Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile

SERVIZIO COORDINAMENTO PROGRAMMI SPECIALI E PRESIDI DI COMPETENZA

OCDPC 590/2019 – secondo stralcio
Decreto del Presidente n. 127 del 20 agosto 2019

Codice intervento: 14903

Titolo intervento: "Ripristino dell'officiosità idraulica e sistemazione dei versanti nel bacino del torrente Dardagnola località Castelluccio – Lazzari". Comune di Montese (MO)

Importo del finanziamento: € 750.000

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

R 04 – RELAZIONE SISMICA

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. MARIA ANGELA CAZZOLI
Ordine Geologi Emilia-Romagna
GEOLOGO SEZ.A
N. 489 ALBO. P.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
Raggruppamento Temporaneo di Professionisti (RTP)

Ing. C. Comastri, Thesis Engineering
Dott. Geol. Maria Angela Cazzoli
Geom. Daniele Arasi
Ing. Pietro Fiumana
Ing. Valentina Russo - Errealcubo

Data, 15/06/2020

Visto di validazione

(art. 26 co. 8 D.Lgs 50/2016)

Il Responsabile Unico del Procedimento

(Dott.ssa Rita Nicolini)

INDICE

1. PREMESSA 3

1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA 4

2.1. Inquadramento geologico 5

2.2. Strutture tettoniche 6

3. SISMICITÀ DELL'AREA 7

3.1. Sismicità osservata 8

4. AZIONE SISMICA 10

4.1. Pericolosità sismica locale 12

5. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA, MODELLAZIONE SISMICA E LIQUEFAZIONE 14

a. Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata 14

b. Grafici HVSR e letture delle ampiezze 14

Il caso in esame 15

5.1. Liquefazione 19

6. CONCLUSIONI 20

7. BIBLIOGRAFIA 21

ALLEGATI

1. PREMESSA

La relazione che segue illustra i caratteri sismici dell'alta valle del torrente Dardagnola, in Comune di Montese (MO).
Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- inquadramento ed esame delle caratteristiche geologiche e sismiche dell'area;
- misurazione delle frequenze di risonanza dei siti di interesse, con tromografo digitale Tromino e stima della velocità di propagazione delle onde *s* "Vs30" tramite il programma di calcolo *Grilla*.

Nella relazione che segue sono descritte le metodologie di indagine e l'analisi, con modellazione, delle condizioni sismiche del sito.
L'area indagata e l'ubicazione delle prove si individuano negli stralci cartografici allegati, ricavati dalla Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) alla scala 1:10.000, per i quali occorre fare riferimento alle sezioni: 236150-Monte Belvedere; 236160-Bombiana; 236110-Gaiato.

1.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio geologico-geotecnico svolto e la stesura della seguente relazione rispettano le disposizioni indicate nella normativa di riferimento elencata di seguito:

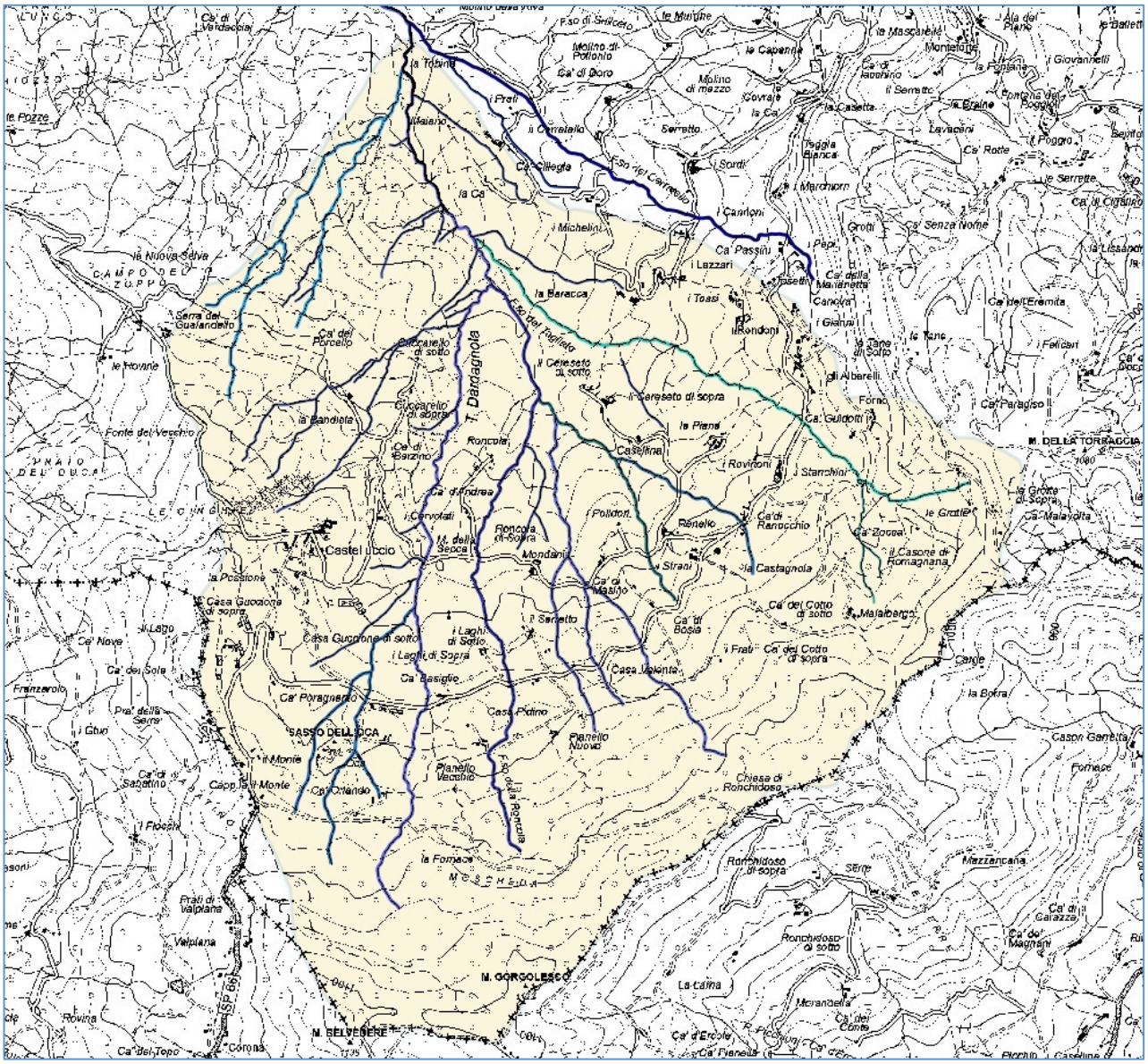
- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni". D.M. 11 Marzo 1988;
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL.PP. n° 30483, 24 Settembre 1988;
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977;
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, Maggio 1990 (edizione provvisoria);
- Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica, Settembre 1988;
- ISO 31-11: Quantities and units, Mathematical signs and symbols for use in the physical sciences and technology, 1992;
- UNI ISO 2955: Rappresentazione delle unità SI e di altre unità usate nei sistemi con insiemi limitati di caratteri, 1987;
- ASTM: norme relative alla descrizione di una terra, all'esecuzione di analisi granulometrica per via umida con sedimentazione ed aerometria, alla esecuzione di prova di compressione monoassiale, alla esecuzione di S.P.T., alla esecuzione di C.P.T.;
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture e aspetti geotecnici;
- "Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 2 febbraio 2009 Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni;
- L.R. 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico" e documenti correlati;
- Ordinanza n. 35 del 20/03/ 2013 – Modalità di applicazione dell'Art. 3 Comma 10 della legge 122 di conversione del D.L. 74/2012;
- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» D.L. 17 gennaio 2018;
- Circolare applicativa NTC 2018;

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area oggetto dell'indagine riguarda il del bacino idrografico del Dardagnola, chiuso alla confluenza con il torrette Cerratello.

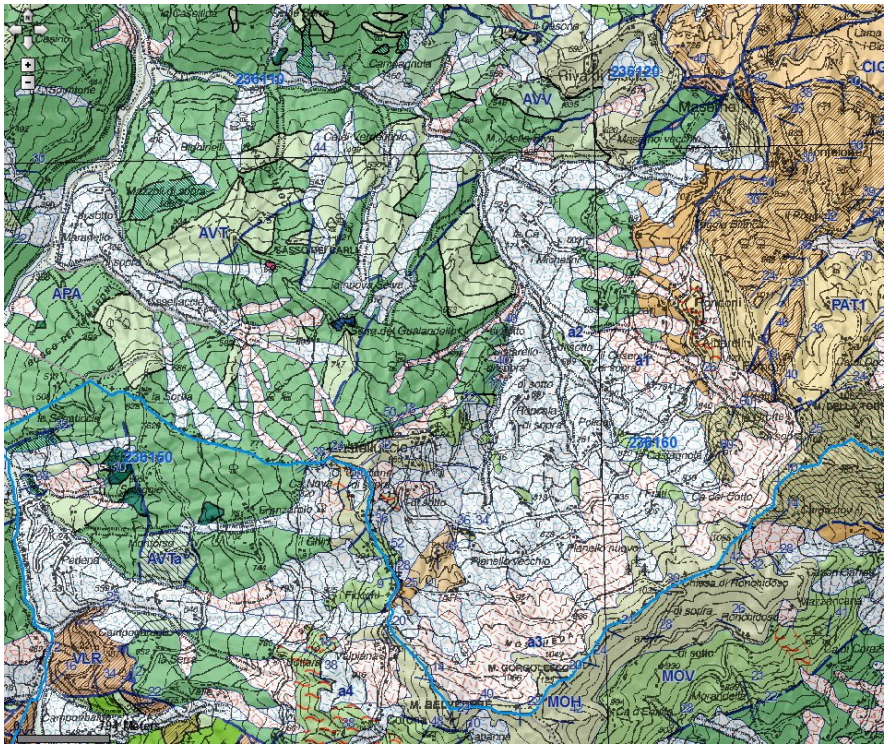
Il torrente Dardagnola è un affluente in destra del torrente Leo, il punto di affluenza si trova circa a 330 m s.l.m., mentre lo spartiacque nel suo punto più elevato raggiunge la quota di 1138 nella cima del Monte Belvedere, con un dislivello complessivo di oltre 800 m.

La lunghezza complessiva del corso d'acqua che, in corrispondenza della testata valliva, viene denominato Dardagnola fino alle zone di crinale, è di 9080 m.


T. Dardagnola
M. DELLA TORRACCIA
M. GORGOLESCO
M. BELVEDERE
SASSO DELLA OCA
Castelluccio
Fosso del Cerratello
Fosso del Taglialo
Fosso della Rancia
la Baracca
la Piana
Casellina
Roncola
Ca' Passini
Ca' Gulidotti
Ca' Paraglise
Ca' Zoccoli
Ca' Malavolta
Ca' Ranocchio
Ca' del Cotto di sotto
Ca' del Cotto di sopra
Malalbergo
Ca' di Bossa
Casa Valente
Ca' Poragnardo
Casa Pidino
Pianello Nuovo
Pianello Vecchio
Chiesa di Ronchidoso
Ronchidoso di sopra
Ronchidoso di sotto
Mezzancana
Ca' di Galazza
Ca' dei Magnani
Morandella
Ca' dei Conte
Ca' d'Ercole
Ca' Pianella
La Calma
Serre
Fornace
Casoni Garetta
la Borra
Cange
Ca' Rotte
Ca' Senza Nome
Ca' dell'Eremita
Ca' della Mandrietta
Ca' Cillegla
Ca' del Porcello
Ca' di Andrea
Ca' di Barzino
Ca' di Sabattino
Ca' Orlando
Ca' Basiglie
Ca' Nove
Ca' del Sole
Ca' del Topo
Corona
Rovina
Valplana
Prati di Valplana
Franzarolo
Pra' della Serra
Fonte del Vecchio
Serra del Gualandello
la Nuova Selva
le Rovine
le Pozze
la Possione
Casa Guardone di sopra
Casa Guardone di sotto
Laghi di Sotto
Laghi di Sopra
Ronchi di Sopra
M. della Seoca
Mondani
Ca' di Masino
Ca' di Renello
Ca' di Rovinoni
Ca' di Starchini
Ca' di Lazzari
Ca' di Toasi
Ca' di Rondoni
Ca' di Carlioni
Ca' di Michelini
Ca' di Sordi
Ca' di Serretto
Ca' di Molino di mezzo
Ca' di Molino di Pollonio
Ca' di Doro
Ca' di Vendoglia
Ca' di Ciarlatello
Ca' di Prati
Ca' di Malano
Ca' di Ciarlatello
Ca' di Cervolati
Ca' di Giovanni
Ca' di Giovanni di sopra
Ca' di Giovanni di sotto
Ca' di Canova
Ca' di Gianni
Ca' di Alberelli
Ca' di Forno
Ca' di Ca'
Ca' di Coppie
Ca' di Ca' Nuova
Ca' di Ca' Vecchia
Ca' di Ca' Bianca
Ca' di Ca' Rossa
Ca' di Ca' Verde
Ca' di Ca' Gialla
Ca' di Ca' Blu
Ca' di Ca' Nera

2.1. Inquadramento geologico

Come già accennato, la descrizione che segue prende in considerazione i versanti della valle del torrente Dardagnola che ricadono nel bacino chiuso a monte della confluenza con il torrente Cerratello.
Per l'inquadramento della struttura geologica dell'area si sono adottate le suddivisioni e le interpretazioni contenute nella carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo (Progetto Nazionale CarG – Cartografia Geologica) edita in rete al sito www. http://geo.regione.emilia-romagna.it/sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, di cui lo stralcio relativo alla zona in esame è riportato nella pagina seguente. Ai dati di inquadramento desunti da questa cartografia si sono aggiunte le osservazioni e i rilievi svolti sul campo nel corso dell'indagine.
Nell'area affiorano estesamente formazioni geologiche riferite alle Unità Liguri, formate da sedimenti di mare profondo originatisi in un intervallo di tempo compreso tra il Cretacico inferiore e il Paleocene.
Si tratta di unità geologiche prevalentemente argillose, riferite alle Unità Liguri (Argille a Palombini, Argille Varicolori di Grizzana Morandi) e a unità riferite ai Flysch Liguri (Formazione di Monghidoro, Formazione di Monte Venere) e in misura minore alle Unità Epiliguri (Formazione di Antognola e Pantano). Le prime sono successioni sedimentarie in parte caotiche e in parte nettamente stratificate, segnate da una commistione complessa e fortemente deformata di argille e calcari, calcari marnosi, marne, arenarie fini, siltiti, le seconde sono caratterizzate da un'alternanza di strati calcarei, arenacei e marnoso-argillosi segnati da una fratturazione intensa e pervasiva. Questo comporta, negli ammassi rocciosi affioranti, significative differenze nel comportamento geotecnico e meccanico ma, per tutte le litologie argillose in affioramento, si tratta sempre di materiali fortemente sovraconsolidati.
Con minore estensione, limitatamente all'area nord orientale del bacino di interesse (crinale spartiacque lungo la testata tra Monte della Torraccia e le Grotte di sopra) affiorano successioni stratigrafiche mioceniche, riferite alle unità epiliguri, il cui comportamento litoide si associa a morfologie con discreta energia di rilievo. In tutta l'area della testata del Dardagnola si osservano estese coperture dovute allo sviluppo di corpi di frane quiescenti e attive, queste ultime sono spesso frane di tipo complesso con gradi e fasi di attività differenti.



CARTA GEOLOGICA DI SINTESI
Per la legenda, vedi allegato

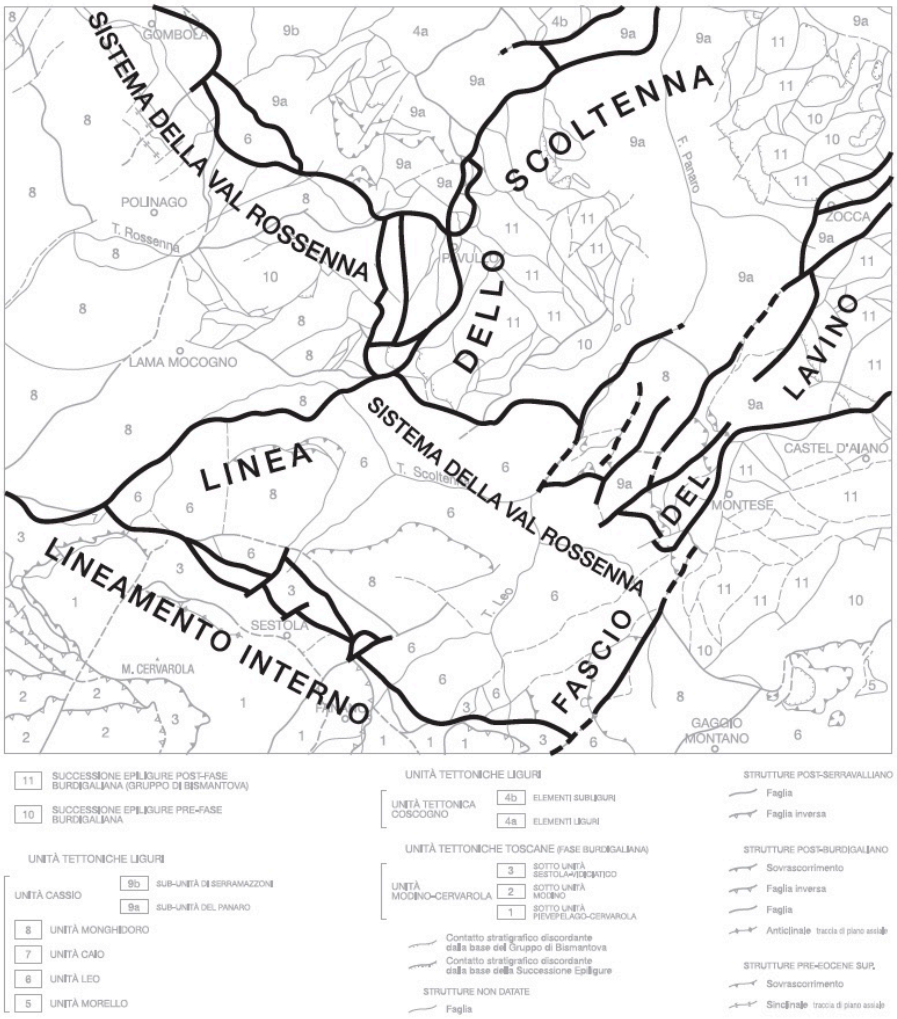
2.2. Strutture tettoniche

Le relazioni geometriche che si osservano tra le differenti formazioni geologiche dell'Appennino Modenese, prima tra tutte il ricoprimento tettonico delle Unità Liguri sulle Unità Toscane, sono il frutto della loro lunga storia deformativa, iniziata con la chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese e proceduta in più fasi, così sintetizzabili:

- prima fase tettonica ligure, dell'Eocene medio;
- diverse fasi deformative, di età miocenica;
- le più recenti fasi deformative plioceniche;
- Le fasi quaternarie, a cui sono da riferire le eventuali faglie attive.

Le diverse unità in affioramento mostrano stili deformativi molto diversi tra loro, dovuti sia alle diverse vicende geologiche a cui hanno partecipato, sia a come, in relazione ai loro caratteri reologici, hanno risposto stress tettonici subiti.

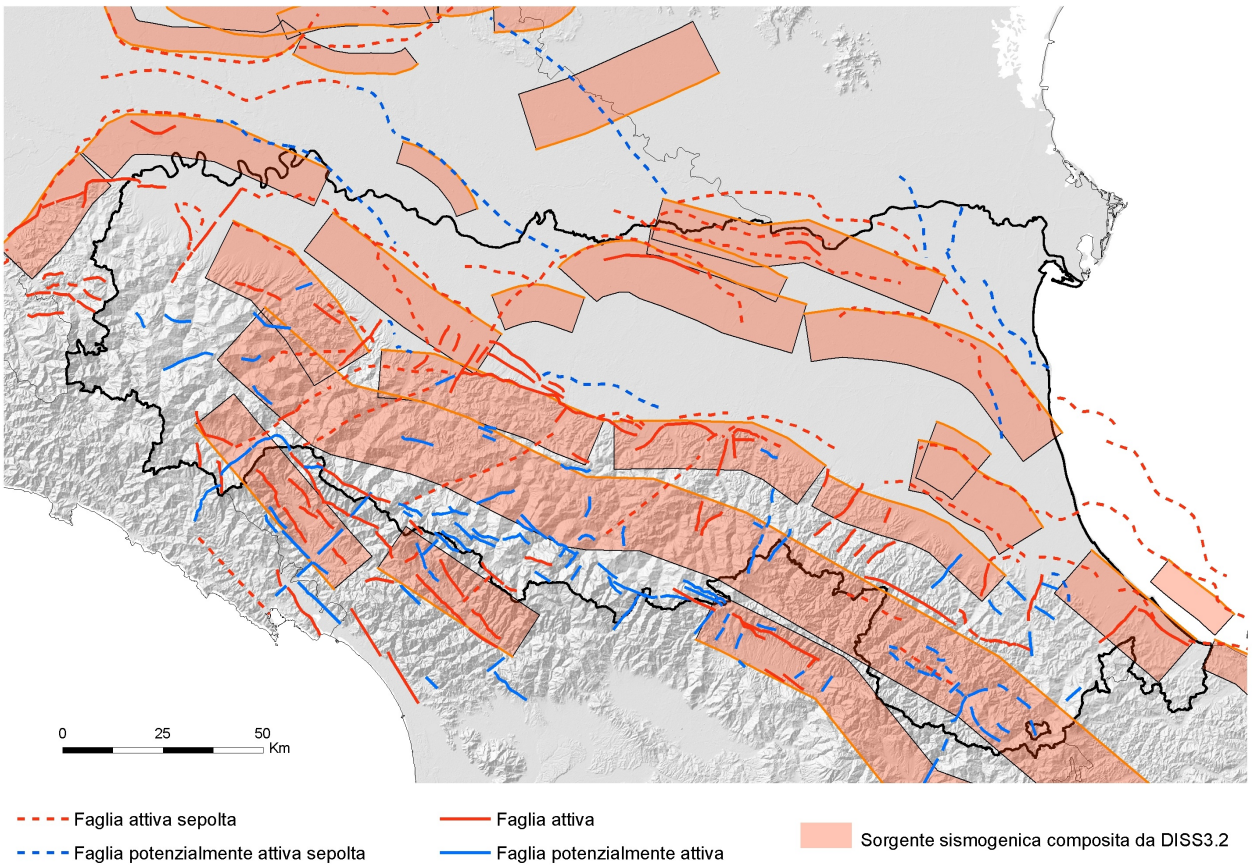
La sovrapposizione tettonica di diverse parti delle successioni sedimentarie, permettono di individuare le unità tettoniche, delimitate da strutture di accavallamento. Nel territorio modenese è possibile riconoscere diverse unità tettoniche, distribuite secondo fasce ad andamento appenninico, solitamente delimitate da sistemi e fasci di faglie ad andamento antiappenninico.



Tutti gli eventi deformativi di tipo fragile si manifestano, nelle loro dinamiche, anche con il verificarsi di terremoti. Attualmente le strutture deformative a cui fare riferimento per la sismicità della zona sono collocate lungo la catena appenninica, a sud del crinale, nella zona in cui si manifesta una tettonica distensiva (graben toscani), lungo il versante settentrionale (strutture compressive profonde a cui fanno riscontro strutture distensive in superficie) e nel sottosuolo della Pianura Padana, dove, sono sepolti sistemi compressivi ad arco la cui attività si manifesta con importanti fasi di attività sismica, come testimoniano le diverse fasi sismiche del 2012.

3. SISMICITÀ DELL'AREA

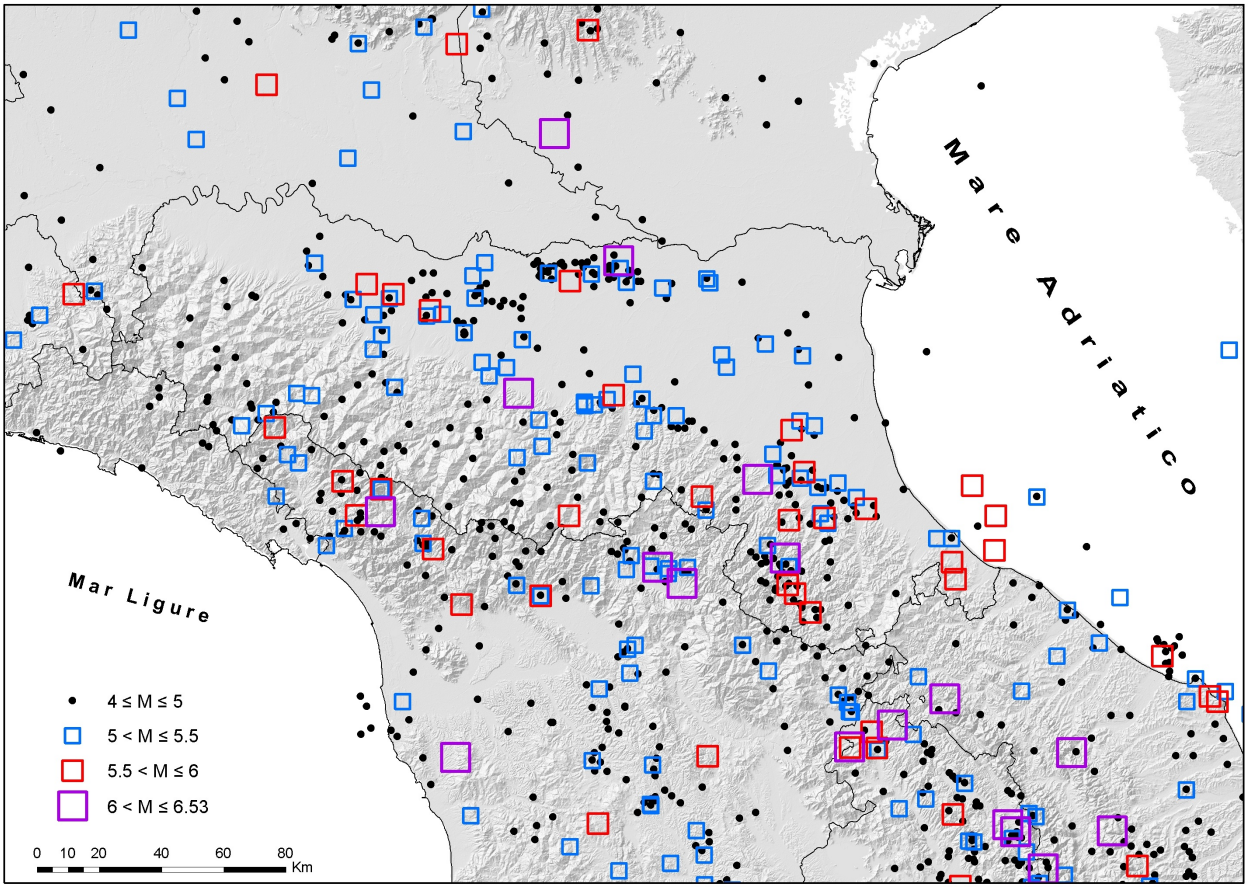
Dal punto di vista della sismicità dell'area indagata, occorre far riferimento a un quadro molto più esteso, dal momento che lo scuotimento sismico può avere origine anche in corrispondenza di strutture lontane dall'area, in particole nella zona della Garfagnana.
La figura che segue illustra, per l'Appennino tosco-emiliano-romagnolo e la Pianura Padana centrale e orientale, il confronto tra le zone in grado di generare terremoti di magnitudo almeno pari a 5,5 (DISS Working Group, 2015) e le principali faglie attive riconosciute (Martelli et al, 2017). Come già evidenziato, faglie attive potenzialmente sismogenetiche, capaci di generare forti terremoti in Emilia-Romagna, sono localizzate in profondità, nel basamento del medio e alto Appennino, lungo il margine appenninico-padano e in corrispondenza degli archi formati dalle strutture sepolte della pianura padana (Pieghe Emiliane, Pieghe Ferraresi e Pieghe Adriatiche). I dati strumentali, relativi ai terremoti dal 1981 in avanti (vedi catalogo ISIDe, INGV; ISIDe Working Group, 2015), indicano che i terremoti emiliano-romagnoli hanno origine per lo più a profondità comprese tra 35 e 5 km; i terremoti più profondi si concentrano soprattutto nella zona del margine appenninico-padano e del basso e medio Appennino.
Le strutture sismogenetiche sono strutture geologiche (faglie, accavallamenti) che possono generare terremoti.



Confronto tra le zone sismogenetiche in grado di generare terremoti M>5,5 (DISS Working Group, 2015) e le principali faglie attive riconosciute (Martelli et al., 2017a) nell'Appennino tosco-emiliano-romagnolo e la Pianura Padana centrale e orientale. Tratto da ARPAE.

3.1. Sismicità osservata

Il Comune di Montese è stato interessato da terremoti di diversa intensità e, come tutto settore appenninico della regione, ha risentito di forti terremoti avvenuti in aree sismogenetiche extraregionali, alcune delle quali hanno generato terremoti di magnitudo maggiore di 6, come la Garfagnana, il Mugello, la Valtiberina e le Marche settentrionali.
In figura 1 sono rappresentati gli epicentri dei principali terremoti (magnitudo stimata almeno uguale a 4) che hanno interessato il territorio regionale negli ultimi 1.000 anni.



Epicentri dei principali terremoti (MW≥4) che hanno interessato l'Emilia-Romagna negli ultimi 1.000 anni (Rovida et al., 2016; ISIDe Working Group, 2015). Tratto da ARPAE.

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v2.0					
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano					
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia					
Seismic history of	Montese				
PlaceID	IT_38738				
Coordinates (lat, lon)	44.270, 10.944				
Municipality (ISTAT 2015)	Montese				
Province	Modena				
Region	Emilia-Romagna				
No. of reported earthquakes	34				
Int.	**Year Mo Da Ho Mi Se**	**Epicentral area**	**NMDP**	**Io**	**Mw**
3	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
4	1889 03 08 02 57 04.00	Bolognese	38	5	4,53
3	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5,5
4	1896 07 08 01 51 28.00	Porretta Terme	17	5	4,37
5	1896 12 08 17 06 45.00	Sestola	26	5	4,33
4	1897 09 06 03 10 44.00	Valdarno inferiore	104	5-6	4,59
3-4	1899 06 26 23 17 22.00	Valle del Bisenzio	138	7	5,02
4	1902 03 05 07 06	Garfagnana	83	7	4,98
4	1904 02 25 18 47 50.00	Reggiano	62	6	4,81
F	1904 06 10 11 15 28.00	Frignano	101	6	4,82
4-5	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5,1
4-5	1908 06 02 22 30	Frignano	18	4-5	4,5
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
6	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53
3	1922 08 02 21 13	Frignano	21	5	4,32
2	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4,96
2	1956 04 26 03 00 03.00	Appennino bolognese	89	6	4,74
2	1956 05 26 18 40	Appennino forlivese	76	7	4,99
2	1956 06 03 01 45 57.00	Appennino forlivese	62	6	4,51
5	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4,73
F	1962 05 11 01 05 31.00	Appennino bolognese	15	5-6	4,69
2-3	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
4	1985 01 23 10 10 16.55	Garfagnana	73	6	4,6
4	1995 08 24 17 27 33.00	Appennino pistoiese	56	6	4,45
NF	1995 10 10 06 54 21.72	Lunigiana	341	7	4,82
3	1997 12 24 17 53 10.12	Garfagnana	98	5	4,33
5	1999 07 07 17 16 12.59	Frignano	32	5	4,67
NF	2000 06 18 07 42 07.68	Pianura emiliana	304	5-6	4,4
NF	2000 10 03 01 12 36.56	Frignano	62	5	4,22
NF	2002 06 08 20 13 07.10	Frignano	115	4	4,23
3	2002 06 18 22 23 38.10	Frignano	186	4	4,3
NF	2002 06 19 22 11 15.57	Frignano	52	3	4,03
4	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5,24

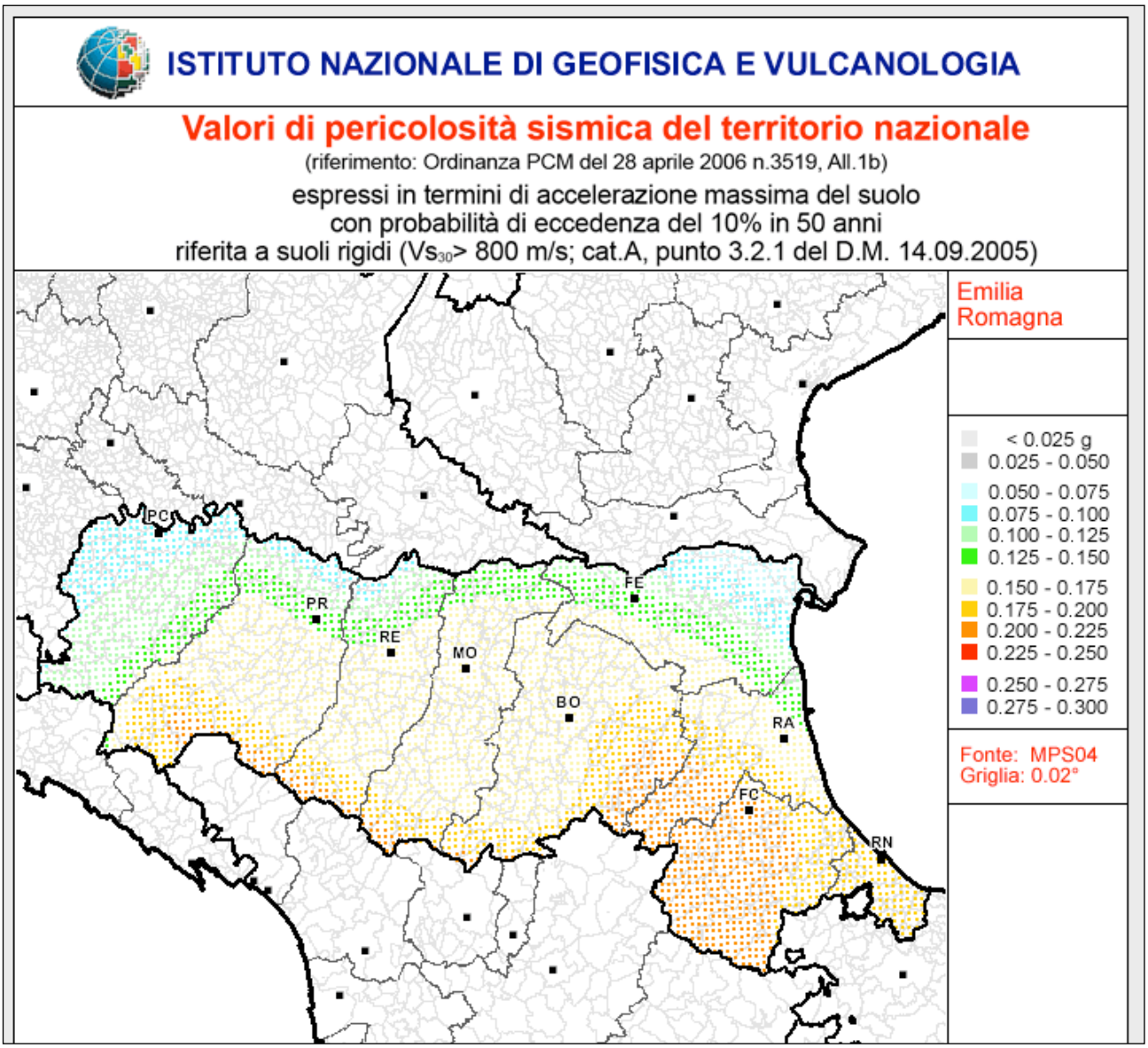
Grafico dell'andamento temporale degli eventi sismici in relazione alla loro intensità

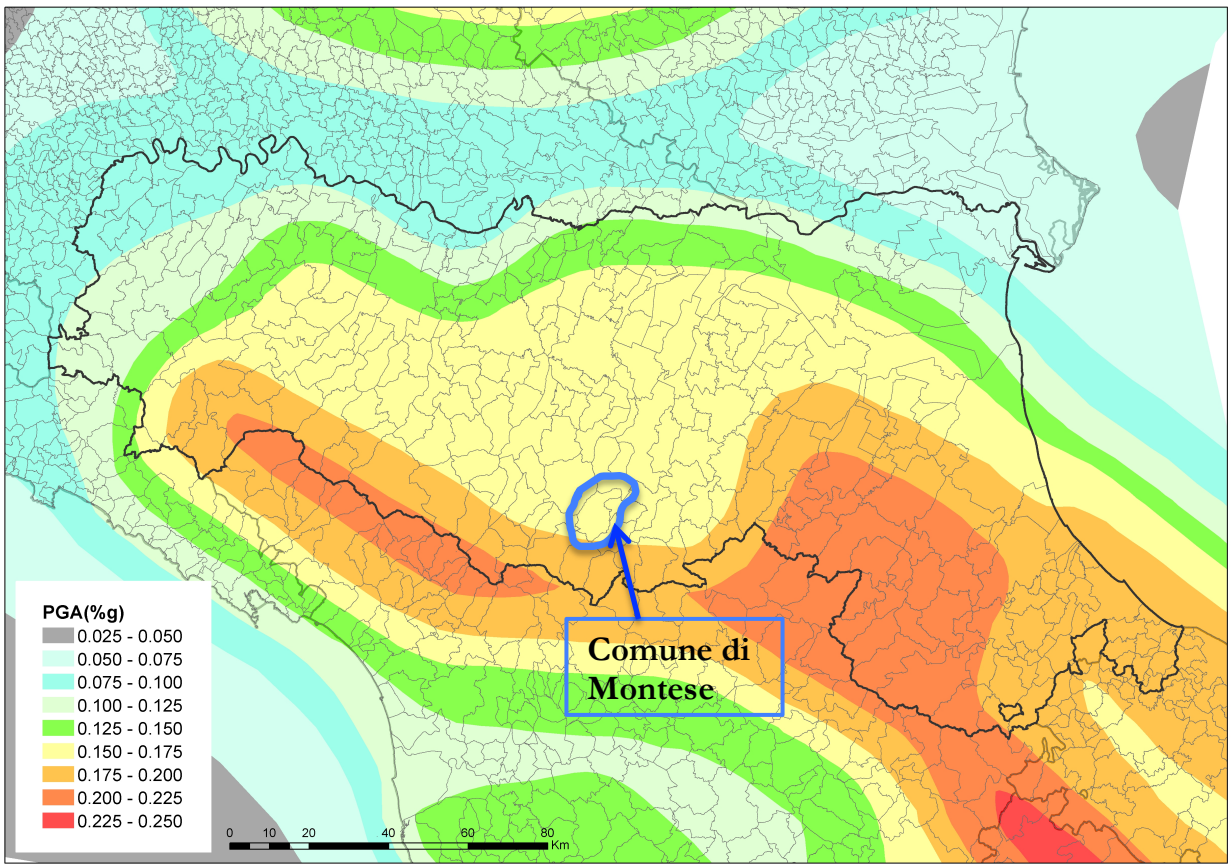
4. AZIONE SISMICA

L'azione sismica viene valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", definita come la probabilità (P_{VR}) che in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento V_R) si verifichi, nel sito studiato, un evento sismico di entità almeno pari al valore prestabilito.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su terreni rigidi (Categoria A) con superficie topografica orizzontale (categoria T1). Nella definizione della pericolosità sismica di base si considerano anche le ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_E(T)$.

Di seguito riportata nel documento cartografico di riferimento relativo alla Regione Emilia Romagna. per T_R=475 anni, elaborata nel 2004 dall'INGV (MPS04), dove viene rappresento il valore dell'accelerazione di picco attesa su suolo di riferimento, ovvero su suolo rigido e pianeggiante, ed è l'attuale riferimento ufficiale per analisi della pericolosità sismica ai fini della progettazione (OPCM 3519/2006). Nel 2015 INGV ha avviato la revisione e aggiornamento di tale mappa.





Mappa di pericolosità sismica di base MPS04 (OPCM 3519/2006) per l'Emilia-Romagna e aree limitrofe (per TR=475 anni)

L'area in esame, situata lungo il versante nord dell'Appennino emiliano, si trova secondo la mappa di pericolosità sismica del territorio italiano e basata in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA) in zona con valori compresi tra 0.150 – 0.175g. Viene riportato il valore di PGA che ha una probabilità del 90% di non venire superata (ovvero ha una probabilità del 10% di essere superata) in un intervallo di tempo di 50 anni. La stessa PGA ha un periodo medio di ritorno di 475 anni sulla base dell'assunzione di distribuzione poissoniana della sismicità.
Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza del 2006 (*Stucchi et al. 2004*).
Per ridurre gli effetti del terremoto, esiste una classificazione del territorio, basata sull'intensità e sulla frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche (*Sito del Dipartimento della Protezione Civile*). Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche. Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un periodo di tempo di 50 anni da un evento che superi una determinata soglia di scuotimento. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del

Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003. Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità ha introdotto degli intervalli di accelerazione massima su suolo rigido (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche. Secondo questa Ordinanza i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali:
1. Zona 1: sismicità alta, ag > 0.25. E' la zona più pericolosa, possono verificarsi fortissimi terremoti.
2. Zona 2: sismicità media, 0.15 < ag < 0.25. In questa zona possono verificarsi forti terremoti.
3. Zona 3: sismicità bassa, 0.05 < ag < 0.15. In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari.
4. Zona 4: sismicità molto bassa, ag < 0.05. E' la zona meno pericolosa, i terremoti sono rari.

Attualmente tali valori non sono di riferimento per la progettazione e rimangono validi solo per la gestione e il controllo del territorio da parte degli enti locali.

4.1. Pericolosità sismica locale

L'amplificazione del moto sismico al suolo è un fenomeno localizzato e temporaneo, che termina quando cessa il terremoto. Tra i fattori che determinano l'amplificazione del moto sismico si riconoscono quelli dovuti stratigrafia del sottosuolo, che causano una "amplificazione stratigrafica". I terreni che maggiormente provocano amplificazione del moto sismico sono quelli che in superficie mostrano una bassa velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs), molto inferiore a 800 m/s, e spessori di almeno 3 m. Si tratta in genere di materiali soffici e scarsamente consistenti, come i detriti di versante, i sedimenti granulari sciolti e scarsamente addensati, le argille e i limi scarsamente consistenti e consolidati.
L'amplificazione può avvenire anche per cause topografiche, in genere nelle parti alte dei rilievi con acclività maggiore di 15°÷20° e dislivello maggiore di 30 m, dove le interazioni delle onde sismiche con la superficie causano significative modificazioni del moto sismico. Le morfologie che più alterano il moto sismico sono: le creste; le dorsali allungate; i picchi; i cocuzzoli; le scarpate alte.
L'analisi della pericolosità sismica locale consiste quindi nell'identificazione delle condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali con amplificazione del moto sismico. In presenza poi di particolari criticità, come frane, terreni liquefacibili, sedimenti soffici, vengono stimati anche gli indici di instabilità dei terreni e gli eventuali cedimenti e spostamenti attesi.
Una stima realistica della pericolosità sismica di un'area deve quindi valutare lo scuotimento in superficie, quale risultato della pericolosità sismica di base incrementata dell'amplificazione data dalle condizioni litostratigrafiche e morfologiche. La procedura di calcolo del moto sismico in superficie è detta *analisi della risposta sismica locale* e il risultato finale è generalmente espresso in termini di grafici rappresentativi degli scuotimenti attesi in superficie in termini di

accelerazione, velocità o spostamenti (i cosiddetti "spettri di risposta elastici").
La Pericolosità sismica locale (Pl) descrive, quindi, le condizioni geologiche e morfologiche che possono modificare il moto sismico in superficie.

Ai fini progettuali l'azione sismica di progetto quindi si modula in relazione alle condizioni stratigrafiche del sottosuolo e dalla morfologia della superficie, identificando la risposta sismica locale. Nel caso esaminato, come definito dalle NTC 2018, per le caratteristiche del sottosuolo e per le tipologie di interventi previsti (consolidamenti di dissesti che non interagiscono con strutture, miglioramento della officiosità idaulica tramite la ricostruzione id una briglia e la messa in opera di scogliere di protezione spondale) si fa rifermento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione sismica del sottosuolo in funzione del valore delle velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.
In ottemperanza alle NTC 2018, le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, queste ultime definite in funzione di tre parametri:

ag accelerazione orizzontale massima del terreno
F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

La stima della pericolosità sismica si basa su una griglia di 10.751 punti, nei quali vengono definiti i valori dei parametri ag, F_0 e T^*_c per 9 distinti periodi di ritorno T_R.
Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica
F_0 e **T^*_c** valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minima è impostata operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

5. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA, MODELLAZIONE SISMICA E LIQUEFAZIONE

La modellazione sismica dell'area è stata svolta tramite misure di sismica passiva utilizzando il tromografo digitale TROMINO, misurando e analizzando il rumore sismico (detto anche microtremore). Il rumore sismico è causato perlopiù dalle perturbazioni atmosferiche e/o dalle onde marine ed è costituito principalmente da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Anche l'attività industriale e il traffico veicolare possono generare rumore sismico, soprattutto in alta frequenza (alcuni Hz); questo si attenua rapidamente allontanandosi dalla sorgente. Il rumore sismico è presente ovunque sulla superficie terrestre e agisce come sorgente di eccitazione per le risonanze del sottosuolo e degli edifici. Per esempio, se il sottosuolo ha come frequenze proprie 0.8 e 20 Hz, il rumore di fondo ecciterà queste frequenze di vibrazione rendendole chiaramente visibili nello spettro del rumore sismico misurato alla superficie. I metodi che misurano il microtremore sismico sono indicati come "sismica passiva" perché utilizzano le perturbazioni esistenti, senza energizzare "ad hoc" il terreno. Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di **contrasto di impedenza nella velocità di propagazione delle onde sismiche.**
La tecnica che si è maggiormente consolidata è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale del microtremore sismico (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), metodo reso popolare da Nakamura a partire dal 1989 come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale e nel fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli.
La tecnica HVSR ha raggiunto la sua massima popolarità in **Giappone** già nei **primi anni '70**. Dai primi studi di **KANAI** [1957] in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri sismici del rumore di sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) applicata da **NOGOSHI** e **IGARASHI** [1970]. Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da **NAKAMURA** [1989] come strumento per la determinazione delle discontinuità sismiche presenti nel sottosuolo. Con la realizzazione di un progetto europeo denominato **SESAME** (2005) (*Site EffectS Assessment using AMbient Excitations*), che si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array, si certificata l'affidabilità delle misure spettrali per la ricostruzione sismica del sottosuolo.

a. Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura impiegata è il tromografo digitale TROMINO (Micromed) che ottimizza la misura del microtremore nell'intervallo di frequenza compreso fra 0,1 e 512 Hz con conversione A/D > 24 bit equivalenti a 128 Hz. I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente, che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. La caratteristica dello strumento consentono un'accuratezza relativa maggiore di 10^{-4} sulle componenti spettrali al di sopra di 0,1 Hz.

b. Grafici HVSR e letture delle ampiezze

Il grafico HVSR è un grafico frequenza (x) – ampiezza del rapporto HV (y). Poiché la frequenza è relazionata alla profondità, il grafico HVSR può tramutarsi in un grafico ampiezza

del rapporto HV (x) – profondità (y), dove l'ampiezza del rapporto HV (x) descrive in modo relativo l'ampiezza del contrasto di impedenza tra i mezzi sopra e sotto quella determinata profondità (y).
Ciascun picco nel grafico HV corrisponde ad un livello stratigrafico che presenta un contrasto di impedenza rispetto al livello sottostante. Maggiore è il contrasto di impedenza, maggiore è l'ampiezza attesa del picco HV sebbene la relazione tra le due variabili non sia lineare.
Il numero di picchi visibili in un grafico HVSR dipende dal contrasto, dalla distanza tra le due discontinuità e dalla funzione di lisciamento impiegata dal programma di elaborazione dei dati. Un contrasto basso tra due discontinuità vicine le rende difficilmente individuabili singolarmente ed allo stesso tempo un lisciamento ampio, agendo da filtro passa basso, nasconde le discontinuità minori.
La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la **tecnica sismica passiva** è finalizzata all'individuazione della frequenza caratteristica di risonanza di sito e delle **discontinuità sismiche che sono correlabili ai cambi litologici** presenti sia **all'interno della copertura** che **al contatto copertura-bedrock.** Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio (Vs) e per una corretta caratterizzazione dei litotipi investigati si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).
La stratigrafia del sottosuolo viene indagata con un range compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 50 – 70 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.
La velocità media delle onde di taglio Vs viene calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario conoscere, anche in maniera indicativa, la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia e riconoscibile nella curva H/V. La stima di tale parametro caratterizza al meglio, dal punto di vista geofisico, i vari litotipi presenti. È inoltre possibile valutare la velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del bedrock e stabilire il tipo di roccia presente.
La tecnica HVSR può essere applicata, a differenza delle classiche tecniche d'indagine sismiche (sismica a rifrazione), anche in presenza di inversioni di velocità (materiali più competenti che poggiano sopra materiali meno competenti).

Il caso in esame

Nell'area indagata sono state svolte in totale 7 registrazioni, così distribuite:
- 2 in corrispondenza della zona di distacco della frana di Castelluccio (dove è prevista la realizzazione di una nuova palizzata doppia in legname);
- 3 accanto all'alveo del torrente Dardagnola, nella zona area dove è prevista la ricostruzione della briglia;
- 2 lungo il corpo della frana dove sono previsti gli interventi di consolidamento.

Ne è emerso che questi terreni sono caratterizzati da frequenze di risonanze diverse a seconda delle situazioni esaminate, utili per individuare le profondità di passaggio tra strati, o spessori rocciosi, segnati da contrasti di impedenza sismica a diverse profondità, da imputare alle

seguenti casistiche:
- passaggio tra la coltre di depositi di frana e substrato in posto;
- passaggi interni ai diverse parti dei corpi di frana;
- passaggi in profondità tra unità rocciose a diversa impedenza sismica.

Tra gli allegati sono presenti i risultati delle registrazioni le elaborazioni effettuate con il software *Grilla*, su cui si basa la modellazione che ha permesso di stimare la velocità delle onde S nei primi 30 m come velocità dello strato equivalente, secondo l'espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N numero di strati;
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata d non inferiore a 800 m/s.

Nell'ambito delle categorie stabilite dalle norme, in tutti i punti esaminati il sottosuolo è risultato essere ascrivibile alle categorie **B e C:**

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

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

La modellazione svolta ha permesso di individuare i seguenti valori:

Posizione indagata	Vs	Picco H/V
Castelluccio 01	***Vs_eq(0.0-30.0)=409m/s***	Picco H/V a 2.5 ± 0.5 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Castelluccio 02	***Vs_eq(0.0-30.0)=421m/s***	Picco H/V a 1.75 ± 0.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 01	***Vs_eq(0.0-30.0)=293m/s***	Picco H/V a 7.97 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 02	***Vs_eq(0.0-30.0)=319m/s***	Picco H/V a 7.66 ± 1.05 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 03	***Vs_eq(0.0-30.0)=412m/s***	Picco H/V a 19.38 ± 11.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 04	***Vs_eq(0.0-30.0)=390m/s***	Picco H/V a 4.94 ± 0.32 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 05	***Vs_eq(0.0-30.0)=380m/s***	Picco H/V a 5.84 ± 0.28 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Le forme spettrali previste dalle NTC 2018 sono segnate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento, per le quali sono stati fissati la vita di riferimento V_R e le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate a ciascun degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.
I valori dei parametri sismici dei diversi siti esaminati sono stati ricavati con il **softwear geostru**, riportati per esteso tra gli allegati, impostando i dati relativi all'opera secondo le indicazioni del Tecnico Progettista delle strutture, categoria di suolo sismico **B** e categorie topografiche di riferimento. Nei tabulati sono stimati anche gli altri coefficienti di amplificazione per i diversi stati limite, tra cui quelli di amplificazione stratigrafica e topografica **Ss** e **St**, definiti come da normativa.

Categoria topografica e relativa amplificazione

L'area in esame è ubicata in corrispondenza di situazioni morfologiche e topografiche molto diverse tra loro, con pendenze che variano in modo da poter ricadere comunque nella Categoria Topografica T1 e T2, come indicato nella tabella seguente.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Il valore del fattore di amplificazione topografica S_T è uguale ad 1.2, corrispondente alla Categoria Topografica T2, come indicato nella visualizzazione grafica sottostante.

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica* S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

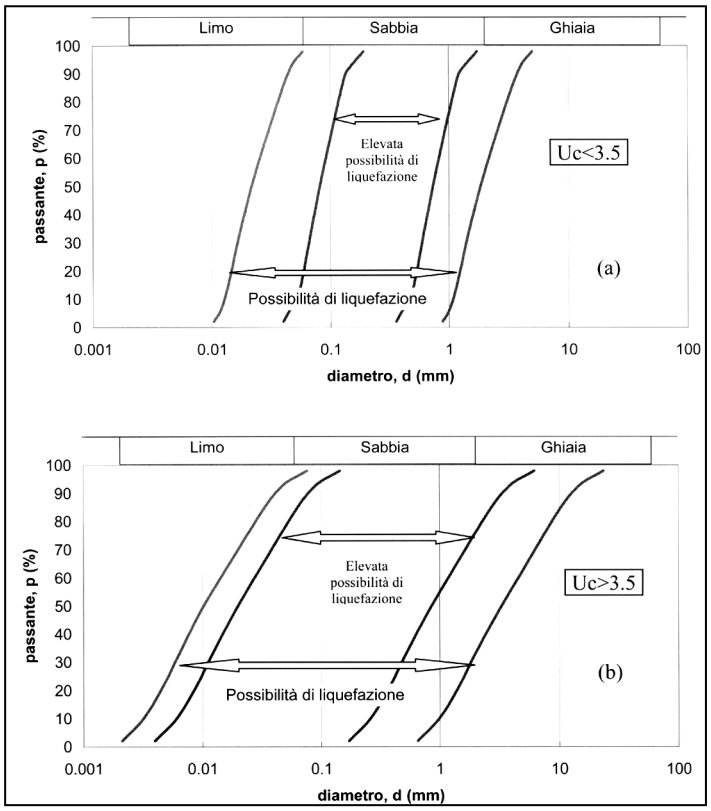
In relazione alle categorie del sottosuolo riconosciute tramite le indagini svolte, il coefficiente stratigrafico Ss e il coefficiente Cc, che modifica il valore del periodo Tc, si schematizzano come definito nella seguente tabella.

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di* S_S *e di* C_C

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

5.1. Liquefazione

Nel linguaggio tecnico corrente con tale termine s'intende riferirsi alla perdita totale di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di una massa viscosa. Ciò avviene solitamente nei depositi di sabbie fini sciolte quando, sotto l'azione dei carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua dei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè fino a quando gli sforzi efficaci si riducono a zero. La liquefazione di un deposito può avvenire sia in condizioni statiche sia sotto sollecitazioni dinamiche cicliche o monotoniche. Possono essere identificati tre principali meccanismi di liquefazione: 1) liquefazione per filtrazione; 2) liquefazione per effetto di carichi monotonicamente crescenti 3) liquefazione per effetto di carichi ciclici.



La probabilità che si verifichi la liquefazione sia bassa o nulla nel caso si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

a. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5

b. Accelerazioni massime di progetto al piano campagna inferiori a 0.1 g

c. Accelerazioni massime di progetto al piano campagna inferiori a 0.15 g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle seguenti categorie, dove N60 è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SP;

d. frazione fine (passante al setaccio 200, FC) maggiore del 20% e Indice plastico maggiore di 10.

e. FC > 35 % e resistenza N60 > 20

f. FC < 5 % e resistenza N60 > 25; T

g. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in figura 4a nel caso di materiale con coefficiente di uniformità Uc < 3.5 ed in figura per coefficienti di uniformità Uc > 3.5.

h. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna.

i. Parametro di comportamento del terreno Ic; tale parametro è funzione della resistenza alla punta, q_c e della resistenza laterale del manicotto, f_s misurate nelle prove CPT. In particolare:

c. $$Ic = [(3.47-\log Q)^2 + (1.22+\log F)^2]^{0.5}$$

Con Q e F funzioni di q_c e f_s. Secondo Robertson e Wride (1998) se il valore di Ic è maggiore di 2.6 il terreno è classificabile come un materiale di tipo argilloso, con scarse probabilità di liquefare. In tal caso non è necessario effettuare la verifica alla liquefazione.

Nelle zone indagate, le formazioni geologiche affioranti risultano essere costituite tutte da materiali francamente coesivi.

Si ricade quindi nella casistica descritta al punto **g**, con la definizione di una situazione in cui **non è possibile si verifichi**, in seguito a sisma, la **liquefazione** di strati o spessori di terreni saturi presenti nel sottosuolo.

6. CONCLUSIONI

Lo studio delle caratteristiche geologiche e sismiche delle aree individuate nel progetto "Ripristino dell'officiosità idraulica e sistemazione dei versanti nel bacino del torrente Dardagnola località Castelluccio – Lazzari, Comune di Montese", ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale può essere svolto utilizzando l'approccio semplificato, anche considerando che i terreni indagati sono riconducibili alle categorie definite dalle Norme Tecniche 2018, Tabella 3.3.II.

La modellazione sismica dell'area ha permesso di stabilire che i terreni indagati hanno i seguenti valori di riferimento di Vseq:

Posizione indagata	Vs	Picco H/V
Castelluccio 01	***Vs_eq(0.0-30.0)=409m/s***	Picco H/V a 2.5 ± 0.5 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Castelluccio 02	***Vs_eq(0.0-30.0)=421m/s***	Picco H/V a 1.75 ± 0.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 01	***Vs_eq(0.0-30.0)=293m/s***	Picco H/V a 7.97 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 02	***Vs_eq(0.0-30.0)=319m/s***	Picco H/V a 7.66 ± 1.05 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 03	***Vs_eq(0.0-30.0)=412m/s***	Picco H/V a 19.38 ± 11.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 04	***Vs_eq(0.0-30.0)=390m/s***	Picco H/V a 4.94 ± 0.32 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
Dardagnola 05	***Vs_eq(0.0-30.0)=380m/s***	Picco H/V a 5.84 ± 0.28 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

pertanto sono ascrivibili in 5 punti alla **categoria di sottosuolo B** e solo in due posizioni, relativamente alle registrazioni effettuate in sponda destra, accanto all'alveo del torrente Dardagnola, sono riferibili a terreni di categoria **C**.
I terreni esaminati, per la loro granulometria fine e la conseguente natura coesiva, non sono liquefacibili.

Bologna, 15 giugno 2020

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. MARIA ANGELA CAZZOLI
Ordine Geologi Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZ.A
N. 489 ALBO. P.

7. BIBLIOGRAFIA

Associazione Geotecnica Italiana (2005) - *Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica*. Linee Guida.
BOWLES J.E. (1991) - *Foundation analysis and design*. MacGraw Hill Libri Italia Ed., Milano.
Brinch – Hansen (1970) - *A revised and extended formula for bearing capacity*". Danish Geoth. Inst. Bull., 28.
CAQUOT A., KERISEL J. (1948) – *Tablets for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundation* – Gautier-Villar, Paris.
CESTARI F. (1990) - *Prove geotecniche in sito*. Geo-Graph Ed., Segrate.
D'AMICO V., PICOZZI M., ALBARELLO D., NASO G. e TROPENSCOVINO S. (2004) - *Quick estimates of soft sedimente thicknesses from ambient noise horizontal to vertical spectral ratios: a case study in southerm Italy* - J. Earthq. Eng., 8, p. 895-908.
MARTELLI L. ET AL., (2017) - Seismic hazard of the Northern Apennines based on 3D seismic sources – JOURNAL OF SEISMOLOGY.
MULARGIA F., CASTELLARO S., ROSSI P.L., (2007) - *Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica* – Il geologo - Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna.
SESAME Project: "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations", 2005.
LAMBE W.T., WHITMANN R.V. - *Meccanica dei terreni*. Dario Flaccovio Ed., Palermo, 1997.
VESIC A. S. (1974) – *Bearing capacity of shallow foundation , Cap. 3, in Found. Eng. Handbook,*- Van Nostrand Reinhold Book Co.
PAOLUCCI R., PECKER A. (1997) - *Seismic bearing capacity of shallow strip foundation on dry soil*. Soil and Foundation, Vol. 37, No.3, pp.95-105.
PECKER A. (1998) - *Analytical formulae for the seismic bearing capacity of shallow strip foundation*". Proc. Of the 14th Int. Conf. on Soil Mech. And Found. Eng., Balkema, Hamburg, pp. 262-268.
RICHARDS R., ELMS D., BUDHU M. (1993 - *Seismic bearing capacity and settlement of foundation*", Jour. Geoth. Engng. ASCE, Vol. 119, No.4, pp.662-674.

ALLEGATI

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

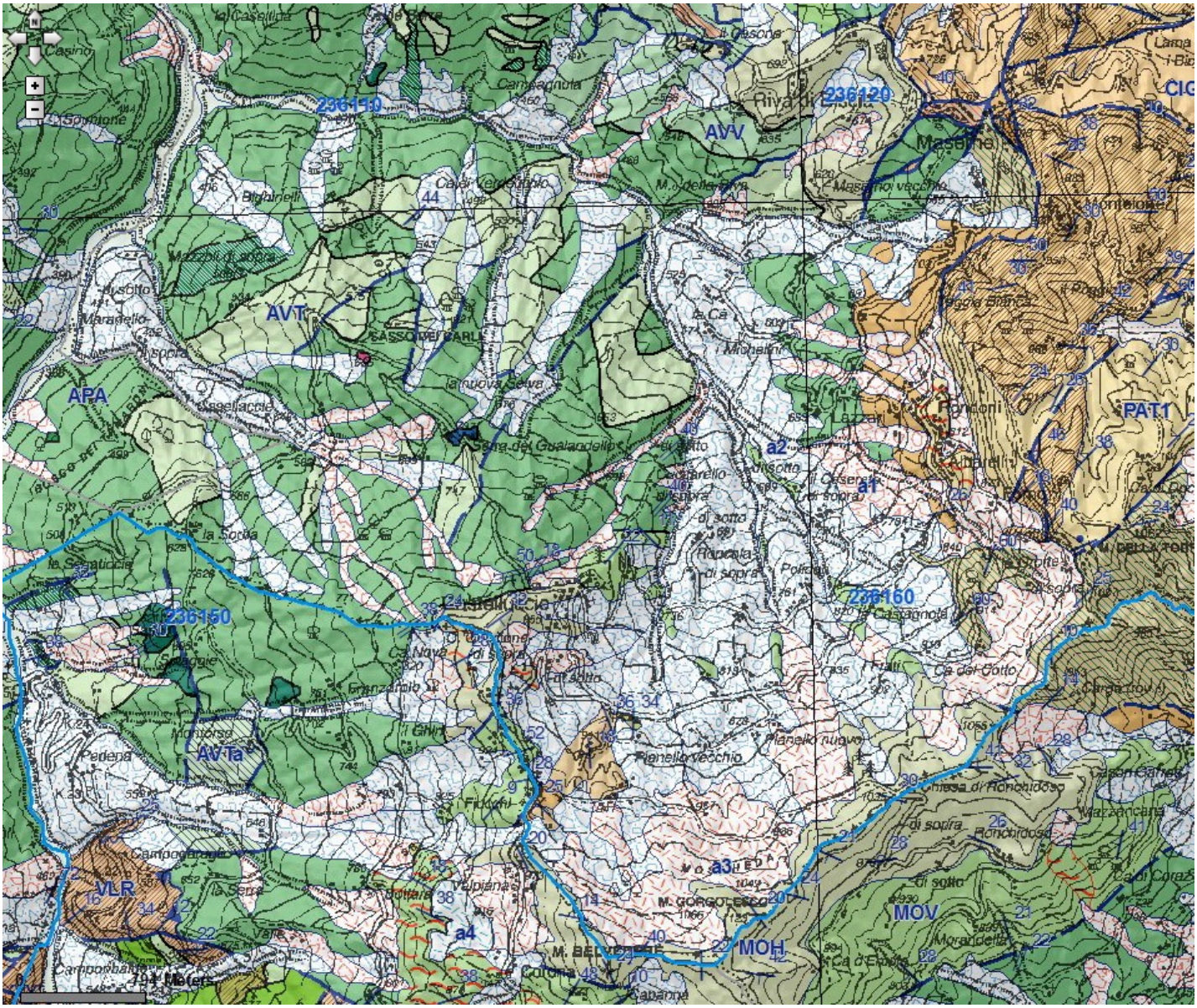
UBICAZIONE DELLE REGISTRAZIONI DI SISMICA PASSIVA

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

REGISTRAZIONI SISMICA PASSIVA

PARAMETRI SISMICI

CARTA GEOLOGICA DI SINTESI



LEGENDA

- contatto stratigrafico o litologico certo
- contatto tettonico certo
- contatto tettonico incerto
- faglia certa
- faglia incerta
- limite di natura incerta
- sovrascorrimento certo
- sovrascorrimento incerto

DEPOSITI DI FRANA QUIESCENTI

Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV

Deposito costituito da masse di dimensioni più o meno rilevanti di roccia che, pur scivolate lungo una o più superfici di scorrimento, traslaziononale e/o rotazionale, conservano al loro interno la coerenza stratigrafica della roccia di provenienza. Si trovano spesso nella parte alta dei versanti e su vaste superfici e sono in grande prevalenza in stato di attività quiescente. Sono caratterizzate frequentemente dalla presenza di insediamenti storici. Nelle DGPV il movimento gravitativo in massa complesso e profondo interessa grandi ammassi rocciosi, talora con relative coperture superficiali, e si attua attraverso una deformazione per lo più lenta e progressiva della massa rocciosa, senza una superficie di scorrimento ben determinabile.

DEPOSITI DI FRANA ATTIVI

Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto (indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi). L'attività può essere continua o, più spesso, intermittente ad andamento stagionale o pluriennale. Vengono inclusi in questa categoria anche depositi di frane che al momento del rilevamento non presentano sicuri segni di movimento ma che denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno rimobilizzato) all'occhio del tecnico rilevatore. Sono altresì incluse anche frane con velocità recepibile solo attraverso strumenti di precisione (inclinometri, estensimetri, ecc.), qualora esistenti.

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

a1e - Deposito di frana attiva per colamento detritico

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più granulari. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili. Le colate di detrito sono più rare.

a1g - Deposito di frana attiva complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

MOH - Formazione di Monghidoro

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati spessi, raramente molto spessi, con rapporto A/P generalmente intorno a 2/1 cui si intercalano intervalli metrici di strati sottili e medi con rapporto A/P circa 1/2. Le arenarie sono gradate con base a granulometria da media a grossolana, talora microconglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro ma generalmente marroni o giallastre per alterazione ed ossidazione dei minerali femici; passano ad argilliti più o meno siltose di colore nerastro. Nella parte bassa della formazione sono presenti rari strati sottili calcareo-marnosi o calcarei con abbondanti tracce di fucoidi. Localmente distinte: la litofacies arenacea (MOHa), caratterizzata da A/P>>1; la litofacies pelitico-arenacea (MOHb), caratterizzata da strati sottili pelitico-arenacei con rapporto A/P <1; la litofacies pelitica (MOHc) con A/P< 1/10. Torbiditi di piana bacinale. Limite inferiore graduale su MOV. La potenza geometrica è di qualche centinaio di metri.
(Maastrichtiano sup. - Paleocene sup.)

MOV - Formazione di Monte Venere

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 900 m.
(Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.)

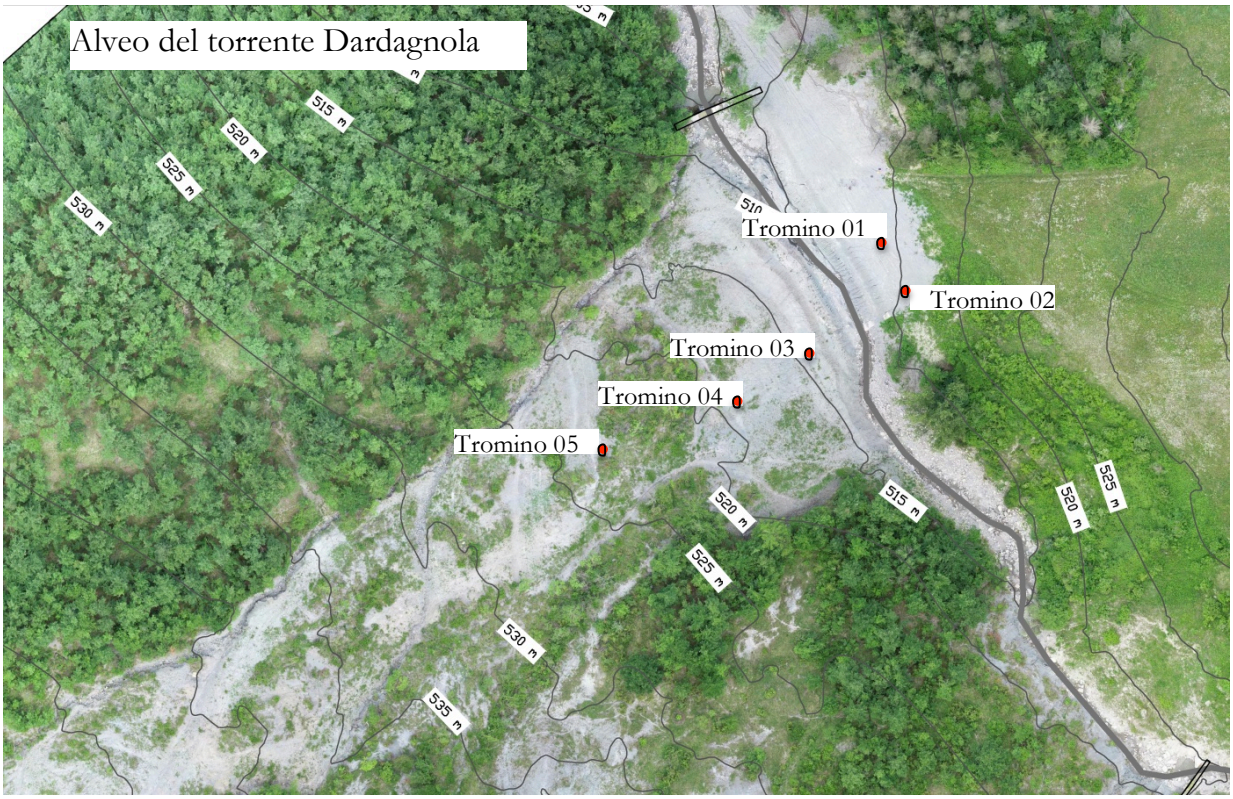
AVT - Argille variegate di Grizzana Morandi

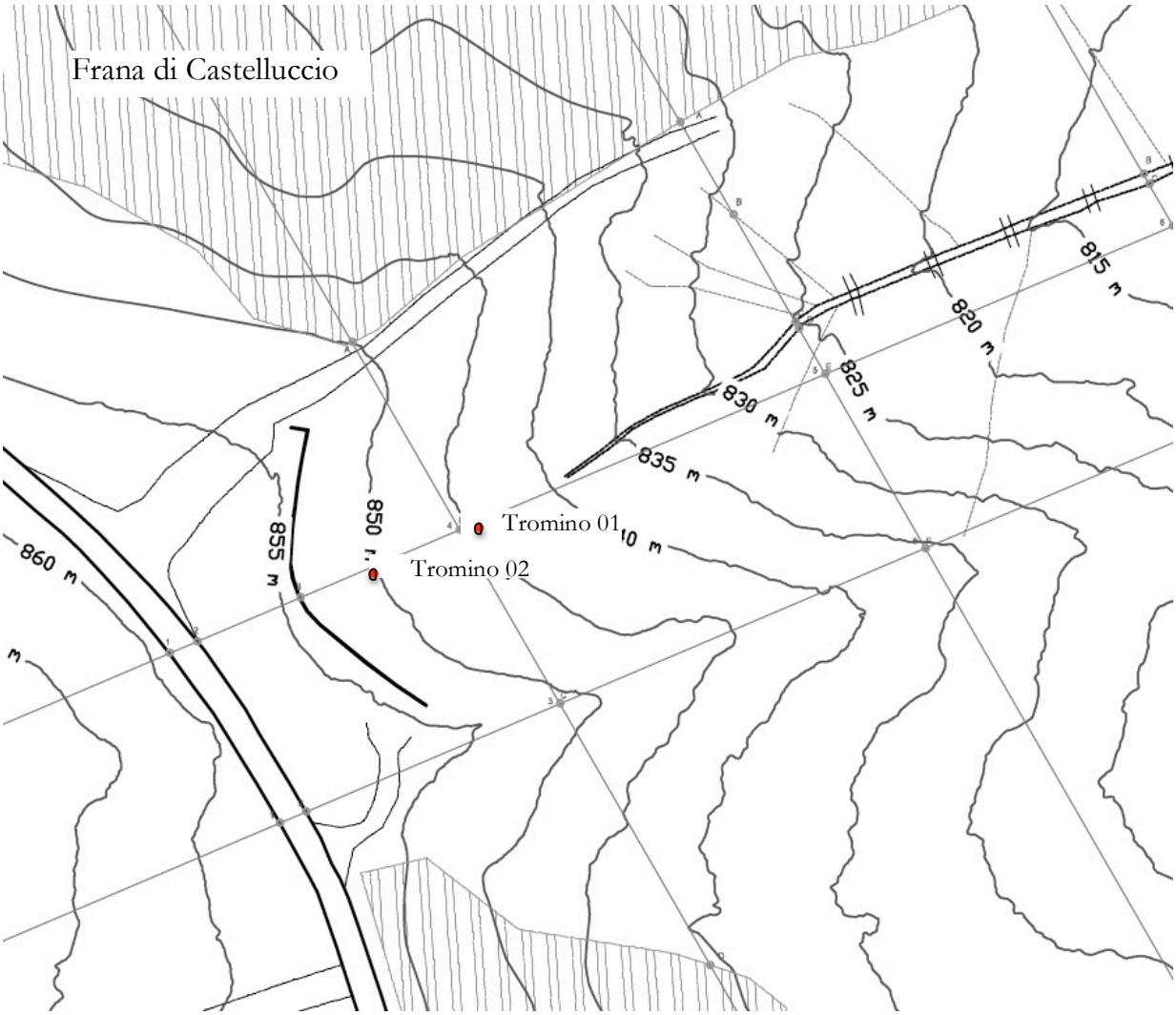
Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere manganesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Nell'area del Foglio 252 presenti inclusi da metrici a decametrici di ofioliti (of) talora cartografabili. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale. Contatto inferiore non preservato. Potenza fino a 200 m circa.
(Cenomaniano - Santoniano sup.)

APA - Argille a palombini

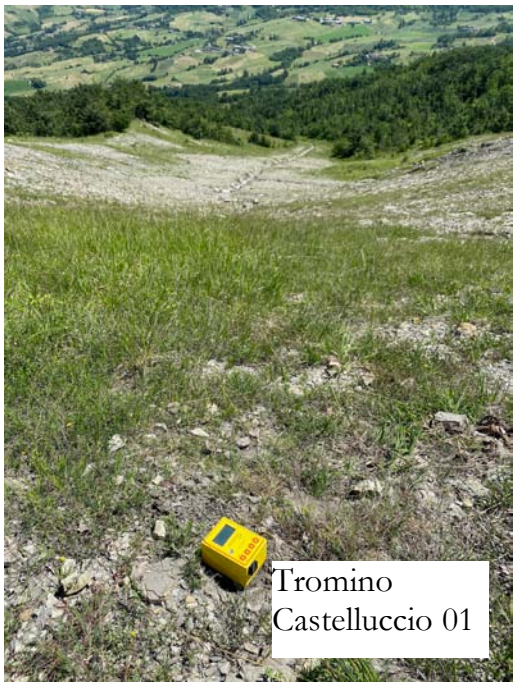
Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcare quasi sempre >1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora manganesifere) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate) e di calcareniti medio-grossolane in strati da medi a spessi. La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati", a luoghi silicizzati, pervasivamente fratturati e caratterizzati da una fitta rete di vene di calcite, spalmature verdastre sulle superfici di strato e frattura concoide. All'interno della formazione sono talora stati cartografati lembi di ofioliti (of) giurassiche, fino a decametrici, spesso distinte in: brecce ofiolitiche (bo), basalti: ß, basalti brecciati (Bb); gabbri: ga, serpentine: S. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri.
(Cretaceo inf. - Turoniano)

Ubicazione delle registrazioni di sismica passiva con tromografo digitale Tromino





DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

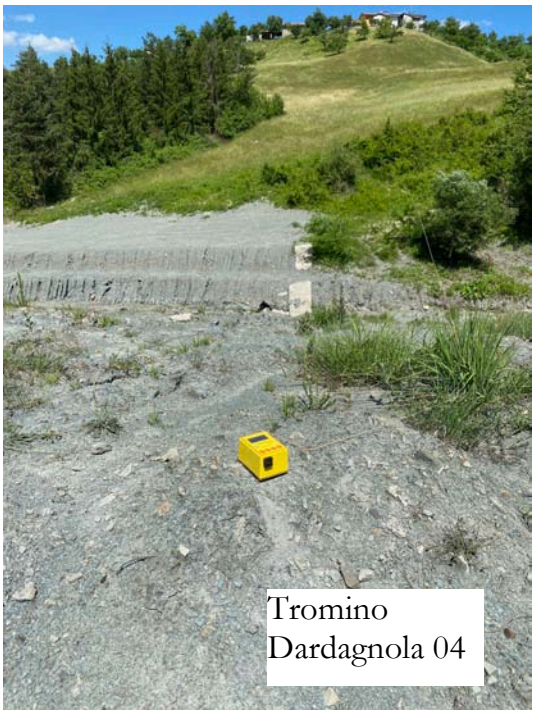


Tromino
Castelluccio 01

Tromino
Castelluccio 02

Tromino
Dardagnola 02

Tromino
Dardagnola 03

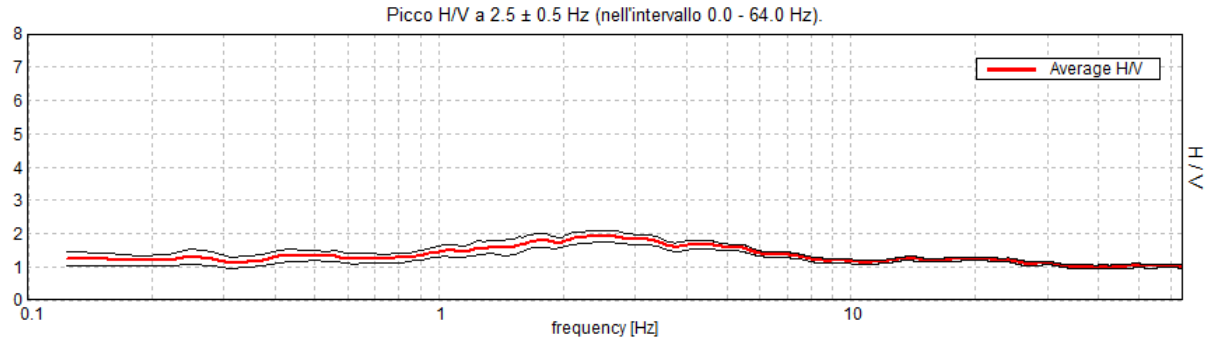


Tromino
Dardagnola 04

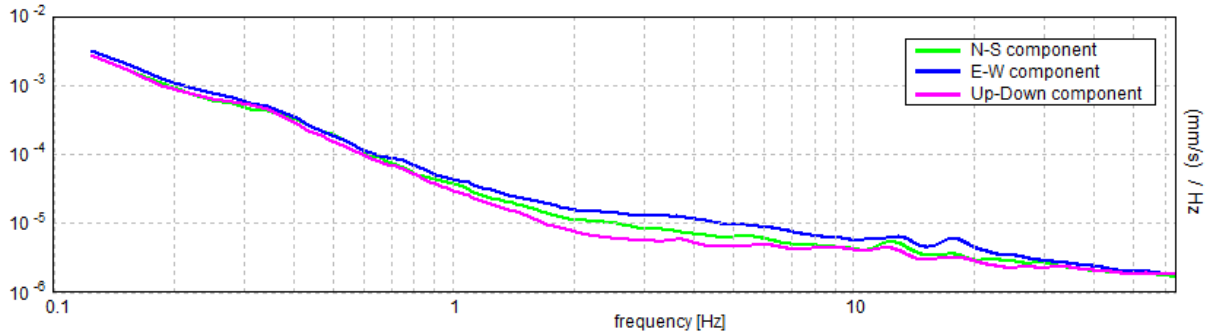
CASTELLUCCIO 01

Strumento: TRZ-0079/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 06/06/20 12:35:53 Fine registrazione: 06/06/20 12:55:54
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

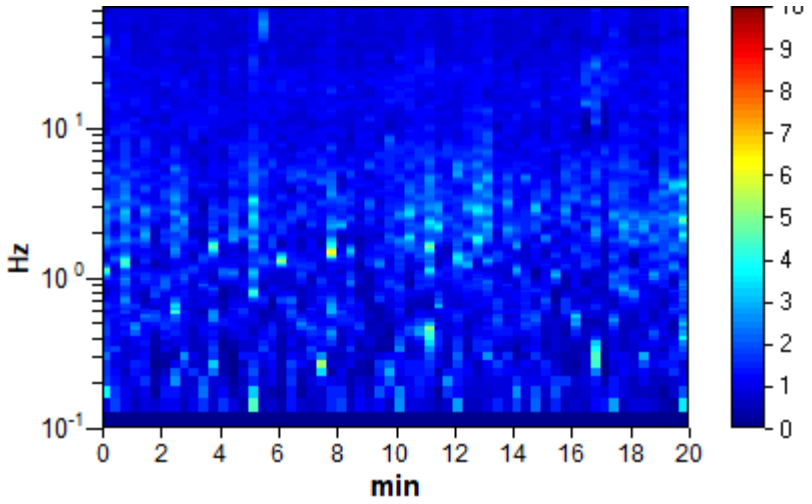
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



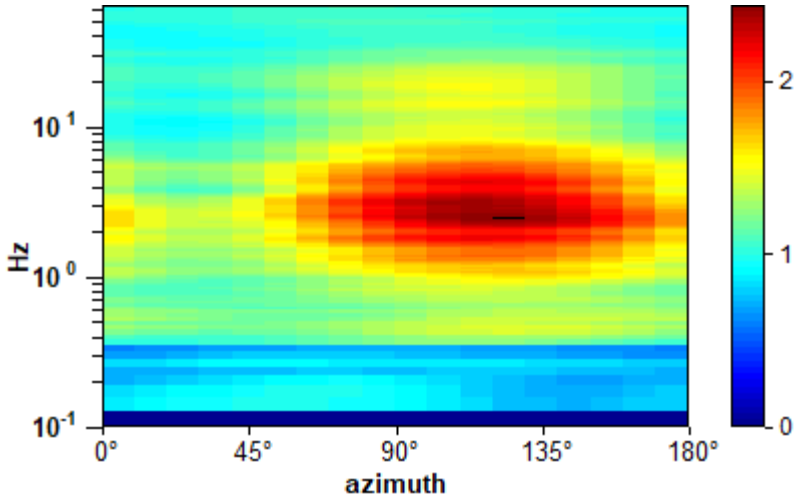
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



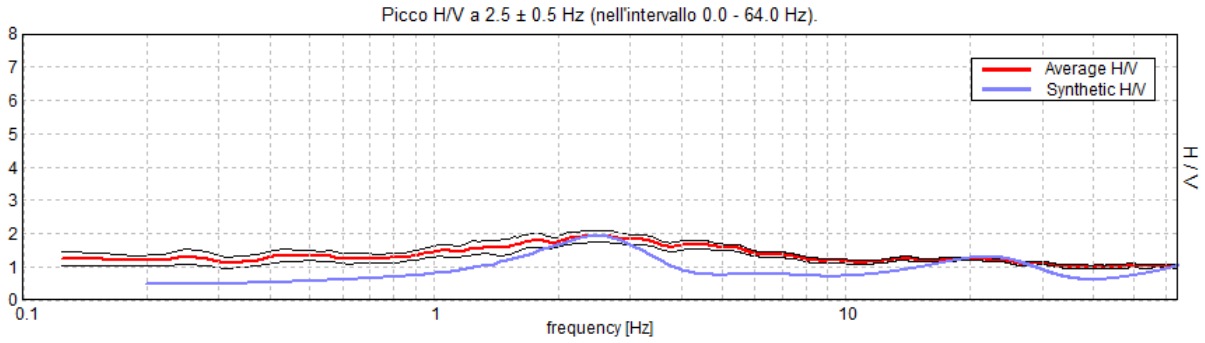
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

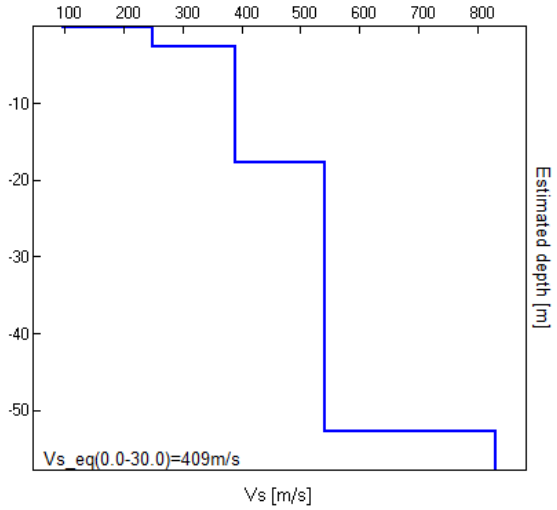


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s] |	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	98	0.42
2.70	2.50	250	0.42
17.70	15.00	390	0.42
52.70	35.00	540	0.42
inf.	0.00 |	830	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=409m/s



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 2.5 ± 0.5 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

f0 > 10 / Lw: 2.50 > 0.50 [OK]

nc(f0) > 200: 3000.0 > 200 [OK]

sA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 > 0.5Hz

sA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 < 0.5Hz Superato 0 volte su 121 [OK]

-1.0 Hz [NO]

Esiste f+ in [f0, 4f0] | A_H/V(f+) < A0 / 2: -1.0 Hz [NO]

A0 > 2: 1.93 > 2 [NO]

f_picco[A_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%: |0.19977| < 0.05 [NO]

sf < e(f0): 0.49941 < 0.125 [NO]

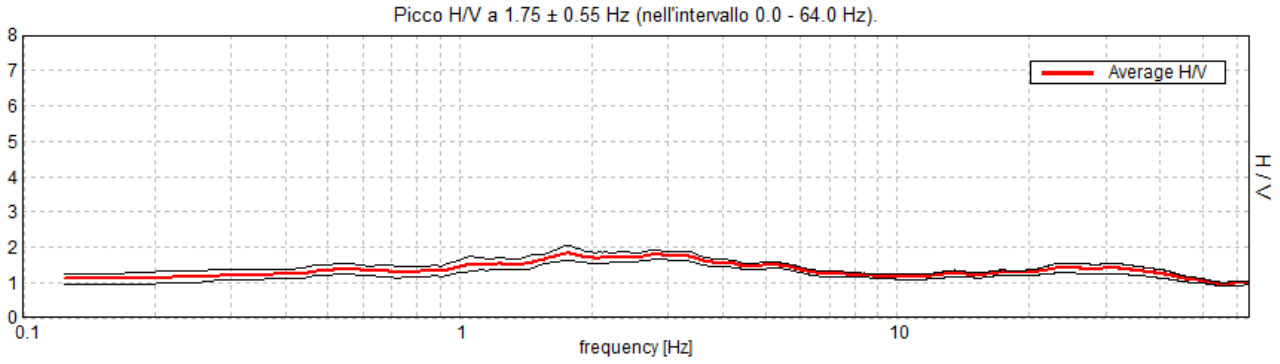
sA(f0) < q(f0): 0.1668 < 1.58 [OK]

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

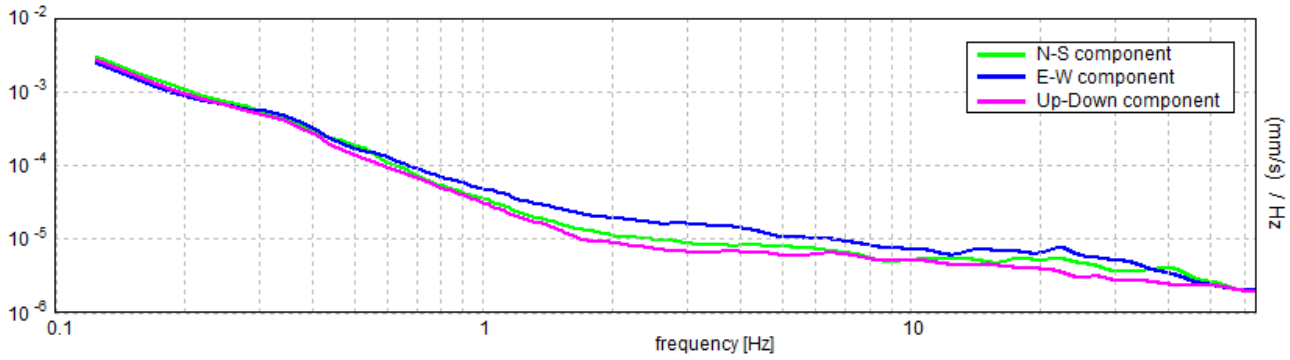
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

CASTELLUCCIO 02
Strumento: TRZ-0079/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 06/06/20 13:01:35 Fine registrazione: 06/06/20 13:21:36
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

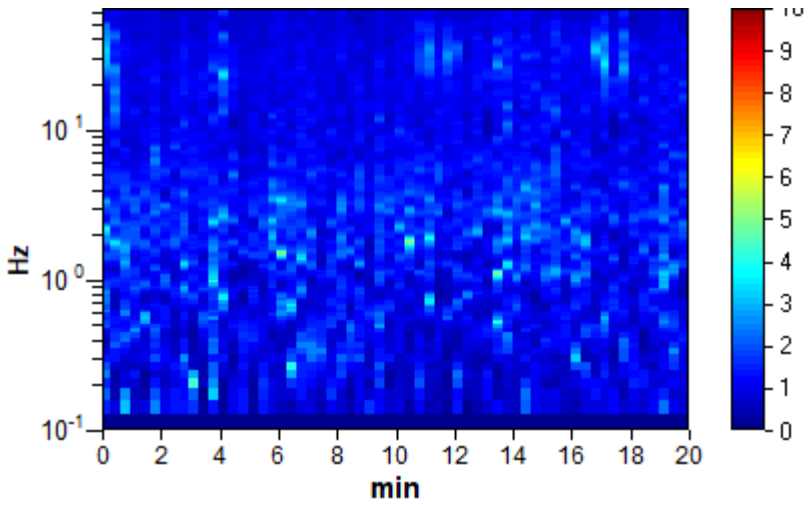
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



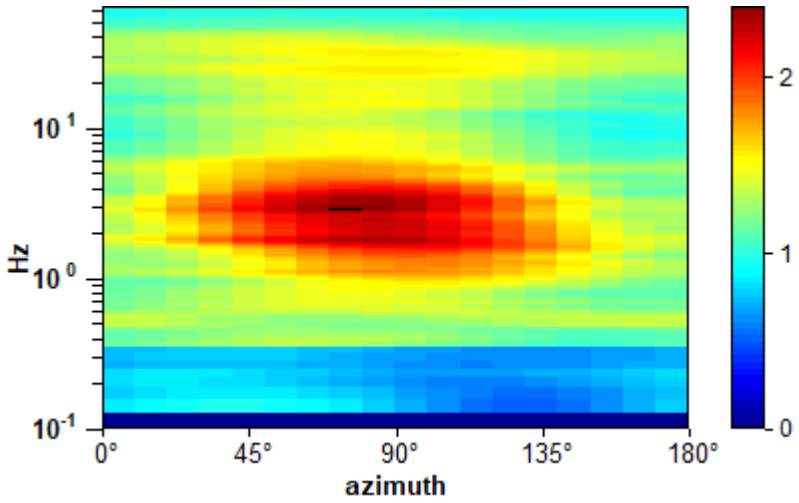
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



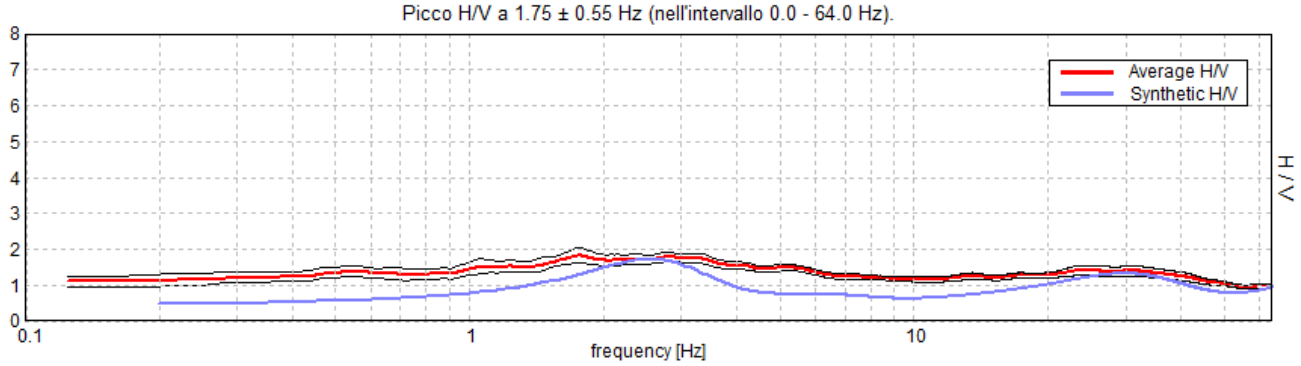
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

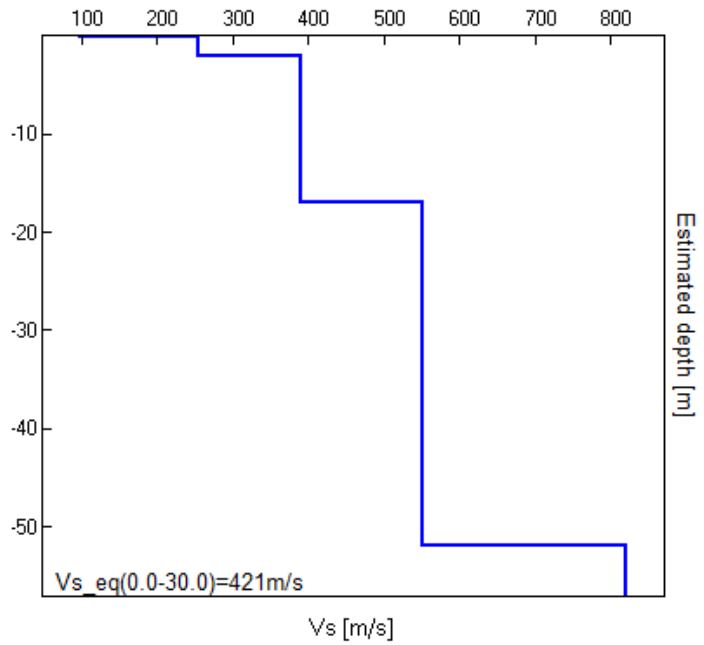


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	98	0.42
2.00	1.80	255	0.42
17.00	15.00	390	0.42
52.00	35.00	550	0.42
inf.	0.00	820	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=421m/s



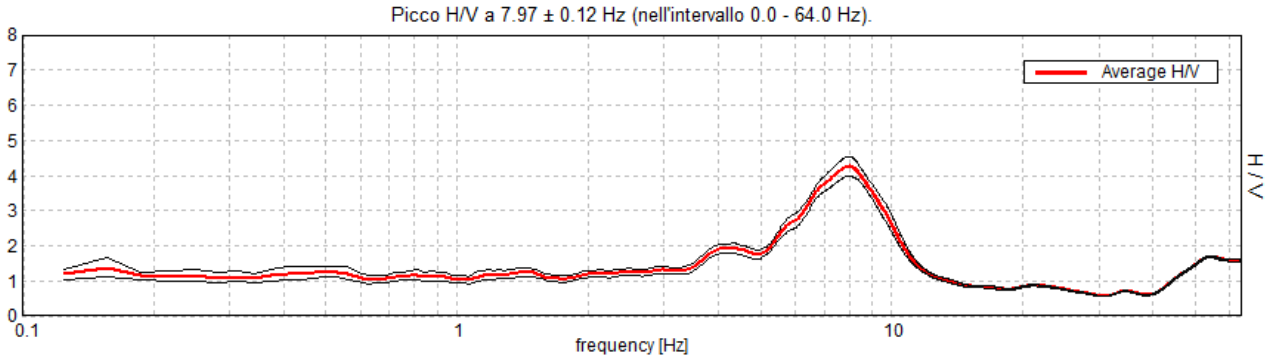
LINEE GUIDA SESAME (2005)
Picco H/V a 1.75 ± 0.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
f0 > 10 / Lw: 1.75 > 0.50 [OK]
nc(f0) > 200: 2100.0 > 200 [OK]
sA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 > 0.5Hz
sA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 < 0.5Hz Superato 0 volte su 85 [OK]
-1.0 Hz [NO]
Esiste f+ in [f0, 4f0] | A_H/V(f+) < A0 / 2: -1.0 Hz [NO]
A0 > 2: 1.83 > 2 [NO]
f_picco[A_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%: |0.3132| < 0.05 [NO]
sf < e(f0): 0.54809 < 0.175 [NO]
sA(f0) < q(f0): 0.2046 < 1.78 [OK]

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

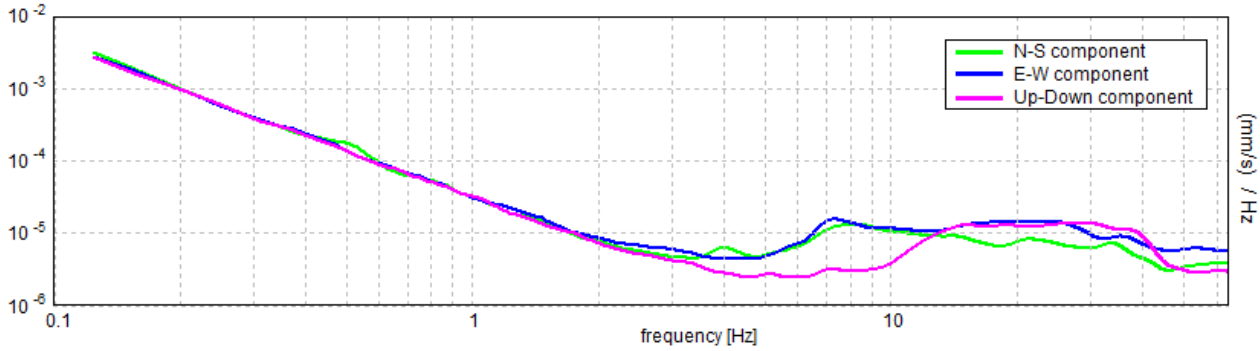
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

DARDAGNOLA 01
Strumento: TRZ-0079/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 16/05/20 13:28:02 Fine registrazione: 16/05/20 13:48:03
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 97% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

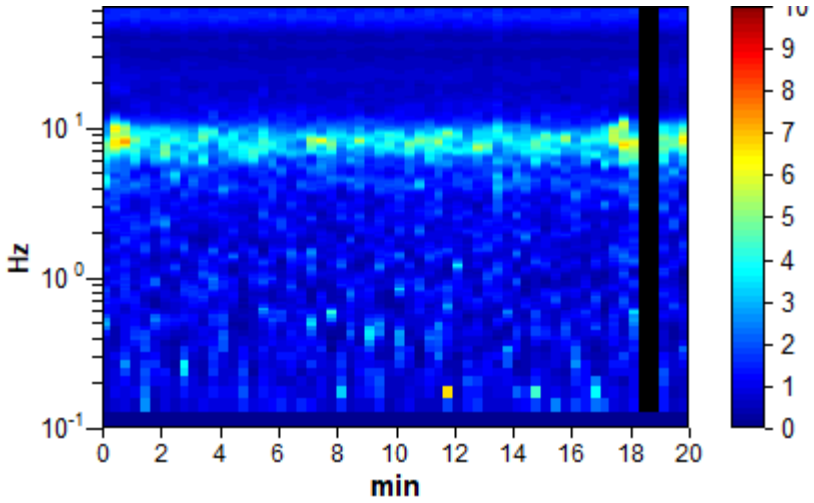
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



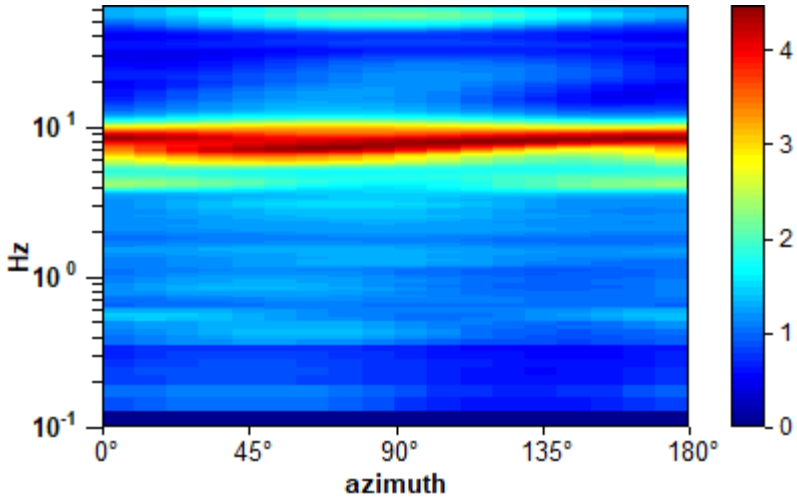
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



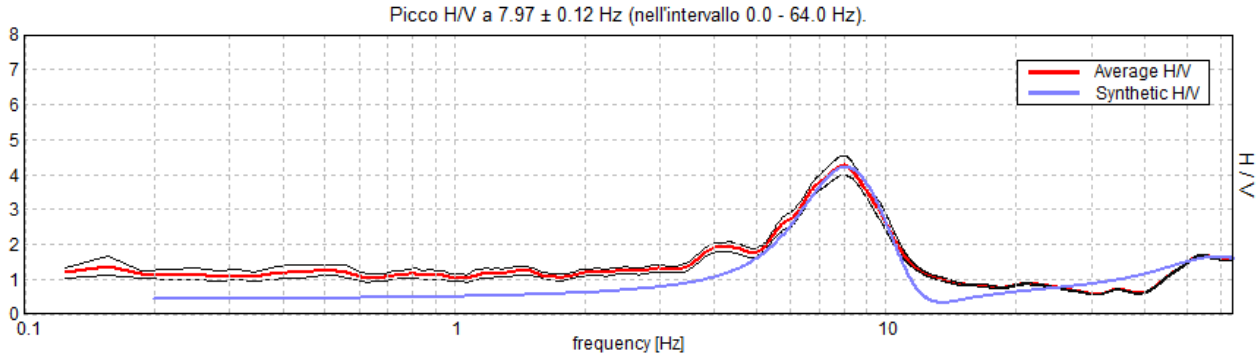
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

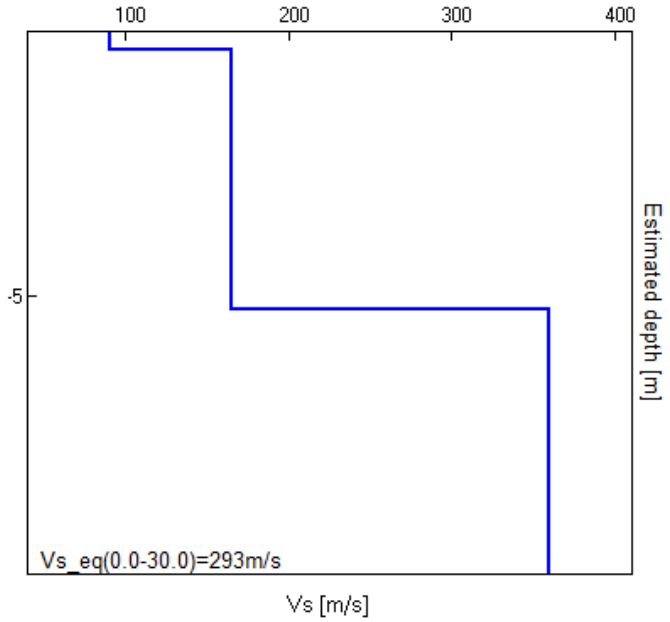


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.35	0.35	90	0.42
5.25	4.90	165	0.42
inf.	0.00	360	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=293m/s



LINEE GUIDA SESAME (2005)
Picco H/V a 7.97 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).
f0 > 10 / Lw: 7.97 > 0.50 [OK]
nc(f0) > 200: 9243.8 > 200 [OK]
sA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 > 0.5Hz
sA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 < 0.5Hz Superato 0 volte su 384 [OK]
Esiste f- in [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0 / 2: 5.375 Hz [OK]
Esiste f+ in [f0, 4f0] | A_H/V(f+) < A0 / 2: 10.5 Hz [OK]
A0 > 2: 4.26 > 2 [OK]
f_picco[A_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%: |0.01482| < 0.05 [OK]
sf < e(f0): 0.11807 < 0.39844 [OK]
sA(f0) < q(f0): 0.2803 < 1.58 [OK]

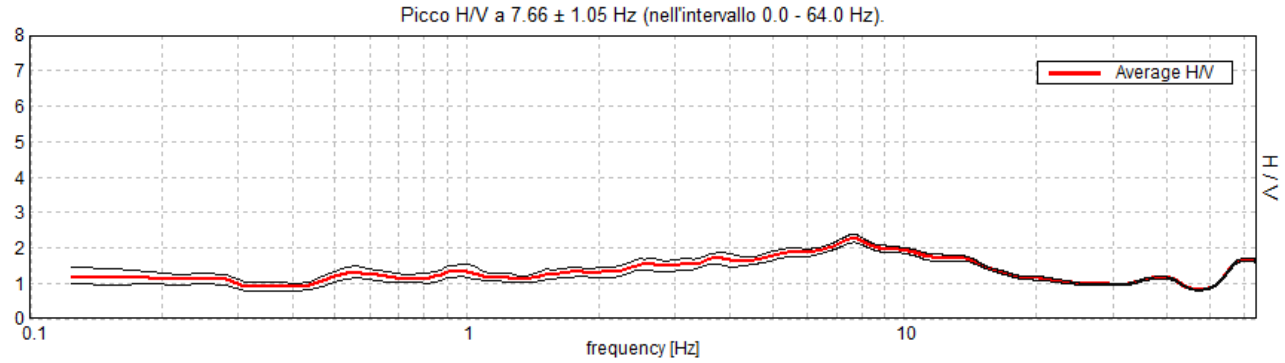
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f 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

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

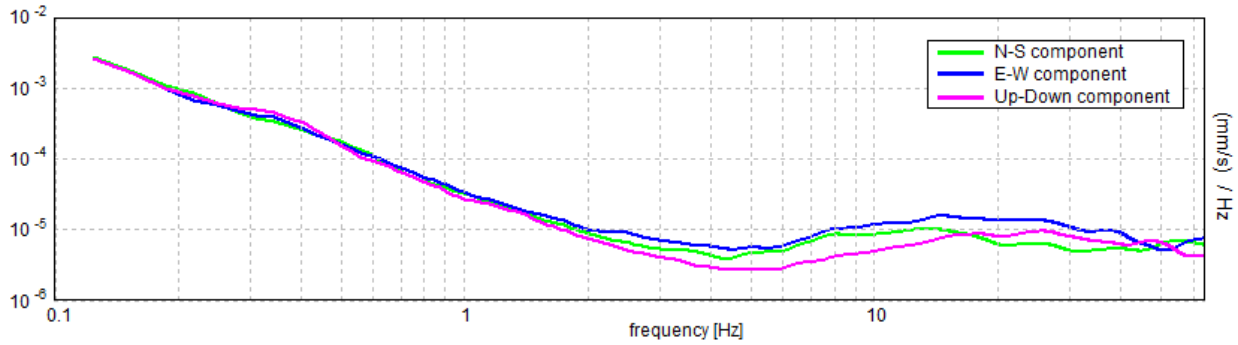
DARDAGNOLA2

Strumento: TRZ-0079/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 06/06/20 14:54:35 Fine registrazione: 06/06/20 15:14:36
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

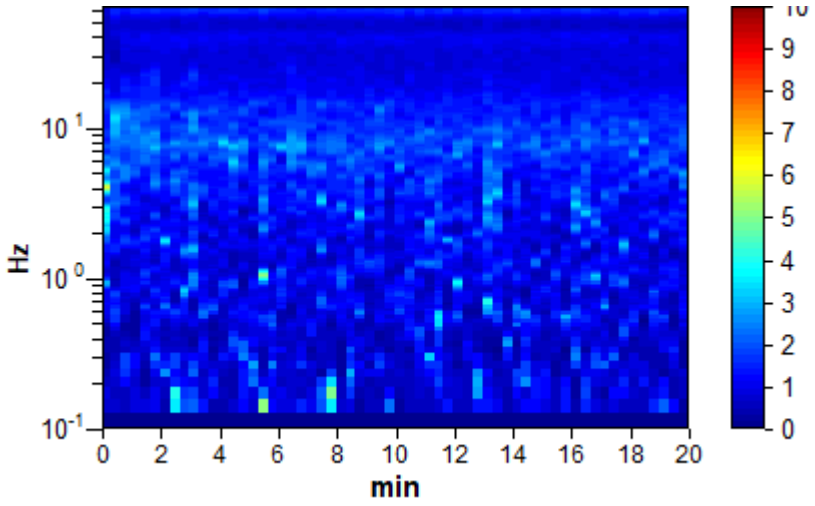
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



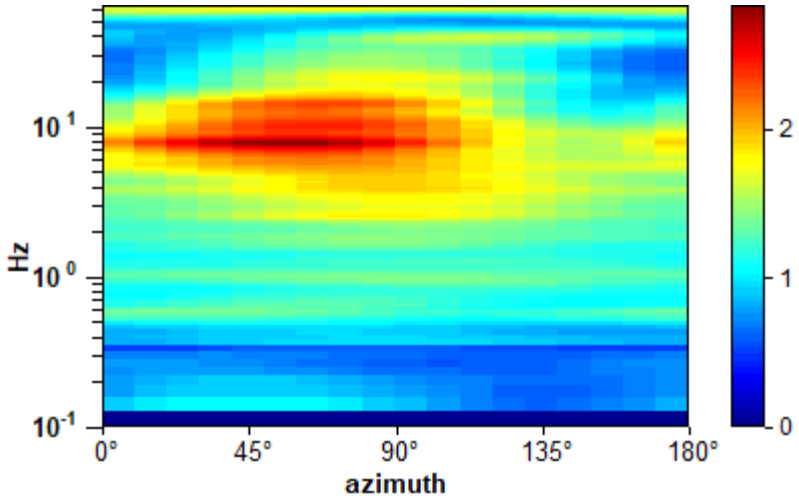
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



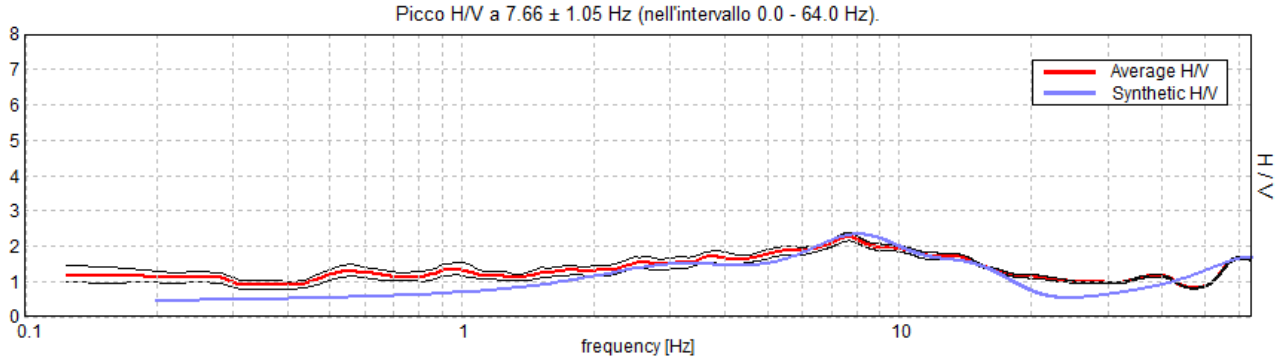
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

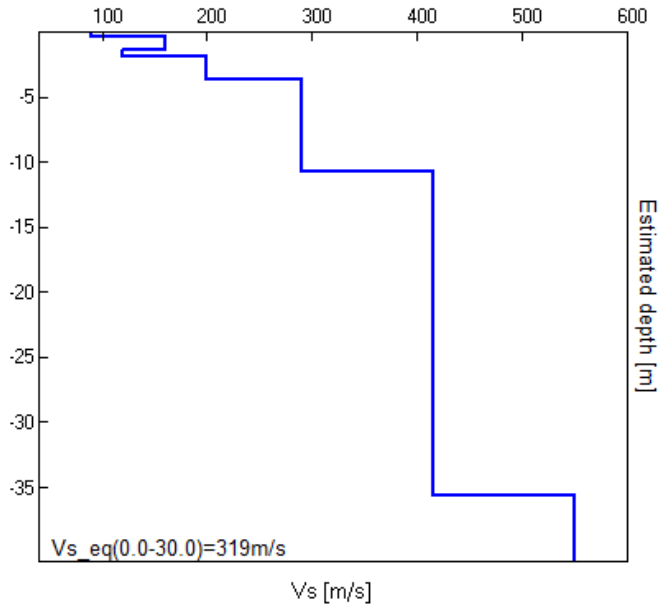


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.35	0.35	90	0.45
1.35	1.00	160	0.45
1.85	0.50	120	0.45
3.65	1.80	200	0.42
10.65	7.00	290	0.42
35.65	25.00	415	0.42
inf.	0.00	550	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=319m/s



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 7.66 ± 1.05 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

f0 > 10 / Lw: 7.66 > 0.50 [OK]

nc(f0) > 200: 9187.5 > 200 [OK]

sA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 > 0.5Hz

sA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 < 0.5Hz Superato 0 volte su 368 [OK]

-1.0 Hz [NO]

Esiste f+ in [f0, 4f0] | A_H/V(f+) < A0 / 2: 20.719 Hz [OK]

A0 > 2: 2.26 > 2 [OK]

f_picco[A_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%: |0.13755| < 0.05 [NO]

sf < e(f0): 1.05311 < 0.38281 [NO]

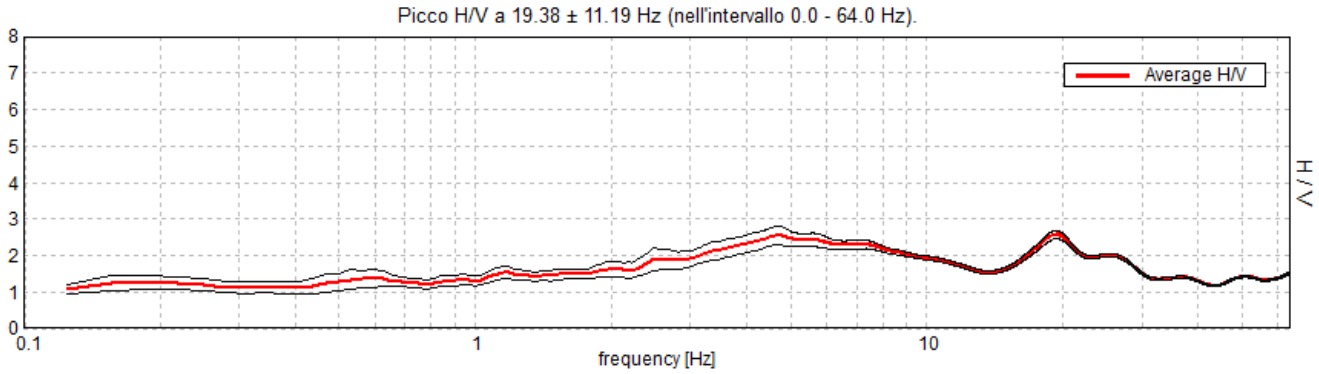
sA(f0) < q(f0): 0.1143 < 1.58 [OK]

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

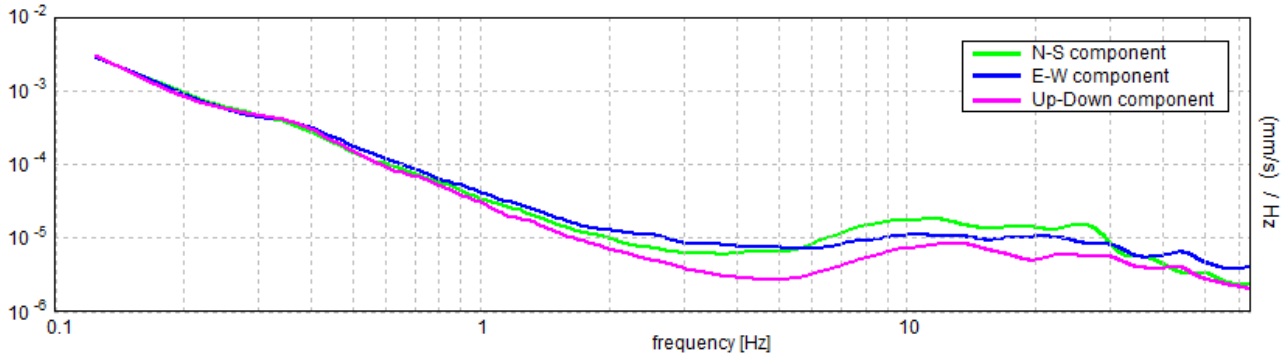
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

DARDAGNOLA03
Strumento: TRZ-0079/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 06/06/20 15:25:49Fine registrazione: 06/06/20 15:45:50
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

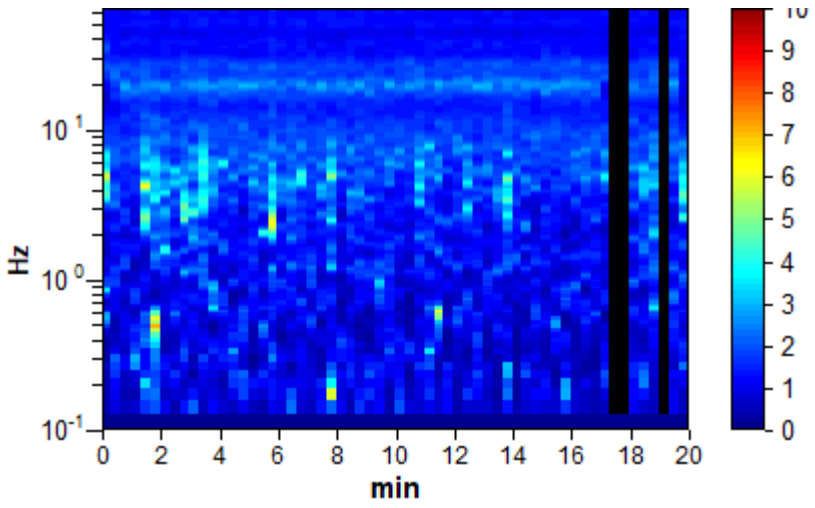
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



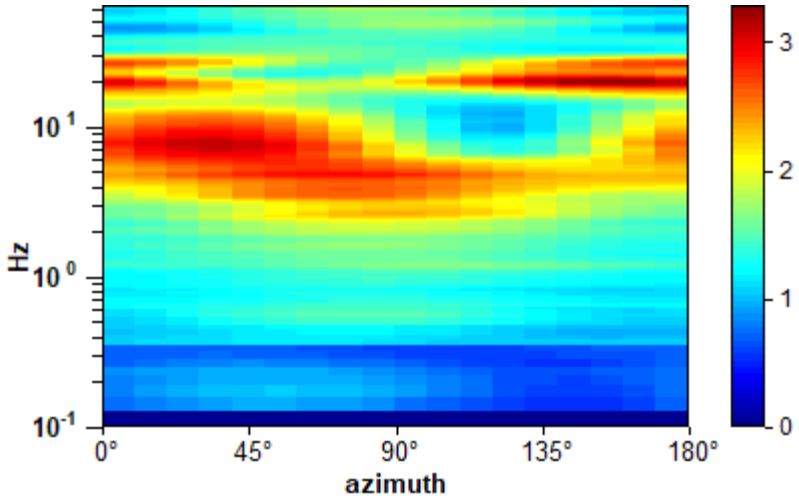
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



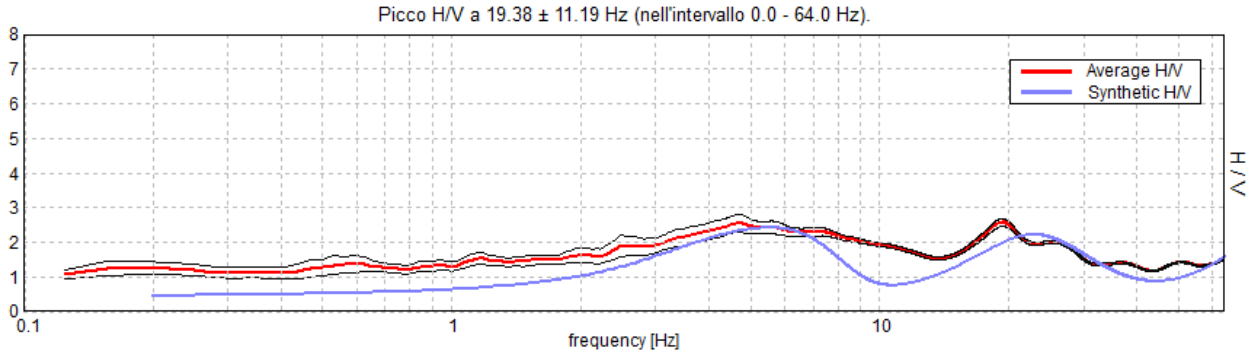
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

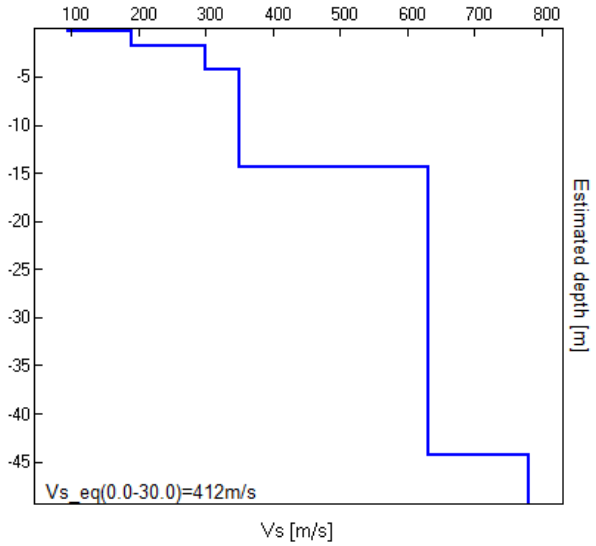


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	95	0.45
1.80	1.50	190	0.45
4.30	2.50	300	0.42
14.30	10.00	350	0.42
44.30	30.00	630	0.42
inf. |	0.00	780	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=412m/s



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 19.38 ± 11.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

f0 > 10 / Lw: 19.38 > 0.50 [OK]

nc(f0) > 200: 22087.5 > 200 [OK]

sA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 > 0.5Hz

sA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 < 0.5Hz Superato 0 volte su 931 [OK]

-1.0 Hz [NO]

Esiste f+ in [f0, 4f0] | A_H/V(f+) < A0 / 2: 40.031 Hz [OK]

A0 > 2: 2.58 > 2 [OK]

f_picco[A_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%: |0.57754| < 0.05 [NO]

sf < e(f0): 11.18992 < 0.96875 [NO]

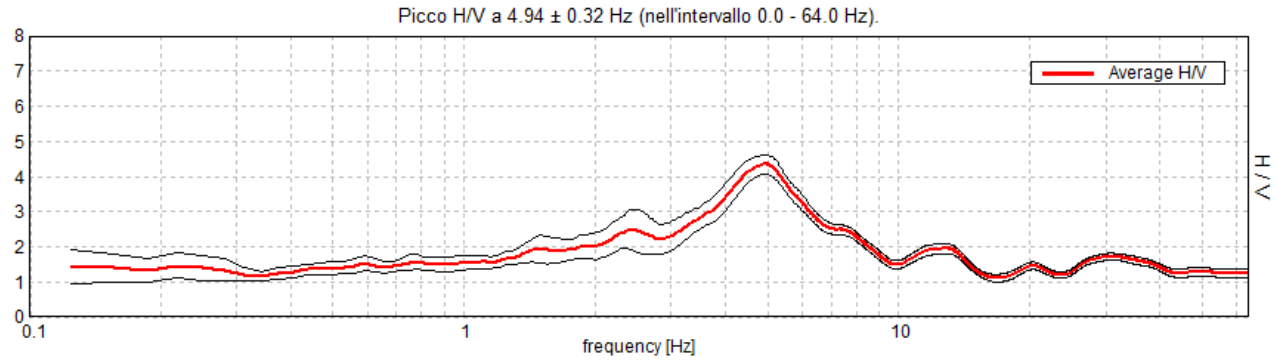
sA(f0) < q(f0): 0.1138 < 1.58 [OK]

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

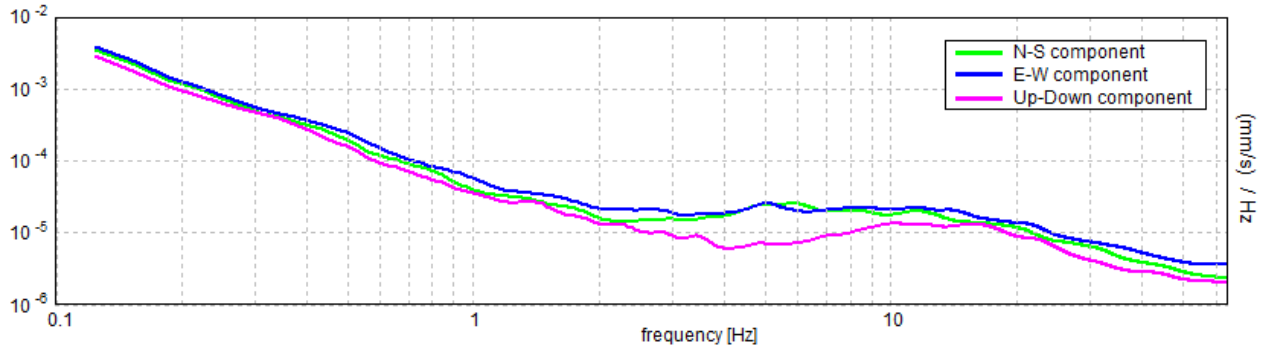
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

DARDAGNOLA 04
Strumento: TRZ-0079/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 06/06/20 15:53:27 Fine registrazione: 06/06/20 16:13:27
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

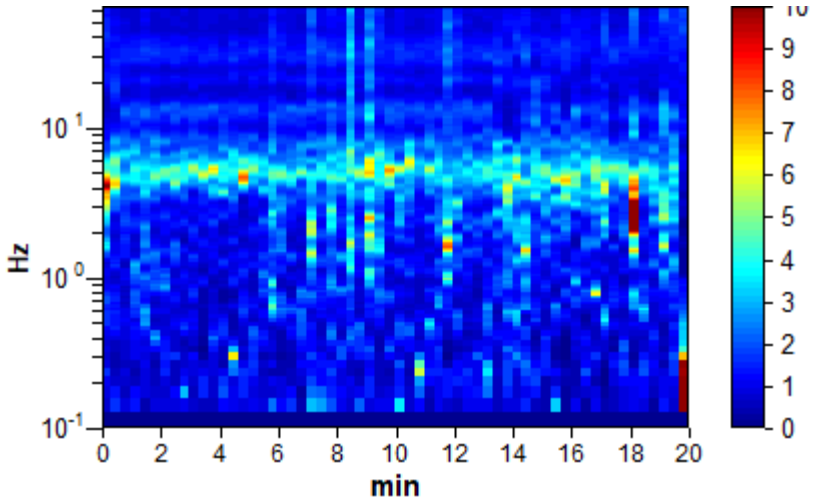
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



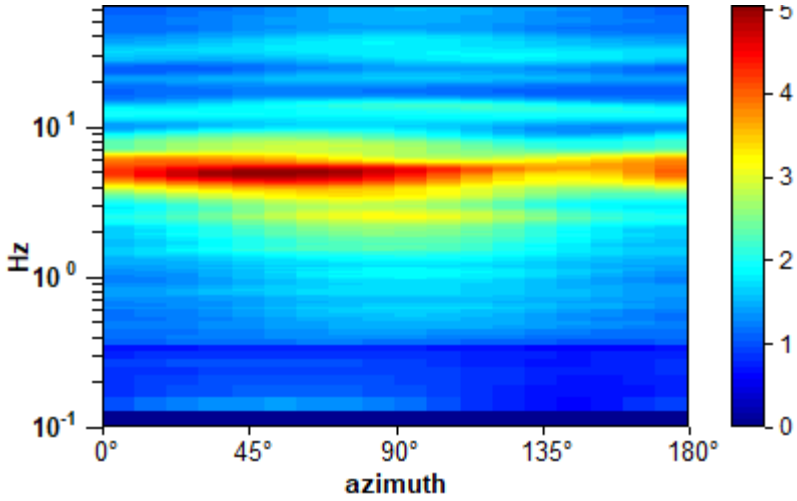
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



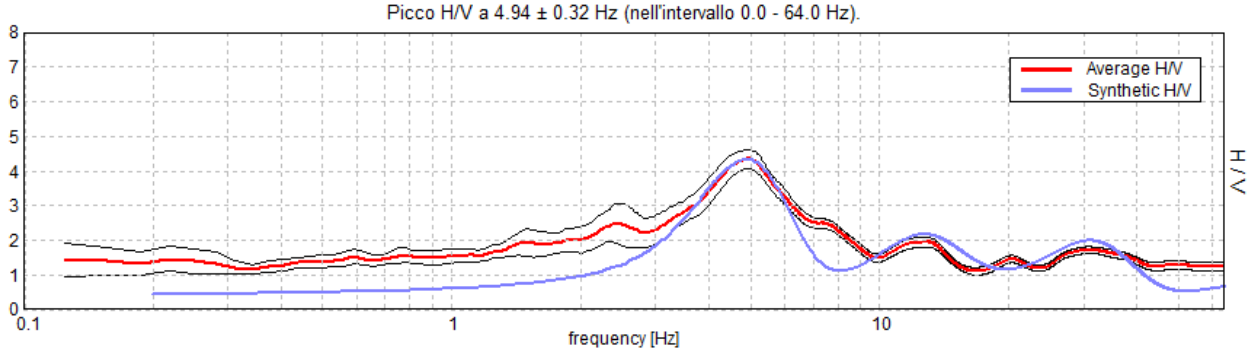
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

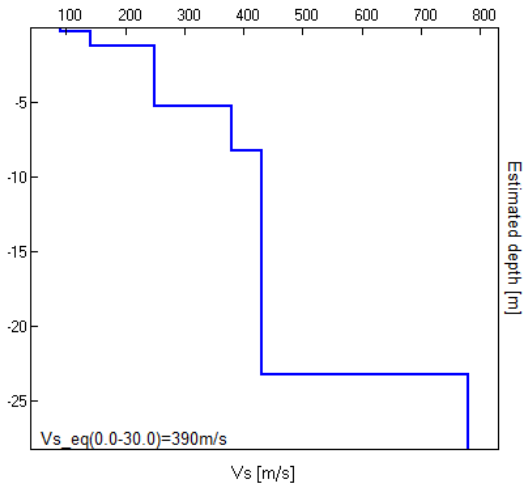


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	90	0.45
1.20	1.00	140	0.45
5.20	4.00	250	0.42
8.20	3.00	380	0.42
23.20	15.00	430	0.42
inf.	0.00	780	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=390m/s



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 4.94 ± 0.32 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

f0 > 10 / Lw: 4.94 > 0.50 [OK]

nc(f0) > 200: 5925.0 > 200 [OK]

sA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 > 0.5Hz

sA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 < 0.5Hz Superato 0 volte su 238 [OK]

Esiste f- in [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0 / 2: 2.156 Hz [OK]

Esiste f+ in [f0, 4f0] | A_H/V(f+) < A0 / 2: 8.188 Hz [OK]

A0 > 2: 4.35 > 2 [OK]

f_picco[A_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%: |0.06461| < 0.05 [NO]

sf < e(f0): 0.31902 < 0.24688 [NO]

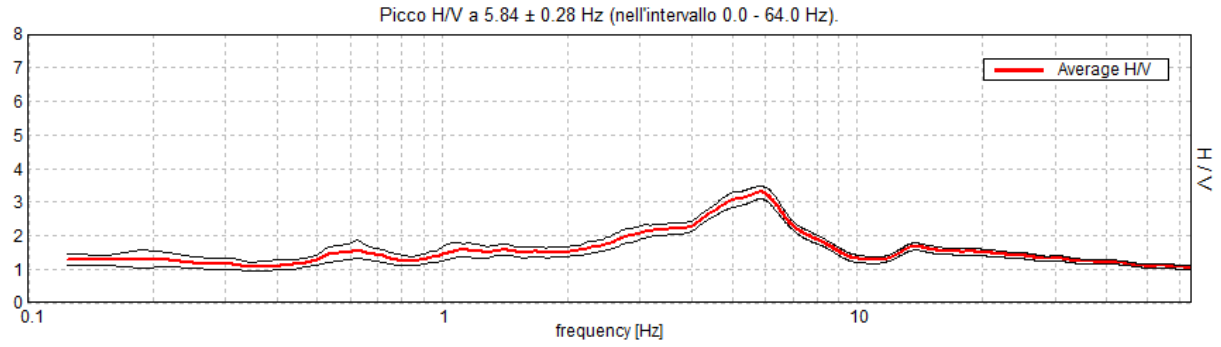
sA(f0) < q(f0): 0.2739 < 1.58 [OK]

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

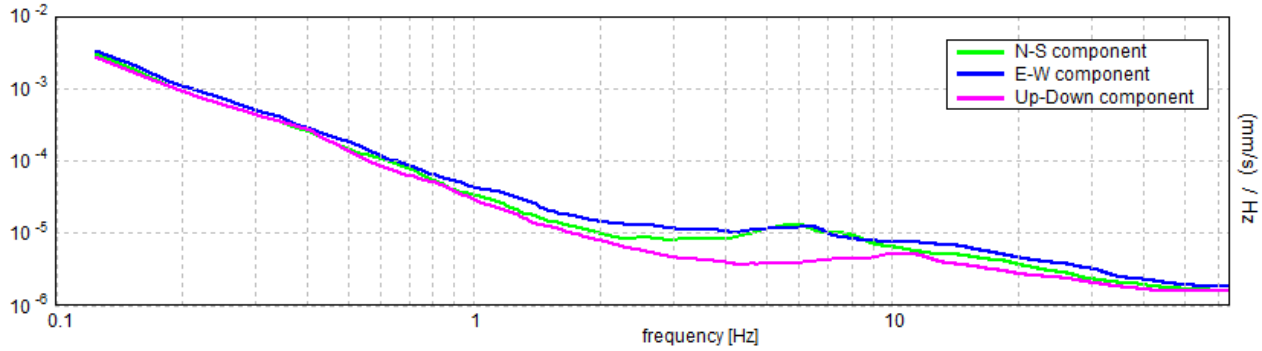
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

DARDAGNOLA 05
Strumento: TRZ-0079/01-10
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 06/06/20 16:21:02 Fine registrazione: 06/06/20 16:41:03
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

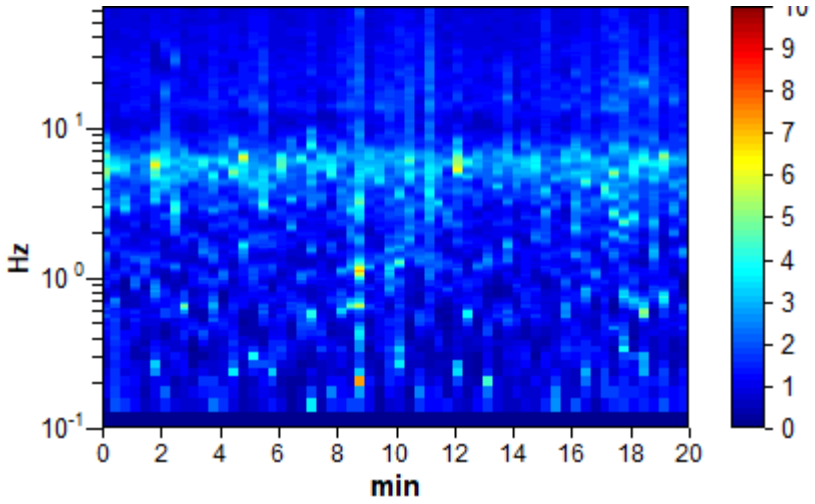
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



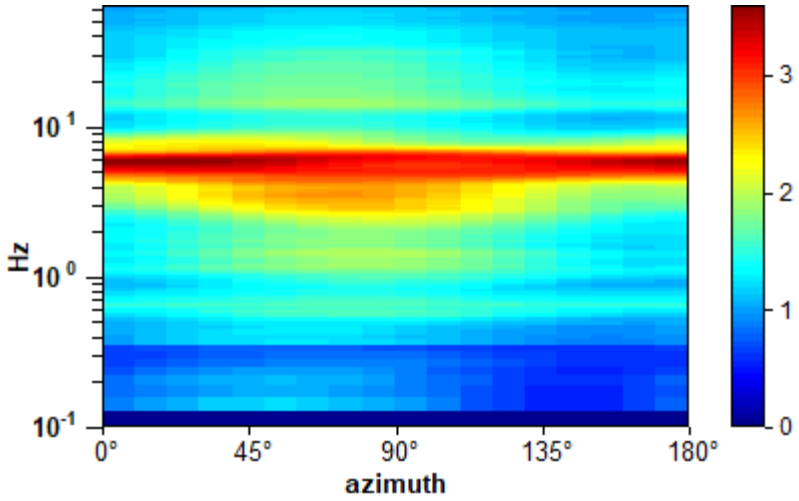
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



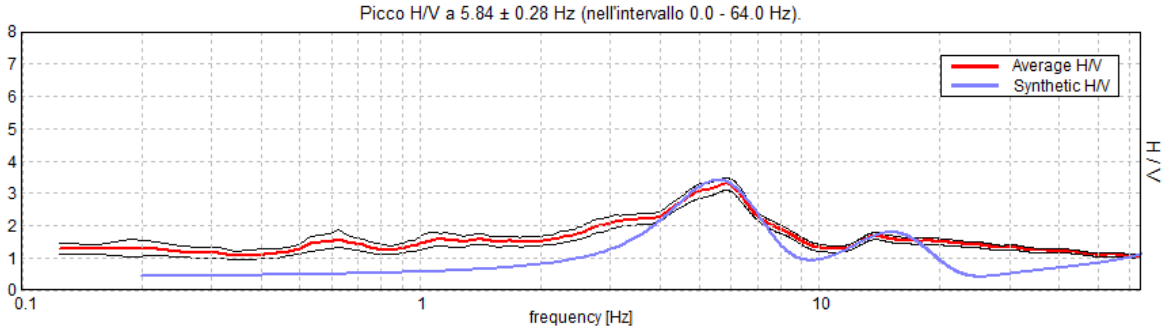
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

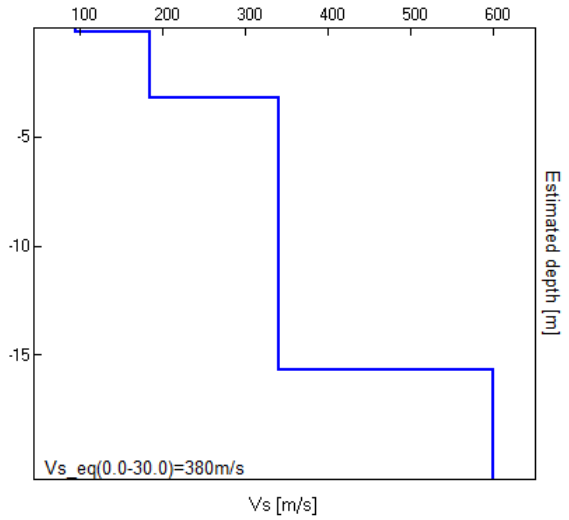


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	95	0.45
3.20	3.00	185	0.45
15.70	12.50	340	0.42
inf.	0.00	600	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=380m/s



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 5.84 ± 0.28 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

f0 > 10 / Lw: 5.84 > 0.50 [OK]

nc(f0) > 200: 7012.5 > 200 [OK]

sA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 > 0.5Hz

sA(f) < 3 for 0.5f0 < f < 2f0 if f0 < 0.5Hz Superato 0 volte su 282 [OK]

Esiste f- in [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0 / 2: 2.281 Hz [OK]

Esiste f+ in [f0, 4f0] | A_H/V(f+) < A0 / 2: 8.719 Hz [OK]

A0 > 2: 3.29 > 2 [OK]

f_picco[A_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%: |0.04733| < 0.05 [OK]

sf < e(f0): 0.27658 < 0.29219 [OK]

sA(f0) < q(f0): 0.1911 < 1.58 [OK]

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

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

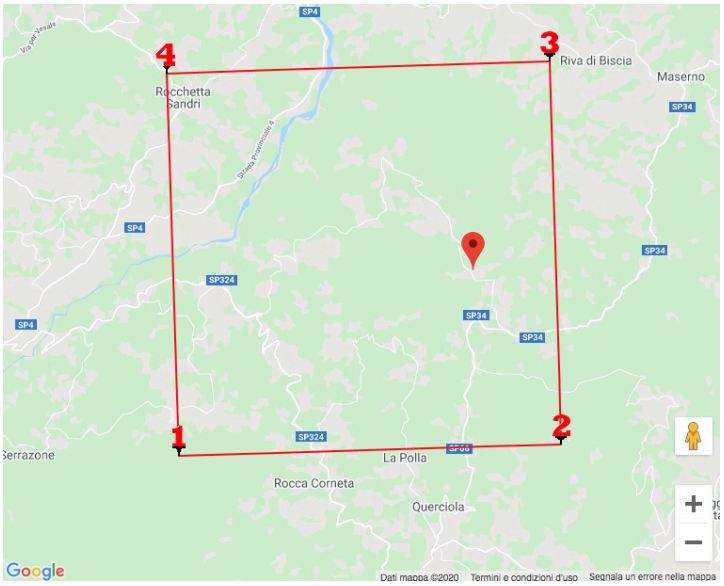
Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni
Muro rigido:0
Sito in esame.
latitudine:44,229275
longitudine:10,894071
Classe:1
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 18055	Lat: 44,2052	Lon: 10,8404	Distanza: 5050,289
Sito 2	ID: 18056	Lat: 44,2067	Lon: 10,9101	Distanza: 2815,828
Sito 3	ID: 17834	Lat: 44,2567	Lon: 10,9080	Distanza: 3240,610
Sito 4	ID: 17833	Lat: 44,2551	Lon: 10,8382	Distanza: 5296,459

Parametri sismici
Categoria sottosuolo:B
Categoria topografica: T2
Periodo di riferimento:35anni
Coefficiente cu: 0,7
Operatività (SLO):
Probabilità di superamento:81%
Tr:30[anni]
ag:0,059 g
Fo:2,484
Tc*:0,252 [s]
Danno(SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr:35 [anni]
ag:0,063 g
Fo:2,478
Tc*:0,256 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento:10 %
Tr:332[anni]
ag:0,151 g
Fo:2,498
Tc*:0,288 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr:682[anni]
ag:0,192 g
Fo:2,511
Tc*:0,299[s]



Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii e fondazioni

SLO	SLD	SLV	SLC
Ss:1,200	Ss:1,200	Ss:1,200	Ss:1,200
Cc:1,450	Cc:1,440	Cc:1,410	Cc:1,400
St:1,200	St:1,200	St:1,200	St:1,200
Kh:0,017	Kh:0,018	Kh:0,052	Kh:0,066
Kv:0,008	Kv:0,009	Kv:0,026	Kv:0,033
Amax:0,830	Amax:0,890	Amax:2,135	Amax:2,708
Beta:0,200	Beta:0,200	Beta:0,240	Beta:0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru Coordinate WGS84 latitudine:44.228325 longitudine: 10.893072

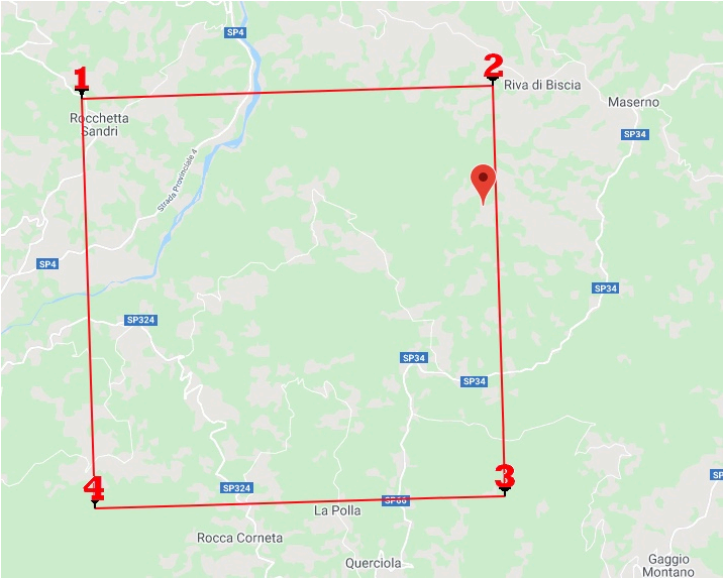
Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni
Muro rigido:1
Sito in esame.
latitudine:44,241979
longitudine:10,906364
Classe:1
Vita nominale:1

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17833	Lat: 44,2551	Lon: 10,8382	Distanza: 5620,51
Sito 2	ID: 17834	Lat: 44,2567	Lon: 10,9080	Distanza: 1638,442
Sito 3	ID: 18056	Lat: 44,2067	Lon: 10,9101	Distanza: 3934,005
Sito 4	ID: 18055	Lat: 44,2052	Lon: 10,8404	Distanza: 6664,514

Parametri sismici
Categoria sottosuolo:C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento:35anni
Coefficiente cu: 0,7
Operatività (SLO):
Probabilità di superamento:81%
Tr:30[anni]
ag:0,058 g
Fo:2,487
Tc*:0,253[s]
Danno (SLD):
Probabilità di superamento:63%
Tr:35[anni]
ag:0,063g
Fo:2,481
Tc*:0,256 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento:10%
Tr:332[anni]
ag:0,149g
Fo:2,505
Tc*:0,289[s]
Prevenzione dal collasso(SLC):
Probabilità di superamento:5%
Tr:682[anni]
ag:0,189 g
Fo:2,524
Tc*:0,299[s]



Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii e fondazioni

SLO:
Ss:1,500
Cc:1,650
St:1,000
Kh:0,012
Kv:0,006
Amax:0,600
Beta:0,200

SLD:
Ss:1,500
Cc:1,650
St:1,000
Kh:0,012
Kv:0,006
Amax: 0,600
Beta: 0,200

SLV:
Ss:1,480
Cc:1,580
St:1,000
Kh:0,015
Kv:0,007
Amax:0,600
Beta:0,240

SLC:
Ss:1,410
Cc:1,560
St:1,000
Kh:0,015
Kv:0,007
Amax:0,600
Beta:0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru Coordinate WGS84 latitudine:44.241030 longitudine:10.905365