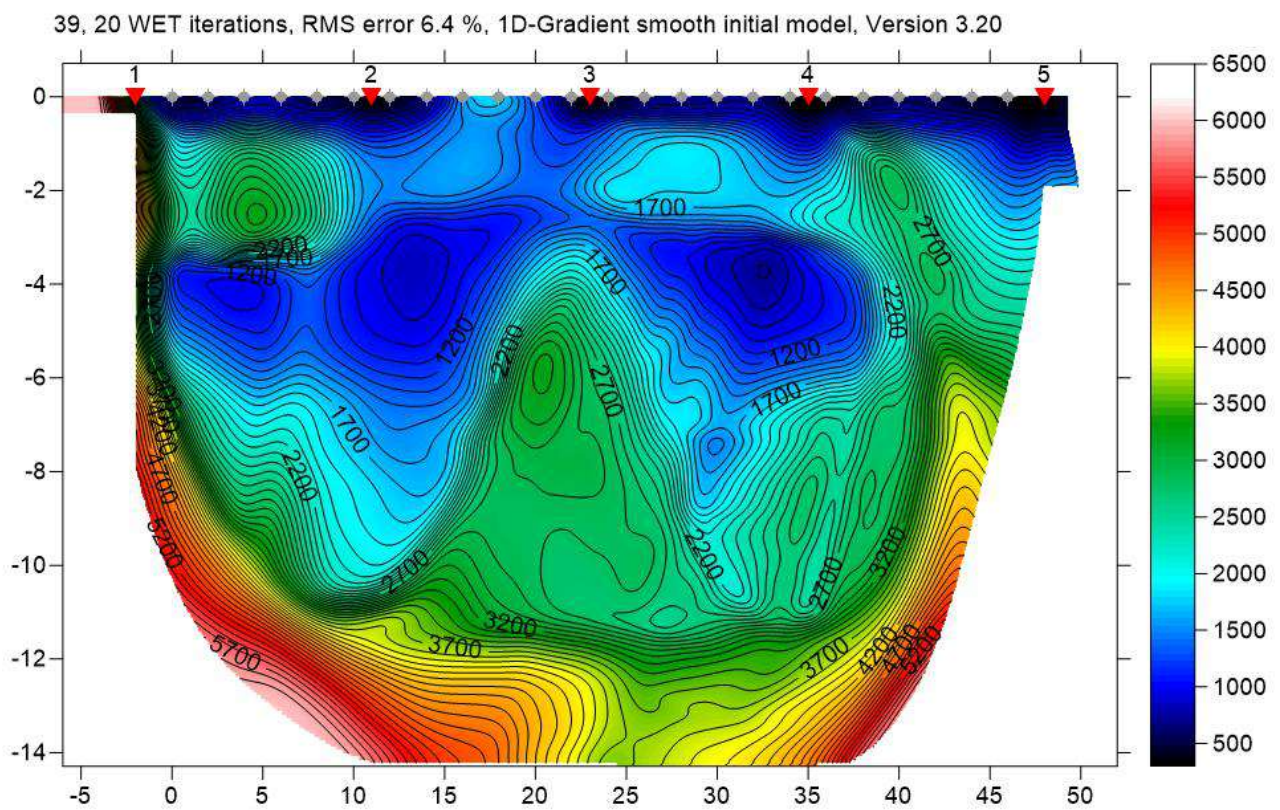
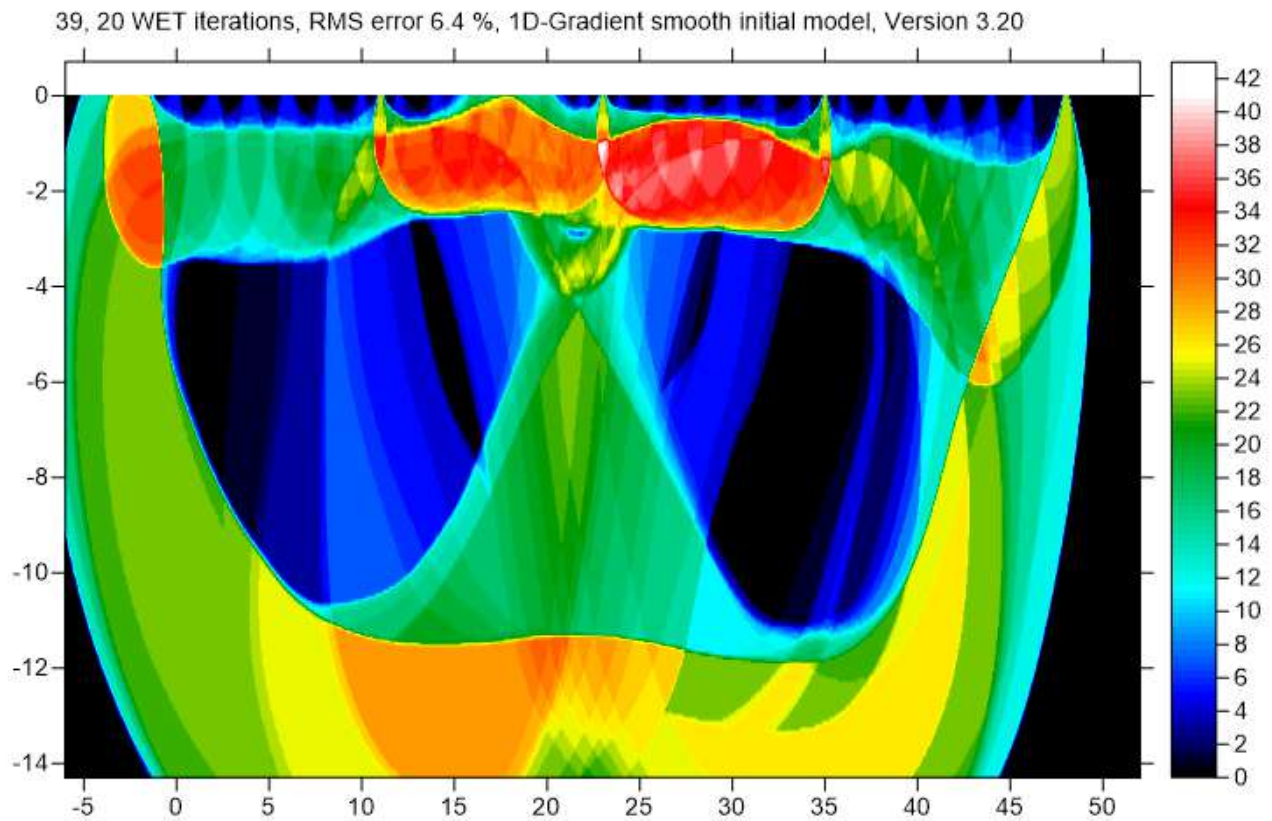
N. Strato	Velocità [m/s]
1	713.4
2	3236.6



4.2.1 Profilo sismico TOMO2

L'indagine è stata eseguita utilizzando 24 geofoni ad interdistanza di **2,00 metri**, con stendimento di **50 metri** totali ed esecuzione di **n° 5 misure** con punto di sparo rispettivamente a **0.00 m**, **+7.00**

m, +25.00 m, +37.00 m, +50.00 m dal geofono n° 1. Distanze geofoniche vincolate per motivi logistici in sito.

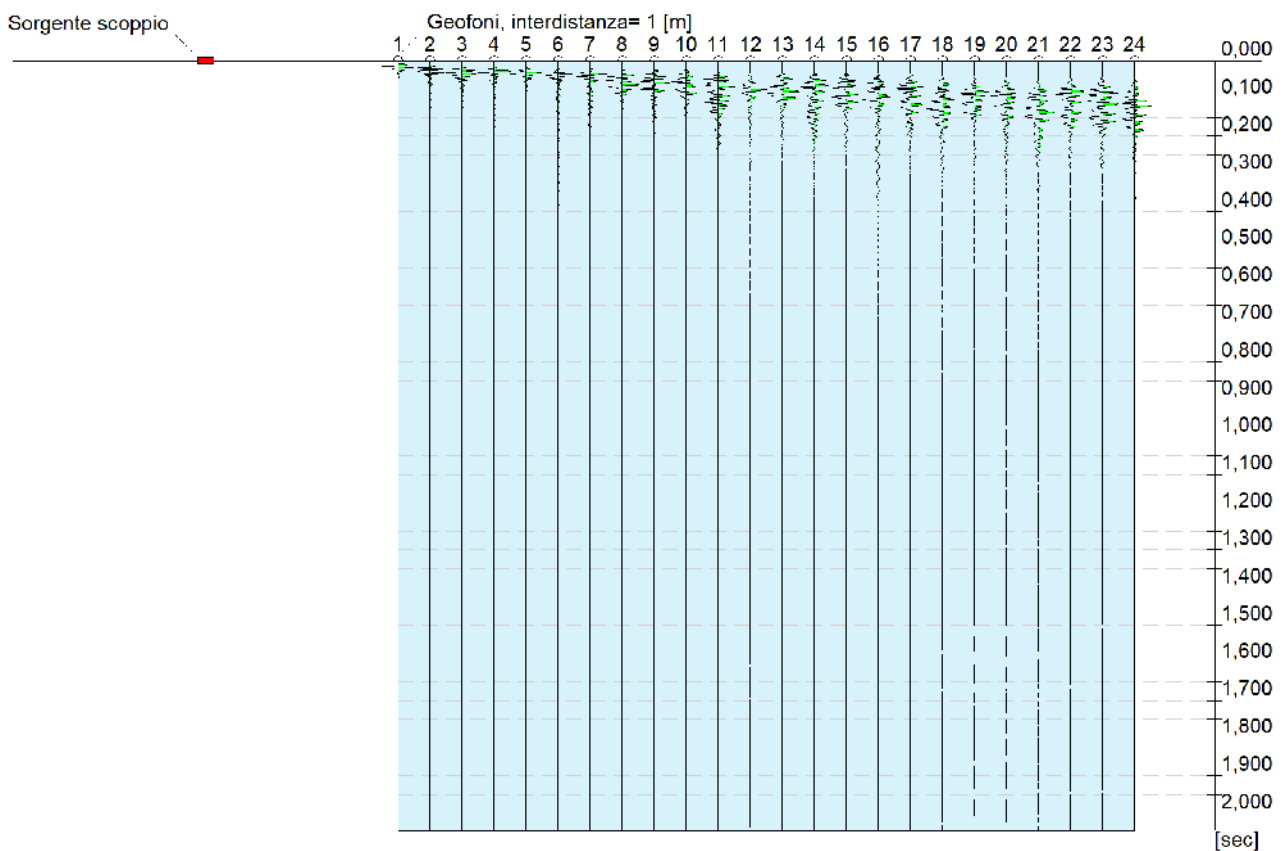


5. INDAGINI “ACTIVE MASW”

5.1 Misura M_{W3}

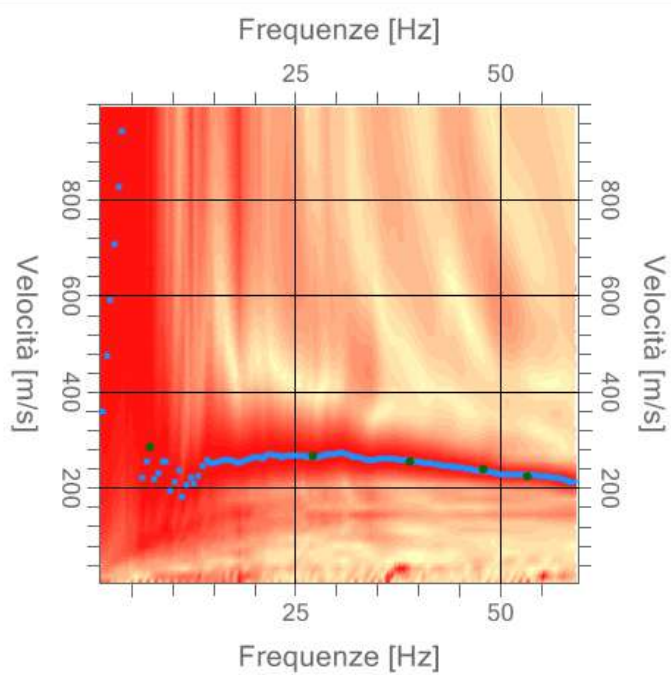
La misura M_{W3} è stata eseguita lungo una linea rettilinea di **24,00 metri**. Lo stendi mento è limitato per problemi logistici.

Sono stati adoperati **24 geofoni** con frequenza di 4,5 Hz collocati nel terreno lungo una linea rettilinea con interdistanza di **1,00 metri**.

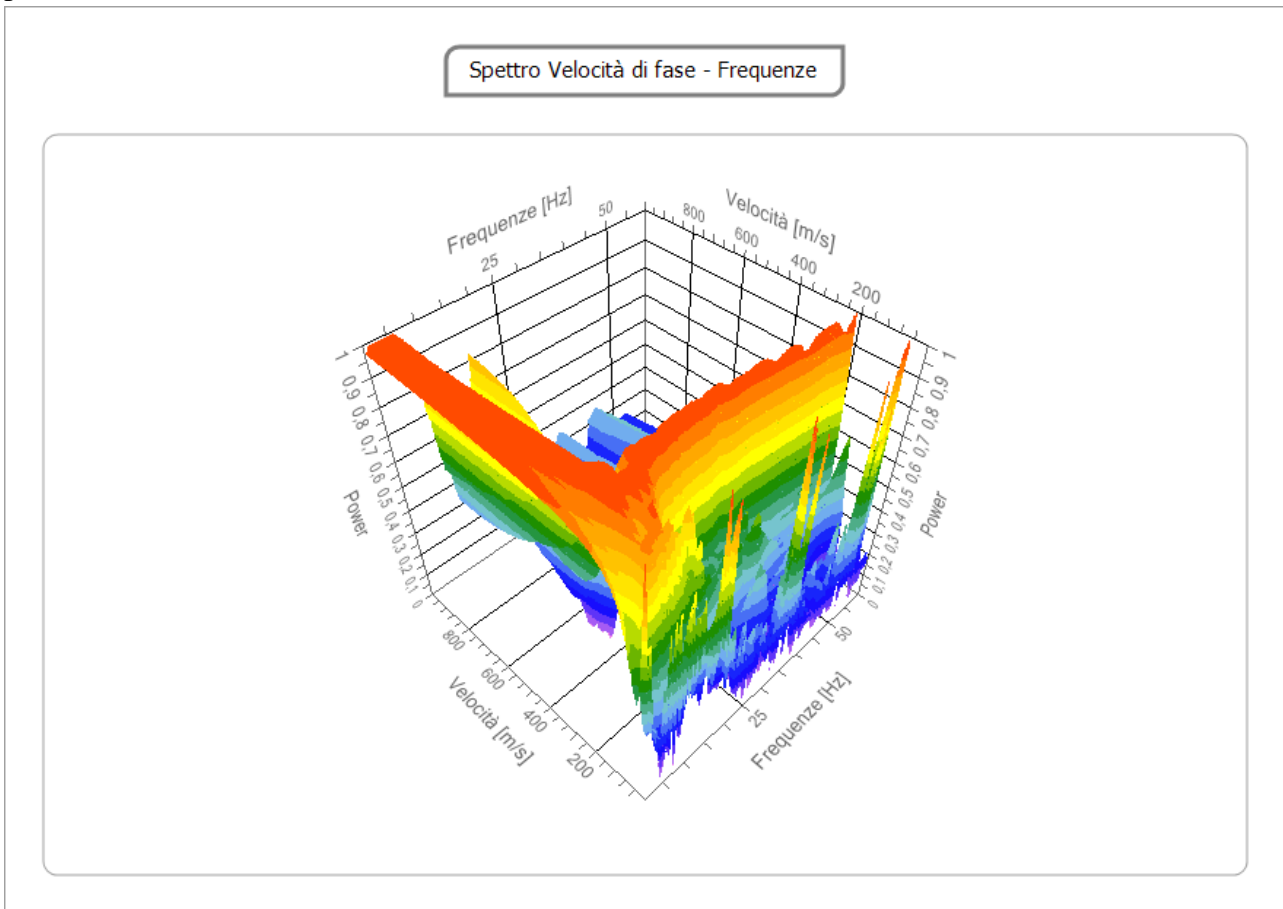


Nella prima registrazione il punto di energizzazione è stato posto a **-2,00 metri** di distanza dal geofono **n. 1** e sullo stesso allineamento.

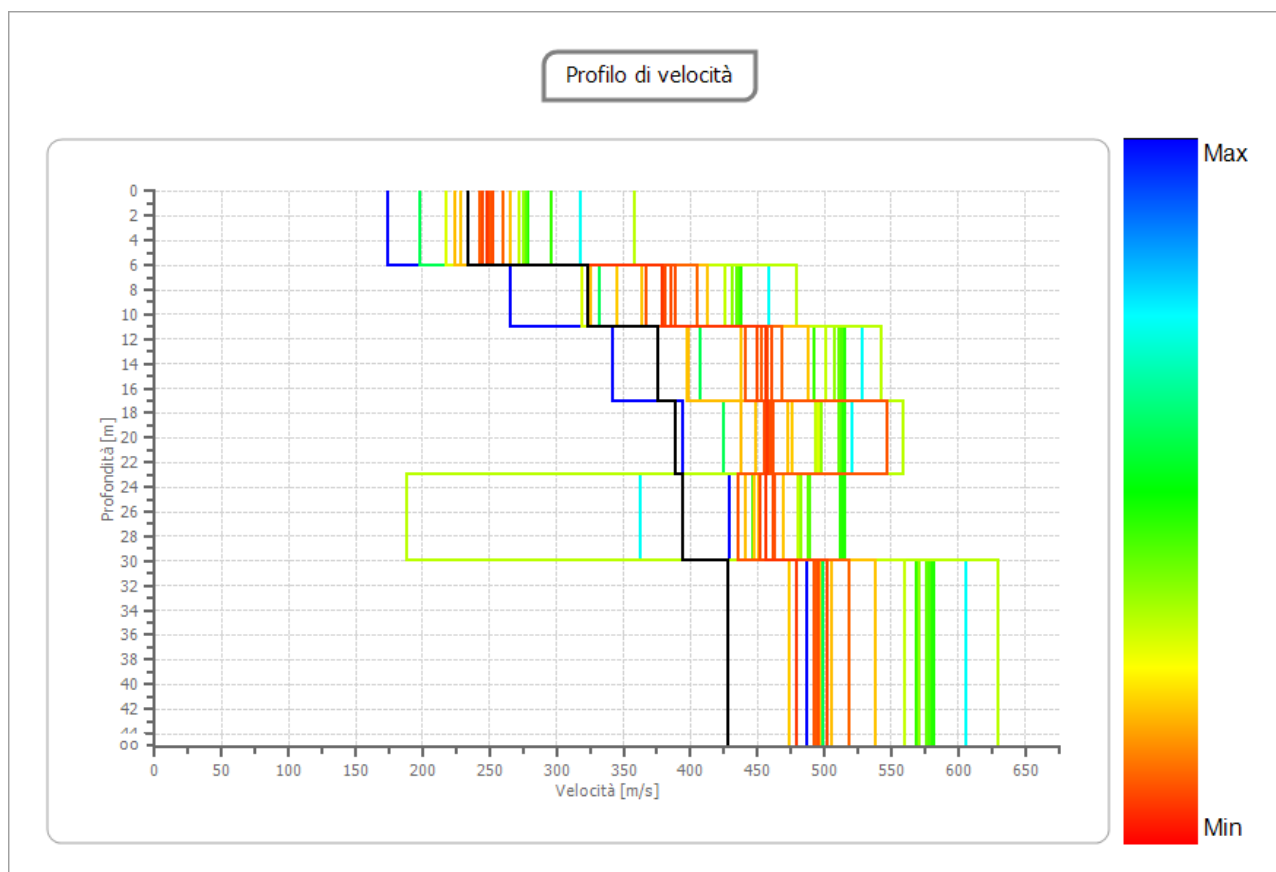
Spettro Velocità di fase - Frequenze

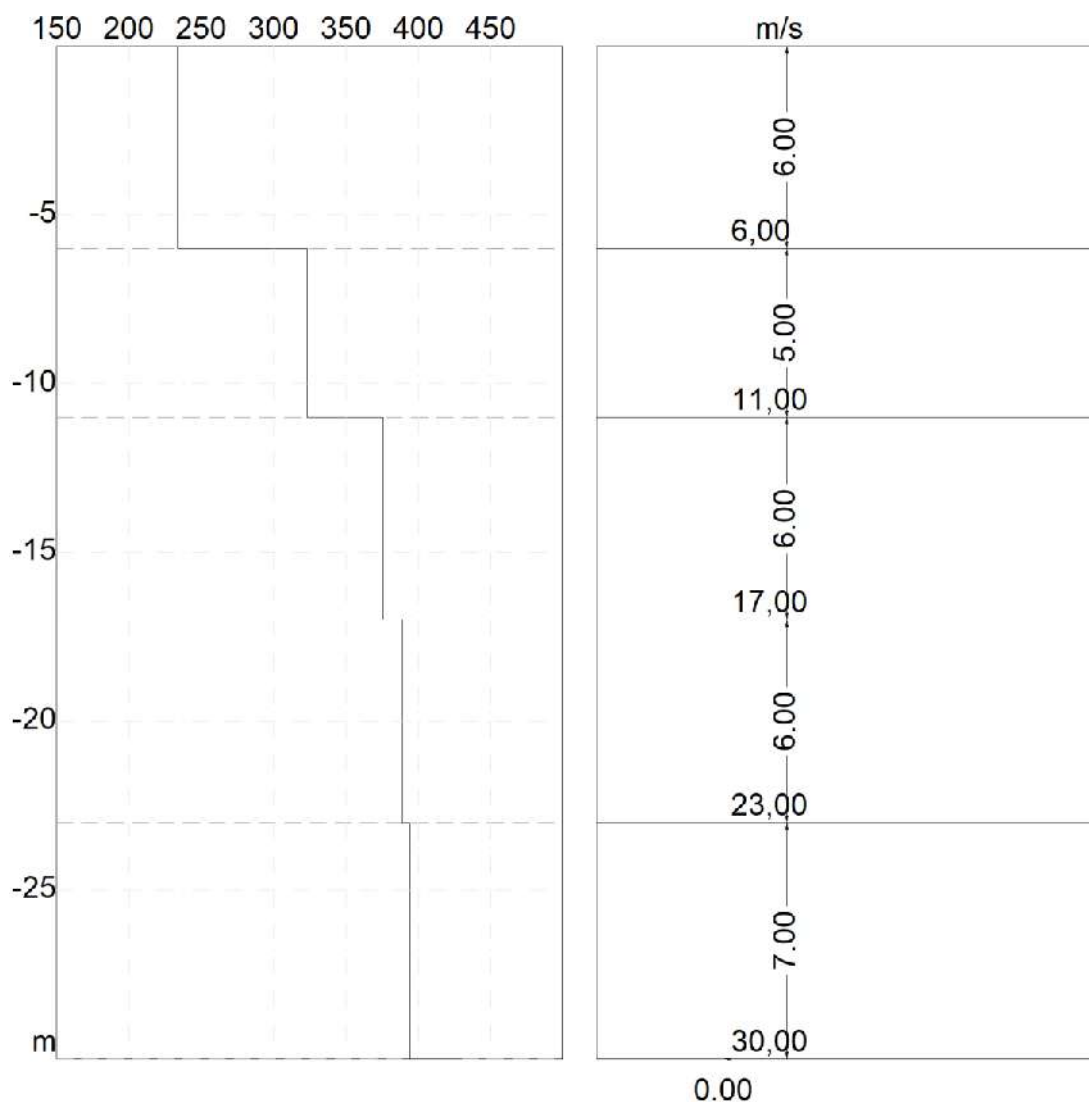


Nelle tavole allegate sono riportati i sismogrammi e le schermate prodotte dal software durante il processo di elaborazione.



Il software elabora e definisce il valore medio delle velocità delle onde trasversali **Vs** relativo ad uno spessore di **30 metri**.





Valori del parametro $V_{s,eq}$

Secondo i dettami delle ultime normative di legge abbiamo calcolato la $V_{s,eq}$ con la seguente espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

Il valore calcolato per la misura M_{W3} è:

Definizione del profilo stratigrafico

Profondità piano di posa: 0 [m]
 $V_{s,eq}$: 332,09 [m/s]
 Categoria del suolo: **C**
☐ Sito suscettibile di liquefazione o costituito da argilla sensitiva.
☐ Probabile suolo di tipo E

	Profondità [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]	V_p [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G_0 [MPa]	E_d [MPa]
1	6,00	6,00	233,44					
2	11,00	5,00	323,20					
3	17,00	6,00	375,55					
4	23,00	6,00	389,17					
5	30,00	7,00	393,90					
6	oo	oo	427,51					

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

Il sito oggetto d'indagine può appartenere alla **categoria "C"** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

5.2 Profilo sismico T3

L'indagine è stata eseguita utilizzando 24 geofoni ad interdistanza di **1,00 metri**, con stendimento di **24 metri** totali ed esecuzione di **n° 5 misure** con punto di sparo rispettivamente a **0.00 m, +3.50 m, +12.50, +18.50, +25.00 m** dal geofono n° 1. Distanze geofoniche vincolate per motivi logistici in sito.

L'interpretazione è stata eseguita con la metodologia a rifrazione, utilizzando apposito software per elaborazione dati sismici a rifrazione.

Di seguito sono allegate le tavole e le risultanze elaborate dal software relative alla **T3**:

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	1.sg2
6.50	0.00	2.sg2
12.50	0.00	3.sg2
18.50	0.00	4.sg2
25.00	0.00	5.sg2

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 6.50 [ms]	FBP da 12.50 [ms]	FBP da 18.50 [ms]	FBP da 25 [ms]
1	1.00	0.00	8.93	17.33	26.56	35.62	46.68
2	2.00	0.00	12.93	15.65	25.00	34.81	45.23
3	3.00	0.00	14.27	14.14	22.54	32.44	44.37
4	4.00	0.00	15.07	12.43	21.26	30.30	41.52
5	5.00	0.00	16.00	11.31	19.25	29.63	41.05
6	6.00	0.00	17.47	7.25	17.97	28.60	40.29
7	7.00	0.00	20.00	6.71	16.24	25.87	37.15
8	8.00	0.00	21.47	11.54	14.87	24.58	35.82
9	9.00	0.00	23.33	11.76	13.34	22.91	34.09
10	10.00	0.00	24.00	13.34	10.71	21.36	33.45
11	11.00	0.00	27.60	16.89	10.21	20.66	32.21
12	12.00	0.00	29.73	19.08	7.03	18.78	30.31
13	13.00	0.00	30.13	21.27	7.02	15.59	27.36
14	14.00	0.00	32.00	22.32	9.50	14.82	25.75
15	15.00	0.00	32.53	23.30	10.56	11.97	23.85
16	16.00	0.00	34.67	25.56	13.30	10.79	23.47
17	17.00	0.00	35.87	26.62	14.31	10.49	23.28

18	18.00	0.00	37.47	28.06	17.10	6.95	21.09
19	19.00	0.00	39.07	29.38	19.43	8.01	18.43
20	20.00	0.00	40.27	31.39	20.85	10.42	17.10
21	21.00	0.00	43.33	32.94	21.54	12.13	14.73
22	22.00	0.00	43.33	34.57	23.23	13.85	11.69
23	23.00	0.00	44.00	36.88	24.92	15.64	10.74
24	24.00	0.00	46.67	38.08	26.66	17.73	7.98

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

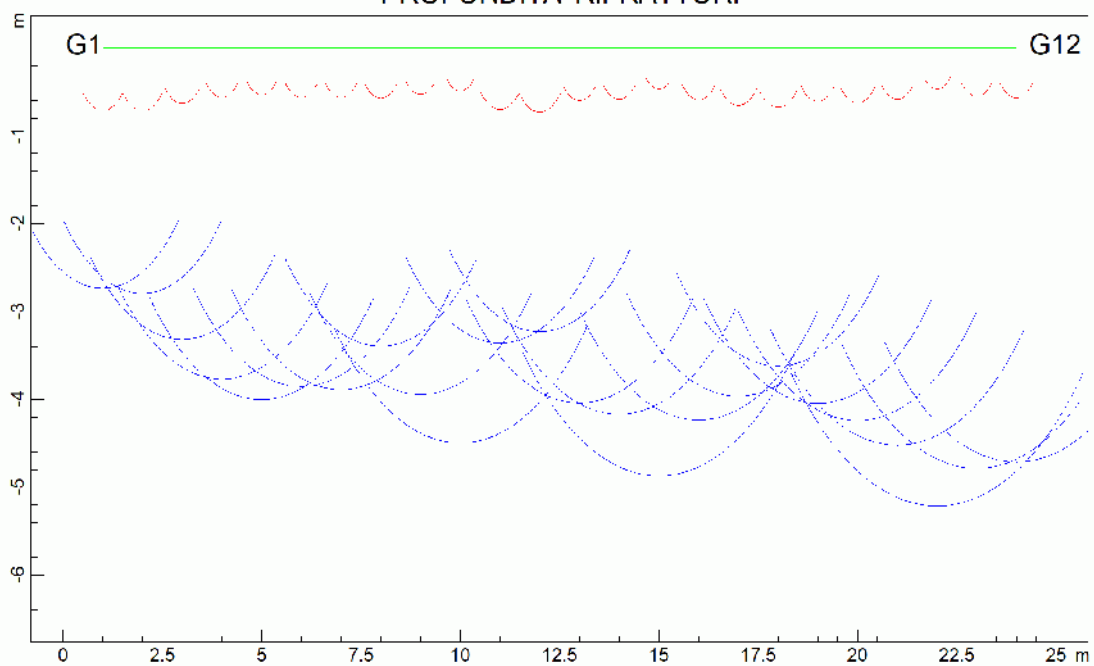
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	0.7	2.7
2	0.7	2.8
3	0.6	3.3
4	0.6	3.8
5	0.5	4.0
6	0.6	3.9
7	0.6	3.9
8	0.6	3.4
9	0.5	3.9
10	0.5	4.5
11	0.7	3.4
12	0.7	3.2
13	0.6	4.0
14	0.6	4.2
15	0.5	4.9
16	0.6	4.2
17	0.7	4.0
18	0.7	3.6

19	0.6	4.0
20	0.6	4.2
21	0.6	4.5
22	0.5	5.2
23	0.5	4.8
24	0.6	4.7

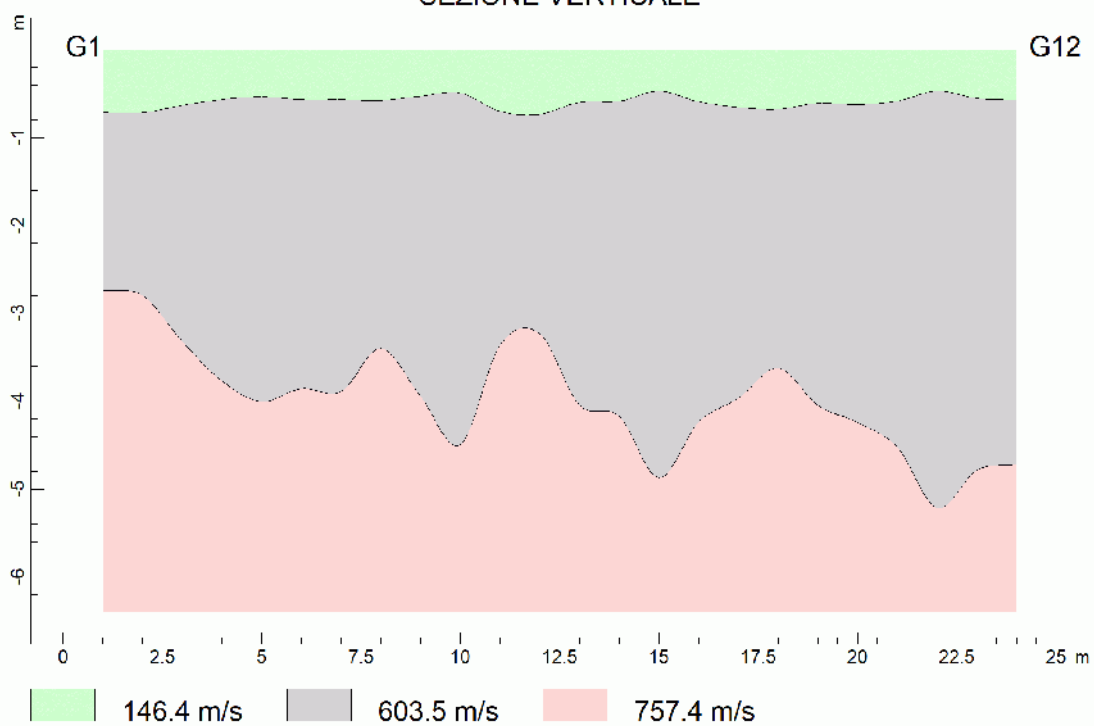
VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	146.4
2	603.5
3	757.4

PROFONDITA' RIFRATTORI

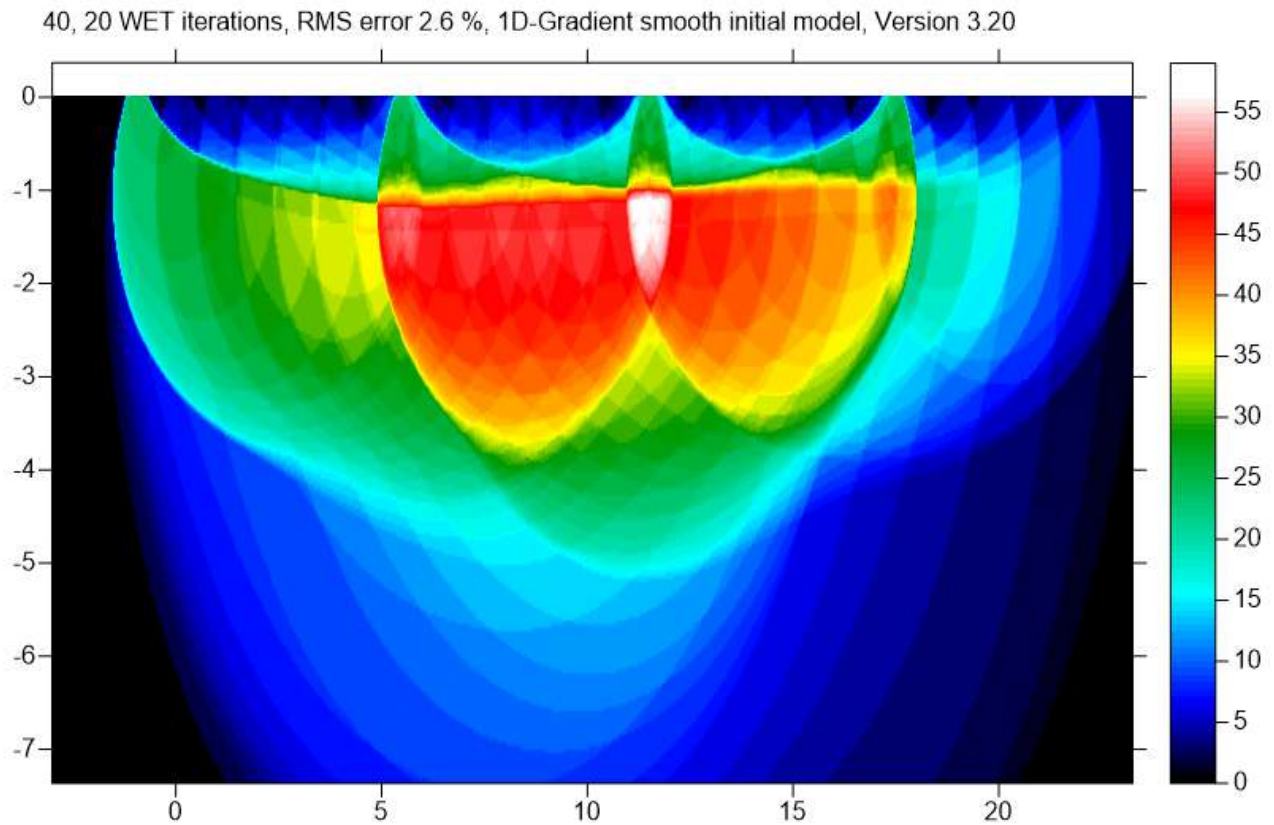


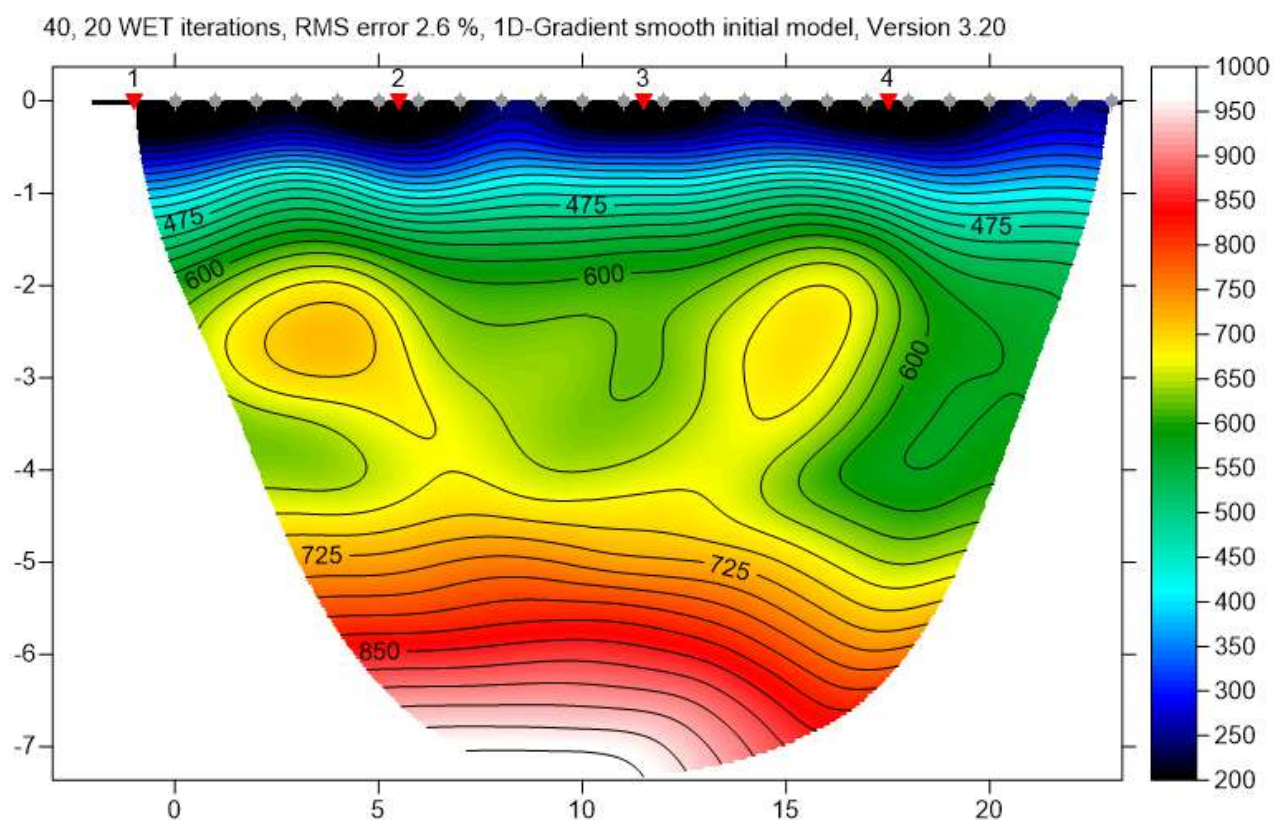
SEZIONE VERTICALE



5.3 Profilo sismico TOMO3


L'indagine è stata eseguita utilizzando 24 geofoni ad interdistanza di **1,00 metri**, con stendimento di **24 metri** totali ed esecuzione di **n° 5 misure** con punto di sparo rispettivamente a **0.00 m, +3.50 m, +12.50 m, +18.50 m, +25.00 m** dal geofono n° 1. Distanze geofoniche vincolate per motivi logistici in sito.





S. Stefano di Camastra, settembre 2022.

Dott. Geol. Saverio Angelo Ojeni

 *Saverio Angelo Ojeni*

ALLEGATO B

INDAGINI SISMICHE

Prove sismiche passive
a stazione singola HVSR

RELAZIONE SISMICA

1.0 PREMESSA

Nel mese di agosto dell'anno 2022, si è proceduto alla esecuzione di N° 4 prove sismiche, attuate in sito, mediante l'utilizzo della metodica della sismica passiva a stazione singola meglio conosciuta come HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). In particolare tali indagini, sono state realizzate nell'ambito dello studio geologico redatto a supporto del presente progetto (V. Allegato 4).

2.0 METODOLOGIA UTILIZZATA

Per quanto in premessa, si è utilizzata la metodologia della sismica passiva a stazione singola meglio conosciuta come HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

Si tratta di uno dei metodi proposti dalla moderna tecnologia geognostica per la caratterizzazione sismica del sottosuolo. La metodologia utilizza come principale mezzo di indagine, la registrazione del rumore sismico ambientale e la successiva elaborazione nelle sue due componenti orizzontali e verticale. L'elaborazione dei dati consente di ottenere una curva, denominata "*curva teorica*" all'interno di un grafico nella cui ascissa vengono rappresentati i valori della frequenza ed in ordinata il rapporto H/V ovvero il rapporto delle componenti orizzontali e verticale. La curva analizzata può contenere specifici picchi corrispondenti a determinati contrasti di impedenza degli strati. Il metodo consente pertanto di

determinare il picco relativo alla frequenza fondamentale del sito corrispondente ad una ben precisa differenza di impedenza degli strati, così come teoricamente enunciato negli studi di Nogoshi e Igarashi (1970) e più diffusamente in quelli di Nakamura (1989) ed altri.

Secondo le su citate basi teoriche e semplificando, la frequenza fondamentale di sito è data dalla seguente espressione:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

Dove:

V_s = velocità delle onde S del primo strato;

H = spessore del primo strato.

Come è evidente, dalla relazione di cui sopra, è possibile determinare, nota la stratigrafia del sito, il valore della velocità delle onde S o in alternativa, nota la velocità delle onde S, lo spessore degli strati. In particolare il valore di velocità delle onde S viene calcolato mediante appositi modelli matematici che tengono conto della velocità di propagazione delle onde superficiali di Rayleigh e di Love in modelli a più strati pian paralleli secondo quanto previsto dagli studi teorici di AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

Come diretta conseguenza delle analisi teoriche sopra esposte e applicando il metodo così detto dell' "inversione della curva", è possibile determinare la stratigrafia del sito mediante l'individuazione di una delle

possibili curve, quella caratterizzata da un migliore fittaggio rispetto a quella teorica, in questo caso, denominata “*curva sintetica*”.

Il metodo sopra esposto, consente successivamente di calcolare il valore $V_{s,eq}$, ovvero la velocità pesata delle onde di taglio per i rispettivi sismostrati accertati, valore che indica la categoria di sottosuolo utile ai fini dell'individuazione della risposta sismica locale, così come previsto dalle NTC 2018 pubblicate nel D.M. 17/01/2018 e ss.mm.ii. Tale valore è dato analiticamente dalla seguente relazione:

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

dove:

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, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s.

Tutte le fasi sopra descritte vengono effettuate seguendo dei criteri di qualità stabiliti dal progetto europeo SESAME 2005 (Site Effects assessment using Ambient Excitations), il quale, dà indicazioni circa la qualità della registrazione, tenendo conto sia della durata della

registrazione stessa che delle caratteristiche statistiche dei picchi di frequenza registrati.

Si precisa che il mancato raggiungimento di alcuni parametri previsti dal progetto SESAME 2005, non indica un errore nel rilievo ma solamente la mancanza di picchi significativi e quindi di contrasti di impedenza che, possono non essere presenti, nel sito di indagine.

3.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Nel caso in ispecie, si è utilizzato il sistema proposto dalla SARA Electronic Instruments s.r.l. Il sistema è costituito da una stazione sismometrica digitale a 24 bit dotata di N° 3 sensori (geofoni) interni da 4,5 Hz i quali permettono di registrare il rumore sismico ambientale nelle sue tre componenti ovvero N-S, E-W e V (verticale); da un cavo di collegamento e da un notebook, il quale, permette di settare i parametri di acquisizione e di memorizzare i sismogrammi registrati in appositi files. Il sistema è completato da un software di acquisizione, denominato SEISMOWIN e da un secondo software di interpretazione, denominato GEOHVSR.

4.0 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Al fine di accertare le caratteristiche sismiche del sito oggetto di studio così come previsto dalle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” definite dal D.M. 17/01/2018 (N.T.C. 2018), si è proceduto nel mese di agosto dell’anno 2022 alla esecuzione di N° 4 prove sismiche di tipo

passivo, che hanno avuto lo scopo di determinare la frequenza caratteristica del sito, lo spessore stimato dei sismo strati, la determinazione della $V_{s,eq}$ e attraverso essa, la determinazione della categoria di sottosuolo sismico così come previsto dalla Tab. 3.2.II della stessa normativa del D.M. 17/01/2018.

La tipologia di acquisizione sopra descritta, permette inoltre di determinare eventuali frequenze di risonanza le quali ricoprono un ruolo importante per la sicurezza delle strutture in occasione di eventi sismici.

Durante i rilievi eseguiti, lo strumento è stato orientato secondo l'asse di allungamento della componente orizzontale disposto in direzione nord. La durata di registrazione è stata protratta per un tempo di almeno min. 20,00.

I dati registrati con il programma di acquisizione SEISMOWIN sono stati successivamente filtrati ed elaborati tramite il programma di interpretazione GEOHVSR.

5.0 INTERPRETAZIONE DEI DATI ACQUISITI

I sismogrammi ottenuti dall'elaborazione dei dati acquisiti ed esposti negli elaborati allegati di seguito, hanno permesso di accertare quanto segue:

5.1 Prova sismica HVSR 1

- La frequenza media di sito calcolata è pari a:

$$F_0 = 4,00 \text{ Hz};$$

- L'ampiezza del rapporto H/V calcolato è pari a:

$$A_0 = 0,99;$$

- La registrazione non ha soddisfatto tutti i criteri stabiliti dal progetto SESAME 2005;
- Il calcolo relativo all'inversione della curva, ha permesso di determinare la successione sismo stratigrafica meglio esposta nel relativo elaborato allegato alla presente relazione;
- L'esecuzione del processo relativo all'inversione della curva H/V, ha permesso di determinare, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$. Tale calcolo, ha permesso di individuare un valore mediato della velocità equivalente delle onde S, pari a:

$$V_{s,eq} = \text{m/s } 259,10;$$

- per quanto sopra, ai sensi delle NTC 2018, il sottosuolo sismico del sito di indagine può essere classificato di:

Categoria "C";

5.2 Prova sismica HVSR 2

- La frequenza media di sito calcolata è pari a:

$$F_0 = 1,46 \text{ Hz};$$

- L'ampiezza del rapporto H/V calcolato è pari a:

$$A0 = 2,13;$$

- La registrazione ha soddisfatto tutti i criteri stabiliti dal progetto SESAME 2005;
- Il calcolo relativo all'inversione della curva ha permesso di determinare la successione sismostratigrafica meglio esposta nel relativo elaborato allegato alla presente relazione;
- L'esecuzione del processo relativo all'inversione della curva H/V, ha permesso di determinare, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$. Tale calcolo, ha permesso di individuare un valore mediato della velocità equivalente delle onde S, pari a:

$$V_{s,eq} = \text{m/s } 308,40;$$

- per quanto sopra, ai sensi delle NTC 2018, il sottosuolo sismico del sito di indagine può essere classificato di:

Categoria "C";

5.3 Prova sismica HVSR 3

- La frequenza media di sito calcolata è pari a:

$$F0 = 1,42 \text{ Hz};$$

- L'ampiezza del rapporto H/V calcolato è pari a:

$$A0 = 2,45;$$

- La registrazione non ha soddisfatto tutti i criteri stabiliti dal progetto SESAME 2005;
- Il calcolo relativo all'inversione della curva ha permesso di determinare la successione sismostratigrafica meglio esposta nel relativo elaborato allegato alla presente relazione;
- L'esecuzione del processo relativo all'inversione della curva H/V, ha permesso di determinare, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$. Tale calcolo, ha permesso di individuare un valore mediato della velocità equivalente delle onde S, pari a:

$$V_{s,eq} = \text{m/s } 341,90;$$

- per quanto sopra, ai sensi delle NTC 2018, il sottosuolo simico del sito di indagine può essere classificato di:

Categoria "C";

5.4 Prova sismica HVSR 4

- La frequenza media di sito calcolata è pari a:

$$F_0 = 1,76 \text{ Hz};$$

- L'ampiezza del rapporto H/V calcolato è pari a:

$$A_0 = 2,55;$$

- La registrazione ha soddisfatto tutti i criteri stabiliti dal progetto SESAME 2005;

- Il calcolo relativo all'inversione della curva ha permesso di determinare la successione sismostratigrafica meglio esposta nel relativo elaborato allegato alla presente relazione;
- L'esecuzione del processo relativo all'inversione della curva H/V, ha permesso di determinare, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$. Tale calcolo, ha permesso di individuare un valore mediato della velocità equivalente delle onde S, pari a:

$$V_{s,eq} = \text{m/s } 349,00;$$

- per quanto sopra, ai sensi delle NTC 2018, il sottosuolo simico del sito di indagine può essere classificato di:

Categoria "C";

6.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In sintesi, il calcolo di inversione delle curve effettuato in corrispondenza di tutte le prove HVSR eseguite, ha permesso di accertare valori di velocità equivalente delle onde S compatibili con un sottosuolo di:

"Categoria C"

ovvero così come si evince dalla tab. 3.2 II delle N.T.C. 2018 a:

"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà

meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Per una lettura più dettagliata delle risultanze delle indagini eseguite, si rimanda agli elaborati allegati alla fine della presente relazione.

In ultimo si ritiene necessario precisare che, sebbene le indagini eseguite abbiano dato importanti riscontri sulla situazione sismica e stratigrafica del sottosuolo indagato, pur tuttavia si deve rilevare che, soprattutto per quanto riguarda l'aspetto stratigrafico, trattandosi di indagini indirette quelle eseguite, queste ultime possono essere soggette ad errori e/o ad errate interpretazioni della successione stratigrafica.

S. Stefano di Camastra, settembre 2022.

Dott. Geol. Saverio Angelo Ojeni



Saverio Angelo Ojeni

HVSR 1

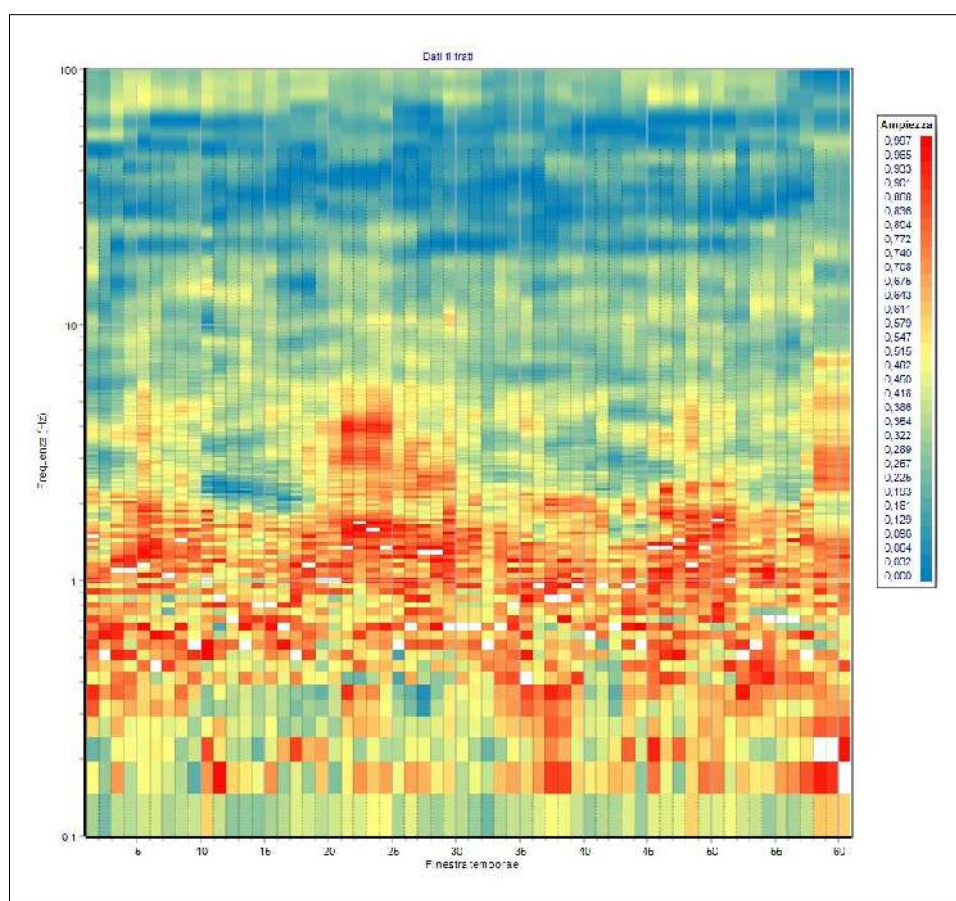
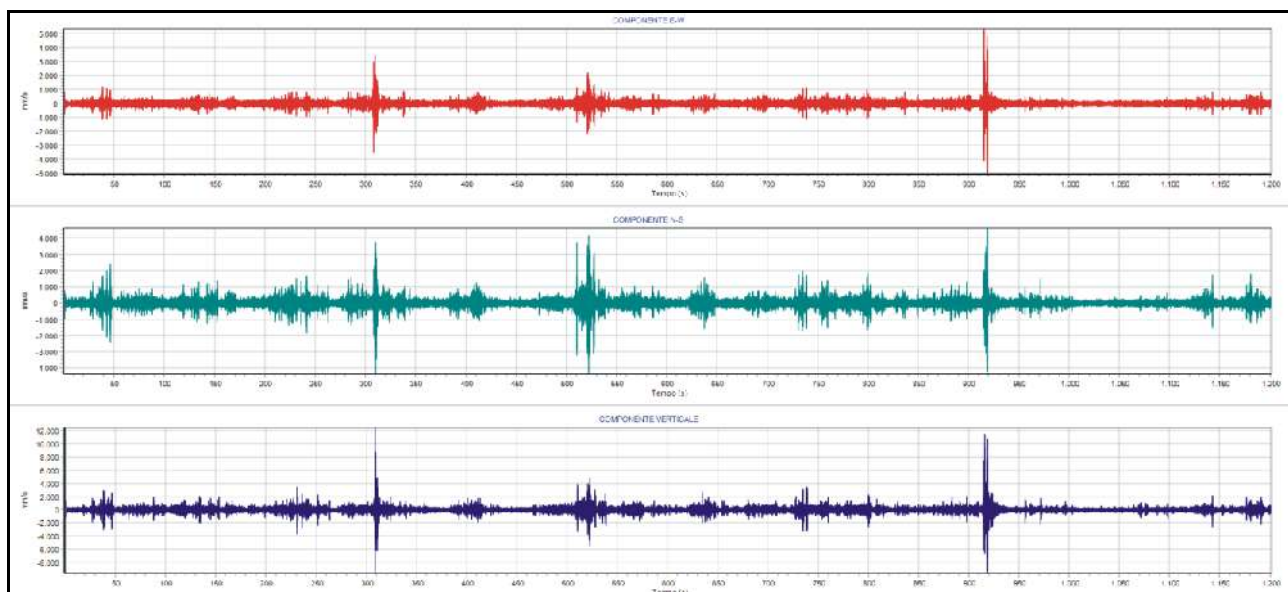
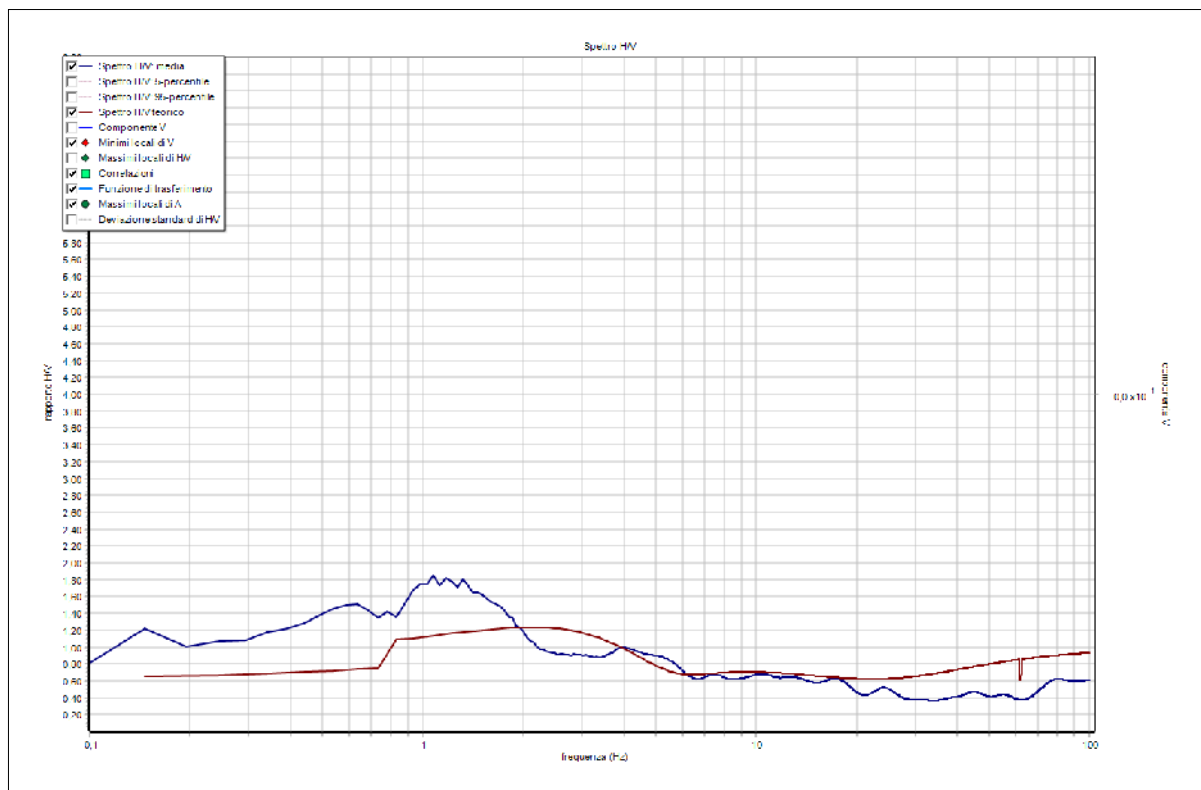


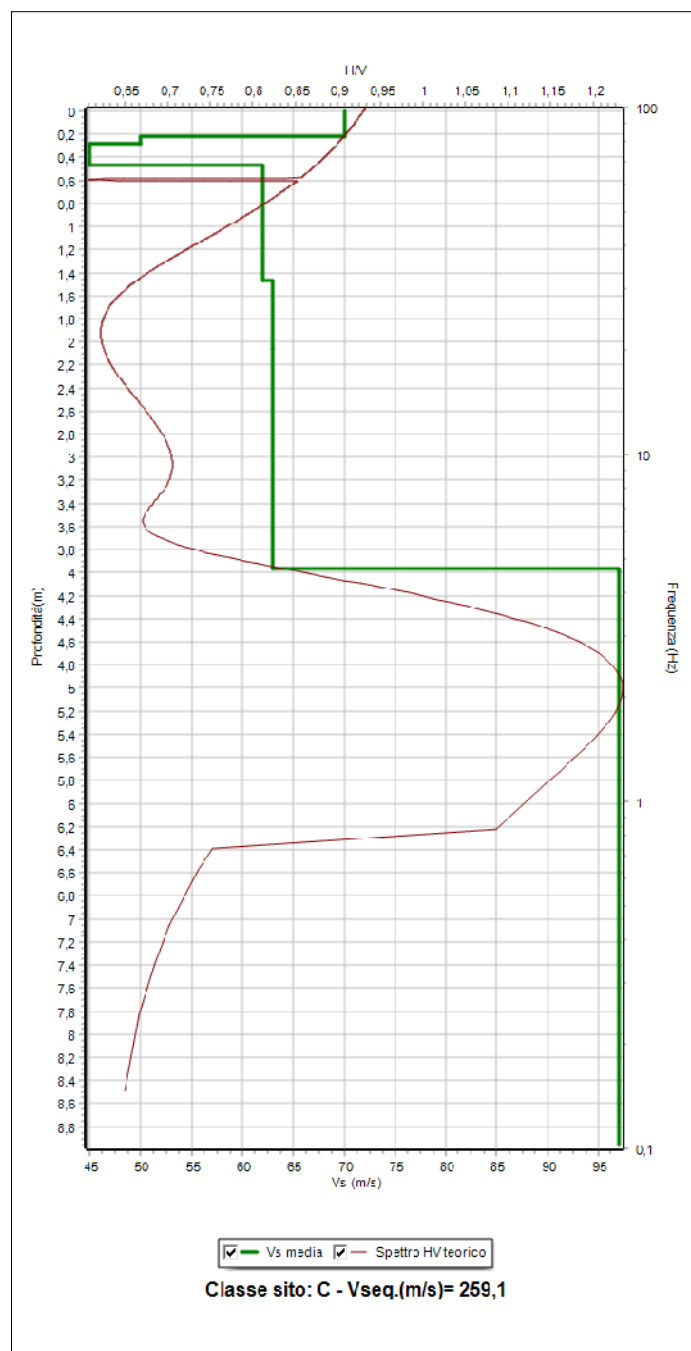
Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love HVSR1

Criteri SF34MF (2005) per una curva H/V attendibile S1: $f_p < 10/l$ w - S2: $1/w \times Nw \times f_p < 200$ - S3: $sa < 2$ per $0.5f_p < 2f_p$

LEGENDA: l=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre - f_p (1/z)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

N.	f2(Hz)	H/V	Kg	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	4,0	0,99	0,25	8,53	4,97	4,21	Si	Si	Si
2	7,67	0,57	0,06	3,59	2,09	1,77	Si	Si	Si
3	10,5	0,58	0,04	2,36	1,38	1,16	Si	Si	Si
4	24,12	0,52	0,01	0,78	0,45	0,38	Si	Si	Si
5	45,02	0,47	0,0	0,34	0,2	0,17	Si	Si	Si
6	80,71	0,52	0,0	0,16	0,09	0,08	Si	Si	Si





N.	Da (m)	a (m)	dz (m)	Vs(m/s)	Gamma(kN/mc)	Smorzamento	Vp(m/s)
1	0	0,22	0,22	70	16,89	0	146
2	0,22	0,28	0,06	50	15,1	0	122
3	0,28	0,47	0,19	45	14,44	0	110
4	0,47	1,47	1	62	14,93	0	152
5	1,47	2,06	0,59	63	14,57	0	154
6	2,06	3,96	1,9	63	14,2	0	154
7			0	97	15,57	0	2

HVSR 2

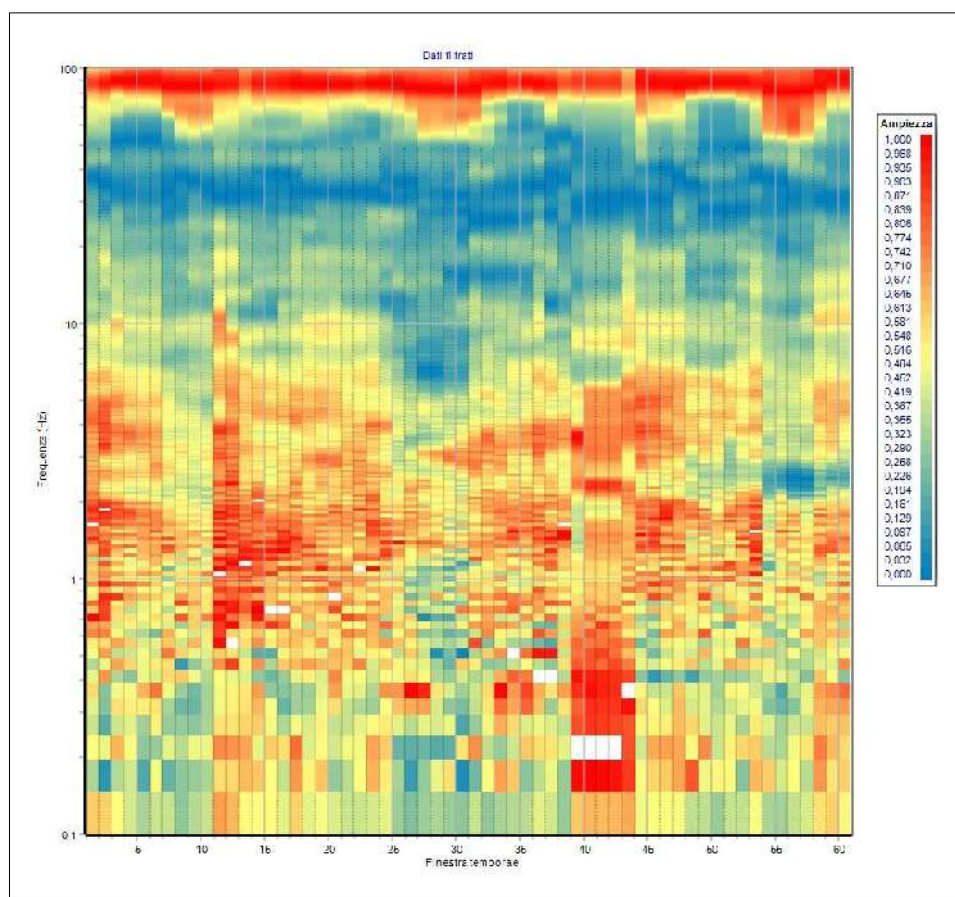
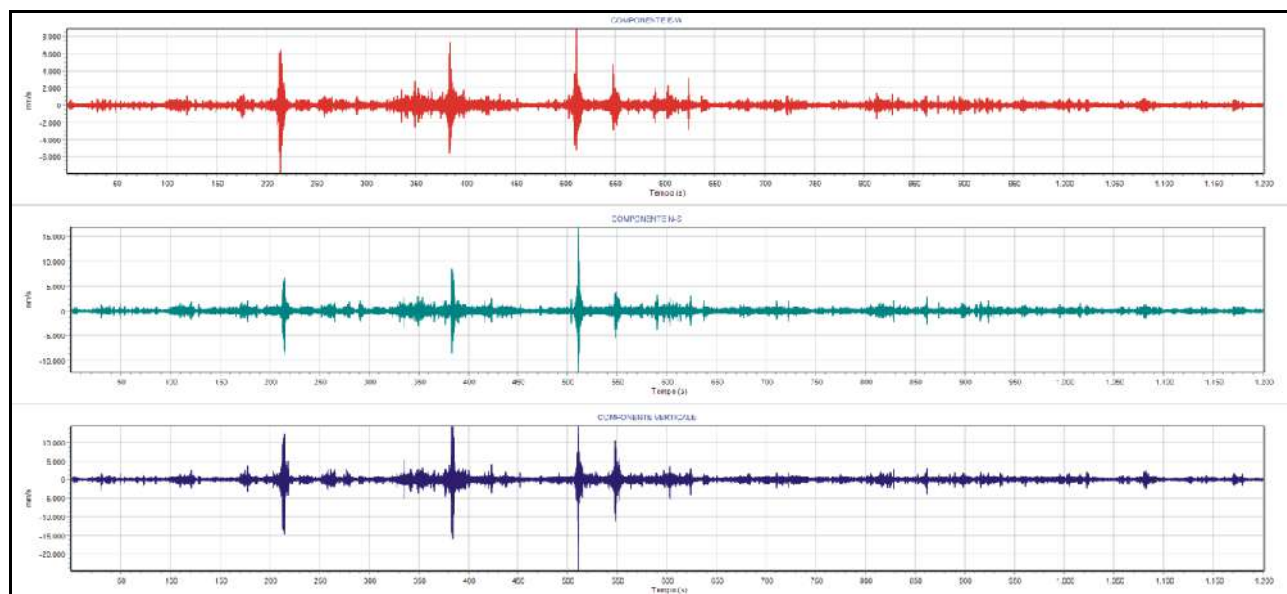
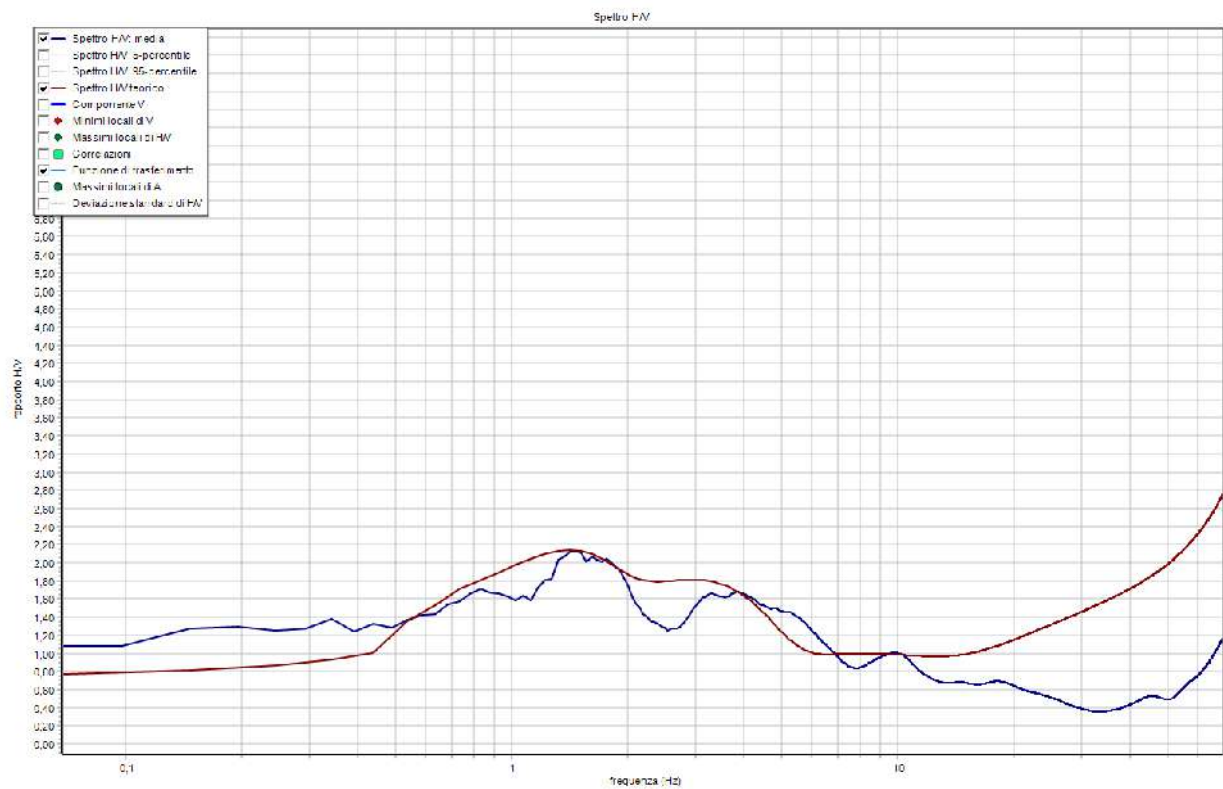


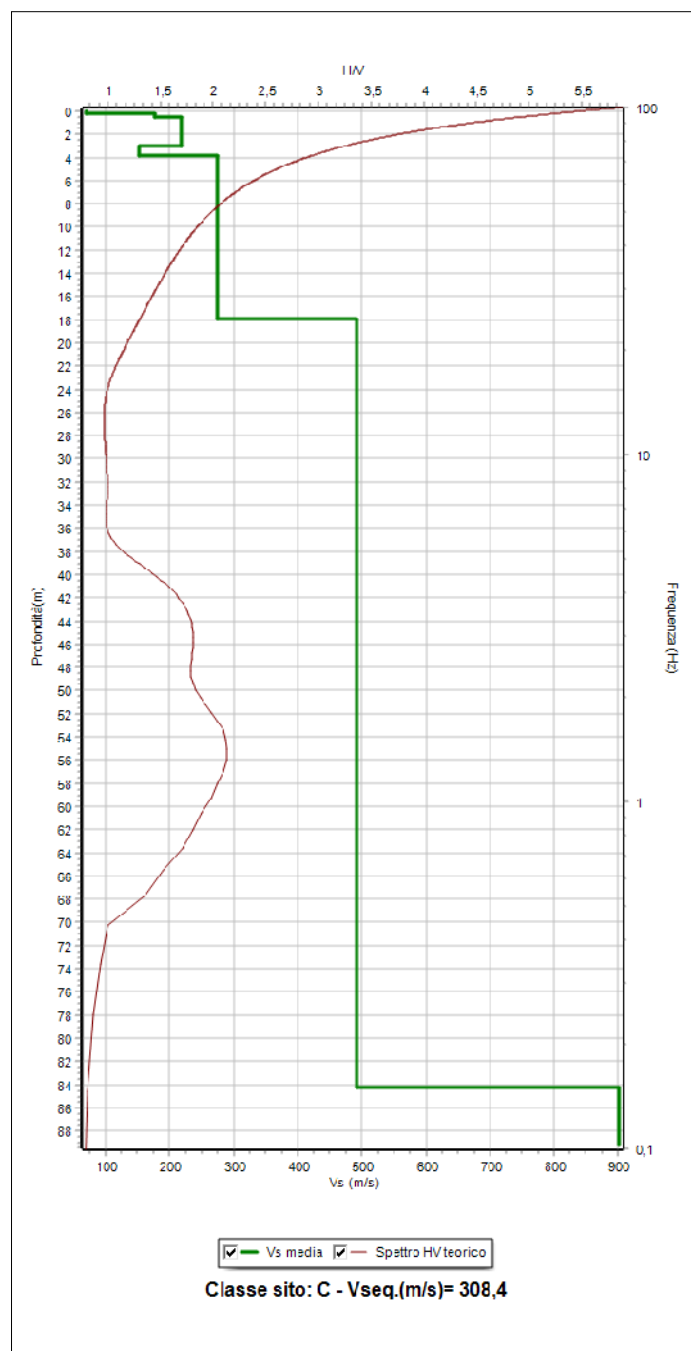
Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love HVSR2

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: $f_p > 10/L_w$ - S2: $L_w \times N_w \times f_p > 200$ - S3: $sa < 2$ per $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA: L_w - lunghezza della finestra (s) - N_w - n. finestre - f_p (Hz) - frequenza del picco stratigrafico - sa - deviazione standard

N.	f_2 (Hz)	H/V	K _Q	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	1,48	2,13	3,1	32,8	18,99	16,07	Si	Si	Si
2	3,81	1,60	0,74	9,12	5,31	4,5	Si	Si	Si
3	9,88	1,01	0,1	2,57	1,49	1,26	Si	Si	Si
4	18,12	0,69	0,03	1,14	0,65	0,56	Si	Si	Si





N.	Da (m)	a (m)	dz (m)	Vs(m/s)	Gamma(kN/mc)	Smorzamento	Vp(m/s)
1	0	0,17	0,17	70	17,07	0,05	146
2	0,17	0,49	0,32	176	19,46	0,05	366
3	0,49	3,01	2,52	219	19,08	0,05	435
4	3,01	3,87	0,86	153	17,31	0,05	327
5	3,87	17,97	14,1	274	18,61	0,05	522
6	17,97	84,23	66,26	492	19,65	0,05	821
7			0	901	21,48	0,05	14

HVSR 3

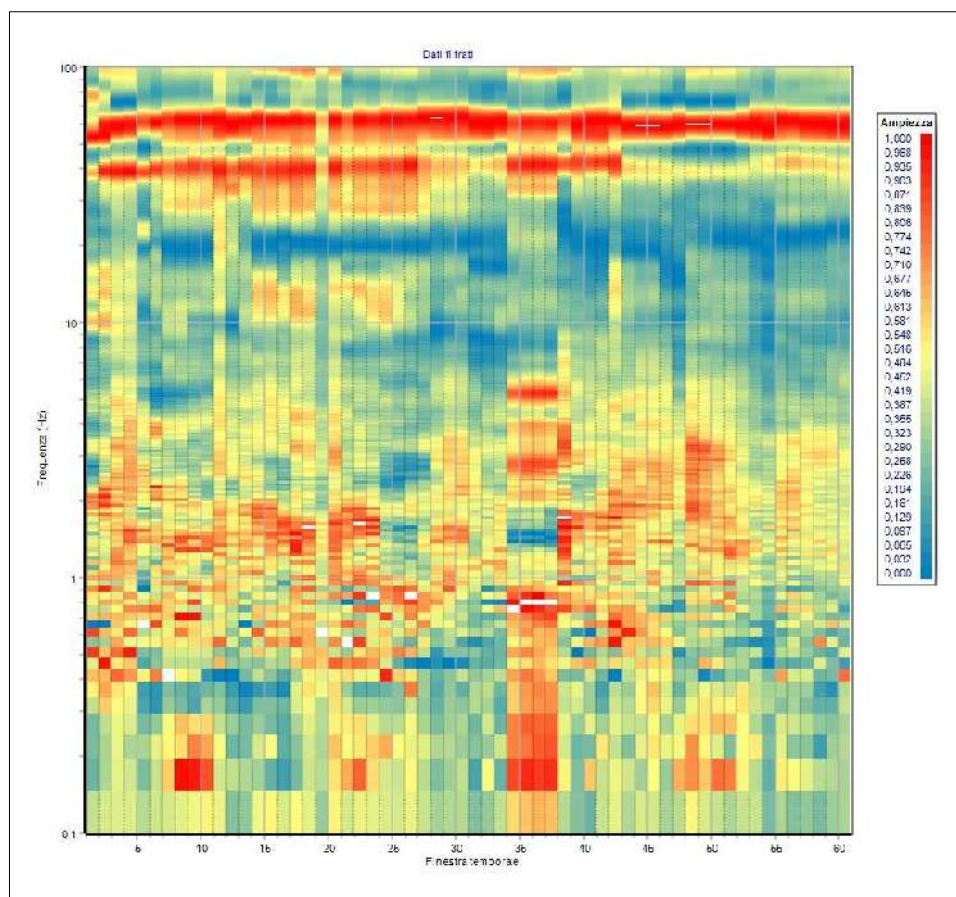
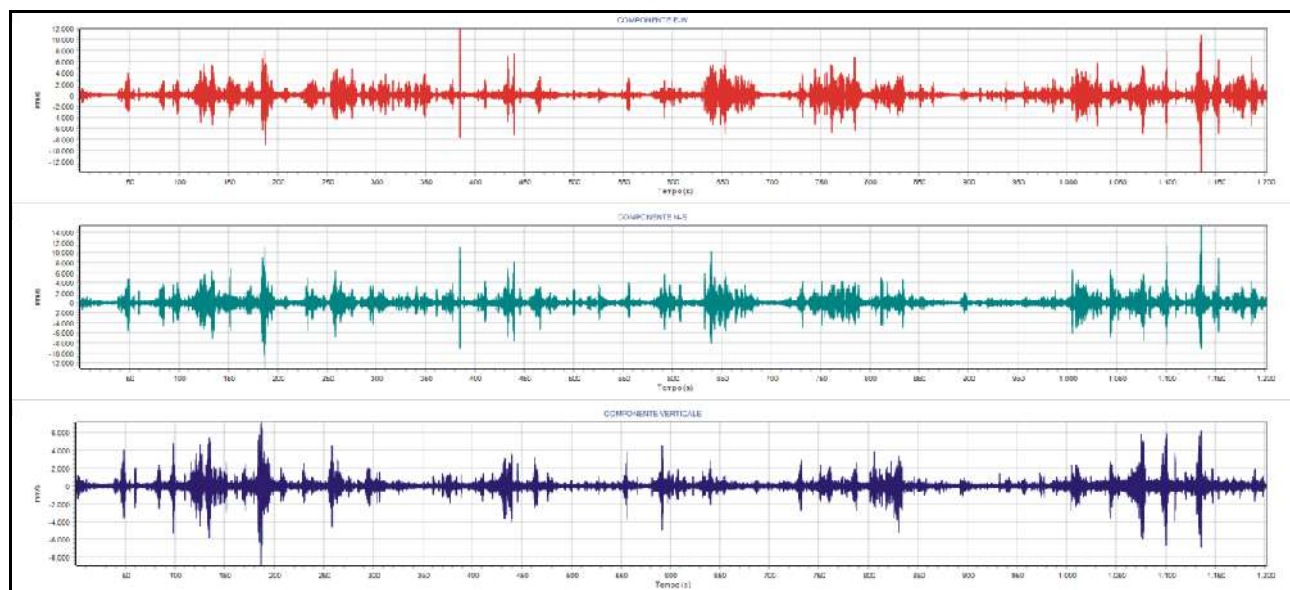
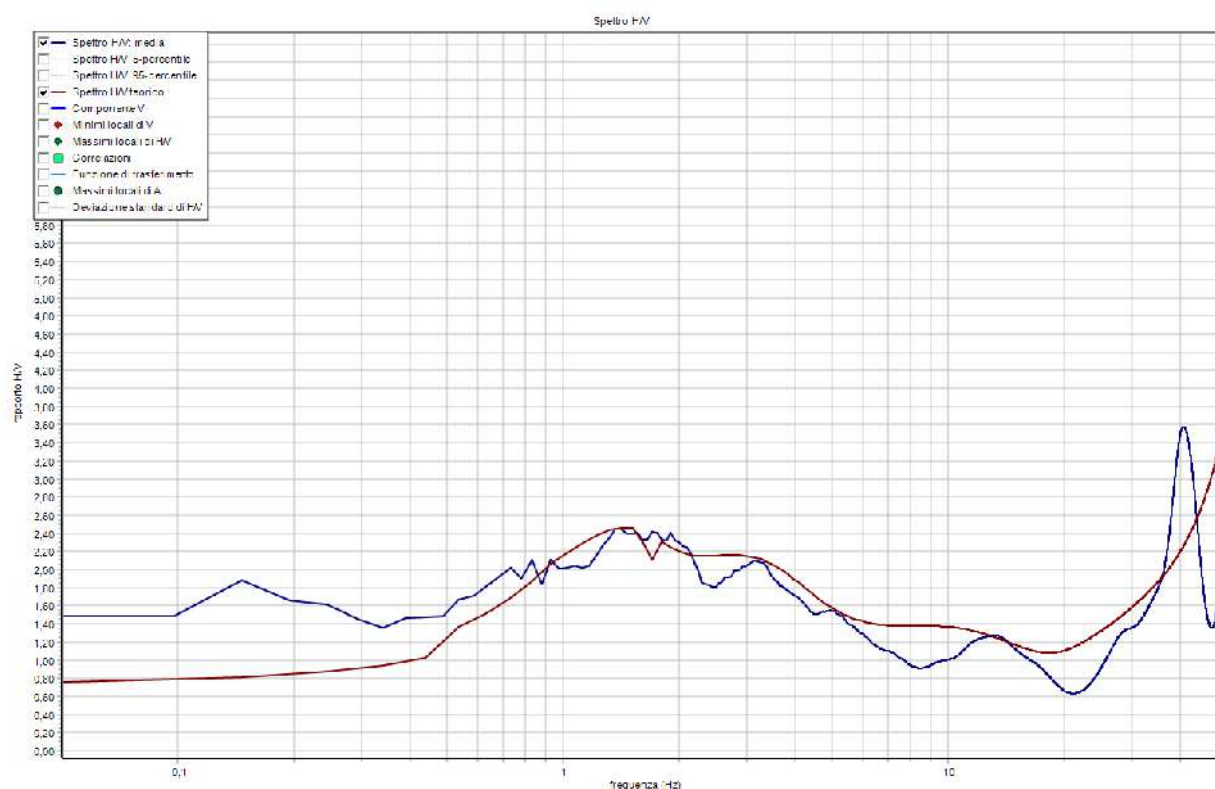


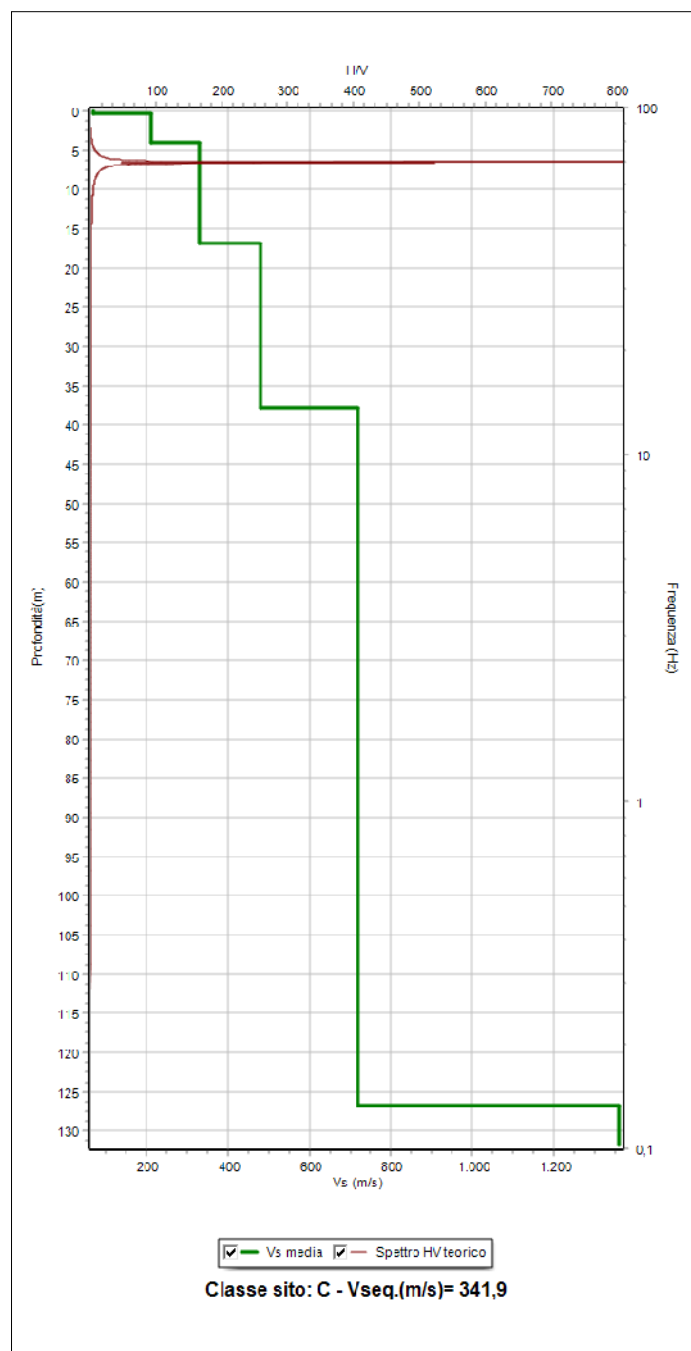
Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love HVSR3

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: $f_p > 10/L_w$ - S2: $L_w \times N_w \times f_p > 200$ - S3: $s_a < 2$ per $0.5f_p \leq f \leq 2f_p$

LEGENDA: L_w =lunghezza della finestra (s) - N_w =n. finestre - $f_p(H_z)$ =frequenza del picco stratigrafico - s_a =deviazione standard

N	$f_p(Hz)$	H/V	K_g	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	1.42	2.15	1.24	34.11	19.87	16.82	SI	SI	No
2	3.17	2.1	1.39	11.03	6.78	5.73	SI	SI	No
3	4.93	1.55	0.49	6.45	3.77	3.19	SI	SI	No
4	13.23	1.27	0.12	1.73	1.01	0.85	SI	SI	SI





N.	Da (m)	a (m)	dz (m)	Vs(m/s)	Gamma(kN/mc)	Smorzamento	Vp(m/s)
1	0	0,28	0,28	70	16,73	0,05	146
2	0,28	3,98	3,7	211	18,81	0,05	429
3	3,98	16,78	12,8	331	19,33	0,05	609
4	16,78	37,85	21,07	480	20	0,05	811
5	37,85	126,76	88,91	720	20,69	0,05	1176
6			0	1360	22,69	0,05	22

HVSR 4

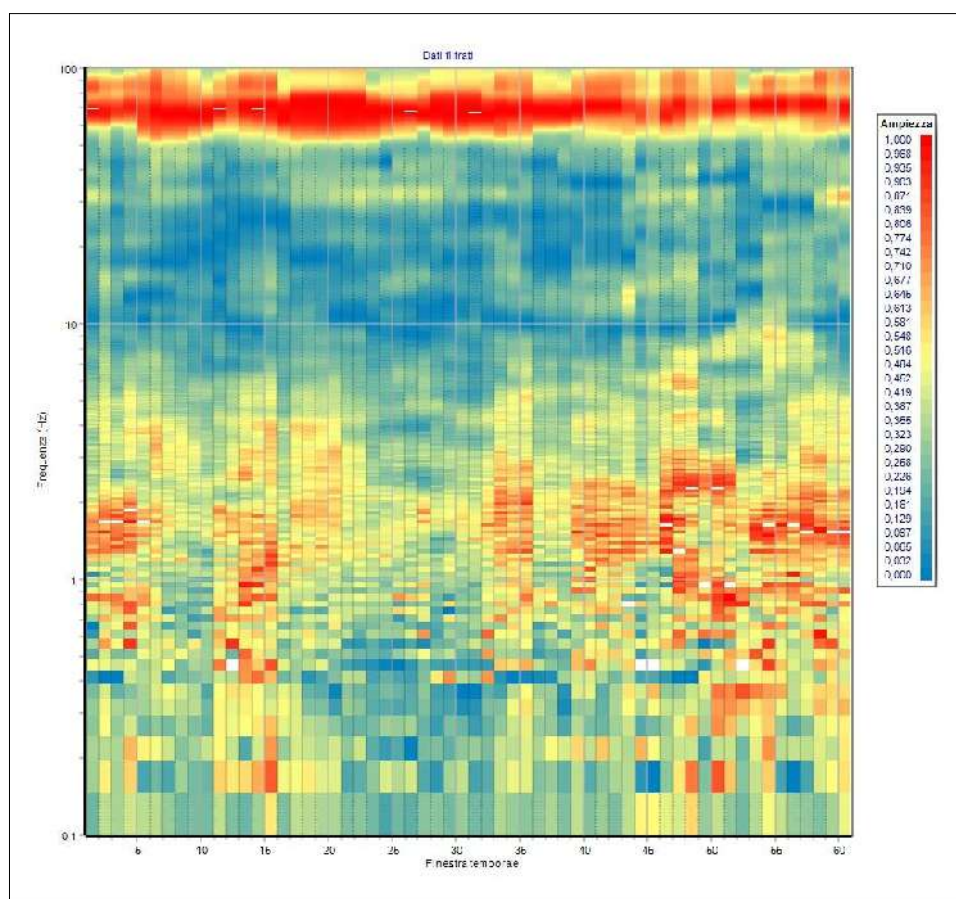
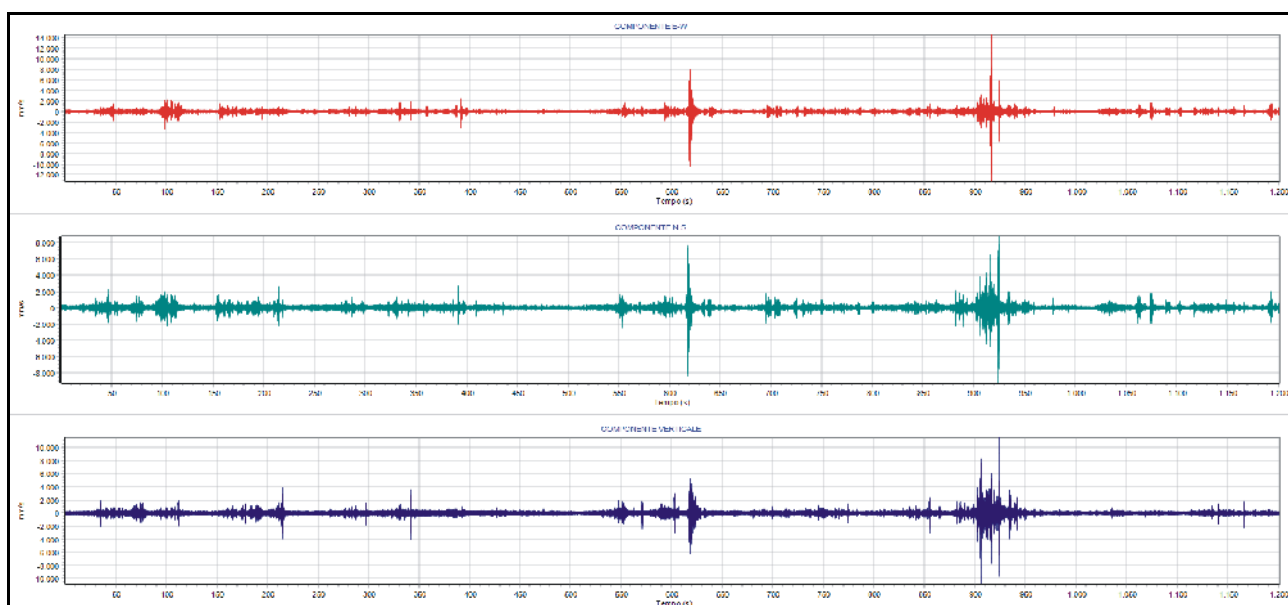
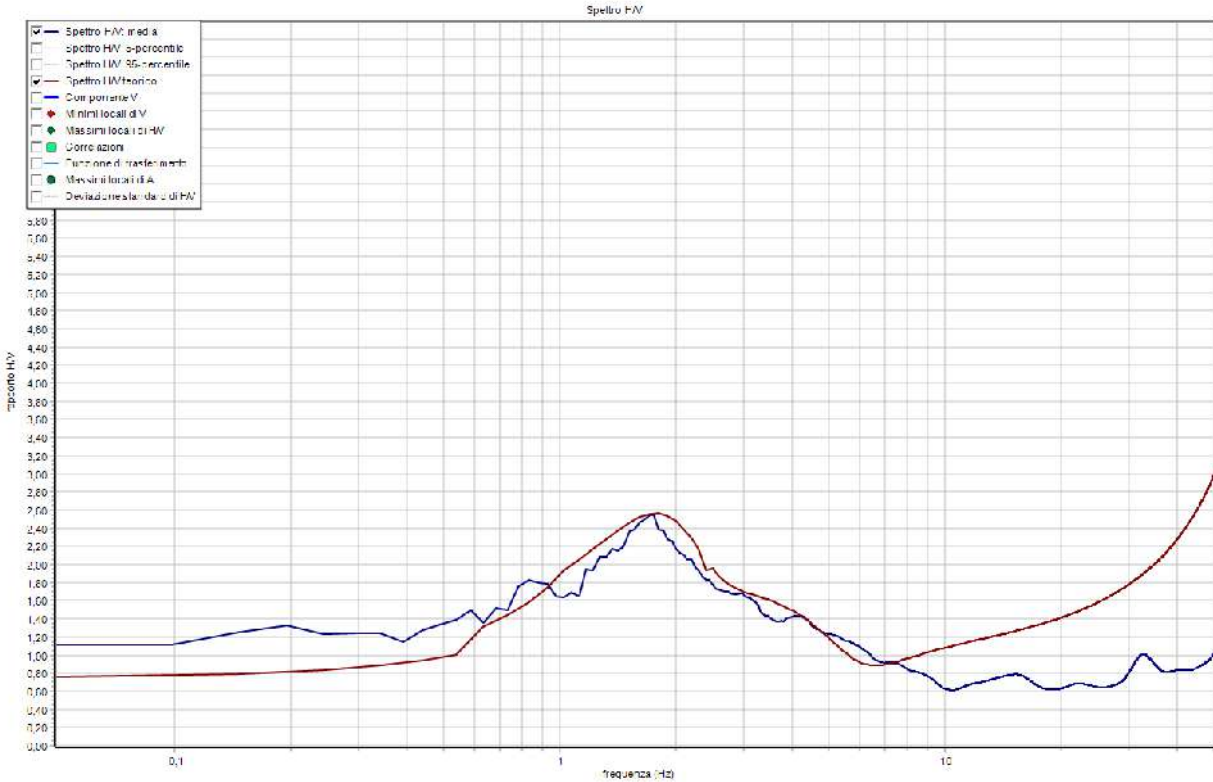
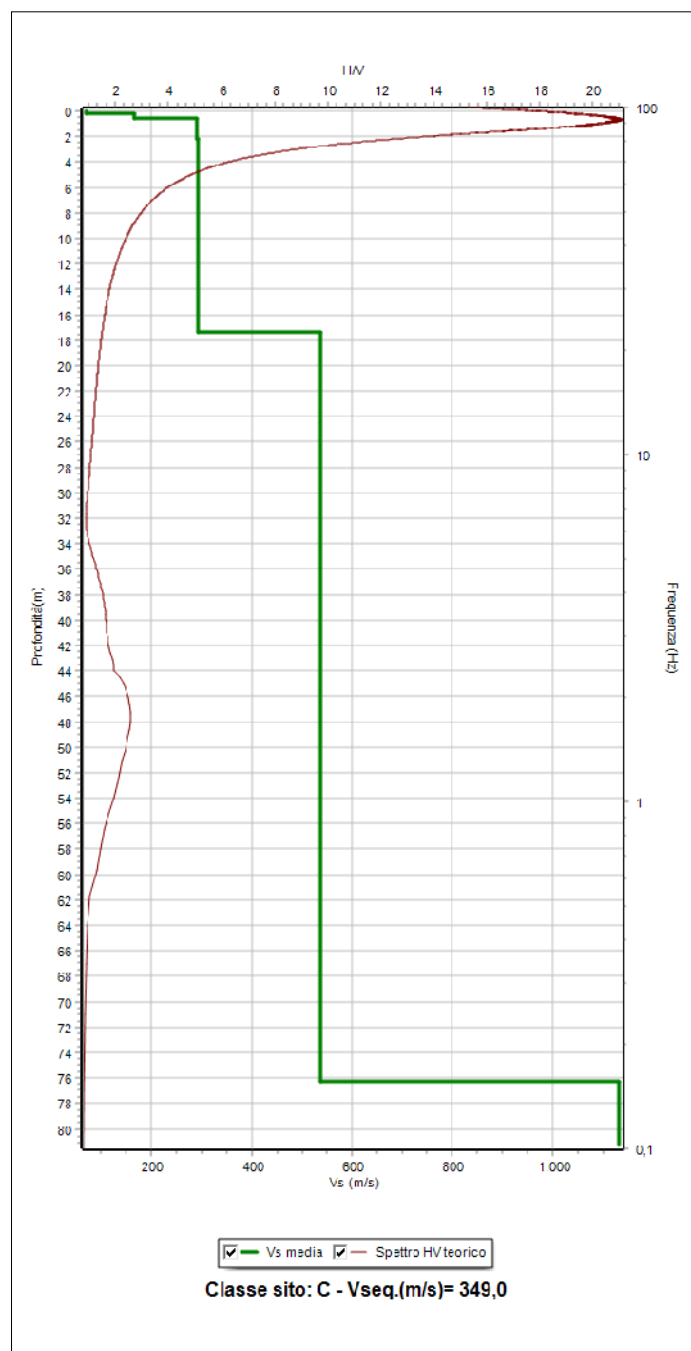


Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love HVSR 4

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: $f_p > 10/l$ w - S2: $l \times w \times f_p > 200$ - S3: $s_a < 2$ per $0.5f_p < f < 2f_p$
I COTANDA: l=lunghezza della finestra (s) - Nw=n finestre - fp(l,b)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

N.	l2(l,z)	H/V	Ka	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	1,76	2,55	3,69	25,57	14,89	12,6	Si	Si	Si
2	4,2	1,43	0,40	8,01	4,67	3,95	Si	Si	Si





N.	Da (m)	a (m)	dz (m)	Vs(m/s)	Gamma(kN/mc)	Smorzamento	Vp(m/s)
1	0	0,17	0,17	70	17,07	0,05	146
2	0,17	0,58	0,41	166	19,16	0,05	346
3	0,58	2,2	1,62	290	20,26	0,05	543
4	2,2	17,37	15,17	292	18,92	0,05	546
5	17,37	76,27	58,9	537	20,02	0,05	886
6			0	1133	22,38	0,05	18