

Attuazione dell'articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n. 77

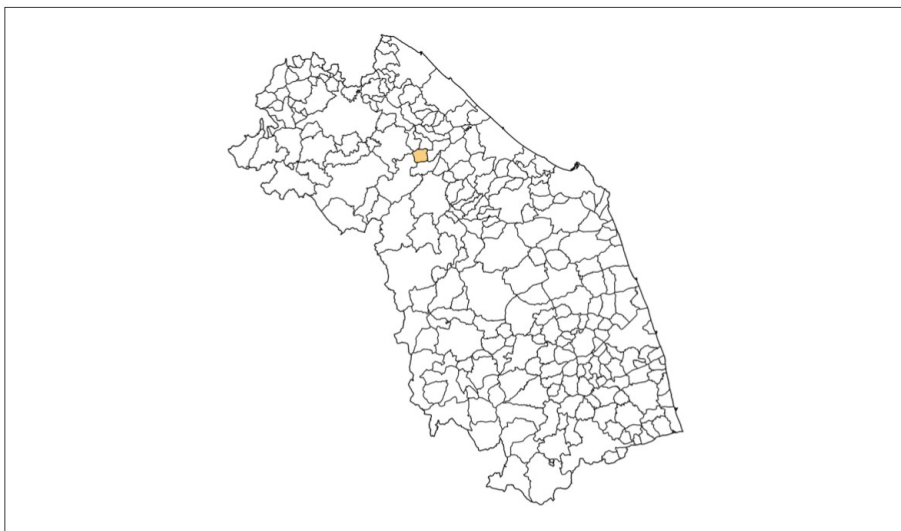
OCDPC n.293/2015

PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA. ANNUALITA' 2014

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Marche Comune di Fratte Rosa



Regione



Soggetto realizzatore

Professionista incaricato:
Dott. Geol. Cesare Bisiccia

Collaboratore incaricato:
Dott. Geol. Leonardo Celli

Collaboratori esterni:
Dott. Geol. Pergolini Claudio
Dott. Geol. Piscaglia Filippo

Data

maggio 2017

*Al Prof. Roberto W. Romeo, che con il suo naturale entusiasmo,
ci ha insegnato i fondamenti della microzonazione sismica
e della risposta sismica locale.*

Indice generale

1. Introduzione.....	3
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento.....	5
2.1 Inquadramento sismotettonico.....	8
2.2 Storia sismica del sito.....	11
2.3 Pericolosità sismica di base del Comune di Fratte Rosa.....	16
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area.....	19
3.1 Inquadramento geologico.....	19
3.2 Lineamenti stratigrafici.....	20
3.2.1 Unità del substrato.....	23
3.2.2 Unità delle coperture quaternarie.....	25
3.3 Assetto strutturale generale.....	27
3.4 Lineamenti geomorfologici.....	27
4. Dati geotecnici e geofisici.....	31
4.1 Raccolta delle indagini pregresse.....	31
4.1.1 Sondaggi geognostici.....	31
4.1.2 Prove penetrometriche.....	33
4.1.3 Indagini di prospezione sismica lineare.....	34
4.1.4 Indagini geofisiche puntuali.....	34
4.1.5 Prove di laboratorio.....	35
4.2 Indagini geofisiche effettuate.....	36
5. Modello del sottosuolo.....	39
5.1 Dati e informazioni di base.....	39
5.2 Sviluppo del modello geologico.....	39
6. Interpretazioni e incertezze.....	43
7. Metodologie di elaborazione e risultati.....	45
7.1 Sviluppo delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (Carta delle MOPS).....	45
7.2 Analisi per lo studio delle morfologie superficiali e sepolte.....	45
8. Elaborati cartografici.....	49
8.1. Carta delle indagini.....	49
8.2. Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica.....	49
8.2.1 Sezioni Geologico Tecniche.....	52
8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1).....	53
8.4. Carta delle frequenze naturali.....	57
8.5. Commenti finali e criticità.....	59
8.5.1 Successivi livelli di microzonazione e pianificazione della campagna indagini.....	60
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati.....	61
10. Riferimenti bibliografici.....	63
Pubblicazioni citate.....	63
Elenco lavori dei liberi professionisti (indagini della banca dati).....	66
11. Allegati.....	69

1. Introduzione

Gli studi di Risposta Sismica Locale (RSL) e di Microzonazione Sismica (MS) sono strumenti fondamentali per la determinazione della pericolosità sismica di un territorio e quindi per l'analisi del rischio sismico ad esso connesso. La conoscenza di questi aspetti, insieme a quella relativa alla vulnerabilità degli edifici, permette la messa in atto delle misure di prevenzione necessarie alla riduzione dei rischi connessi a un terremoto.

In particolare la Microzonazione Sismica provvede, in base alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio di studio, alla suddivisione in aree alle quali possono essere associati determinati comportamenti sismici durante il verificarsi di un terremoto (in linea teorica gli stessi all'interno di ogni singola area). La conoscenza delle modifiche che il segnale sismico subisce in funzione delle condizioni locali e delle alterazioni a cui lo stesso sottosuolo può essere soggetto al verificarsi di un sisma, costituiscono informazioni fondamentali per la pianificazione territoriale e, laddove il grado di approfondimento delle indagini venga spinto ai livelli di massimo dettaglio, anche per la progettazione antisismica delle strutture (livello 3 – RSL).

Il presente lavoro è stato realizzato in attuazione dell'Art.11 della Legge n.77 del 24 giugno 2009 e in ottemperanza a quanto previsto dall'O.P.C.M. 293/2015 del 26 ottobre 2015 e dalla D.G.R. Marche 23.10.2012 n. 1470. Per lo sviluppo dello studio si sono seguite le linee guida fornite dai criteri nazionali, riportate in I.C.M.S. 2008 (AA.VV., 2008) e nella Versione 4.0b del documento “Microzonazione sismica; standard di rappresentazione e archiviazione informatica” (AA.VV., 2015).

Lo studio di microzonazione sismica di livello 1 del Comune di Fratte Rosa, ha avuto come obiettivo principale quello di cercare di definire i differenti scenari di pericolosità sismica locale e quindi di individuare quelle parti del territorio comunale suscettibili di specifici effetti locali (possibile amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, eventuali fenomeni di liquefazione, cedimenti, etc.).

Tale obiettivo è stato raggiunto attraverso l'analisi delle informazioni sulla pericolosità sismica di base del sito, l'esame delle pubblicazioni scientifiche aventi come oggetto l'area di studio, la raccolta delle indagini geologiche, geotecniche e geofisiche pregresse eseguite all'interno dell'area microzonata, l'esecuzione di ulteriori rilievi geologici e geomorfologici finalizzati ad una accurata determinazione degli aspetti strettamente legati al problema in esame e la realizzazione di indagini geofisiche per il riconoscimento delle caratteristiche naturali di vibrazione dei terreni (frequenza di risonanza).

I risultati ottenuti, sintetizzati in apposite cartografie standard previste dalle linee guida nazionali e

archiviati in una struttura informativa GIS (*Geographical Information System*), rappresenteranno la base per orientare le scelte operative dei successivi livelli di approfondimento previsti dai "criteri nazionali" (livello 2 e livello 3), fornendo, già in questa fase, le prime indicazioni utili alle scelte di pianificazione del territorio e in particolare alle analisi di Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), avviate, per il Comune di Fratte Rosa, in contemporanea al presente studio di MS.

Al fine di ottimizzare costi e tempi, la microzonazione sismica è richiesta nelle aree urbanizzate, in quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche ed eventualmente lungo le fasce a cavallo delle principali reti infrastrutturali.

In particolare, nel presente studio, si è deciso di procedere con la microzonazione del Centro Capoluogo del Paese di Fratte Rosa e delle principali frazioni del territorio comunale. Queste ultime sono rappresentate dagli importanti centri abitati di Convento Santa Vittoria e Torre San Marco. Inoltre, di concerto con l'Amministrazione comunale e con i servizi tecnici preposti, si è deciso di procedere con lo studio di microzonazione sismica anche in corrispondenza delle strade di collegamento fra i suddetti centri abitati (S.P. n.115 Santa Vittoria; S.P. n.41 Fratte Rosa), le quali, correndo in genere alla sommità dei crinali del territorio, connettono il Comune di Fratte Rosa con la Valle del Metauro (Paesi di Fossombrone e Isola di Fano) e con la Valle del Fiume Cesano (Paese di San Lorenzo in Campo). L'analisi di microzonazione sismica in corrispondenza dei crinali e delle principali vie di comunicazione assume infatti una particolare importanza nel caso dei comuni collinari come Fratte Rosa, dove è assai diffusa la presenza di movimenti gravitativi che arrivano spesso ad interessare le sedi stradali; ciò è rilevante in particolare in ottica di CLE (Condizioni Limite Emergenza).

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Il concetto di pericolosità sismica esprime la probabilità che in un determinato intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi un certo parametro di scuotimento (intensità, magnitudo, accelerazione di picco PGA (*Peak Ground Acceleration*), etc.). Questo tipo di stima si basa sulla definizione e sulla assunzione di una serie di elementi di *input* (il catalogo storico dei terremoti, le caratteristiche delle zone sorgente, la relazione di attenuazione del moto del suolo, etc.) e dei parametri di riferimento (lo scuotimento in accelerazione o spostamento, la finestra temporale considerata o "tempo di ritorno", etc.).

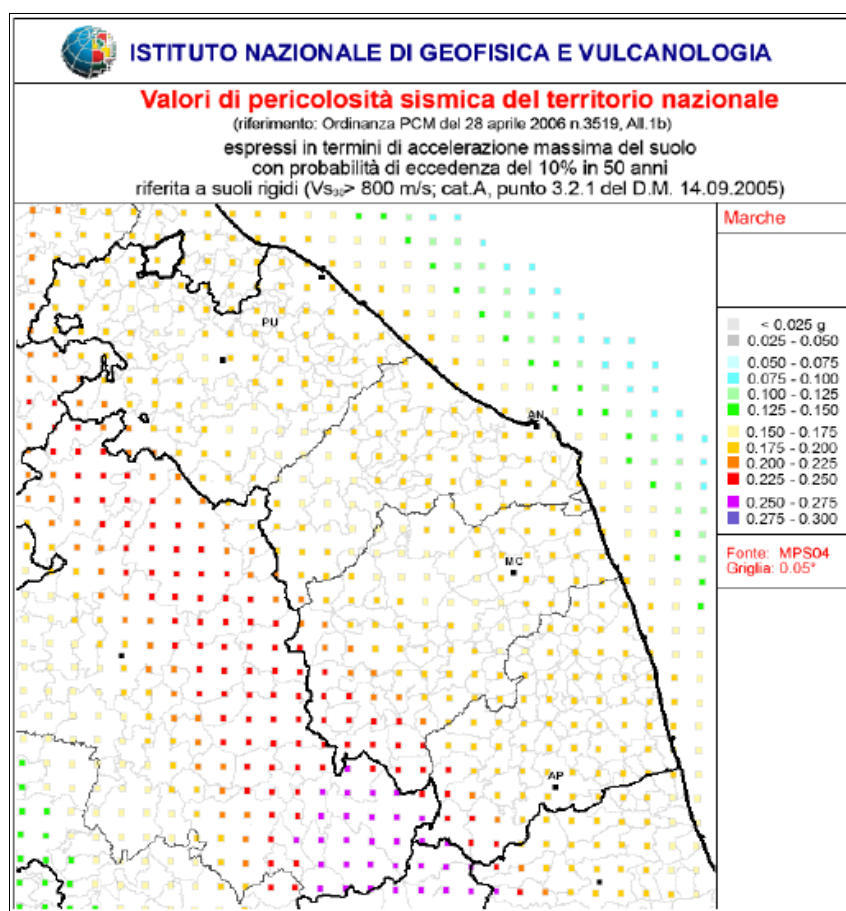


Figura 2.1 – Valori di pericolosità sismica relativi alla Regione Marche (accelerazione massima attesa su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (pericolosità sismica di base).

La pericolosità sismica di base è una componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). Essa calcola, per una certa regione e per un determinato periodo di tempo (tempo di ritorno T_r), i valori dei parametri corrispondenti a prefissate probabilità di

eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento). L' O.P.C.M. 3274/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e le successive integrazioni e modificazioni, hanno introdotto in Italia per la prima volta un metodo per la stima della pericolosità sismica di base a partire da dati e metodi attuali, allo scopo di ottenere la “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” presentata nell’aprile 2004 dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

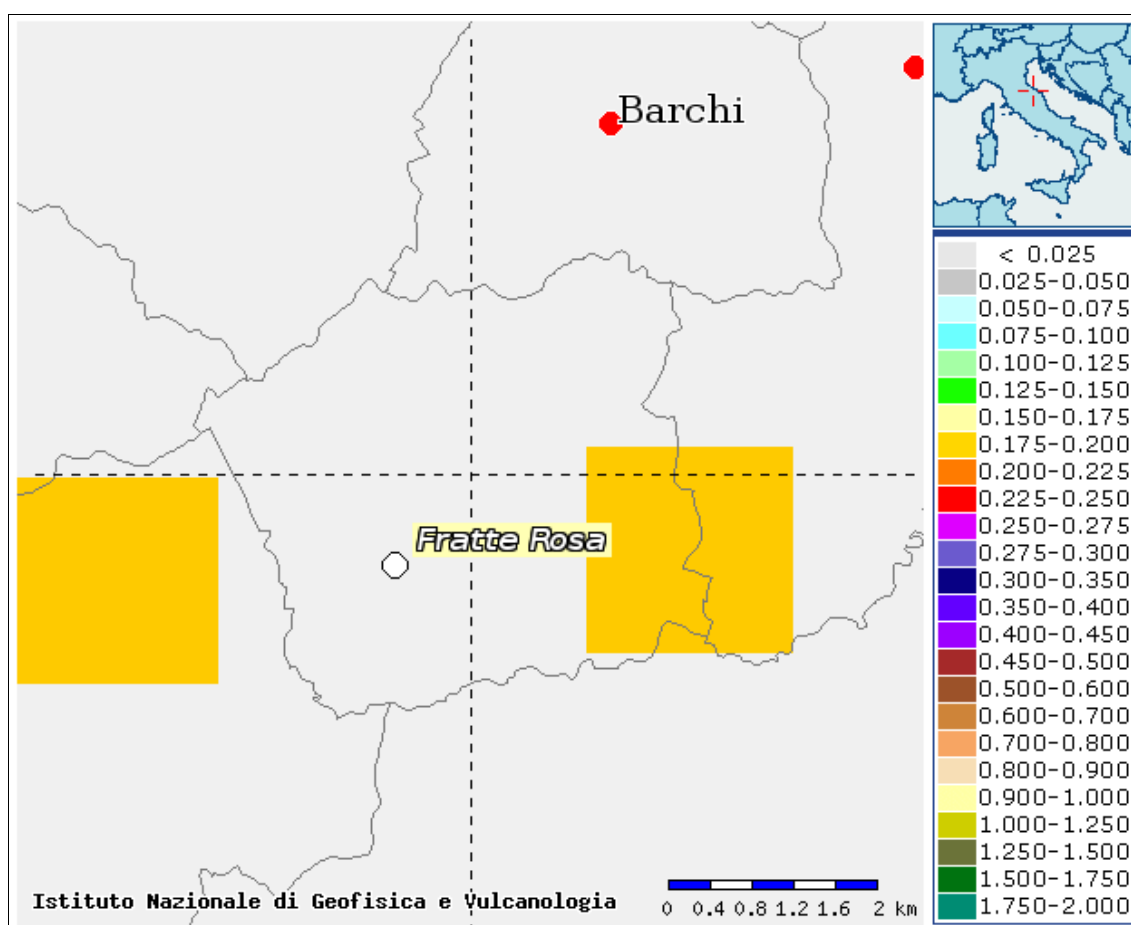


Figura 2.2 – PGA (*Peak Ground Acceleration*) prevista per il Comune di Fratte Rosa con una probabilità del 10% in 50 anni ($T_r = 475$ anni) (da: Mappe iterative di pericolosità sismica; INGV; <http://essel-gis.mi.ingv.it/>).

Successivamente lo stesso INGV si è fatto promotore di una iniziativa scientifica che con la collaborazione di diverse Università italiane e di altri centri di ricerca, ha portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante. 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'O.P.C.M. 3519/2006.

In base alla suddetta carta di pericolosità sismica, al Comune di Fratte Rosa corrisponde un valore di accelerazione massima del suolo (suolo rigido) compresa tra 0.175 e 0.2 g (Fig.2.1 e Fig. 2.2). La pericolosità sismica di base del Comune di Fratte Rosa sarà meglio descritta al paragrafo 2.3.

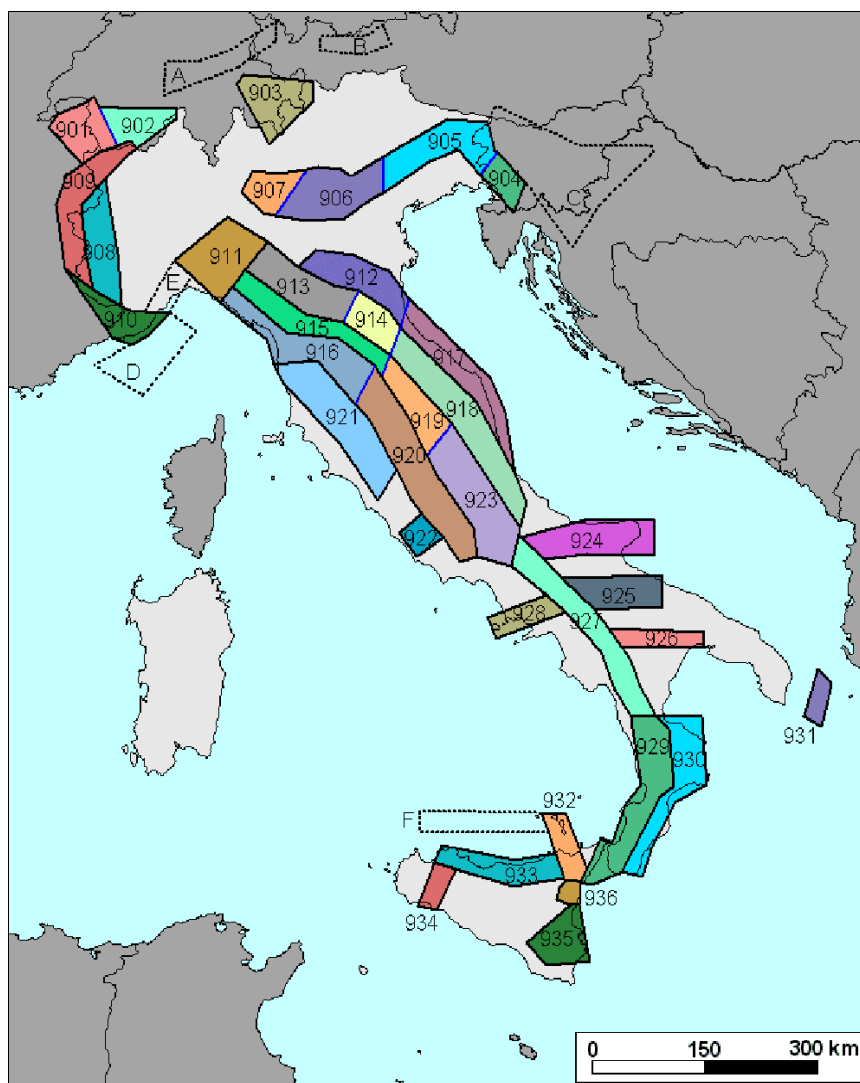


Figura 2.3 – Zonazione Sismogenetica ZS9 (C. Meletti & G. Valensise, 2004).

Strumenti fondamentali per stabilire la pericolosità sismica di un sito sono le zonazioni sismogenetiche. Esse rappresentano la sintesi di studi sismologici che, tenendo conto delle caratteristiche geodinamiche del territorio nazionale, lo suddividono in zone caratterizzate dal medesimo regime tettonico, all'interno delle quali si possono attendere fenomeni sismici con

caratteristiche generali potenzialmente simili. La zonazione sismogenetica attualmente in uso in Italia è la Zonazione Sismogenetica ZS9 (Fig.2.3). La Zonazione Sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni nelle numerose zone indicate nella Zonazione Sismogenetica ZS4 (Scandone & Stucchi, 2000).

2.1 Inquadramento sismotettonico

La sismicità dell'area italiana si inquadra in un contesto geodinamico complesso nel quale si collocano processi a diversa cinematica. L'evoluzione geodinamica dell'Appennino centro-settentrionale è caratterizzata, come aspetti fondamentali, dalla subduzione del margine interno della Microplacca Adriatica al di sotto del sistema di catena e dallo sviluppo del “bacino di retroarco” del Tirreno settentrionale alle spalle di un sistema arco-fossa in progressiva migrazione (Scandone & Stucchi, 2000). Questo processo ha portato ad una strutturazione per *thrusting* e all'impilamento di unità tettoniche tra il Miocene ed il Pleistocene inferiore, sul margine continentale adriatico, a causa dello sprofondamento gravitativo della litosfera adriatica e ionica e del relativo *roll – back* del piano di subduzione (e.g. Malinverno & Ryan, 1986).

Il settore di catena compreso fra Umbria, Marche e Romagna, è caratterizzato da pieghe e sovrascorrimenti che deformano la successione sedimentaria prevalentemente carbonatica mesozoico – terziaria (Deiana & Pialli, 1994) e anche il sottostante basamento è interessato da faglie inverse con superfici immergenti a SW (Barchi *et alii*, 1998; Coward *et alii*, 1999).

Successivamente alla strutturazione per *thrusting*, la catena appenninica è stata parzialmente smembrata da faglie trascorrenti e normali. Nella parte interna della catena queste faglie hanno controllato lo sviluppo di bacini mio – pliocenici, coevi con le strutture da sovrascorrimento ancora attive nella parte esterna. Ciò ha permesso di descrivere l'intera catena come una *paired tectonic belt*, con distensione nella zona interna, bilanciante la contrazione orogenica nella parte esterna verso l'avampaese (Lavecchia, 1988). Se tutti i dati, (sismici geologici e geomorfologici) consentono di sottolineare sia nell'Appennino centrale che meridionale, la presenza da circa 800 Ka di un cambiamento nel regime tettonico che ha portato, in queste aree, alla predominanza di estensione attiva sia nelle zone interne che nelle zone esterne, ciò non risulta altrettanto chiaro per l'Appennino settentrionale. Anche qui è ampiamente documentata un'estensione attiva lungo la zona assiale della catena (Galandini *et alii*, 2000), ma per quanto riguarda le aree esterne la questione è ancora molto dibattuta, complice una serie di dati contrastanti.

Alcuni autori ritengono che le aree esterne siano coinvolte ancora nel *thrusting*, indicando una compressione tuttora attiva con possibilità di sismogenesi dovuta a meccanismi compressivi e

transpressivi con sforzo principale massimo sub – orizzontale in direzione SW – NE (Lavecchia *et alii*, 2000; Lavecchia *et alii*, 2003) (Fig.2.4).

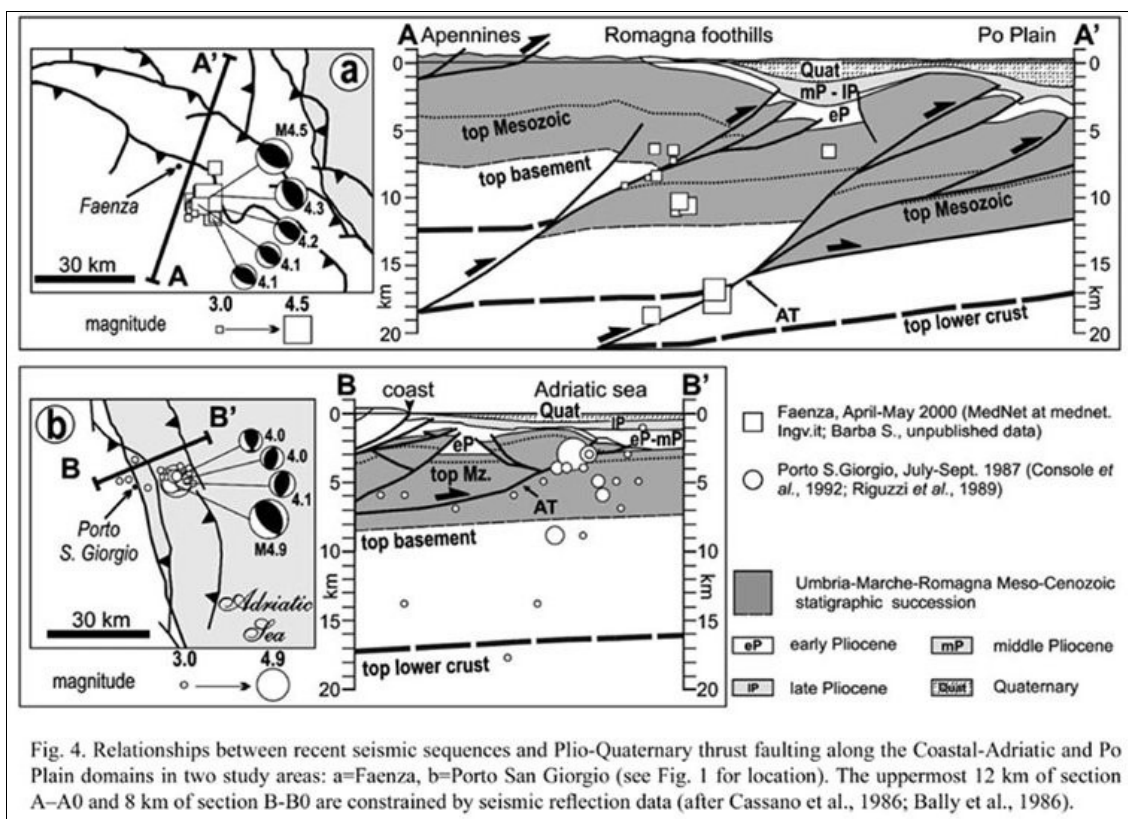


Figura 2.4 – Rappresentazione dei *thrust* presenti lungo la costa adriatica e il settore pedappenninco romagnolo; cfr. didascalia originale (Lavecchia *et alii*, 2003).

Basili (2001) e Basili & Valensise (2001) propongono un “modello segmentato” per la parte frontale del sistema di *thrust* dell’Appennino, indicando, come possibile causa dei terremoti verificatisi lungo la costa adriatica, il movimento dovuto a faglie di tipo *blind thrust*. Ulteriori studi svolti nelle marche settentrionali e nell’adiacente offshore adriatico, considerano terminata nel Pleistocene medio l’attività tettonica legata al *thrusting* suddetto, al quale si sarebbe sostituita una deformazione con asse estensionale orientato WSW-ENE e compressionale orientato NNW-SSE (Di Bucci *et alii*, 2003).

Le recenti sequenze sismiche del 2012 (Italia settentrionale) e del 2013 (costa marchigiana) hanno fornito nuovi elementi al fine della caratterizzazione degli aspetti tettonici dell’Appennino esterno. Focalizzando l’attenzione sui meccanismi focali osservati lungo la costa marchigiana, è possibile evidenziare come essi mostrino, in contrasto con quelli del 2012 dell’Italia settentrionale (Terremoto dell’Emilia) che confermano un’attività prettamente compressiva di *frontal thrusting*, solo una minore componente dovuta a riattivazione dei sovrascorrimenti, mentre la sismicità principale

appare controllata da faglie trascorrenti che attraversano l'area frontale dell'Appennino (Mazzoli *et alii*, 2014) (Fig. 2.5).

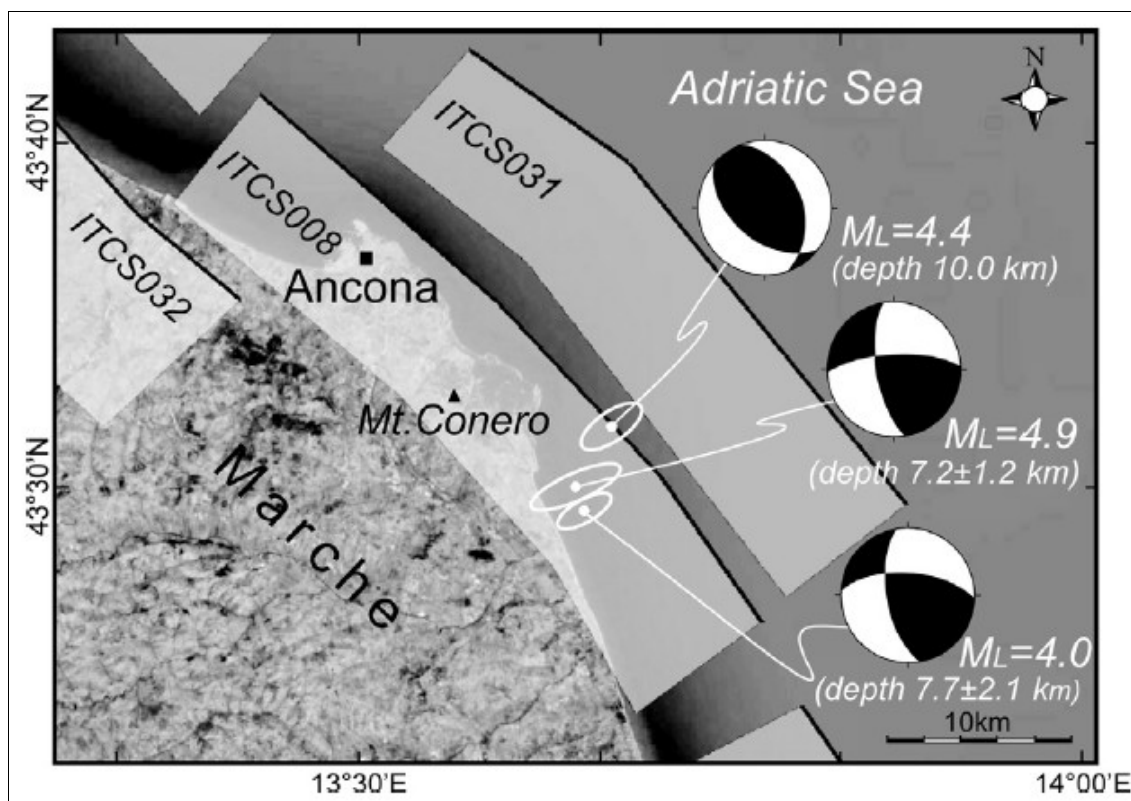


Figura 2.5 – Mappa che mostra gli epicentri dei terremoti dell'*offshore* adriatico del 2013 e i relativi meccanismi focali, in relazione alle strutture indicate sul database DISS (Mazzoli *et alii*, 2014).

Stante il suddetto quadro tettonico e sismogenetico, le strutture che si presentano maggiormente pericolose al sito in esame, in virtù della loro vicinanza allo stesso, sono, come descritte sul DISS 3.2 (*Database of Individual Seismogenic Sources*), lo strumento fornito da INGV per le analisi di pericolosità a scala nazionale, la sorgente sismogenetica indicata come **Cagliese** e la struttura **Fabrianese** (Fig.2.6), per le quali si prevede una massima magnitudo M_w (Magnitudo Momento; Wells & Coppersmith, 1994) pari a 6.2.

Le suddette sorgenti risultano incluse nella zona **918** della Zonazione sismogenetica ZS9. Tale zona, insieme alla zona **913** e alla zona **914**, costituisce una fascia sismogenetica attiva che da Parma si estende fino all'Abruzzo. Questa fascia presenta meccanismi focali molto variabili, con la prevalenza di meccanismi compressivi nella porzione nord-occidentale e distensivi nel settore sud-orientale; si possono anche avere meccanismi a carattere trascorrente nelle zone di svincolo che interrompono la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da eventi sismici storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; le profondità

ipocentrali previste sono relativamente più elevate rispetto a quanto stimato per la fascia costiera (Valensise & Pantosti, 2001).

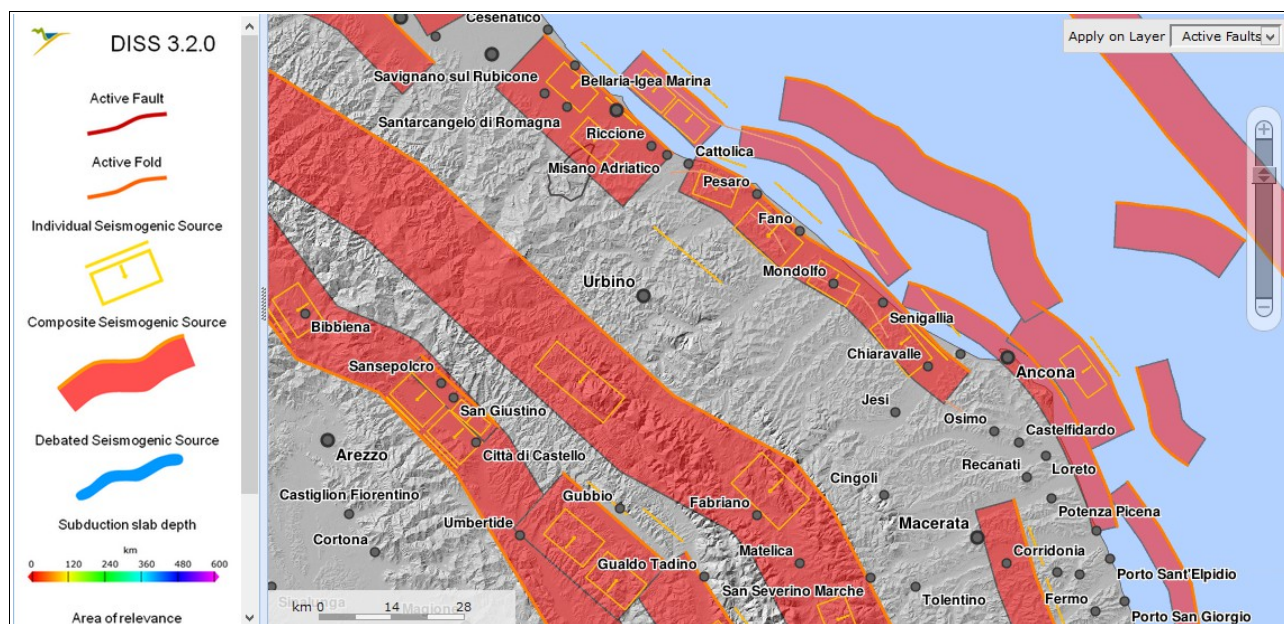


Figura 2.6 – Visualizzazione del database DISS 3.2 che mostra le principali strutture sismogenetiche attive in corrispondenza del settore del medio adriatico (DISS Working Group, 2007; <http://diss.rm.ingv.it/diss/>).

Altre strutture di particolare importanza per l'area oggetto di studio sono quelle indicate sul DISS 3.2 con il nome di **Pesaro – San Bartolo**, **Fano – Ardizio**, **Mondolfo** e **Senigallia** (Struttura composita Pesaro – Senigallia) (Fig.2.6). Suddette sorgenti appartengono tutte alla Zona sismogenetica 917. Quest'ultima include le sorgenti sismogenetiche principali della fascia appenninica esterna, alle quali è possibile associare la sismicità della costa romagnola e marchigiana (Valensise & Pantosti, 2001). Per le informazioni di dettaglio relative alle diverse sorgenti sismogenetiche anzidette, si rimanda al testo che descrive in maniera esaustiva la zonazione ZS9 (Meletti & Valensise, 2004) e al già citato DISS 3.2 (DISS Working Group, 2007; <http://diss.rm.ingv.it/diss/>).

2.2 Storia sismica del sito

Si descrive nel dettaglio la storia sismica di Fratte Rosa, facendo riferimento agli strumenti ad oggi maggiormente utilizzati al fine della definizione della pericolosità sismica storica di un'area. Il catalogo più aggiornato e applicato a livello nazionale è il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, nella sua versione 2015 (CPTI15) (Rovida A. *et alii*, 2016), che risulta strettamente collegato al database dei dati macrosismici delle località DBMI15 (Locati M. *et alii*, 2016).

Nel catalogo relativo al Comune di Fratte Rosa vengono di fatto riportati solo gli eventi maggiori registrati e, anche se questi sono quelli che hanno una maggiore importanza per il centro di interesse, appare opportuno approfondire la questione anche relativamente ad eventuali sismi di minore entità, al fine di avere un migliore quadro di quella che è la pericolosità sismica generale in base ai possibili eventi. A tal fine è possibile fare riferimento al ricco catalogo sismico del vicino Comune di San Lorenzo in Campo (che si trova a 5 km di distanza), potendo presumibilmente associare gli effetti osservati per i diversi terremoti a San Lorenzo in Campo a quelli che si ebbero in corrispondenza del territorio comunale di Fratte Rosa (fatti salvi naturalmente gli effetti di modifica locale del segnale sismico). In base a quanto riportato in Figura 2.7, si può evincere come la massima intensità risentita (I_s) per il Comune di Fratte Rosa sia pari al grado VIII-IX della Scala MCS, riferita al sisma Fabrianese del 1741 e al terremoto Cagliese del 1781.

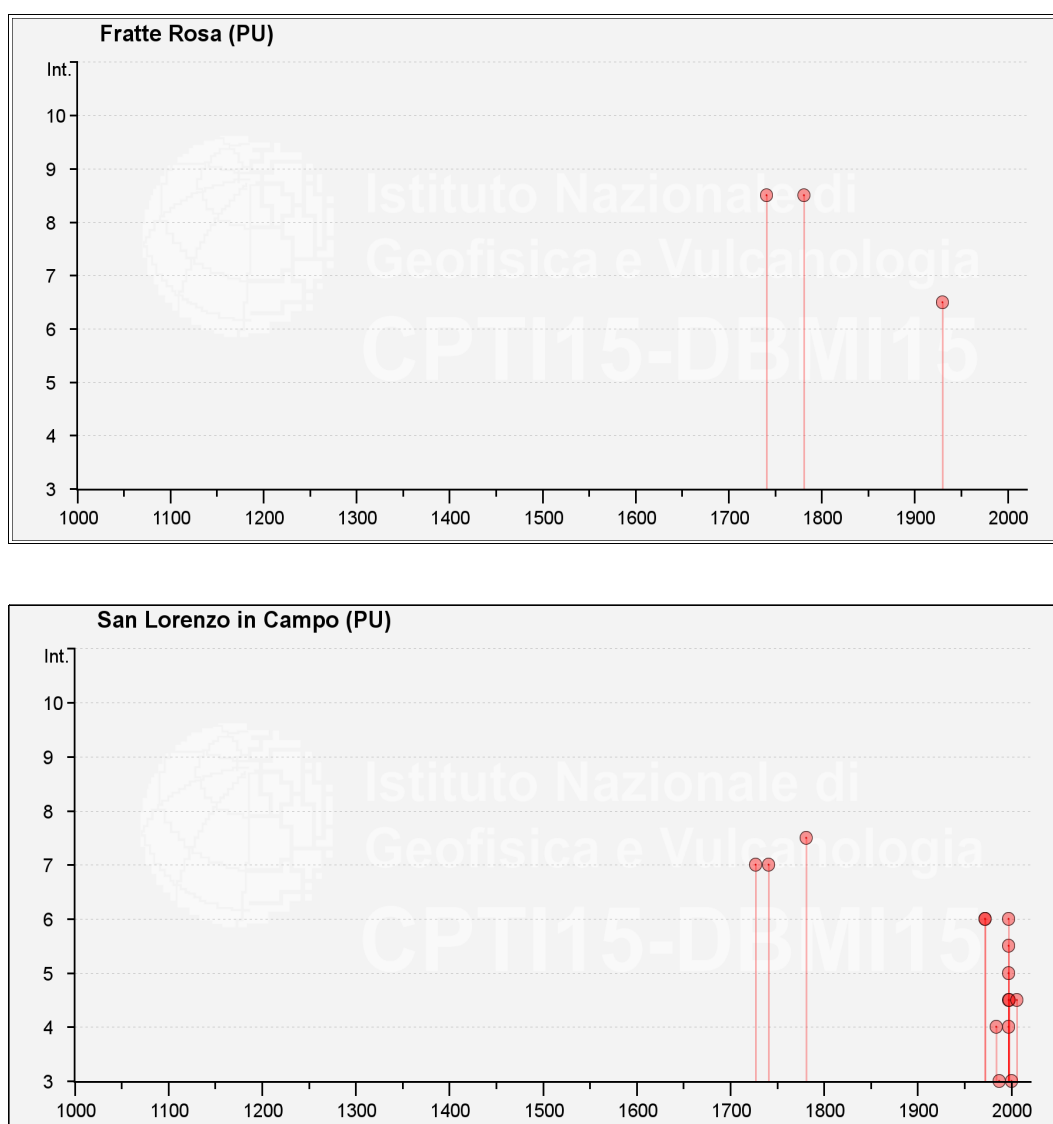


Figura 2.7 – Cataloghi sismici di Fratte Rosa e del vicino Comune di San Lorenzo in Campo (Intensità MCS; DBMI15; Locati M. *et alii*, 2016).

Il terremoto Fabrianese del 1741 produsse gravi danni in una decina di paesi dell'Appennino marchigiano. Gli effetti più gravi si registrarono nelle località di Fabriano, Mergo, Sasso e Serra S. Quirico, tutte in provincia di Ancona, dove venne raggiunto il IX grado MCS, forte fu anche a Fratte Rosa e Monterolo (PU) (Monachesi & Stucchi, 1997). In particolare a Fratte Rosa si ebbe un' Intensità del VIII-IX grado.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1781	06	03				Cagliese	157	10	6.51
7	1727	12	14	19	45		Valle del Metauro	32	7	5.24
7	1741	04	24	09	20		Fabrianese	135	9	6.17
6	1972	02	04	02	42	1	Costa anconetana	75		4.57
6	1972	02	04	09	18	3	Costa anconetana	56		4.36
6	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5-6	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4-5	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
4-5	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
4-5	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21
4	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
4	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
3	1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
3	2000	09	02	05	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
2-3	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8	5.86
2-3	2001	11	26	00	56	5	Casentino	211	5-6	4.63
2	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
2	2006	04	10	19	03	3	Maceratese	211	5	4.06
NF	1960	04	15	02	45	1	Montefeltro	30	5-6	4.45
NF	1960	12	08	05	38	0	Montefeltro	9	5	4.16
NF	1972	11	26	16	03		Marche meridionali	73	8	5.48
NF	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72

Tabella 2.1 - Storia sismica del Paese di San Lorenzo (DBMI15; Locati M. *et alii*; 2016).

IS = Intensità risentita; I₀ = Intensità epicentrale; Mw = Magnitudo momento.

L'area maggiormente colpita dal sisma Cagliese del 1781 fu quella dell'entroterra pesarese. Si ebbero effetti distruttivi nel territorio di Cagli, comprendente i centri di Cardella, Apecchio, Piobbico e una ventina di altre località, delle quali circa la metà furono quasi completamente rase al suolo. Il terremoto causò complessivamente circa 300 vittime; gli eventi indussero la Congregazione Pontificia del Buon Governo a prendere provvedimenti straordinari per sostenere

finanziariamente lo Stato di Urbino e la provincia di Romagna (Monachesi & Stucchi, 1997). A Fossombrone vi furono danni gravi ad edifici privati e pubblici (palazzo vescovile, Comune, Seminario), chiese e conventi, alcuni dei quali divennero inabitabili (Patrignani, 2010a). Anche per il Cagliese a Fratte Rosa si ebbe un' Intensità del VIII-IX grado.

A questo punto appare doveroso evidenziare come per i terremoti più forti registrati del 1741 (Fabrianese) e del 1781 (Cagliese), le intensità osservate a Fratte Rosa risultino sensibilmente maggiori rispetto a vicini centri come San Lorenzo in Campo, Pergola (posta a circa 9 Km da Fratte Rosa) o Fossombrone (a circa 10 km di distanza). Questa differenza nelle intensità osservate potrebbe essere legata ad incertezze nella stima degli effetti (trattasi di terremoti storici la cui ricostruzione viene effettuata sulla base di annali dell'epoca!) ma anche a presunti effetti di amplificazione sismica locale.

Un ulteriore terremoto storico che ha sicuramente coinvolto Fratte Rosa è quello del 1897 noto come delle Marche Settentrionali o dell'Adriatico centrale (21/09/1897). Questo sisma non viene indicato sui cataloghi storici di Fratte Rosa e San Lorenzo in Campo, ma viene invece riportato sui cataloghi di paesi di importanza superiore come Fossombrone o Pergola. Le località più colpite dal terremoto dell'Adriatico centrale del 1897 furono Senigallia, Mondolfo, Fano, Urbino, Corinaldo, Sassoferrato e Fossombrone. A Senigallia caddero molti comignoli, molte tegole, qualche soffitto ed una parte del campanile di una chiesa; molte case furono lesionate. A Mondolfo e Fano caddero molti camini e in parecchie case si produssero fenditure (Cancani, 1898).

Altro terremoto sicuramente importante nella storia del Comune Fratte Rosa fu il più recente sisma di Senigallia del 1930. Il sisma di Senigallia del 1930 produsse un'Intensità massima dell'VIII-IX grado MCS. Il terremoto colpì la costa centrosettentrionale delle Marche ed ebbe i suoi massimi effetti a Senigallia, dove 318 case crollarono o divennero inabitabili e 2.000 furono gravemente lesionate. Crolli e lesioni gravi furono segnalati a Montemarciano, Mondolfo, San Costanzo, Fano, Ancona. Altre 40 località subirono danni rilevanti. Per oltre un mese altre decine di scosse più deboli si susseguirono nella zona epicentrale. Nel porto di Ancona fu osservato un maremoto che ruppe gli ormeggi di un piroscafo. Il sisma causò 18 morti (14 a Senigallia e 4 ad Ancona) e molti feriti. Nel bacino del Metauro questa sequenza sismica produsse effetti macrosismici massimi dell'VIII grado MCS, per lo più lungo la costa fanese e nell'immediato entroterra. A Fossombrone, in cui si osservò un'Intensità del VI grado MCS, alcuni fabbricati subirono delle lesioni (Patrignani, 2010b).

Un ulteriore evento di interesse ai fini del presente lavoro di microzonazione è il sisma S. Lorenzo in Campo del 14 dicembre 1727. Esso viene registrato su DBMI15 con un'intensità (I_0) del grado VII MCS presso l'epicentro (lat. 43,610; lon. 12,819).

In Figura 2.8 vengono riportati gli epicentri dei suddetti terremoti tramite un'immagine ottenuta tramite l'utilizzo delle recenti "Mappe interattive" del sito web <http://www.iononrischio.it>.

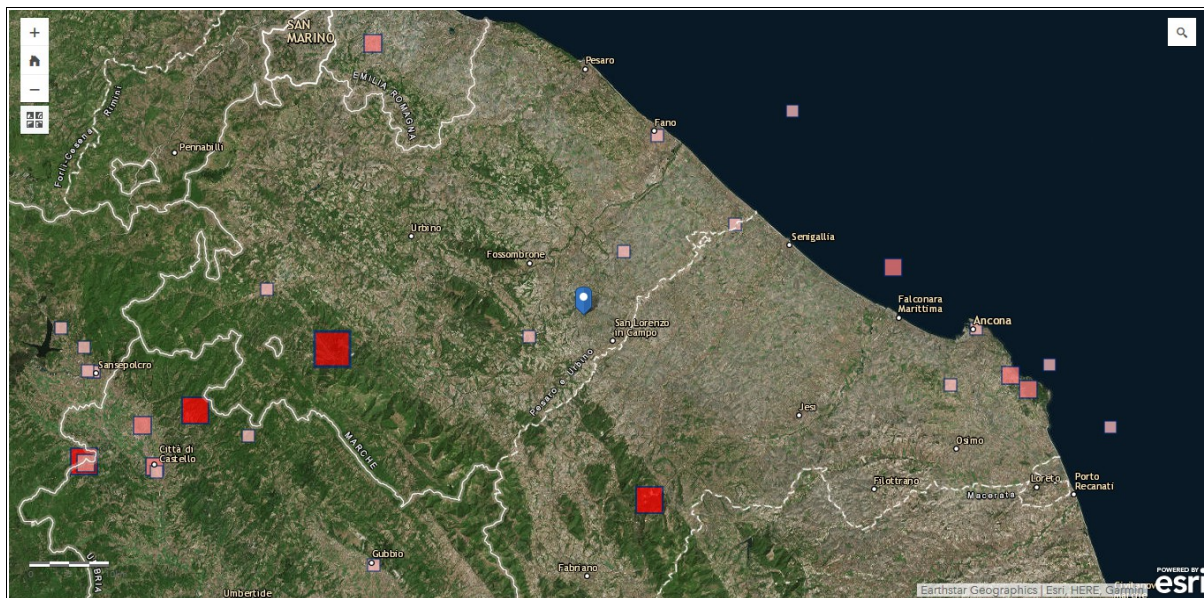


Figura 2.8 – Epicentri dei terremoti storici dell'area nord-marchigiana (<http://www.iononrischio.it>).

Oltre agli strumenti suddetti, si è ritenuto importante fare riferimento anche ad un altro database messo a disposizione da INGV, la banca dati delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin D. *et alii*, 1996), originariamente sviluppata per il Dipartimento di Protezione Civile da GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti), INGV e Servizio Sismico Nazionale. I dati contenuti all'interno dell'archivio informatico interessano in totale circa 10.000 località, la cui distribuzione geografica risulta sufficientemente omogenea tenuto conto dell'orografia del territorio. La distribuzione temporale interessa in particolare gli ultimi due secoli, anche se, per le intensità più elevate, si dispone di dati abbastanza rappresentativi anche per i secoli precedenti. L'unità di riferimento operativa per l'attuazione di molte normative e procedure è rappresentata dal territorio comunale. La mappa delle massime intensità osservate è stata quindi compilata "per comune"; qualora per uno stesso comune siano disponibili dati riferiti a più località (capoluogo più le frazioni), è stata attribuita all'intero territorio comunale la massima fra le intensità osservate nelle varie località appartenenti al comune stesso (Monachesi *et alii*, 1995). Sulla base del suddetto database nel Comune di Fratte Rosa si è osservata storicamente una intensità pari al IX grado MCS (Fig.2.9).

Ulteriori informazioni sulla sismicità storica dell'area nord marchigiana vengono riportate nel relativo allegato.

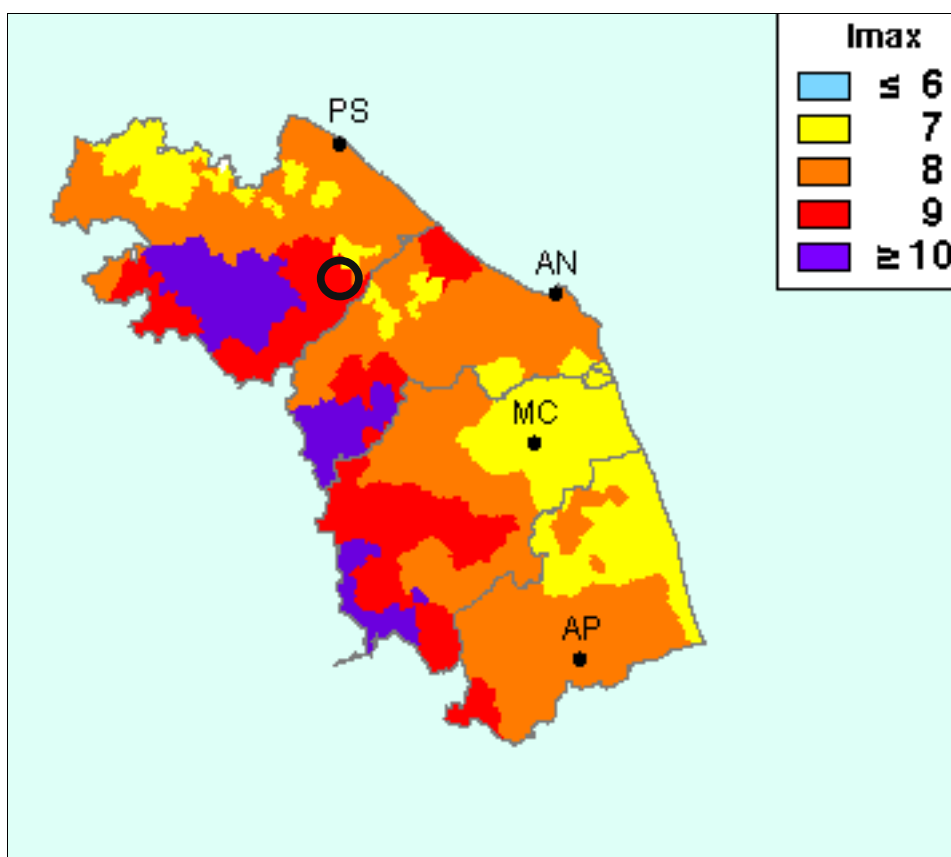


Figura 2.9 - Database delle massime intensità osservate nei comuni italiani. Regione Marche. Il cerchio nero indica la posizione del Comune di Fratte Rosa (Molin D. *et alii*, 1996; modificato).

2.3 Pericolosità sismica di base del Comune di Fratte Rosa

La descrizione completa della pericolosità sismica di un sito prevede l'estrazione degli accelerogrammi di input che possono essere utilizzati al fine della definizione della RSL. Anche se il presente lavoro di MS non prevede tali analisi avanzate (livello 3), si vogliono comunque fornire i parametri sismologici di base necessari alla successive elaborazioni, al fine di completare il quadro analitico relativo alla pericolosità di base.

Informazioni fondamentali al suddetto fine sono i dati di disaggregazione (variabili in termini di magnitudo e distanza), ottenibili per esempio dalla pagina del sito dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) specificatamente dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale (Fig.2.10).

Da tali dati si nota come in percentuale il maggior contributo alla pericolosità per il sito in esame sia determinato da terremoti di magnitudo compresa fra 4,5 e 5 previsti ad una distanza inferiore ai 10 Km dal sito stesso (22,60%); questi sono terremoti di medio-bassa entità che potrebbero verificarsi però a distanze molto limitate da Fratte Rosa. In termini probabilistici si sottolinea quindi come INGV ritenga significativa la possibilità del verificarsi di eventi sismici nei pressi sito in esame, come d'altra parte storicamente sembra già essere avvenuto (eventi del 1727 e del 1897). La

tipologia di terremoti che in genere si ritengono maggiormente pericolosi per Fratte Rosa, ossia quelli di magnitudo compresa fra 5,5 e 6,5 alla distanza di 10-30 Km (per esempio i sismi storici del 1781 e del 1741), contribuiscono alla pericolosità finale per il 16,12% del totale.

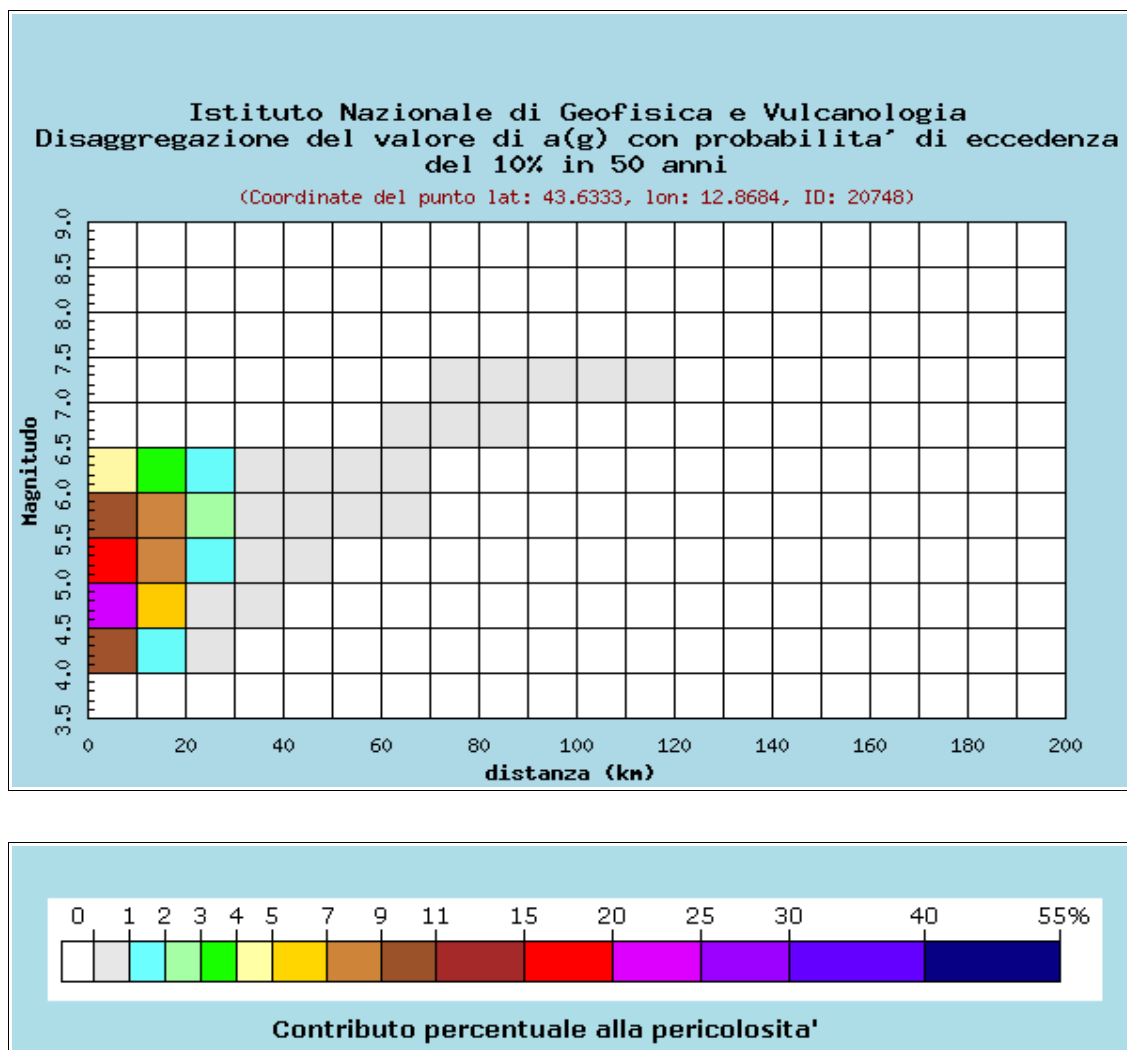


Figura 2.10 – Grafico di disaggregazione per il Comune di Fratte Rosa, indicante le coppie magnitudo-distanza che contribuiscono alla determinazione della pericolosità sismica di base (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

3.1 Inquadramento geologico

Il contesto geologico dell'area di studio è riferibile a quello dell'Appennino umbro-marchigiano. Quest'ultimo rappresenta una catena risultata di una lunga storia deformativa che ha interessato la successione sedimentaria marina depositata a partire dall'ingressione riferibile all'apertura della Tetide (Carnico). Tale successione, pressoché continua dal Trias superiore al Neogene, poggia sul basamento cristallino ercinico e, in evoluzione continua fino al Pleistocene, presenta notevoli variazioni di spessori e di *facies* che riflettono le diverse realtà degli ambienti sedimentari (Centamore & Micarelli, 1991).

Il primo termine della successione è costituito dalla Formazione delle Anidriti di Burano (Norico–Retico) che è stata classicamente considerata il livello basale in corrispondenza del quale si realizza lo scollamento e il conseguente piegamento della copertura sedimentaria umbro-marchigiana rispetto al sottostante basamento (Barchi *et alii*, 1988). Recenti studi hanno messo in evidenza che anche il basamento risulta essere interessato da faglie inverse con superfici immergenti a SW (Barchi *et alii*, 1998). Sulle Anidriti di Burano poggiano le *litofacies* di piattaforma del Calcare massiccio, depositatesi fino alla fine del Lias inferiore, quando una intensa fase tettonica distensiva portò alla frammentazione della preesistente piattaforma carbonatica determinando la separazione del dominio laziale-abruzzese, in cui continua la deposizione in ambiente di piattaforma, da quello tosco-umbro-marchigiano-sabino, caratterizzato da sedimentazione di ambiente più profondo. Caratteristica del bacino pelagico umbro-marchigiano è la batimetria estremamente variabile, con zone rialzate ed altre ribassate (tafrogenesi ad *horst* e *graben*) e la notevole subsidenza differenziale. La diretta conseguenza, schematizzando, sono i diversi spessori che le successioni presentano localmente, variando da quelle estese (Successione Completa *Auct.*), riferibili alle aree più profonde a forti tassi di subsidenza, fino a quelle di spessore più limitato (Successione condensata e ridotta *Auct.*) relative ad aree strutturalmente rialzate a subsidenza ridotta (Centamore & Micarelli, 1991). La sedimentazione pelagica, cretacea e paleogenica della Successione Umbro-marchigiana risulta costituita prevalentemente da calcari, calcari marnosi e marne in proporzione variabile. A partire dal Miocene il bacino, cominciando a risentire degli sforzi compressivi attivi nelle aree più occidentali, entra in regime orogenico e assume i caratteri di un'avanzfossa con sedimentazione di unità dapprima emipelagiche e successivamente torbiditiche; col proseguire della deformazione vengono a delinearsi, nell'area Umbro-marchigiana, tre unità morfostrutturali (da W verso E, Bacino umbro, Bacino marchigiano interno e Bacino marchigiano esterno *Auct.* rispettivamente) separate da alti strutturali e, all'interno di queste, un certo numero di aree

deposizionali (Bacini Minori *Auct.*) nei quali si depositano unità terrigene peculiari, ampiamente descritte in letteratura (Centamore & Micarelli, 1991).

Tra le formazioni mioceniche assumono un significato particolare quelle del Bisciario (BIS) e della Gessoso-Solfifera *Auct.* (Formazione di Sapigno; GNU) che, indipendentemente dalle condizioni locali, si depositarono con una relativa continuità spaziale fungendo così da “orizzonti guida”. Il graduale instaurarsi di condizioni continentali nel Plio-Pleistocene comincia ad occidente e prosegue poi verso oriente. Il corrugamento interessa ormai, oltre alle dorsali mesozoiche, anche la depressione interna e l'avanfossa migra ancora più ad est. La successione marina marchigiana plio-pleistocenica è riferibile, di conseguenza, solo al bacino marchigiano esterno ed è caratterizzata anche da notevoli variazioni spazio-temporali, in relazione ad eventi tettonici che finiscono per condizionare gli ambienti sedimentari (Centamore & Micarelli, 1991).

Volendo fornire un quadro generale per l'area oggetto di studio, che rientra completamente nell'ambito del bacino marchigiano esterno, si può affermare che essa è caratterizzata fondamentalmente da depositi marini di *Wedge-Top* (AA.VV., 2004), ossia appartenenti ad un bacino sedimentario localizzato al di sopra del cuneo orogenetico in deformazione; un bacino di questo tipo è colmato da sedimenti di tipo alluvionale, deltizio e misto (nel caso in esame riconoscibili all'interno della Formazione delle Argille Azzurre). In Figura 3.1 viene riportato lo schema tettonico-stratigrafico relativo al Foglio 280 Fossombrone della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 (AA.VV., 2004). In tale schema sono bene evidenziate le principali strutture plicative che interessano il settore in oggetto e le principali tipologie di depositi, distinte in base all'ambiente genetico-deposizionale e alla sequenza di messa in posto.

L'Appennino Umbro-marchigiano è una catena a pieghe e sovrascorrimenti (Calamita *et alii*, 1991), con deformazioni della copertura sedimentaria meso-cenozoica disarmoniche rispetto al sottostante basamento cristallino. L'assetto strutturale dell'Appennino Umbro – marchigiano è il risultato di una storia tettonica articolata in due fasi principali negli ultimi 15Ma. Nella prima, tra il Serravalliano e il Pleistocene medio è stato attivo un campo di sforzi compressivo con direzione prevalente SW-NE che, nel migrare progressivamente da W verso E, ha determinato la formazione di una serie di domini strutturali a loro volta interessati da anticlinali, sinclinali, sovrascorrimenti e tutta una serie di strutture tettoniche a formare un arco a convessità orientale (Barchi & Lavecchia, 1994). Nella seconda fase, che inizia a partire dal Pliocene, alle deformazioni compressive seguono deformazioni distensive, coassiali alla catena, legate al processo di *rifting* tirrenico.

3.2 Lineamenti stratigrafici

Nel territorio del Comune di Fratte Rosa considerato ai fini del presente studio di microzonazione

sismica, fra le unità del substrato marino, affiora unicamente la Formazione delle Argille Azzurre (Pliocene inf. p.p. – Pleistocene inf. p.p.), la quale sarà descritta dettagliatamente in seguito.

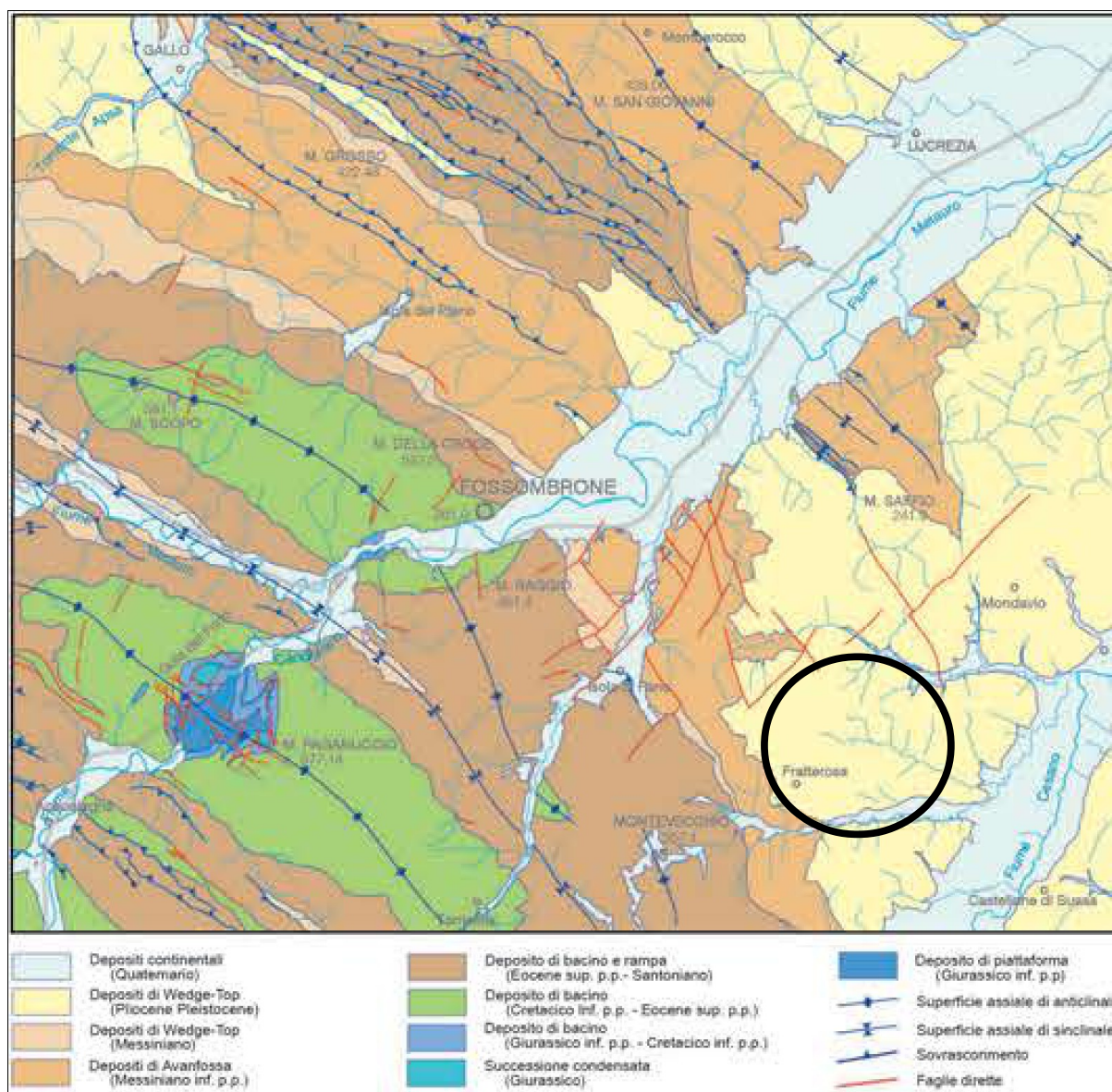


Figura 3.1 – Schema tettonico-stratigrafico del Foglio 280 Fossombrone della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 (AA.VV., 2004). Il cerchio nero indica approssimativamente l'area di studio.

Al fine della realizzazione delle cartografie richieste dagli standard nazionali di microzonazione sismica, è innanzitutto necessario disporre di una buona carta geologica di base dell'area che sarà oggetto degli studi. Nel presente lavoro si è assunto come riferimento il Foglio 280 Fossombrone della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 (AA.VV., 2004), che è attualmente ancora in fase di revisione e quindi non di fatto ufficiale. Pur disponendo dei rilievi originali del suddetto foglio alla scala 1:10.000 resi disponibili dalla Regione Marche, si è reso necessario un significativo

lavoro di rilevamento eseguito *ex novo* per rendere adeguata all'obiettivo finale la cartografia geologica. In allegato vengono riportate le schede descrittive degli affioramenti realizzate in seguito ai rilevamenti eseguiti nell'ambito del presente lavoro. L'approccio utilizzato in tali documenti per la descrizione degli affioramenti non è esclusivamente stratigrafico, ma anche litologico-tecnico, in virtù del fine ultimo dei rilevamenti stessi. La cartografia finale ottenuta dal lavoro precedentemente descritto (formato *shapefile*), presenta un dettaglio molto elevato, che può essere restituito fedelmente in mappe alla scala 1:10.000 o superiore.

Viene riportato lo schema cronostratigrafico delle unità marine che interessano il bacino marchigiano esterno e in particolare i settori interessati dall'ambito del Foglio 280 Fossombrone del Foglio 281 Senigallia (Fig.3.2). Le varie formazioni affioranti nell'area di studio vengono di seguito descritte, dalle più antiche a quelle più recenti, a partire dal Miocene superiore p.p. e fino all'Olocene.

EPOCA	ETA'	LITOSTRATIGRAFIA	UNITA'	SEQUENZE DEPOSIZIONALI
Pleistocene inferiore/medio - Olocene		MUS MTI ACF URS	Depositi quaternari	Sistema del Fiume Musone (MUS) - Olocene Sistema di Matelica (MTI) - Pleistocene superiore p.p. Sistema di Selvatorta (ACF) - Supersistema di Colle Ulivo Pleistocene medio, parte sommitale Sistema di Urbisaglia (URS) Pleistocene inferiore/medio - medio
Pliocene medio p.p. - Pleistocene inferiore p.p. - Olocene	Piacenziano p.p. - Gelasiano - Santerniano Emiliano p.p.?	FAA ₃ 10-40 m FAA 450 - 500 m FAA ₂ 10-15 m	Litofacies pelitico-arenitica (FAA ₃) a più livelli e Litofacies arenitico-pelitica (FAA ₂)	"Qm" ↑ ? "P2" Pliocene medio p.p. - Pleistocene inferiore p.p. angular unconformity
Pliocene inferiore p.p. - Pliocene medio p.p.	Zancleano p.p. - Piacenziano p.p.	10-15 m FAA ₃ 450 m 30 m	Membro delle Arenarie di Borello (FAA ₂) con intercalata la Litofacies arenitico-conglomeratica (FAA _{2a})	"P1" Pliocene inferiore - medio p.p.
Pliocene inferiore p.p.	Zancleano p.p.	50-100 m		
Pliocene inferiore p.p.	Zancleano basale	50-60 m	Marne di Cella	
Miocene superiore p.p.	Messiniano p.p.	40-60 m FC0 ₂ 100-150 m	Formazione a Colombacci (FC0) Litofacies pelitico-arenitica (FC0 ₂)	"M3" Messiniano p.p.
Miocene superiore p.p.	Messiniano p.p.	50-60 m	Formazione a Colombacci Gessoso - Solifera (GES)	"M2a" Messiniano p.p.
Miocene superiore p.p.	Tortoniano p.p. - Messiniano inferiore p.p.	150-180 m	Schlier (SCH)	-

Figura 3.2 – Schema tettonico-stratigrafico del Foglio 281 Senigallia della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 (AA.VV., 2009).

3.2.1 Unità del substrato

Formazione delle Argille Azzurre – FAA (Pliocene inferiore p.p. – Plistocene inferiore p.p.)

Le Argille Azzurre sono costituite da terreni plio-pleistocenici marini e rappresentano di fatto l'unica formazione del substrato riconosciuta in corrispondenza dell'area di studio delimitata per la realizzazione dei presenti studi di microzonazione sismica.

Malgrado la loro limitata esposizione in affioramento, l'analisi di terreno ha permesso di riconoscere all'interno delle Argille Azzurre alcune unità litostratigrafiche di rango inferiore. Il loro riconoscimento si è basato sulle caratteristiche litologiche, sul rapporto A/P (Arenaria/Pelite), sulla composizione (macroscopica) delle areniti e sulla posizione stratigrafica. Le unità di rango inferiore hanno un'estensione limitata e sono di difficile correlabilità (*litofacies*); il Membro delle Arenarie di Borrello (**FAA₂**), invece, è più diffuso e sempre ben riconoscibile (AA.VV., 2009).

La successione plio-pleistocenica esprime il locale riempimento delle aree deposizionali che caratterizzavano l'evoluzione del bacino marchigiano esterno e le sue peculiari caratteristiche hanno suggerito l'adozione di una terminologia originale nell'identificazione delle unità litostratigrafiche di differente rango.

Le Argille Azzurre raggiungono uno spessore complessivo di almeno 1.000 m, anche se variabile lateralmente. La Formazione è costituita da una successione di terreni prevalentemente pelitici, all'interno dei quali sono intercalati, nella porzione inferiore, corpi più grossolani arenitici e arenitico-conglomeratici e, nella porzione superiore, corpi arenitico-pelitici e soprattutto pelitico-arenitici. Questi corpi più grossolani sono stati mappati come membri, *litofacies* o lenti, a seconda della loro distribuzione areale e verticale.

Nella porzione inferiore delle Argille Azzurre è presente un membro arenitico denominato **Membro delle Arenarie di Borrello (FAA₂)** caratterizzato da un rapporto A/P compreso tra il 40/60% e 70/30%. Questo membro, che caratterizza di fatto gran parte dell'area di studio, fra cui tutte le aree occupate dai principali centri abitati del Comune di Fratte Rosa (Fig. 3.3 e 3.4), è costituito da una successione prevalentemente arenitica in cui si intercala localmente una *litofacies* arenitico-conglomeratica (**FAA_{2a}**); quest'ultima non è presente nell'area in oggetto. Gli strati arenitici sono spessi, molto spessi e massivi, e, più raramente, medi o sottili, talvolta con geometria marcatamente lenticolare. Le superfici di strato sono spesso erosive, ossidate e con concrezioni carbonatiche (calcinelli), globose o allungate. Spesso è ben visibile la gradazione e strutture sedimentarie come laminazioni piano-parallela e ondulata. Localmente, all'interno del membro, sono presenti intervalli più pelitici raramente visibili in affioramento ma che condizionano la morfologia. Al tetto di questo membro è presente una discordanza geometrica, che nell'area di studio si osserva nel settore orientale della stessa; in corrispondenza di questo contatto inconforme (base della porzione

superiore delle Argille Azzurre), si riscontra una lacuna stratigrafica la cui estensione verticale resta di fatto ancora da precisare (AA.VV., 2009).



Figura 3.3 – Contatto stratigrafico fra Argille Azzurre propriamente dette (**FAA**) e il Membro delle Arenarie di Borrello della stessa formazione (**FAA₂**). L'immagine si riferisce al settore di Monte Pello.

Le peliti che prevalentemente caratterizzano le Argille Azzurre sono rappresentate da argille e argille marnose di colore grigio azzurrognolo e subordinatamente nocciola, talora laminate, fossilifere e in strati da sottili a medi. Esse sono estremamente fratturate e presentano diffusi livelli millimetrici di patine di ossidazione rossastre. Localmente si osservano addensamenti di frammenti organogeni e noduli diagenetici giallo-rossastri di diametro centimetrico, formati da ossidi di ferro e solfuri. Sono inoltre presenti rari livelli di limi e/o sabbia fine e medio fine, di color nocciola e più raramente grigiastri, con evidenti strutture gradate e laminate (laminazione piano-parallela e talora incrociata).

Le Argille Azzurre poggiano generalmente, con una probabile eteropia di *facies*, sui terreni del Miocene superiore attraverso una superficie di discontinuità. Verso l'alto, i terreni di questa formazione concludono la successione marina e su di essi si depositano i terreni del Quaternario continentale.

Nella parte alta delle Argille azzurre sono presenti alcune intercalazioni più grossolane, lenticolari, spesso riconosciute su base morfologica, essendo gli affioramenti piuttosto rari. Una delle principali è rappresentata da una *litofacies arenitico-pelitica* (**FFA_b**) (rapporto A/P compreso tra 40/60% e 70/30%) che è costituita da un'alternanza di areniti e argille limose e con spessore variabile intorno a 10-15 m (AA.VV., 2009). Questa *litofacies* non è presente nell'area di studio.



Figura 3.4 – Contatto stratigrafico fra Argille Azzurre propriamente dette (**FAA**) e il Membro delle Arenarie di Borrello della stessa formazione (**FAA₂**). L'immagine si riferisce al settore del centro abitato di Fratte Rosa.

In più livelli stratigrafici si osservano, inoltre, *litofacies pelitico-arenitiche* (**FFA_a**) (rapporto A/P compreso tra 30/70% e 40/60%), di spessore individuale compreso tra 20 e 40 m (AA.VV., 2009). Questa *litofacies* affiora in particolare nel settore nord-orientale dell'area di studio.

3.2.2 Unità delle coperture quaternarie

All'interno dell'area di studio, le formazioni marine del substrato precedentemente descritte, sono ricoperte in discontinuità da depositi continentali dell'Olocene e del Pleistocene.

I corpi sedimentari di ambiente continentale, derivano in parte dalla deposizione fluviale (alluvioni) e in parte dall'alterazione chimico-fisica e dall'azione dei diversi agenti meteorici sulle formazioni

del substrato (coperture eluvio-colluviali). Nell'area in esame sono stati mappati sia depositi alluvionali (in aree molto limitate in estensione) che depositi eluvio-colluviali. Essi possono essere ascrivibili a differenti fasi deposizionali, le quali vengono indicate in bibliografia con il termine anglosassone di *Unconformity Bounded Stratigraphic Units* (UBSU).

Vengono riportate e descritte unicamente le unità e i corpi sedimentari effettivamente affioranti nell'area delimitata per gli studi di microzonazione sismica.

Sintema di Matelica

Depositi alluvionali terrazzati – MTIbn (Pleistocene superiore)

Ghiaie (in genere prevalenti), sabbie, limi ed argille, in riempimenti di canali e corpi tabulari generalmente ricchi di strutture sedimentarie. Localmente si evidenziano suoli relitti argillificati e rubefatti al tetto dell'unità. Lo spessore dei depositi è variabile da 0 a 20 m.

Tale depositi sono presenti, nell'area di studio, in un ristretto settore posto immediatamente a S del centro abitato di Fratte Rosa (Fig.3.5) e sono costituiti, nel caso specifico, da depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi.



Figura 3.5 – Contatto stratigrafico fra i Depositi alluvionali terrazzati del Sintema di Matelica (**MTIbn**) e i Depositi eluvio-colluviali del Sintema del Musone (**MUSb2**), in ricoprimento.

Sintema del Musone

Depositi di frana (in evoluzione) – MUSa1 (Olocene)

Depositi di litotipi eterogenei più o meno caotici delle dimensioni dai blocchi alle argille, con contenuto in matrice variabile; frane di diverse tipologie con evidenze di movimenti in atto e/o recenti.

Depositi eluvio-colluviali – MUSb2 (Olocene)

Depositi eterometrici, spesso sabbioso-limosi, generalmente privi di strutture sedimentarie e non cementati. Spessore compreso fra 2 e 20 m.

3.3 Assetto strutturale generale

L'area esaminata è caratterizzata fondamentalmente da un assetto monoclinale a vergenza verso l'Adriatico, con giaciture degli strati a direzione di immersione NE e inclinazioni comprese fra 5° e 20°.

L'assetto strutturale generale dell'area di studio è ben evidente in Figura 3.1 e in Figura 3.6, nelle quali si riconoscono anche strutture di sovrascorrimento (non presenti direttamente in corrispondenza dell'area delimitata per lo studio di microzonazione) e alcune pieghe, che presentano in genere una modesta inclinazione dei fianchi.

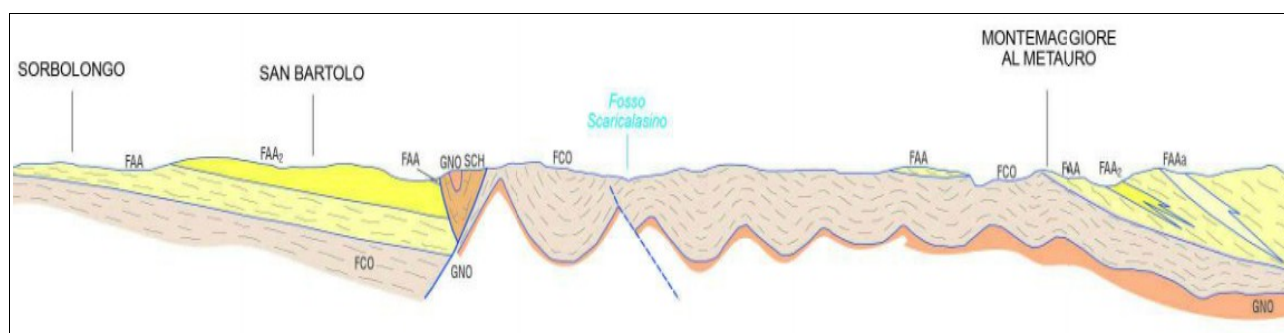


Figura 3.6 – Stralcio della Sezione geologica B-B' del Foglio 280 Fossombrone della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 (AA.VV., 2004; modificato). Da tale profilo, realizzato circa 5 Km a nord del settore in esame, risulta bene evidente l'assetto prevalentemente monoclinale che caratterizza anche quest'ultimo.

Nel complesso si può affermare che l'area di studio è caratterizzata da un grado relativamente basso di disturbo tettonico, tipico delle zone esterne della catena e dei bacini marini di avanfossa riferibili al Plio-Pleistocene.

3.4 Lineamenti geomorfologici

L'area di studio presenta aspetti geomorfologici che meritano di essere menzionati e considerati ai fini di microzonazione sismica per gli effetti che possono avere sulla modifica del segnale sismico.

Il territorio del Comune di Fratte Rosa è caratterizzato fondamentalmente da morfologie collinari

che presentano in genere versanti poco acclivi. Tuttavia localmente, in corrispondenza di variazioni litologiche significative, in particolare fra le porzioni più argillose e quelle più arenacee della Formazione delle Argille Azzurre (cfr. 3.2.1), si impostano spesso delle variazioni di gradiente che generano importanti scarpate, le quali possono raggiungere e superare ampiamente altezze di 20 m. Localmente l'energia del rilievo subisce un incremento in seguito ai fenomeni di incisione dei corsi d'acqua, i quali innescano fenomeni erosivi che possono portare alla formazione di calanchi o di valloni di incisione di dimensioni considerevoli (Fig.3.7).



Figura 3.7 – Centro abitato di Torre San Marco. La significativa scarpata morfologica che delimita in settore S dell'abitato, è generata dall'incisione prodotta da un corso d'acqua nelle litologie arenitiche delle Arenarie di Borrello (**FAA₂**).

Se in corrispondenza delle zone di cresta in genere si osserva la presenza del substrato sub-affiorante, i versanti sono generalmente ricoperti da depositi eluvio-colluviali che possono raggiungere anche spessori considerevoli; nel settore delimitato per gli studi di microzonazione sismica essi non superano in genere un potenza di 10-15 m. La presenza di questi depositi, che mostrano un grado di addensamento e/o consistenza inferiore rispetto al substrato sottostante, può essere alla base di fenomeni di amplificazione sismica, localmente anche di entità significativa. Spesso i suddetti depositi di copertura evolvono in movimenti franosi (prevalentemente colamenti e

scorrimenti) (Fig.3.8). Tutte le aree caratterizzate dalla presenza di depositi eluvio-colluviali o soggette ad attenzione per fenomeni di instabilità sono riportate sulla Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica redatta per il presente lavoro (cfr. paragrafo 8.2).



Figura 3.8 – Settore del fianco nord-orientale della cresta che conduce dalla Frazione Convento Santa Vittoria in direzione Fratte Rosa; si notano ondulazioni e contropendenze che attestano localmente la presenza di fenomeni di instabilità attivi (colamenti lenti superficiali).

4. Dati geotecnici e geofisici

4.1 Raccolta delle indagini pregresse

Una delle operazioni fondamentali previste dagli standard nazionali per l'esecuzione dei lavori di microzonazione sismica (AA.VV., 2008; 2013) è la raccolta del maggior numero possibile di informazioni derivanti dalle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, effettuate negli anni all'interno delle aree urbanizzate del comune oggetto di studio. L'ubicazione delle varie indagini, inserita in una banca dati informatizzata in ambiente GIS insieme a tutti i dati che le caratterizzano (database .mdb di Access e dati spaziali in formato *shapefile*), viene riportata sull'elaborato cartografico indicato come Carta delle indagini. Il materiale inserito nella banca dati per il Comune di Fratte Rosa, proviene sia dall'archivio comunale, sia direttamente dagli archivi personali del professionista incaricato (cfr. Bibliografia).

Per completare il quadro di informazioni necessario a redigere un'esauriente studio di microzonazione di livello 1 che potesse anche gettare efficacemente le basi per eventuali approfondimenti di livello 2, sono state eseguite *ex novo* alcune indagini geofisiche di tipo HVSR (H/V; microtremori a stazione singola), al fine di ottenere informazioni sulle frequenze fondamentali di sito ed eventualmente cercare, in fase successiva, di associare tali frequenze alle diverse microaree omogenee in prospettiva sismica identificate per il territorio di studio.

I dati relativi alle indagini reperite e a quelle di nuova esecuzione sono stati inseriti nelle sei tabelle fornite a completamento della Carta delle indagini denominate Sito_Puntuale, Sito_Lineare, Indagini_Puntuali, Indagini_Lineari, Parametri_Puntuali, Parametri_Lineari. Per la loro compilazione si sono seguiti gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica, versione 3.0 (AA. VV., 2013) realizzati a cura della Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica.

Viene descritta la tipologia delle indagini reperite per il presente lavoro e utilizzate per la costruzione del modello geologico; per il dettaglio relativo alle medesime si mette a disposizione la banca dati informatizzata appositamente realizzata (*files CdI_Tabelle.mdb; Ind_pu.shp; Ind_ln.shp*).

4.1.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi risultano indagini particolarmente importanti perché permettono di ricostruire la stratigrafia del terreno mediante il campionamenti completo dei litotipi attraversati dall'utensile di perforazione, di prelevare campioni a diverso grado di disturbo su cui eseguire prove di laboratorio per la determinazione dei parametri geotecnici, di porre in opera eventuale strumentazione piezometrica ed inclinometrica, di eseguire all'interno del foro alcuni tipi di prove geotecniche o

geofisiche in sito, nonché, molto importante per gli scopi del presente lavoro, di tarare le indagini sismiche di superficie eseguite con differenti metodologie in loro prossimità.

I sondaggi a carotaggio continuo (SS), eseguiti con sistema a rotazione, permettono il recupero di tutta la carota di terreno. L'avanzamento nel terreno è realizzato applicando contemporaneamente all'utensile di perforazione spinta e rotazione attraverso una batteria di aste cave, avvitate in serie man mano che la perforazione procede. L'utensile di perforazione è costituito da un tubo carotiere il quale ha all'estremità una corona dentata che, ruotando, seleziona una carota cilindrica che viene recuperata periodicamente.

Esistono diverse tipologie di carotieri, scelti in base alle caratteristiche del terreno da attraversare: carotieri semplici con valvola di testa a sfera e calice; carotiere doppio a corona sottile con estrattore; carotiere triplo con porta campione interno estraibile e apribile longitudinalmente con estrattore e calice. La perforazione può avvenire a secco o tramite circolazione di un fluido (acqua, aria compressa o fango), dall'interno delle aste verso l'esterno (circolazione diretta), o dal foro verso le aste (circolazione inversa). Da tali sondaggi si possono estrarre due tipologie di campioni: quelli rimaneggiati, da cui si possono ricavare informazioni sulle caratteristiche chimiche e fisiche del terreno; quelli indisturbati, prelevati con appositi campionatori, da cui si possono ricavare informazioni anche sulle caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

Si ricorre, invece, ai sondaggi a distruzione di nucleo (SDS) quando non interessa il recupero delle carote o quando sono necessari rapidi avanzamenti. In questo caso l'attrezzo tagliente (scalpello o punta dentata) frantuma i detriti che vengono portati in superficie a circolazione di acqua o di fango; non è necessario estrarre periodicamente la batteria di aste per recuperare il carotaggio.

In alcune situazioni che non richiedono particolare approfondimento, i sondaggi geognostici possono essere realizzati anche tramite un semplice escavatore a braccio meccanico; in tal caso si parla di trincea o pozzetto esplorativo (T).

Alle informazioni derivanti da queste tipologie di indagine si è attribuita un'alta attendibilità perché derivanti da un'osservazione diretta e accurata, seppur soggettiva, delle condizioni del sottosuolo da parte dei professionisti.

All'interno dell'area delimitata per lo studio di microzonazione sismica del Comune di Fratte Rosa, è stato reperito un numero significativo di sondaggi, la gran parte dei quali raggiunge il substrato geologico di base.

In alcuni casi sono stati prelevati campioni destinati alle indagini di laboratorio, le quali sono state a loro volta inserite e descritte nel dettaglio nella banca dati in base a quanto richiesto dagli standard.

N. totale sondaggi a carotaggio continuo (SS): 34

N. totale sondaggi a carotaggio a distruzione di nucleo (SDS): 28

N. totale di trincee e pozzetti esplorativi (T): 13

4.1.2 Prove penetrometriche

Sono state catalogate un buon numero di prove penetrometriche statiche e dinamiche, queste ultime in gran parte pesanti e superpesanti.

Le prove penetrometriche statiche consistono nell'infissione nel terreno, mediante pressione, di una punta conica di dimensioni standard. La penetrazione viene ottenuta tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) ancorato al suolo, che agisce su una batteria doppia di aste coassiali, alla cui estremità è collegata la punta. Si ricavano misure separate dello sforzo necessario per la penetrazione della punta (q_c) e dell'adesione terreno-acciaio di un manicotto posizionato sopra la punta (f_s).

Le prove penetrometriche dinamiche consistono nell'infissione verticale nel terreno di una punta conica metallica, avvitata all'estremità inferiore di una batteria di aste, mediante battitura con un maglio che cade liberamente da un'altezza costante; i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prefissata vengono annotati e costituiscono la resistenza del terreno alla penetrazione della punta conica. La prova viene in genere sospesa quando il numero dei colpi per infiggere la punta supera un valore prefissato (rifiuto alla penetrazione).

Questo tipo di prove è molto diffuso grazie alla loro semplicità esecutiva e rapidità di esecuzione; esso permette di ricavare informazioni in continuo delle caratteristiche meccaniche del terreno attraversato.

Attualmente vengono utilizzate le seguenti tipologie di penetrometri dinamici, che si differenziano in base al diverso peso del maglio e dell'apparecchiatura di infissione:

- Penetrometro Dinamico Leggero (DPL);
- Penetrometro Dinamico Medio (DPM);
- Penetrometro Dinamico Pesante (DPH);
- Penetrometro Dinamico Superpesante (DPSH).

Per ricavare informazioni sui terreni attraversati, si usa rapportare il numero di colpi N di una prova dinamica a N_{SPT} , ottenuto tramite la prova *Standard Penetration Test*, su cui si basano numerose correlazioni in letteratura.

Il valore di N_{SPT} , richiesto oltretutto dagli Standard di Microzonazione Sismica come risultato delle prove dinamiche, può essere desunto solo tramite correlazioni indirette dal numero di colpi misurato in sito, quindi si è riconosciuta a questo tipo di dati un'affidabilità media, mentre il valore della resistenza alla punta richiesto per le statiche ha un'affidabilità superiore perché riscontrato direttamente in sito.

N. totale prove penetrometriche statiche (CPT): 16

N. totale prove penetrometriche dinamiche medie (DN): 1

N. totale prove penetrometriche dinamiche leggere (DL): 1

N. totale prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DS): 8

4.1.3 Indagini di prospezione sismica lineare

All'interno delle zone di interesse del territorio comunale di Fratte Rosa sono state reperite indagini sismiche lineari con il metodo MASW ed è stata eseguita *ex novo* una indagine M.A.S.W. (integrata con analisi RE.MI.) (cfr. Allegato 3), al fine di eseguire uno studio di approfondimento nell'area della scuola materna di Torre San Marco.

Il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi geofoni posti sulla superficie del suolo.

Anche in questo caso si tratta di un metodo di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'*array*) e misurate da uno stendimento lineare di sensori (geofoni). Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 2-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 10 m ed i 50 m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente, di conseguenza presenta una maggiore affidabilità per profondità di circa 15-20 m. La tecnica MASW ha il vantaggio di essere particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi, di avere una buona risoluzione e di essere in grado di evidenziare inversioni nel profilo di velocità.

L'attendibilità delle MASW reperite è considerata media.

N. totale indagini MASW: 5 (di cui una integrata da analisi RE.MI.)

4.1.4 Indagini geofisiche puntuali

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) è una tecnica relativamente recente di indagine sismica passiva rapida e non invasiva. Si può applicare ovunque e non necessita di perforazioni, stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale, presente ovunque in natura.

Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate sia per la caratterizzazione sismica del sottosuolo, sia per la stima degli effetti di sito (funzione di amplificazione) e degli effetti sulle costruzioni. Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico o microtremore) sono onde sismiche

di bassa energia, con ampiezze dell'ordine di $10^{-4} - 10^{-2}$ mm, che possono essere originate per esempio dalle attività antropiche o dalle perturbazioni atmosferiche sugli oceani; esse si propagano poi come onde superficiali di Rayleigh sui continenti.

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite questa tecnica è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito mediante il rapporto spettrale H/V. Tramite l'elaborazione dei dati di campagna è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai modi superiori o da artefatti.

I dati che si possono ricavare sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito (f_0), che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare manufatti aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi in caso di sisma;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. Sarà quindi possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s , calcolata tramite un apposito codice di calcolo. E' necessario in questo caso, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio geognostico, stesa sismica, dati bibliografici, etc.) e riconoscibile nella curva H/V;
- la sismo-stratigrafia del sottosuolo, con l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la ricostruzione della profondità del locale substrato geologico (o *bedrock* geofisico). Lo strato è inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici).

Sono state reperite, tramite ricerca documentale, alcune misurazioni passive del tremore sismico ambientale effettuate nelle aree oggetto di studio.

N. totale indagini di microtremori reperite (HVSr): 6

4.1.5 Prove di laboratorio

Sono state inserite nel database le seguenti prove di laboratorio reperite dalla bibliografia consultata per il presente lavoro. Tali prove non risultano visibili sulla carta delle indagini.

QUANTITÀ	SIGLA	DESCRIZIONE
5	SM	Analisi su campione
7	TD	Prova di taglio diretto

4.2 Indagini geofisiche effettuate

Sulla base dei vantaggi illustrati al 4.1.4, la tecnica HVSR è stata scelta per realizzare nuove indagini al fine di avere, in questa fase, una determinazione dettagliata delle frequenze di risonanza del sito (f_0) e disporre dei dati sufficienti a realizzare una Carta delle frequenze; le misurazioni effettuate potranno inoltre in futuro essere utilizzate, tramite apposita ulteriore elaborazione, al fine di determinare le velocità medie V_s per l'area di studio e quindi fornire le informazioni necessarie alla realizzazione di una carta delle V_s . Le nuove misurazioni HVSR sono state effettuate per la maggior parte in prossimità di altre indagini reperite in archivio (principalmente sondaggi), che costituiscono un termine su cui basare la taratura.

La tecnica consiste nel registrare il microtremore sismico ambientale in un sito per alcuni minuti tramite strumenti (velocimetri) opportunamente sensibili e nel ricavare il rapporto tra componenti orizzontali e verticali del moto (H/V).

Nel caso in esame, le misure a stazione singola H/V sono state eseguite per mezzo di due strumenti simili ma caratterizzati da differenti caratteristiche di acquisizione.

Il primo è il tromografo digitale portatile TROMINO (Micromed S.p.A.) di dimensioni ridotte (10x7x14 cm, 1 kg di peso), progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico ambientale. Lo strumento è dotato di GPS e di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni N-S, E-W e verticalmente; si tratta di un dispositivo ad alta definizione, alimentato a batterie, senza cavi esterni. I dati registrati vengono trasferiti all'esterno tramite cavo USB; TROMINO ha in dotazione un *software* (Grilla) che consente di immagazzinarli, elaborarli ed interpretarli. Lo strumento permette di campionare a diverse frequenze tra 100 e 16 kHz.

Il secondo è il tromografo digitale portatile SR04 Geobox (SARA *Electronic Instruments*), incorporante sensori di acquisizione velocimetrici da 4.5 Hz; l'unità è fornita di un adattatore USB e la comunicazione con il computer necessario al funzionamento del *software* di acquisizione avviene tramite porta RS232, la quale consente di collegare un cavo lungo abbastanza da potersi tenere a distanza dallo strumento, evitando di disturbarlo durante le misure di rumore. Questo ultimo strumento, per le caratteristiche dei sensori di cui è dotato, non permette un'affidabile acquisizione delle frequenze al di sotto di 1,0 Hz, ma, in relazione al contesto di studio, questa caratteristica non costituisce un limite significativo, dato che le frequenze principali di vibrazione dei terreni in esame risultano superiori a tale frequenza.

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero si ricava la curva H/V, secondo

la procedura descritta in Castellaro *et alii* (2005), avendo utilizzato i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza 10% della frequenza centrale;
- rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene riprodotta creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di *Rayleigh* e di *Love* nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Tale operazione è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo che può essere la profondità, nota tramite prove dirette (Sondaggi eseguiti *in situ*), di un riflettore sismico il cui *marker* sia riconoscibile nelle curve H/V o la velocità delle onde di taglio (V_s) del primo strato nota da altre indagini.

Si è attribuita a queste indagini un'attendibilità elevata, naturalmente sempre dipendente dai limiti intrinseci della metodologia, in quanto eseguite direttamente in condizioni ottimali ed elaborate da personale esperto e qualificato.

I risultati relativi alle analisi HVSR reperite ed eseguite *ex novo* e le conclusioni generali che possono essere fatte in base ad essi, sono descritti al paragrafo 8.4 (Carta delle frequenze fondamentali).

N. totale indagini di microtremori effettuate (HVSR): 20

5. Modello del sottosuolo

La definizione di un modello geologico dettagliato per l'area di studio, è il primo passo per procedere alla realizzazione di un lavoro di microzonazione sismica, sia esso di livello 1 o di livello 2 o 3. Nell'ambito di una microzonazione di livello 1, il modello geologico deve essere in grado di fornire gli strumenti e le informazioni necessarie alla realizzazione di una Carta delle Microaree Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) e viene implementato anche al fine di definire quelle zone che necessiteranno di ulteriori indagini per il completamento/approfondimento del quadro conoscitivo nei successivi livelli di approfondimento della microzonazione sismica.

5.1 Dati e informazioni di base

Nel presente lavoro di microzonazione sismica, i dati che si sono assunti come base per lo sviluppo del modello geologico di riferimento, il quale ha successivamente condotto alla definizione delle differenti microzone a comportamento sismico omogeneo, sono i seguenti:

- cartografia topografica CTR (Carta Tecnica Regionale) alla scala 1:10.000;
- Carta Geologica alla Scala 1:50.000 – Foglio 280 Fossombrone; progetto CARG; elaborati prodotti tramite il rilevamento alla scala 1:10.000;
- dati derivanti dai rilevamenti geologici e geomorfologici e dai rilievi di microtremore sismico (indagini HVSR), eseguiti nell'ambito del presente lavoro (febbraio – marzo 2017);
- Cartografia del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) della Regione Marche;
- Carta Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI);
- cartografie e dati relativi al sottosistema geologico-geomorfologico-idrogeologico allegate al P.R.G. (Piano Regolatore Generale) del Comune di Fratte Rosa;
- Piano di Protezione Civile del Comune di Fratte Rosa;
- dati stratigrafici, geotecnici e geofisici derivanti dai sondaggi eseguiti in corrispondenza delle aree di interesse (reperiti presso l'Ufficio Tecnico Comunale del Comune di Fratte Rosa).

Le suddette informazioni hanno permesso lo sviluppo di un modello geologico adeguato alla realizzazione delle indagini di microzonazione sismica di livello 1 per il territorio in esame e fornito una base dati concreta per poter affrontare al meglio la fase di pianificazione di una eventuale campagna indagini volta alla realizzazione di studi di livello 2.

5.2 Sviluppo del modello geologico

Al fine di integrare i dati disponibili e farli quindi confluire nel modello geologico finale, si sono

inserite tutte le informazioni riportate al precedente paragrafo in un sistema GIS (basato sul software QuantumGis). Gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica vers. 4.0b (AA.VV., 2015), forniscono una struttura di archiviazione per le indagini geologiche, geotecniche e geofisiche (Carta delle Indagini) e per tutti i livelli che caratterizzano la procedura di realizzazione della Carta geologico-tecnica (giaciture, strutture tettoniche, forme geomorfologiche, sondaggi che raggiungono il substrato, etc.). Seguendo tale procedura si è potuto così progressivamente sviluppare un prodotto cartografico digitale integrato (il quale ha poi in ultima analisi dato origine alla Carta geologico-tecnica), che ha rappresentato la base per lo sviluppo del modello geologico.

Le informazioni fornite dalla Carta geologico-tecnica, integrate dai dati geognostici resi disponibili tramite l'archiviazione delle indagini, hanno reso possibile lo sviluppo di sezioni geologico-tecniche (Fig.5.1) e il riconoscimento di stratigrafie tipo per le diverse aree analizzate nel presente studio; tali stratigrafie tipo hanno di fatto dato origine al modello geologico dell'area di studio, che è stato poi adottato per la definizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS (cfr. paragrafo 8.3).

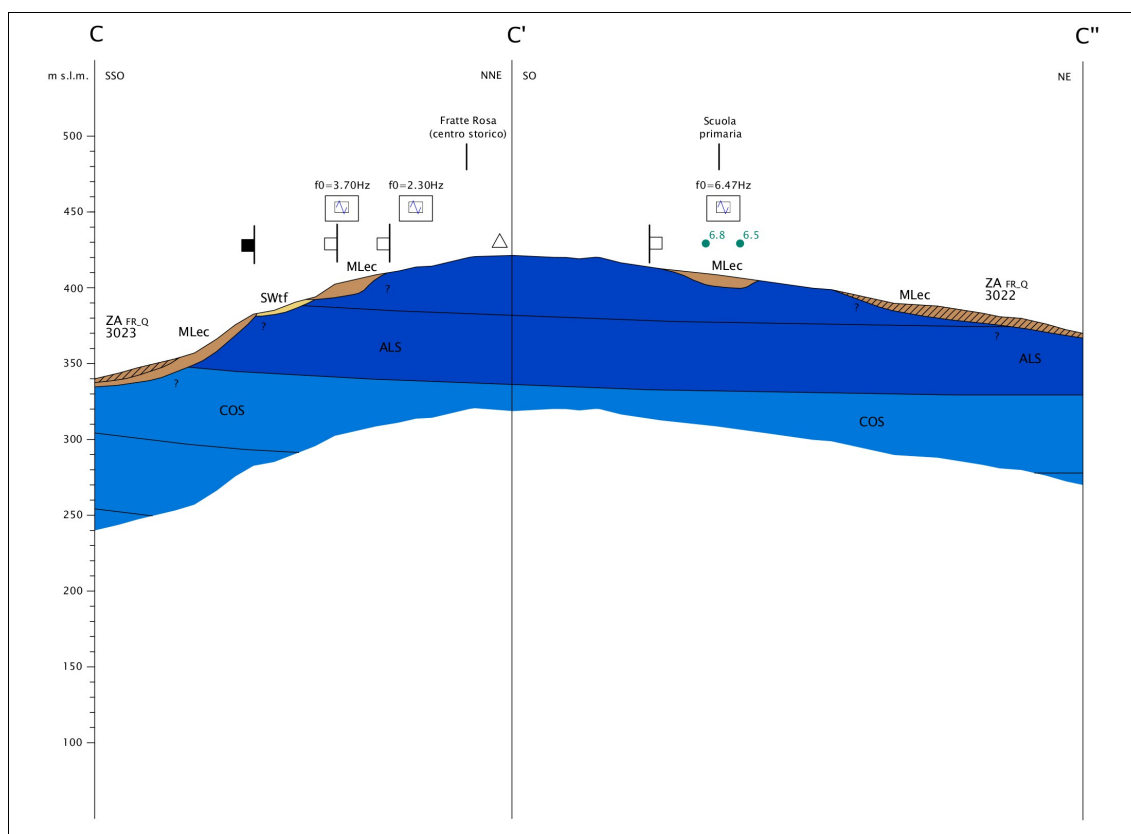


Figura 5.1 – Sezione geologico-tecnica realizzata per il centroabitato di Fratte Rosa. Dal modello geologico risultante si notano efficacemente gli spessori delle coperture eluvio-colluviali e le caratteristiche delle unità del substrato; l'esecuzione di indagini HVSr permette di valutare le frequenze di vibrazione dei diversi siti e, in certi casi, spessori delle coperture.

L'ulteriore implementazione del modello geologico, realizzata tramite l'esecuzione di indagini geofisiche HVSR sulle aree effettivamente sottoposte a microzonazione sismica, ha permesso di affinare tale modello con i dati relativi alle frequenze fondamentali di sito.

6. Interpretazioni e incertezze

Le incertezze del modello geologico (e geologico-tecnico) ricostruito, sono fondamentalmente legate al fatto che non si dispone di un numero sufficientemente elevato di sondaggi e indagini geognostiche, tale da escludere un significativo grado di interpretazione da parte del soggetto realizzatore su quello che è il risultato finale. Se l'informazione fornita da un sondaggio è in grado di trasmetterci dettagli abbastanza precisi della stratigrafia in quel punto specifico, la correlazione di quell'informazione con altre, eseguite spesso a distanza non trascurabile, appare molto complessa e per essere attuata deve far ricorso a delle semplificazioni che conducono necessariamente all'impossibilità di assumere tutte le informazioni iniziali fornite dal singolo sondaggio in quello che sarà poi il modello di sintesi finale.

Nell'ambito di un lavoro di microzonazione sismica, aspetti di fondamentale importanza sono rappresentati dalla determinazione della profondità del contatto fra *bedrock* (substrato in posto) e coperture e dalla definizione delle geometrie sepolte che caratterizzano il contatto stesso. Sulla base dei dati a disposizione per il presente lavoro, gli aspetti suddetti sono stati identificati in maniera sufficiente, ma è necessario comunque evidenziare alcune criticità. Alcuni dei sondaggi e delle indagini geognostiche disponibili (di varia tipologia; cfr. Carta delle Indagini), non raggiungono quello che può essere assunto come il substrato litologico, lasciando di fatto incertezza sullo spessore dei terreni di copertura. I sondaggi che raggiungono il substrato sono spesso concentrati a grappoli attorno a particolari costruzioni oppure in corrispondenza di recenti lottizzazioni, mentre si hanno a disposizione poche o nessuna indagine per le aree dei centri storici, dove in genere si dispone unicamente di alcuni sondaggi isolati, realizzati per lavori straordinari o di ristrutturazione, quindi senza un piano delle indagini definito, fin dalla fase iniziale, per la definizione del modello geologico areale completo.

Le indagini geofisiche disponibili reperite presso gli uffici comunali (MASW, HVSR, etc.), sono molto scarse in numero e alcune volte mostrano un'insufficiente quantità di informazioni relative alle modalità di acquisizione, tale da non poter permettere un'adeguata valutazione sulla qualità della misura stessa; questo aspetto comporta una significativa scarsità di dati relativi alle velocità delle onde sismiche di taglio Vs per i diversi terreni in esame. La realizzazione di indagini HVSR *ex novo* per il presente lavoro, ha permesso di limitare almeno in parte questa mancanza, permettendo di determinare, in questa fase, le frequenze fondamentali di vibrazione dei terreni (f_0) e di riconoscere i principali contrasti di impedenza sismica che caratterizzano le diverse situazioni stratigrafiche rinvenibili nell'area di studio.

Le suddette indagini geofisiche hanno dimostrato anche che in numerosi casi il substrato litologico

non corrisponde al substrato geofisico; in altre parole, spesso i litotipi appartenenti alle formazioni del substrato, non mostrano una velocità uniforme per la medesima litologia come ci si vorrebbe auspicare attraverso semplificazioni del modello geologico, ma sono evidentemente caratterizzate da profili sismostratigrafici che presentano, a profondità variabili, delle variazioni relativamente rapide di velocità delle onde sismiche Vs. E' evidente che da un punto di vista della risposta sismica locale, situazioni di questo tipo, nelle quali all'interno del substrato marino di base si identificano contrasti di impedenza che potrebbero essere causa di fenomeni di amplificazione sismica, non possono essere considerate come aree “stabili”, ma devono essere inserite necessariamente fra le zone “stabili suscettibili di amplificazione sismica”.

In genere la profondità dell'interfaccia di impedenza sismica si rileva all'interno di un intervallo compreso fra i 3,0 e 30,0 m dal p.c., in particolare per i contrasti di impedenza più elevati, che vengono riconosciuti tramite la presenza di un rapporto $h/v > 2,5$. Stante questo quadro generale, in alcuni casi si riconoscono interfacce di impedenza anche a profondità notevolmente superiori, variabili dai 50,0 agli 85,0 m. Tali evidenze, in particolare quelle poste a maggiore profondità, che in genere presentano H/V relativamente bassi, sono probabilmente prodotte da variazioni litologiche presenti all'interno delle stesse formazioni del substrato (cfr. paragrafo 8.4).

Gli aspetti suddetti rappresenteranno sicuramente degli obiettivi da chiarire nell'ambito di eventuali indagini di microzonazione sismica di livello 2.

7. Metodologie di elaborazione e risultati

In questo capitolo vengono esposte le metodologie utilizzate per l'elaborazione dei modelli finali e in particolare si descrivono le procedure tecnicamente più articolate e rilevanti; ulteriori aspetti legati alla realizzazione del lavoro vengono riportati, per maggiore chiarezza e continuità logica, direttamente nella descrizione degli elaborati cartografici definitivi (Capitolo 8).

7.1 Sviluppo delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (*Carta delle MOPS*)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) si genera come il diretto risultato dell'interazione fra i dati riportati sulla Carta delle Indagini e sulla Carta geologico-tecnica. Infatti, una volta realizzate le due suddette cartografie, si dispone già di un'ottima base di partenza per la zonazione del territorio, fornita dalla Carta geologico-tecnica, la quale andrà arricchita con le informazioni relative ai sondaggi al fine di identificare e pertanto delimitare le aree per le quali si presume una risposta sismica locale simile.

L'area del comune di Fratte Rosa interessata dagli studi di microzonazione presenta, come già visto nei precedenti capitoli introduttivi, molteplici e complesse situazioni geologiche. Le maggiori differenze tra i diversi assetti litostratigrafici dipendono essenzialmente dalla variazione degli spessori delle coperture eluvio-colluviali e dei depositi di frana. Il resto del territorio è caratterizzato dalla presenza del substrato affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture < 3,0 m dal p.c.) che è stato distinto nelle varie tipologie previste dagli standard nazionali (AA.VV., 2008; 2015).

In base ai vari rapporti litostratigrafici riconosciuti, anche sulla base delle informazioni derivanti dalla realizzazione delle sezioni geologico-tecniche, sono state sviluppate colonne stratigrafiche tipo in grado di rappresentare di fatto tutto il territorio sottoposto a microzonazione.

Come richiesto dagli standard nazionali, al Capitolo 8 verrà descritta dettagliatamente ogni singola zona stabile suscettibile di amplificazione locale e per ognuna di esse verranno evidenziati i rapporti stratigrafici significativi.

7.2 Analisi per lo studio delle morfologie superficiali e sepolte

Al fine di eseguire l'analisi delle morfologie superficiali ed effettuare le relative valutazioni a riguardo, si sono utilizzate semplici metodologie di elaborazione tridimensionale dei dati. Le analisi descritte nel presente paragrafo sono state implementate con il *software gis opensource* GRASS.

In particolare, per avere a disposizione uno strumento utile nelle procedure di realizzazione dei profili topografici e per la valutazione delle pendenze dei versanti, è stato realizzato un DEM (*Digital Elevation Model*) con maglia a risoluzione 10 m, di tutto il territorio comunale (Fig.7.1). I dati di partenza che sono stati utilizzati per tali elaborazioni, sono quelli altimetrici derivanti dalla

CTR alla scala 1:10.000 della Regione Marche. Il DEM sviluppato ha permesso la rapida realizzazione dei profili topografici archiviati nel presente lavoro e utilizzati in seguito per la realizzazione delle otto sezioni geologico-tecniche e delle sezioni topografiche che potranno essere assunte per le verifiche di amplificazione del segnale sismico legate alla morfologia del sito.

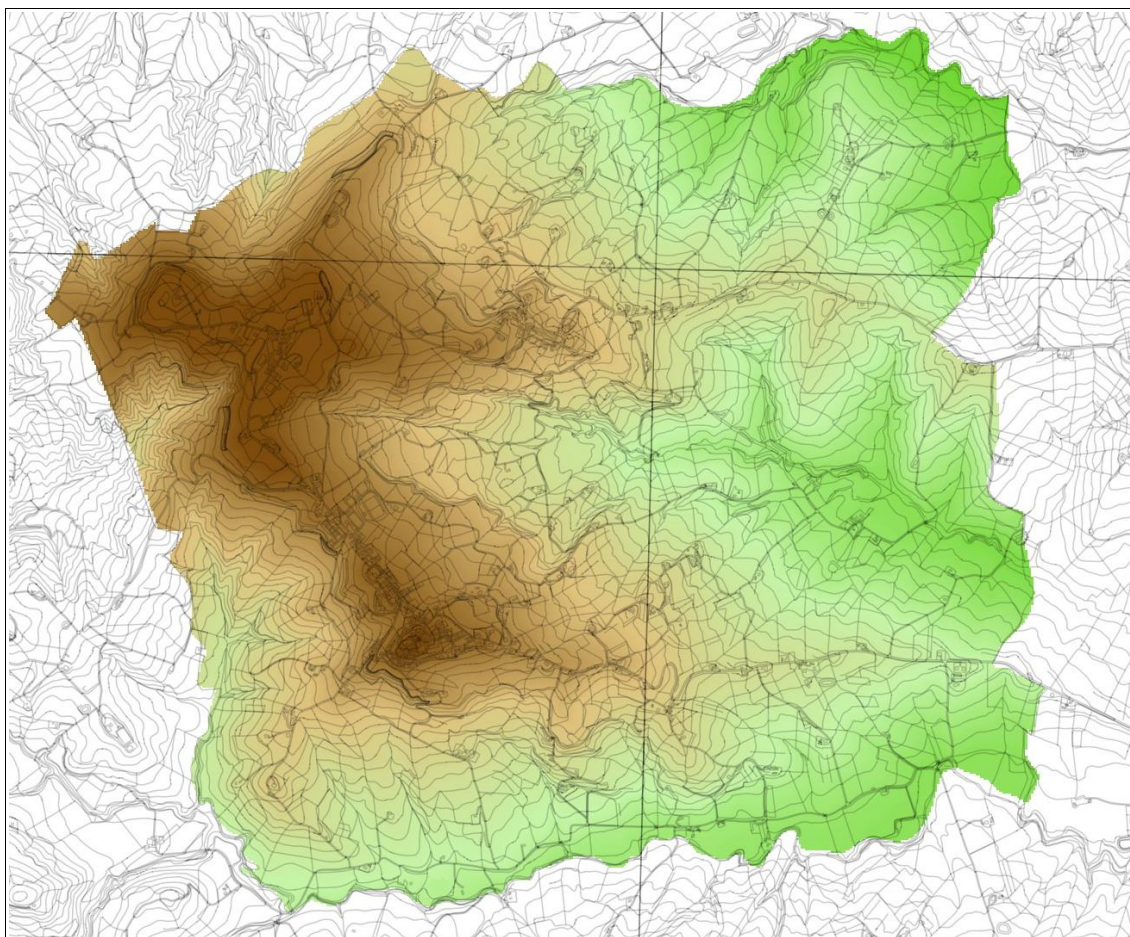


Fig. 7.1 – DEM (*Digital Elevation Model*) elaborato per il territorio di Fratte Rosa al fine di valutare le possibili amplificazioni sismiche dovute agli effetti topografici nell'area di studio.

Il modello di archiviazione informatica dei dati, prevede la realizzazione di uno *shapefile* relativo alle isobate del substrato (*Isosub.shp*; linee di uguale profondità dell'interfaccia substrato-coperture). L'efficace implementazione di questo livello dipende direttamente dalla disponibilità delle informazioni fornite dai sondaggi che intercettano il substrato; cercare di ottenere linee di uguale spessore delle coperture a partire da dati troppo scarsi, lontani fra loro o poco affidabili (come nel caso di prove penetrometriche) potrebbe condurre ad indicazioni non corrette e quindi fuorvianti. Nel presente lavoro, il numero e la tipologia dei dati a disposizione, nonché la conformazione del territorio collinare, hanno suggerito di non procedere alla realizzazione di un file delle isobate, dato che quest'ultimo avrebbe di fatto rappresentato una mera operazione di stile e sarebbe risultato

inutile ai fini pratici.

Le principali difficoltà nella realizzazione delle isobate del substrato per la situazione in esame, sono costituite dal fatto che non si hanno dei confini utili per la delimitazione del bacino di pertinenza all'interno del quale interpolare i dati disponibili. Questo perché nelle zone collinari il substrato affiora unicamente nelle creste e non lungo i versanti, dove gli spessori aumentano in genere da monte verso valle e rendono così impossibile identificare un livello 0 utile (dove, per intenderci, spessore coperture = 3,0 m p.c.). Non avere a disposizione dei confini ben definiti avrebbe generato, durante la modellazione, curve “aperte”, del tutto fuorvianti e incongruenti con la realtà nei settori lontani dalle poche indagini puntuali disponibili.

8. Elaborati cartografici

8.1. Carta delle indagini

L'elaborato relativo alla rappresentazione cartografica delle indagini raccolte per il presente lavoro di microzonazione sismica, viene reso tramite un foglio in formato A0 (alla scala 1:5.000) e utilizzando come base cartografica la CTR della Regione Marche in formato vettoriale. La maggior parte delle indagini riportate sulla cartografia in esame ha un'origine pregressa (conformemente a quanto previsto dal livello 1 di microzonazione), mentre altre, come già descritto precedentemente, sono state eseguite *ad hoc* per il presente studio.

Le indagini sono state georeferenziate e posizionate sulla carta tramite applicativi GIS, in base all'ubicazione rinvenuta all'interno degli elaborati geologico-tecnici da cui esse sono state tratte (cfr. Riferimenti bibliografici).

Tutte le indagini e le informazioni geotecniche correlate ad esse, sono state archiviate nella banca dati proposta dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la realizzazione di lavori di microzonazione sismica versione 4.0b (AA.VV., 2015). Anche la legenda utilizzata per la rappresentazione delle varie tipologie di indagini, sia puntuali che lineari, è naturalmente quella proposta dal suddetto documento.

La tipologia delle indagini a disposizione, il loro grado di accuratezza e le problematiche emerse dalla loro analisi al fine del presente lavoro, sono state descritte nello specifico al Capitolo 4.

8.2. Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica

Su questo elaborato cartografico vengono riportati tutti gli aspetti geologico-tecnici utili alla realizzazione della microzonazione sismica del territorio. La carta viene resa alla scala 1:5.000 tramite un unico foglio in formato A0 che rappresenta tutto il territorio analizzato e utilizzando come base cartografica la CTR della Regione Marche in formato vettoriale; questo ultimo formato, rispetto a quello *raster* è più duttile, perché permette di gestire al meglio le etichette di testo della base cartografica al fine di renderle meno invasive e quindi lasciare spazio ai già numerosi tematismi previsti dalla legenda dell'elaborato. La mappatura degli aspetti geologico-tecnici è stata eseguita per un areale ritenuto significativo, unicamente in corrispondenza dei diversi centri abitati di interesse al fine degli studi di microzonazione sismica. L'area di studio è stata in genere definita assumendo in primo luogo come riferimento le zone interessate dalla presenza di edifici ed estendendo l'ambito di indagine fino ad un punto significativo dei versanti. L'area sottoposta alla mappatura degli aspetti geologico-tecnici presenta nel caso di Fratte Rosa un'estensione di fatto uguale rispetto a quella delimitata per la realizzazione della carta di microzonazione di livello 1 (Carta delle MOPS).

La legenda della carta è stata sviluppata seguendo le indicazioni fornite negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica vers.4.0b (AA.VV., 2015) e su Martini *et alii* (2011).

Di seguito vengono descritti nel dettaglio tutti gli elementi che rientrano nella legenda della Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica.

Terreni di copertura



MLec – Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità. Origine deposizionale eluvio-colluviale. Coesivo da moderatamente consistente a consistente. Costituiti generalmente da rari clasti arenitici spigolosi, immersi in abbondante matrice limosa e argillosa. Tali terreni rappresentano i depositi di origine eluvio-colluviale che ricoprono i versanti costituiti da substrati prevalentemente del tipo ALS. Gli spessori sono generalmente variabili dai 3 ai 10 m.

CHec – Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse. Origine deposizionale eluvio-colluviale. Coesivo da moderatamente consistente a consistente. Costituiti generalmente da rari clasti marnosi spigolosi, immersi in abbondante matrice limosa e argillosa. Tali terreni rappresentano i depositi di origine eluvio-colluviale che ricoprono i versanti costituiti da substrati prevalentemente del tipo COS. Gli spessori sono generalmente variabili dai 3 ai 10 m.

Substrato geologico



ALS – Alternanza di litotipi stratificato.

Substrato di origine marina che presenta generalmente $V_s < 800$ m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico al Membro delle Arenarie di Borrello (**FAA₂**) e alla *litofacies* pelitoco-arenitica (**FAAa**) della Formazione delle Argille Azzurre.

A volte, nell'area in esame, i primi 3-30 m a partire dal p.c. presentano caratteristiche geomeccaniche e dinamiche differenti (più scadenti) rispetto alla porzione sottostante, a causa di un certo grado di fratturazione e/o alterazione, variazioni litologiche e verosimilmente anche rilascio tensionale.



COS – Coesivo sovraconsolidato stratificato.

Substrato di origine marina che presenta generalmente $V_s < 800$ m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico alla Formazione delle Argille azzurre (**FAA**).

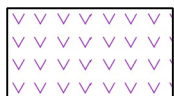
A volte, nell'area in esame, i primi 3-30 m a partire dal p.c. presentano caratteristiche geomeccaniche e dinamiche differenti (più scadenti) rispetto alla porzione sottostante, a causa di un certo grado di fratturazione e/o alterazione, variazioni litologiche e verosimilmente anche rilascio tensionale.

Instabilità di versante

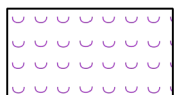
La tipologia di movimento e lo stato di attività delle instabilità di versante sono state riconosciute e distinte

in base a quanto riportato sul PAI (Piano Assetto Idrogeologico) e su IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia).

I depositi di frana presenti nell'area di studio sono sostanzialmente costituiti da accumuli caotici di elementi litoidi (arenitici o marnosi) in matrice pelitica più o meno abbondante o derivano dalla mobilitazione di depositi eluvio-colluviali caratterizzati da materiale a granulometria prevalentemente fine (limi e argille).



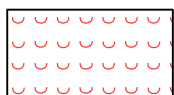
Scorrimento – attivo



Colata – attiva



Scorrimento – quiescente



Colata – quiescente



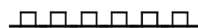
Complessa – quiescente

Forme di superficie e sepolte

Nell'area sottoposta a microzonazione sismica sono stati riconosciuti i seguenti elementi geomorfologici che possono essere causa di amplificazioni del segnale sismico o di effetti secondari sismoindotti.



Orlo di scarpata morfologica di h maggiore di 20 m



Orlo di scarpata morfologica di h compresa fra 10 e 20 m



Cresta



Picco isolato



Traccia della sezione rappresentativa del sottosuolo; traccia lungo la quale è stata realizzata una sezione geologico-tecnica di riferimento

Elementi geologici e idrogeologici



Giacitura di strato (normale) e valore di inclinazione degli strati



Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato



Profondità (m) sondaggio o pozzo che ha raggiunto il substrato (geologico)



Profondità della falda (indicata anche in zone caratterizzate da terreni coesivi)

8.2.1 Sezioni Geologico Tecniche

All'interno dell'area di studio delimitata per la realizzazione della Carta geologico-tecnica, sono stati identificati cinque profili topografici significativi, in corrispondenza dei quali sono state realizzate altrettante sezioni geologico-tecniche.

Tali profili sono stati selezionati in modo da fornire il quadro più completo possibile delle situazioni geomorfologiche e stratigrafiche presenti nell'area di studio. Le sezioni sono state realizzate in modo da permetterne un' efficace rappresentazione alla scala 1:2.000, che costituisce il livello di dettaglio minimo necessario all'efficace rappresentazione degli spessori delle coperture alluvionali e detritiche e dei rapporti geometrici di questi ultimi con il sottostante substrato (*bedrock*).

La legenda riportata nelle sezioni è sostanzialmente la stessa che è stata utilizzata per la Carta geologico-tecnica, sia per quanto riguarda le simbologie che per i colori; alcuni simboli sono stati tuttavia elaborati in via originale, dato che non erano previsti sulle linee guida nazionali per la

microzonazione. Essi, realizzati comunque in analogia di forma e colori rispetto a quelli della Carta geologico-tecnica, sono i seguenti:

	Orlo di scarpata morfologica (> 20 m)
	Orlo di scarpata morfologica (10 – 20 m)
	Cresta
	Picco isolato
	Elemento di dubbia presenza o interpretazione

L'“elemento di dubbia presenza” viene introdotto laddove è stata realizzata un'interpretazione geologica da parte dell'autore, senza la reale disponibilità di dati sperimentali.

Sono stati riportati lungo le sezioni, oltre ai punti dei sondaggi che raggiungono il substrato, anche i siti di misura del rumore ambientale (tramite metodologia HVSr), con le relative frequenze fondamentali di sito (f_0).

8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1)

In base alle caratteristiche del territorio e quindi al modello geologico emerso dalla carta geologico-tecnica, si sono individuate le aree suscettibili di effetti locali (riportate sulla carta delle MOPS) per le quali possono essere attesi effetti di amplificazione del segnale sismico.

Per tale elaborato cartografico (formato A0 alla scala 1:5.000), la base topografica che si è assunta è la cartografia CTR della Regione Marche in formato vettoriale. Le superfici coperte dai tematismi della Carta delle MOPS, sono di fatto le medesime analizzate anche dal punto di vista geologico-tecnico nella relativa cartografia.

I tematismi riportati in legenda sono i seguenti:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**
- **Punti di misura di rumore ambientale**
- **Zone di attenzione per instabilità (unicamente instabilità di versante)**
- **Forme di superficie e sepolte**

Come già riportato al Capitolo 6, non sono state riconosciute aree classificabili come “stabili non suscettibili di amplificazione locale”.

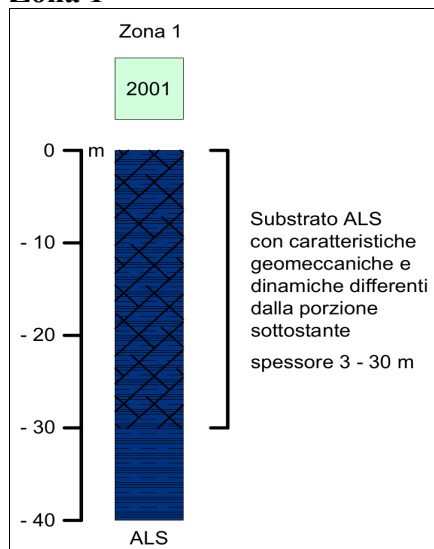
Si descrivono nel seguito i diversi tematismi riportati sulla Carta delle MOPS.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Il presente tematismo è stato realizzato in base alle successioni stratigrafiche rappresentative delle MOPS. Ad ogni colore e codice riportato in legenda e sulla carta, corrisponde una MOPS contraddistinta da una successione stratigrafica tipo.

Di seguito vengono descritte nel dettaglio le diverse microzone omogenee in prospettiva sismica riconosciute.

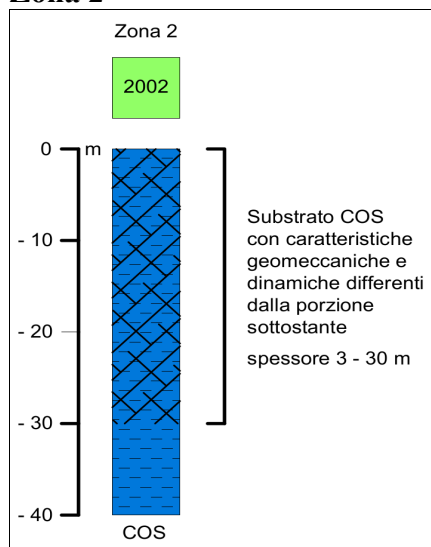
Zona 1



Questa zona è caratterizzata dalla presenza di substrato ALS (alternanze litologiche stratificate) affiorante ed è contraddistinta, in numerosi casi, da contrasti di impedenza sismica lungo la colonna stratigrafica che potrebbero determinare effetti di amplificazione sismica locale. Tali contrasti di impedenza sono dovuti al fatto che la porzione più superficiale del substrato (valutabile in genere con uno spessore 3-30 m in base alle indagini hvsr eseguite) presenta delle caratteristiche geomeccaniche e dinamiche differenti rispetto a quelle della porzione sottostante; le cause di ciò possono essere diverse, come un certo grado di fratturazione e/o alterazione, variazioni litologiche e verosimilmente anche rilascio tensionale.

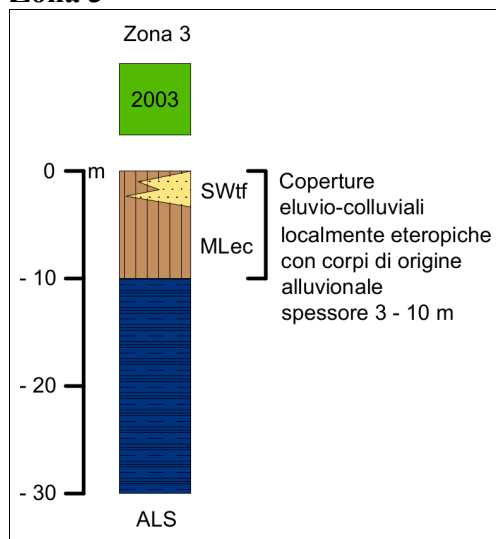
La Zona 1, così come la Zona 2, caratterizza fondamentalmente le creste dei rilievi, oltre naturalmente quei settori in cui la copertura eluvio-colluviale è di spessore inferiore ai 3,0 m e quindi il sottostante *bedrock* può di fatto essere considerato sub-affiorante.

Zona 2



Questa zona è caratterizzata dalla presenza di substrato COS (coesivo sovraconsolidato stratificato) affiorante ed è contraddistinta, in alcuni casi, da contrasti di impedenza sismica lungo la colonna stratigrafica che potrebbero determinare effetti di amplificazione sismica locale. Tali contrasti di impedenza sono dovuti al fatto che la porzione più superficiale del substrato (valutabile con uno spessore 3-30 m in base alle indagini hvsr eseguite) presenta delle caratteristiche geomeccaniche e dinamiche differenti rispetto a quelle della porzione sottostante; le cause di ciò possono essere diverse, come un certo grado di fratturazione e/o alterazione, variazioni litologiche e verosimilmente anche rilascio tensionale.

Zona 3

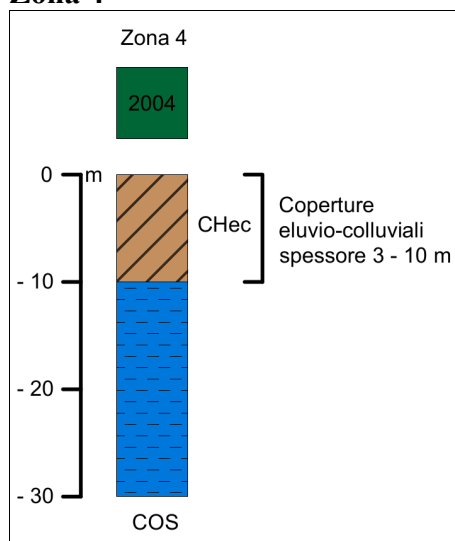


La Zona 3 caratterizza aree ampiamente estese nel territorio di studio e rappresenta molti versanti del settore collinare.

Tale zona è costituita da substrato pliocenico ALS ricoperto da una coltre eluvio-colluviale (MLec) di spessore significativo, in genere è compreso fra 3 e 10 m. Localmente i depositi eluvio-colluviali (MLec) possono presentarsi in eteropia laterale con depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi (SWtf).

Questa zona è caratterizzata da litologie e da un assetto stratigrafico che a volte possono comportare evoluzione verso condizioni di instabilità in presenza di fattori destabilizzanti.

Zona 4



La Zona 4 caratterizza molte aree nel territorio di studio e rappresenta molti versanti del settore collinare.

Tale zona è costituita da substrato pliocenico COS ricoperto da una coltre eluvio-colluviale (CHec) di spessore significativo, in genere è compreso fra 3 e 10 m.

Questa zona è caratterizzata da litologie e da un assetto stratigrafico che a volte possono comportare evoluzione verso condizioni di instabilità in presenza di fattori destabilizzanti.

Punti di misura di rumore ambientale

Sulla Carta delle MOPS vengono riportati i punti di misura di rumore ambientale in corrispondenza dei quali sono state effettuate registrazioni velocimetriche HVSR. Accanto al simbolo della registrazione velocimetrica viene riportata la frequenza fondamentale del sito f_0 in Hz (cfr. paragrafo 8.4).

Zone di attenzione per instabilità di versante

Le zone di attenzione per instabilità riportate sulla carta delle MOPS per il Comune di Fratte Rosa sono le seguenti:



Zona di attenzione per instabilità di versante attiva (ZA_{FR_A}) rientrante in corrispondenza della Zona 3 suscettibile di amplificazione sismica.



Zona di attenzione per instabilità di versante attiva (ZA_{FR_A}) rientrante in corrispondenza della Zona 4 suscettibile di amplificazione sismica.

Le instabilità di versante derivano dal medesimo tematismo riportato sulla Carta geologico-tecnica, pertanto per la loro descrizione si veda il relativo paragrafo del presente lavoro.

Per il Comune Fratte Rosa non sono state identificate instabilità da liquefazione. Infatti, benché ci siano sondaggi che mostrano un livello dalla falda al di sopra dei 15 m dal p.c., la probabilità che possano verificarsi fenomeni di liquefazione può essere considerata remota, in virtù delle classi geotecniche riconosciute nell'area di studio, che sono in genere caratterizzate da un elevato contenuto in fini e quindi da terreni prevalentemente coesivi.

Allo stesso tempo non si reputa di poter delimitare aree con terreni molto scadenti e in grado di dar vita facilmente a cedimenti differenziali in caso di sisma.

Forme di superficie e sepolte

Le forme di superficie e sepolte riportate sulla Carta delle MOPS derivano direttamente da quelle presenti sulla Carta geologico-tecnica (cfr. paragrafo 8.2).

L'unico tematismo non riportato sulla Carta geologico-tecnica è quello relativo alle tracce delle sezioni topografiche che sono state identificate per la valutazione di eventuali effetti di amplificazione dovuti alla morfologia locale.

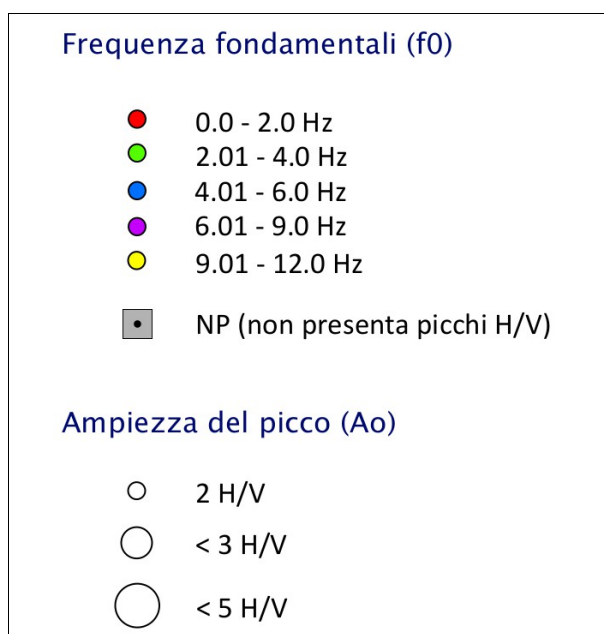
Traccia di sezione topografica

8.4. Carta delle frequenze naturali

In questo elaborato cartografico, non previsto dagli standard nazionali per il livello 1 di microzonazione sismica, vengono riportati i risultati ottenuti tramite le indagini HVSR eseguite nell'area di studio, sia quelle pregresse, che quelle effettuate nell'ambito di microzonazione sismica. Si è deciso di produrre tale cartografia come ulteriore elemento finalizzato a definire in maniera più approfondita la risposta sismica attesa localmente, cercare corrispondenze fra le MOPS elaborate nell'ambito della microzonazione di livello 1 e le frequenze fondamentali di vibrazione (f_0) e avviare in qualche modo la successiva fase di microzonazione (livello 2), cercando di individuare, già da questa, le zone che potrebbero necessitare dei maggiori approfondimenti.

I punti che sono stati riportati sulla carta sono quelli per i quali si riteneva che le misure effettuate fossero affidabili, in maniera da essere assunte in via definitiva come dato (stante le incertezze sperimentali associate alla metodologia in esame).

Di seguito viene riportata la legenda utilizzata sulla Carta delle frequenze naturali:



Le frequenze naturali di interesse ingegneristico per le aree in esame (sostanzialmente comprese fra 1,0 e 10,0 Hz), sono state suddivise in 5 classi, in maniera da poterle eventualmente associare facilmente alle frequenze di vibrazione degli edifici insistenti nei settori corrispondenti e quindi poter valutare speditivamente dove si necessiti maggiormente di analisi di approfondimento. Le indagini hvsr che non presentavano picchi superiori a 2 H/V nel *range* di frequenze compreso fra 1,0 e 10,0 Hz, sono state contrassegnate da apposito simbolo (NP). Infine, l'ampiezza del picco H/V, ove presente, è stata resa graficamente con cerchi a diametro crescente.

In tabella 8.1 vengono riportati i risultati di una operazione di *geoprocessing* eseguita tramite QGIS sui risultati delle indagini di microtremore: i punti di indagine sono stati intersecati spazialmente con i poligoni delle MOPS (*Stab.shp*) identificate per l'area di studio, fornendo così un primo confronto fra la microzonazione eseguita su base geologica e stratigrafica e la campagna di misure geofisiche effettuate. Dalla suddetta tabella si nota come ci sia una buona corrispondenza fra le MOPS e le frequenze fondamentali. Le microzone riconosciute in questa fase di analisi (livello 1) sono contraddistinte da un'ampia variabilità stratigrafica, in particolare relativa agli spessori delle coperture.

INDAGINE	f0	h/v	Interfaccia	Contesto stratigrafico
Fr1	0	0	/	substrato affiorante
Fr2	4,7	2,44	20	substrato affiorante
Fr3	6,9	3,59	15	coperture colluviali
Fr4	4,1	3,75	25	coperture colluviali
Fr5	2,8	2,9	35	substrato affiorante (molto alterato)
FRa	8,75	2,9	10	substrato affiorante (molto alterato)
FRb	5,09	2,7	20	substrato affiorante
FRc	6,47	2,05	15	substrato affiorante
Fr6	1,6	2,53	70	contatto profondo
Fr7	11,5	2,78	8	substrato affiorante
Fr8	8,4	4,41	10	coperture colluviali
Fr9	2,9	1,44	35	substrato affiorante
Fr11	3,7	1,85	25	substrato affiorante
Fr10	3,3	2,4	30	substrato affiorante
Fr12	2,3	1,97	50	contatto profondo
Fr13	2,3	2,37	50	contatto profondo
Fr14	5,1	2,78	20	substrato affiorante
Fr15	3,2	2,01	30	substrato affiorante
Fr16	3,7	2,29	25	substrato affiorante
Fr17	4,6	2,44	20	substrato affiorante
hvsr5 (bibliografica)	3,2	1,7	30	substrato affiorante
hvsr13 (bibliografica)	1,3	1,5	85	contatto profondo
hvsr22 (bibliografica)	1,4	1,9	80	contatto profondo
hvsr23 (bibliografica)	1,7	2,5	65	contatto profondo
hvsr25 (bibliografica)	2,3	2,4	50	contatto profondo
hvsr26 (bibliografica)	1,3	2,1	85	contatto profondo

Tabella 8.1 – *Report* dell'intersezione spaziale fra indagini HVSr e MOPS; le profondità dell'interfaccia risonante sono misure medie indicative. Le indagini di maggiore importanza dal punto di vista ingegneristico, sia per la frequenza osservata che per l'intensità del rapporto H/V, sono state riportate in giallo.

Non mancano comunque situazioni “eccezionali”, ossia che di fatto si discostano da quelle che sono le regole fino a questo punto riconosciute. Tale quadro generale, sia per quanto riguarda le regole fondamentali che le eccezioni riscontrate, rappresenta sicuramente un ottimo punto di partenza per

la pianificazione di successive indagini di approfondimento nell'ambito di un eventuale livello di approfondimento della microzonazione sismica del Comune di Fratte Rosa.

In numerose indagini si rileva la presenza di un contrasto di impedenza relativamente profondo e poco marcato (basso rapporto H/V), che indica probabilmente una variazione litologica alle profondità corrispondenti (fra 50 e 85 m), forse dovuta al passaggio fra il Membro delle Arenarie di Borrello (**FAA₂**) e le sottostanti *facies* argillose della Formazione delle Argille Azzurre (**FAA**).

Nonostante l'ampia variabilità si riconoscono comunque degli intervalli di frequenza che caratterizzano maggiormente le singole microzone, che in alcuni casi mostrano in maniera evidente delle differenze strettamente legate alle variazioni spaziali orizzontali. La presente analisi permette di evidenziare le zone in cui sarà necessario inevitabilmente infittire la maglia di indagine, al fine di poter ulteriormente suddividere le microzone identificate nel livello 1 in aree di maggior dettaglio dal punto di vista della risposta sismica.

8.5. *Commenti finali e criticità*

Le analisi di microzonazione sismica eseguite nelle aree perimetrate a tal fine hanno permesso, in relazione alla quantità, alla qualità e alla tipologia delle indagini stratigrafiche e geofisiche disponibili, una buona definizione delle microzone a comportamento sismico omogeneo secondo i criteri previsti dal livello 1.

Le criticità applicative e le problematiche tecniche di ogni elaborato cartografico sono state ampiamente descritte nei relativi paragrafi.

Per quanto riguarda le aree di instabilità di frana riconosciute e distinte sulle diverse cartografie redatte, esse necessiteranno di un livello ulteriore di approfondimento (livello 3), indirizzato fondamentalmente a definire la reale pericolosità dei fenomeni franosi segnalati (prossimi ai centri abitati) in caso di evento sismico e gli spostamenti effettivamente attesi. Nell'area di studio non sono state indicate altre tipologie di aree classificabili come di attenzione per instabilità. Infatti, benché ci siano sondaggi che mostrano un livello dalla falda al di sopra dei 15 m dal p.c., i fenomeni di liquefazione possono essere considerati abbastanza remoti in virtù delle classi geotecniche riconosciute nell'area di studio, che sono in genere caratterizzate da un elevato contenuto in fini e quindi da terreni prevalentemente coesivi non suscettibili a tale tipologia di fenomeno seismoindotto.

Non si reputa di poter delimitare aree con terreni molto scadenti e in grado di dar vita facilmente a cedimenti differenziali in caso di sisma, al punto da segnalare con certezza la loro presenza come elementi di instabilità sulla Carta delle MOPS.

8.5.1 Successivi livelli di microzonazione e pianificazione della campagna indagini

Alla luce dei risultati ottenuti con questo primo livello di microzonazione sismica ed in base alle criticità riscontrate durante le varie fasi del lavoro (cfr. Capitolo 6), si vogliono fornire delle linee guida al fine della realizzazione della campagna indagini che dovrebbe condurre, in prospettiva futura, all'elaborazione di un eventuale studio di microzonazione di livello 2.

Come più volte osservato, già in questa fase si è dato di fatto il via ad una prima campagna indagini, applicata a tutte le aree microzionate e rivolta alla determinazione delle frequenze fondamentali (f_0); la prima fase di una futura campagna per la microzonazione di livello 2 dovrà essere rivolta al completamento di quanto fatto fino ad ora, tramite la copertura delle zone in cui vi è scarsità di dati f_0 (frequenza naturale di vibrazione) e attraverso la realizzazione di una maglia più stretta nelle aree già coperte, in particolare nei settori in cui si hanno valori di frequenza non coerenti fra loro. In particolare, un obiettivo molto importante sarà quello di riuscire a distinguere le eventuali zone stabili non suscettibili di amplificazione da quelle stabili suscettibili di amplificazione, cosa che non è stato possibile effettuare in questa prima fase con l'attuale disponibilità di dati. Si reputa che, in considerazione dell'estensione del territorio comunale microzonato, saranno necessari, per raggiungere gli obiettivi di cui sopra, un numero di rilievi HVSR almeno pari a quello delle indagini effettuate nel presente studio (20).

Un'altra tipologia di indagine geofisica che potrebbe rivelarsi molto utile è la sismica a rifrazione (eseguita con tecnica tomografica). Questo tipo di analisi permette infatti di ricostruire il contatto profondo fra coperture e substrato e determinare inoltre in maniera abbastanza precisa la velocità delle onde sismiche; questi aspetti potrebbero rivelarsi molto importanti per definire in maniera precisa il limite fra coperture eluvio-colluviali e substrato e determinarne quindi il reale andamento bidimensionale e tridimensionale anche grazie alla correlazione con i dati puntuali derivanti dai sondaggi già a disposizione.

L'esecuzione di alcune prove MASW in punti ben determinati in cui si ha la possibilità di correlare tale indagine con una HVSR e con una prova meccanica (sondaggio o penetrometria), potrebbe chiudere il quadro della campagna indagini e migliorare di molto le informazioni in possesso riguardanti le velocità V_s delle onde sismiche di taglio per i terreni oggetto di studio (questo aspetto risulta fondamentale per le analisi di livello 2).

Si ritiene che l'esecuzione di indagini meccaniche quali sondaggi e penetrometrie, sia poco pratica al fine di una microzonazione di livello 2 per il Comune di Fratte Rosa, dato che il costo delle medesime rispetto ad indagini geofisiche è molto alto, in particolare se paragonato alle informazioni assai maggiori che possono offrire queste ultime. Inoltre, per il territorio esaminato sono attualmente disponibili sufficienti indagini meccaniche, mentre si ha scarsità di dati geofisici.

9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati

Eseguire un confronto fra la microzonazione realizzata nell'ambito del presente lavoro e gli eventi passati è molto difficile per un paese come Fratte Rosa, il quale non ha subito recentemente sismi in grado di produrre un danneggiamento diffuso e quindi di mettere anche in evidenza fenomeni di amplificazione locale. Inoltre, benché esistano delle cronache storiche abbastanza esaurienti sugli eventi sismici storici che coinvolsero la Valle del Metauro e la Valle del Cesano (1741; 1781; 1930), esse non sono comunque abbastanza dettagliate per procedere ad uno studio metodico sul danneggiamento generale relativamente al territorio comunale di Fratte Rosa, per il quale, come già più volte sottolineato, non vengono quasi mai descritti specifici effetti macrosismici.

10. Riferimenti bibliografici

Pubblicazioni citate

AA.VV., 2004 (in revisione) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 280 Fossombrone*. http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/280_FOSSOMBRONE/Foglio.html. I relativi rilevamenti alla scala 1:10.000 sono disponibili all'indirizzo web della Regione Marche <http://www.ambiente.marche.it/Territorio/Cartografieeinformazioniterritoriali/Archiviocartograficoeinformazioniterritoriali/Cartografie/CARTAGEOLOGICAREGIONALE110000.aspx>.

AA.VV., 2008 – *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Gruppo di lavoro “Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica”. A cura di F. Bramerini, G. Di Pasquale, G. Naso & M. Severino. Presidenza del Consiglio dei Ministri. Dipartimento della Protezione Civile. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome; commissione protezione civile, Sottocommissione 8 Attuazione della normativa sismica.

AA.VV., 2009 – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 281 Senigallia*. http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/281_SENIGALLIA/Foglio.html. I relativi rilevamenti alla scala 1:10.000, sono disponibili all'indirizzo web della Regione Marche <http://www.ambiente.marche.it/Territorio/Cartografieeinformazioniterritoriali/Archiviocartograficoeinformazioniterritoriali/Cartografie/CARTAGEOLOGICAREGIONALE110000.aspx>.

AA.VV., 2015 – *Microzonazione Sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*. Versione 4.0b (Roma, ottobre 2015) – documento redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica – art.5, c.7 dell'OPCM 13.11.2010, n.3907.

Barchi M. & Lavecchia G., 1994 – *Tettonica compressiva e distensiva*. In A.A. V.V. – *Appennino Umbro – marchigiano*. Guide Geologiche Regionali, BE-MA Editrice, 61 – 66.

Barchi M., Guzzetti F., Lavecchia G., Lolli O. & Contempo R., 1988 – *Sezioni geologiche bilanciate attraverso il sistema a pieghe umbro – marchigiano: 1. la sezione Trevi – Valle del Lambro*. Boll. Soc. Geol. It., 107, 109 – 130.

Barchi M., Minelli G. & Piali G., 1998 – *The CROP03 profile: a synthesis of result on deep structures of the Northern Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., 52, 383 – 400.

Basili R., 2001 – *Seismogenic sources from Geologic/Geophysical Data: 29 – Conero Offshore, 30 – Senigallia*. In Valensise G. & Pantosti D. (eds.), *Database of potential sources for Earthquakes Larger than M5.5 in Italy*. Annali di Geofisica, Suppl. to vol. 44, pp. 180.

Basili R. & Valensise G., 2001 – *Seismogenic sources from Geologic/Geophysical Data: 31 – Fano Ardizio, 32 – Pesaro San Bartolo, 33 – Rimini Offshore South, 34 – Rimini Offshore North, 35 – Rimini, 36 – Val Marecchia*. In Valensise G. & Pantosti D. (eds.), *Database of potential sources for Earthquakes Larger than M5.5 in Italy*. Annali di Geofisica, Suppl. to vol. 44, pp. 180.

Calamita F., Deiana G., Invernizzi C. & Pizzi A., 1991 – *Tettonica*. In: A.A. V.V. – *L'ambiente fisico delle Marche*. S.EL.CA. S.r.l., Firenze, 67 – 80.

Cancani A., 1898 – *Il terremoto adriatico-marchigiano del 21 settembre 1897*.

Castellaro S., Mulargia F., Bianconi L., 2005 – *Passive seismic stratigraphy: a new efficient, fast and economic technique*. Geologia Tecnica e Ambientale, 3, 76-102.

Centamore E. & Micarelli A., 1991 – *Stratigrafia*. In: A.A. V.V. – *L'ambiente fisico delle Marche*. S.EL.CA. S.r.l. , Firenze, 1 – 58.

Coward M.P., De Donatis M., Mazzoli S., Paltrinieri W. & Wezel F.C., 1999 – *Frontal part of the northern Appennines fold and thrust belt in the Romagna – Marche area (Italy): shallow and deep structural styles*. *Tectonics*, 18, 559 – 574.

Deiana G. & Piali G., 1994 – *Le province strutturali dell'Appennino Umbro – marchigiano*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 48, 473 – 484.

Di Bucci D., Mazzoli S., Nesci O., Savelli D., Tramontana M., De Donatis M., Borracini F., 2003 – *Active deformation in the frontal part of the Northern Appennines: insights from the lower Metauro river basin area (northern Marche, Italy) and adjacent Adriatic off-shore*. *Journal of Geodynamics*, 36, 213 – 238.

DISS Working Group, 2007 – *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://www.ingv.it/DISS/>, © INGV 2007 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Francavilla F., 1976 – *Alvei paralleli del Fiume Metauro a San Lazzaro di Fratte Rosa (Marche settentrionali)*. *Studi Geologici Camerti*, II; 107-112.

Lavecchia G., 1988 – *The Tyrrhenian – Appennine system: structural setting and seismotectogenesis*. *Tectonophysics*, 147, 263 – 296.

Lavecchia G., Boncio P., & Brozzetti F., 2000 – *Analisi delle relazioni tra sismicità e strutture tettoniche in Umbria – Marche – Abruzzo finalizzata alla realizzazione della mappa delle zone sismogenetiche*. In: Galadini F., Meletti C. & Rebez A. (eds.), *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996 – 1999)*. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma.

Lavecchia G., Boncio P. & Creati N., 2003 – *A lithospheric-scale seismogenic thrust in central Italy*. *J. Geodyn.*, 36, 79-94.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E., 2016 – *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

Mazzoli S., Santini S., Macchiavelli C. & Ascione A., 2014 – *Active tectonics of the outer northern Appennine: Adriatic vs. Po Plain seismicity and stress field*. *Journal of Geodynamics*; Vol. 84, march 2015; pag. 62-76.

Martini G., Castenetto S. & Naso G., 2011 – *La carta geologico tecnica per gli studi di MS*. Supplemento alla rivista trimestrale *Ingegneria Sismica*. Anno XXVIII, n.2; pag. 14 – 17.

Meletti C. & Valensise G., 2004 (a cura di) – *Zonazione sismogenetica ZS9 App.2 al Rapporto Conclusivo*. Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 20/03/03 n. 3274). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Molin D., Stucchi M. e Valensise G., 1996 – *Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*. GNDT, INGV, Servizio Sismico Nazionale; elaborato per il Dipartimento di Protezione Civile; http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/max_int_oss.html.

Monachesi G., Coppari H., Meloni F., Mirena S., Molin D. & Mucci L., 1995 – *Macroseismic observations in Central Italy*. Proceedings of XXIV ESC Gen. Assembly, Athina, 19-24 September 1994, pp. 1673-1680.

Monachesi G. & Stucchi M., 1997 – *DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno*. GNDT, Rapporto interno, Milano – Macerata (<http://emidius.mi.ingv.it/DOM/>).

Galadini F., Meletti C., & Vittori E., 2000 – Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. In: Galadini F., Meletti C. & Rebez A. (eds.), *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996 – 1999)*. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 107 – 136.

Palmstrom A., 2005 – *Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD)*. Tunnels and Underground Space Technology 20 (2005) 362-377.

Patrignani G.L., 2010a – *Terremoto del 06/06/1781, Appennino marchigiano (Monte Nerone)*. La Valle del Metauro. Banca dati sugli aspetti naturali ed antropici del bacino del Metauro. <http://www.lavalledelmetauero.org>.

Patrignani G.L., 2010b – *Terremoto del 30/10/1930, Marche settentrionali (Senigallia)*. La Valle del Metauro. Banca dati sugli aspetti naturali ed antropici del bacino del Metauro. <http://www.lavalledelmetauero.org>.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016 – *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.

Savelli D., 1984 – *Osservazioni sulla evoluzione delle alluvioni terrazzate nelle Marche settentrionali*. Boll. Soc. Geol. It.

Savelli D., Bartole R., Moretti E., 1984 – *Caratteristiche litostratigrafiche con l'ausilio del sismografo di un terrazzo alluvionale del F. Metauro a Fossombrone (Marche settentrionali)*. L'Ateneo Parmense, Acta Naturalia 55, 63-79.

Savelli D., De Donatis M., Mazzoli S., Nesci O., Tramontana M., Veneri F., 2002 – *Evidence for Quaternary Faulting in the Metauro River Basin (Northern Marche Apennines)*. Boll. Soc. Geol. It., Volume speciale n.1, 931-937, 6ff.

Scandone P. & Stucchi M., 2000 – *La zonazione sismogenetica ZS4 come strumento per la valutazione della pericolosità sismica*. In: Galadini F., Meletti C. & Rebez A. (eds.), *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996 – 1999)*. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 3 – 14.

Wells D.L. & Coppersmith K.J., 1994 – *New empirical relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement*. Bull. Seism. Soc. Am., 84, 974 –

1002.

Valensise G. & Pantosti D., 2001 – *Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy*. Annali di Geofisica, suppl. Vol. 44, 180 pp., with CD-ROM.

Elenco lavori dei liberi professionisti (indagini della banca dati)

Dott. Geol. Alberto Antinori – *Costruzione di un edificio unifamiliare in Via del Cerreto* – Novembre 2006.

Dott. Geol. Alberto Antinori – *Ristrutturazione di un fabbricato rurale sito in Via Peglio* – Febbraio 2008.

Dott. Geol. Pieramelio Baldelli – *Miglioramento sismico edificio rurale* – Dicembre 2002.

Dott. Geol. Pieramelio Baldelli – *Ristrutturazione fabbricato di civile abitazione* – Aprile 2008.

Dott. Geol. Massimo Basili – *Risanamento strutturale di un fabbricato interessato da fenomeni di dissesto statico, situato in via delle terre cotte, 3* – Luglio 2015.

Dott. Geol. Ferrante Bernardini – *Riconversione dell'ex complesso conventuale di Santa Vittoria in struttura ricettiva* – Gennaio 2010.

Dott. Geol. Stefano Boccarossa – *Ristrutturazione casa di civile abitazione loc. Torre San Marco* – Giugno 1996.

Dott. Geol. Stefano Boccarossa – *Ampliamento cimitero di Santa Vittoria costruzione tomba di famiglia* – Luglio 2000.

Dott. Geol. Stefano Boccarossa – *Realizzazione cappella gentilizia nel cimitero comunale di Santa Vittoria* – Settembre 2009.

Dott. Geol. Stefano Boccarossa – *Indagine geognostica sul terreno di fondazione di fabbricato sito in via delle terrecotte, interessato da lesioni* – Marzo 2010.

Dott. Geol. Stefano Boccarossa – *Consolidamento dell'edificio destinato a locali di ministero pastorale sito in via delle mura, 1* – Settembre 2010.

Dott. Geol. Stefano Boccarossa – *Realizzazione di portico in legno con copertura in tavolato e pannelli fotovoltaici da adibire a ricovero auto in via convento Santa Vittoria n.51* – Luglio 2011.

Dott. Geol. Stefano Boccarossa – *Riparazione e restauro conservativo delle murature chiesa Madonna delle Grazie, via dei piani Località Torre San Marco* – Settembre 2013.

Dott. Geol. Emanuele Boria – *Costruzione fabbricato di civile abitazione in Via del Cerreto* – Gennaio 2006.

Dott. Geol. Emanuele Boria – *Costruzione villa unifamiliare* – Marzo 2009.

Dott. Geol. Emanuele Boria – *Ristrutturazione accessorio a servizio di un fabbricato residenziale*

sito in via campo d'archi – Dicembre 2011.

Dott. Geol. Giovanni Borri – *Ristrutturazione di un fabbricato di civile abitazione* – Gennaio 1998.

Dott. Geol. Giovanni Borri – *Realizzazione di un accessorio agricolo adibito a fienile ed essiccatoio sementi* – Febbraio 1999.

Dott. Geol. Giovanni Borri – *Realizzazione di un fabbricato di civile abitazione con annessa piscina* – Novembre 2002.

Dott. Geol. Giovanni Borri – *Realizzazione di un fabbricato di civile abitazione* – Dicembre 2004.

Dott. Geol. Giovanni Borri – *Realizzazione di un laghetto collinare* – Novembre 2004.

Dott. Geol. Giovanni Borri – *Realizzazione di una tettoia in legno* – Dicembre 2010.

Dott. Geol. Paolo Busdraghi – *Ripristino e miglioramento sismico della chiesa di San Marco Evangelista, Torre San Marco (PU)* – Settembre 2005.

Dott. Geol. Luigi Curzi – *Ristrutturazione di un fabbricato colonico in loc. Fonte Romana lesionato dal terremoto del 26.09.1997* – Novembre 1999.

Dott. Geol. Luigi Curzi – *Ampliamento di un fabbricato residenziale in Via Peglio* – Novembre 2006.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Realizzazione cappelline gentilizie nel locale cimitero* – Maggio 1996.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Costruzione fabbricato di civile abitazione* – Maggio 1997.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Ristrutturazione di fabbricato di civile abitazione* – 1997.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Realizzazione di capannone agricolo* – Settembre 1997.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Realizzazione di laboratorio-abitazione* – Settembre 1997.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Straordinaria manutenzione fabbricato di civile abitazione* – Agosto 1999.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Ristrutturazione di fabbricato di civile abitazione* – Maggio 2001.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Ristrutturazione accessorio agricolo* – Maggio 2001.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Ristrutturazione di fabbricato di civile abitazione* – Settembre 2001.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Costruzione fabbricato unifamiliare* – Settembre 2003.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Ristrutturazione di un fabbricato di civile abitazione unifamiliare* – Marzo 2007.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Ristrutturazione di un fabbricato di civile abitazione* – Novembre

2007.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Ristrutturazione di un fabbricato bifamiliare di civile abitazione* – Novembre 2008.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Ristrutturazione edilizia di un fabbricato* – Giugno 2010.

Dott. Geol. Giuseppa Fattori – *Ristrutturazione ed ampliamento edilizia di un fabbricato* – Aprile 2016.

Studio Geologico Associato GEOCON – *Muro di sostegno a servizio di un fabbricato rurale in loc. Torre Sa Marco, via loti, 3B* – Luglio 1994.

Dott. Geol. Francesco Gianbartolomei – *Costruzione di un fabbricato in località Torre San Marco per la realizzazione di n. 4 alloggi di E.R.A.P.* – Settembre 2008.

Dott. Geol. Lorenzo Magi Galluzzo – *Verifica del sistema di smaltimento delle acque reflue civili prodotte da un fabbricato urbano* – Agosto 1998.

Dott. Geol. Fabrizio Mantoni – *Costruzione di un muro di sostegno in c.a. da realizzarsi in via cavallina, 20* – Giugno 2013.

Dott. Geol. Fabrizio Mantoni – *Costruzione di un edificio di civile abitazione in via del Cerreto* – Febbraio 2014.

Dott. Geol. Fabrizio Mantoni – *Restauro e risanamento conservativo di un fabbricato di civile abitazione sito in via Fonte romana, 13/14* – Agosto 2014.

Dott. Geol. Giovanni Montini – *Ampliamento capannone industriale* – Marzo 1992.

Dott. Geol. Lenzi Umberto – *Progetto di riuso e valorizzazione funzionale della parte consolidata del convento di santa vittoria per centro di formazione e documentazione dell'artigianato della tradizione dei "Cocci di Fratte Rosa"* – Giugno 1994 .

Dott. Geol. Vittorio Longhini – *Realizzazione di un laboratorio di confezionamento di prodotti agricoli biologici con annessi centro di formazione e abitazione* – Dicembre 2006.

Dott. Geol. Rossano Rocchetti – *Progetto di ripristino e restauro con miglioramento sismico della chiesa di Santa Maria in Castagneto* – Giugno 1999.

Dott. Geol. Rossano Rocchetti – *Consolidamento porzione di mura castellane dell'abitato di Torre San Marco* – Gennaio 2013.

Dott. Geol. Rossano Rocchetti – *Ristrutturazione laboratorio n.2 a pubblico esercizio bar piadineria* – Giugno 2013.

Dott. Geol. Roberto Romagna – *Costruzione di un deposito attrezzi annesso al fabbricato rurale sito in Località Santa Vittoria, 33* – Agosto 1996.

Dott. Geol. Romano Romanini – *Costruzione accessorio agricolo da destinare a ricovero macchine*

ed attrezzi in via San Giovanni – 2004.

Dott. Geol. Romano Romanini – *Ristrutturazione accessorio agricolo, sito in loc. Serre n. 28 – 2010*

Studio Geologico Associato Rondoni & Darder – *Consolidamento e ripristino funzionale della scuola materna di Torre San Marco – Febbraio 2000.*

Dott. Ing. Celso Tagnani – *Intervento di sistemazione edificio scolastico in via ravignana – Dicembre 1999.*

Dott. Geol. Diego Talozzi – *Lavori di riparazione della sede stradale in Frescuccio interessata da un movimento franoso – Maggio 2016.*

11. Allegati

1 – Sismicità storica dell'area nord marchigiana

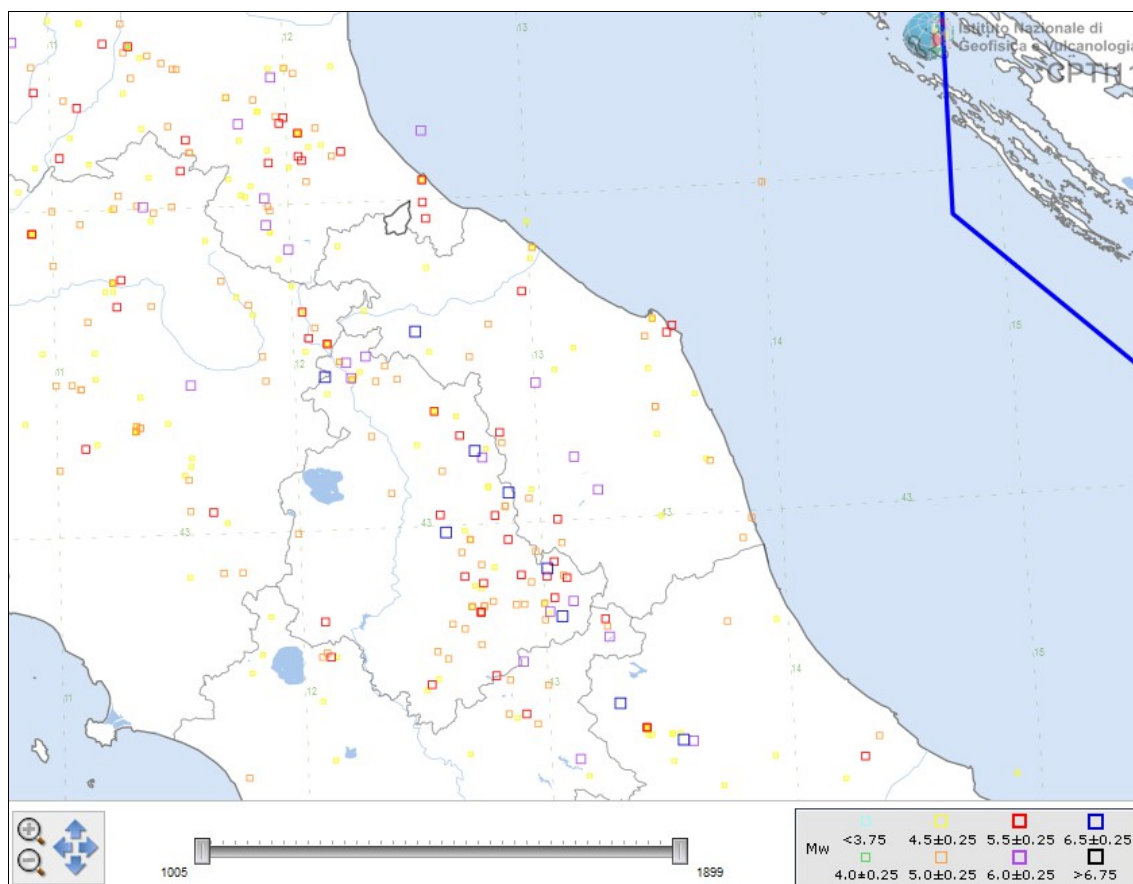
2 – Rilievi di affioramento

3 – Rilievi geofisici (HVSr)

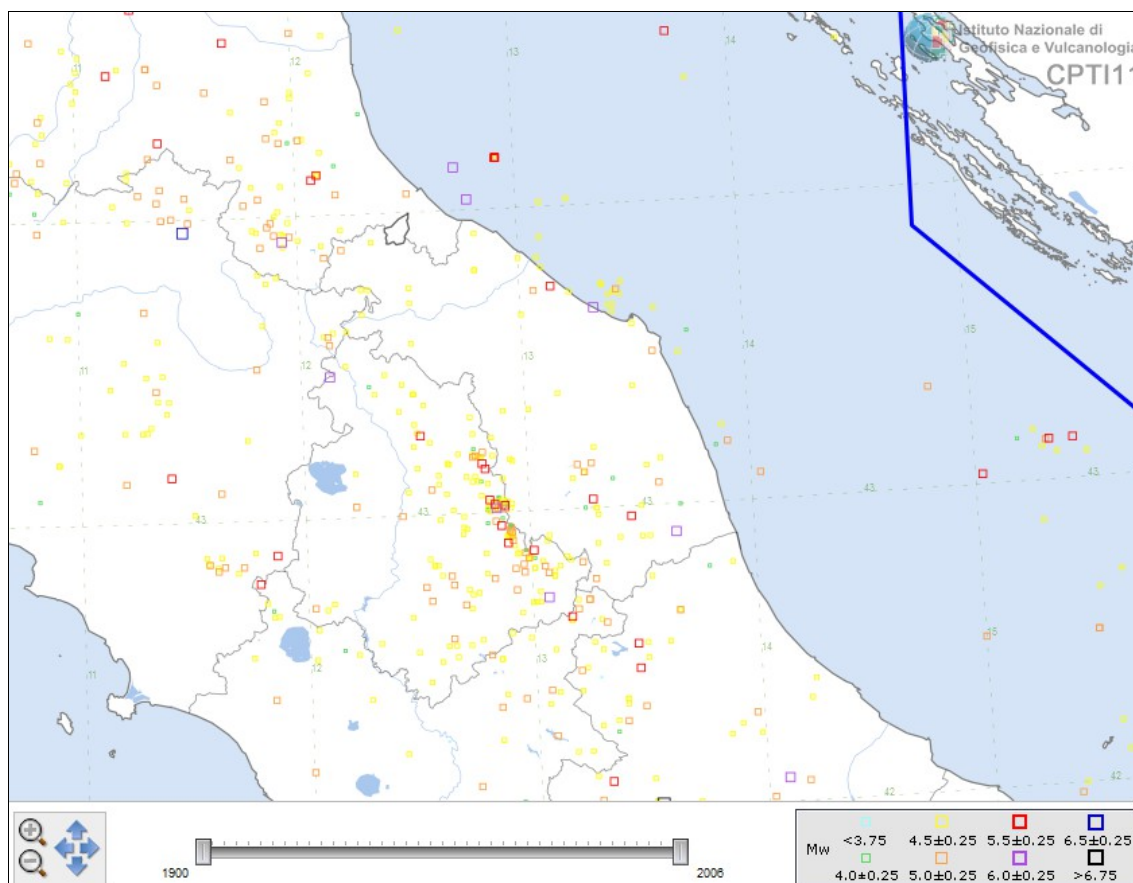
Allegato 1

Sismicità storica dell'area nord marchigiana

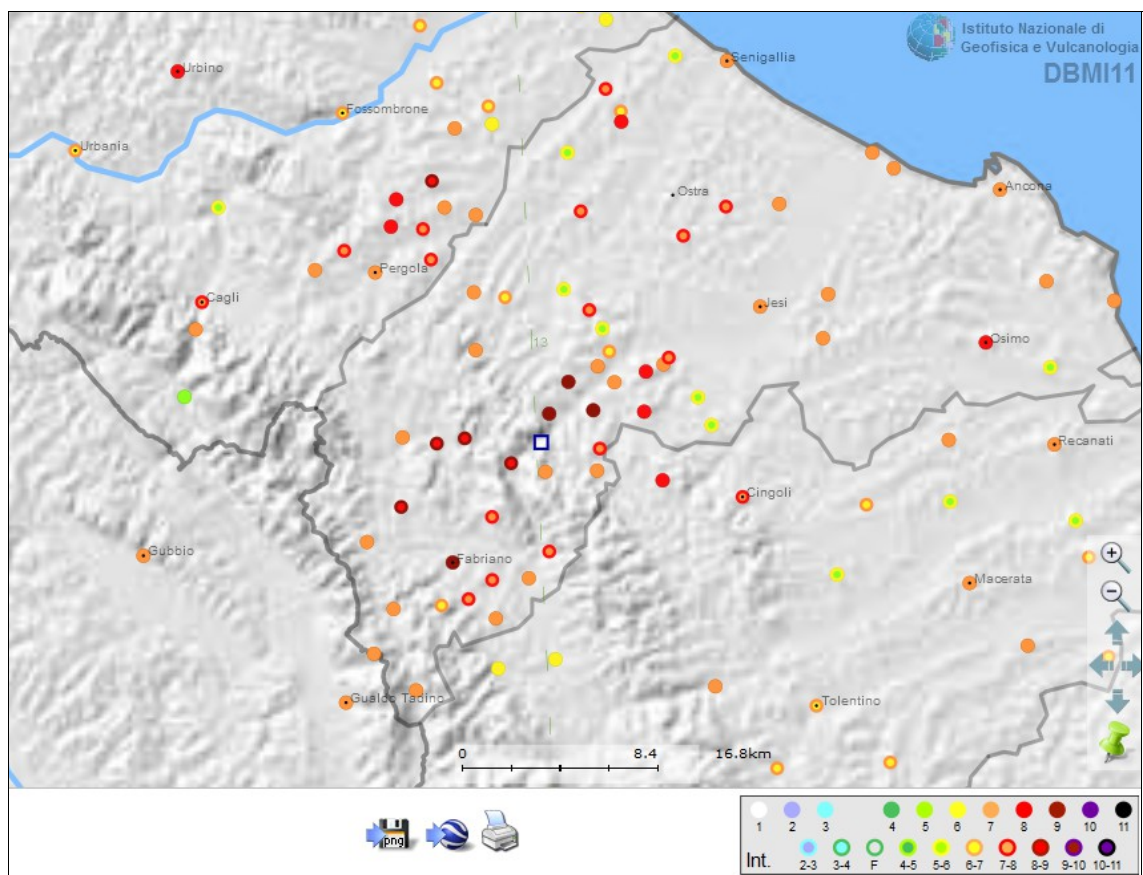
(tratto da M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. **DBMI11**, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>, DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11 e da A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. **CPTI11**, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI11>)



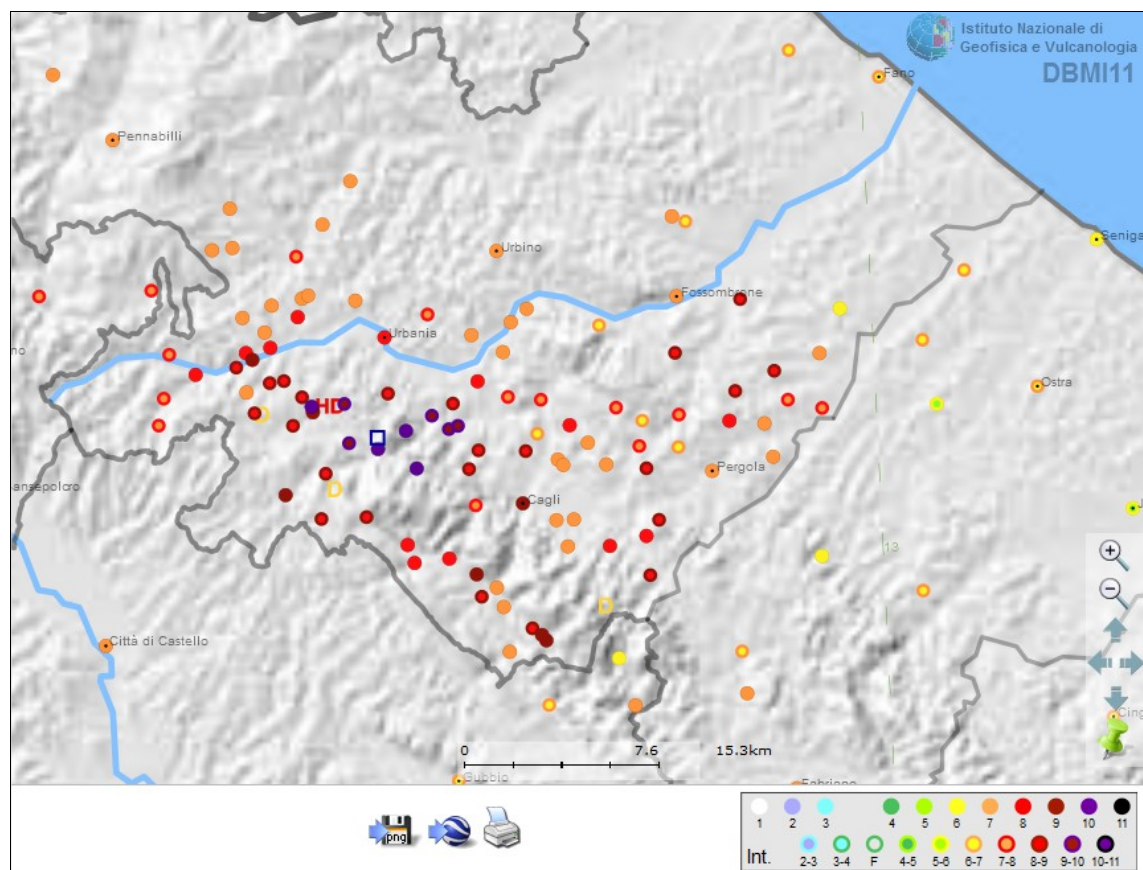
Terremoti intervallo temporale 1000 – 1899; CPTI11.



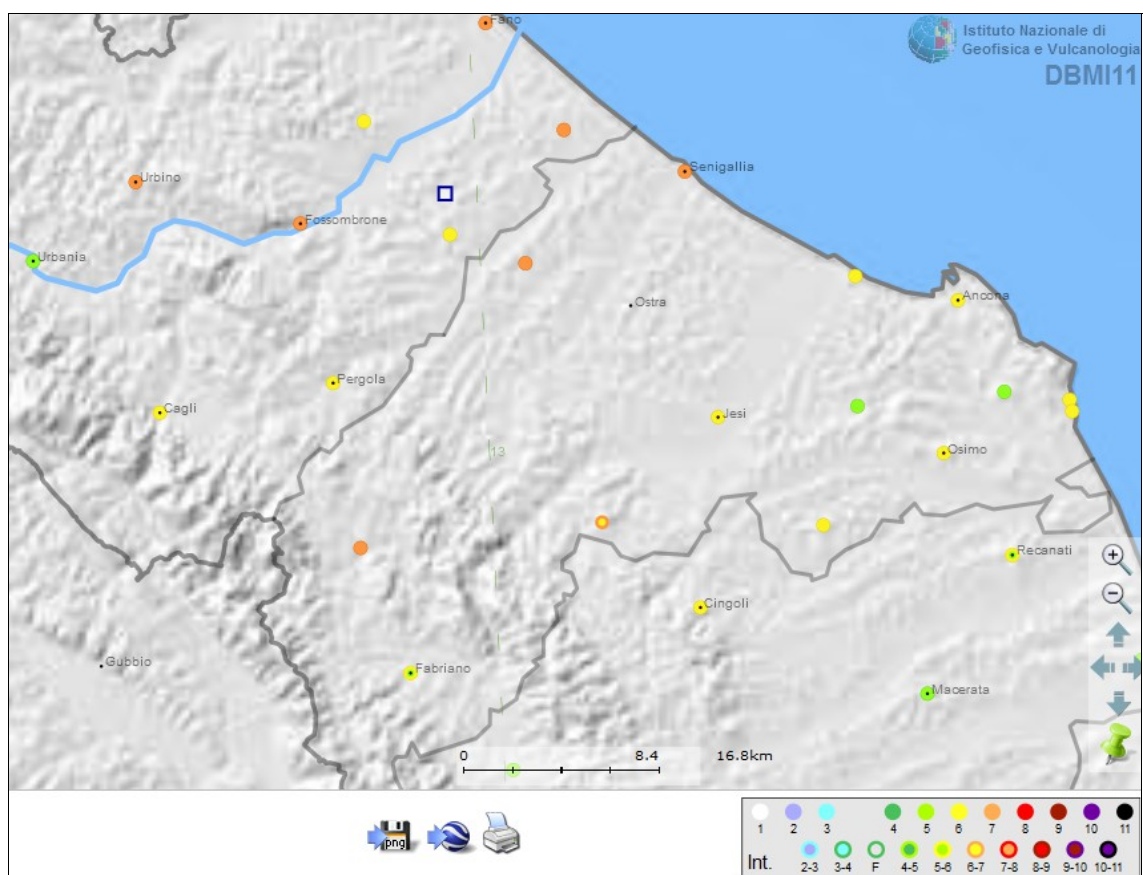
Terremoti intervallo temporale 1900 – 2006; CPTI11.



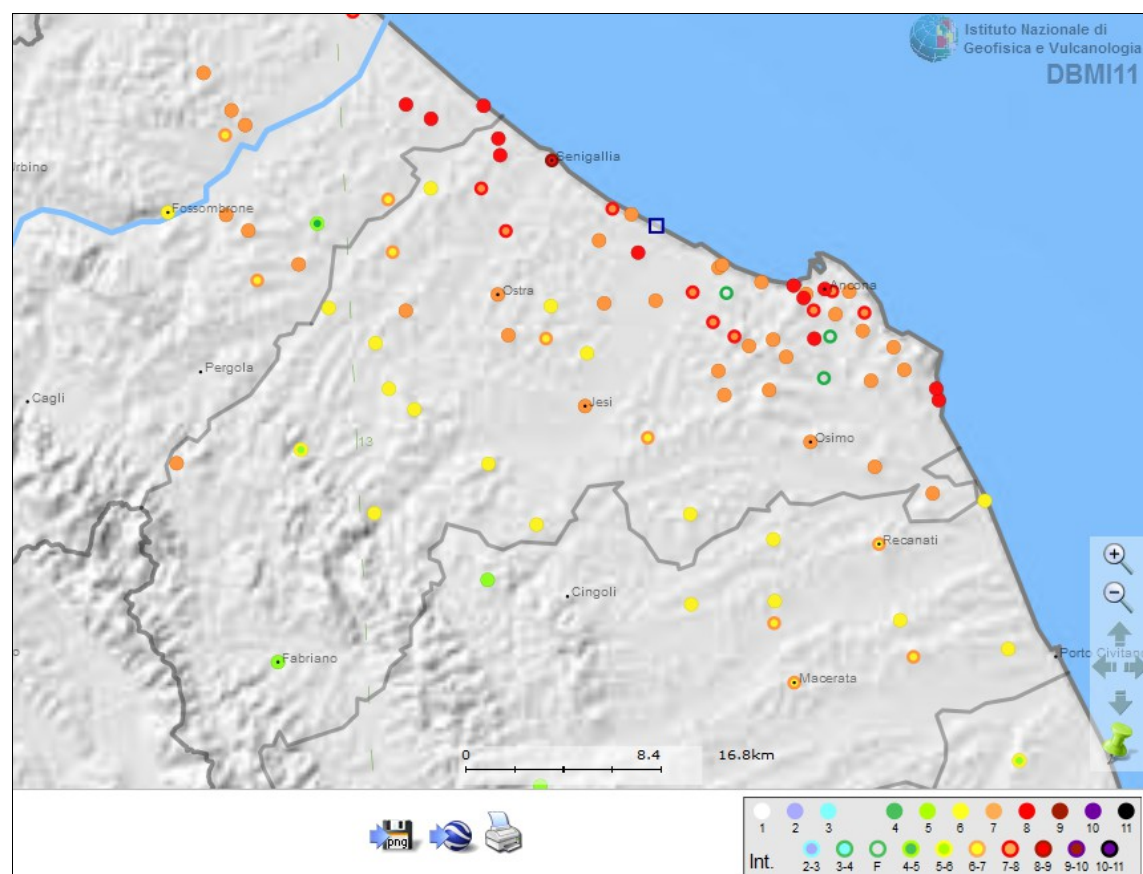
Mappa di intensità macrosismica del sisma Fabrianese del 1741; DBMI11.



Mappa di intensità macrosismica del sisma Cagliese del 1781; DBMI11.



Mappa di intensità macrosismica del sisma Adriatico centrale del 1897; DBMI11.



Mappa di intensità macrosismica del sisma di Senigallia del 1930; DBMI11.

I terremoti nella STORIA: Il terremoto del 3 giugno 1781 nell'Appennino marchigiano, un evento disastroso in un periodo di intensa attività sismica tra Romagna e Marche

GIU 29

Pubblicato da [blogingvterremoti](#)

La primavera-estate del 1781 fu un periodo particolarmente difficile per le popolazioni dell'Italia centro-orientale. Nell'arco di soli quattro mesi, tra il 4 aprile e il 17 luglio ben tre terremoti molto significativi si verificarono in Romagna e nelle Marche settentrionali. L'intera area interessata apparteneva a diverse regioni dello Stato pontificio ed è negli archivi degli uffici periferici e centrali dell'amministrazione papale che si conserva la parte più consistente dei documenti coevi che ci permettono di ricostruire gli effetti di questi terremoti.

Gli eventi furono localizzati alle due estremità di un tratto di catena appenninica che si estende per circa 130 km in linea d'aria tra il forlivese a nord e l'area di Cagli-Fabriano a sud.

Il più forte e "disastroso" di questi terremoti, e anche uno dei massimi eventi sismici dell'Italia centrale (magnitudo M_w 6.4 e intensità I_0 pari al grado 10 della scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg; CPTI11 (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>)), ebbe luogo la mattina della domenica 3 giugno 1781. **I suoi maggiori effetti interessarono l'area appenninica che si trova al confine attuale tra Marche settentrionali, Umbria e Toscana**, e in particolare l'area compresa tra Cagli e Piobbico, nell'entroterra appenninico della odierna Provincia di Pesaro-Urbino. All'epoca si trattava di un'area caratterizzata da una fitta rete di insediamenti rurali di modeste dimensioni e di poderi isolati facenti capo a chiese parrocchiali o pievanili. Qui si ebbero gravissime ed estese distruzioni ("*buona parte delle parrocchiali, e un'infinità di case coloniche sono del tutto rovinare*" [1]). La coincidenza del terremoto con una importante festa liturgica – la domenica di Pentecoste – contribuì ad accentuare il numero delle vittime. La mortalità, infatti, fu abbastanza elevata principalmente a causa del crollo di numerose chiese rurali. Un contemporaneo riporta:

il massimo però degli effetti tragici di questo sì orribile castigo si è rovesciato nella campagna attorno alla città predetta [Cagli, NdR] con essere diroccate interamente da settecento case rurali, compresovi quasi tutte le chiese tutte de' curati, dicesi tutte perite, ed estinte, al tempo in cui li poveri curati celebravano al loro popolo la Santa Messa, e contasi la mortalità di campagna a novecento e più persone con li curati che sopra, ed in seguito restò sotto sassi gran quantità di bestiame. (Pichi, 1781)

Le perdite umane in realtà sembrano essere state più contenute. Gli studi più accreditati (basati su documenti riepilogativi coevi per lo più conservati presso l'Archivio di Stato di Pesaro) suggeriscono da un minimo di 260 a un massimo di poco più di 300 morti. Numeri comunque elevatissimi per un'area rurale, soprattutto considerando le dimensioni relativamente piccole della maggior parte degli insediamenti colpiti.

Un testimone di eccezione del terremoto del 3 giugno 1781 fu il vescovo di Cagli, Ludovico Agostino Bertozzi, che dopo essere fortunatamente scampato al crollo della cupola della cattedrale di Cagli (in cui si trovava al momento della scossa) scrisse una relazione delle sue esperienze per il cardinal Antonelli, *Protettore* della città di Cagli (Bertozzi, 1781). Proprio a partire da questa lettera è possibile

ricostruire la cronologia delle scosse avvenute quel 3 giugno.



(https://ingvterremoti.files.wordpress.com/2015/06/esatta-relazione_1781.jpg)

Un foglio volante (un vero e proprio volantino dell'epoca) dedicato al terremoto del 3 giugno 1781.

Dopo una prima, lieve scossa forse avvertita nella notte tra il 2 e il 3 giugno ("sostengono certuni d'aver sentita una piccola concussione"), due scosse fortissime si verificarono la mattina del giorno 3, alle 11:00 e alle 11:15 "italiane" (secondo l'uso orario "all'italiana" in vigore all'epoca), corrispondenti alle 7:00 e alle 7:15 circa, ora locale [2] (cioè le 6:00 e le 6:15 GMT). La prima, che potrebbe essere stata la più violenta, causò il crollo della cupola del duomo di Cagli, in cui rimasero uccisi molti dei fedeli che gremivano la cattedrale per la messa mattutina:

... rimanendo vittima, e sepolti tutti quelli, che ivi in buon numero in quella festiva giornata si trovavano radunati ad ascoltare la Santa Messa [...] Quelli [...] che trovavansi nelle case sentendo che il continuo tremare non cessava, si risolvettero di uscirne [...] ed ottima fu la loro ispirazione, poiché sette minuti dopo in circa sopravvenne un'altra scossa di terremoto così fiera, e veemente, che fuori di poche, tutte quante rimasero le abitazioni in tutto, o in parte abbattute. (Succinto ragguaglio ..., 1781)

Effetti di estrema gravità si ebbero in particolare a **Piobbico (PU)** "rovinato affatto [3]" e in alcune località rurali nell'area del Monte Nerone e del monte di Montiego (Ca' Magagno, Ravignana, Rocca Leonella, Pieve di Accinelli e Naro). Tra le molte **epigrafi commemorative del terremoto** (<https://lapicidata.wordpress.com/home/dove/>) è da segnalare quella che nella **chiesetta rurale di San**

Donato dei Pecorari (Piobbico) (<https://lapididata.wordpress.com/2014/01/27/territorio-di-piobbico-pu-chiesa-di-san-donato-dei-pecorari/>) ricorda come l'edificio *"il 3 giugno 1781 crollò a terra quasi completamente per il terremoto trovandovi morte e sepoltura l'eccellentissimo parroco Domenico Crini, che vi stava celebrando la messa, insieme a 48 parrocchiani."*



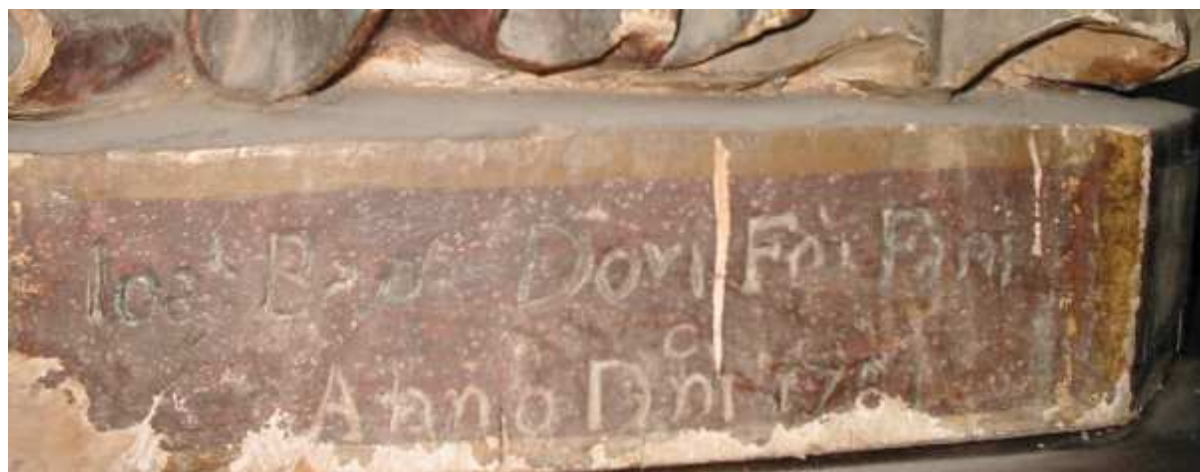
(https://ingvterremoti.files.wordpress.com/2015/06/chiesa_sdonato.jpg)

La Chiesa di S. Donato dei Pecorari (Piobbico) (<http://www.lavalledelmetauro.it/contenuti/beni-storici-artistici/scheda/11542.html>) venne distrutta dal terremoto del 3 giugno 1781, per poi essere ricostruita nel 1783. Sotto le macerie persero la vita il parroco e 48 fedeli, come ricorda una lapide posta nella sagrestia (<https://lapididata.wordpress.com/2014/01/27/territorio-di-piobbico-pu-chiesa-di-san-donato-dei-pecorari/>).

Tra le località di dimensioni (relativamente) maggiori, **Cagli e Apecchio furono le più gravemente colpite**. Una fonte archivistica [4] dell'epoca riporta che *"nella terra d'Apecchio tutte le sue fabbriche, Chiese, Palazzo apostolico, forni, molini e case rurali del territorio sono affatto atterrate, e vi sono periti molti di quegli abitanti senza sapersene finora il numero"*. A Cagli i danni furono enormi, gran parte degli edifici pubblici e privati subirono crolli o rimasero gravemente lesionati.

Gravi ma meno diffuse distruzioni si ebbero a **Sant'Angelo in Vado**, dove il crollo della volta di una chiesa uccise 6 persone e *"tutte le fabbriche e le case [...] hanno patito e non poche sono in pericolo"*, a **Mercatello sul Metauro**, dove *"non vi è casa che non abbia sofferto discapiti considerabili, ed alcune le più eminenti qualche diroccamento, onde niuno s'azzarda di entrarvi"* e a **Urbania** dove *"cadde alle prime scosse il coro delle Monache di Santa Chiara [...] Ogni Chiesa, ed ogni casa ha sofferto qualche considerabile danno, ma diroccate, e cadute non sono che nella maggior parte le mura castellane"*.

Per maggiori dettagli sugli effetti del terremoto del 3 giugno 1781 e sulla ricca documentazione relativa ai danni nella zona di Cagli e di Apecchio si veda anche l'articolo di Stefano Lancioni: *"Il terremoto del 3 giugno 1781. Documenti riguardanti Cagli ed Apecchio"* (<http://www.doc4net.it/doc/3713373728407>)".



(<https://ingvterremoti.files.wordpress.com/2015/06/lapide-anno-domini-1781.jpg>)

Anno Domini 1781: questa scritta incisa sul basamento di una statua di s. Emidio (protettore contro il terremoto) attesta chiaramente la preoccupazione destata dagli eventi sismici di quell'anno in una comunità delle Marche settentrionali.

L'area di danneggiamento moderato, molto estesa, raggiunse ad ovest **Città di Castello**, dove ci furono danni diffusi ma complessivamente non gravi (*"patirono delle case, caddero dei camini, e ventaglie dei tetti, e qualche piancito di casa"*), e **Sansepolcro**, a nord **Urbino** (*"poche sono quelle case, che non ne abbiano sentito quanche notabile nocumento"*), **Fossombrone** (*"sono rimaste alquanto danneggiate alcune chiese e case di questa città"*), e **Fano**, a est **Pergola**, a sud **Gubbio**, **Cingoli**, **Arcevia** e **Fabriano**. Danni ancora più lievi si ebbero a Senigallia, Pesaro e ad Arezzo.

Si dispone di relativamente pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento. Questa comprese comunque buona parte della Toscana, da **Firenze**, dove il terremoto fu avvertito in modo leggero, all'Abbazia di **Monte Oliveto Maggiore**, una quarantina di km a sud di Siena, e in Romagna almeno fino a **Ravenna**, dove il 3 giugno *"alle 11 circa si sentirono due leggiere scosse"*.



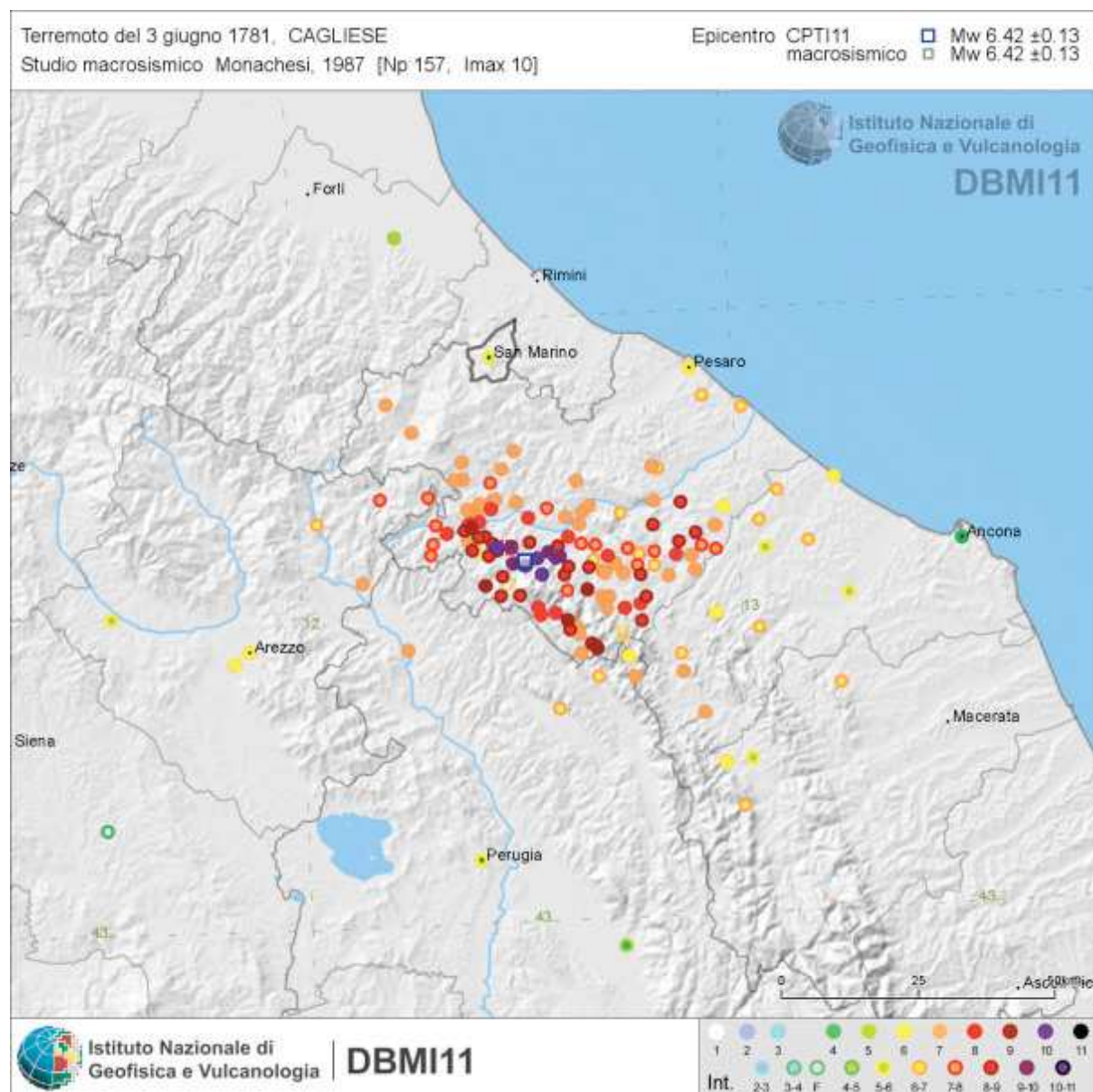
(<https://ingvterremoti.files.wordpress.com/2015/06/s-emidiocagli.jpg>)

Dopo il terremoto del 1781 i cagliesi decisero di mettersi sotto la protezione di s. Emidio. Una pala d'altare collocata in cattedrale (navata laterale destra) lo raffigura mentre raccomanda la città a Gesù in gloria.

Per quanto riguarda la sequenza sismica, dopo le due forti scosse della mattina nel corso della stessa giornata del 3 giugno furono avvertite altre sette o otto repliche, più leggere e di minor durata rispetto alle prime due scosse. La notte tra il 3 e il 4 giugno *“sino alla mattina del giorno seguente, sempre continuò*

a tremare la terra". Il 7 giugno fu avvertita una forte replica che causò qualche danno ulteriore (*"una terribile scossa fece cadere altre macerie"*). Scosse *"non tanto gagliarde"* sono segnalate durante tutto il mese di luglio e, meno frequentemente, in agosto e fino a novembre (Monachesi, 1987).

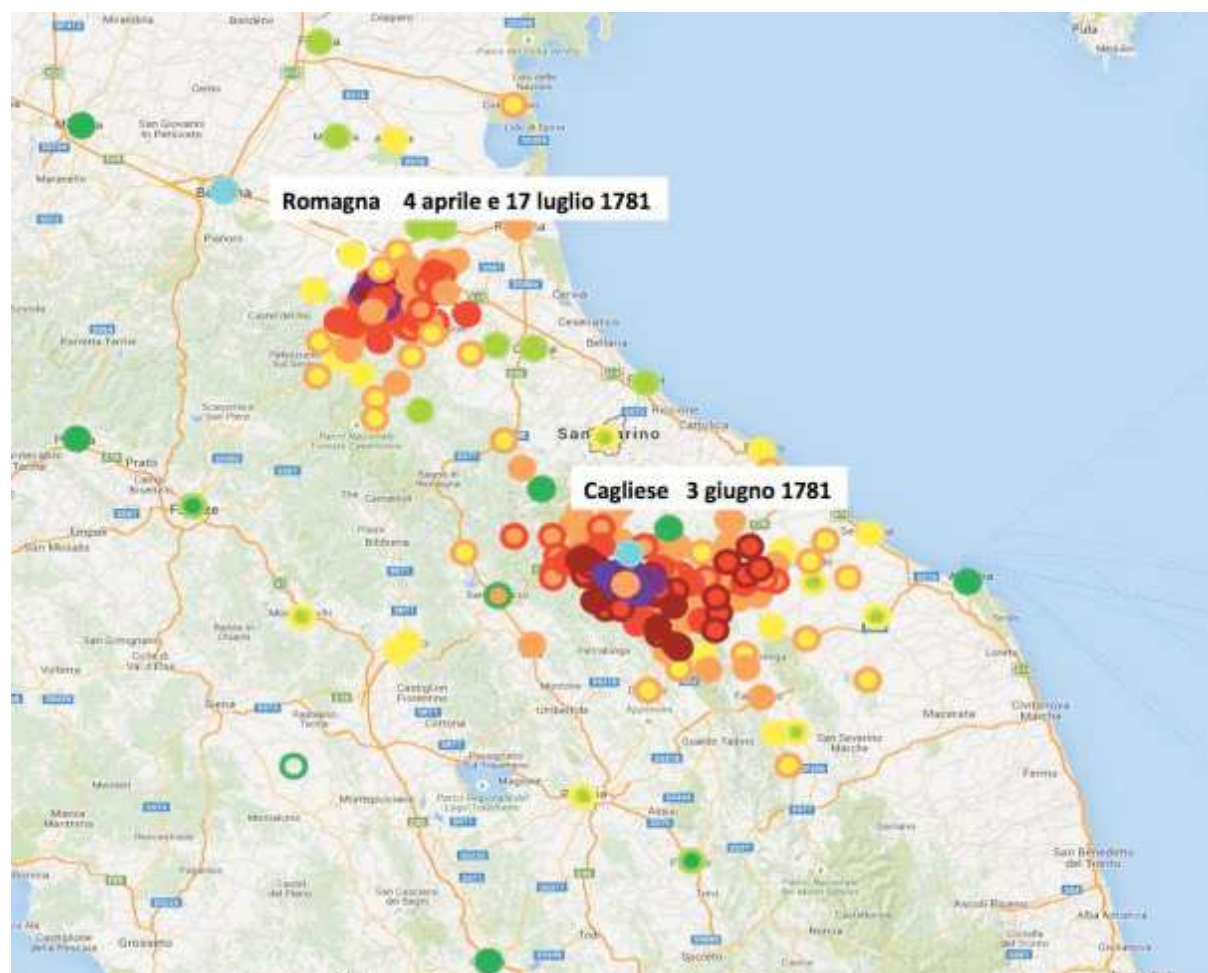
Le forti scosse della mattinata del 3 giugno causarono anche effetti sull'ambiente naturale. Come ricorda anche Mario Baratta (1901), nella zona del Monte Nerone, in particolare, si verificò una varietà di fenomeni idrogeologici come *"fenditure nel suolo [...] straordinaria perturbazione nel regime delle sorgenti [...] varii franamenti [...] fenomeni acustici [...]"*. Dal monte Jago si staccarono grossi massi.



(https://ingvterremoti.files.wordpress.com/2015/06/1781_pq_dbmi11.jpg)

Distribuzione degli effetti del terremoto del 3 giugno 1781 secondo lo studio di Monachesi (1987) [fonte: DBMI11 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>)].

Come abbiamo detto all'inizio, **quello del 3 giugno fu il più violento, ma non l'unico forte terremoto che in quello scorcio di primavera-estate dell'anno 1781 colpì il settore orientale dell'Appennino settentrionale**. Il 4 aprile e poi di nuovo il 17 luglio dello stesso anno due forti scosse interessarono la Romagna, causando gravi ed estesi danni tra faentino e forlivese.



(https://ingvterremoti.files.wordpress.com/2015/06/terremoti_1781_a_confronto.jpg)

Gli effetti dei tre forti terremoti avvenuti tra Romagna, Toscana, Umbria e Marche nella primavera-estate del 1781 (dati da DBMI11 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>)); la legenda dei colori riferiti alle intensità macrosismiche è la stessa della figura precedente.

Le aree colpite dai terremoti del 4 aprile (M_W 5.9, CPTI11 (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>)) e del 17 luglio (M_W 5.6, CPTI11 (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>)) risultano in buona parte sovrapposte, mentre quella colpita dal terremoto del 3 giugno è decisamente spostata più a sud-est. E tuttavia i tre eventi furono sufficientemente ravvicinati nel tempo e nello spazio da poter ragionevolmente pensare che abbiano generato una situazione di allarme crescente e prolungato in una vasta area dell'Italia centrale a cavallo dell'Appennino, compresi diversi centri dove le scosse causarono solo lievi danni o furono solo ripetutamente avvertite (ad esempio in città come Firenze, Arezzo, Pesaro, Rimini, Ravenna). L'occorrenza di forti scosse ravvicinate non solo nel tempo ma anche nello spazio geografico è una caratteristica che sembra ricorrere con una certa frequenza nella storia sismica italiana. Per rimanere nell'Appennino settentrionale (incluso il settore di catena colpito dagli eventi del 1781), è molto significativa la serie di forti terremoti avvenuti nella prima metà del secolo scorso nell'arco di soli cinque anni, tra il 1916 e il 1920, con una curiosa "migrazione" degli epicentri da sud-est a nord-ovest: nel 1916 una lunga e complessa sequenza sismica colpì la costa adriatica tra Pesaro e Rimini, con due eventi principali (17 maggio, M_W 6.0, e 16 agosto, M_W 6.1, entrambi con I_0 8 MCS); il 26 aprile 1917 toccò all'alta Valtiberina, nella zona di Monterchi (AR) e Citeria (PG), con M_W 5.9 (I_0 9-10 MCS); il 10 novembre 1918 furono gravemente danneggiati Santa Sofia (FC) e altri centri dell'Appennino forlivese (M_W 5.9, I_0 9 MCS); poco più di 7 mesi dopo, il 29 giugno 1919, fu la volta del Mugello con M_W 6.3 (I_0 10 MCS) e gravi distruzioni tra Vicchio e Borgo San Lorenzo (FI); infine, il 7 settembre 1920 si verificò il più forte terremoto fino ad oggi registrato nell'Appennino settentrionale (M_W 6.5, I_0 10 MCS), il cui epicentro fu in Garfagnana e Lunigiana, dove ci furono vaste distruzioni e centinaia di vittime (dati da CPTI11 (<http://emidius.mi.ingv.it>

/CPTI11/) e DBMI11 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>)).

A cura di **Viviana Castelli** (INGV, Sezione di Bologna, sede di Ancona) e **Filippo Bernardini** (INGV, Sezione di Bologna).

Note

[1] Archivio di Stato di Pesaro, 1781. Legazione apostolica di Urbino, Lettere delle comunità, Cagli, il vescovo di Cagli al Legato, 25 giugno.

[2] *Notizia dei morti rimasti sepolti sotto le rovine di varie Chiese o Case all'occasione dell'orribile Terremoto della mattina de' 3 Giugno 1781 giorno sacratissimo di Pentecoste, sulle ore 11 dell'Orologio d'Italia, e circa le sette dell'Orologio Oltramontano o Astronomico.*" [Archivio di Stato di Pesaro, Legazione apostolica di Pesaro e Urbino, Perizie del Terremoto 1781, busta 1, carte non numerate]

[3] L'avverbio *affatto* significa 'del tutto, interamente', ed è con questo significato che lo si trova usato spesso nelle fonti storiche. Con il tempo, tale valore rafforzativo ha preso a essere usato soprattutto in frasi negative (<http://www.treccani.it/vocabolario/affatto/> (<http://www.treccani.it/vocabolario/affatto/>))

[4] Archivio di Stato di Roma, 1781. Camerale II, 1113, 64, lettera del Legato apostolico di Urbino al Segretario di Stato, 7 giugno.

Bibliografia

Baratta M. (1896). Sul terremoto di Cagli del 3 giugno 1781. Memorie della Società Geologica Italiana, 5, pp. 363-383.

Baratta M. (1901). I terremoti d'Italia. Torino (rist. anast., Bologna 1979), 950 pp.

Bertozzi L.A. (1781). Lettera all'Eminentissimo Cardinale Antonelli sul terremoto accaduto in Cagli il 3 giugno dello scorso giugno 1781. Antologia Romana, 8, pp. 365; 373; 377; 385. Tale "lettera" è disponibile alla pagina: <http://digilander.libero.it/stefano0104/Bertozzi.pdf> (<http://digilander.libero.it/stefano0104/Bertozzi.pdf>)

Monachesi G. [ed.] (1987). Revisione della sismicità di riferimento per i comuni di Cerreto d'Esi (AN), Esanatoglia (MC), Serra San Quirico (AN). Osservatorio Geofisico Sperimentale, Macerata, Rapporto interno, 240 pp.

Pichi F. (1781). Relazione funesta delli due terremoti sentiti la mattina del 3 giugno 1781. Archivio storico comunale, Sansepolcro, ms.

Succinto ragguaglio delle funestissime conseguenze apportate alla città di Cagli ed altri luoghi di questa Legazione di Urbino dal formidabile terremoto avvenuto la mattina del 3 giugno 1781 (1781). Pesaro.

Publicato il 29 giugno 2015, in I terremoti nella Storia con tag 3 giugno 1781, appennino marchigiano, filippo bernardini, INGV, INGV terremoti in tempo reale, ingvterremoti, rubricamensile, Siena, terremoti storici, terremoto, viviana castelli. Aggiungi il permalink ai segnalibri. Lascia un commento.

I commenti sono chiusi.

Allegato 2

Rilievi di affioramento



Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Scheda di affioramento

Affioramento AF1

Località: Monte Pello

Coordinate (WGS84UTM33N): 329.250; 4.834.730.

Quota: 400 m s.l.m..

Unità stratigrafica: Formazione delle Argille azzurre (FAA)/ Membro delle Arenarie di Borrello (FAA₂).

Descrizione litologica: Argille e argille marnose stratificate; areneti stratificate.

Assetto stratigrafico: 110/25

Classe litotecnica (USCS): COS (porzione inferiore)/ALS (porzione superiore).

Addensamento/Consistenza: coesivo da consistente a molto consistente.

Ambiente genetico-deposizionale: mare (avanfossa in fase di riempimento finale).

Note: assenti.



Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Documentazione fotografica affioramento AF1





Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Scheda di affioramento

Affioramento AF2

Località:

Coordinate (WGS84UTM33N): 329.980; 4.833.920.

Quota: 397 m s.l.m..

Unità stratigrafica: Formazione delle Argille Azzurre – Membro delle Arenarie di Borrello (FAA₂).

Descrizione litologica: sabbie limose e limi sabbiosi alternati a marne argillose.

Classe litotecnica (USCS): SM/ML/CL

Addensamento/Consistenza: moderatamente addensato/moderatamente consistente.

Ambiente genetico-deposizionale: eluvio-colluviale (ec).

Note: visibile un residuo di stratificazione.



Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Documentazione fotografica affioramento AF2





Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Scheda di affioramento

Affioramento AF3

Località: Fratte Rosa

Coordinate (WGS84UTM33N): 330.275; 4.833.620.

Quota: 360 m s.l.m..

Unità stratigrafica: Formazione delle Argille azzurre – Membro delle Arenarie di Borrello (FAA₂).

Descrizione litologica (substrato): Areniti stratificate alternate a marne argillose.

Assetto stratigrafico: 050/20.

Classe litotecnica (USCS): ALS

Addensamento/Consistenza: coesivo molto consistente.

Ambiente genetico-deposizionale: mare (avanfossa in fase di riempimento finale).

Note: assenti.



Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Documentazione fotografica affioramento AF3





Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Scheda di affioramento

Affioramento AF4

Località: Fratte Rosa

Coordinate (WGS84UTM33N): 330.153; 4.833.737.

Quota: 370 m s.l.m..

Unità stratigrafica: Formazione delle Argille azzurre – Membro delle Arenarie di Borrello (FAA₂).

Descrizione litologica: Areniti stratificate alternate a marne argillose.

Assetto stratigrafico: 050/20

Classe litotecnica (USCS): ALS

Addensamento/Consistenza: coesivo molto consistente.

Ambiente genetico-deposizionale: mare (avanfossa in fase di riempimento finale).

Note: assenti.



Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Documentazione fotografica affioramento AF4





Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Scheda di affioramento

Affioramento AF5

Località: Fratte Rosa

Coordinate (WGS84UTM33N): 330.483; 4.833.321.

Quota: 385 m s.l.m..

Unità stratigrafica: Formazione delle Argille azzurre – Membro delle Arenarie di Borrello (FAA₂).

Descrizione litologica: Areniti stratificate alternate a marne argillose.

Assetto stratigrafico: 060/05

Classe litotecnica (USCS): ALS

Addensamento/Consistenza: coesivo molto consistente.

Ambiente genetico-deposizionale: mare (avanfossa in fase di riempimento finale).

Note: assenti.



Studio Geologico – ambientale Dott. Geol. Cesare Bisiccia
Via Molino Nuovo, 26
61034 – Fossombrone (PU)
PI 02319850414

Documentazione fotografica affioramento AF5



Allegato 3

**Rilievi geofisici
di microtremore sismico
(HVSr)**

Indagine hvsr - fr1

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) - - Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017 Il committente IL Tecnico Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 10/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

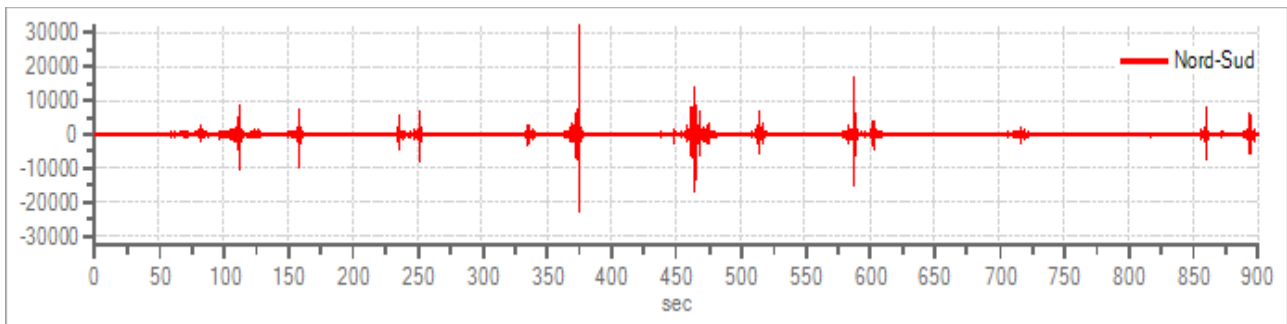
Longitudine:

Tracce in input

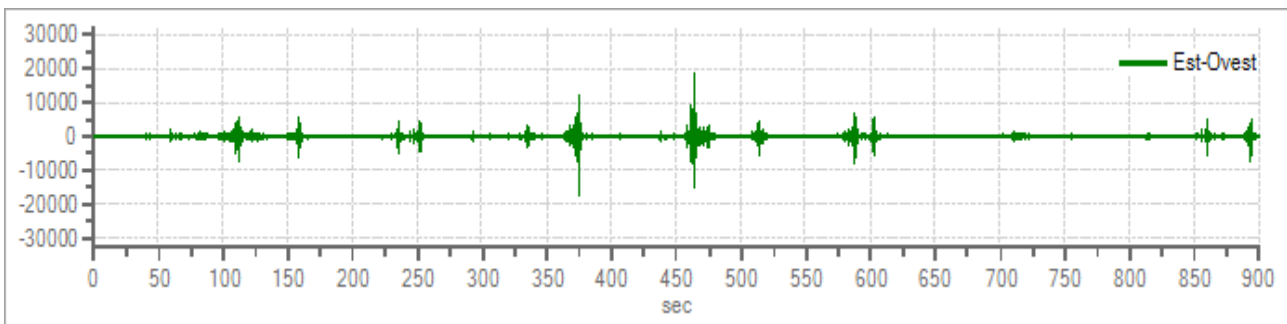
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

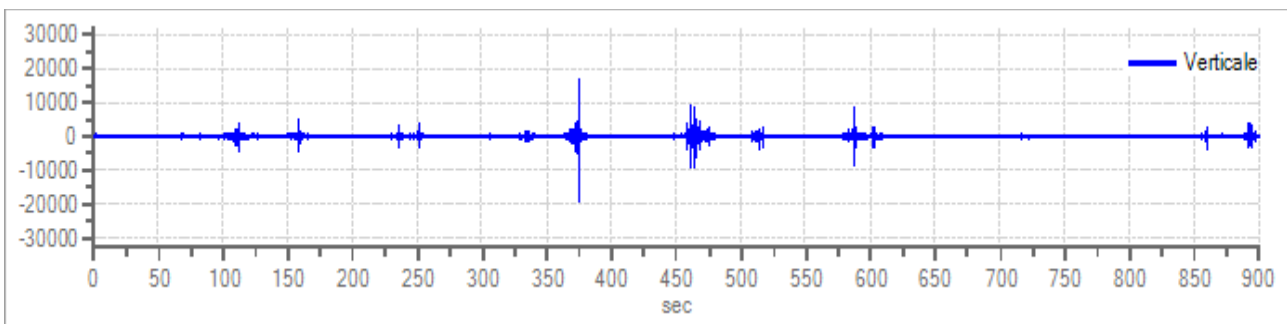
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

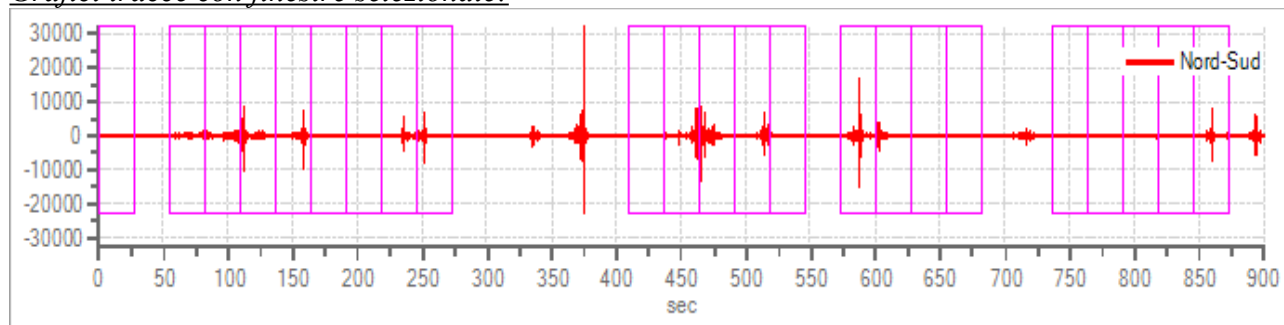
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 23
Numero finestre incluse nel calcolo: 20
Dimensione temporale finestre: 27,307 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

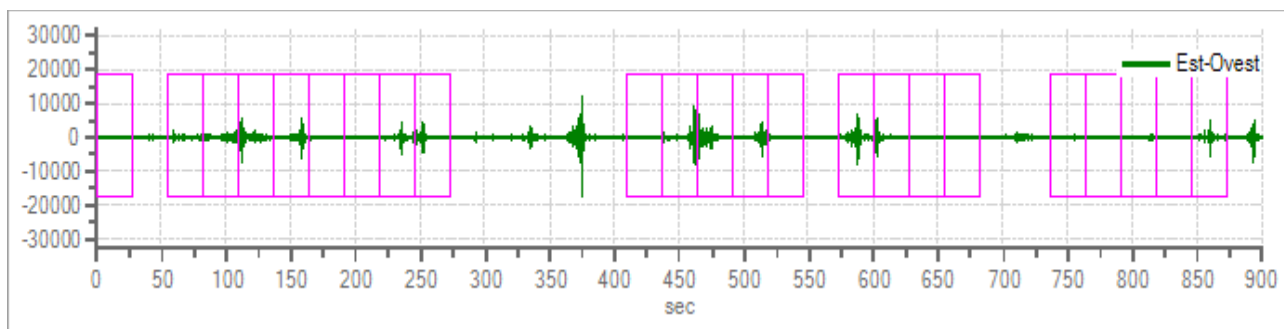
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Inclusa
2	54,613	81,92	Inclusa
3	81,92	109,227	Inclusa
4	109,227	136,533	Inclusa
5	136,533	163,84	Inclusa
6	163,84	191,147	Inclusa
7	191,147	218,453	Esclusa
8	218,453	245,76	Esclusa
9	245,76	273,067	Esclusa
10	409,6	436,907	Inclusa
11	436,907	464,213	Inclusa
12	464,213	491,52	Inclusa
13	491,52	518,827	Inclusa
14	518,827	546,133	Inclusa
15	573,44	600,747	Inclusa
16	600,747	628,053	Inclusa
17	628,053	655,36	Inclusa
18	655,36	682,667	Inclusa
19	737,28	764,587	Inclusa
20	764,587	791,893	Inclusa
21	791,893	819,2	Inclusa
22	819,2	846,507	Inclusa
23	846,507	873,813	Inclusa

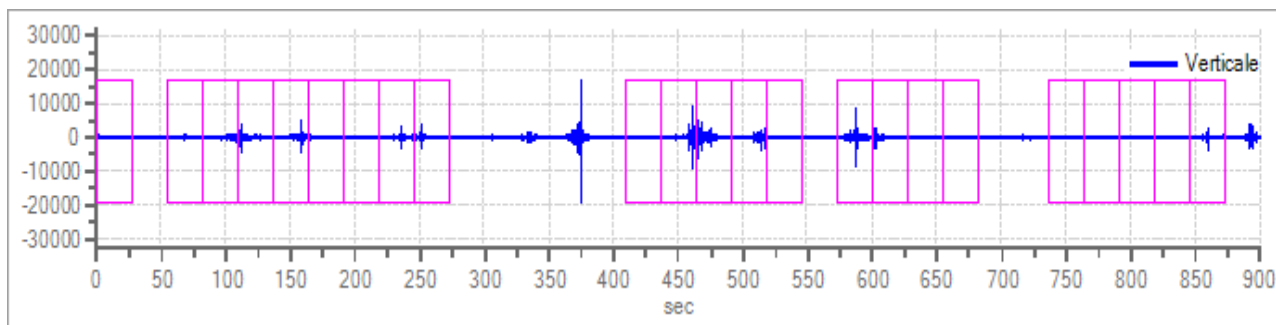
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

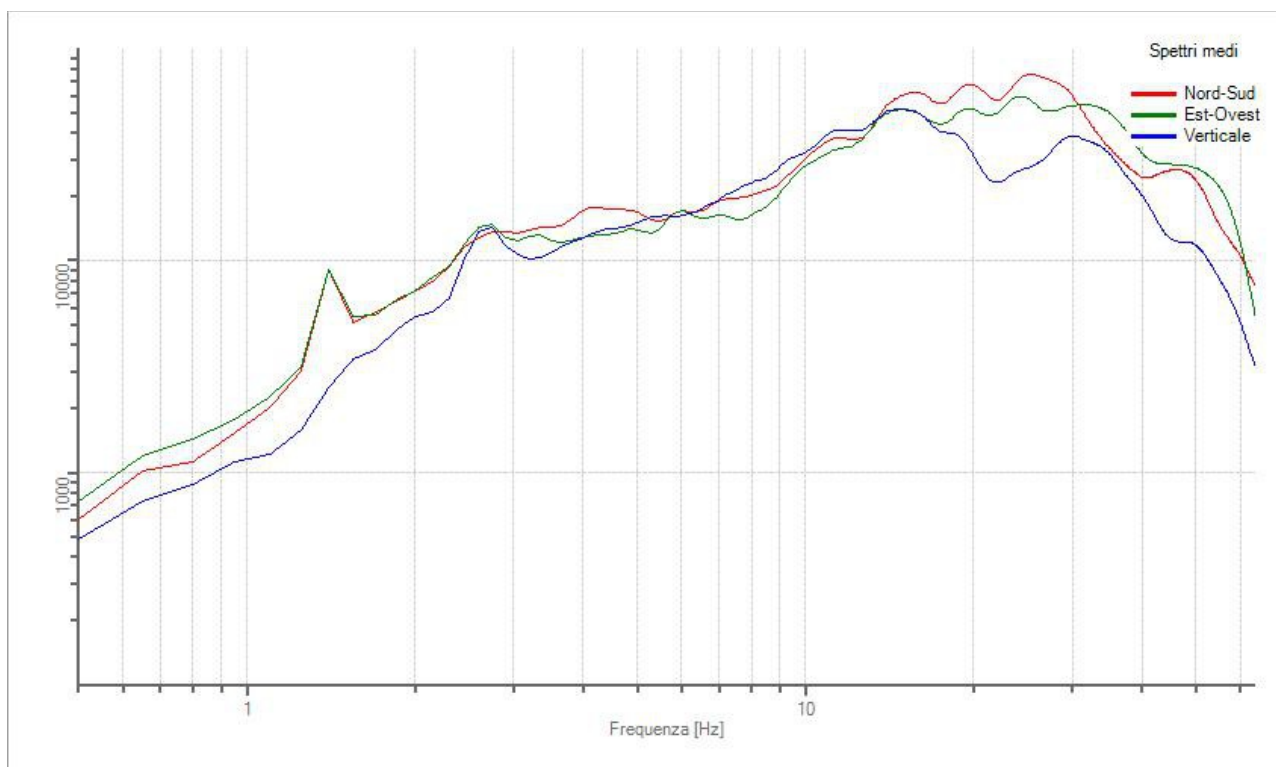


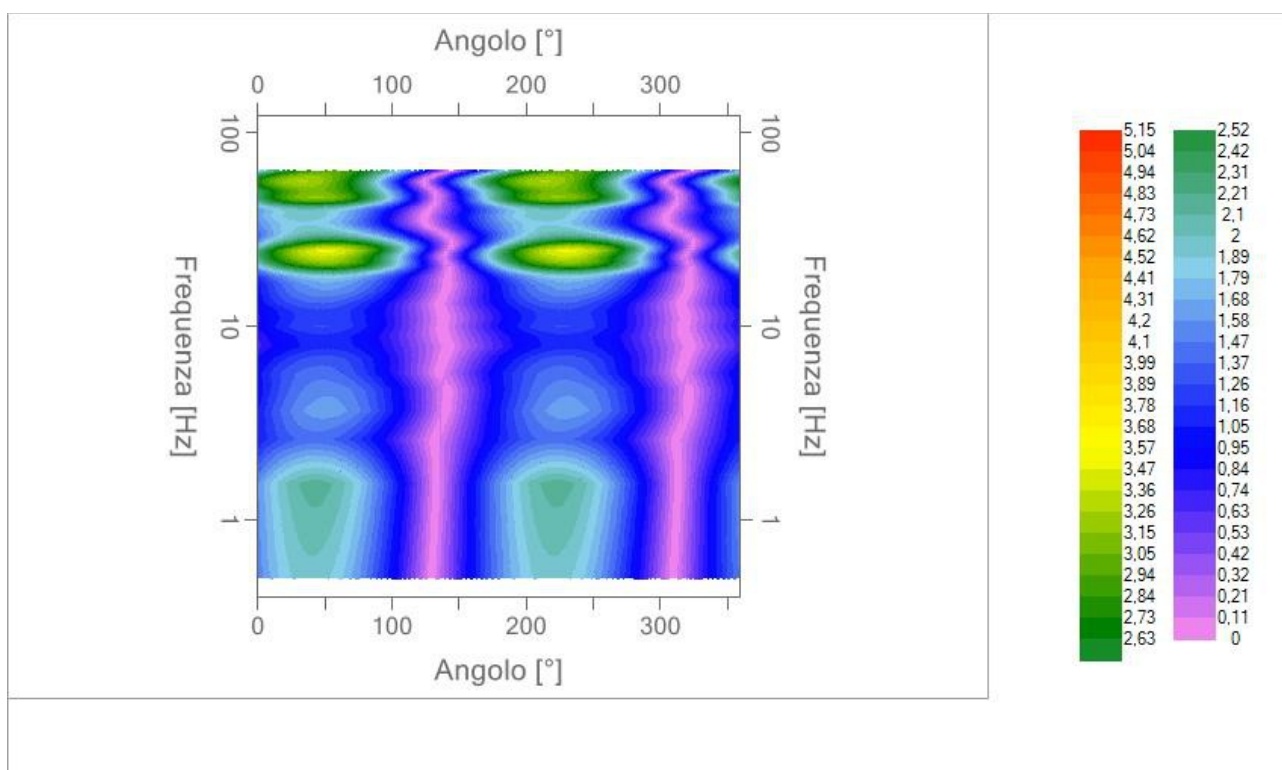
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



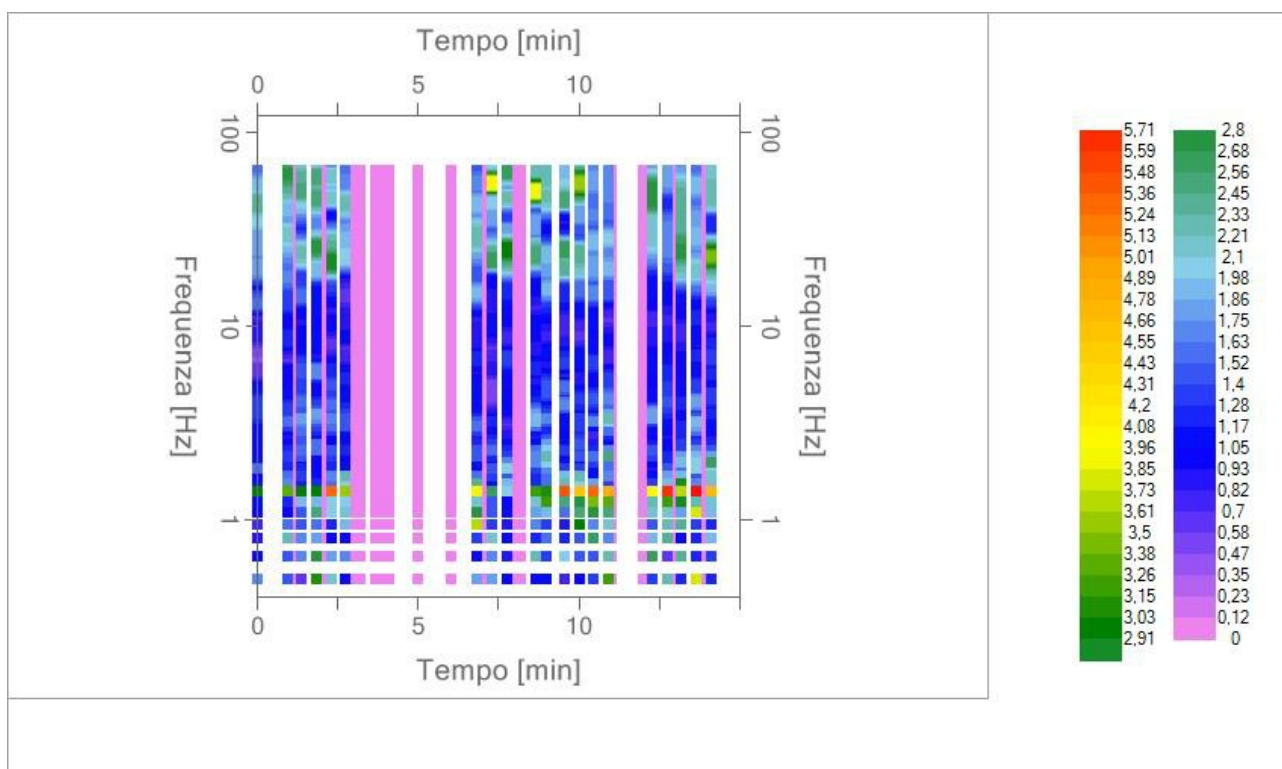
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della direzionalità degli spettri



Mappa della stazionarietà degli spettri

Rapporto spettrale H/V

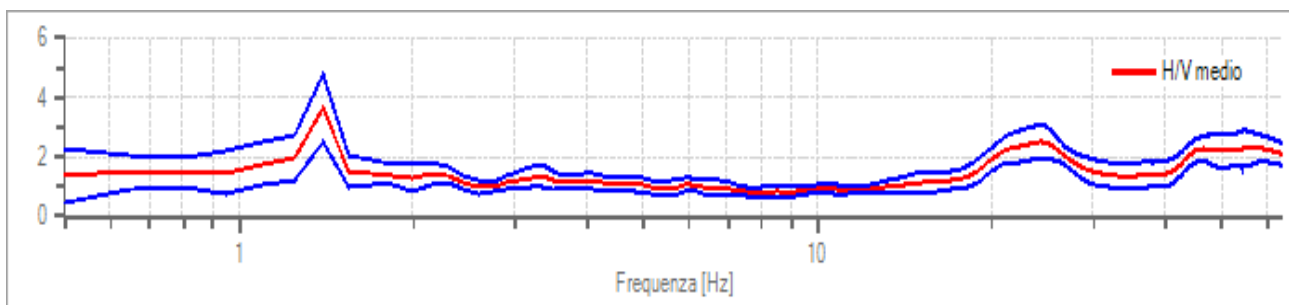
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,15 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 1,40 Hz $\pm 0,32$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr2

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 10/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

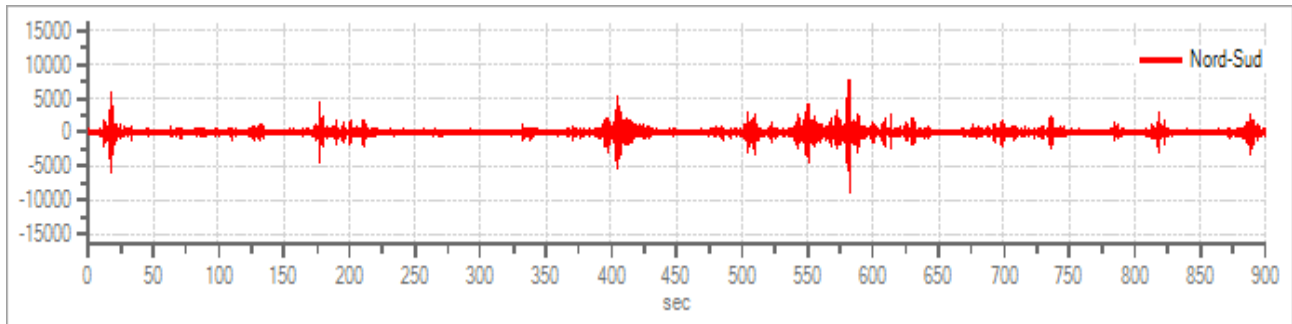
Longitudine:

Tracce in input

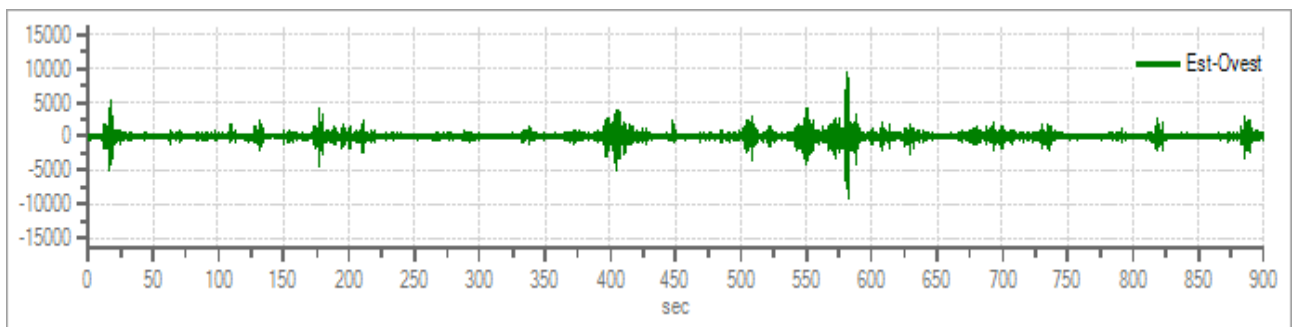
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

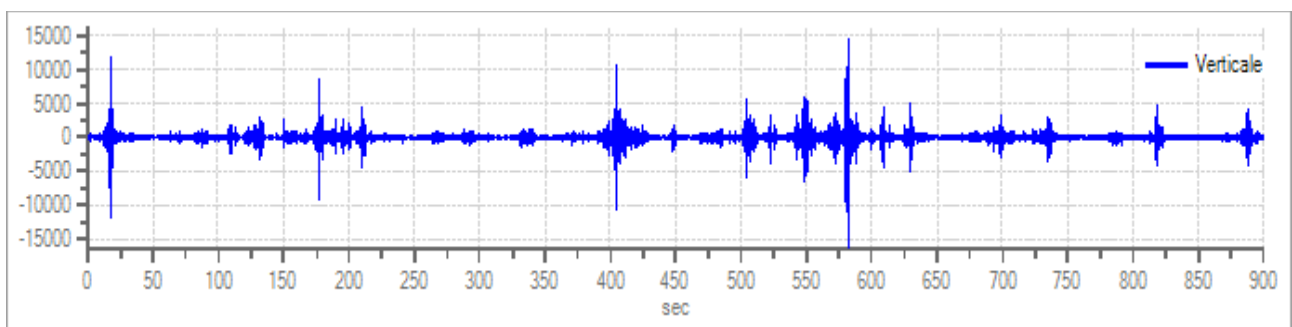
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

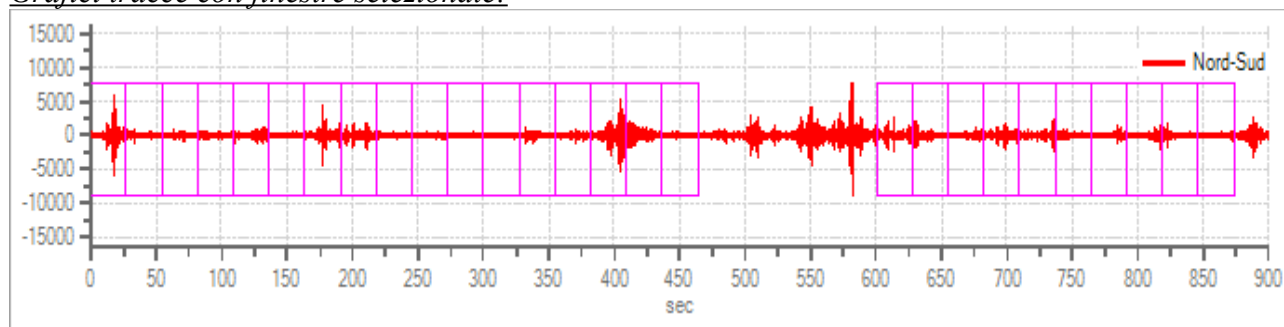
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 27
Numero finestre incluse nel calcolo: 24
Dimensione temporale finestre: 27,307 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

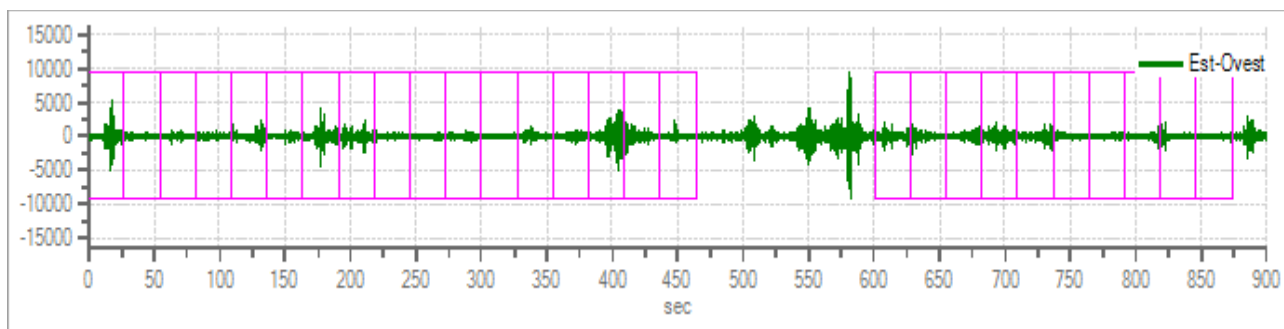
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Inclusa
2	27,307	54,613	Inclusa
3	54,613	81,92	Inclusa
4	81,92	109,227	Inclusa
5	109,227	136,533	Inclusa
6	136,533	163,84	Inclusa
7	163,84	191,147	Inclusa
8	191,147	218,453	Inclusa
9	218,453	245,76	Inclusa
10	245,76	273,067	Inclusa
11	273,067	300,373	Esclusa
12	300,373	327,68	Esclusa
13	327,68	354,987	Inclusa
14	354,987	382,293	Inclusa
15	382,293	409,6	Inclusa
16	409,6	436,907	Inclusa
17	436,907	464,213	Inclusa
18	600,747	628,053	Inclusa
19	628,053	655,36	Inclusa
20	655,36	682,667	Esclusa
21	682,667	709,973	Inclusa
22	709,973	737,28	Inclusa
23	737,28	764,587	Inclusa
24	764,587	791,893	Inclusa
25	791,893	819,2	Inclusa
26	819,2	846,507	Inclusa
27	846,507	873,813	Inclusa

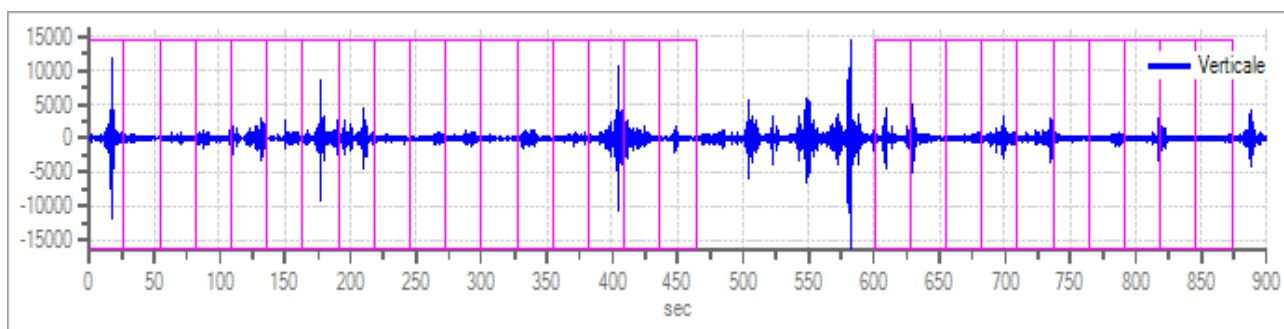
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

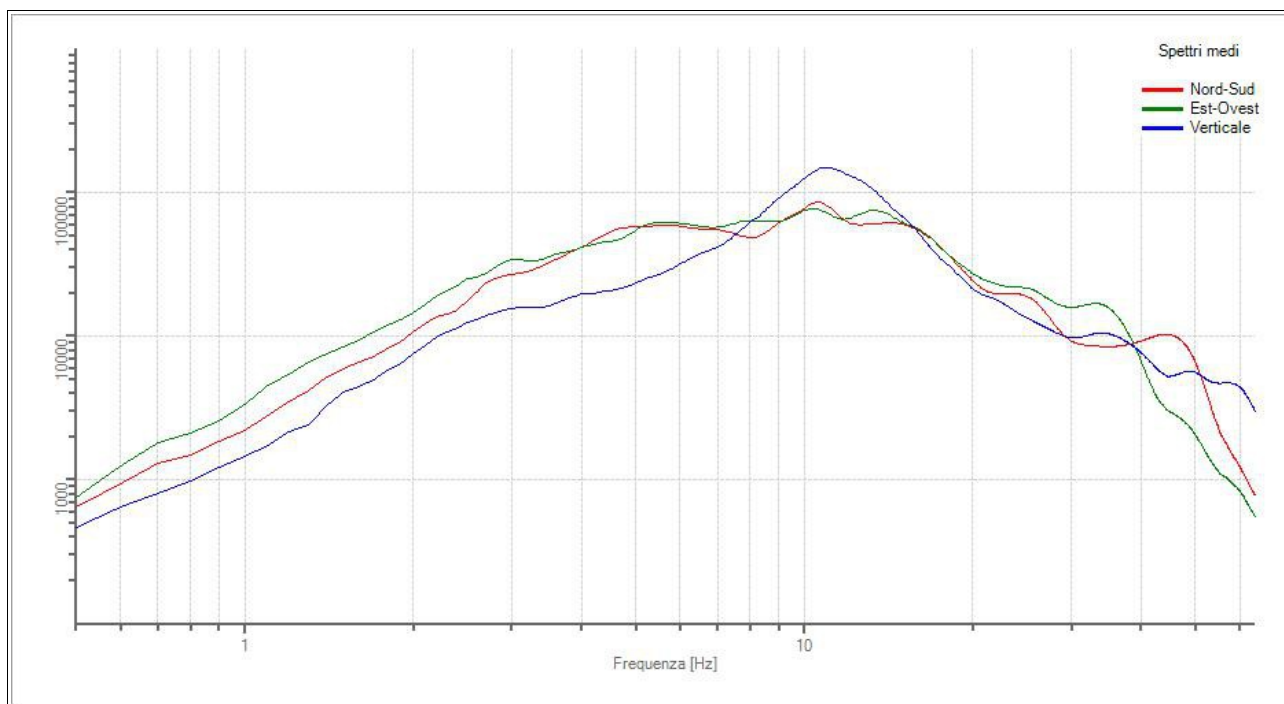


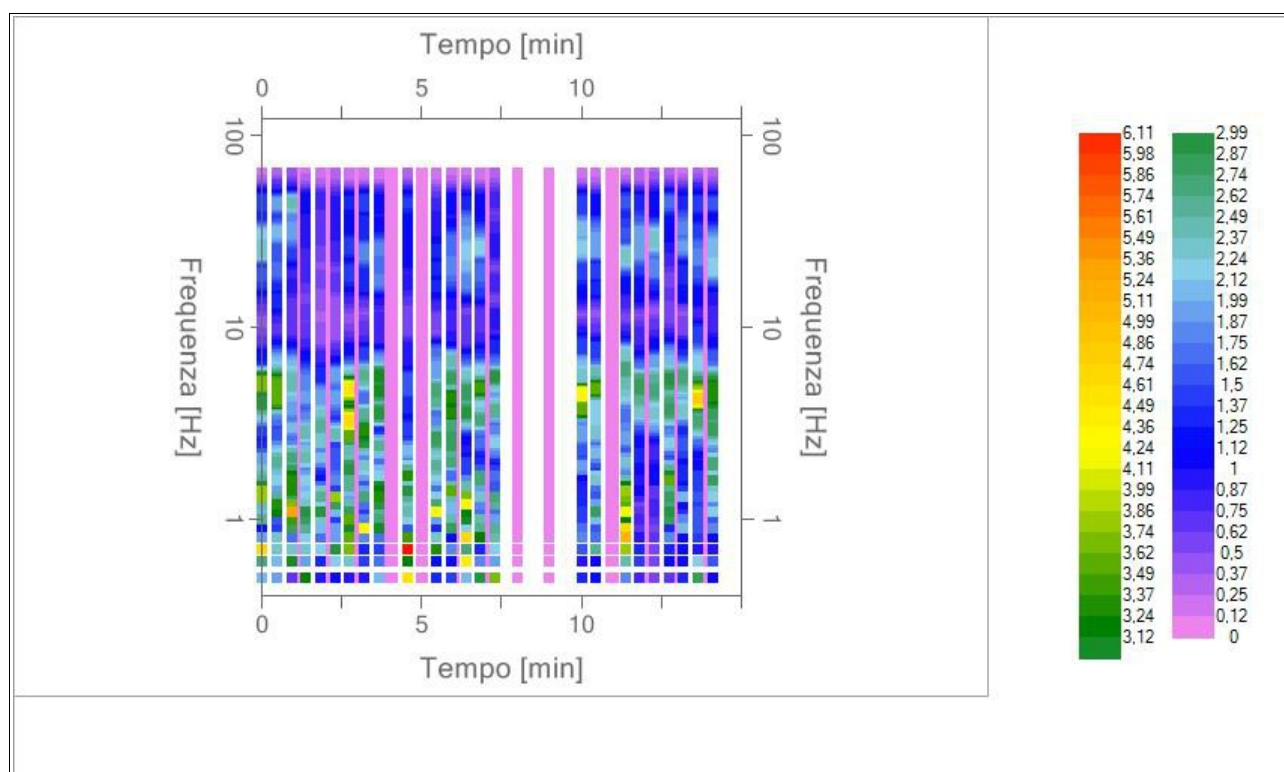
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



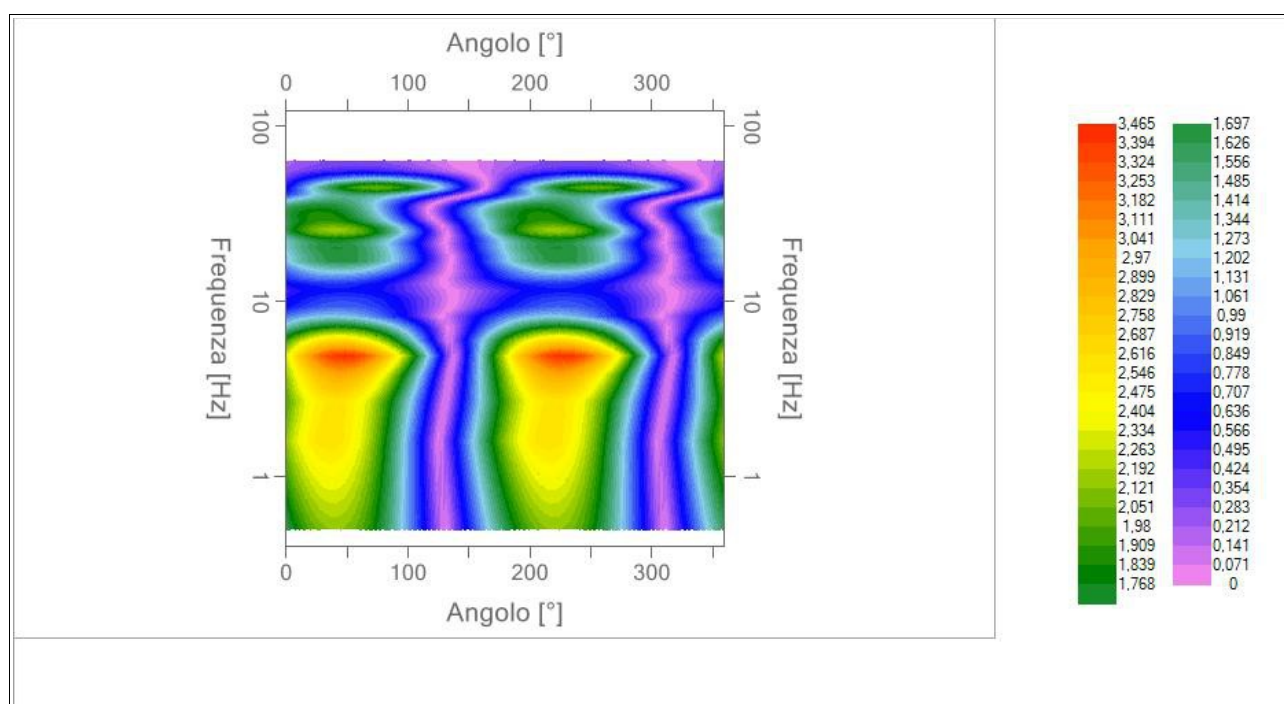
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri Spettri medi nelle tre direzioni





Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

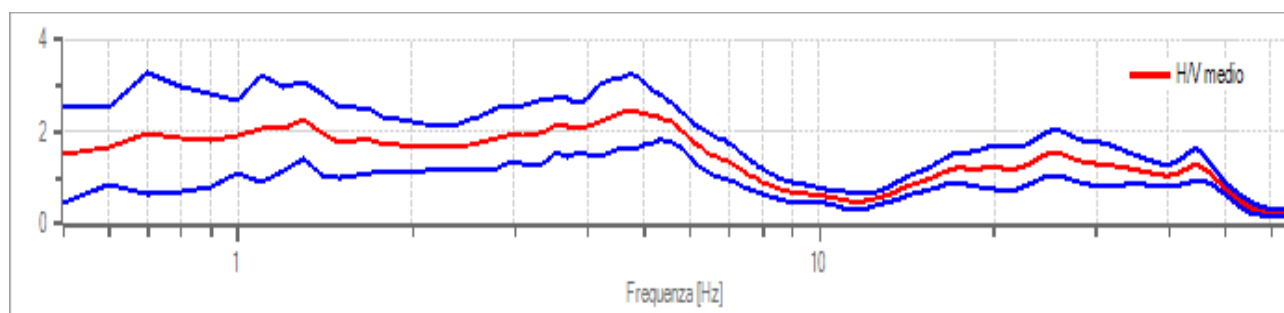
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamo: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamo: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 4,70 Hz $\pm 0,32$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr3

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017 Il committente IL Tecnico Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 10/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

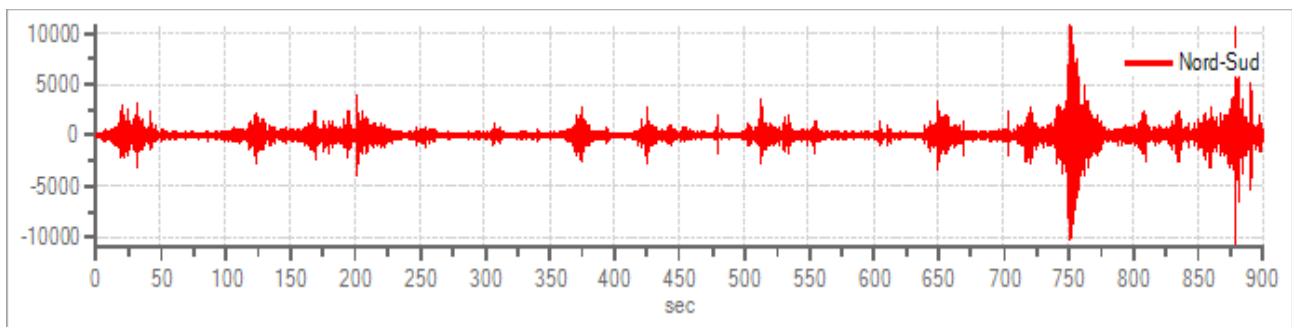
Longitudine:

Tracce in input

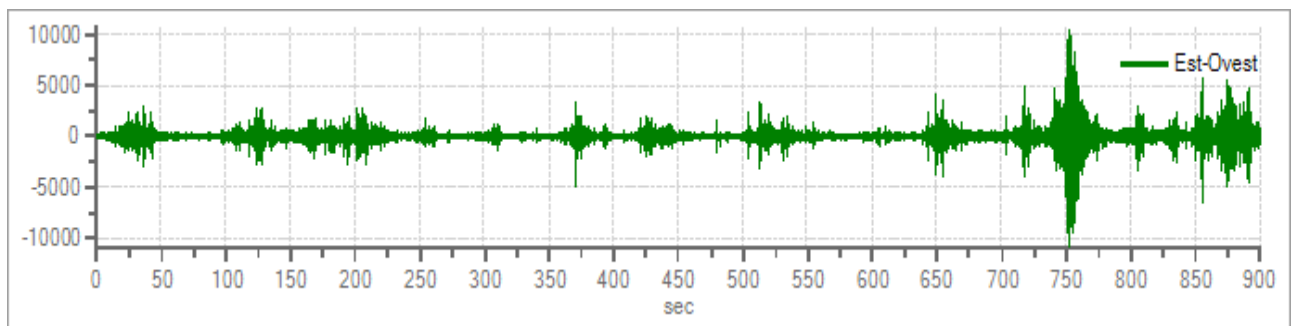
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

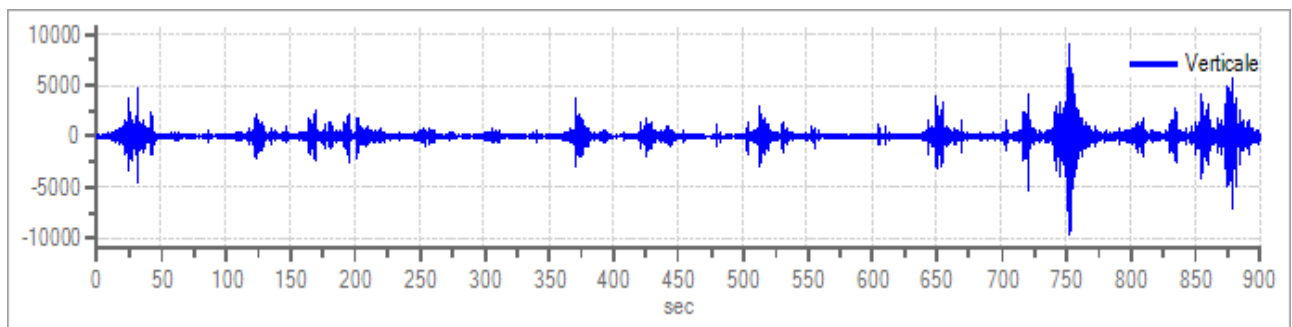
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

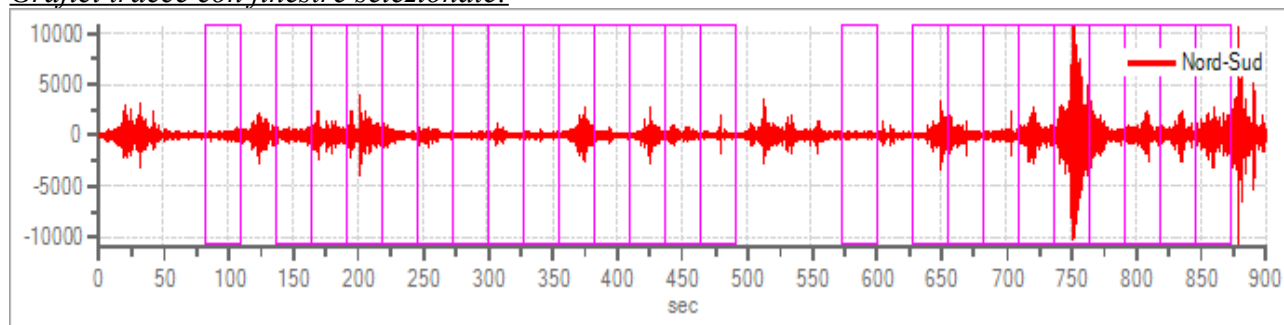
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 24
Numero finestre incluse nel calcolo: 24
Dimensione temporale finestre: 27,307 s
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

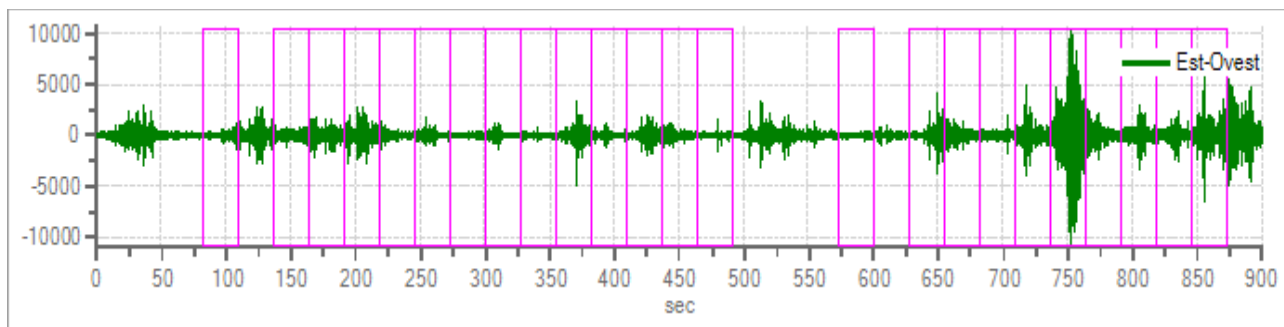
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	81,92	109,227	Inclusa
2	136,533	163,84	Inclusa
3	163,84	191,147	Inclusa
4	191,147	218,453	Inclusa
5	218,453	245,76	Inclusa
6	245,76	273,067	Inclusa
7	273,067	300,373	Inclusa
8	300,373	327,68	Inclusa
9	327,68	354,987	Inclusa
10	354,987	382,293	Inclusa
11	382,293	409,6	Inclusa
12	409,6	436,907	Inclusa
13	436,907	464,213	Inclusa
14	464,213	491,52	Inclusa
15	573,44	600,747	Inclusa
16	628,053	655,36	Inclusa
17	655,36	682,667	Inclusa
18	682,667	709,973	Inclusa
19	709,973	737,28	Inclusa
20	737,28	764,587	Inclusa
21	764,587	791,893	Inclusa
22	791,893	819,2	Inclusa
23	819,2	846,507	Inclusa
24	846,507	873,813	Inclusa

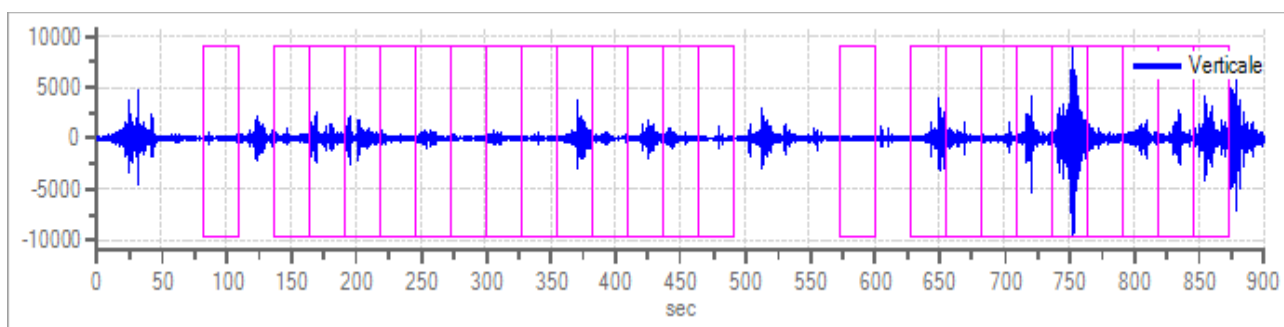
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

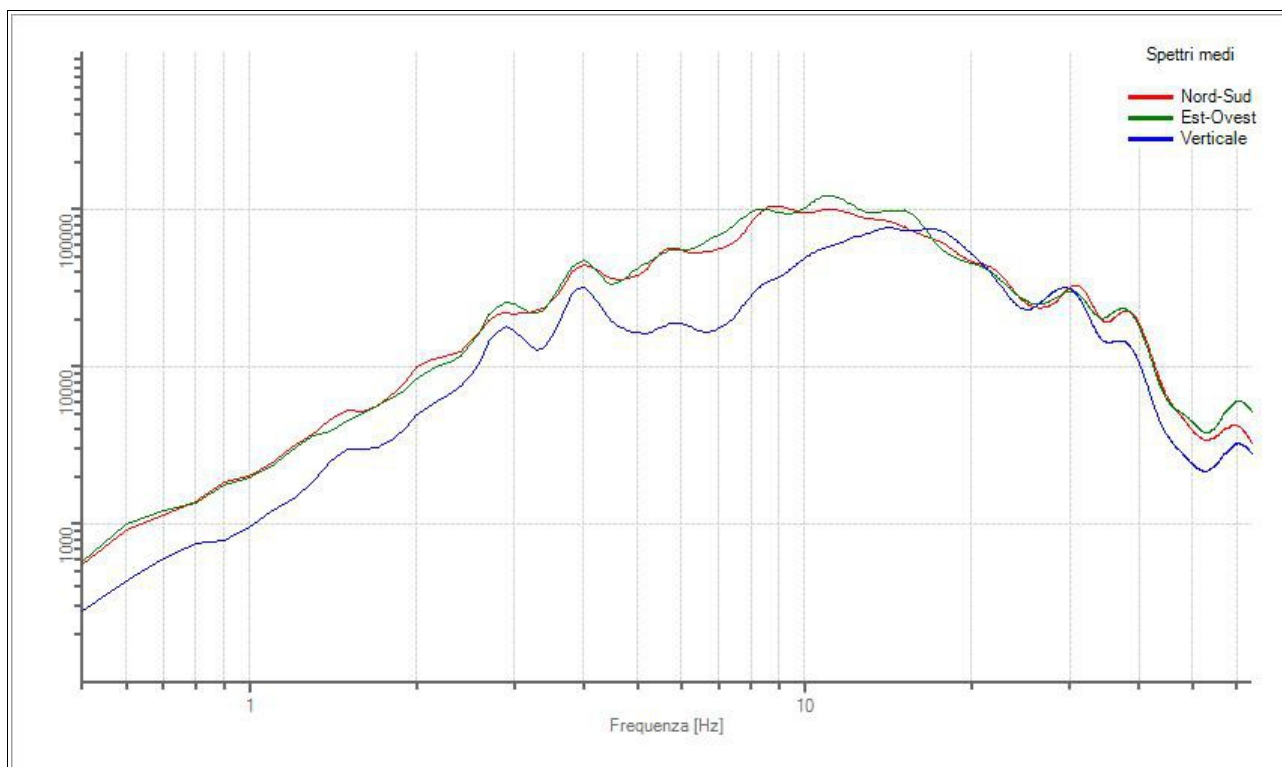


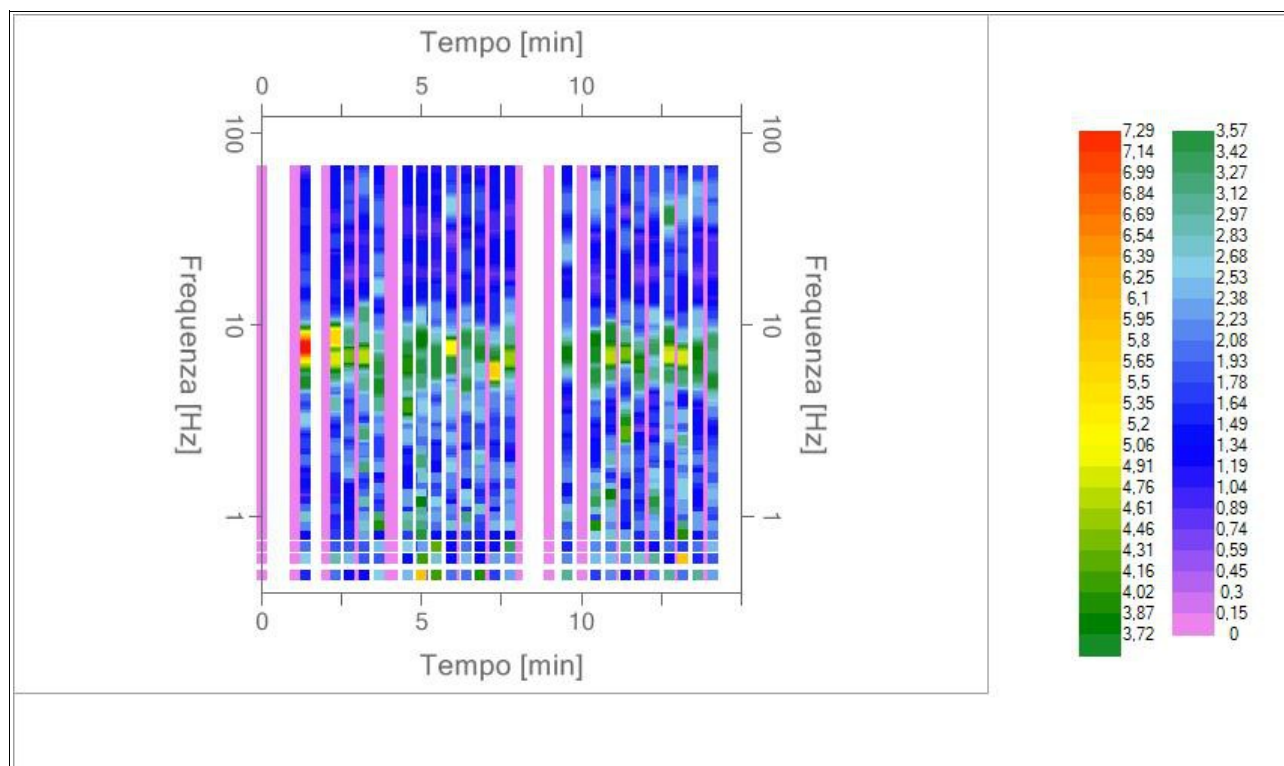
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



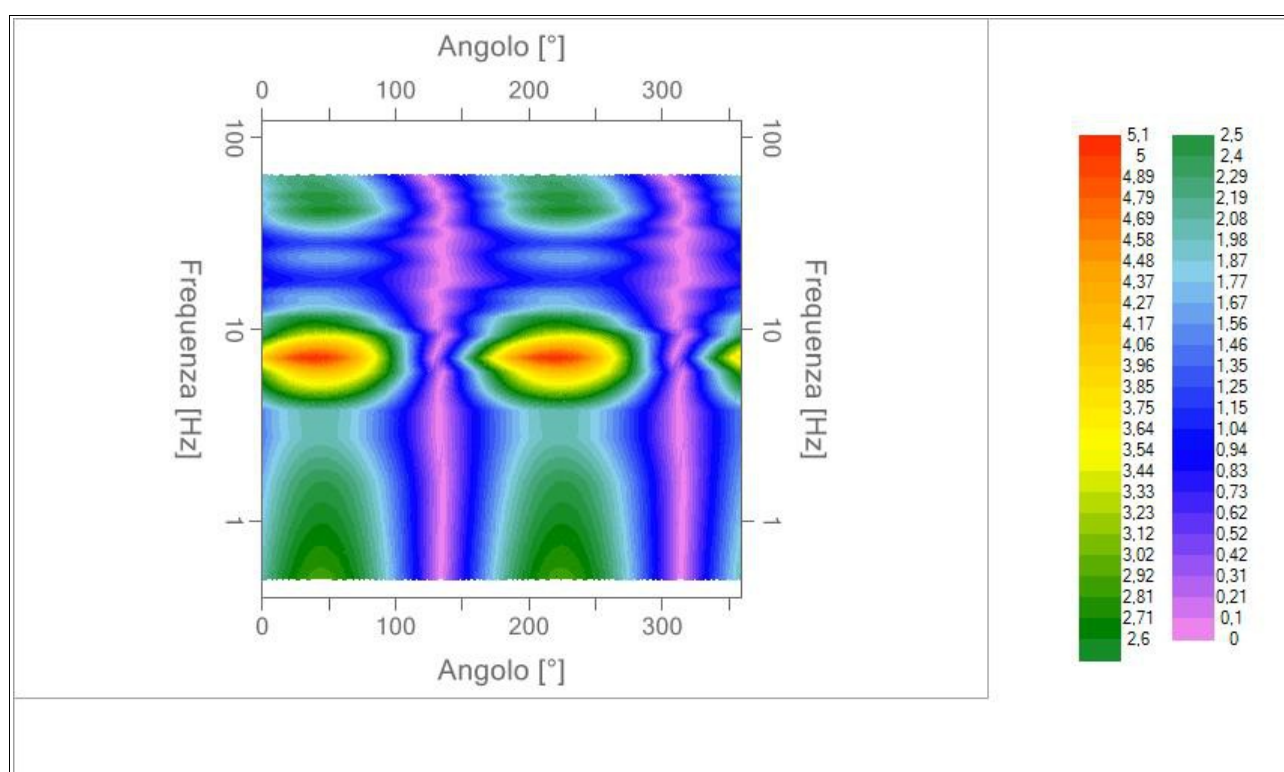
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri
Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

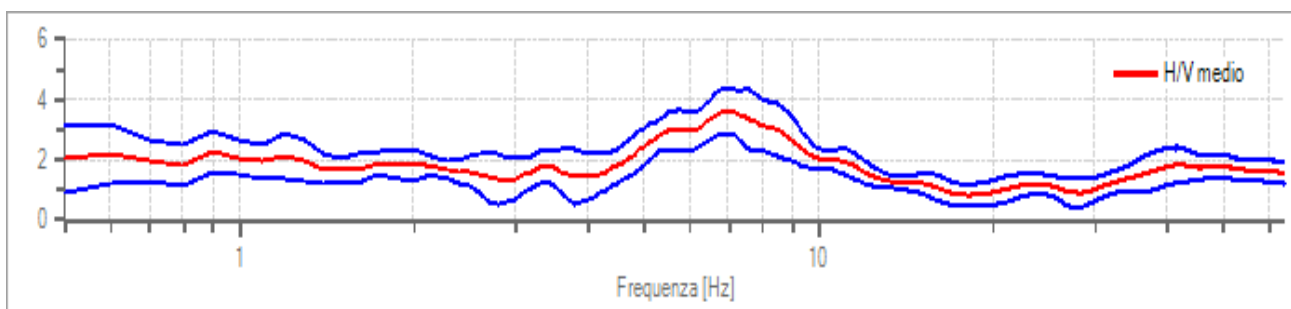
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 6,90 Hz $\pm 0,22$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr4

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017 Il committente IL Tecnico Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 10/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

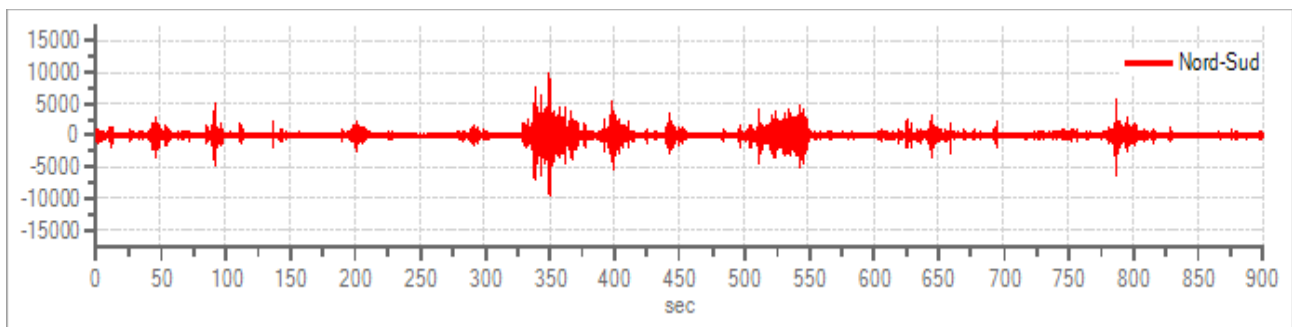
Longitudine:

Tracce in input

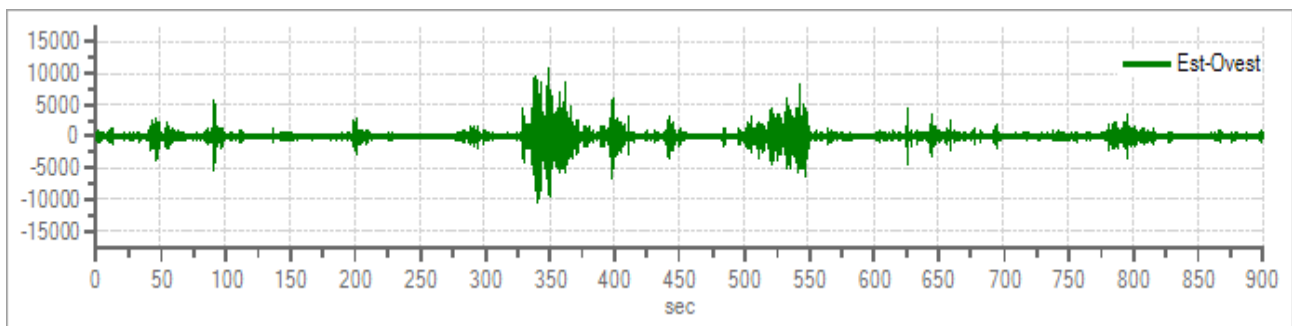
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

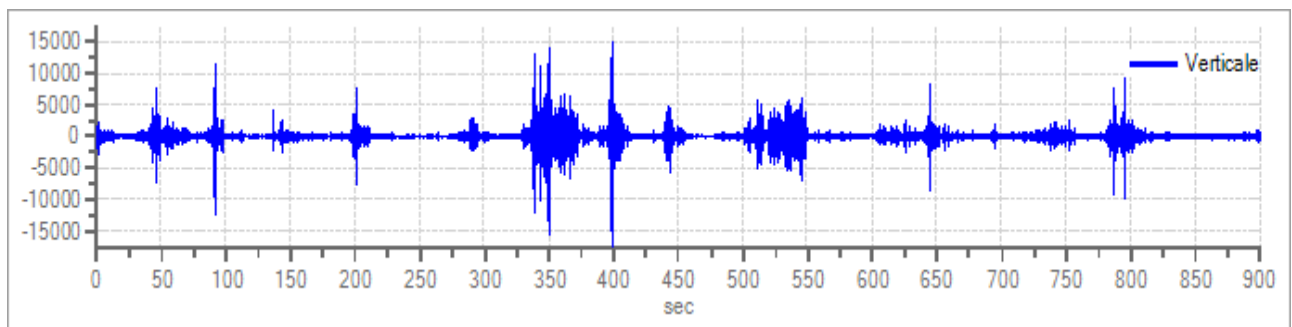
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

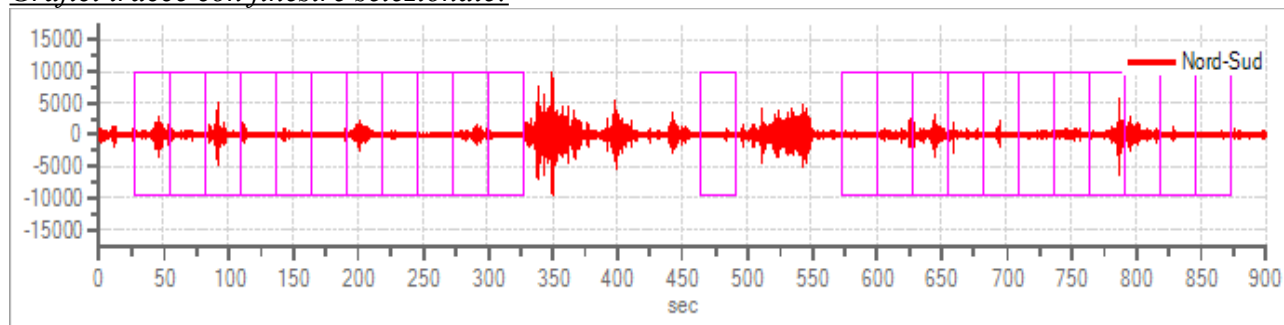
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 23
Numero finestre incluse nel calcolo: 22
Dimensione temporale finestre: 27,307 s
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

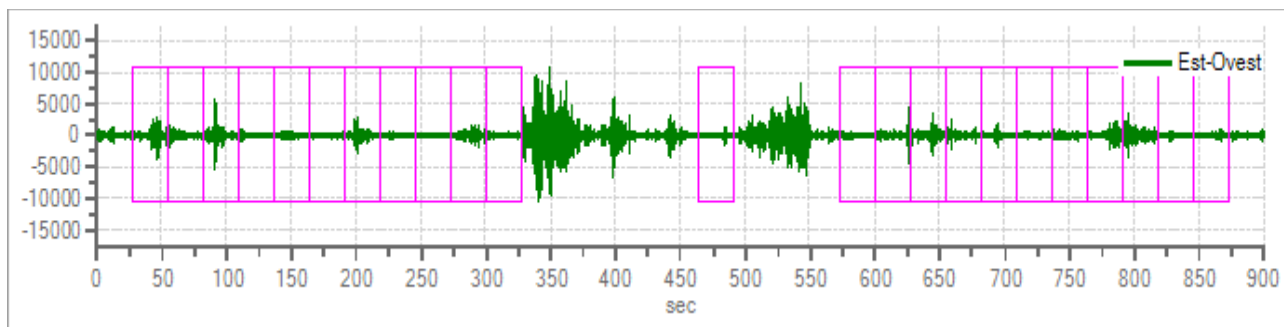
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	27,307	54,613	Inclusa
2	54,613	81,92	Inclusa
3	81,92	109,227	Inclusa
4	109,227	136,533	Inclusa
5	136,533	163,84	Inclusa
6	163,84	191,147	Inclusa
7	191,147	218,453	Inclusa
8	218,453	245,76	Inclusa
9	245,76	273,067	Inclusa
10	273,067	300,373	Inclusa
11	300,373	327,68	Inclusa
12	464,213	491,52	Esclusa
13	573,44	600,747	Inclusa
14	600,747	628,053	Inclusa
15	628,053	655,36	Inclusa
16	655,36	682,667	Inclusa
17	682,667	709,973	Inclusa
18	709,973	737,28	Inclusa
19	737,28	764,587	Inclusa
20	764,587	791,893	Inclusa
21	791,893	819,2	Inclusa
22	819,2	846,507	Inclusa
23	846,507	873,813	Inclusa

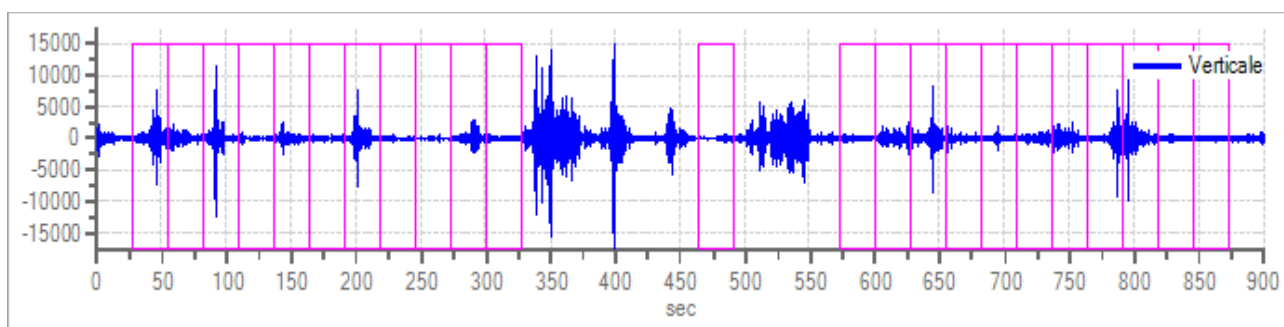
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

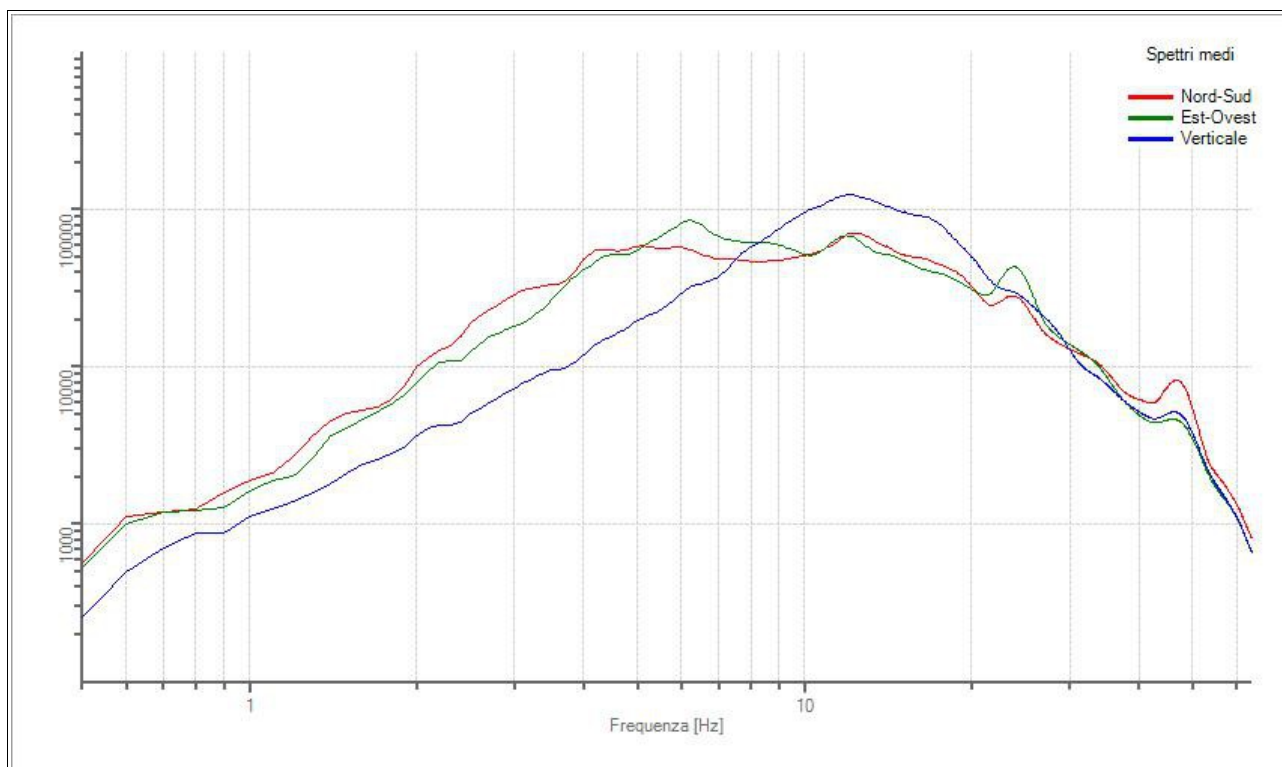


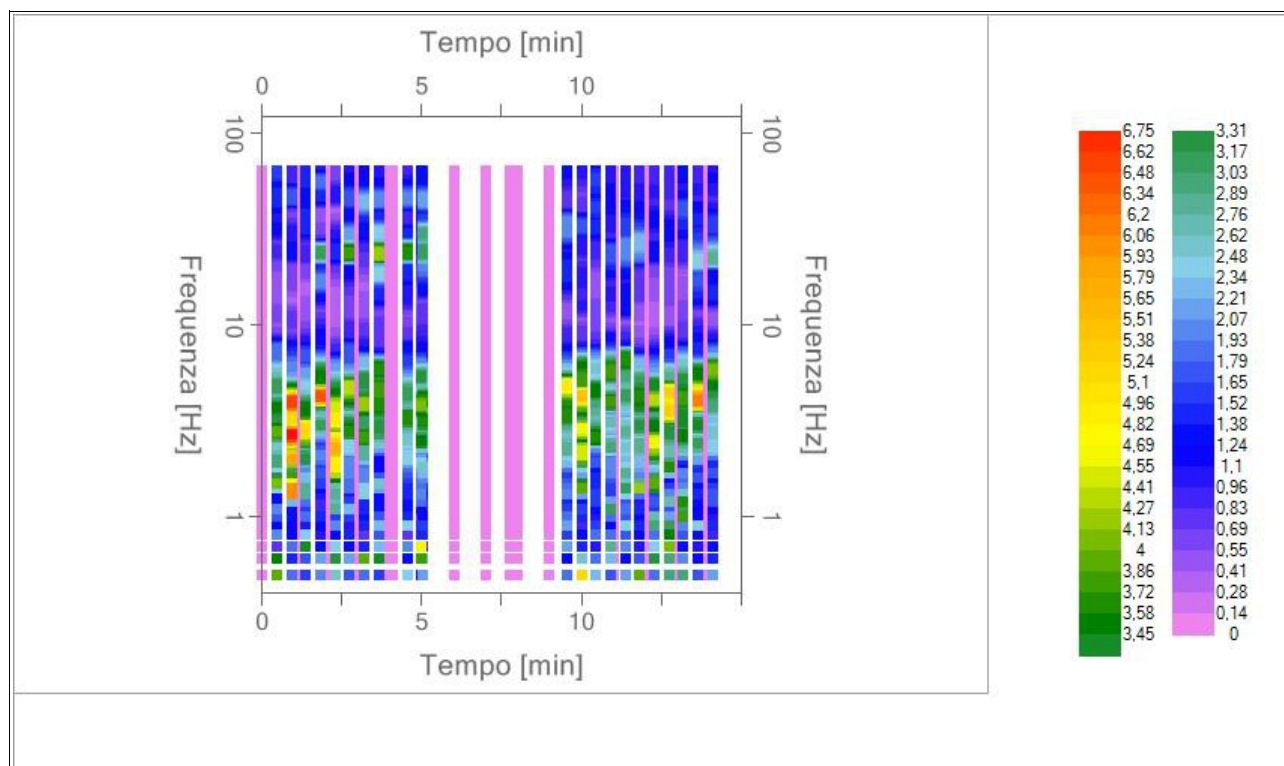
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



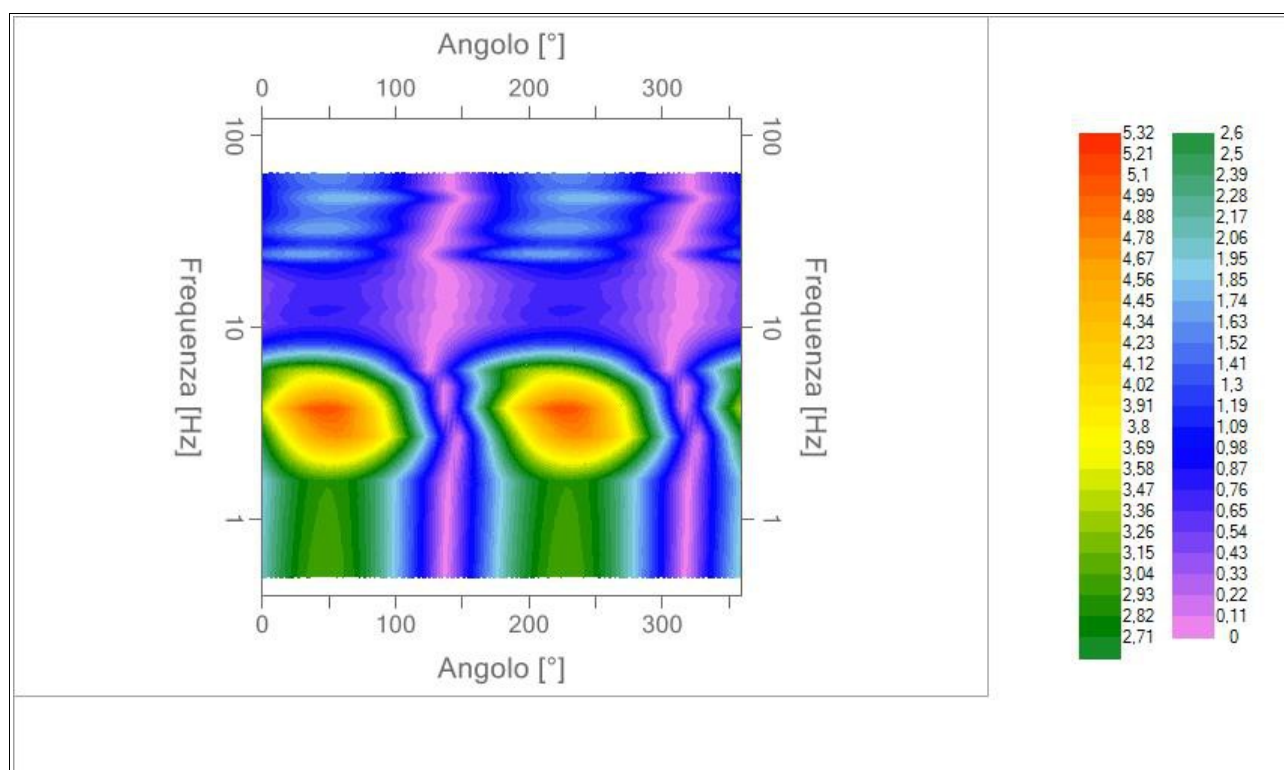
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

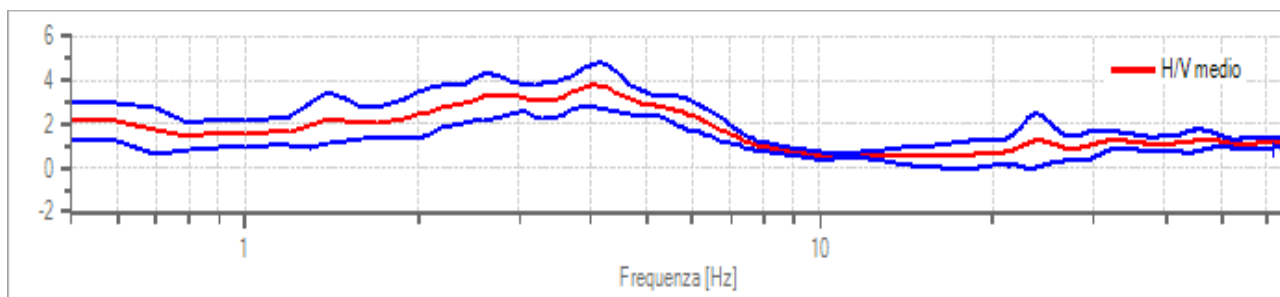
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamiento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 4,10 Hz $\pm 0,27$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr5

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 10/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

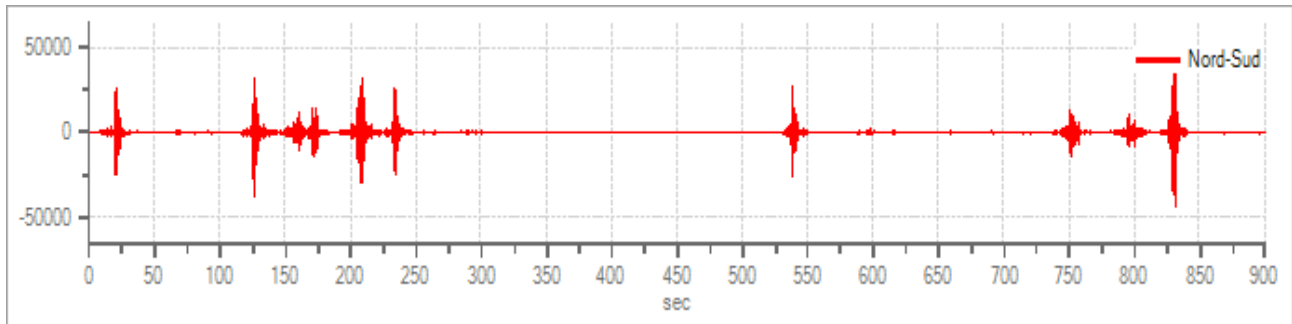
Longitudine:

Tracce in input

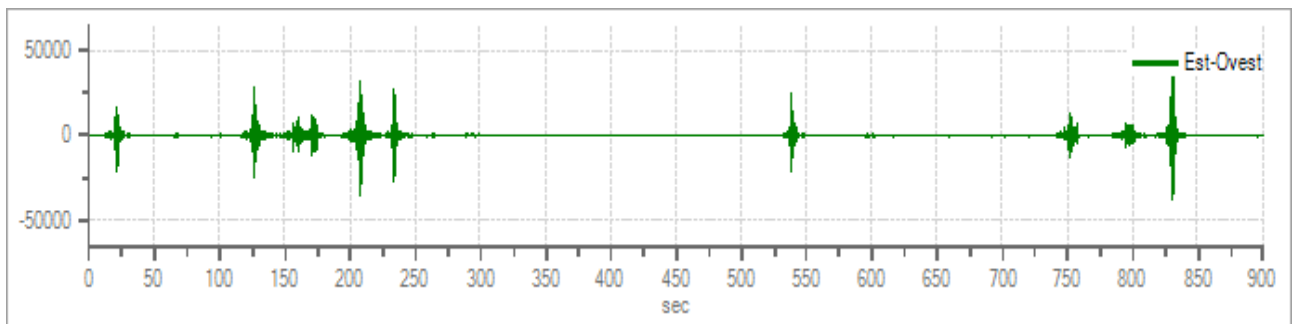
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

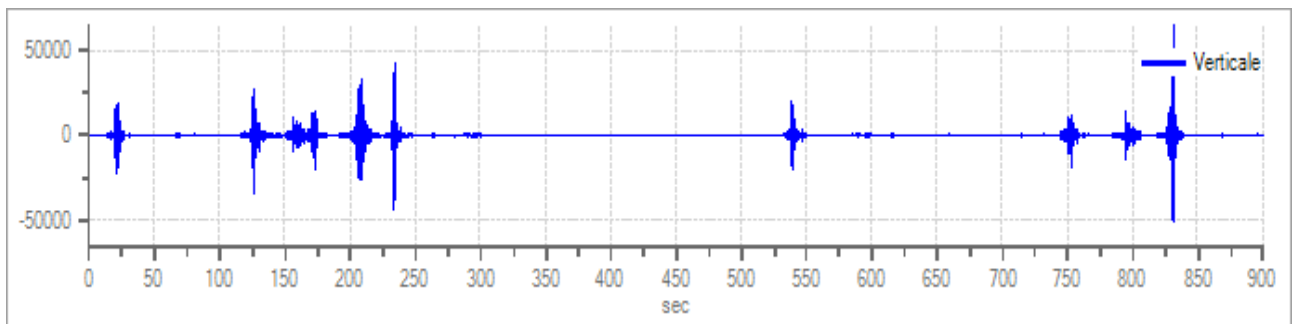
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

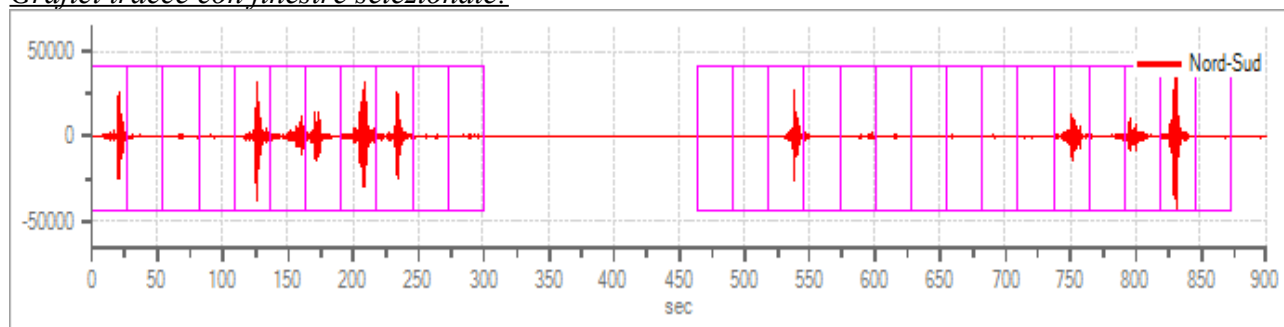
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 26
 Numero finestre incluse nel calcolo: 21
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Coefficiente di banda: 40,00

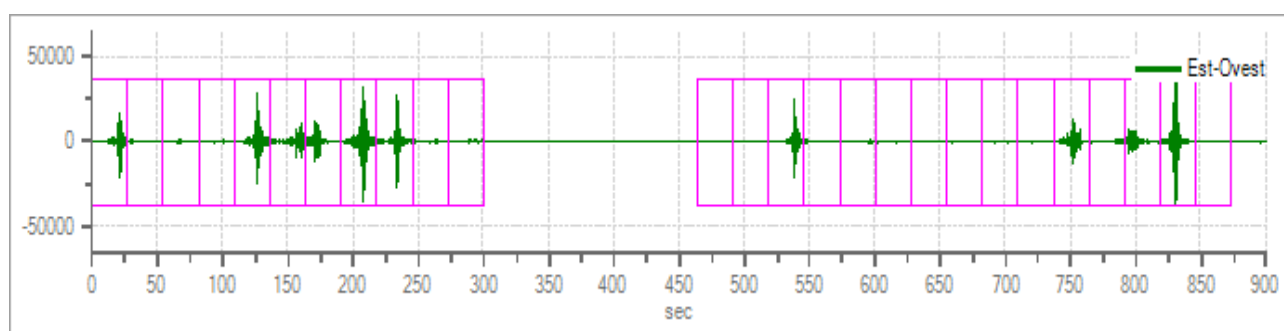
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Esclusa
2	27,307	54,613	Esclusa
3	54,613	81,92	Inclusa
4	81,92	109,227	Inclusa
5	109,227	136,533	Inclusa
6	136,533	163,84	Inclusa
7	163,84	191,147	Inclusa
8	191,147	218,453	Inclusa
9	218,453	245,76	Inclusa
10	245,76	273,067	Inclusa
11	273,067	300,373	Inclusa
12	464,213	491,52	Inclusa
13	491,52	518,827	Inclusa
14	518,827	546,133	Inclusa
15	546,133	573,44	Esclusa
16	573,44	600,747	Esclusa
17	600,747	628,053	Inclusa
18	628,053	655,36	Inclusa
19	655,36	682,667	Inclusa
20	682,667	709,973	Inclusa
21	709,973	737,28	Inclusa
22	737,28	764,587	Inclusa
23	764,587	791,893	Inclusa
24	791,893	819,2	Inclusa
25	819,2	846,507	Esclusa
26	846,507	873,813	Inclusa

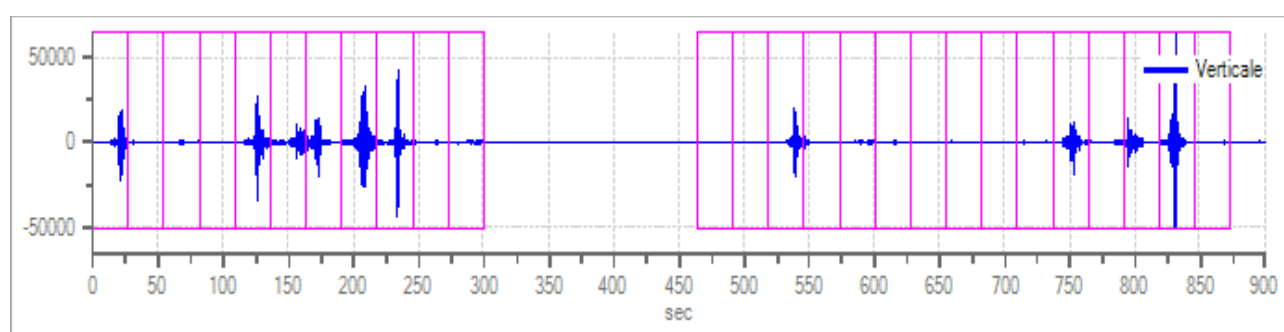
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

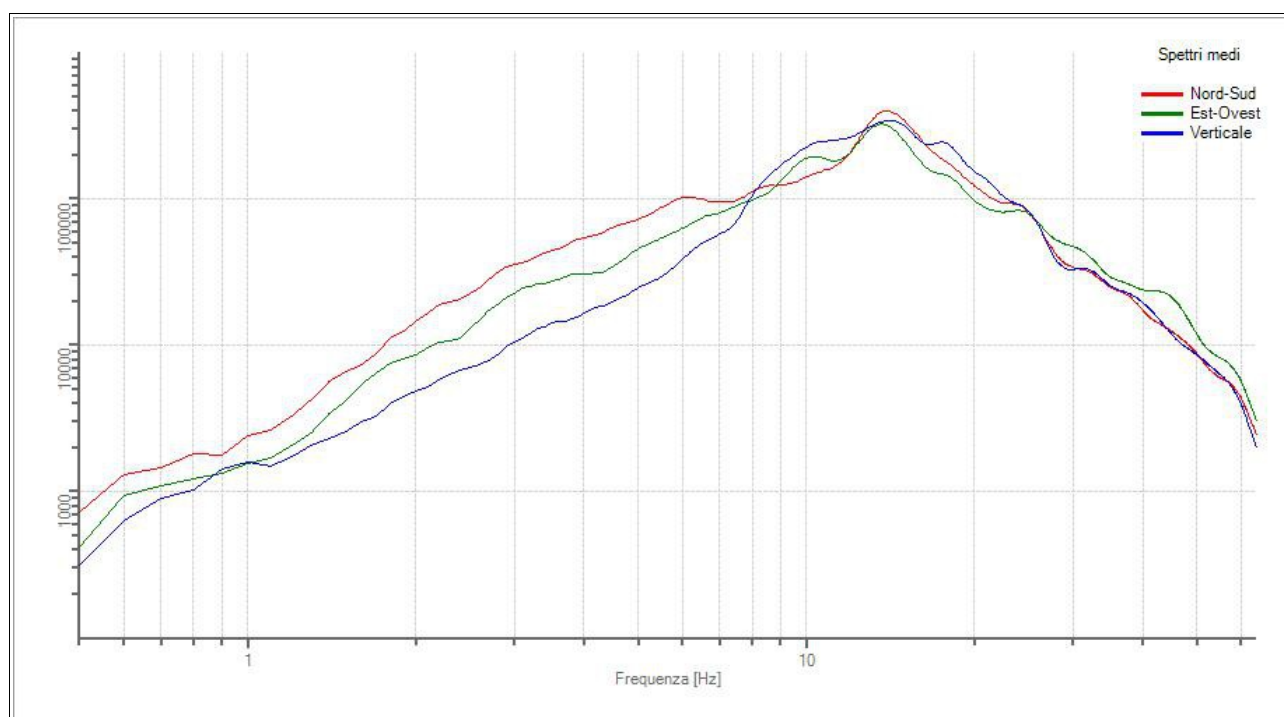


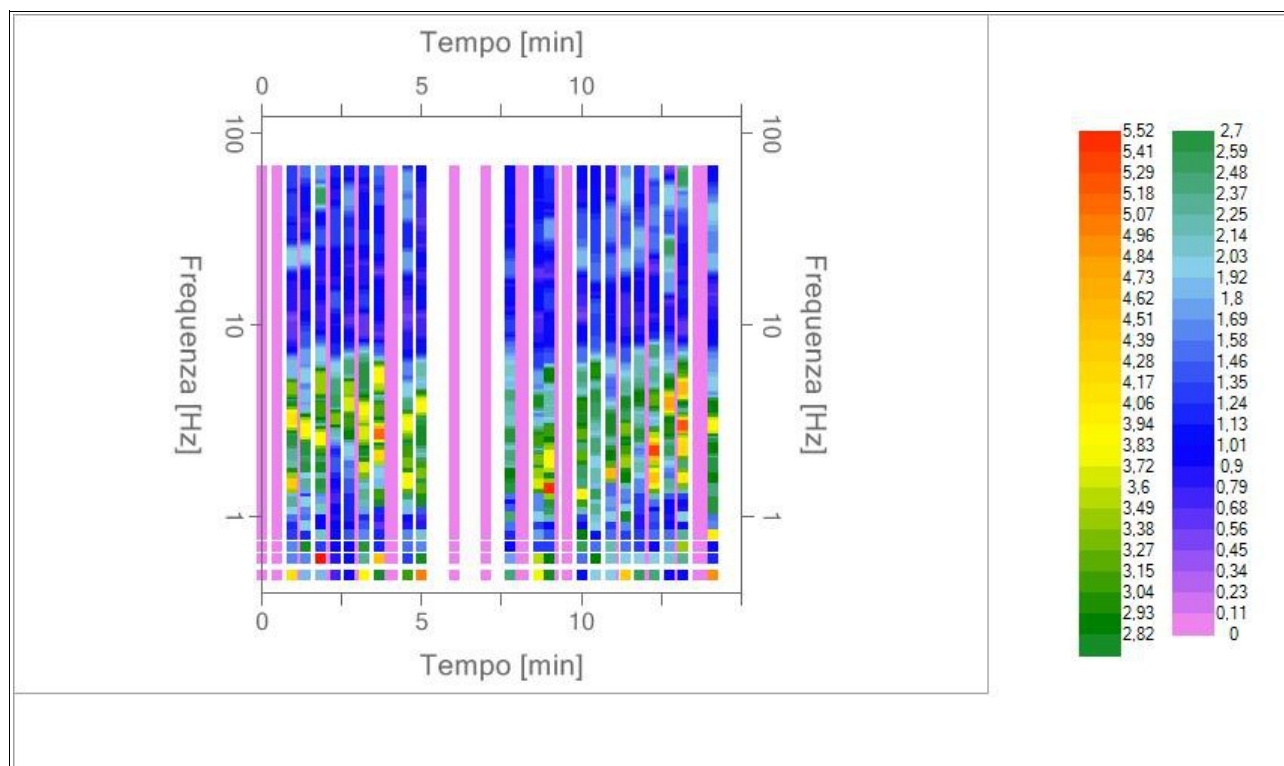
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



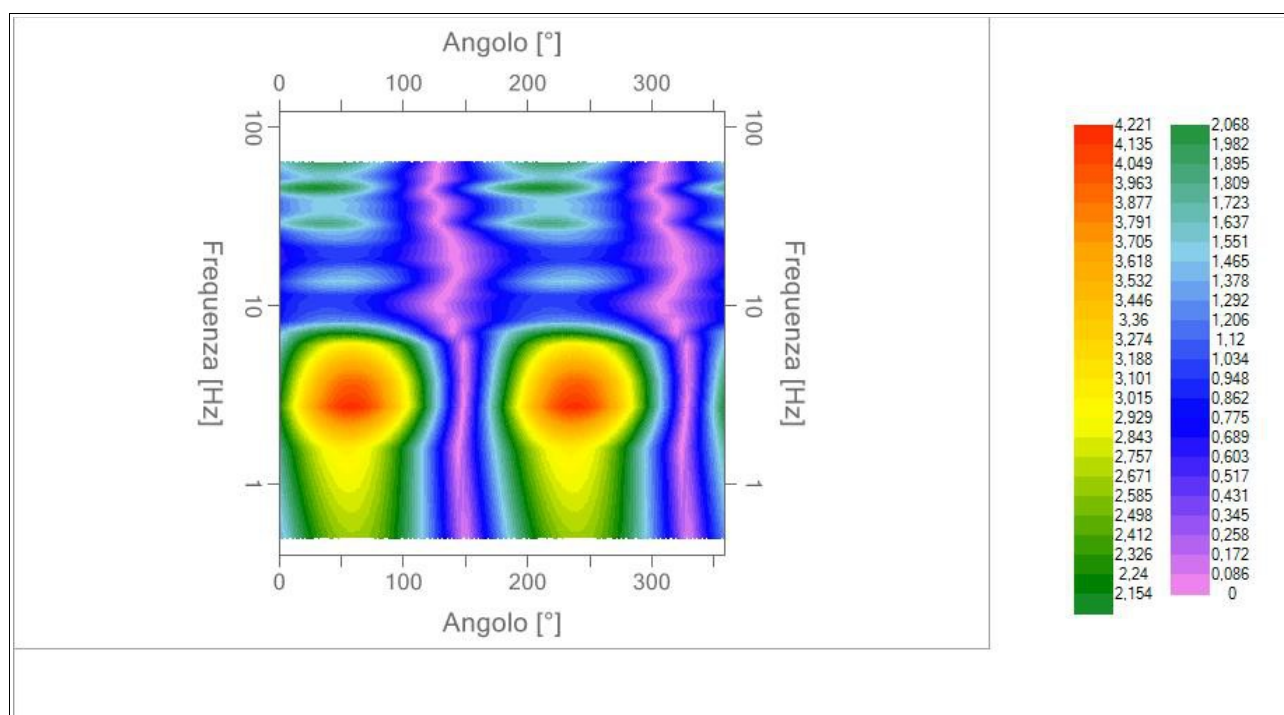
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri
Spettri medi nelle tre direzioni





Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

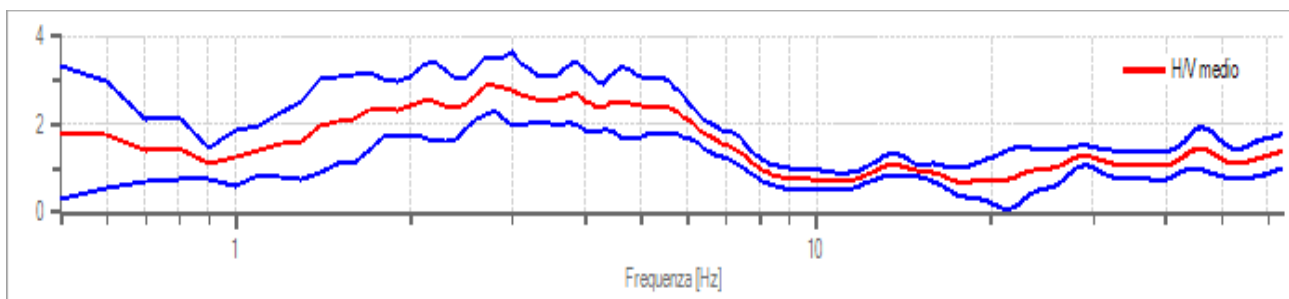
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 2,80 Hz $\pm 0,20$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr6

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017 Il committente IL Tecnico Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 24/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

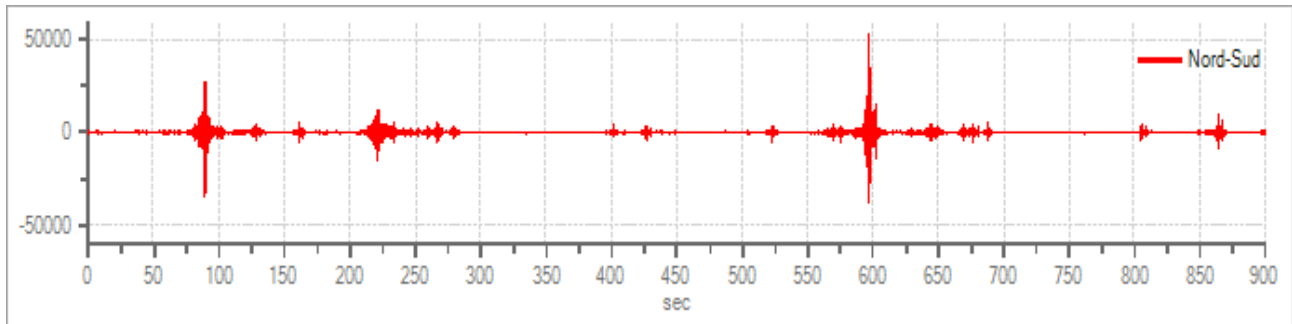
Longitudine:

Tracce in input

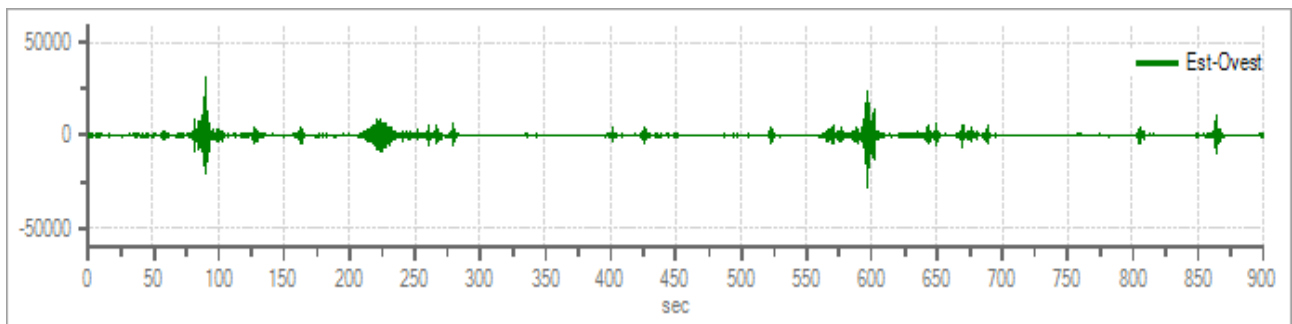
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

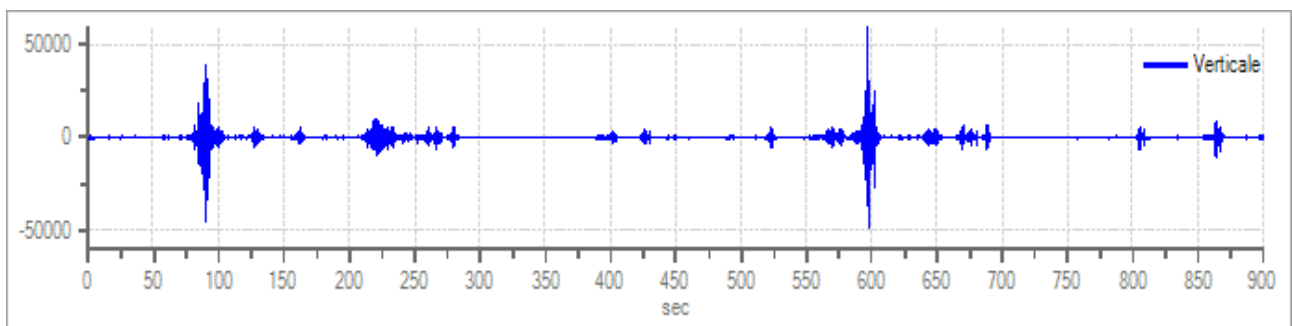
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

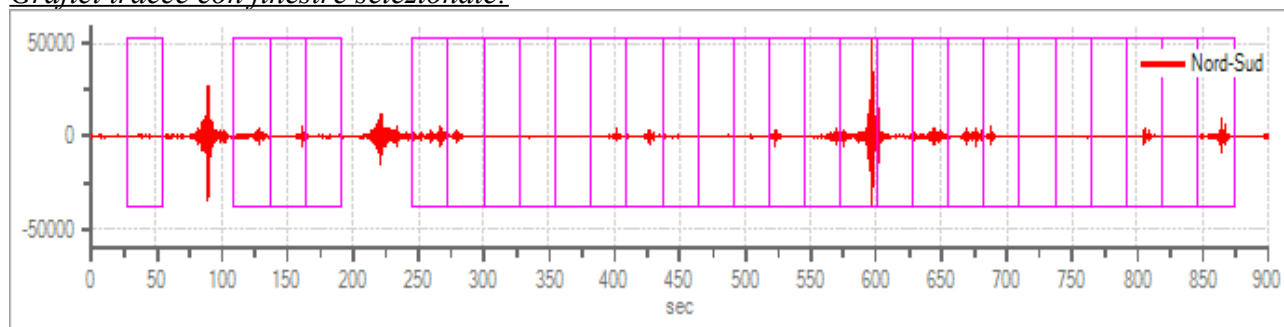
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 27
 Numero finestre incluse nel calcolo: 27
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %

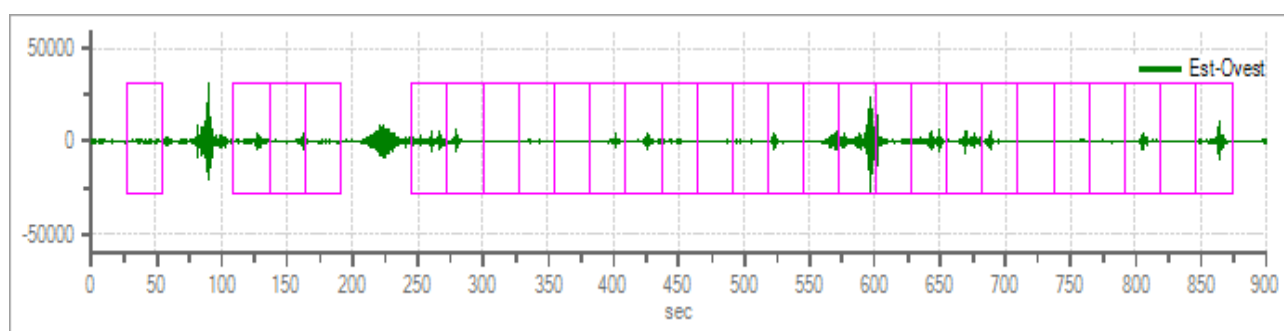
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	27,307	54,613	Inclusa
2	109,227	136,533	Inclusa
3	136,533	163,84	Inclusa
4	163,84	191,147	Inclusa
5	245,76	273,067	Inclusa
6	273,067	300,373	Inclusa
7	300,373	327,68	Inclusa
8	327,68	354,987	Inclusa
9	354,987	382,293	Inclusa
10	382,293	409,6	Inclusa
11	409,6	436,907	Inclusa
12	436,907	464,213	Inclusa
13	464,213	491,52	Inclusa
14	491,52	518,827	Inclusa
15	518,827	546,133	Inclusa
16	546,133	573,44	Inclusa
17	573,44	600,747	Inclusa
18	600,747	628,053	Inclusa
19	628,053	655,36	Inclusa
20	655,36	682,667	Inclusa
21	682,667	709,973	Inclusa
22	709,973	737,28	Inclusa
23	737,28	764,587	Inclusa
24	764,587	791,893	Inclusa
25	791,893	819,2	Inclusa
26	819,2	846,507	Inclusa
27	846,507	873,813	Inclusa

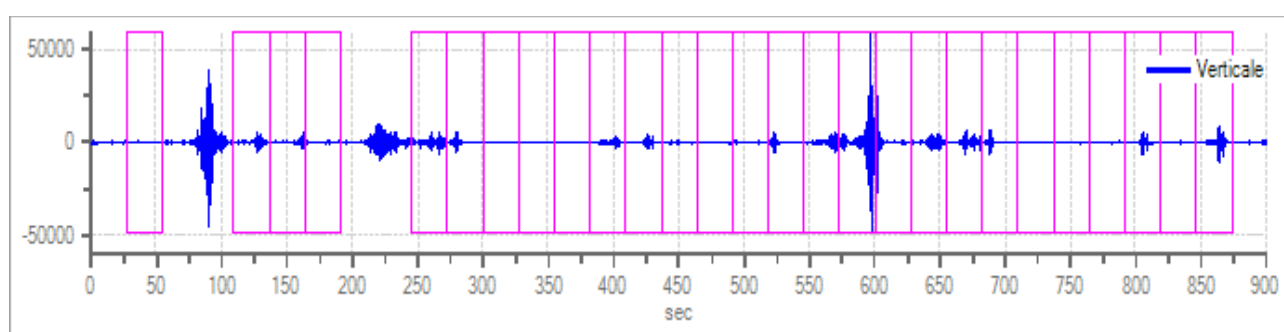
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

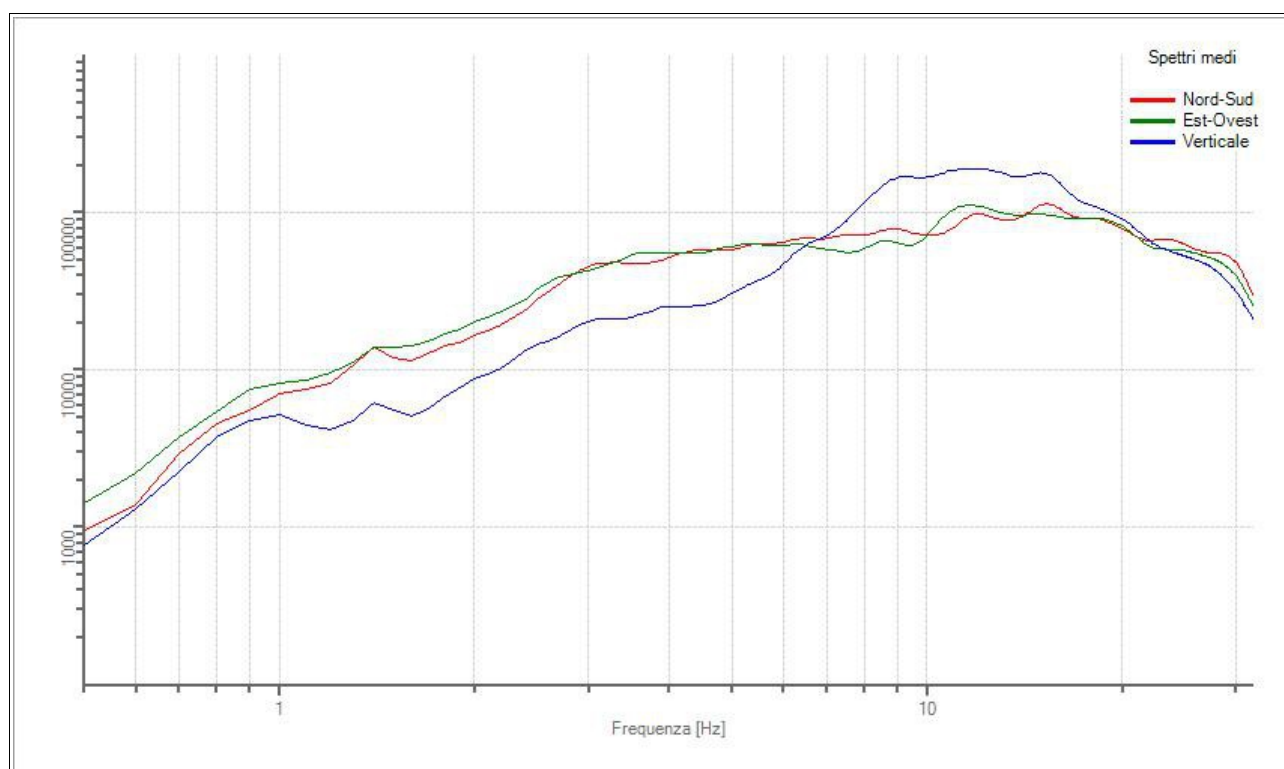


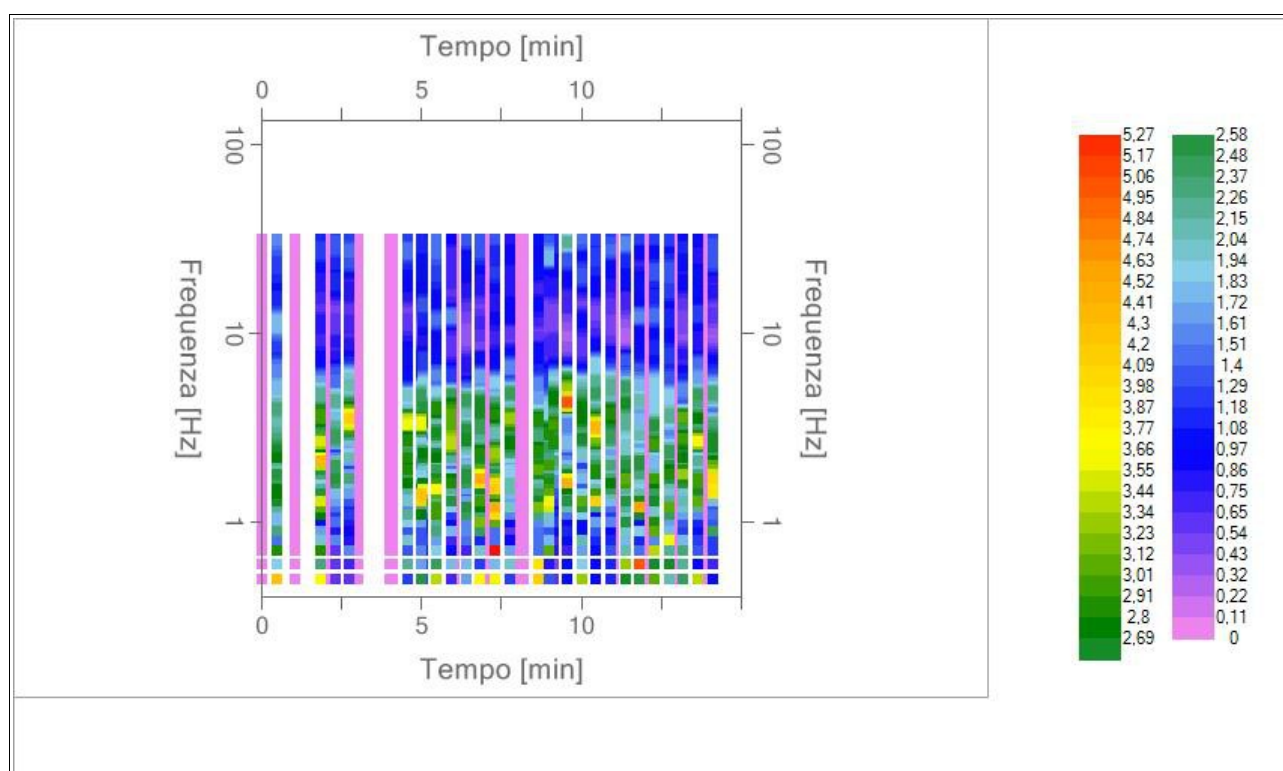
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



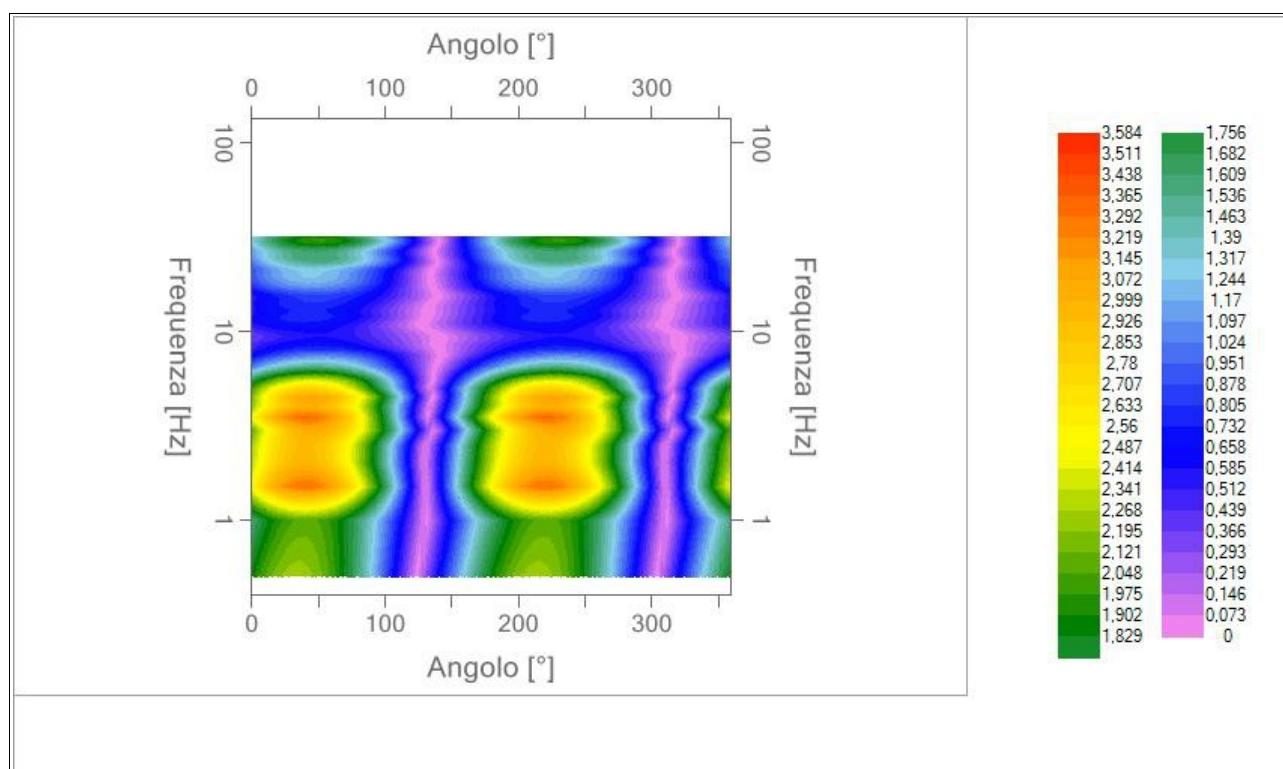
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

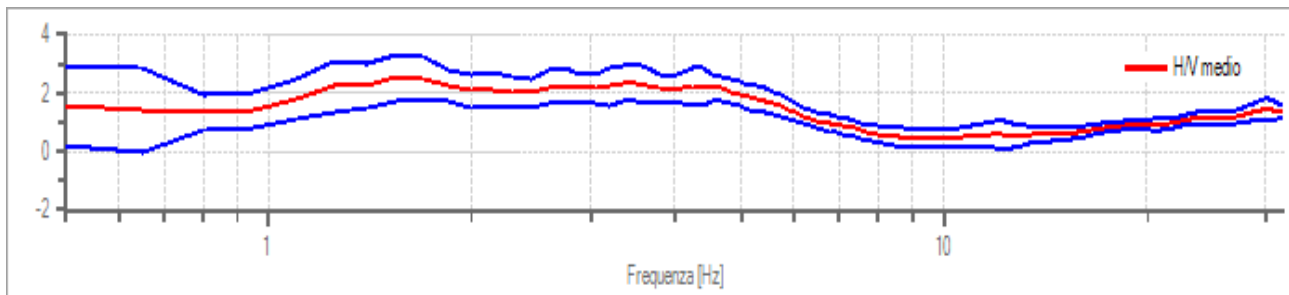
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 32,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,15 Hz
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 1,55 Hz $\pm$ 0,33 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr7

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 04/04/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

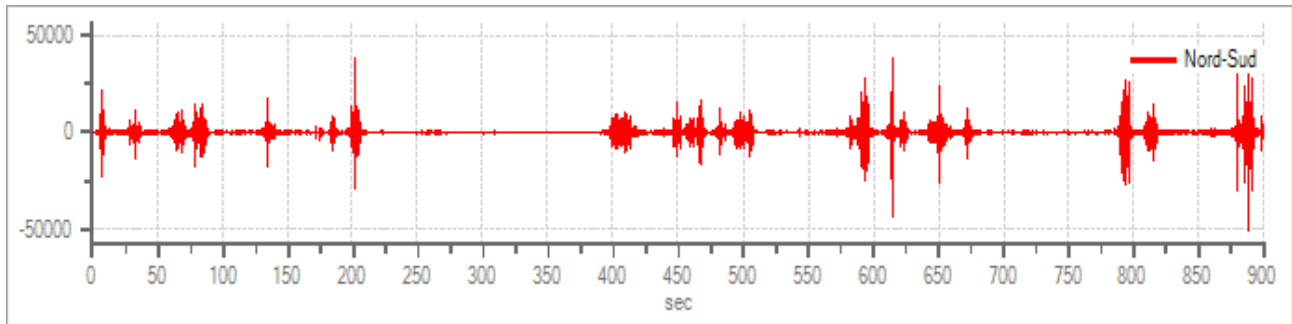
Longitudine:

Tracce in input

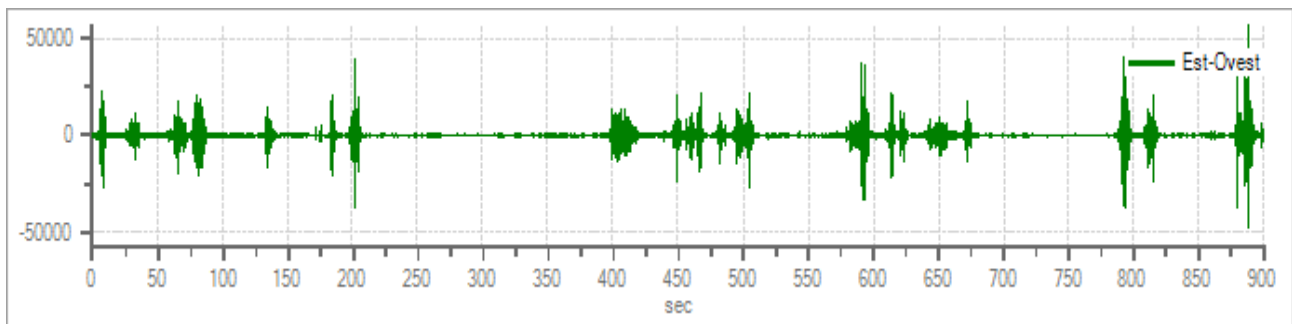
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

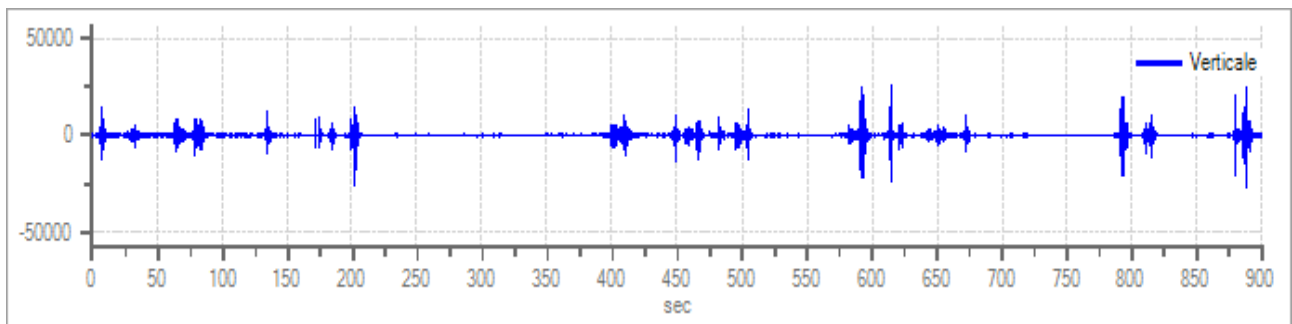
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

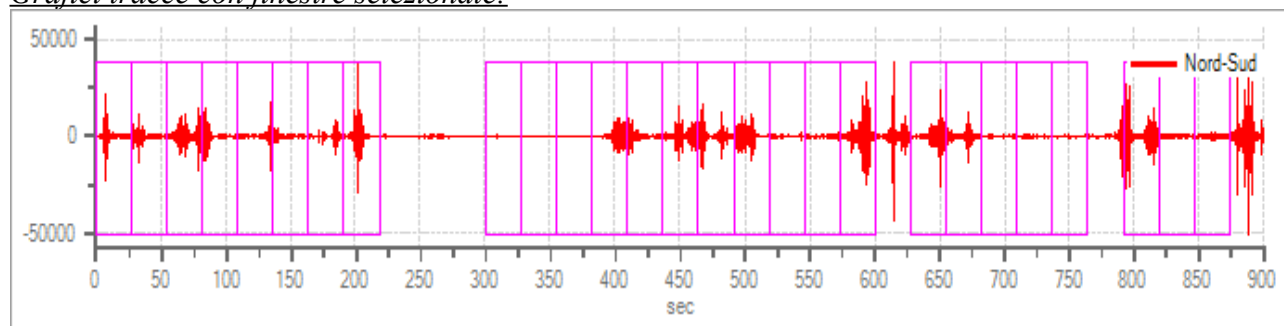
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 27
 Numero finestre incluse nel calcolo: 23
 Dimensione temporale finestre: 27,307 s
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Coefficiente di banda: 40,00

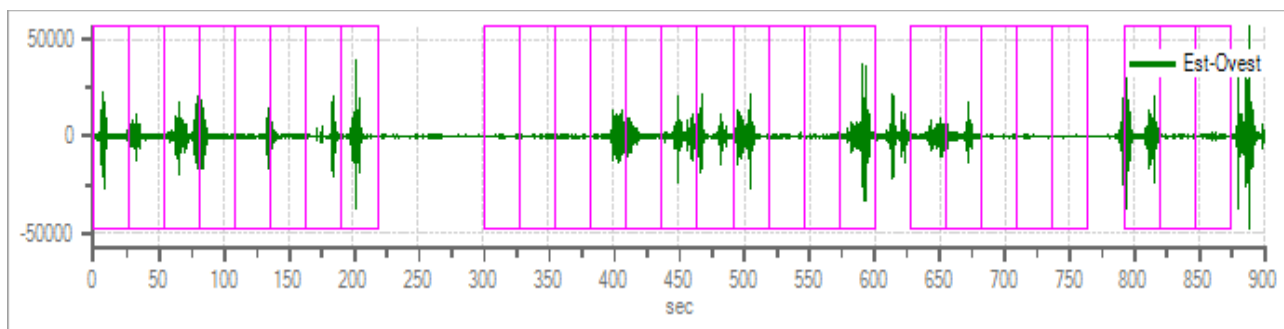
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Inclusa
2	27,307	54,613	Inclusa
3	54,613	81,92	Inclusa
4	81,92	109,227	Inclusa
5	109,227	136,533	Inclusa
6	136,533	163,84	Inclusa
7	163,84	191,147	Esclusa
8	191,147	218,453	Esclusa
9	300,373	327,68	Inclusa
10	327,68	354,987	Inclusa
11	354,987	382,293	Inclusa
12	382,293	409,6	Inclusa
13	409,6	436,907	Inclusa
14	436,907	464,213	Inclusa
15	464,213	491,52	Inclusa
16	491,52	518,827	Inclusa
17	518,827	546,133	Inclusa
18	546,133	573,44	Inclusa
19	573,44	600,747	Inclusa
20	628,053	655,36	Inclusa
21	655,36	682,667	Inclusa
22	682,667	709,973	Inclusa
23	709,973	737,28	Esclusa
24	737,28	764,587	Inclusa
25	791,893	819,2	Esclusa
26	819,2	846,507	Inclusa
27	846,507	873,813	Inclusa

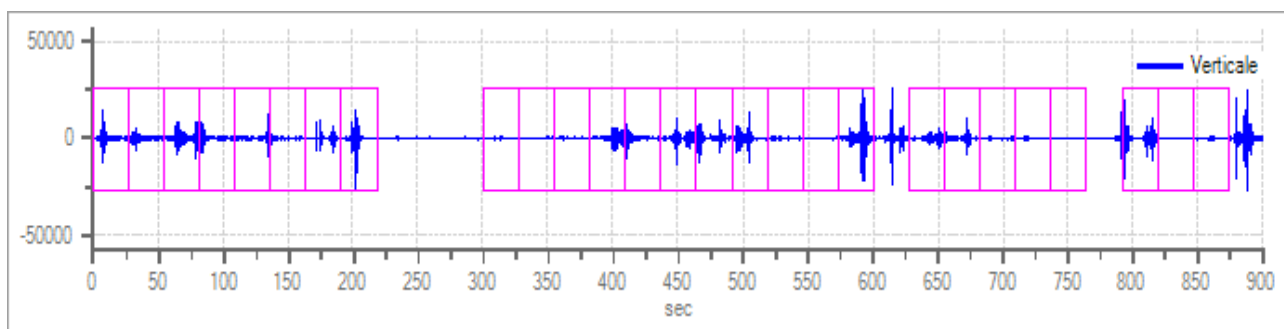
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

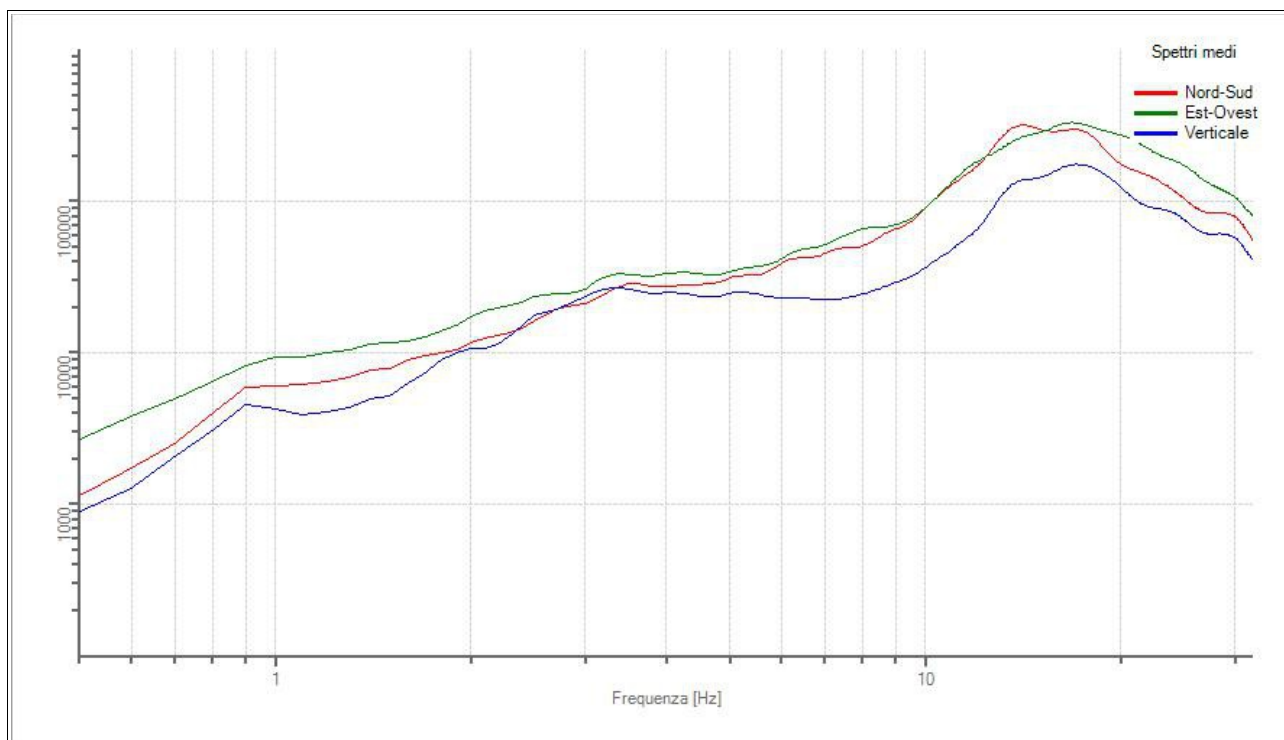


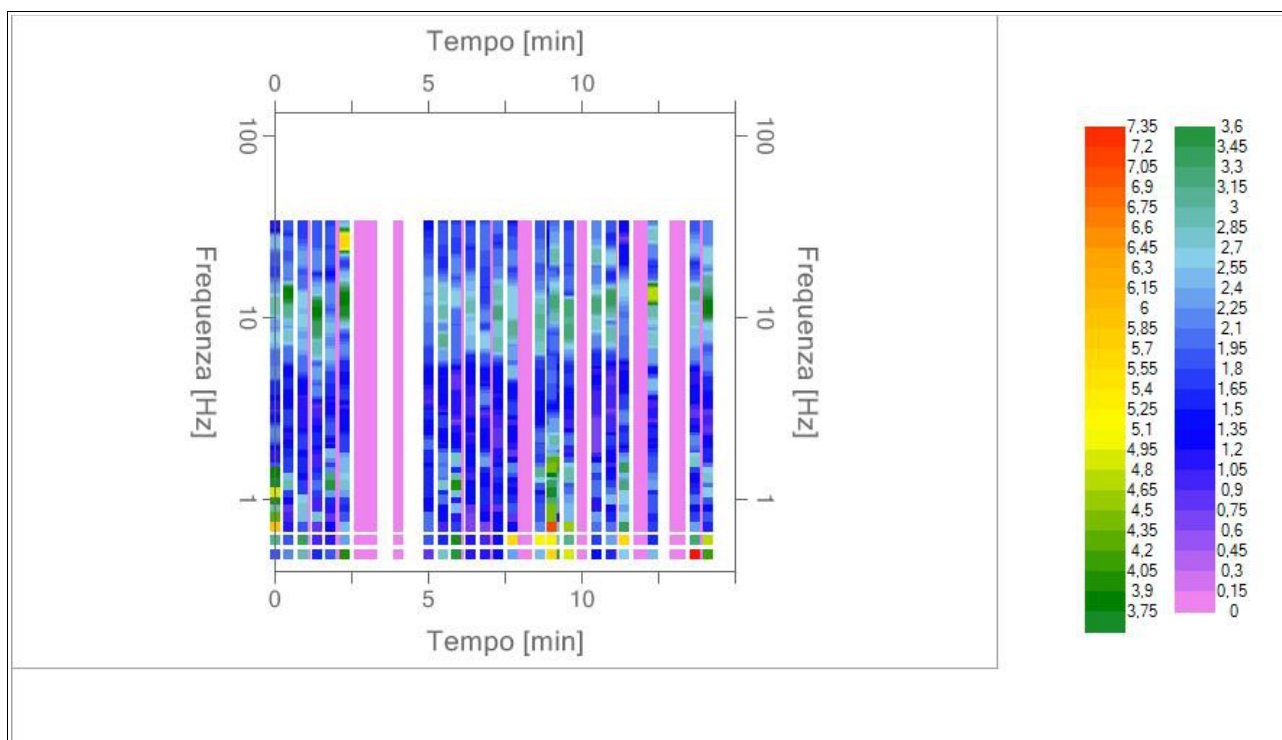
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



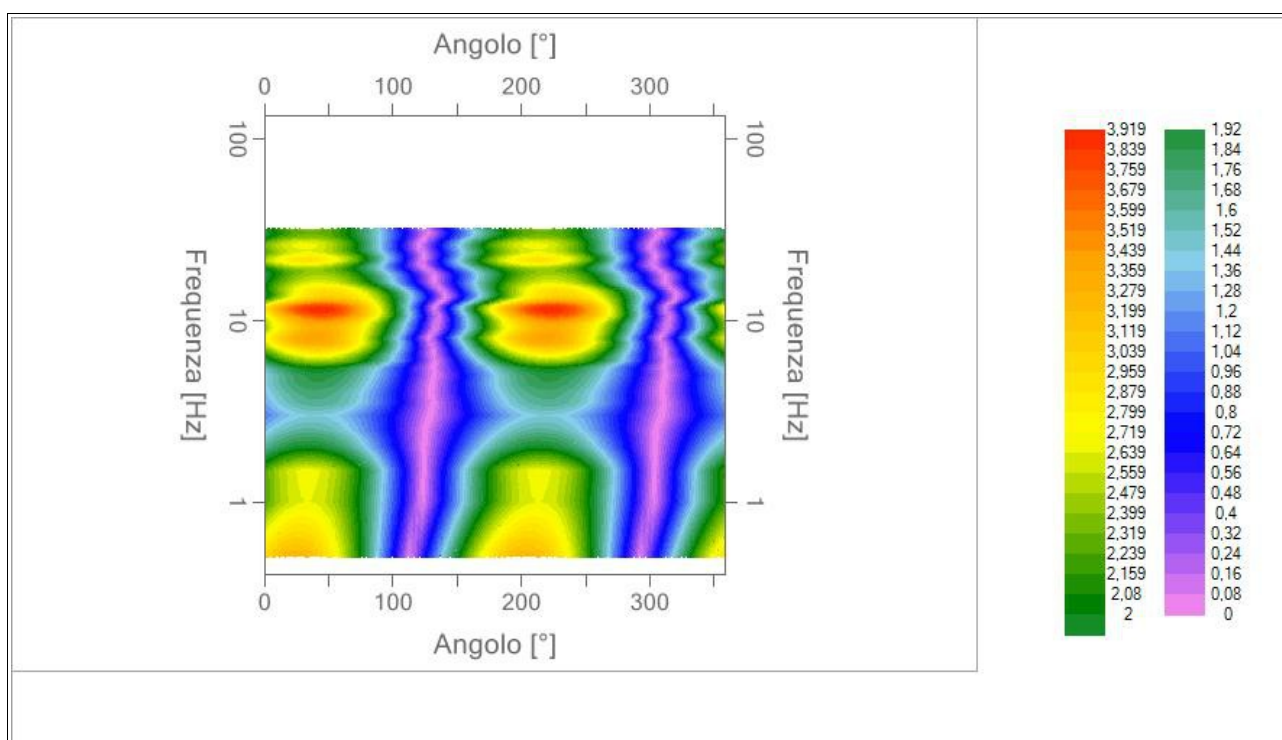
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri
Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

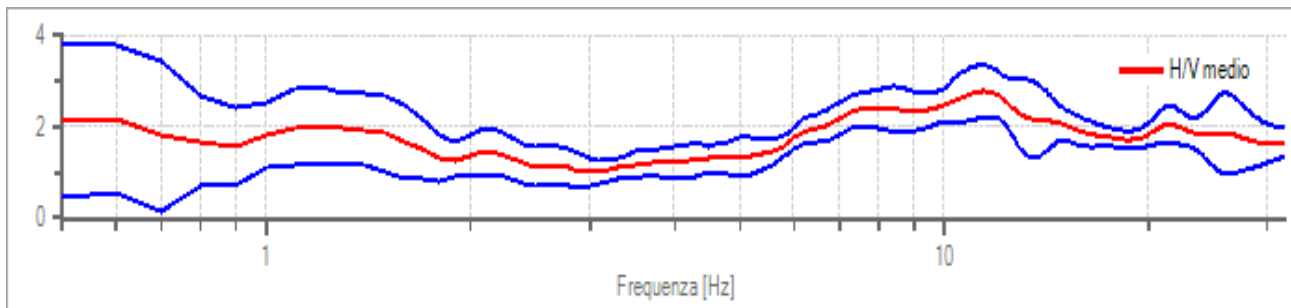
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 32,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenza: 0,10 Hz
 Tipo lisciamiento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 11,50 Hz $\pm$ 0,21 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr8

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

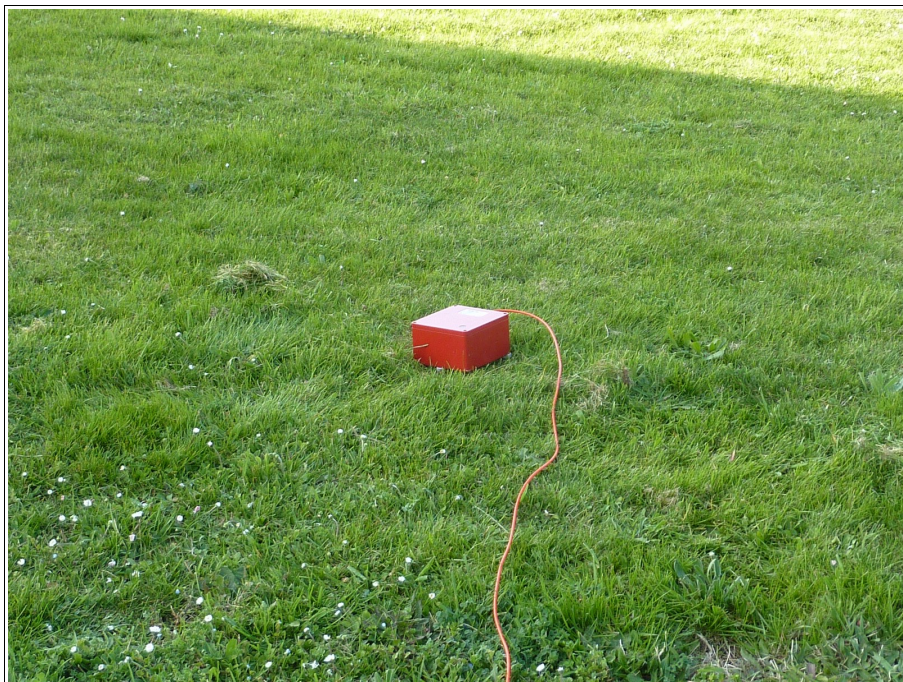
	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 23/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

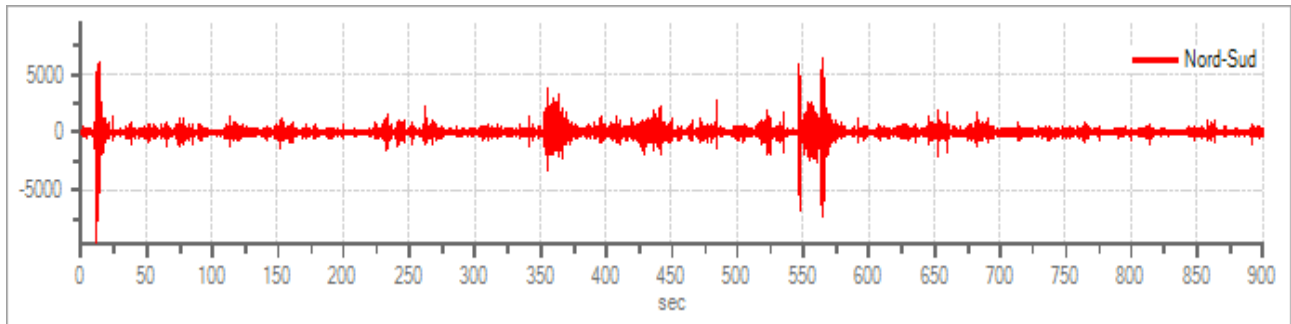
Longitudine:

Tracce in input

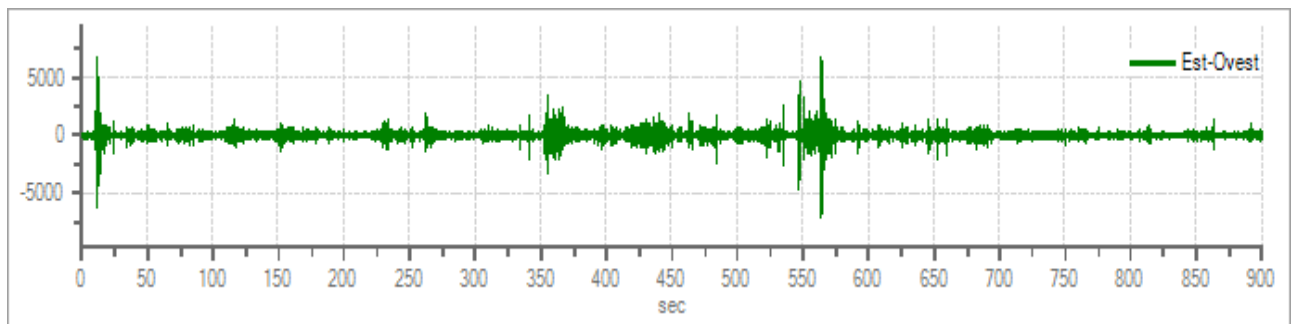
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

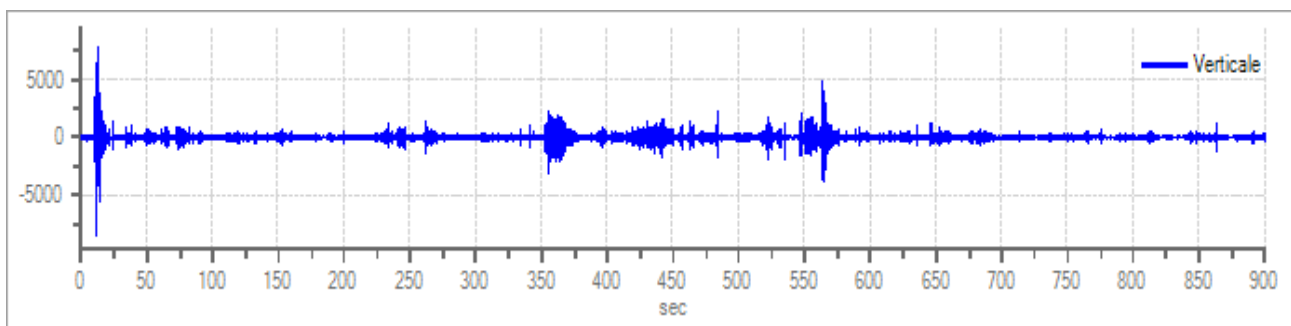
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

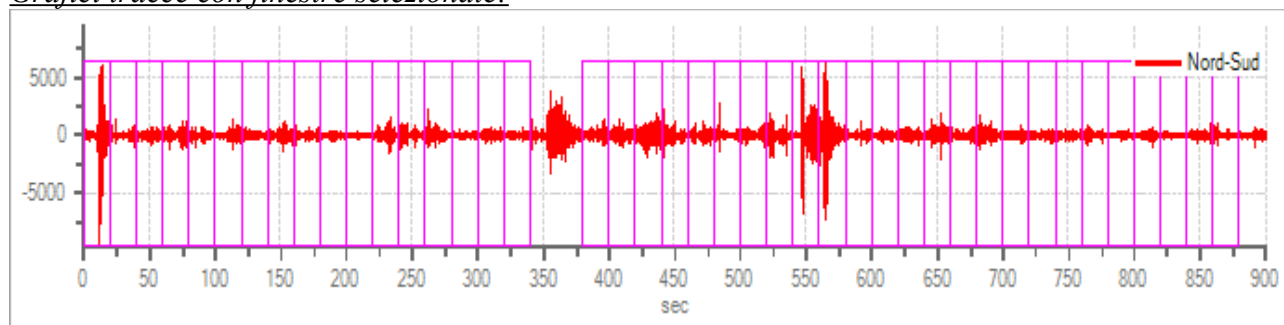
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 42
 Numero finestre incluse nel calcolo: 42
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s
 Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
 Coefficiente di banda: 40,00

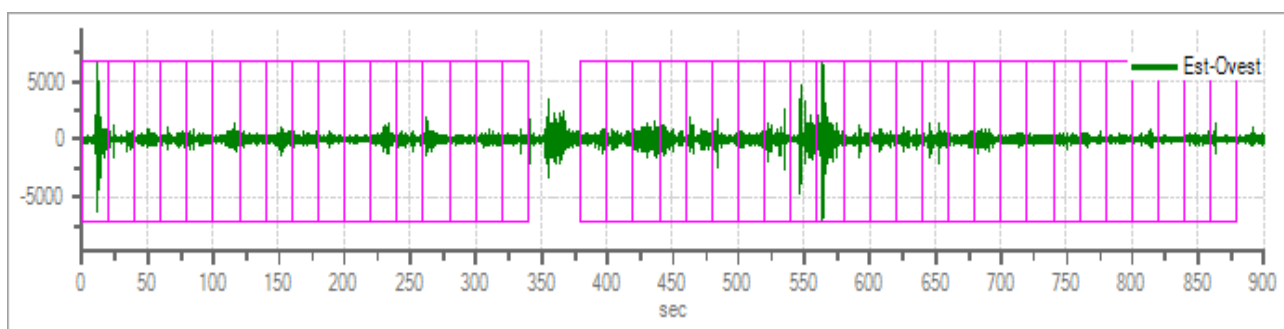
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Inclusa
43	840	860	Inclusa
44	860	880	Inclusa

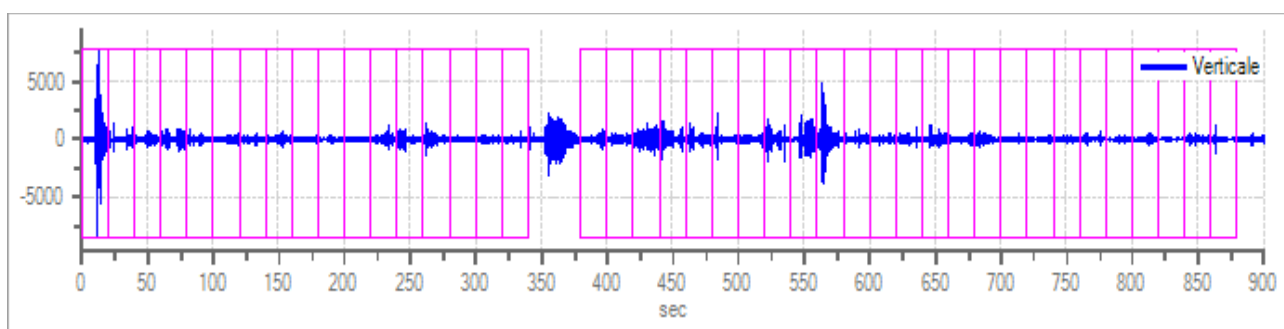
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

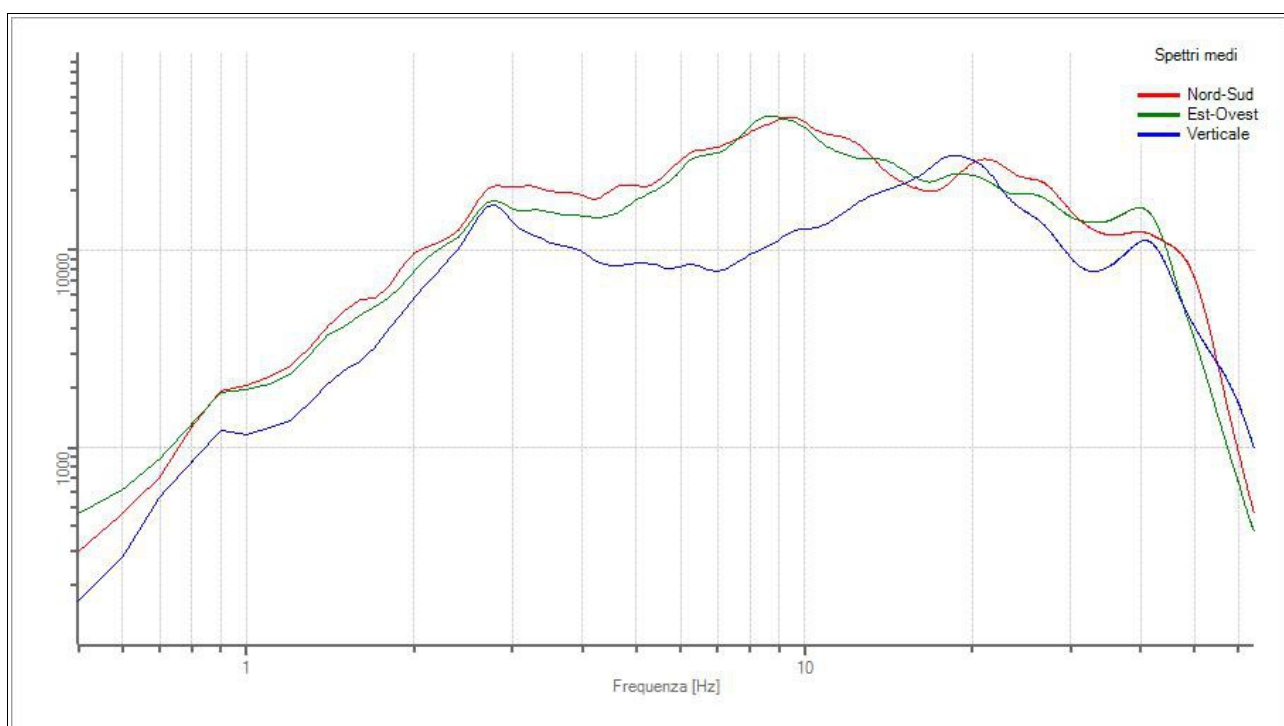


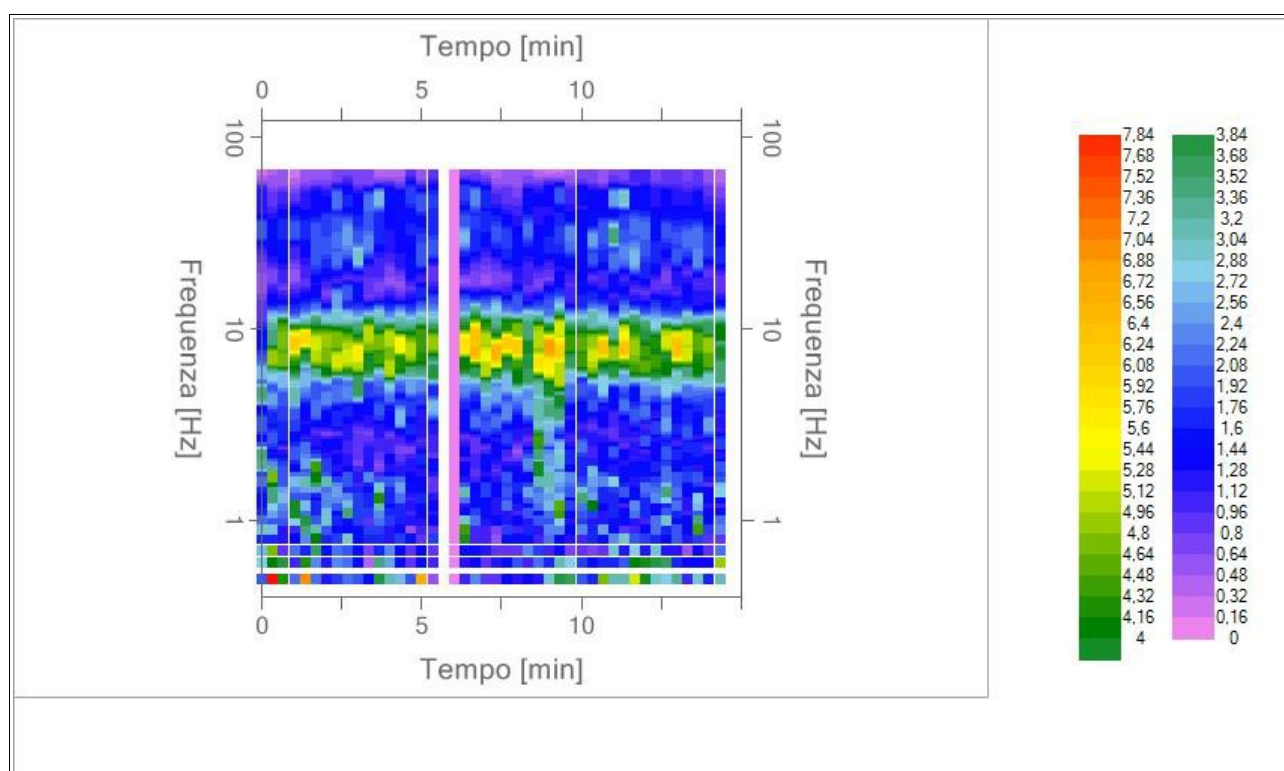
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



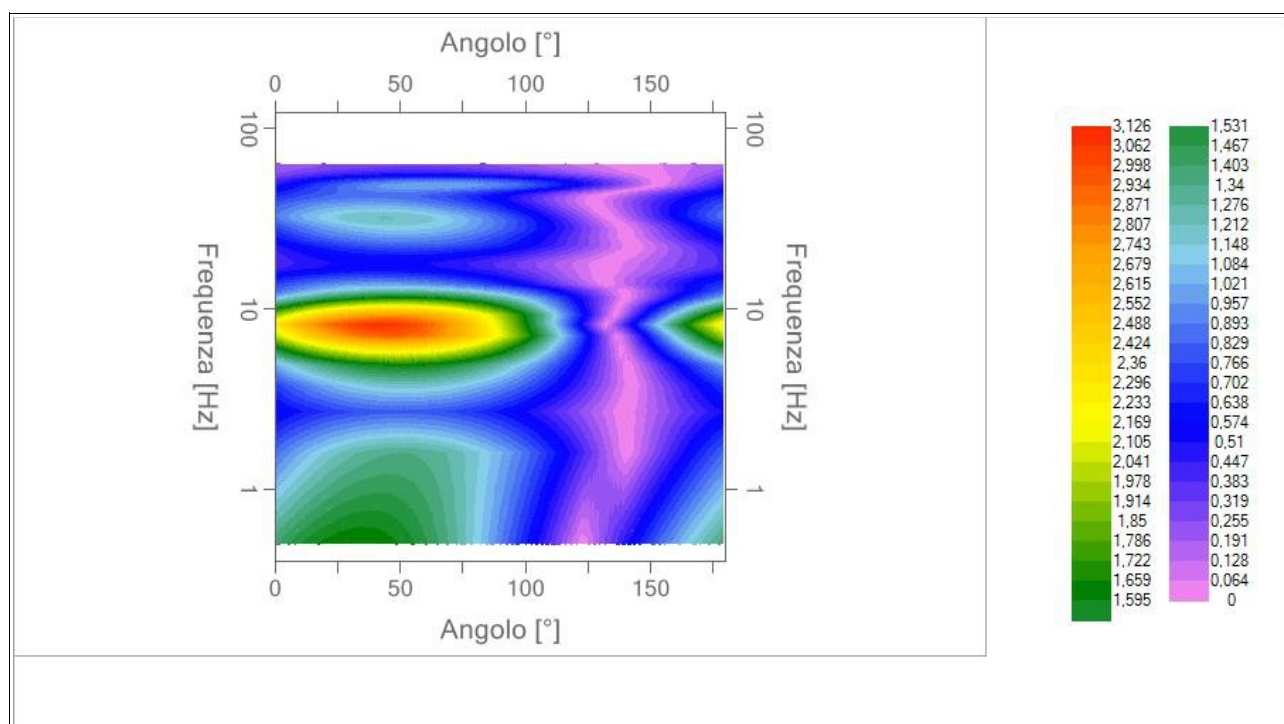
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

Grafici degli spettri Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

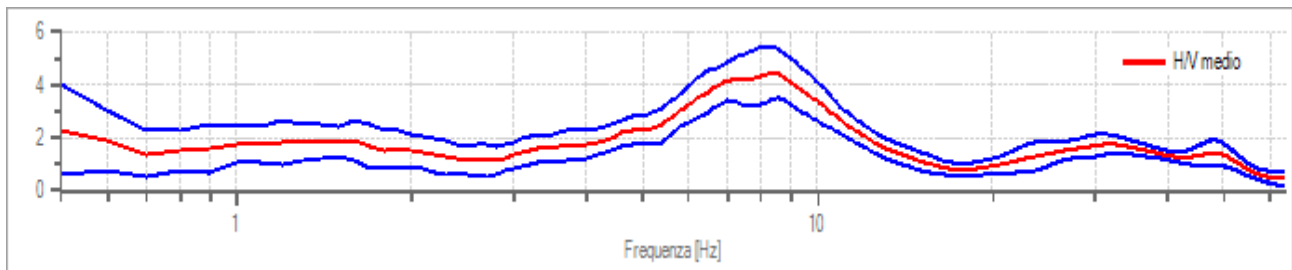
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 8,40 Hz $\pm$ 0,22 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr9

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 23/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

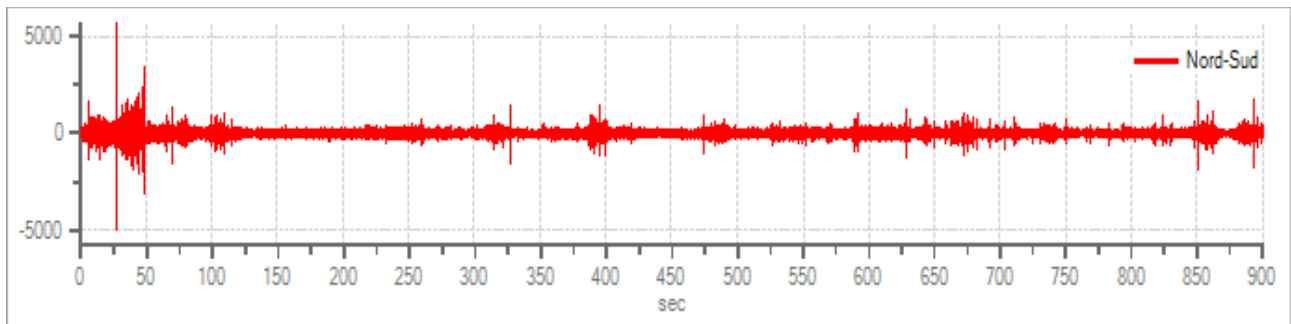
Longitudine:

Tracce in input

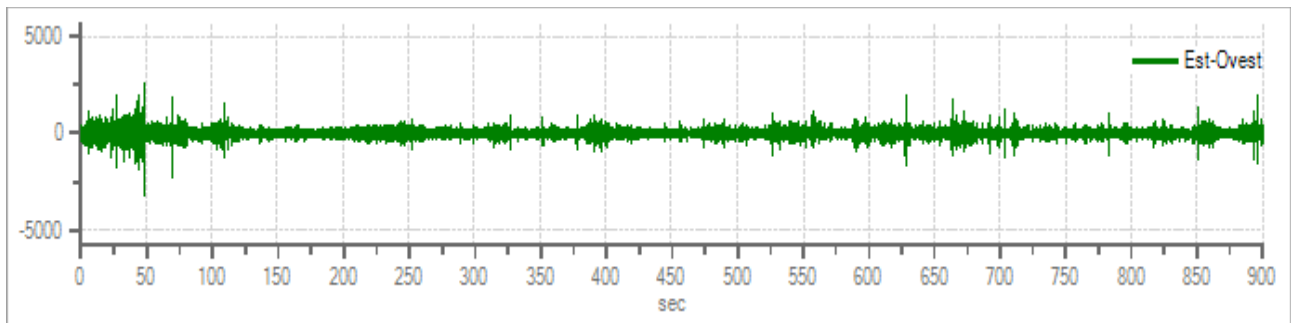
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

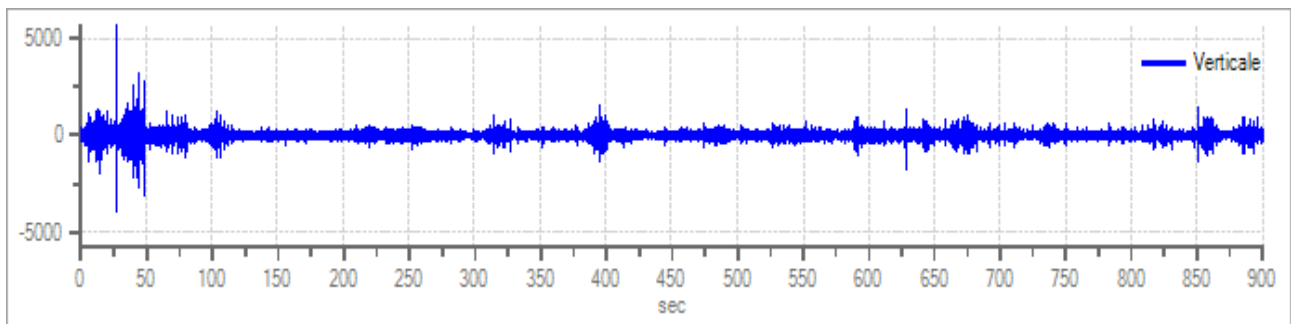
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

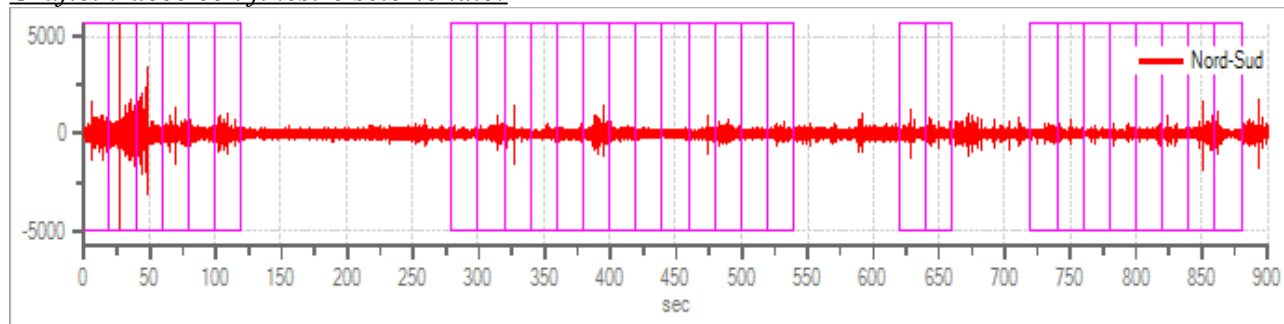
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 29
Numero finestre incluse nel calcolo: 28
Dimensione temporale finestre: 20,000 s
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

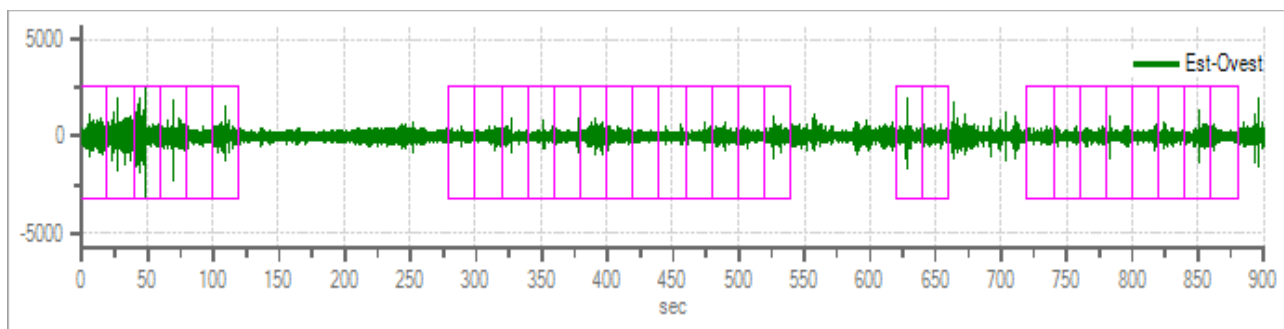
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	280	300	Inclusa
8	300	320	Inclusa
9	320	340	Inclusa
10	340	360	Inclusa
11	360	380	Inclusa
12	380	400	Inclusa
13	400	420	Esclusa
14	420	440	Inclusa
15	440	460	Inclusa
16	460	480	Inclusa
17	480	500	Inclusa
18	500	520	Inclusa
19	520	540	Inclusa
20	620	640	Inclusa
21	640	660	Inclusa
22	720	740	Inclusa
23	740	760	Inclusa
24	760	780	Inclusa
25	780	800	Inclusa
26	800	820	Inclusa
27	820	840	Inclusa
28	840	860	Inclusa
29	860	880	Inclusa

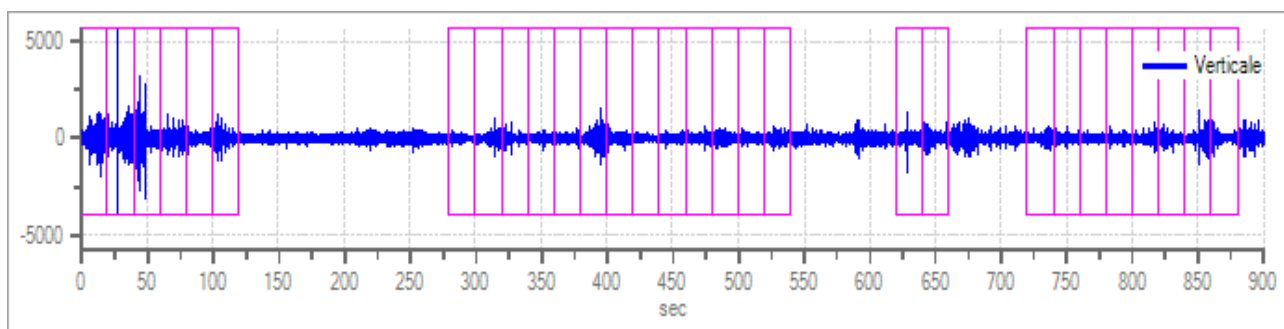
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



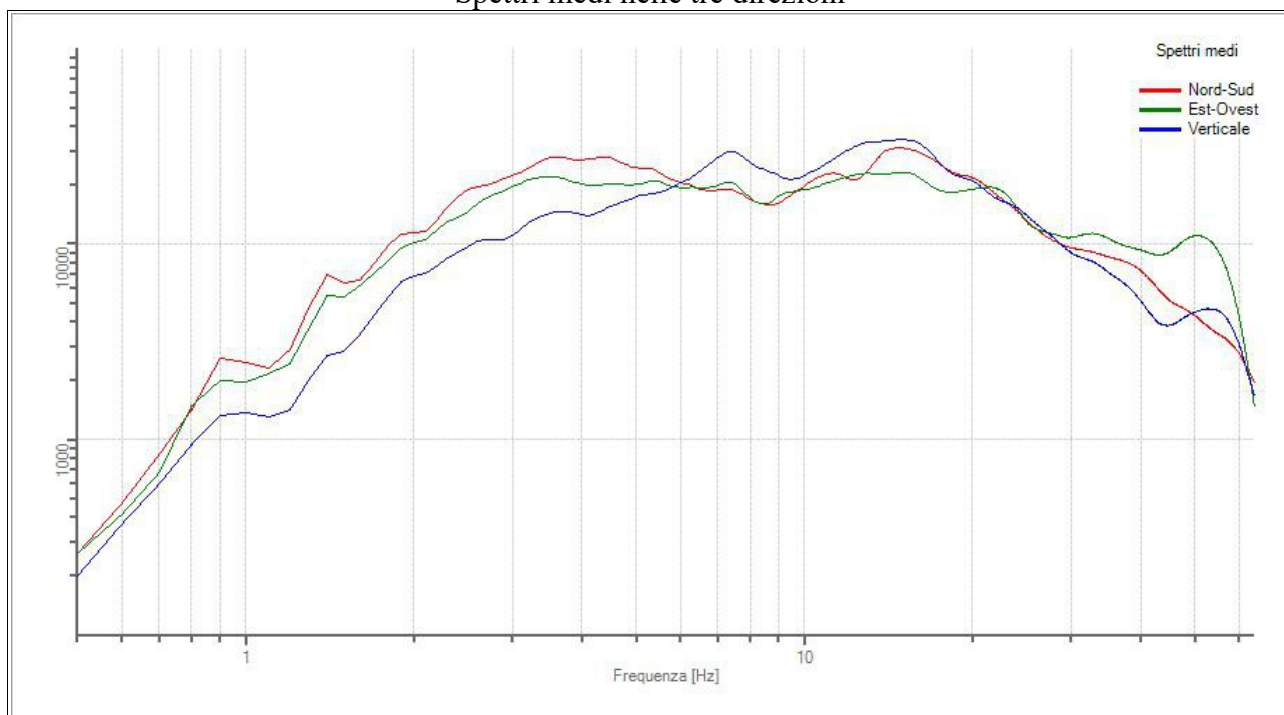
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

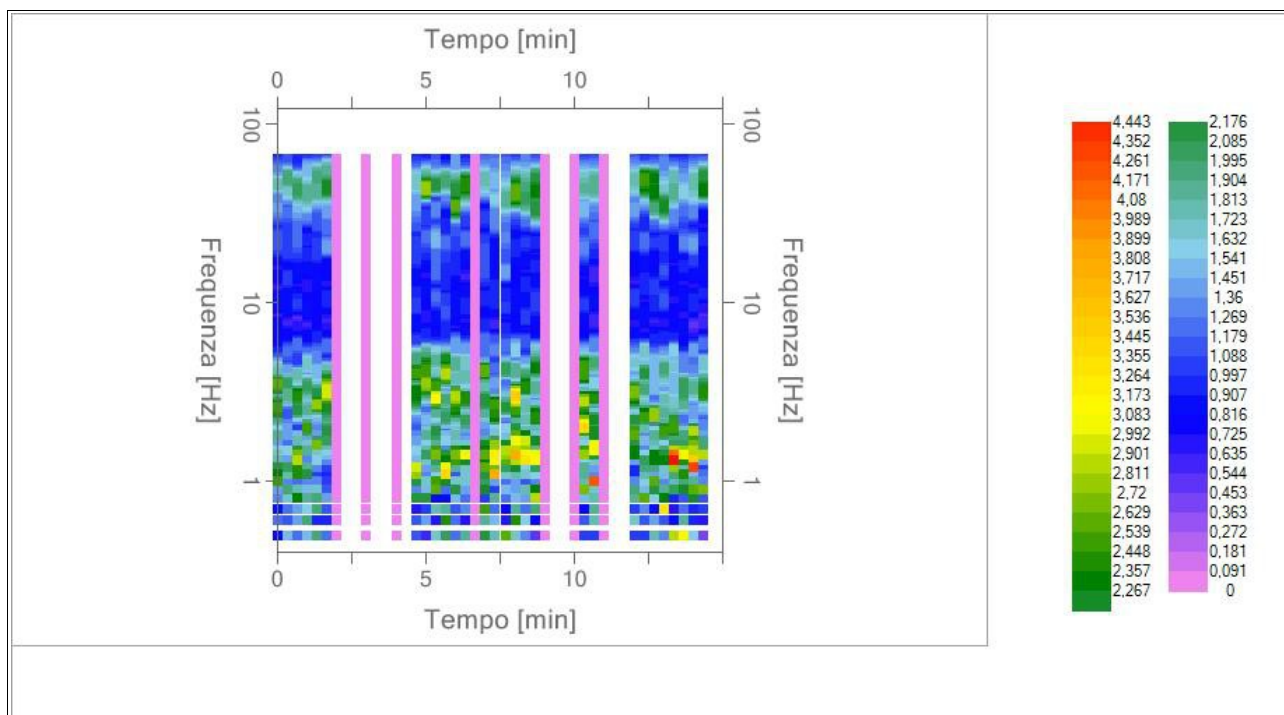


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

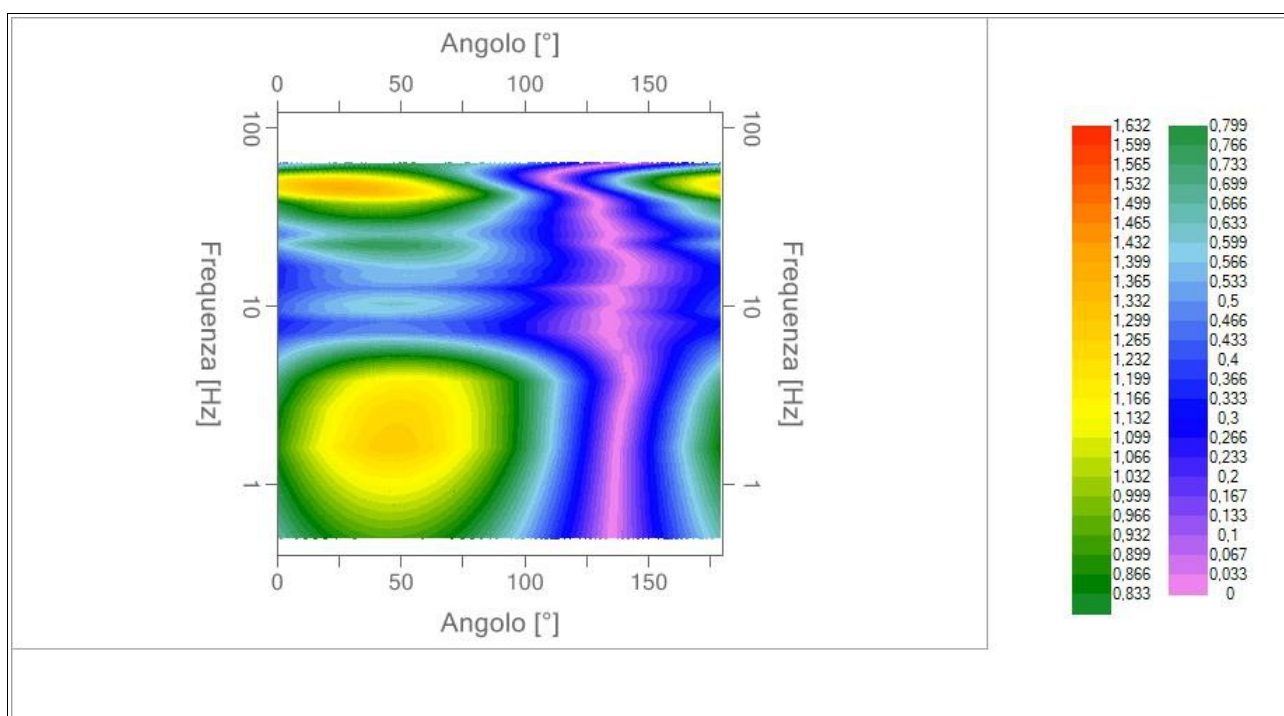
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

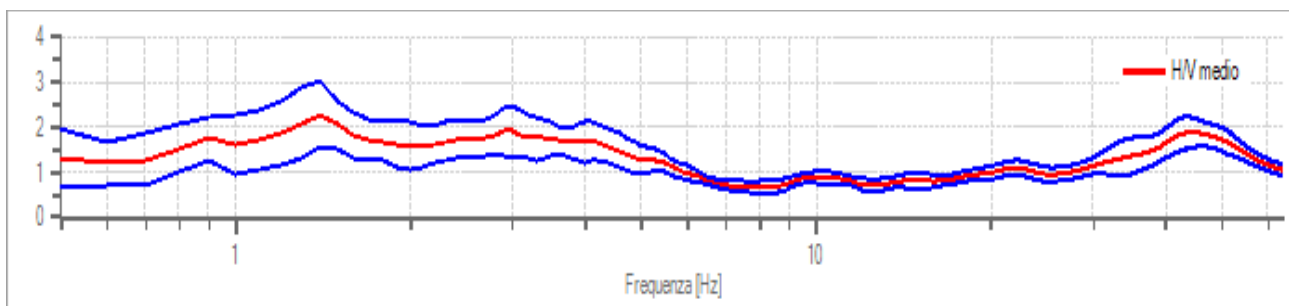
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamo: Konno & Ohmachi
 Percentuale di liscio: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 1,40 Hz $\pm$ 0,32 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr10

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 03/04/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

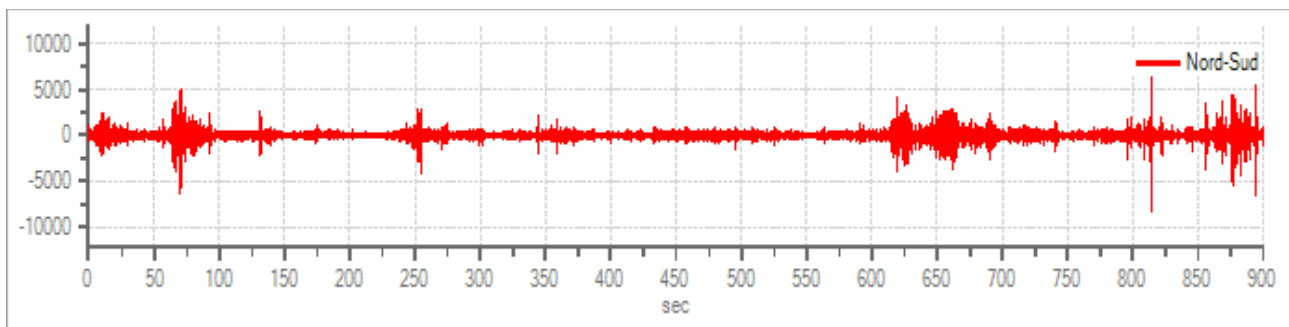
Longitudine:

Tracce in input

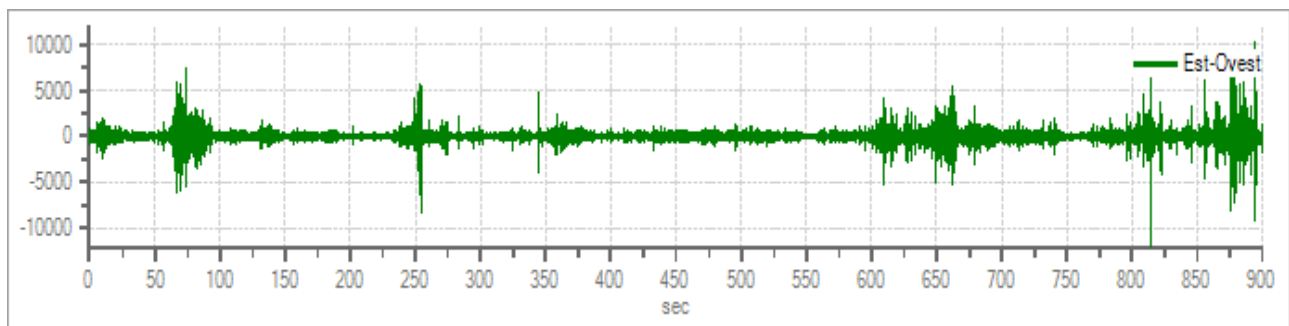
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

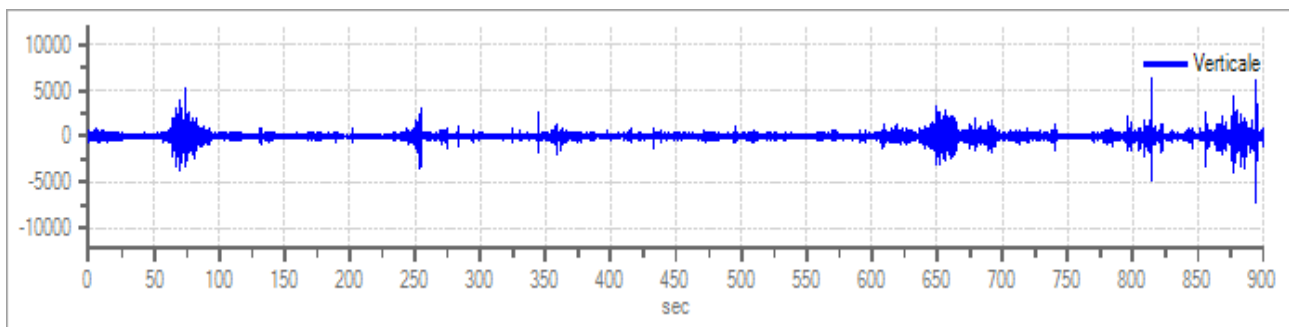
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

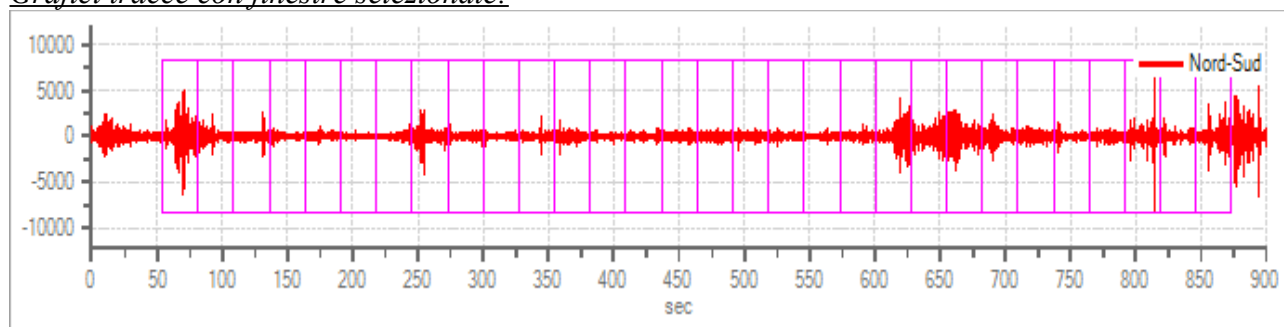
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 30
Numero finestre incluse nel calcolo: 20
Dimensione temporale finestre: 27,307 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

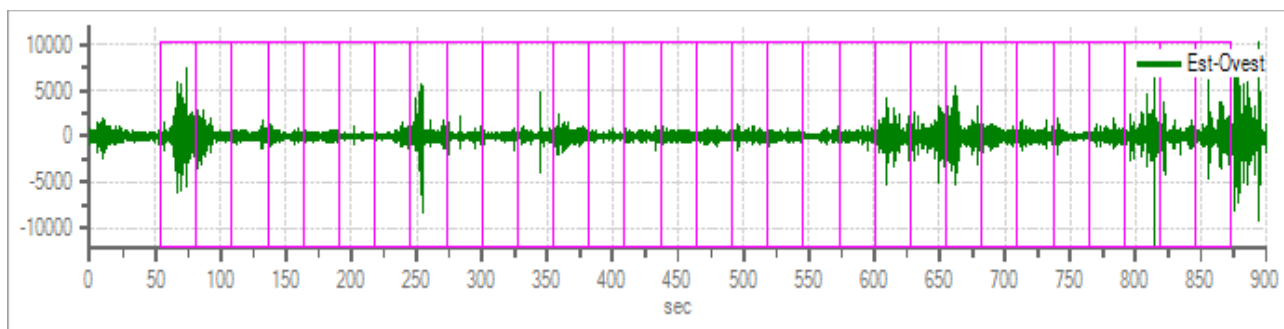
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	54,613	81,92	Inclusa
2	81,92	109,227	Inclusa
3	109,227	136,533	Inclusa
4	136,533	163,84	Inclusa
5	163,84	191,147	Inclusa
6	191,147	218,453	Inclusa
7	218,453	245,76	Inclusa
8	245,76	273,067	Esclusa
9	273,067	300,373	Esclusa
10	300,373	327,68	Esclusa
11	327,68	354,987	Esclusa
12	354,987	382,293	Esclusa
13	382,293	409,6	Inclusa
14	409,6	436,907	Esclusa
15	436,907	464,213	Esclusa
16	464,213	491,52	Inclusa
17	491,52	518,827	Inclusa
18	518,827	546,133	Inclusa
19	546,133	573,44	Inclusa
20	573,44	600,747	Inclusa
21	600,747	628,053	Esclusa
22	628,053	655,36	Inclusa
23	655,36	682,667	Inclusa
24	682,667	709,973	Inclusa
25	709,973	737,28	Inclusa
26	737,28	764,587	Inclusa
27	764,587	791,893	Inclusa
28	791,893	819,2	Esclusa
29	819,2	846,507	Esclusa
30	846,507	873,813	Inclusa

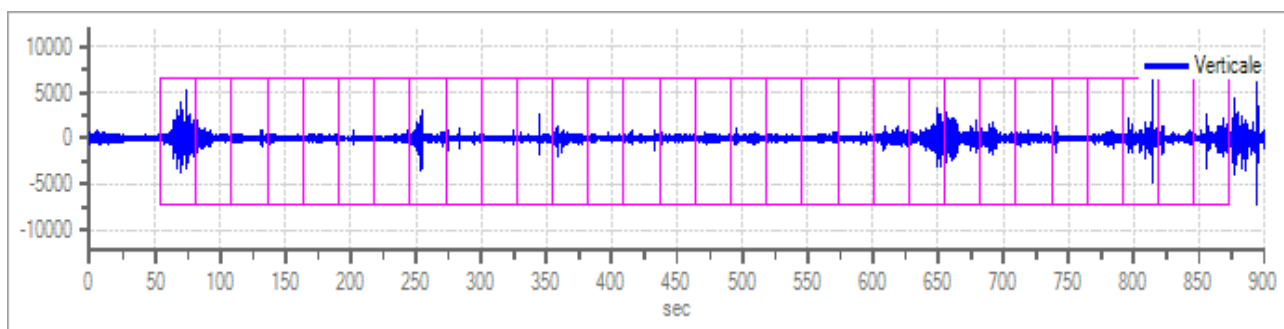
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



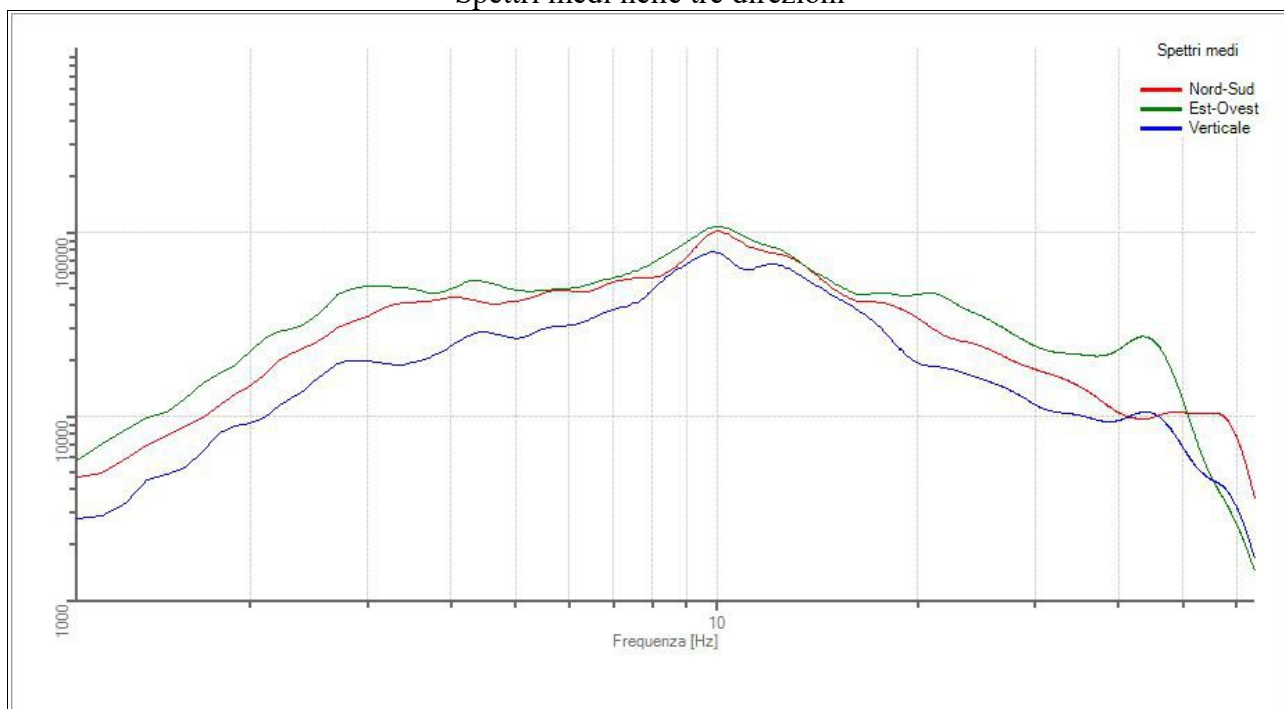
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

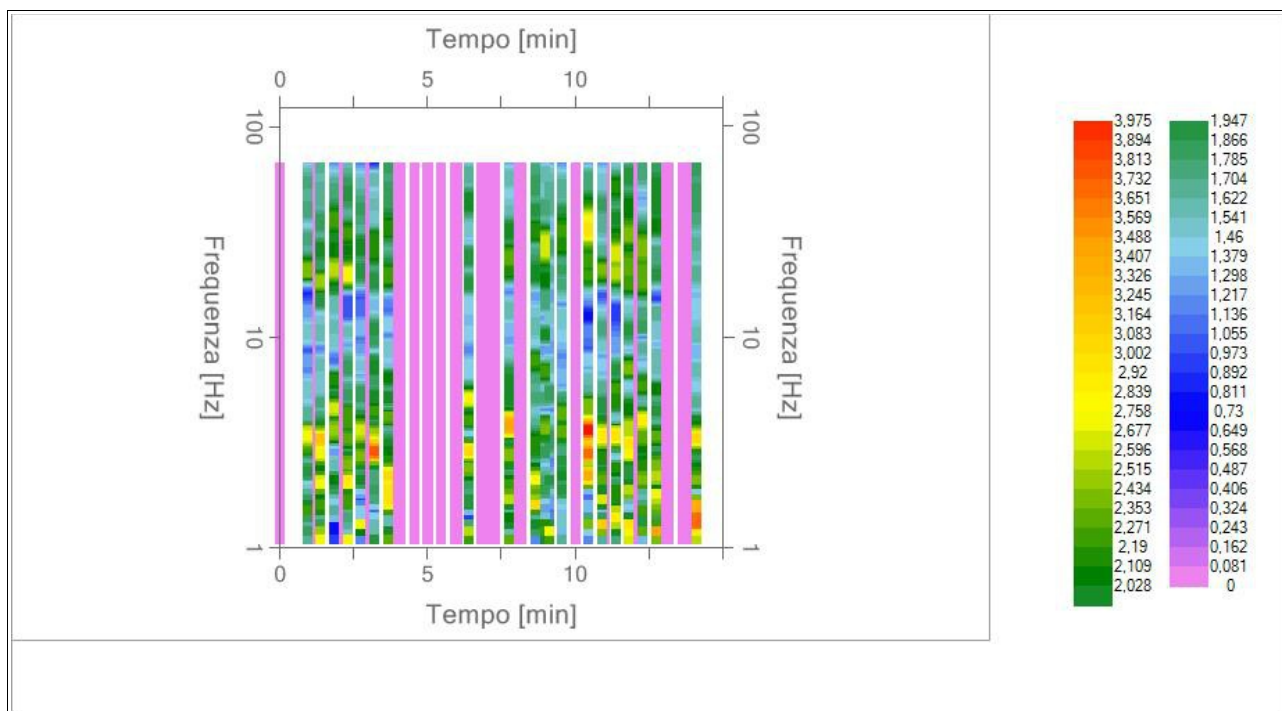


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

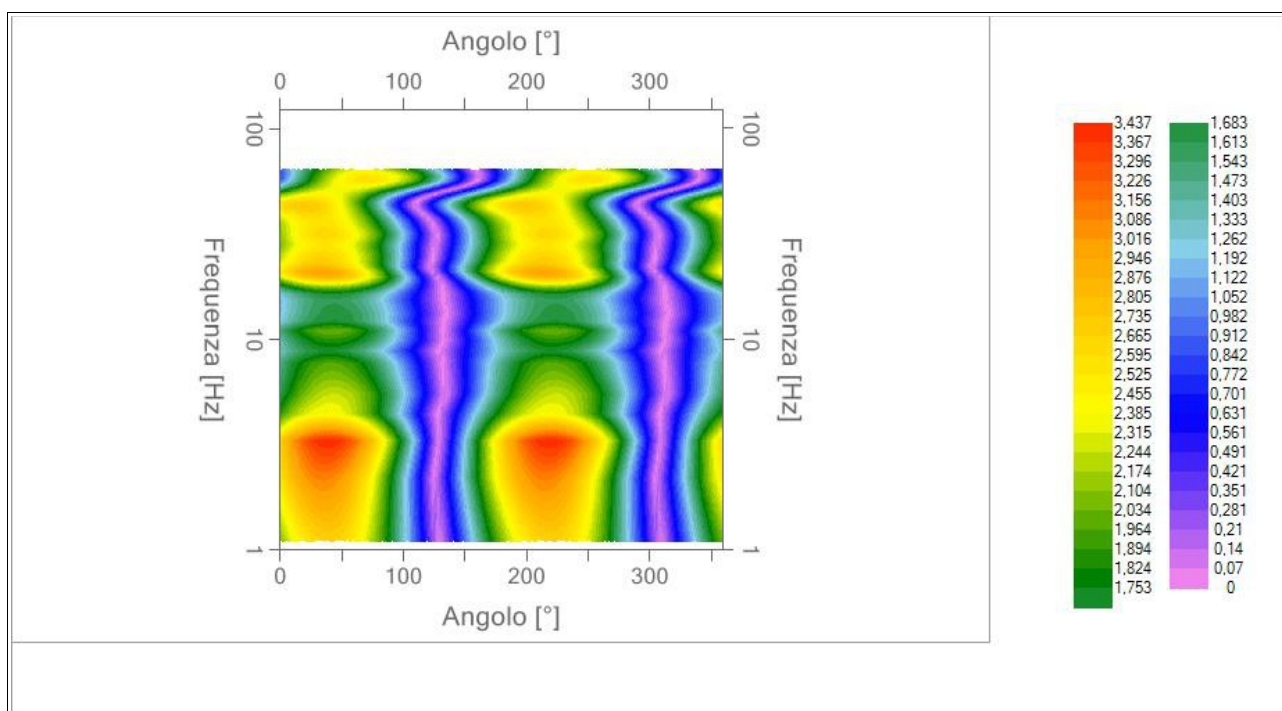
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni





Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

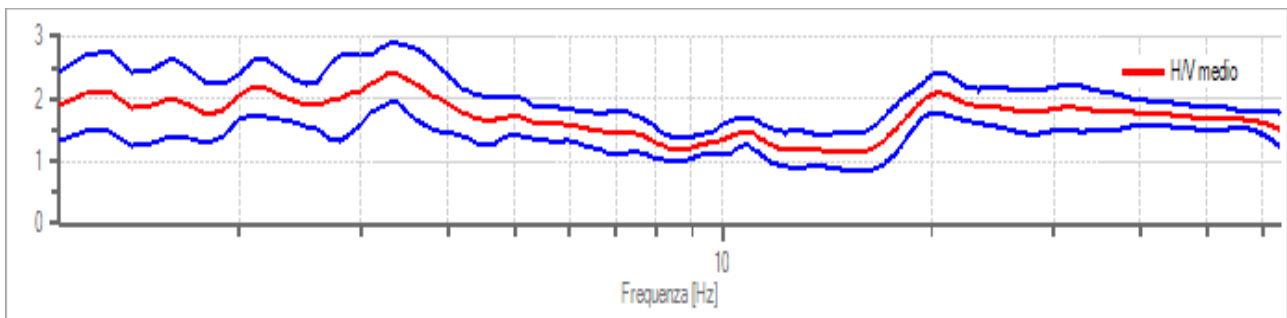
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 1,10 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 3,30 Hz $\pm 0,20$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr11

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 23/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

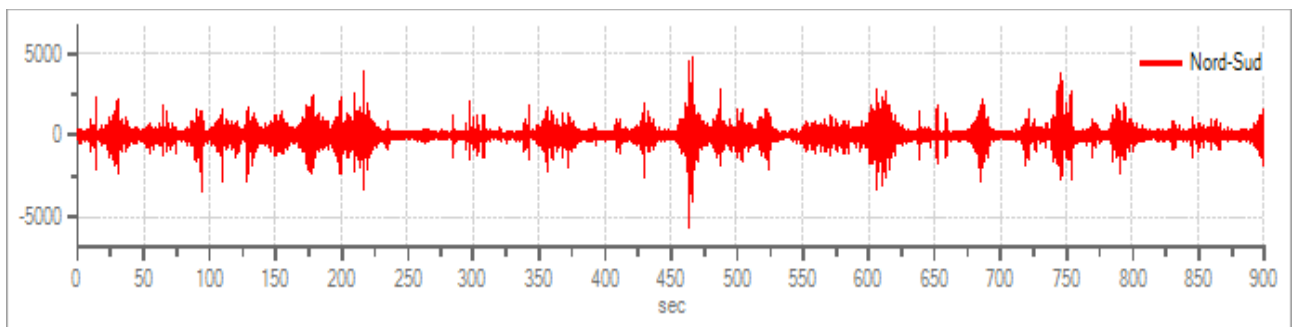
Longitudine:

Tracce in input

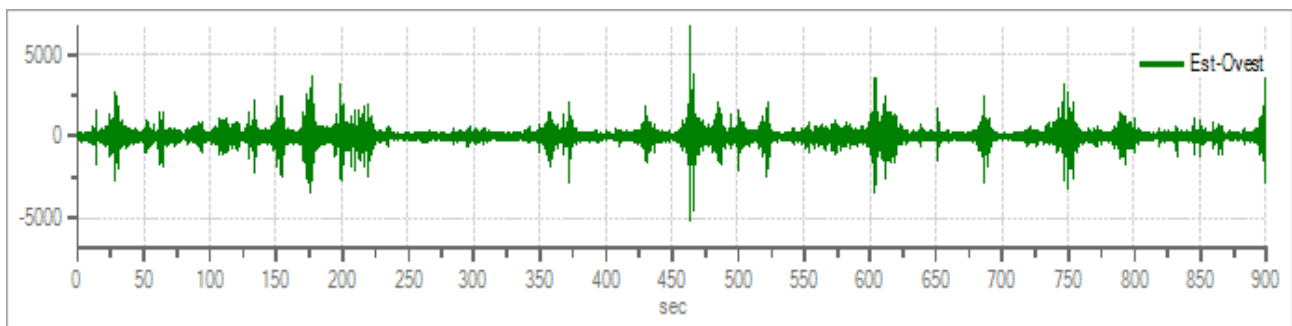
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

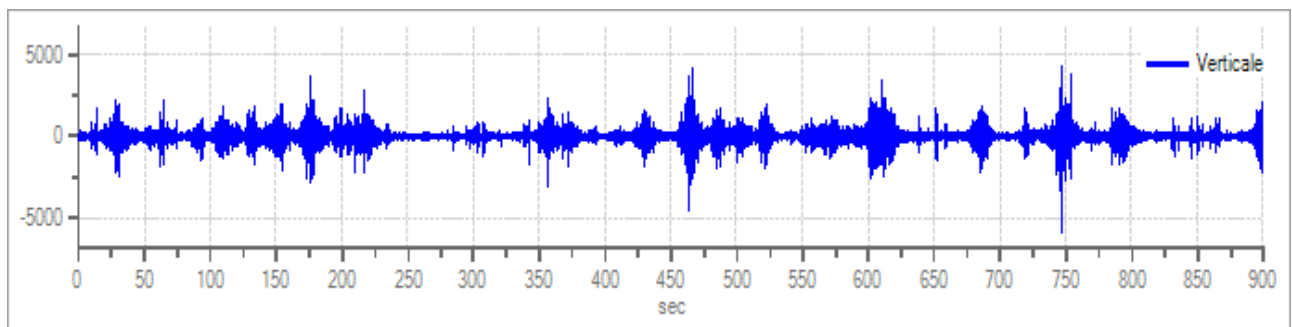
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

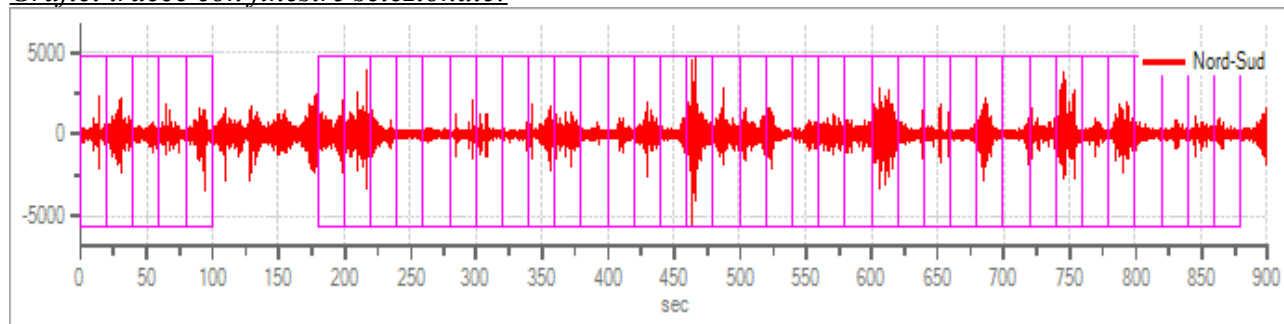
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 40
Numero finestre incluse nel calcolo: 39
Dimensione temporale finestre: 20,000 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

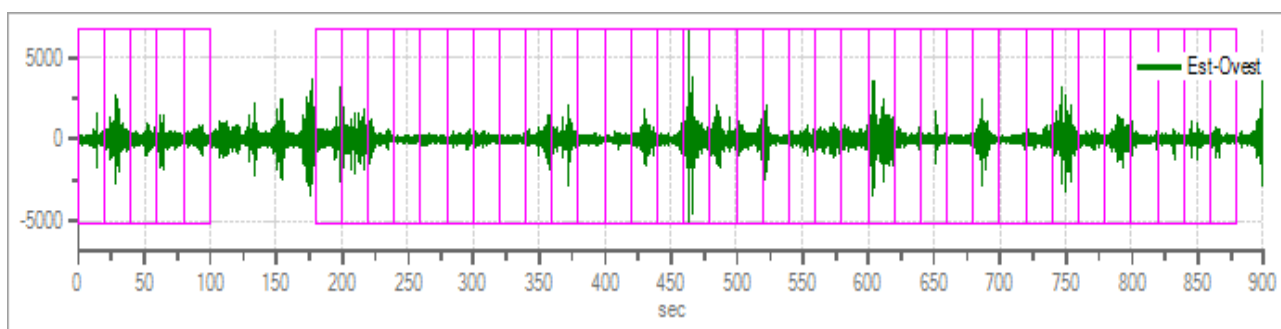
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	180	200	Inclusa
7	200	220	Esclusa
8	220	240	Inclusa
9	240	260	Inclusa
10	260	280	Inclusa
11	280	300	Inclusa
12	300	320	Inclusa
13	320	340	Inclusa
14	340	360	Inclusa
15	360	380	Inclusa
16	380	400	Inclusa
17	400	420	Inclusa
18	420	440	Inclusa
19	440	460	Inclusa
20	460	480	Inclusa
21	480	500	Inclusa
22	500	520	Inclusa
23	520	540	Inclusa
24	540	560	Inclusa
25	560	580	Inclusa
26	580	600	Inclusa
27	600	620	Inclusa
28	620	640	Inclusa
29	640	660	Inclusa
30	660	680	Inclusa
31	680	700	Inclusa
32	700	720	Inclusa
33	720	740	Inclusa
34	740	760	Inclusa
35	760	780	Inclusa
36	780	800	Inclusa
37	800	820	Inclusa
38	820	840	Inclusa
39	840	860	Inclusa
40	860	880	Inclusa

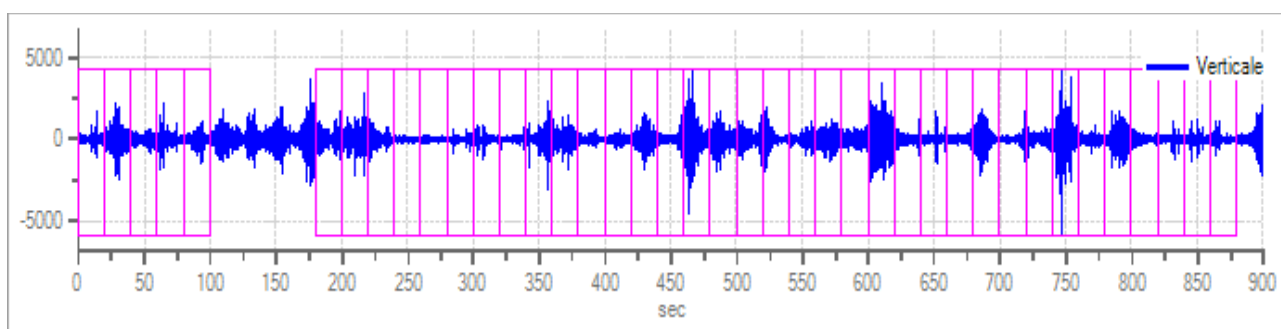
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



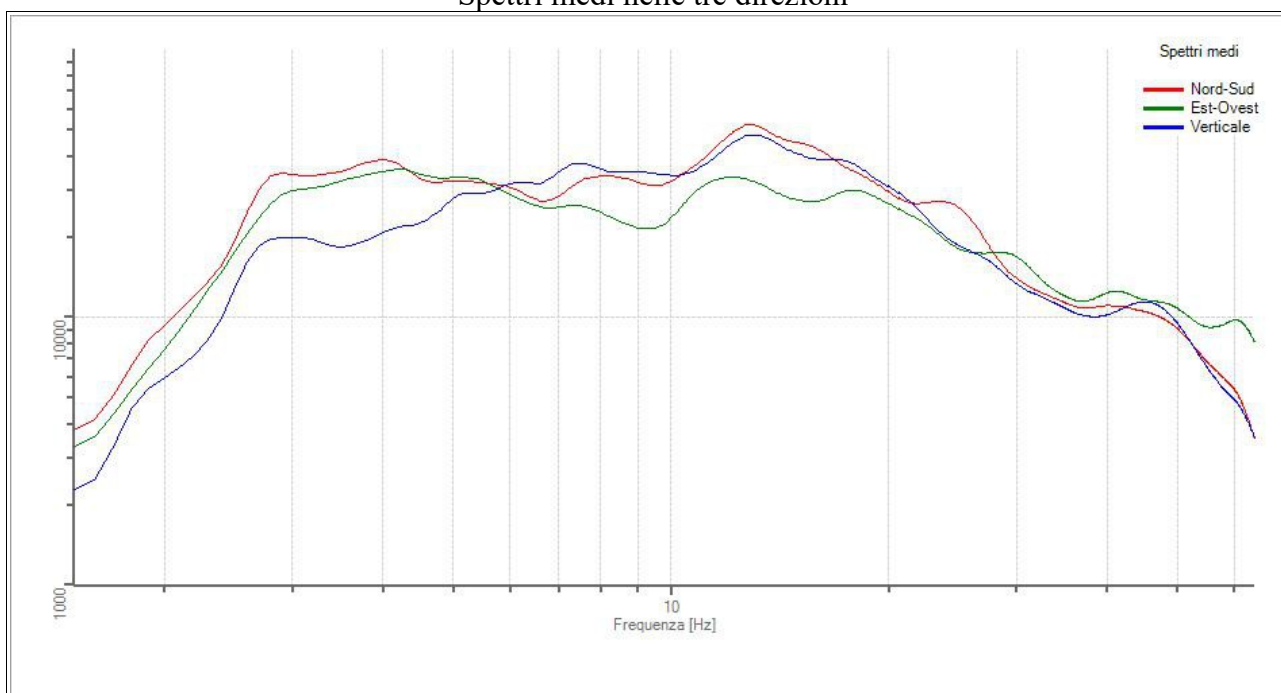
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

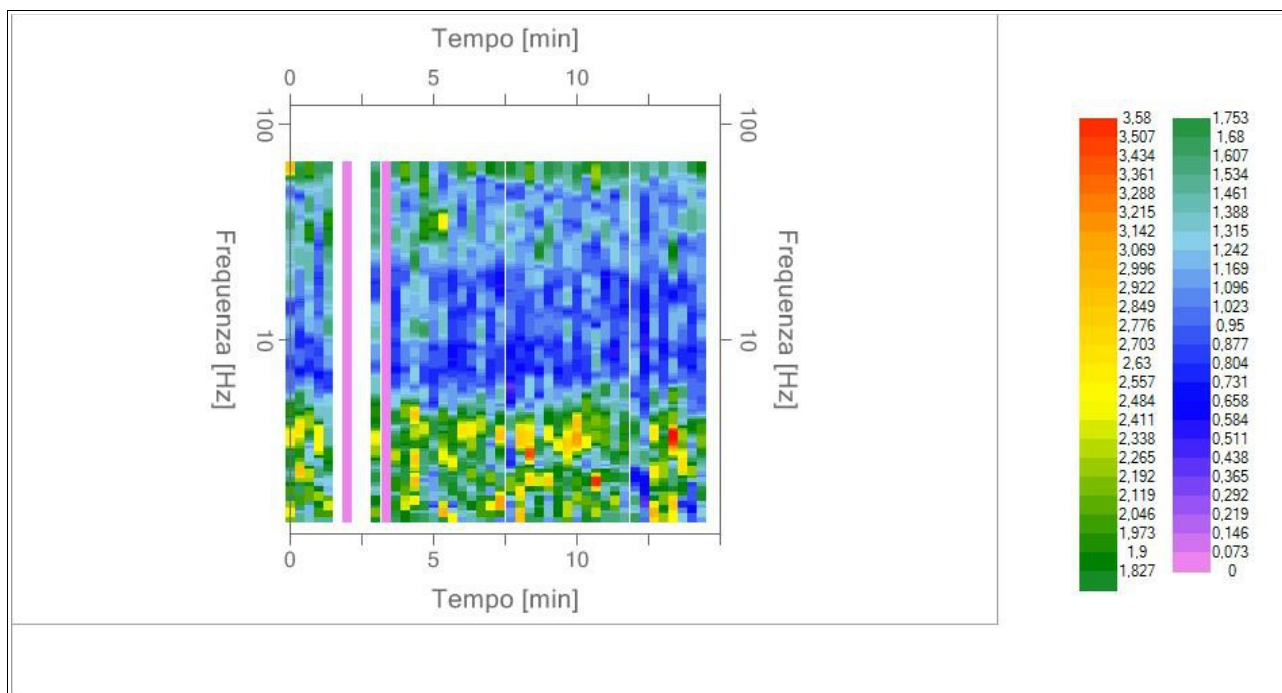


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

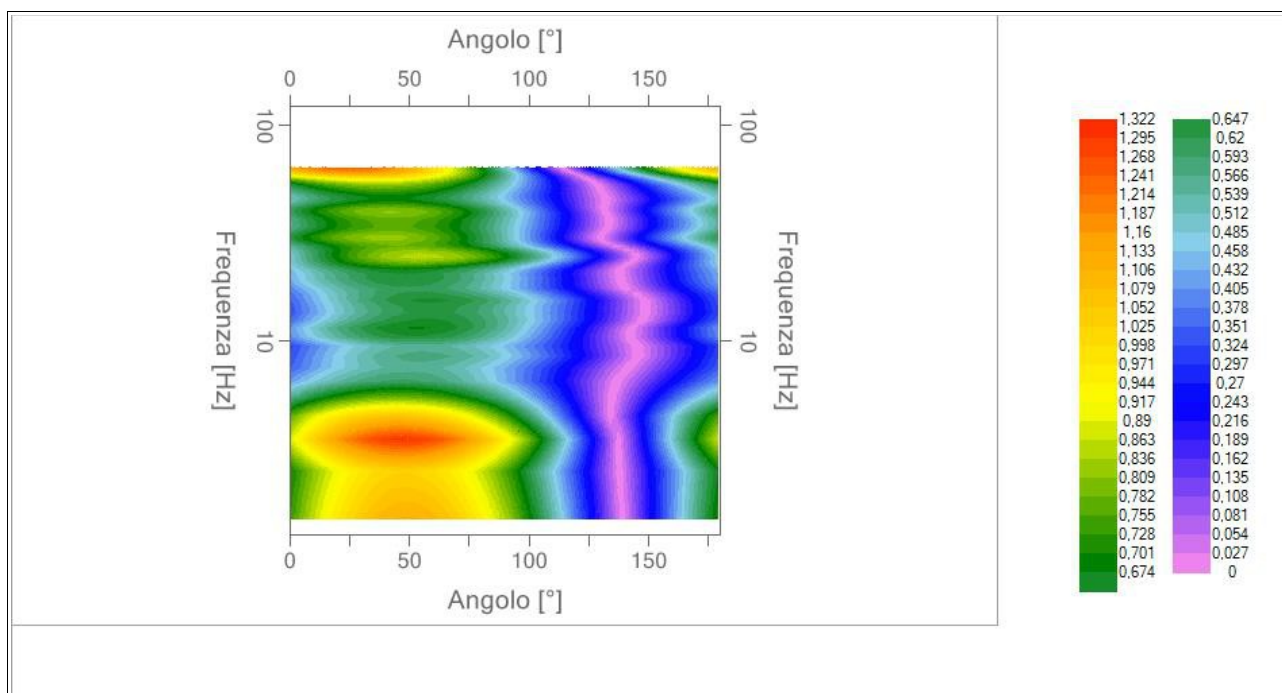
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

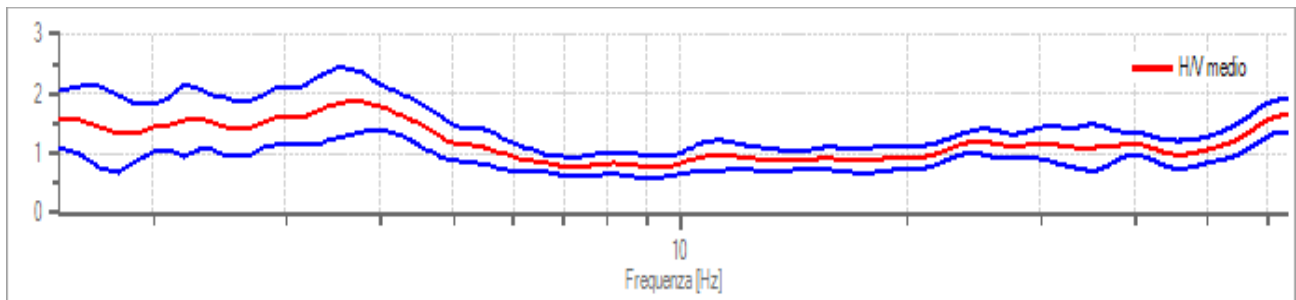
Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 1,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz

Tipo lisciamiento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 3,70 Hz $\pm$ 0,29 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Non superato
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr12

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 31/03/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

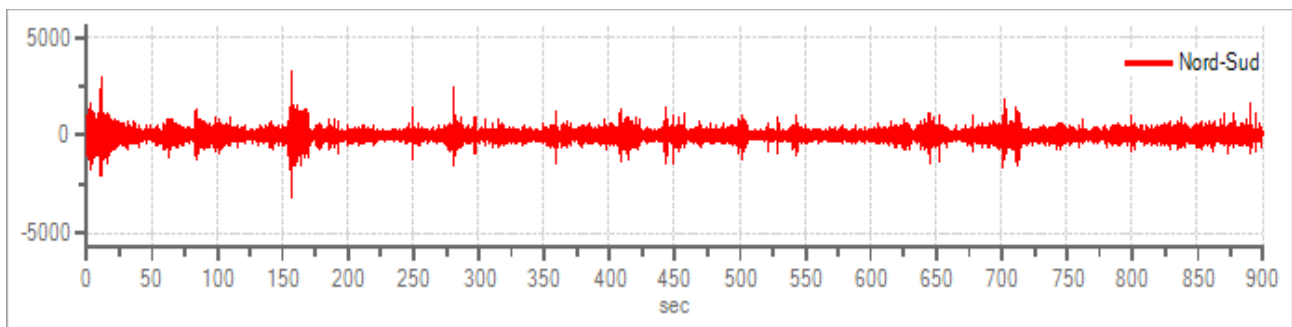
Longitudine:

Tracce in input

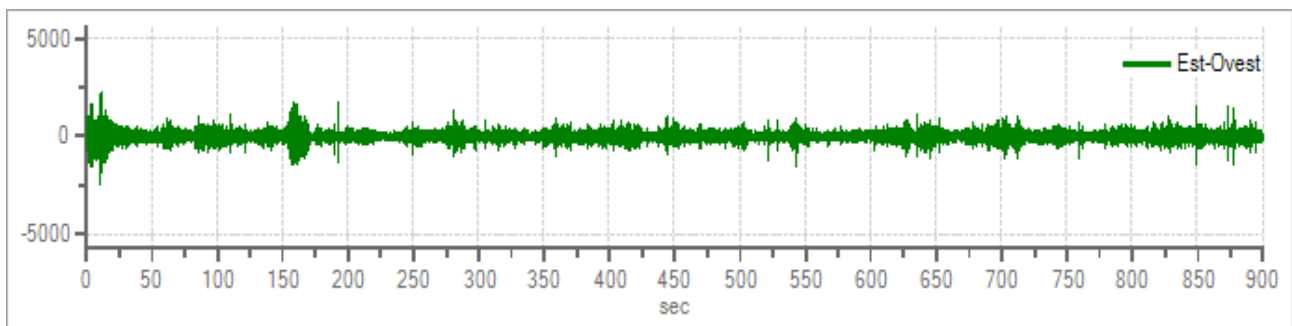
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

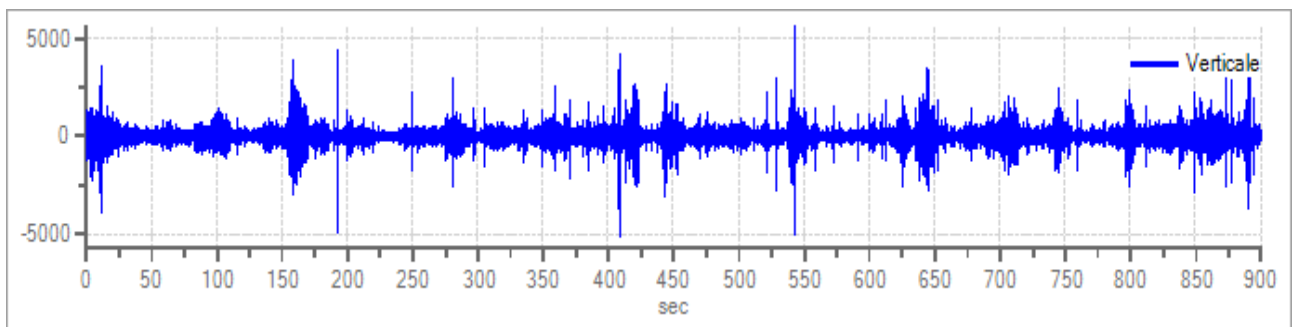
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

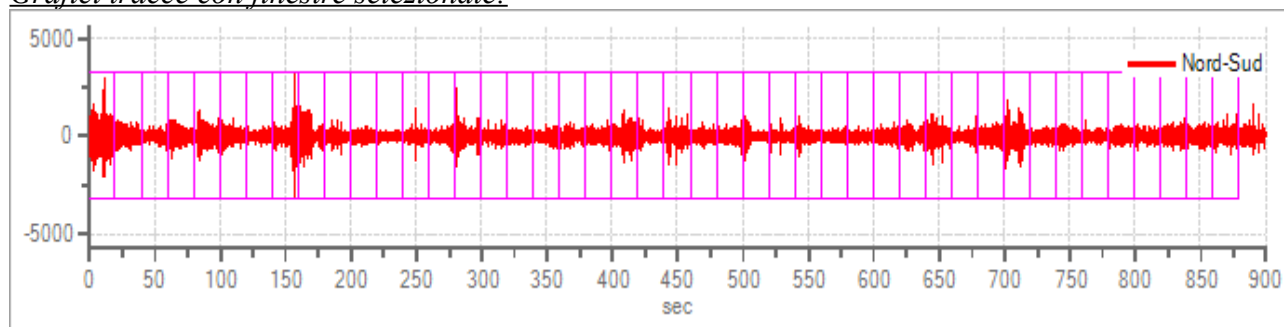
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 44
 Numero finestre incluse nel calcolo: 39
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s
 Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
 Coefficiente di banda: 40,00

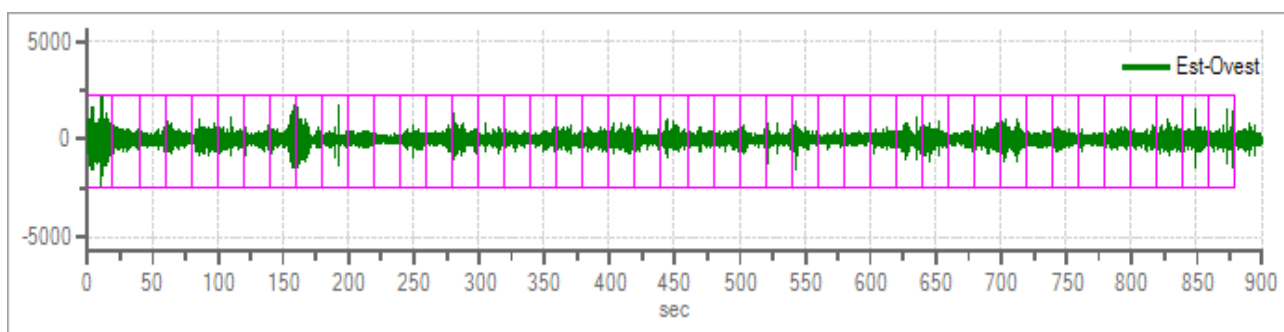
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Esclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Esclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Esclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Esclusa
43	840	860	Esclusa
44	860	880	Inclusa

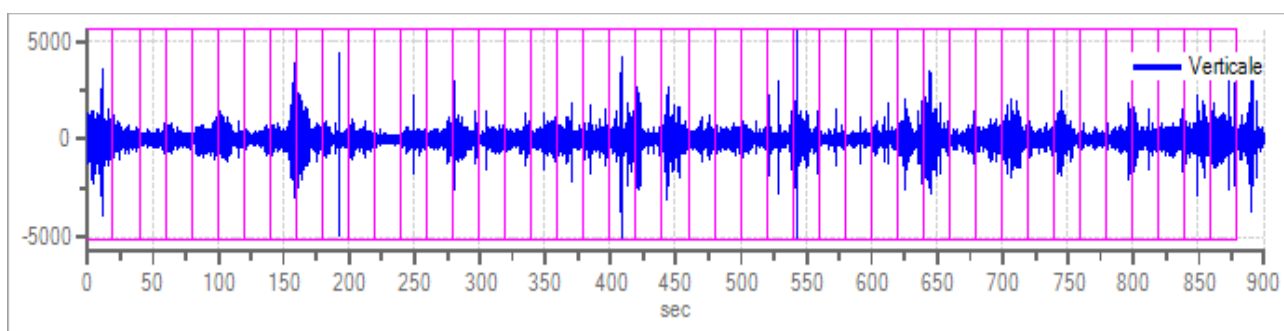
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



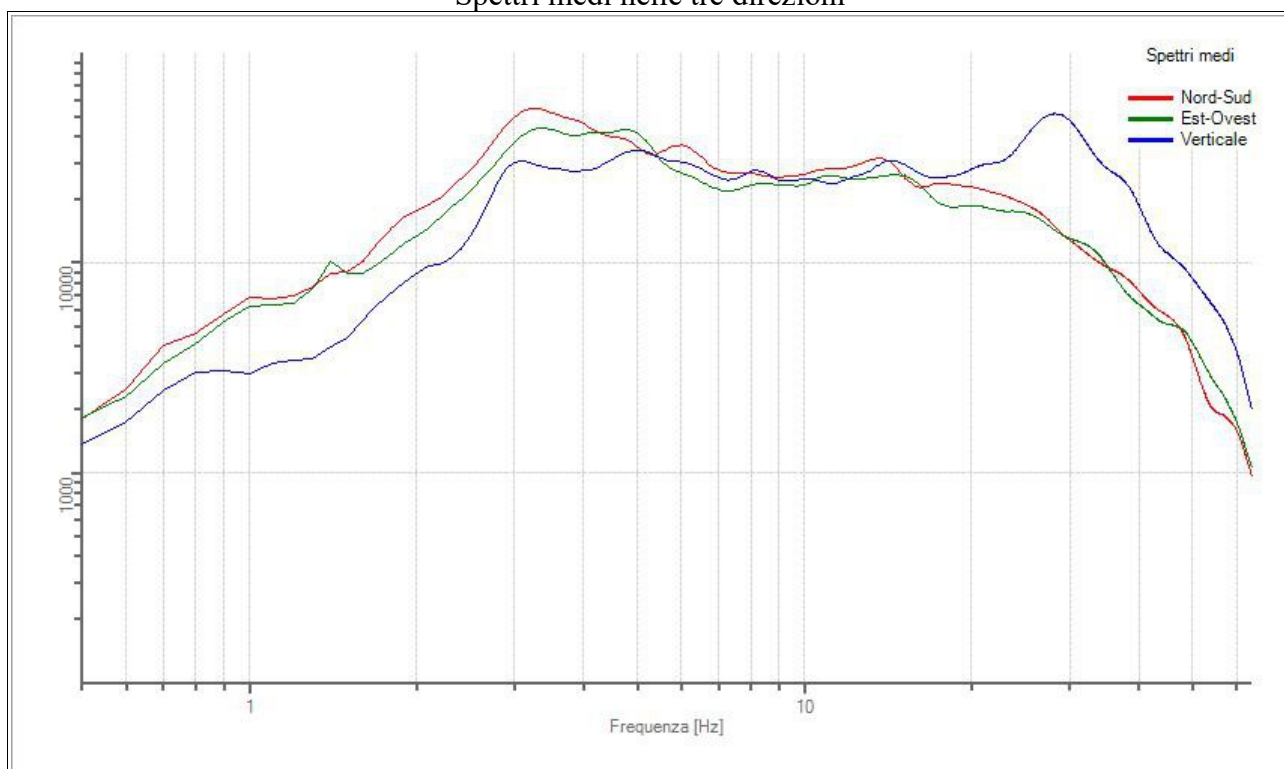
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

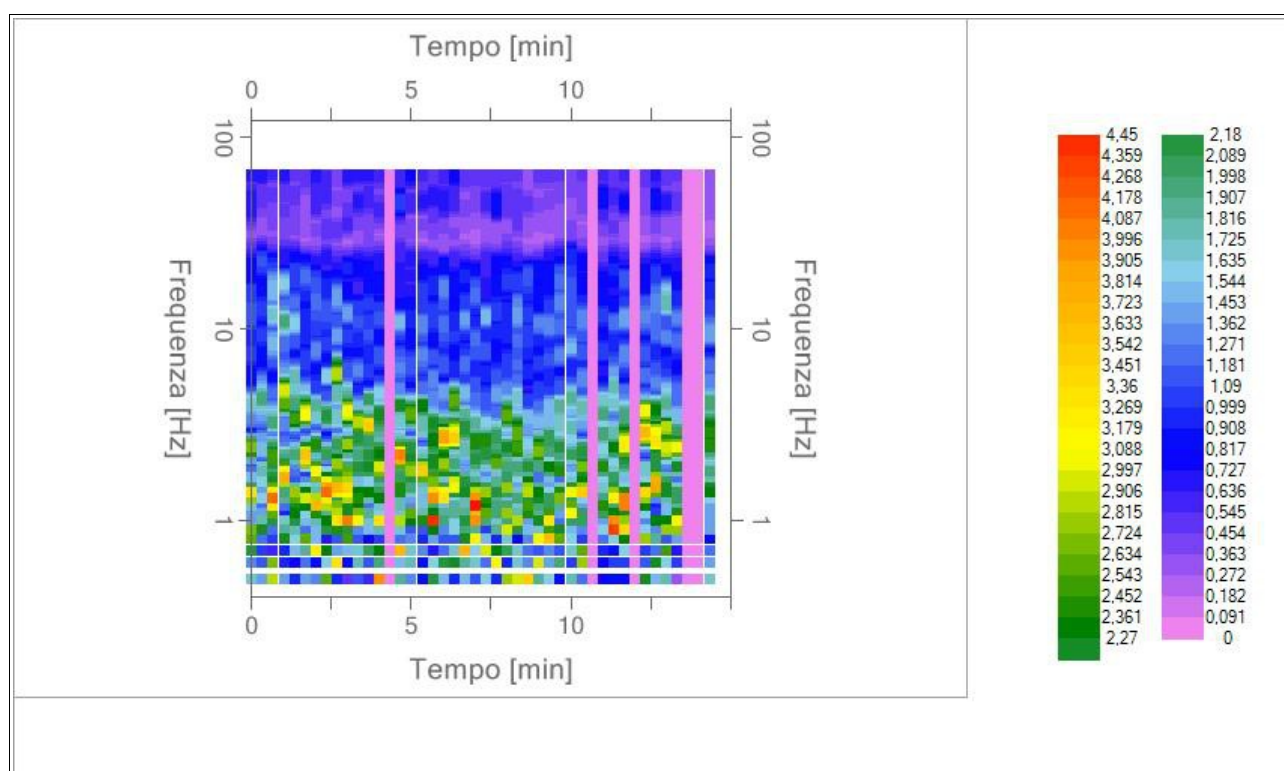


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

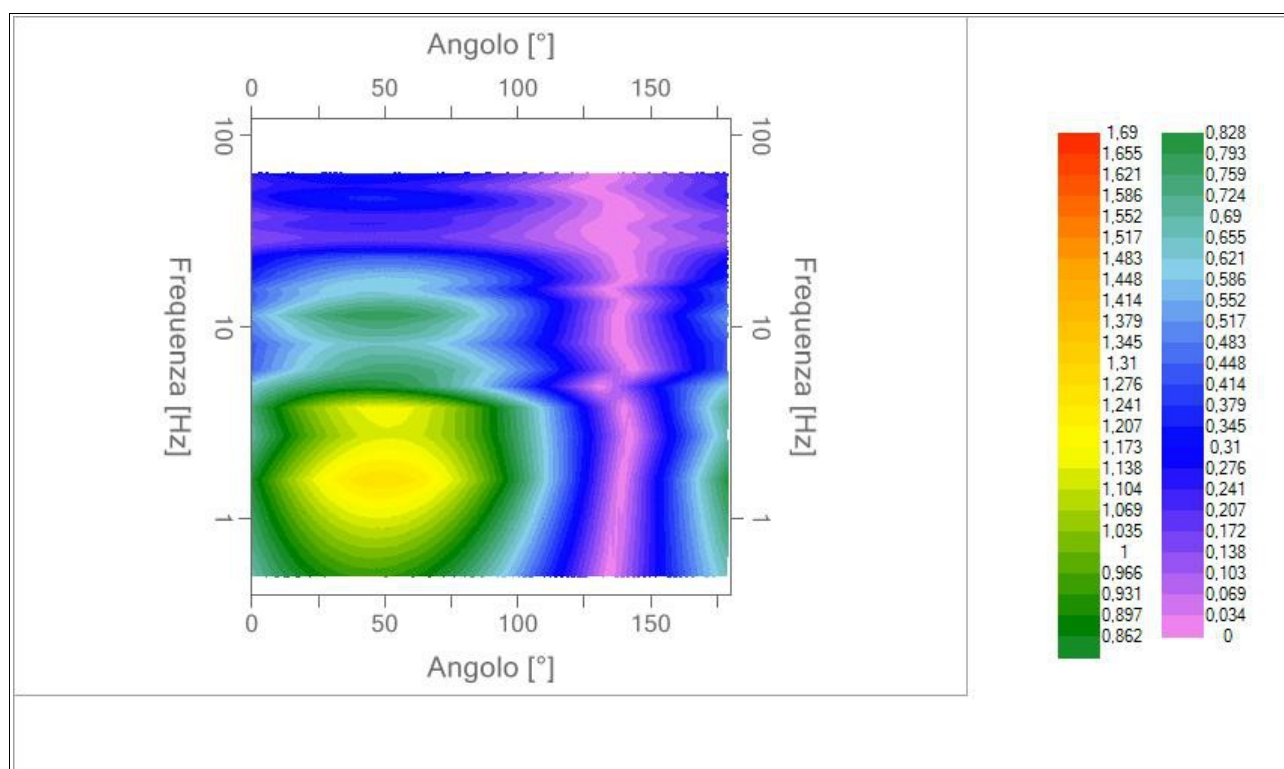
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

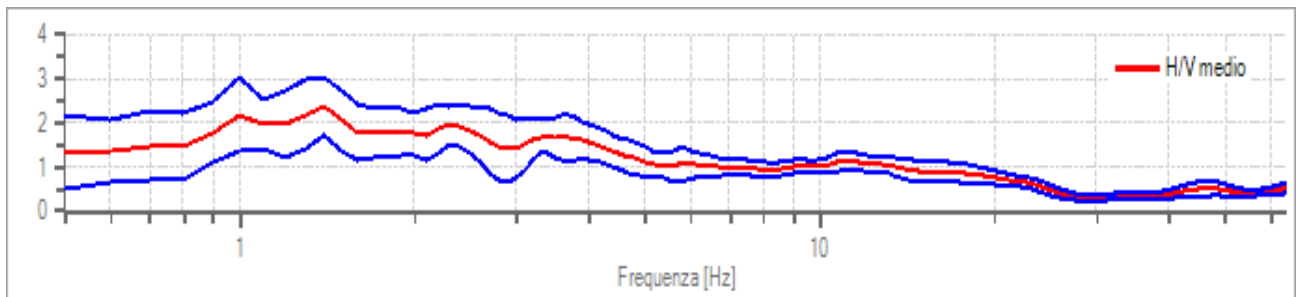
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 1,40 Hz $\pm$ 0,27 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr13

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 06/04/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

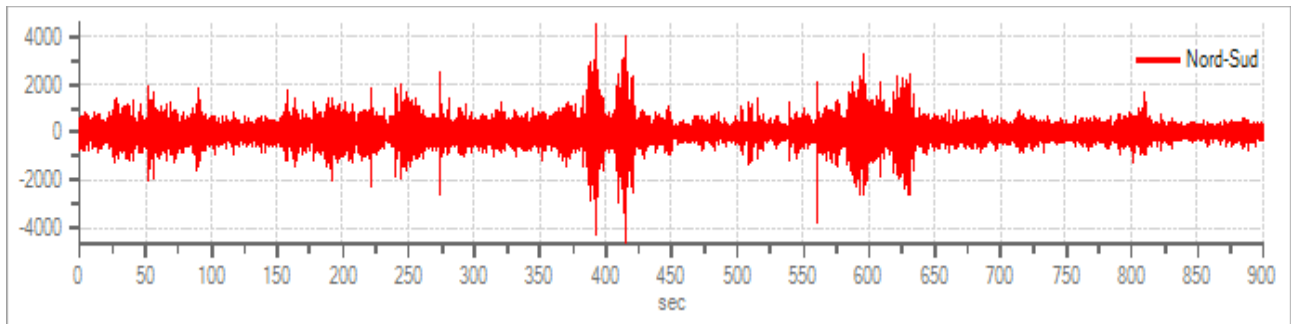
Longitudine:

Tracce in input

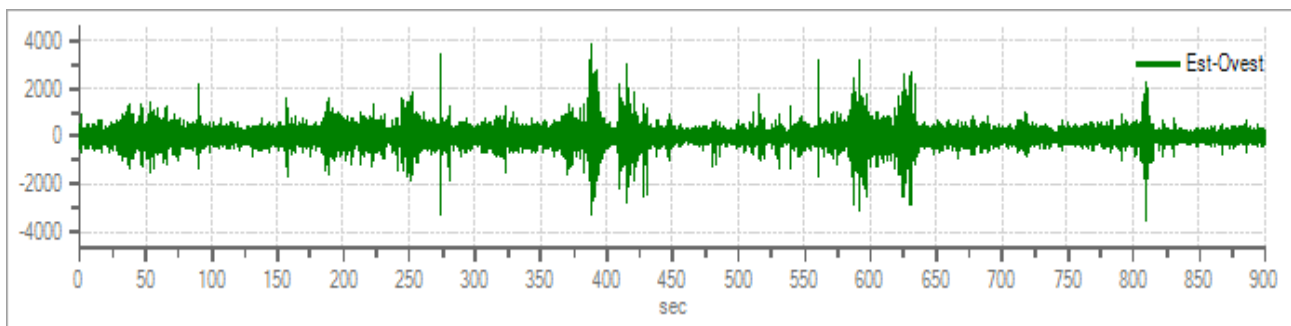
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

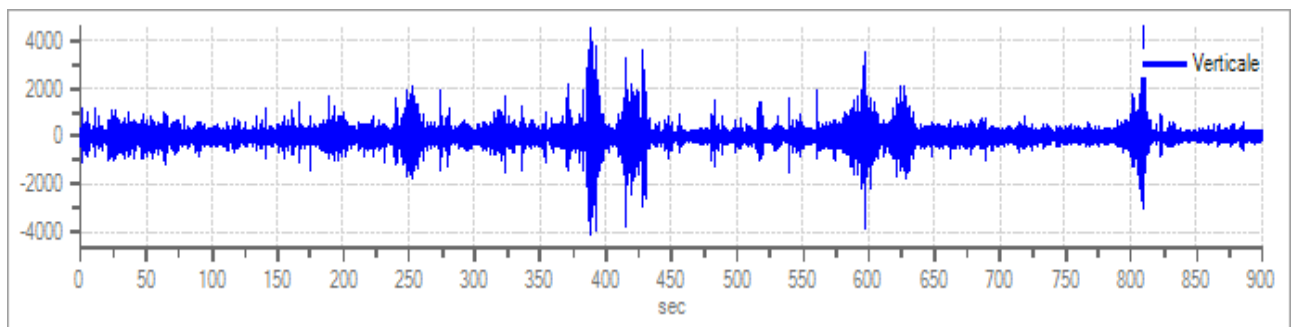
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

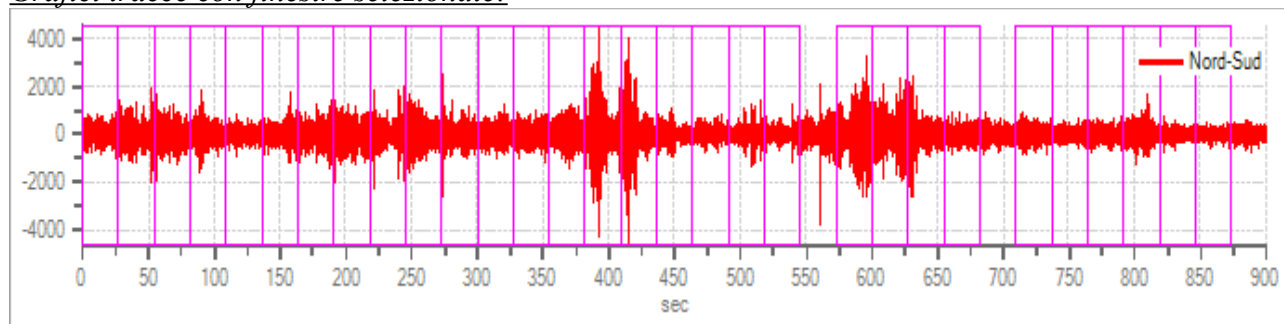
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 30
Numero finestre incluse nel calcolo: 29
Dimensione temporale finestre: 27,307 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

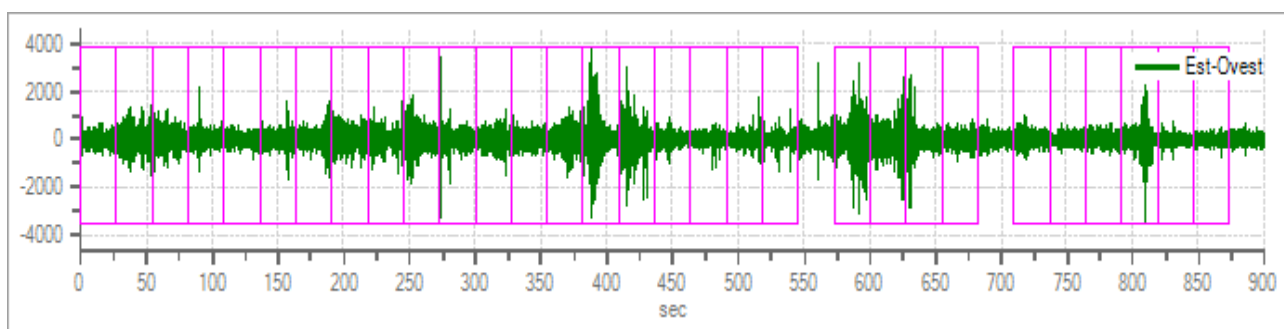
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	27,307	Inclusa
2	27,307	54,613	Esclusa
3	54,613	81,92	Inclusa
4	81,92	109,227	Inclusa
5	109,227	136,533	Inclusa
6	136,533	163,84	Inclusa
7	163,84	191,147	Inclusa
8	191,147	218,453	Inclusa
9	218,453	245,76	Inclusa
10	245,76	273,067	Inclusa
11	273,067	300,373	Inclusa
12	300,373	327,68	Inclusa
13	327,68	354,987	Inclusa
14	354,987	382,293	Inclusa
15	382,293	409,6	Inclusa
16	409,6	436,907	Inclusa
17	436,907	464,213	Inclusa
18	464,213	491,52	Inclusa
19	491,52	518,827	Inclusa
20	518,827	546,133	Inclusa
21	546,133	573,44	Inclusa
22	573,44	600,747	Inclusa
23	600,747	628,053	Inclusa
24	628,053	655,36	Inclusa
25	655,36	682,667	Inclusa
26	682,667	709,973	Inclusa
27	709,973	737,28	Inclusa
28	737,28	764,587	Inclusa
29	764,587	791,893	Inclusa
30	791,893	819,2	Inclusa
31	819,2	846,507	Inclusa
32	846,507	873,813	Inclusa

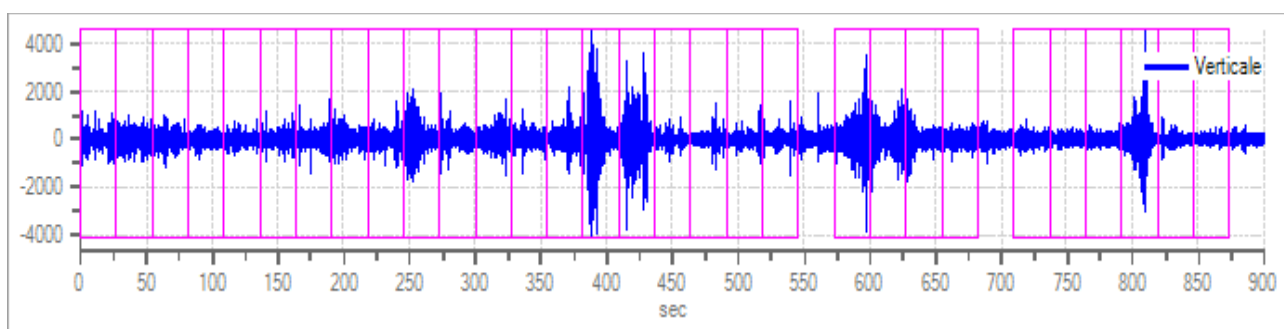
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



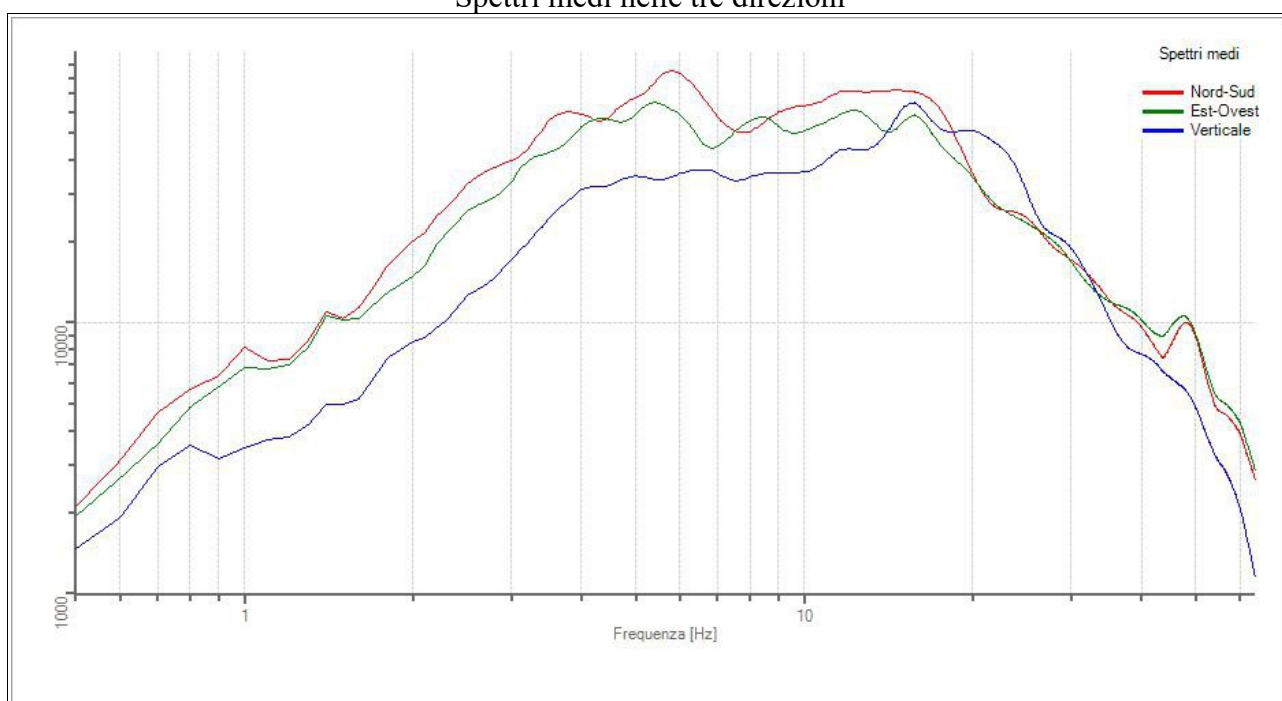
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

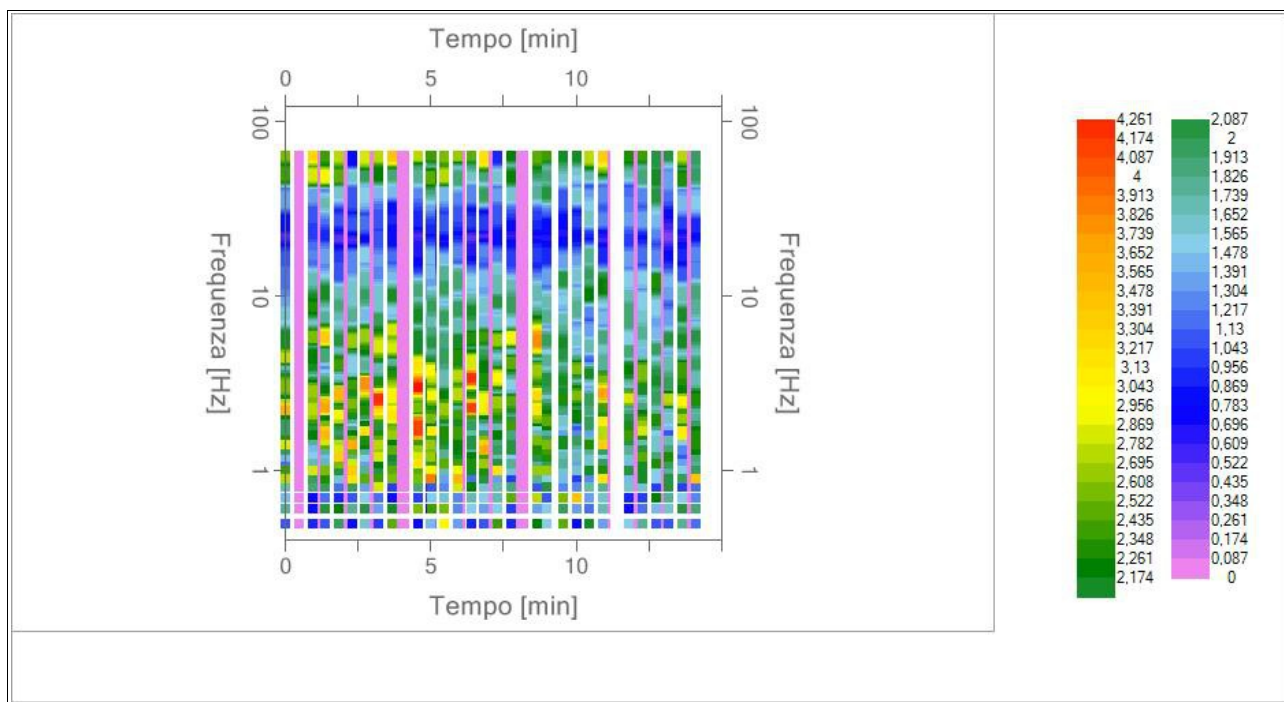


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

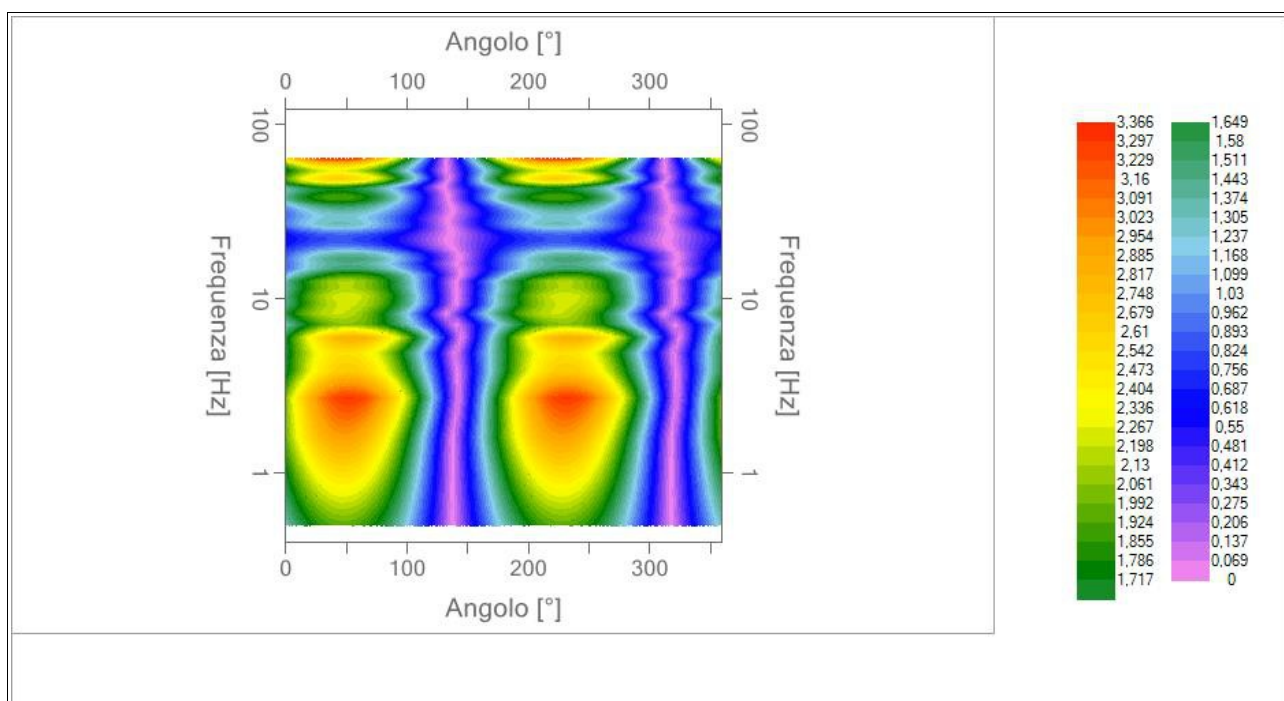
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

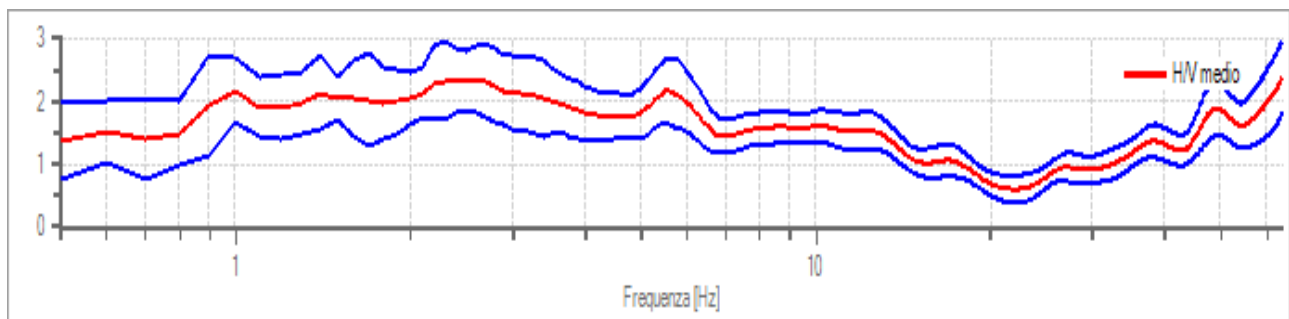
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 63,90 Hz $\pm 0,24$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr14

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 06/04/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

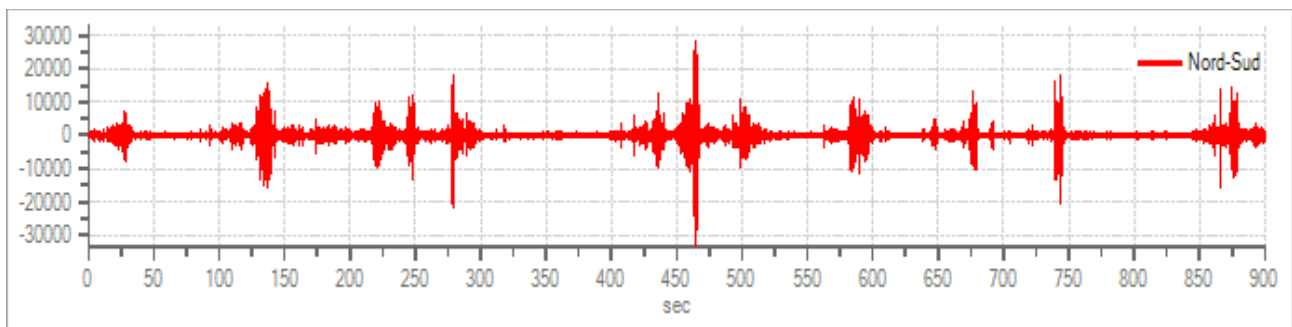
Longitudine:

Tracce in input

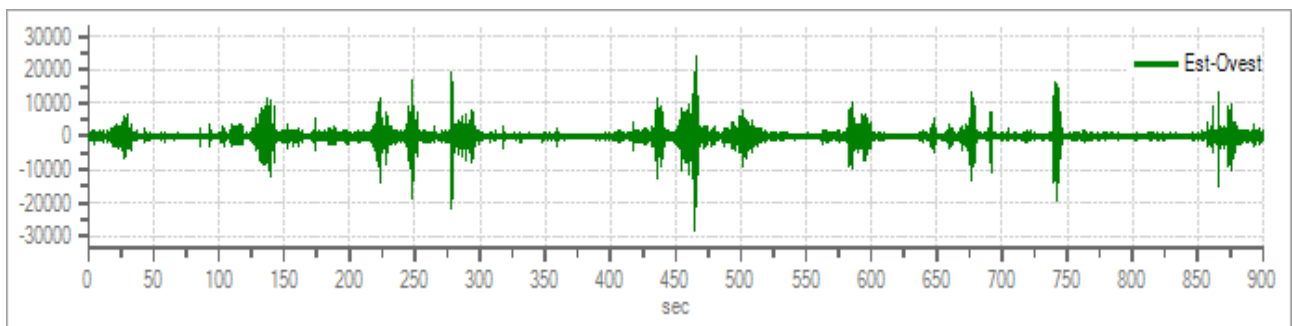
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

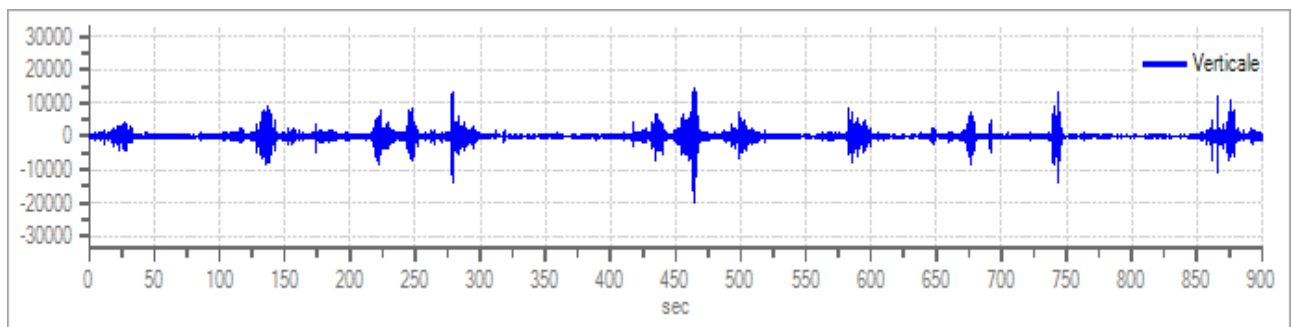
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

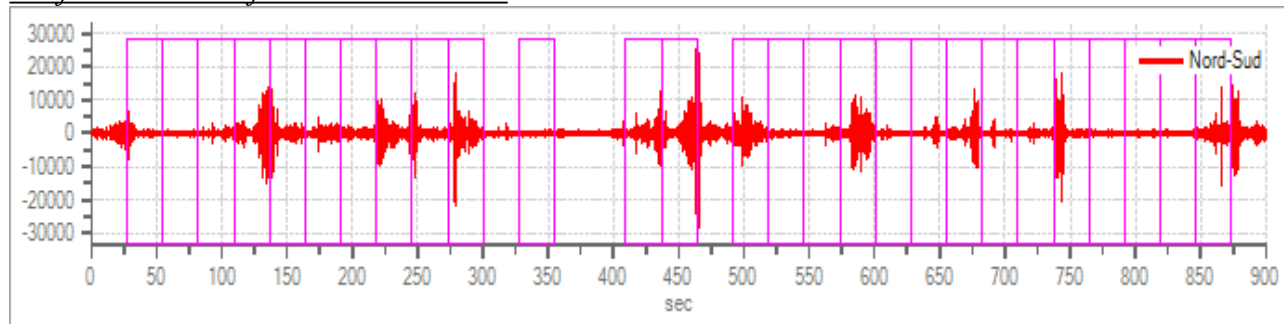
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 27
Numero finestre incluse nel calcolo: 27
Dimensione temporale finestre: 27,307 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

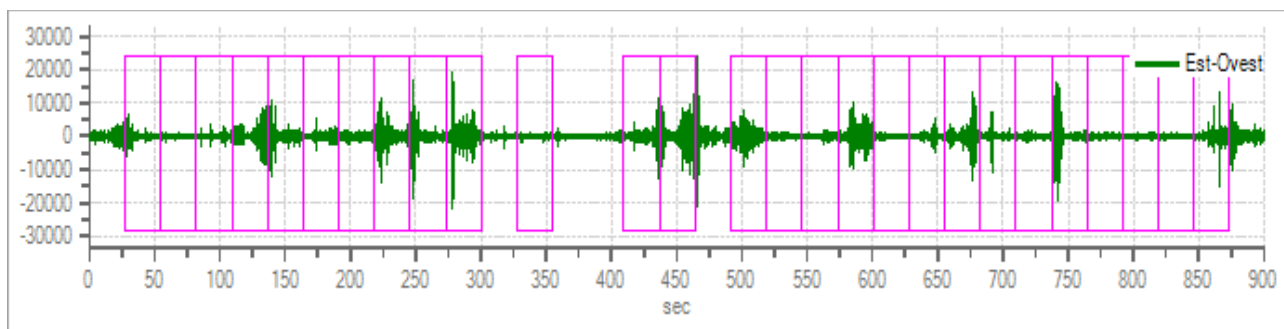
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	27,307	54,613	Inclusa
2	54,613	81,92	Inclusa
3	81,92	109,227	Inclusa
4	109,227	136,533	Inclusa
5	136,533	163,84	Inclusa
6	163,84	191,147	Inclusa
7	191,147	218,453	Inclusa
8	218,453	245,76	Inclusa
9	245,76	273,067	Inclusa
10	273,067	300,373	Inclusa
11	327,68	354,987	Inclusa
12	409,6	436,907	Inclusa
13	436,907	464,213	Inclusa
14	491,52	518,827	Inclusa
15	518,827	546,133	Inclusa
16	546,133	573,44	Inclusa
17	573,44	600,747	Inclusa
18	600,747	628,053	Inclusa
19	628,053	655,36	Inclusa
20	655,36	682,667	Inclusa
21	682,667	709,973	Inclusa
22	709,973	737,28	Inclusa
23	737,28	764,587	Inclusa
24	764,587	791,893	Inclusa
25	791,893	819,2	Inclusa
26	819,2	846,507	Inclusa
27	846,507	873,813	Inclusa

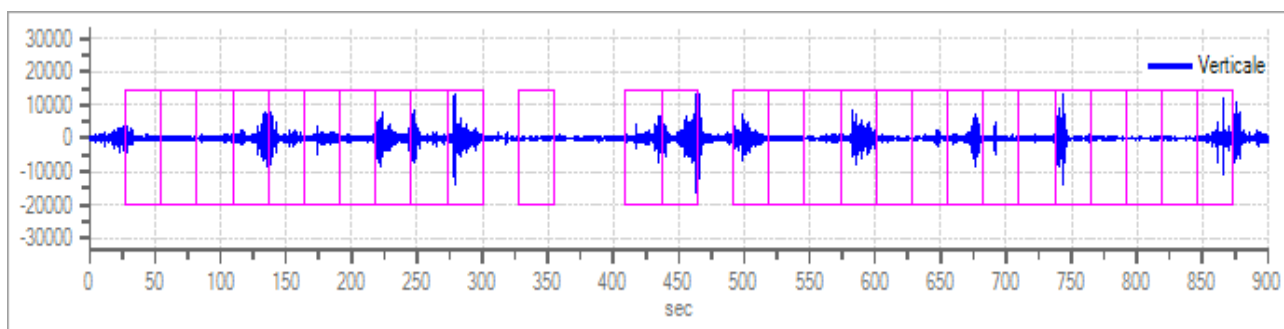
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



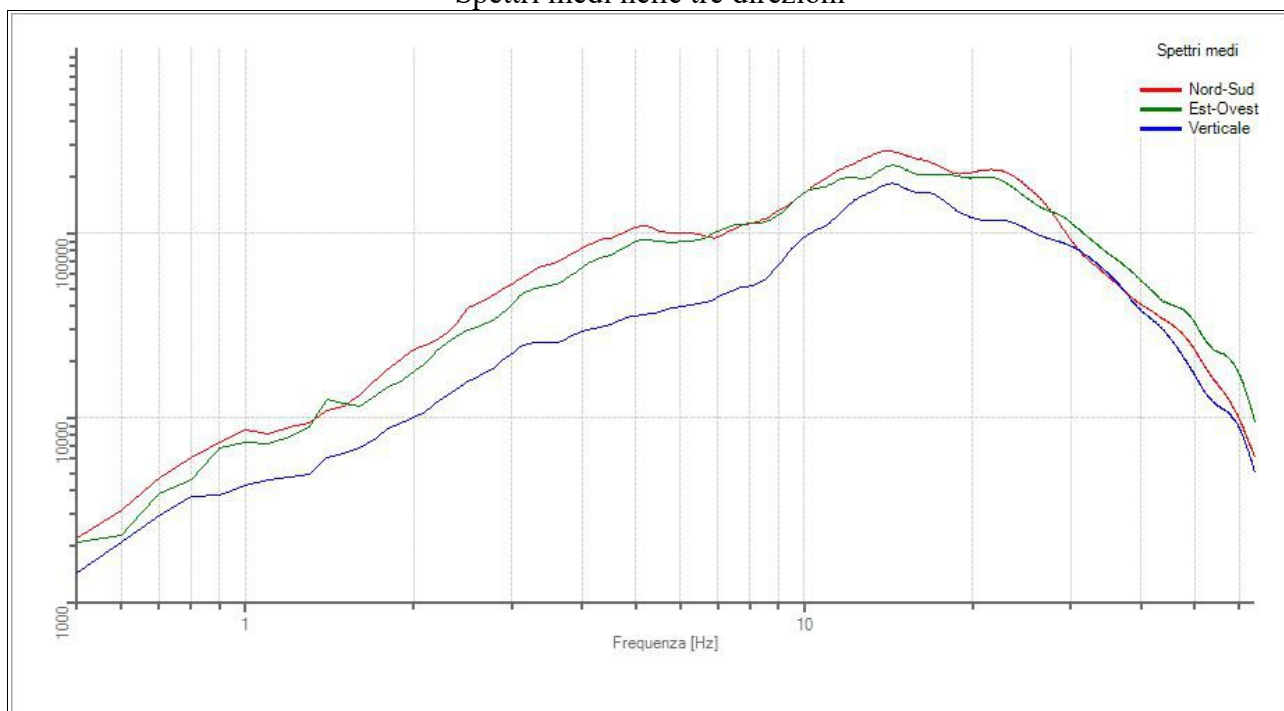
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

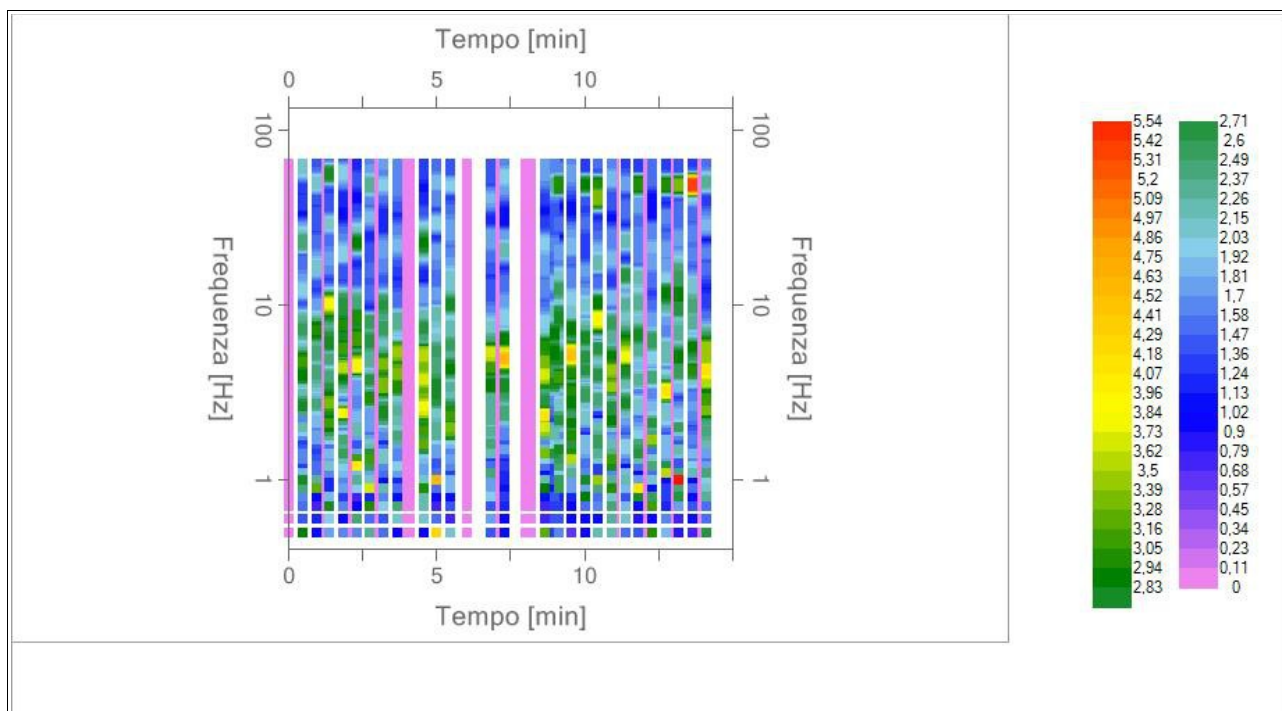


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

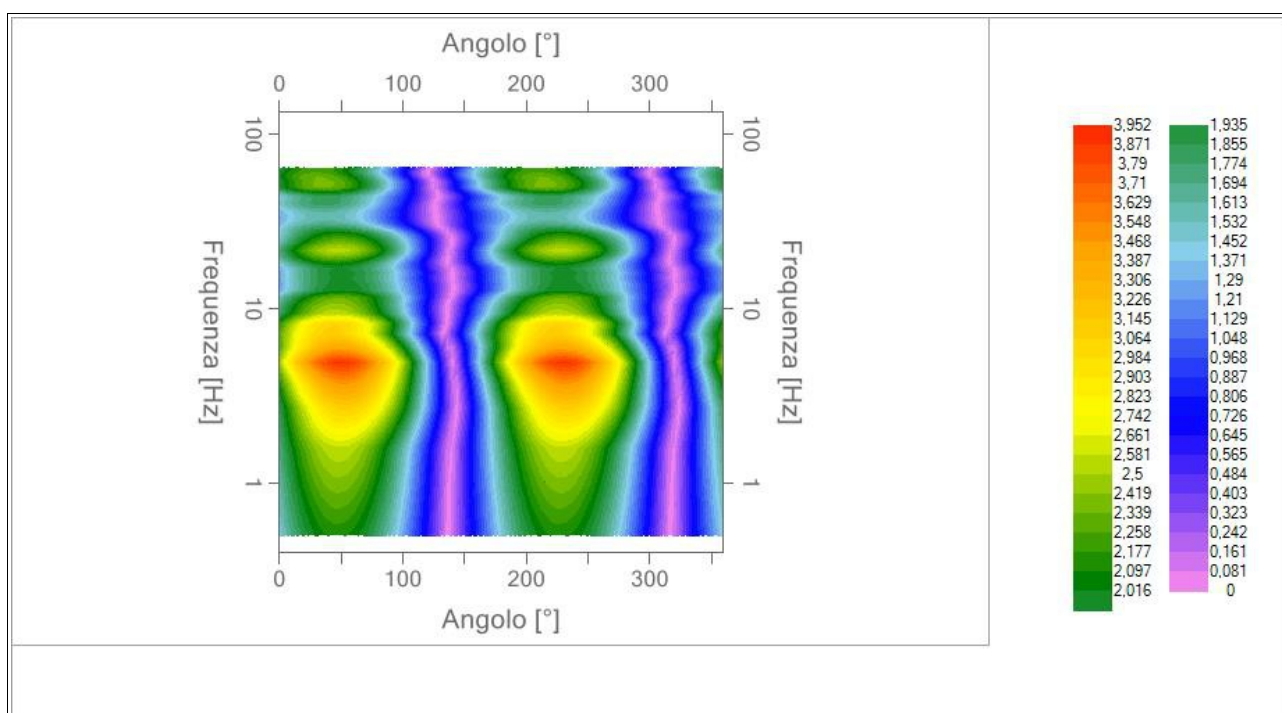
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

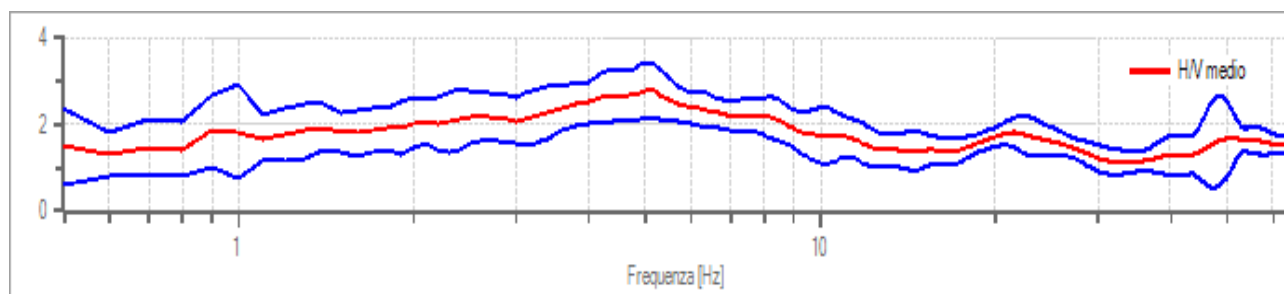
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 5,10 Hz $\pm 0,23$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr15

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 03/04/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

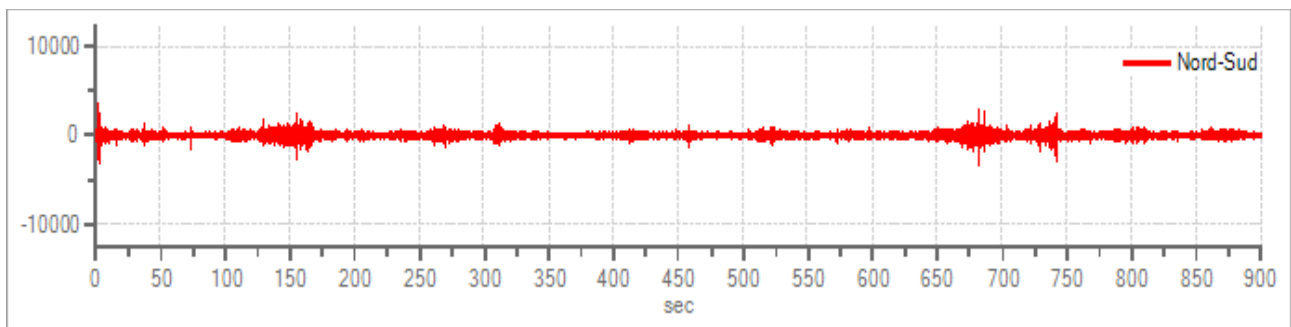
Longitudine:

Tracce in input

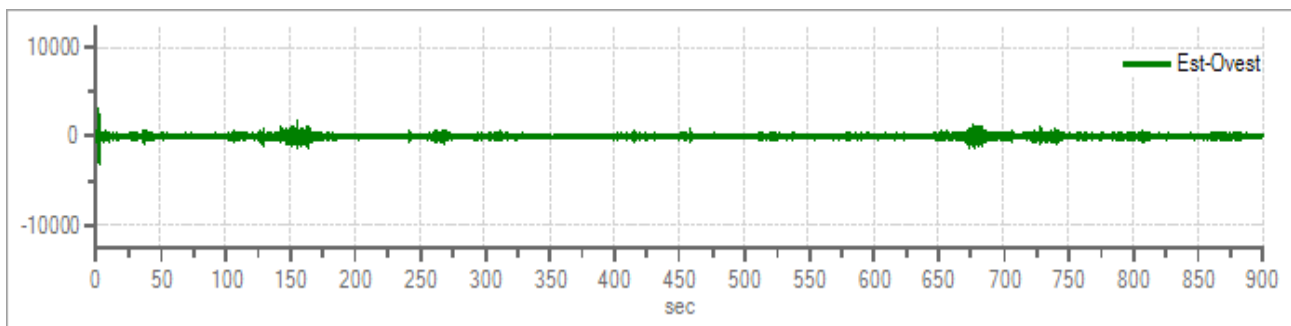
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

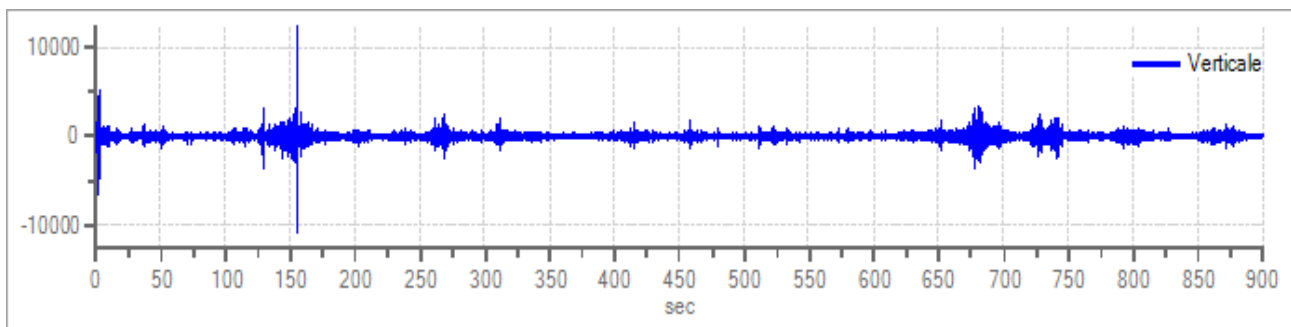
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

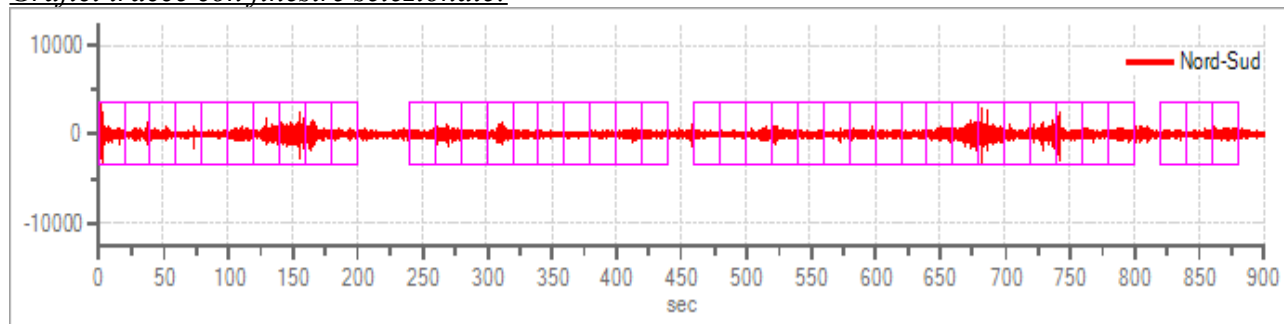
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 40
Numero finestre incluse nel calcolo: 39
Dimensione temporale finestre: 20,000 s
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

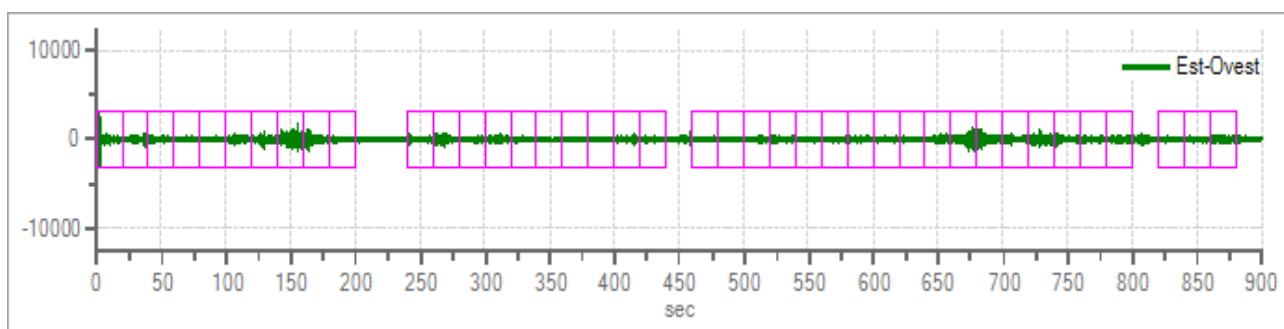
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	300	320	Inclusa
15	320	340	Inclusa
16	340	360	Inclusa
17	360	380	Inclusa
18	380	400	Inclusa
19	400	420	Inclusa
20	420	440	Inclusa
21	460	480	Inclusa
22	480	500	Inclusa
23	500	520	Inclusa
24	520	540	Inclusa
25	540	560	Inclusa
26	560	580	Inclusa
27	580	600	Inclusa
28	600	620	Inclusa
29	620	640	Inclusa
30	640	660	Inclusa
31	660	680	Inclusa
32	680	700	Inclusa
33	700	720	Inclusa
34	720	740	Inclusa
35	740	760	Inclusa
36	760	780	Inclusa
37	780	800	Inclusa
38	820	840	Esclusa
39	840	860	Inclusa
40	860	880	Inclusa

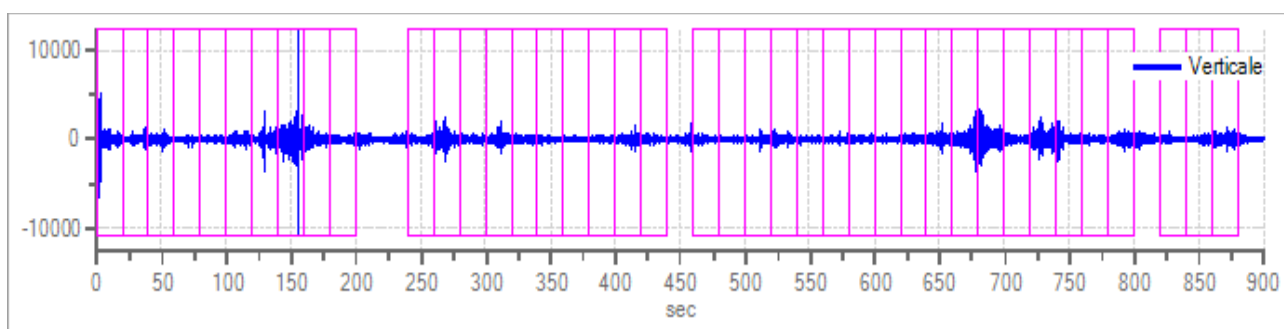
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



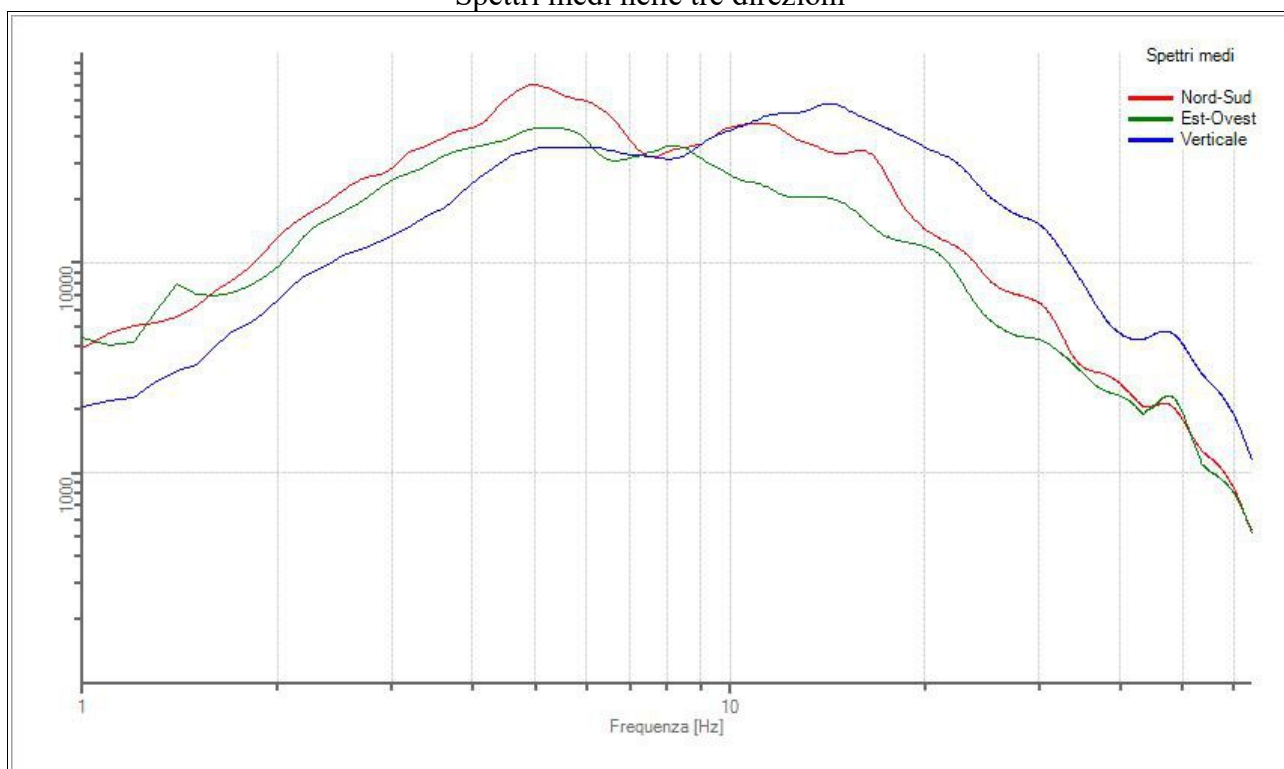
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

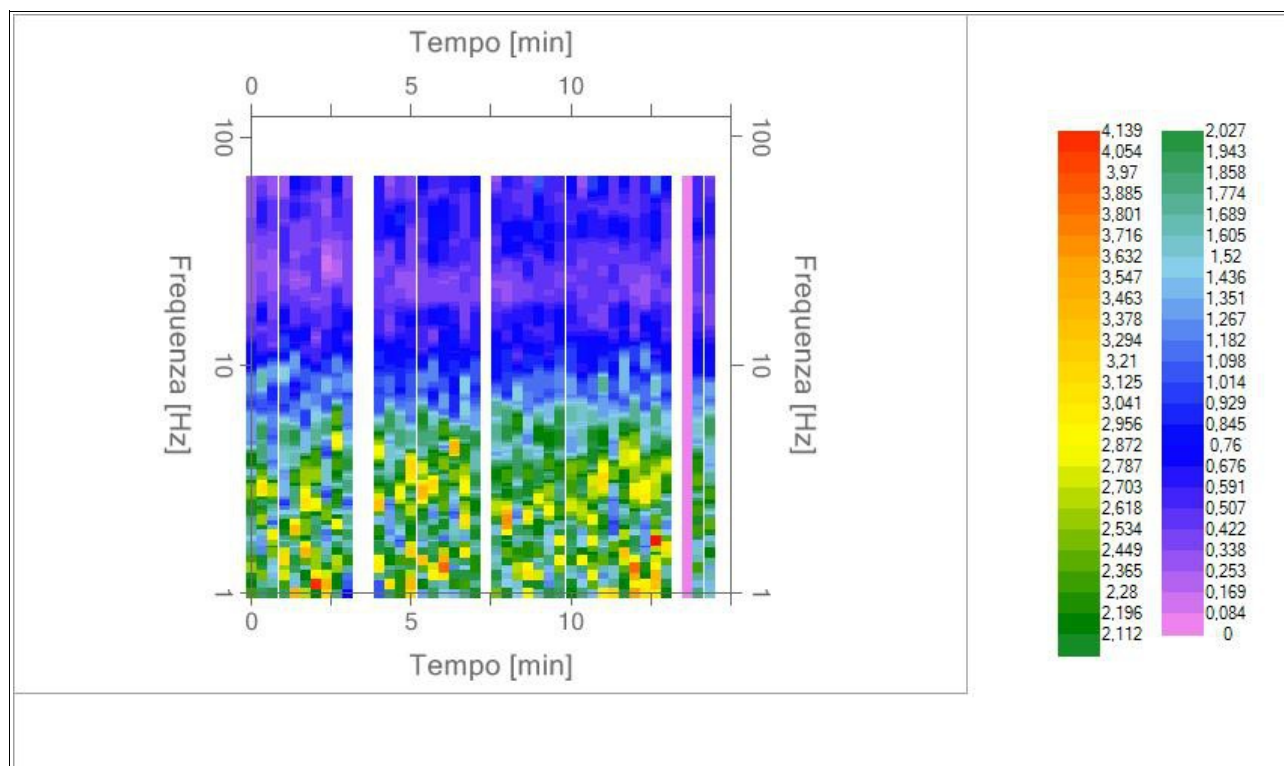


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

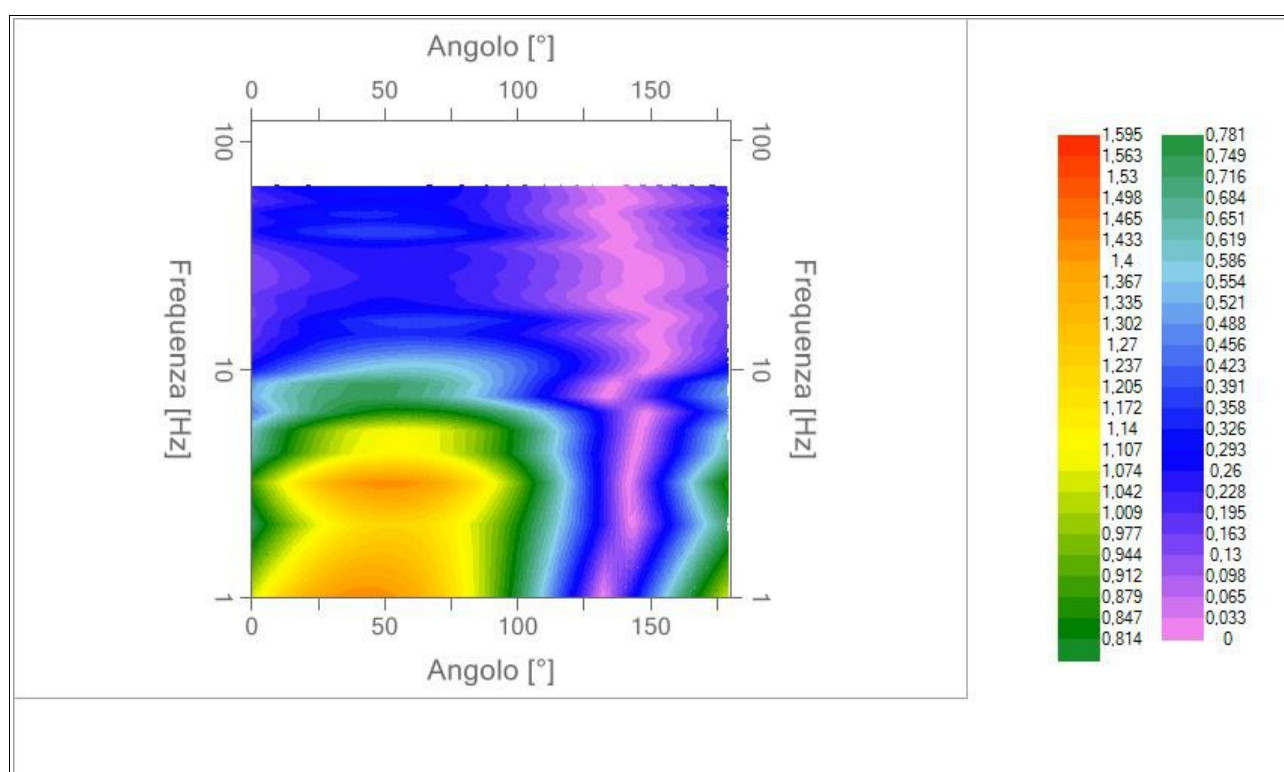
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni





Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

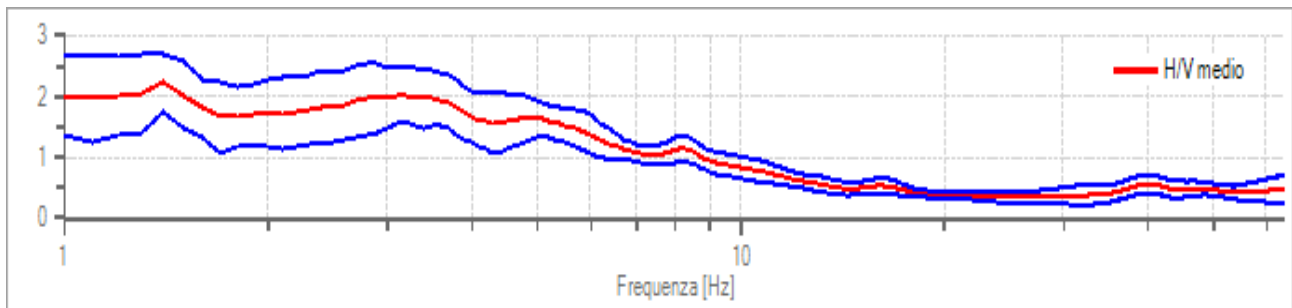
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 1,00 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamiento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 1,40 Hz $\pm$ 0,22 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr16

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

	Data: aprile 2017
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 01/04/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

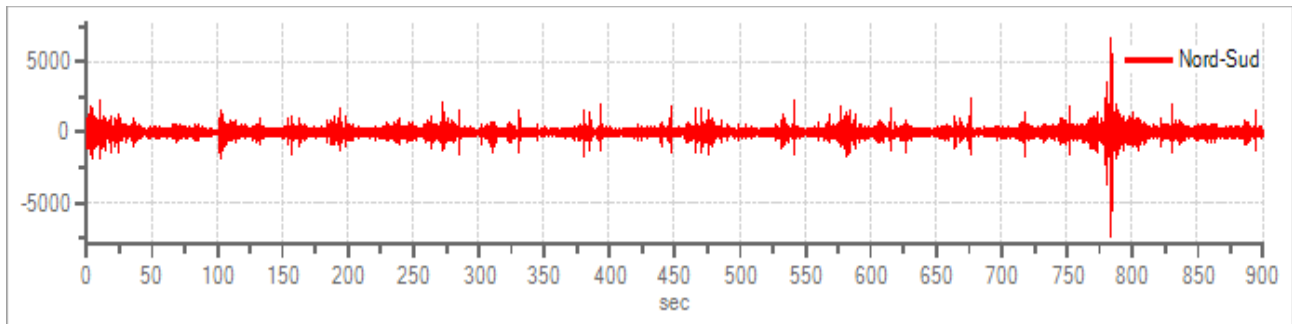
Longitudine:

Tracce in input

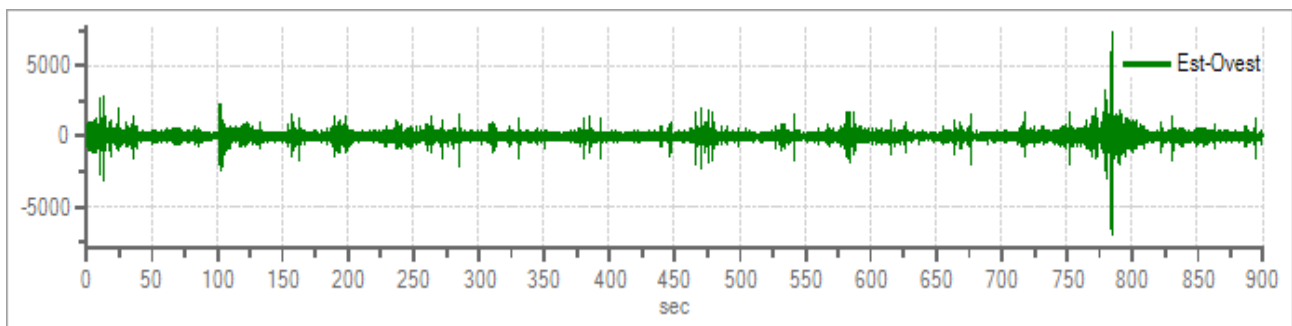
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

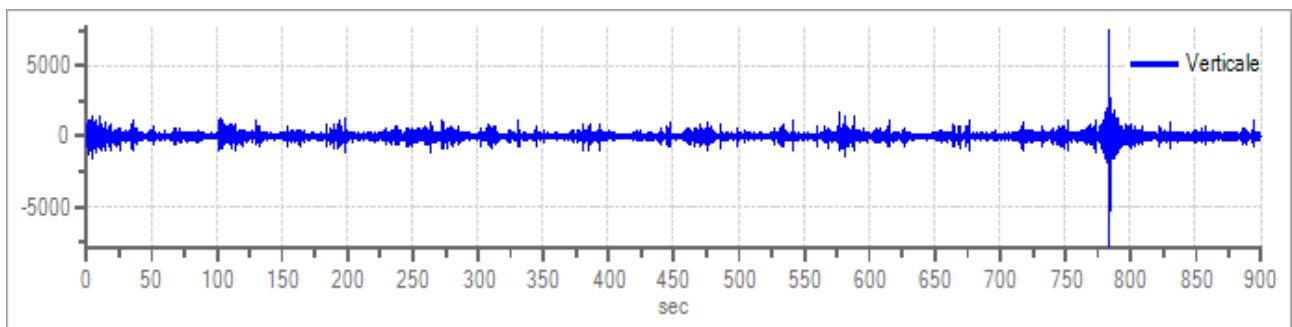
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

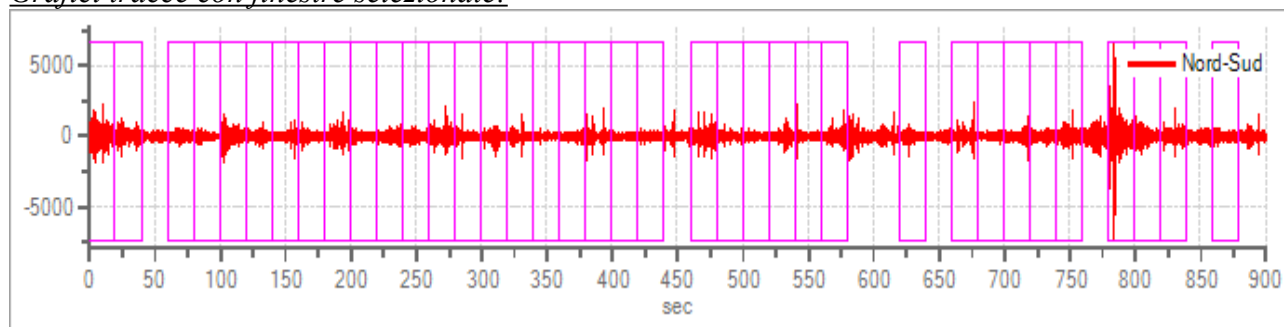
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 37
Numero finestre incluse nel calcolo: 37
Dimensione temporale finestre: 20,000 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10,00 %
Coefficiente di banda: 40,00

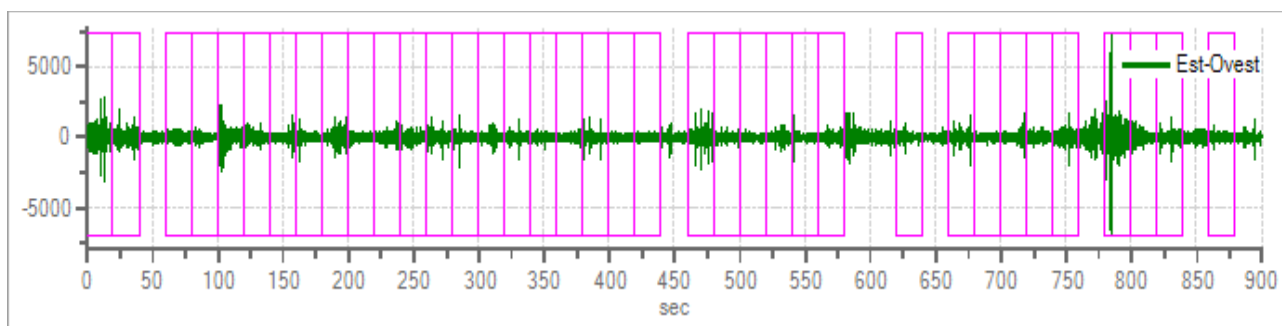
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	60	80	Inclusa
4	80	100	Inclusa
5	100	120	Inclusa
6	120	140	Inclusa
7	140	160	Inclusa
8	160	180	Inclusa
9	180	200	Inclusa
10	200	220	Inclusa
11	220	240	Inclusa
12	240	260	Inclusa
13	260	280	Inclusa
14	280	300	Inclusa
15	300	320	Inclusa
16	320	340	Inclusa
17	340	360	Inclusa
18	360	380	Inclusa
19	380	400	Inclusa
20	400	420	Inclusa
21	420	440	Inclusa
22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa
24	500	520	Inclusa
25	520	540	Inclusa
26	540	560	Inclusa
27	560	580	Inclusa
28	620	640	Inclusa
29	660	680	Inclusa
30	680	700	Inclusa
31	700	720	Inclusa
32	720	740	Inclusa
33	740	760	Inclusa
34	780	800	Inclusa
35	800	820	Inclusa
36	820	840	Inclusa
37	860	880	Inclusa

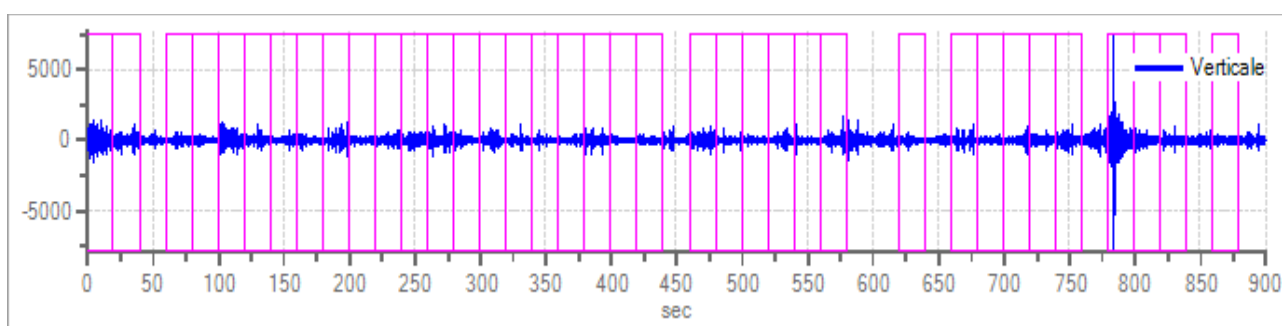
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



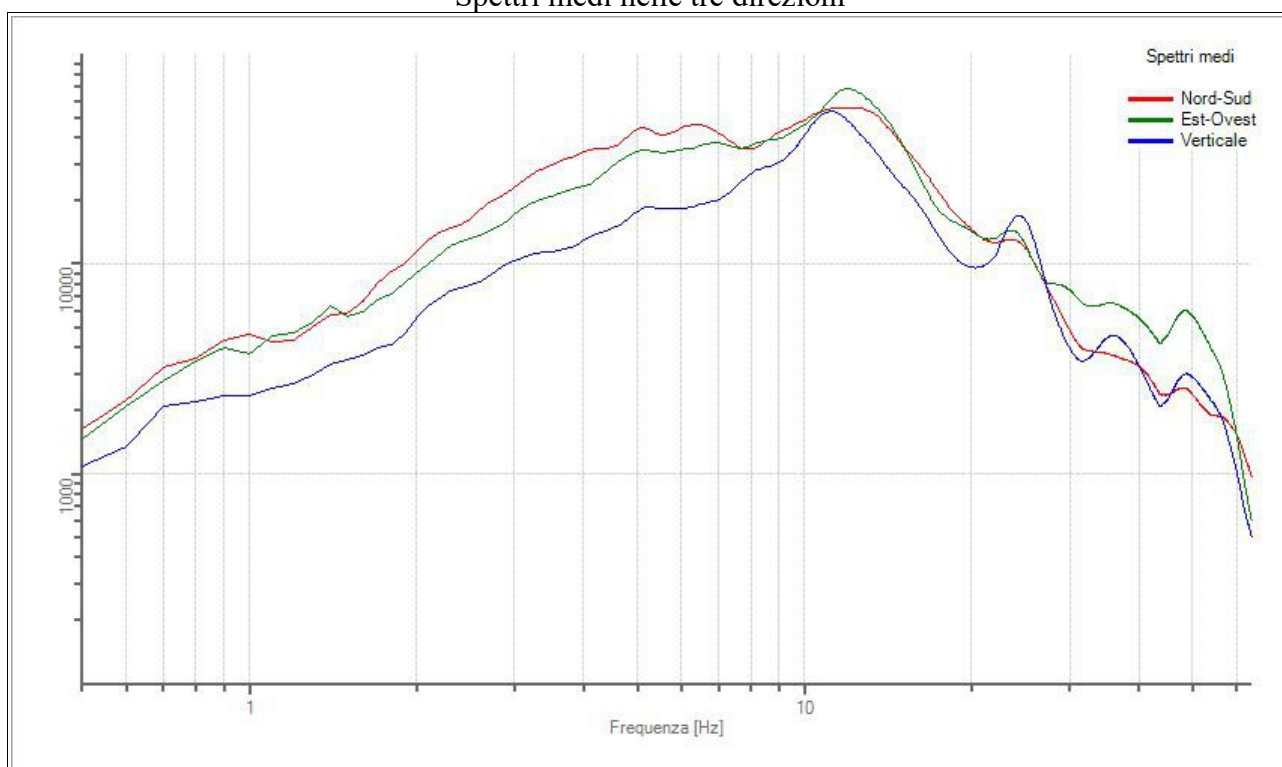
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

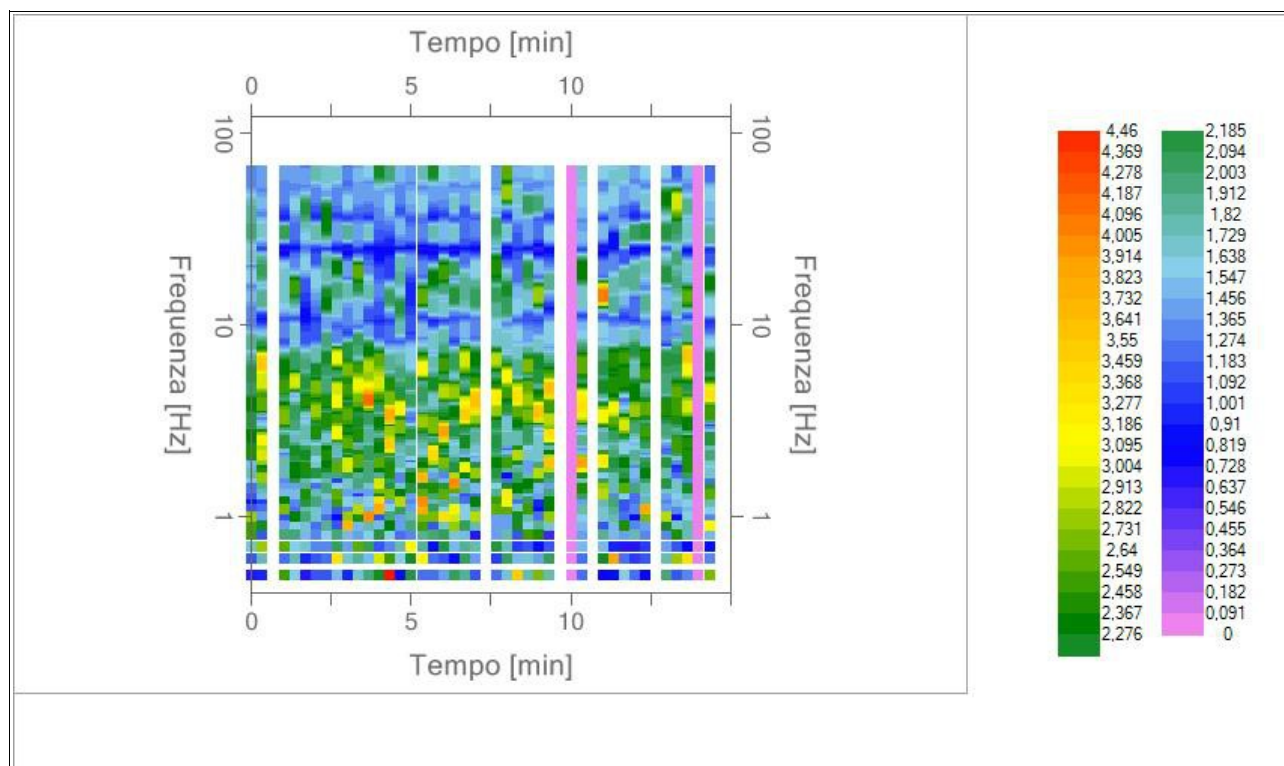


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

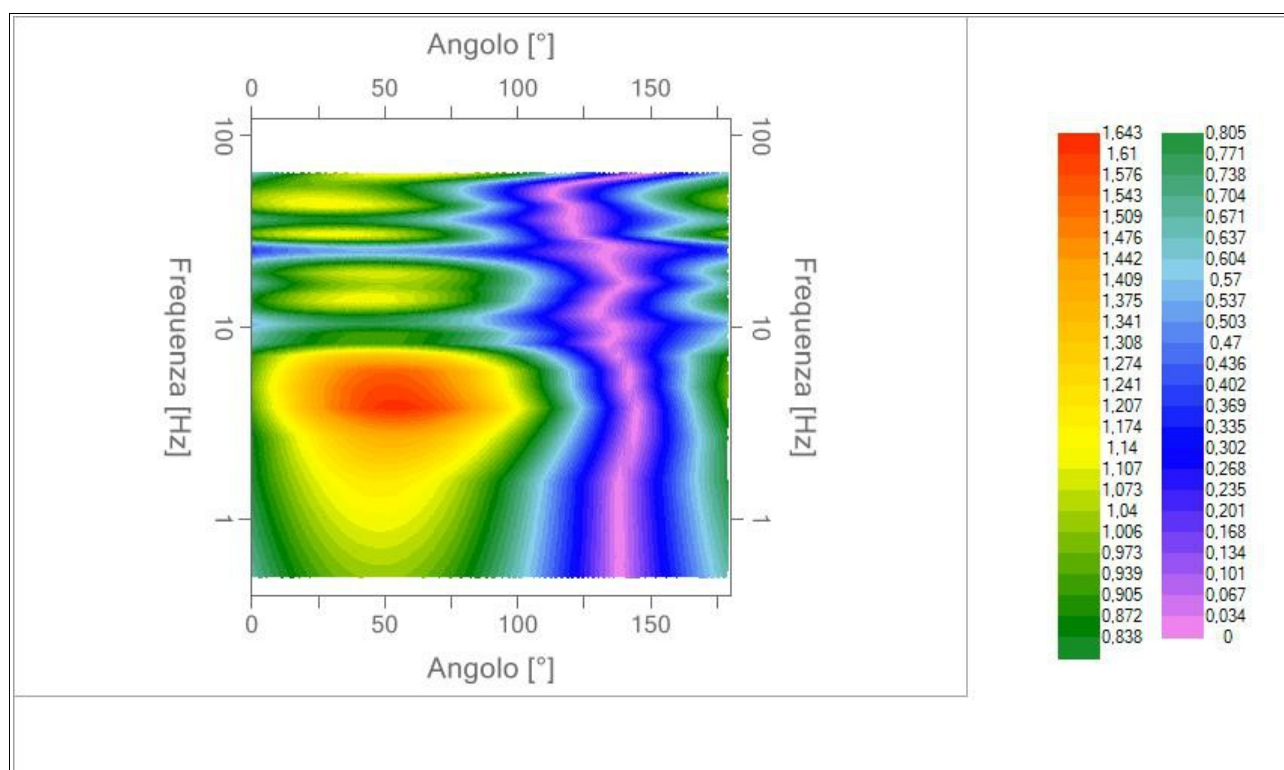
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni





Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

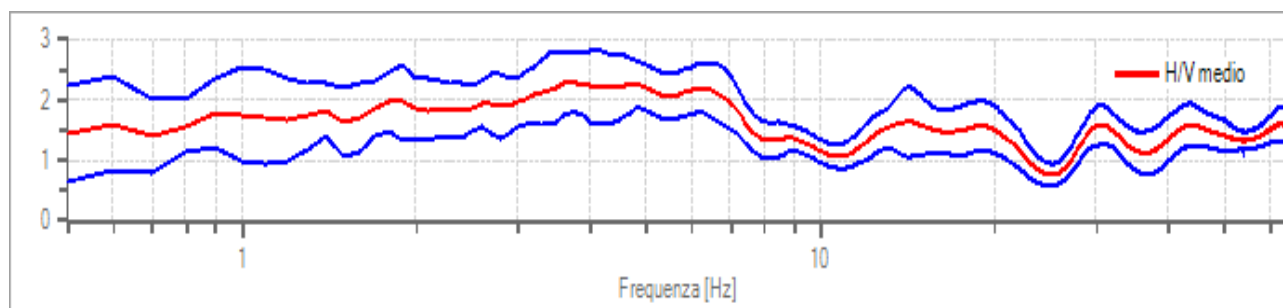
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 64,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 3,70 Hz $\pm$ 0,22 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Indagine hvsr - fr17

Pergolini Claudio C.FISC: nd P.IVA: 007950040419	Via: Via delle Querce, 7 61034 Fossombrone (PU) Tel: - Fax: Email: geoamb@libero.it Web:
---	---

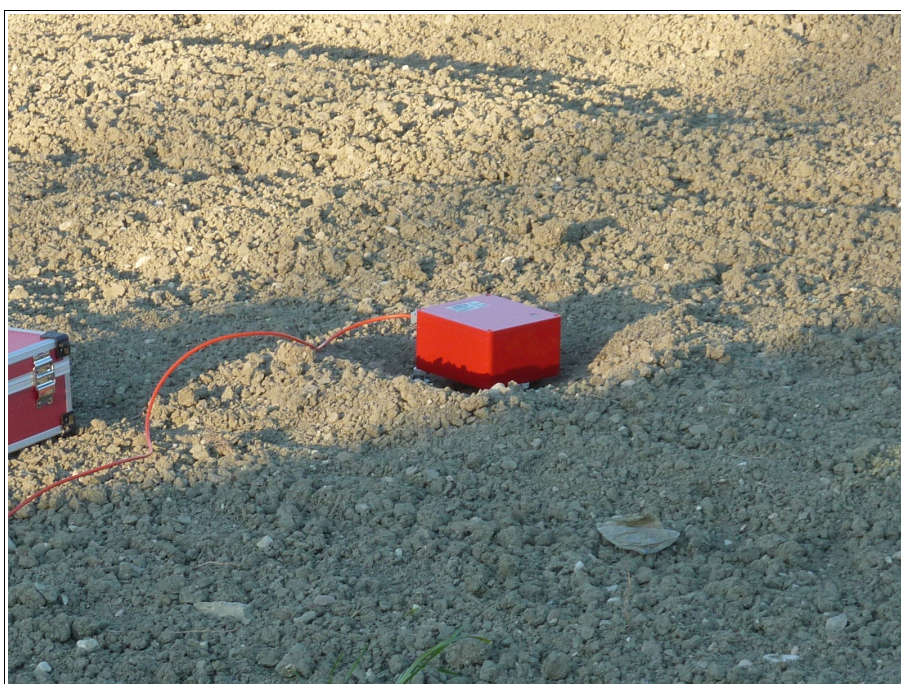
	Data: aprile 2017
--	--------------------------

	Il committente
--	-----------------------

	IL Tecnico
--	-------------------

	Il Progettista
--	-----------------------

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR
--



Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località:

Operatore:

Responsabile:

Data: 01/04/2017 00:00:00

Zona:

Latitudine:

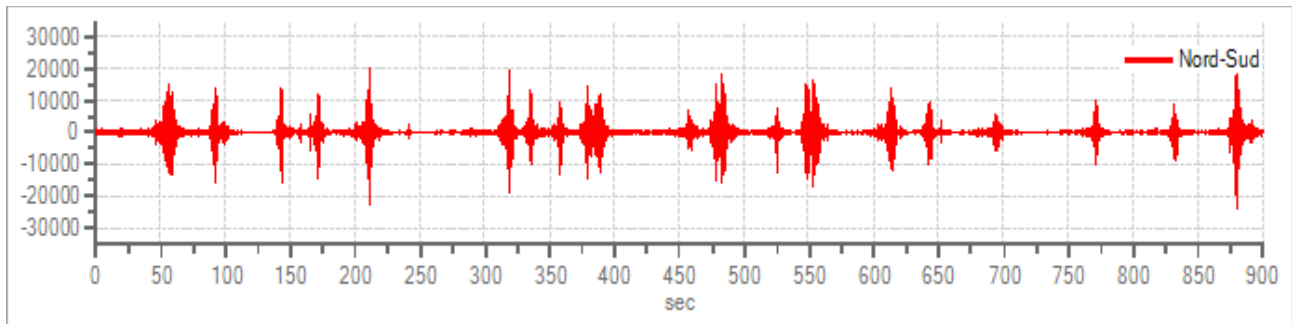
Longitudine:

Tracce in input

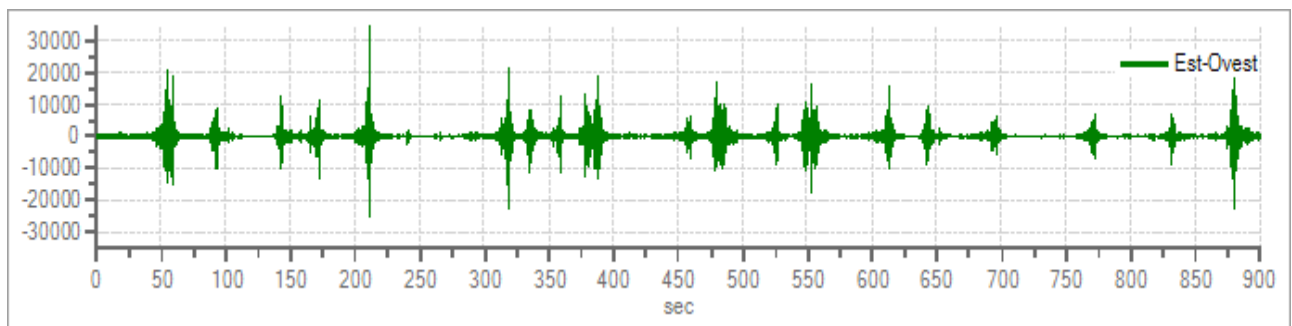
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	900 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	270000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

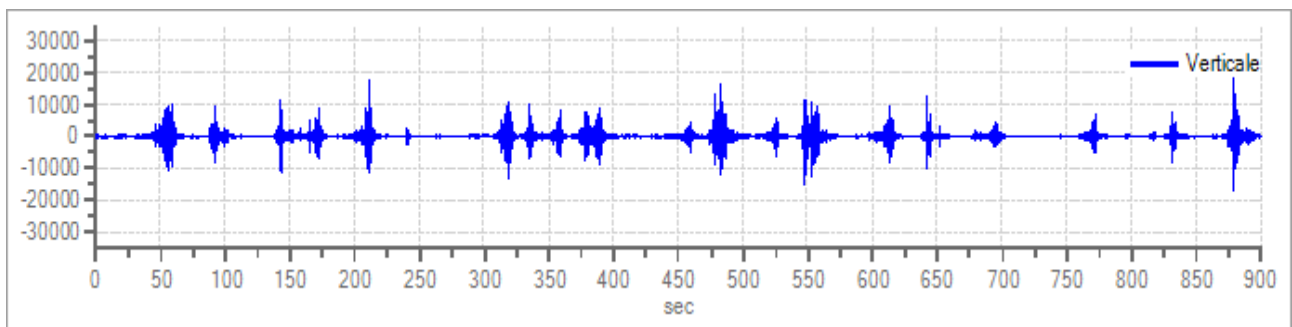
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

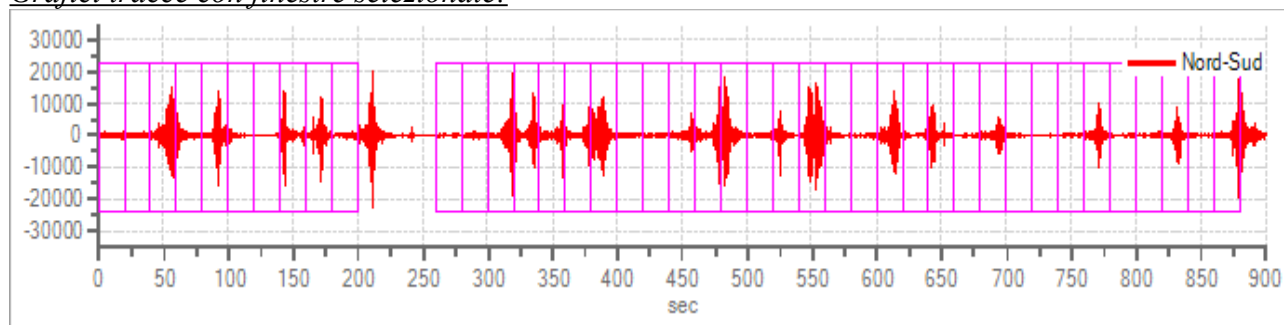
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 41
 Numero finestre incluse nel calcolo: 41
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s
 Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %
 Coefficiente di banda: 40,00

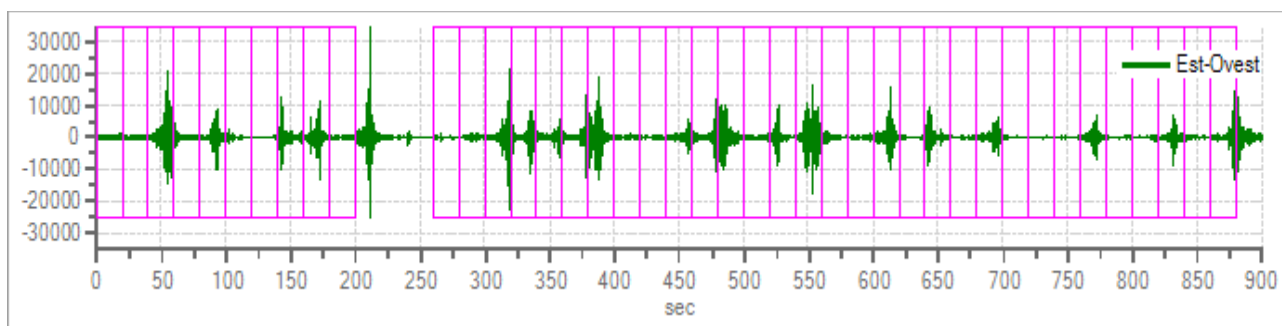
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa

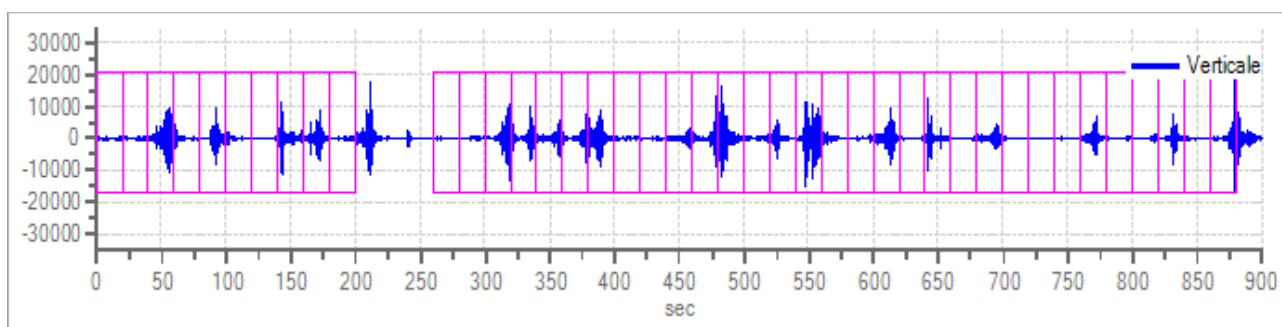
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



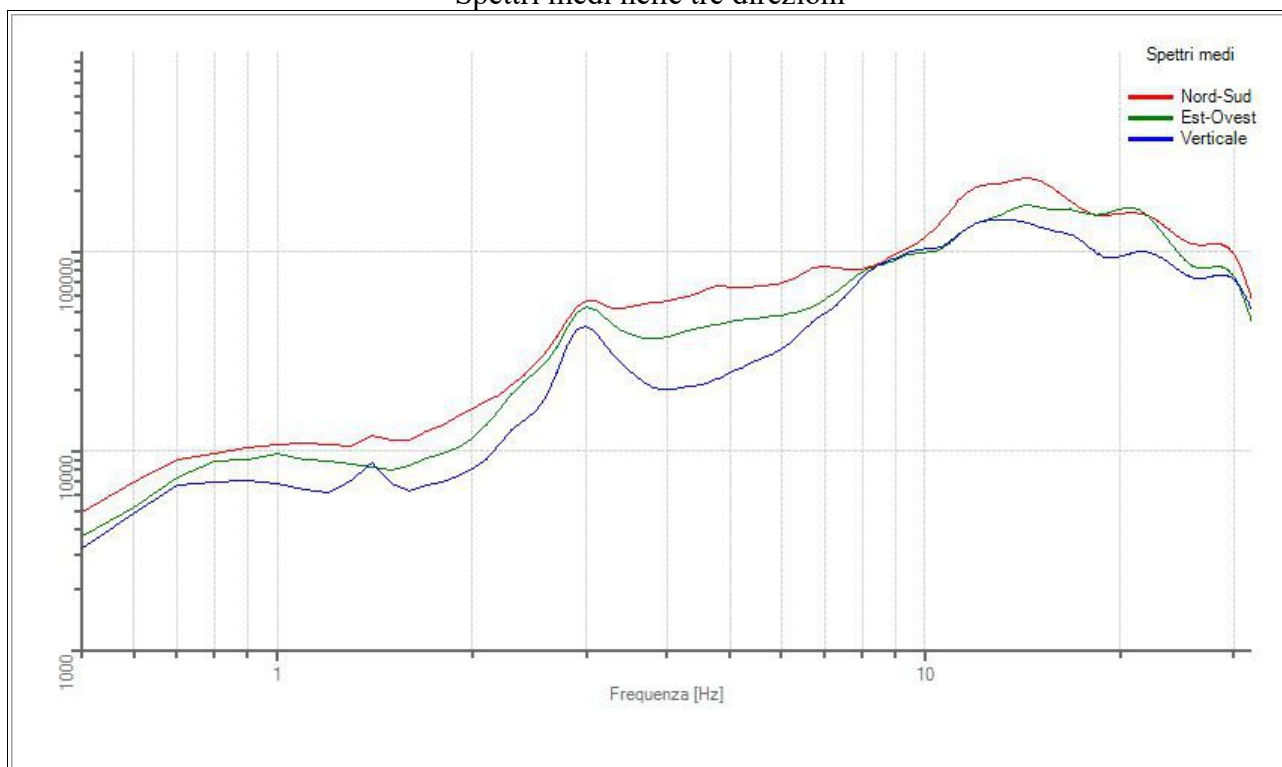
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

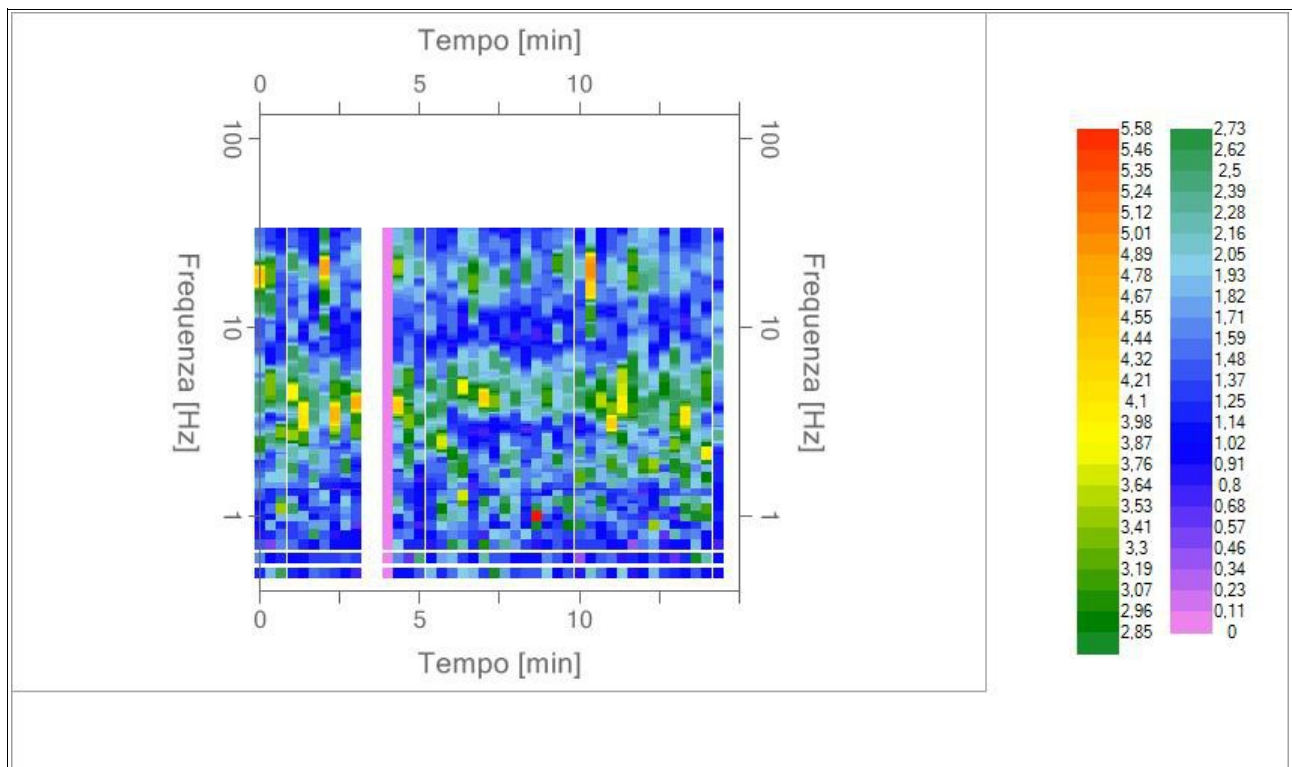


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

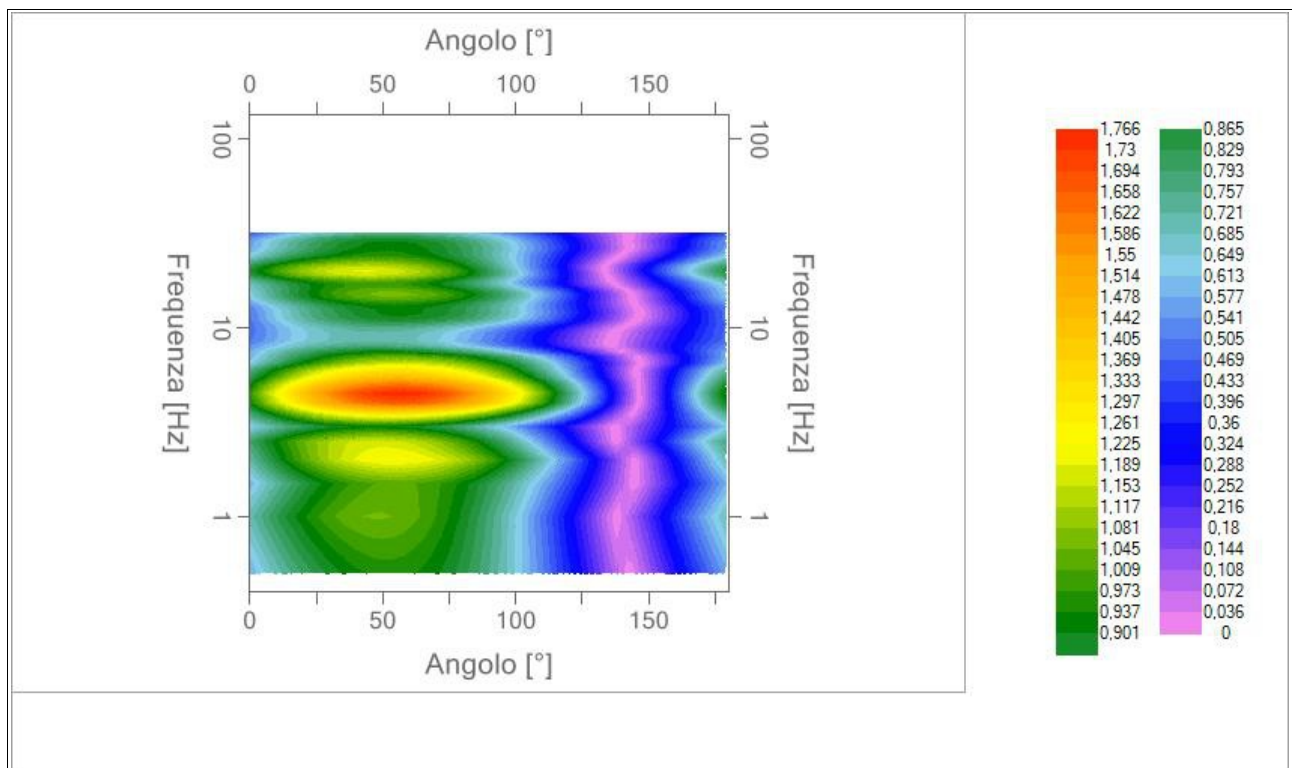
Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni





Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

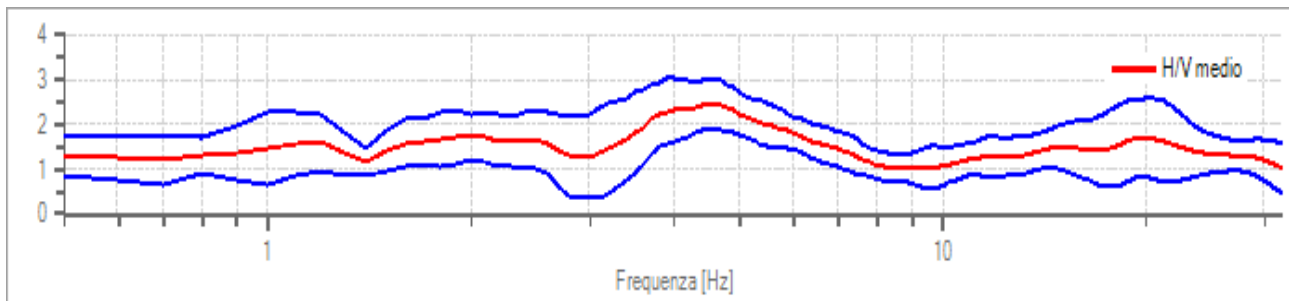
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 32,00 Hz
 Frequenza minima: 0,50 Hz
 Passo frequenze: 0,10 Hz
 Tipo lisciamo: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamo: 10,00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 4,60 Hz $\pm 0,22$ Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

MZS_FRATTE ROSA, frA

Strumento: TRS-0013/01-06

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 20/03/07 10:25:36 Fine registrazione: 20/03/07 10:41:37

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 512 Hz

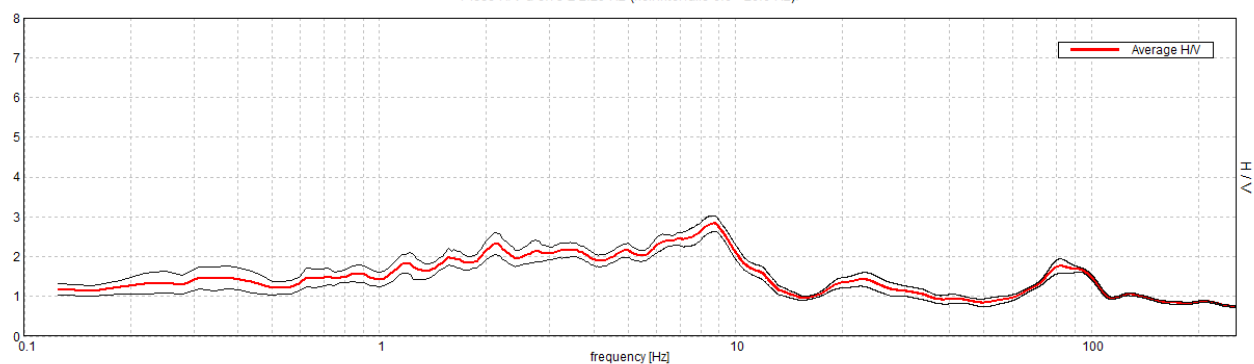
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

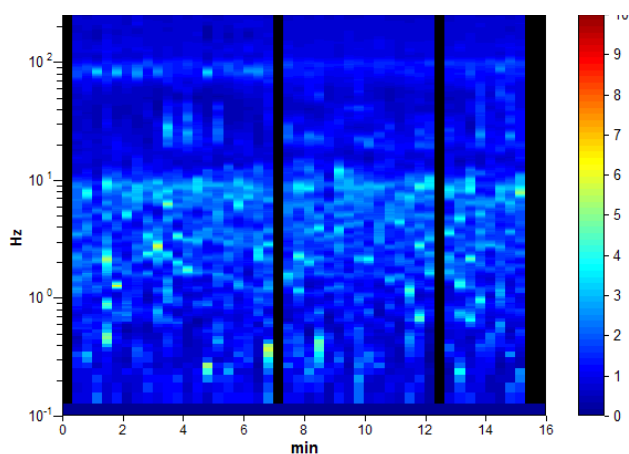
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

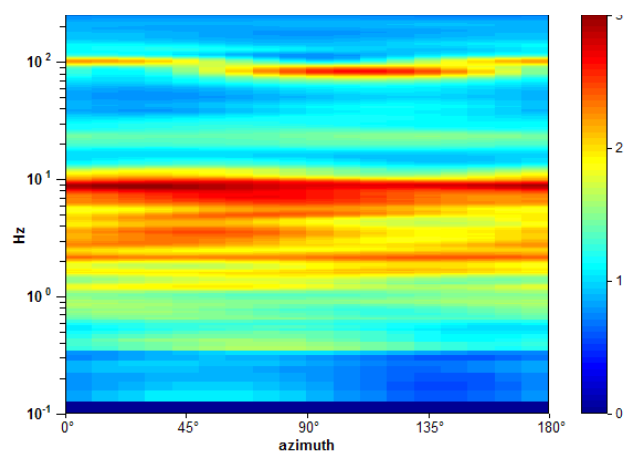
Picco H/V a 8.75 ± 2.29 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).



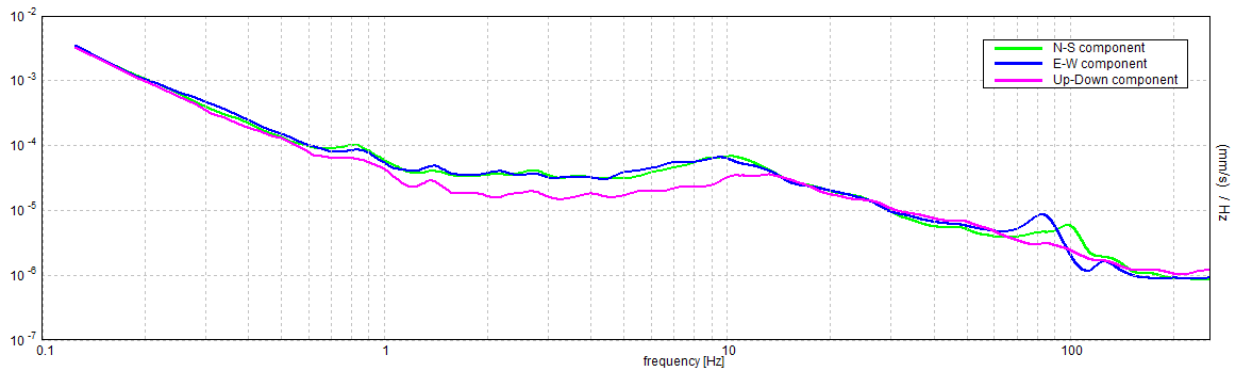
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Picco H/V a 8.75 ± 2.29 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$8.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7525.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 421	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	12.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.83 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.26227 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.29486 < 0.4375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1915 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



MZS_FRATTE ROSA, frB

Strumento: TRS-0013/01-06

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 20/03/07 10:55:54 Fine registrazione: 20/03/07 11:11:55

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 512 Hz

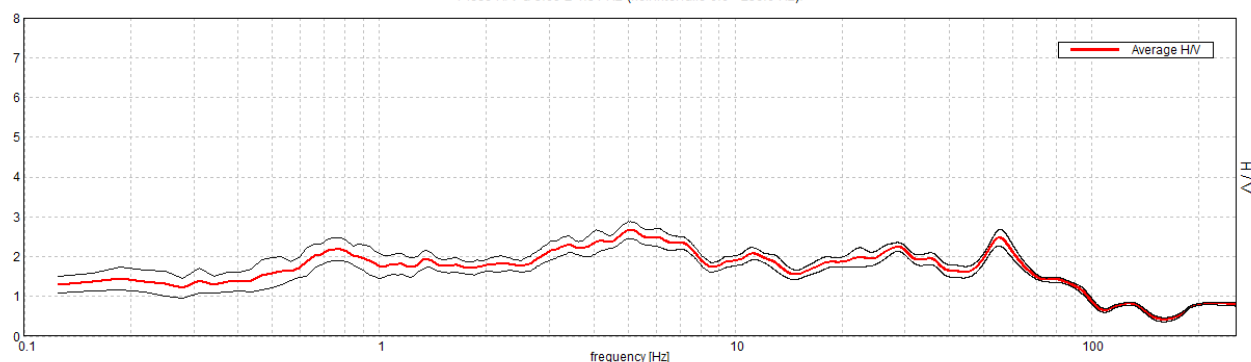
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

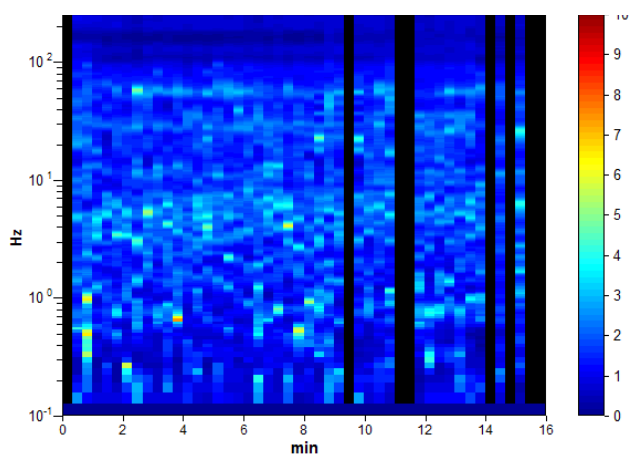
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

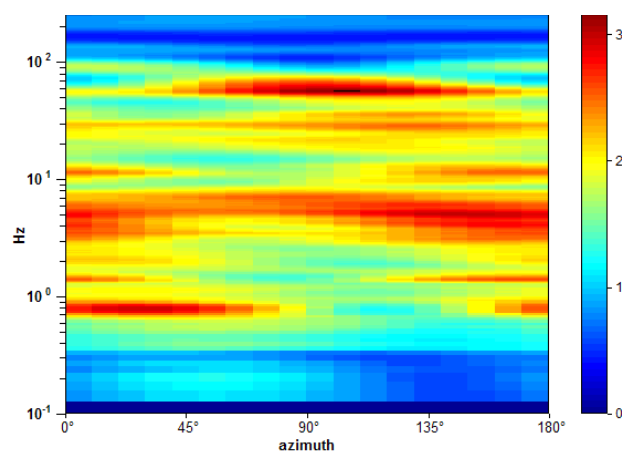
Picco H/V a 5.09 ± 1.31 Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



Picco H/V a 5.09 ± 1.31 Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.09 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4075.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 246	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.67 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25769 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.3126 < 0.25469$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.213 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



MZS_FRATTE ROSA, frC

Strumento: TRS-0013/01-06

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 20/03/07 11:42:01 Fine registrazione: 20/03/07 11:58:02

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 512 Hz

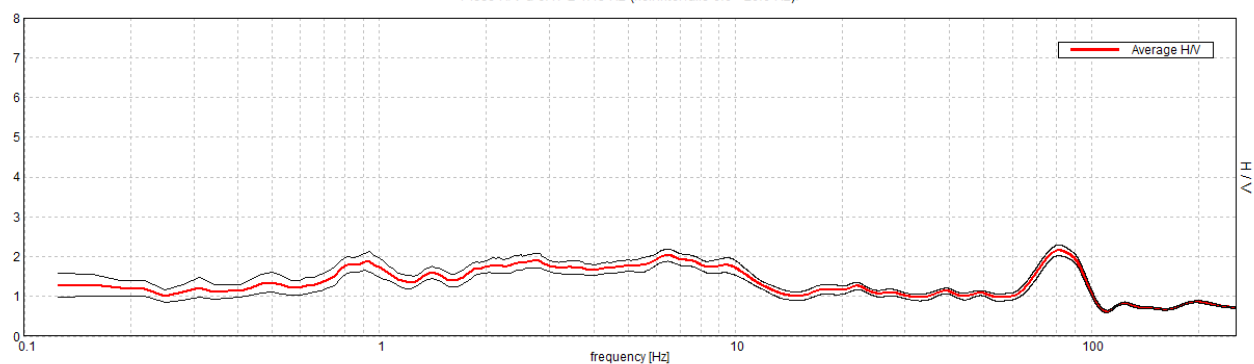
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

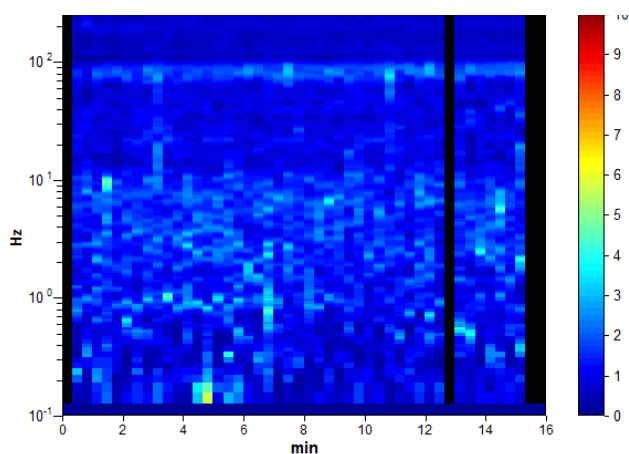
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

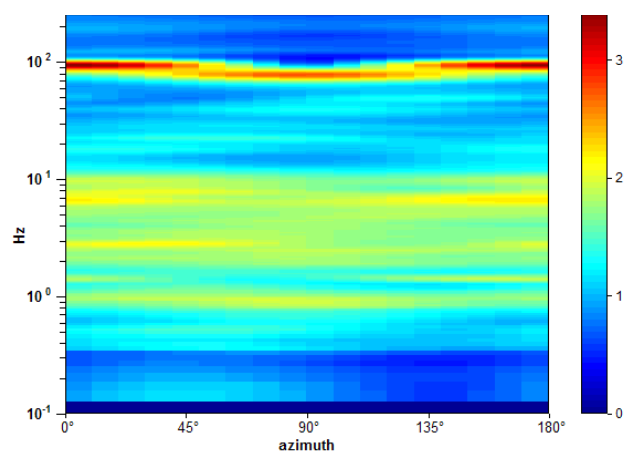
Picco H/V a 6.47 ± 4.43 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).



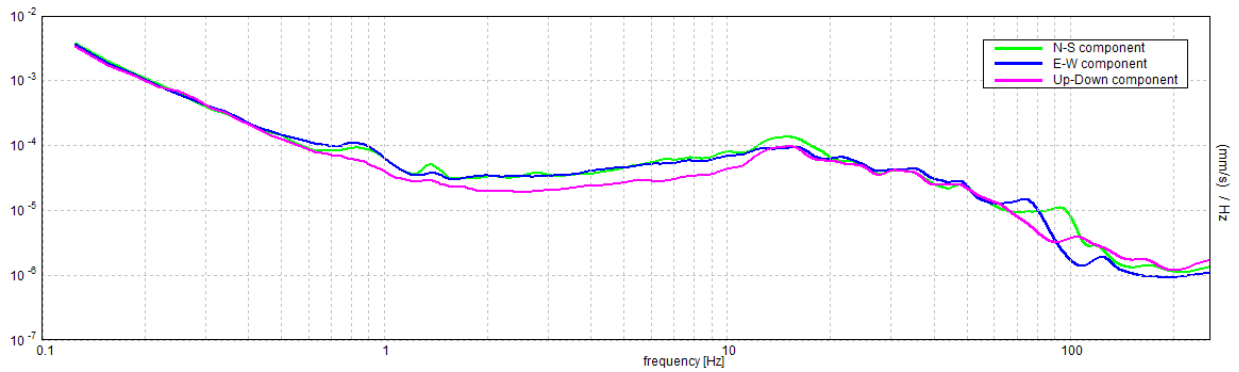
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Picco H/V a 6.47 ± 4.43 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5692.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 312	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

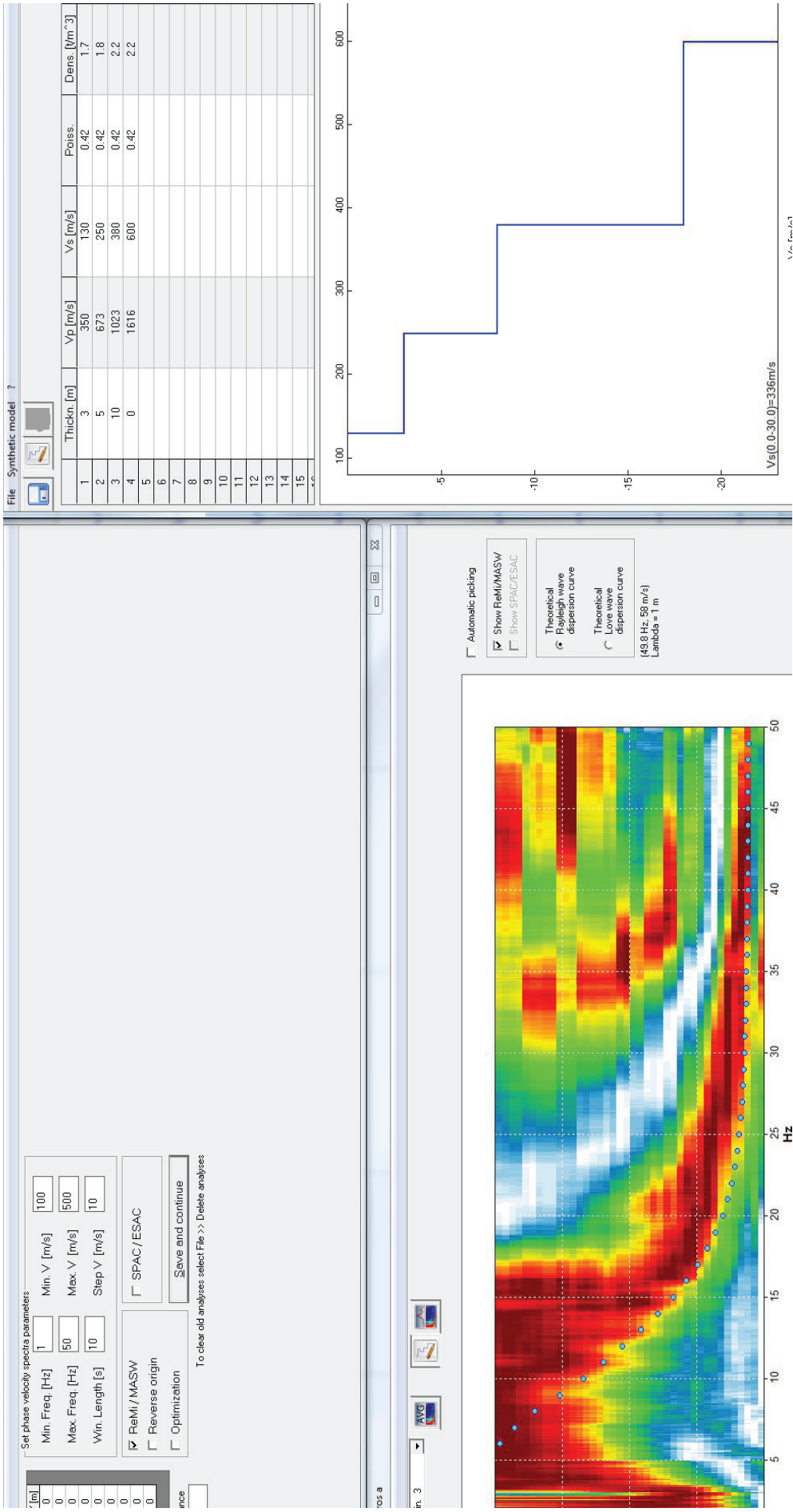
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	14.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.04 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.6852 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.4324 < 0.32344$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.155 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20





Indagine MASW – REMI effettuata alla scuola materna - MR1

