

**Variante di monitoraggio al
Regolamento Urbanistico
con contestuale
Variante al Piano Strutturale**

per adeguamento e redistribuzione
dell'attuale dimensionamento di previsione

Alessio Antonelli

Sindaco

Giorgio Catelani, Silvia Innocenti
Fernando Piero Rosario Mellea
Luca Barsotti, Alessandro Ribechini
Giovanni Greco, Paola Baglini

Assessori

*Gruppo di lavoro
Pianificazione del Territorio e lavori pubblici*

Elena Pugi

Responsabile del Procedimento

Chiara Papucci
Sabina Testi
Davide Tonelli
Enrico Bulleri

*Garante della Comunicazione
Progettista Coordinatore
Progettista Coordinamento Elaborati
Progettista Coordinamento Norme*

Cristina Donati
Maria Rosaria Ferrara
Alice Lenzi, Anna Martini
Maurizio Meini, Ilaria Novi
Rosaria Ruta, Chiara Turini
Massimiliano Vannini

Gruppo di progettazione

Olivietta Cocchiarello, Sara Fantozzi
Tiziana Ghelarducci, Florio Panaiotti
Chiara Papucci, Saverio Saviozzi
Caterina Siega

Supporto Amministrativo

Hydrogeo
Ingegneria per l'ambiente e il Territorio
Studio Geologico **Alessandro Murratzu**

aspetti idraulici

Tages Soc. Coop.

aspetti geologici

aspetti mobilità e traffico

**RELAZIONE TECNICA
ILLUSTRATIVA DI SUPPORTO
ALLO STUDIO DI
MICROZONAZIONE SISMICA
DI LIVELLO 1 (MS)**

Oggetto

*(sostituisce integralmente
la Relazione tecnica - MOPS di Marzo 2014
Stato di adozione)*

*(con integrazioni richieste dall'Ufficio Tecnico
del Genio Civile di Area Vasta
Livorno-Lucca-Pisa - comunicazione
PEC n.13073/2014 del 26/05/2014)*

Dicembre 2014 data

APPROVAZIONE



INDICE

Premessa	1
1. Riferimenti normativi	2
2. Elaborati prodotti ed Individuazione Aree di indagine	3
3. Inquadramento generale	4
4. Pericolosità sismica di base	5
5. Dati di base	6
6. Carta delle Indagini.....	7
7. Carta delle Frequenze Fondamentali dei depositi	8
8. Carta geologico-tecnica.....	11
9. Effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	12
10. Procedura semiquantitativa di valutazione della qualità della carta MOPS di livello1	26

PREMESSA

La presente Relazione, redatta ai sensi del *Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche* (Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 ottobre 2011 n. 53/R pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011), è di supporto alla *Variante di monitoraggio al Regolamento Urbanistico con contestuale Variante al Piano Strutturale* del Comune di Cascina (Provincia di Pisa).

Le indagini geologiche sono dirette a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico e sismico, anche in attuazione degli atti di pianificazione sovraordinati, al fine di valutare le condizioni ed i limiti di trasformabilità, garantire e mantenere condizioni di equilibrio idrogeologico e recuperare eventuali situazioni di criticità esistenti.

In particolare, le indagini geologiche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5.

Il livello 1 di Microzonazione Sismica costituisce un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente da una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e di ulteriori informazioni, finalizzata alla suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

La presente relazione tecnica illustrativa descrive nel dettaglio tutti gli elementi caratterizzanti gli elaborati che costituiscono lo studio di microzonazione, indicandone le problematiche, le metodologie di indagine, le procedure di analisi ed elaborazione utilizzate ed infine i risultati prodotti, attenendosi a quanto prescritto nella Deliberazione 6 agosto 2012 n. 741 e nella ultima aggiornata Deliberazione 25 novembre 2013 n. 971 L.R. 58/2009 – *OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A – Studi di microzonazione sismica. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica.*

La presente relazione è stata adeguata alle prescrizioni dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Livorno-Lucca-Pisa (comunicazione al Comune di Cascina tramite PEC n.13073/2014 del 26/05/2014).

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stato condotto secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo.

- OPCM n. 3907 del 13.11.2010 e OPCM n. 4007 del 29 febbraio 2012, che disciplinano i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, previsti dalla Legge Regionale 58/2009;
- DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011, pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011, Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5;
- DGRT n. 261 del 18.04.2011, recepimento a livello regionale dell' OPCM n. 3907/2010 con riferimento all'Allegato A che individua i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica, le modalità di predisposizione delle specifiche tecniche per la realizzazione dei suddetti studi e le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase pianificatoria;
- DGRT n. 741 del 6 agosto 2012, approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica;
- DGRT n. 971 del 25 novembre 2013, approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica;
- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS), approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011;
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 OPCM 3907/2010) – Versione 2.0beta-II e successiva Versione 3.0.

2. ELABORATI PRODOTTI ED INDIVIDUAZIONE AREE DI INDAGINE

Per lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 sono stati prodotti i seguenti elaborati, che costituiscono parte integrante della *Variante di Monitoraggio al R.U. con contestuale Variante al P. S.*:

- Tavv.5 Carta delle indagini, dati di base e indagini geofisiche;
- Tavv.7 Carta geologico-tecnica;
- Tavv.8 Carta delle frequenze fondamentali dei depositi;
- Tavv.9 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - MOPS;
- Dati di base n.1 CD;
- Indagine geofisica di sismica passiva HVSR-ESAC e sismica attiva MASW - Microzonazione Sismica (cfr. All. 1).

Ad esclusione della Carta delle Indagini e della Carta geologico-tecnica, che forniscono una copertura sull'intero territorio comunale, gli altri elaborati sono stati redatti solo in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Cascina di concerto con l'autorità competente, secondo le specifiche tecniche di cui al §1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL ed i criteri definiti al §3.4.2 degli ICMS.

I centri urbani significativi sono rappresentati dalle aree urbanizzate estese principalmente nella porzione settentrionale del territorio comunale, per una fascia sviluppata prevalentemente in direzione est-ovest, che comprende il centro urbano del capoluogo e le frazioni che si sviluppano lungo la SR 67, interessata dalle infrastrutture esistenti, dove si concentra pressoché la totalità delle residenze e delle attività artigianali, industriali e commerciali.

La restante porzione del territorio comunale esterna alle aree indicate è costituita da territorio a prevalente vocazione e destinazione agricola, ove non sono presenti frazioni abitate e pochissimi insediamenti sparsi e previsioni insediative o infrastrutturali.

3. INQUADRAMENTO GENERALE

Per quanto riguarda gli approfondimenti di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico si rimanda a quanto ampiamente trattato nella Relazione Geologica.

Di seguito si riassumono brevemente gli aspetti salienti del territorio, al fine di fornire un inquadramento generale.

Il territorio del Comune di Cascina ha un'estensione complessiva di circa 78,7 km² e si presenta totalmente pianeggiante con una quota media di 4-5 m s.l.m.

La pianura di Cascina è posta all'interno della vasta pianura alluvionale del Valdarno Inferiore - Pianura pisana, nel bacino sedimentario di Pisa-Viareggio, originatosi, fin dal tardo Tortoniano, dal riempimento del sistema di semi-graben posto lungo il margine tirrenico.

Tale depressione è limitata a est dalla struttura positiva dei Monti Pisani e ad ovest dalla dorsale di Viareggio. Recenti studi segnalano la probabile presenza di una faglia diretta sepolta, comunque non attiva né capace in base ai dati ufficiali del progetto ITHACA, di età tardo pleistocenica, attribuibile al sistema di faglie distensive a direzione nord ovest - sud est chiamato 'Meloria-Bientina'. Tale faglia sepolta borda il settore sud-orientale dei Monti Pisani causando la depressione tettonica compresa tra i monti stessi e il rilievo delle Cerbaie (Cantini ed al., 2000).

I depositi contenuti nella depressione rappresentano il risultato di un processo di sedimentazione, sviluppatosi in epoche geologiche relativamente recenti (Pleistocene–Olocene) legato alla tipica evoluzione paleogeografica ed a quella dei due corsi d'acqua principali (Arno e Serchio) che nel passato si univano ad est dell'attuale abitato di Cascina (il Serchio proveniente dalla valle di Bientina e l'Arno dalla valle omonima).

La successione quaternaria della pianura Pisana è stata suddivisa in n. 3 unità tettonico-stratigrafiche (substrato inferiore, medio e superiore).

Sondaggi profondi eseguiti nella pianura hanno portato alla luce il substrato profondo sul quale è avvenuto il riempimento sedimentario: si tratta del "tetto" delle successioni litologiche pre-mioceniche, costituito dalla porzione basale della Falda Toscana che si immerge sotto la pianura, come si evince dai risultati della perforazione della Società Larderello per conto della Soc. Dalmine nel novembre-dicembre 1958, denominata "Zannone 1" e realizzata a sud di Cascina presso Podere Il Casone (cfr. *Dati di Base: Zannone_1 e Tav. 5, quadrante C*).

I sedimenti che riempiono la depressione tettonica del bacino di Pisa-Viareggio, sono stati suddivisi in due sequenze successive.

La sequenza più profonda, definita substrato intermedio, comprende sedimenti che dal Miocene superiore raggiungono la fine del Pleistocene inferiore (terreni che affiorano sulle Colline dei Monti Livornesi e sui Monti di Casciana Terme). Esso poggia in discordanza sul substrato profondo ed ha alla base un livello di conglomerati sabbiosi che prosegue con un'alternanza di spessi banchi di argille azzurre e sabbie gialle.

La sequenza del substrato superiore è costituita da sedimenti successivi al Pleistocene

inferiore, depositi in presenza di variazioni del livello del mare e di mutazioni del regime dei fiumi, il cui trasporto solido cambiava, in seguito alle variazioni climatiche, sia nella quantità che nella granulometria dei depositi.

Un livello importante per le finalità di questo studio, facente parte del substrato superiore, è costituito dai "*Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina*".

Questa unità è considerata un livello guida stratigrafico e idrogeologico per la pianura pisana e si estende con continuità nell'area cascianese alla profondità di circa 40-50 m sotto il livello del mare.

La carta delle isobate del tetto di tale formazione evidenzia che tale orizzonte si immerge da Calcinaia (profondità circa 40 m) fino all'attuale linea di costa (profondità oltre cento metri); tuttavia questo non è semplicemente un piano degradante verso il mare ma rivela la presenza di importanti canalizzazioni legate ad antichi corsi fluviali (*Fancelli et Alii, 1986*).

Il substrato profondo, che costituisce un 'bedrock' dal punto di vista sismico, non affiora nel territorio comunale, e come sopra detto, è stato rinvenuto solamente in corrispondenza della perforazione denominata "Zannone_1", realizzata a sud di Cascina presso Podere Il Casone, ed indirettamente in corrispondenza del profilo ESAC2 effettuato a Cascina per lo studio di Microzonazione, che riporta un evidente aumento di velocità delle Vs alla profondità di circa 100 metri, raggiungendo valori di un bedrock sismico, superiori a 1.000 m/s (*cf. Allegato 1: Indagine Geofisica*).

Il substrato è presente in affioramento a nord di Cascina e dell'Arno, in corrispondenza dei rilievi dei Monti Pisani, nell'area da San Giovanni alla Vena a Uliveto Terme.

4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Gli effetti locali prodotti da eventi sismici assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Il Comune di Cascina è stato dichiarato sismico con Decreto Ministeriale 19 marzo 1982 e classificato in seconda categoria con grado di sismicità $s = 9$.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 ha inserito il Comune di Cascina in zona 2, caratterizzata da valori dell'accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra 0.15 e 0.25 g.

Con la Delibera della Giunta Regionale n. 431 del 19 giugno 2006 concernente la riclassificazione sismica del territorio regionale in attuazione del Decreto Ministeriale 14 settembre 2005 e dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, il Comune di Cascina è passato da zona 2 a zona 3s; tuttavia con tale passaggio di zona non era stato modificato il livello di sicurezza e protezione e le costruzioni dovevano essere progettate e

realizzate con le azioni sismiche della zona 2.

Secondo la nuova mappa di aggiornamento della classificazione sismica regionale, ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 22 ottobre 2012, n. 58/R *"Regolamento di attuazione dell'articolo 117, comma 2, lettera g) della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica."*, il territorio comunale è stato confermato in zona 3, caratterizzata da valori dell'accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra 0.05 e 0.15 g.

Ai fini della suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista sismico, secondo la normativa vigente (Regolamento 53/R) risulta necessaria l'acquisizione di tutte le indagini in modo tale da definire un Modello geologico di sottosuolo sul quale effettuare gli approfondimenti necessari e finalizzati alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

Il Comune di Cascina non rientra nel Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana, pertanto non è stato possibile acquisire dati e conoscenze da tale progetto.

5. DATI DI BASE

Ai fini dell'aggiornamento delle indagini geognostiche effettuate sul territorio comunale, in funzione della ricostruzione dettagliata del Modello geologico di sottosuolo e della stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), è stata realizzata una approfondita ricerca bibliografica ed in rete.

In particolare sono stati consultati:

- Archivi comunali ed Indagini geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale;
- Portale del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA), in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Consultazione degli archivi della Regione Toscana, in particolare della Banca Dati del sottosuolo e della Banca Dati Geotermia (LaMMA), della Banca Dati indagini geotematiche (BDIG) e della Banca Dati stratigrafica della Toscana (SIRA);
- Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Pisa.

In totale sono stati raccolti i dati relativi a n.864 indagini geognostiche.

Le indagini geognostiche sono costituite variamente da sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, prove penetrometriche, sia statiche che dinamiche che con punta elettrica, in minor misura analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche con varie metodologie, pozzi per acqua e per idrocarburi.

Le indagini sono state svolte su tutto il territorio comunale, maggiormente in corrispondenza

dei centri abitati.

Le indagini specifiche per la Microzonazione Sismica sono state invece svolte in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Cascina di concerto con l'autorità competente, secondo le specifiche tecniche di cui al §1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL e secondo i criteri definiti al §3.4.2 degli ICMS.

In particolare queste si compongono di:

- n. 41 misure di sismica passiva con tecnica a 'stazione singola' (HVSr) (*Tavv.5: sigla "T" dalla n.1 alla n.41*);
- n. 2 misure di sismica passiva acquisite con *array* bidimensionali elaborati in modalità ESAC (*Tavv.5: sigla "E1" e "E2"*);
- n. 8 misure di sismica attiva acquisite con *array* monodimensionale e tecnica MASW (*Tavv.5: sigla "M" dalla n.1 al n.8*).

Ai fini delle elaborazioni per la stesura delle MOPS, a queste indagini geofisiche si aggiungono n.3 misure passive ed alcune MASW ricavate dall'archivio comunale, identificati con le sigle "DBT" e "M" nei Dati di Base (*CD allegato*), che sono concordi con i risultati di quelle effettuate per questo studio.

Per le metodologie di indagine ed i risultati completi relativi alle indagini geofisiche si rimanda per completezza all'allegato 1 del presente elaborato (*cfr. All.1: Indagine geofisica di sismica passiva HVSr-ESAC e sismica attiva MASW - Microzonazione Sismica*).

Ai fini dell'analisi e dello studio per la stesura delle MOPS non sono state prese in considerazione le prove penetrometriche dinamiche leggere (se non erano le sole indagini esistenti in un limitato areale) e le stratigrafie di sondaggi o pozzi di dubbia attendibilità. Oltre al reperimento dei dati di base all'interno del territorio comunale sono state effettuate correlazioni con indagini in zone di territorio adiacenti.

La raccolta organica e ragionata dei dati ha permesso, oltre alla loro catalogazione, di effettuare opportune correlazioni al fine di individuare caratteristiche comuni da mettere in evidenza nella stesura delle MOPS.

6. CARTA DELLE INDAGINI

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nelle *Tavv. 5, quadranti A-B-C-D (Carta delle indagini, dati di base e indagini geofisiche)*, realizzate sia in formato cartaceo che digitale (GIS) in scala 1:10.000. I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 2.0beta-II, Giugno 2012 e versione 3.0, Ottobre 2013).

I dati sono identificati univocamente con un numero o una sigla progressivi cui corrisponde la scheda disponibile nei *'Dati di Base'* (CD allegato). La Carta delle Indagini rappresenta quella prevista nell'ambito del vigente 53/R e degli studi di Microzonazione Sismica.

La Carta delle Indagini è stata inoltre utilizzata per la verifica di qualità prevista dalla procedura semiquantitativa di cui all'Appendice 3 delle Specifiche Tecniche Regionali per la Microzonazione Sismica.

7. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

Dalle indagini specifiche di natura geofisica per lo studio di Microzonazione Sismica è stata realizzata, in corrispondenza principalmente dei centri abitati, la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, in scala 1:10.000. Tale elaborato riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr), con i relativi valori della frequenza fondamentale (f_0) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali (A_0).

Per le metodologie di indagine ed i risultati completi relativi alle indagini geofisiche si rimanda per completezza all'Indagine geofisica riportata in allegato 1.

La campagna di misure strumentali è stata realizzata in corrispondenza dei centri abitati significativi individuati e distribuita in maniera uniforme, tenendo conto della distribuzione delle altre indagini pregresse disponibili e delle condizioni litostratigrafiche del sito.

La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza, secondo la legenda tipo riportata nell'Appendice 3 dell'Allegato A della Deliberazione 25 novembre 2013 n. 971 L.R. 58/2009 – *OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A – Studi di microzonazione sismica. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica*; ad uno stesso punto di misura sono stati talvolta associati più cerchi a seconda del numero di picchi fondamentali individuati.

Lo scopo di tale indagine è stato quello di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza.

Inoltre l'elaborazione dei risultati ottenuti ha fornito indicazioni e conferme ai fini della ricostruzione del Modello geologico di sottosuolo per la stesura delle MOPS, con particolare riferimento al confronto tra lo spessore delle coperture stimate e le frequenze fondamentali (*Albarelli et al.*, 2010).

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali di vibrazione di un deposito.

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione denominata frequenza fondamentale di risonanza, che dipende dallo spessore H della copertura e dalla velocità media

delle Vs della stessa secondo la relazione:

$$v = V_s/4H$$

L'interpretazione delle misure eseguite consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza fra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e le variazioni litologiche presenti nel sottosuolo.

L'interpretazione delle misure H/V deve essere sempre tarata sulla base di indagini dirette, che consentano una correlazione con la stratigrafia di sottosuolo.

Come emerge dai risultati ottenuti le misure sismiche realizzate, sia HVSR che ESAC, rispecchiano in generale l'assetto geologico di sottosuolo.

Infatti tra le misure effettuate si individuano due gruppi di frequenze ricorrenti: basse frequenze comprese in un range da circa 0.3 hz a circa 0.9 hz, e frequenze leggermente più alte intorno a 1.2 hz.

La frequenza più bassa intorno agli 0.3-0.4 hz indica il contrasto di impedenza più profondo rappresentato da un substrato rigido a profondità rilevanti di centinaia di metri.

Tale situazione è confermata dal profilo ESAC1 realizzato a Titignano il cui modello si attesta su velocità Vs superiori a 500 m/s alla profondità di circa 180 m, ma non raggiunge velocità da 'bedrock sismico'.

Le frequenze tendono ad assumere valori più elevati spostandosi da ovest-sud ovest verso nord est, fino a valori compresi fra 0.6 e 0.9 hz, che indicano la risalita progressiva del substrato avvicinandosi alla dorsale dei Monti Pisani, dunque verso l'Arno e l'abitato di Cascina.

Il substrato si mantiene comunque a profondità superiori a 60 metri, anche nelle zone più prossime alla dorsale, ove si sviluppano le porzioni settentrionali degli abitati di Cascina e San Frediano a Settimo (Zona 1 e Zona 2 della Tav.9 Carta delle MOPS), come si evince dalle frequenze risultanti dalle misure H/V effettuate in tali zone e dalle stratigrafie studiate facenti parte dei dati di base raccolte in formato digitale su un CD allegato al presente studio.

Tale ricostruzione è ulteriormente confermata dai risultati del profilo ESAC2 effettuato a Cascina, che riporta un evidente salto netto di velocità delle vs alla profondità di circa 100 metri, raggiungendo valori di un bedrock sismico, superiori a 1.000 m/s, riferibile al substrato calcareo affiorante in corrispondenza dei rilievi dei Monti Pisani.

Anche nelle zone più prossime alla dorsale (Zona 1 e Zona 2 delle Tavv.9 Carta delle MOPS), come per il resto del territorio comunale, la profondità del substrato e lo spessore delle coperture escludono comunque la situazione di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra la copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, che implicherebbe l'attribuzione di una pericolosità sismica locale elevata (S.3).

La frequenza intorno ad 1.0-1.3 hz evidenzia invece presumibilmente i contrasti di

impedenza con il livello ghiaioso diffuso riscontrato su tutta l'area indagata, riferibile ai *Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina*, che si estende con continuità nell'area cascianese alla profondità di circa 40-50 m sotto il livello del mare (*Tav. 7.1 Sezioni rappresentative*: Sezione D-D'). Tali frequenze collimano con il modello stratigrafico emerso dai dati geognostici acquisiti.

Lo studio delle frequenze fondamentali dei depositi può fornire anche indicazioni di supporto ingegneristico per la progettazione e la salvaguardia dell'edificio.

Infatti la frequenza caratteristica di risonanza del sito rappresenta un parametro fondamentale per un corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale; confrontando infatti la frequenza naturale del terreno con la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio è possibile capire se, in caso di sisma, la struttura possa essere a rischio o meno.

Qualora venga riscontrata la condizione per cui la frequenza di risonanza di un edificio sia pari o analoga alla frequenza naturale del terreno sottostante, può verificarsi una situazione potenzialmente pericolosa, conosciuta come fenomeno della 'doppia risonanza', per il quale si ha la massima amplificazione in caso di sisma, con aumento considerevole delle sollecitazioni sull'edificio.

Da un punto di vista empirico la frequenza di risonanza di un edificio dipende principalmente dalla sua altezza e può essere quindi approssimativamente calcolata con la formula (*cfr. es. Pratt*):

$$\text{frequenza di risonanza edificio} = 10\text{Hz} / \text{Numero di piani}$$

La misurazione diretta HVSr fornisce dati precisi ed attendibili sulle frequenze di vibrazione.

Ai sensi della normativa vigente (§7.3.3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), si riportano valutazioni in merito, nel caso di un'analisi lineare statica, ovvero una analisi lineare dinamica semplificata in cui non si effettua l'analisi dinamica della costruzione per determinare i modi di vibrare 'naturali' della stessa, e si ipotizza un modo di vibrare principale caratterizzato da un periodo T_1 calcolato in maniera approssimata e da spostamenti linearmente crescenti con l'altezza dal piano di fondazione, ai quali corrisponde la distribuzione di forze statiche da applicare alla costruzione.

Per costruzioni civili e industriali che non superino 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza, T_1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, con la formula seguente:

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

dove H è l'altezza della costruzione in metri dal piano di fondazione e C_1 è un coefficiente funzione al tipo di struttura.

Valutazioni di questo tipo consentono una progettazione tenendo conto anche delle frequenze di vibrazione. In prima approssimazione, dai risultati della campagna geofisica, si evince che nel territorio comunale indagato le frequenze sono comprese nel range da 0.3 a 1.2 hz circa, che potrebbero dar luogo ad amplificazioni sugli edifici nel caso questi abbiano altezze significativamente elevate (maggiori di 25-30 metri).

8. CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Sulla base di una accurata revisione a scala di dettaglio delle cartografie già redatte, in particolare di quelle geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, è stata elaborata e redatta la Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000, quale carta di sintesi ed elaborato propedeutico alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La Carta geologico-tecnica è stata realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS), utilizzando la simbologia prevista dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 3.0, Ottobre 2013).

Nell'ambito di tale revisione è stata posta particolare attenzione alla mappatura dei depositi di copertura, alla ricostruzione dettagliata delle variazioni litologiche e di spessore all'interno di questi, alla presenza di aree instabili ed all'individuazione del substrato.

Sono stati indicati gli elementi puntuali geologici ed idrogeologici, l'indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o meno da sondaggi o pozzi, nonché la profondità della falda.

Per quanto riguarda gli elementi lineari sono riportati gli assi di paleoalveo.

Alcuni elementi, quali le scarpate, in prevalenza di origine fluviale o antropica (cave), e le frane puntuali (*'cedimenti scarpate fluviali'*), riportate nelle Tavv. 2 - *Carta geomorfologica* non sono stati riportati in questa carta e, conseguentemente nelle successive di microzonazione per i seguenti motivi: le scarpate perché non raggiungono altezze rilevanti ai fini di questo studio, le frane puntuali sia perché di modesta entità, sia perché si tratta di fenomeni locali di instabilità la cui genesi ed evoluzione è principalmente legata alla dinamica fluviale.

Le aree potenzialmente liquefacibili sono riportate nella Carta Litotecnica (Tavv. 6, *quadranti A-B-C*).

Il substrato profondo, che costituisce un 'bedrock' dal punto di vista sismico, non affiora nel territorio comunale, ed è stato rinvenuto solamente in corrispondenza della perforazione denominata "Zannone_1" e realizzata a sud di Cascina presso Podere Il Casone (*Zannone_1 evidenziata in Tav. 5 quadrante C*), ed indirettamente in corrispondenza del profilo ESAC2 effettuato a Cascina per lo studio di Microzonazione, che riporta un evidente aumento di velocità delle vs alla profondità di circa 100 metri, raggiungendo valori di un bedrock sismico, superiori a

1.000 m/s (cfr. All. 1: Indagine geofisica).

Gli spessori delle successioni dei depositi di copertura del substrato sono superiori a 60-100 m nella porzione nord orientale del territorio, più vicina ai Monti Pisani, mentre assumono spessori considerevoli, fino ad alcune centinaia di metri, allontanandosi dalla dorsale verso ovest, sud ovest.

Per quanto riguarda i terreni di copertura, questi sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale che li ha originati.

Sono stati dunque distinti i seguenti gruppi, secondo la classificazione proposta dalle Specifiche Tecniche Regionali:

Sabbie e limi di Vicarello (SM)

Comprendono terreni con stato di addensamento medio costituiti da materiale prevalentemente granulare parzialmente cementato; sono prevalentemente costituiti da sabbie medio-fini, sabbie limose e limi sabbiosi; ove le litologie limose sono prevalenti queste sono mediamente consistenti. Sono presenti come affioramenti sparsi esclusivamente nella porzione meridionale del territorio.

Depositi alluvionali (MH)

Comprendono terreni da scarsamente a moderatamente consistenti costituiti da materiale prevalentemente limoso sabbioso, in subordine argilloso limoso; la frazione sabbiosa è comunque presente. Sono presenti nella porzione centrale del territorio.

Depositi alluvionali (ML)

Comprendono terreni moderatamente consistenti costituiti da materiale prevalentemente limoso argilloso con lenti ed intercalazioni sabbiose. Sono depositi alluvionali caratteristici delle zone limitrofe ai meandri dell'Arno.

Depositi alluvionali (CL)

Comprendono terreni da moderatamente consistenti a consistenti costituiti da materiale prevalentemente limoso argilloso e argilloso. Sono presenti nelle porzioni sud occidentali e sud orientali del territorio.

Depositi palustri (PT)

Comprendono terreni da poco consistenti a privi di consistenza costituiti da materiale prevalentemente argilloso e limoso argilloso con presenza di torba.

9. EFFETTI LOCALI E DI SITO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO - CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Relativamente agli aspetti sismici le indagini geologico-tecniche hanno previsto la

realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5, finalizzato ad evidenziare gli elementi prioritari per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico e scaturito nella realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

In relazione alla riduzione del rischio sismico gli elementi evidenziati per la valutazione degli effetti locali e di sito, sono stati quelli ritenuti utili alle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica riferite alla realizzazione o verifica dell'edificio. A tal fine, oltre all'acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, sono stati acquisiti elementi per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti (mediante la raccolta delle indagini che costituiscono la Carta delle Indagini), sia in termini di parametrizzazione dinamica principalmente in relazione a misure dirette delle Vsh e di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dell'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici, le microzone ove possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

In particolare nella valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico è stata posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- ricostruzione del Modello geologico-tecnico dell'area;
- individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido, accompagnata da una stima approssimativa della profondità ed una stima del contrasto di impedenza sismica atteso;
- individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte;
- presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
- contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

L'elaborazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) è stata realizzata solo sui centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Cascina di concerto con l'autorità competente e rappresentati dalle aree urbanizzate estese principalmente nella porzione settentrionale del territorio comunale, per una fascia sviluppata prevalentemente in direzione est ovest, che comprende il centro urbano del capoluogo e le frazioni che si sviluppano lungo la SR 67.

La carta è stata redatta sia in formato cartaceo che vettoriale (GIS), tenendo conto delle indicazioni fornite negli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, nelle Specifiche Tecniche Regionali e nel rispetto degli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 2.0beta –II, Giugno 2012 e versione 3.0, Ottobre 2013).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua e caratterizza:

1. Zone stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base.
2. Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.
3. Zone di Attenzione per le instabilità: zone suscettibili di riattivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

Come già detto in precedenza il substrato profondo non affiora nel territorio comunale, ma è stato rinvenuto solamente in una perforazione (Zannone 1) ed indirettamente nel profilo sismico ESAC2 (Tav. 5, quadrante B); è presente in affioramento a nord di Cascina e dell'Arno, in corrispondenza dei rilievi dei Monti Pisani, nell'area da San Giovanni alla Vena a Uliveto Terme. Dunque non sono perimetrabili zone stabili.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

All'interno di questa classe sono state raggruppate tutte le zone caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali, suddivisi in base alle differenze litologico-tecniche ed agli spessori, ai fini di un possibile effetto di amplificazione sismica locale.

Per ogni zona è stata redatta una colonna stratigrafica e sono descritte in legenda le litologie prevalenti. In presenza di lenti ed intercalazioni litologiche si è riportato nella colonna stratigrafica lo spessore indicativo desunto dalle indagini.

Le colonne stratigrafiche tipo mostrano una successione di terreni semplificata, rappresentativa di una vasta area e quindi, per sua natura, non rappresentativa di un sito specifico.

Per la realizzazione delle colonne, importante risorsa hanno rappresentato le stratigrafie delle perforazioni sia a distruzione di nucleo che a carotaggio continuo, le quali raggiungono profondità significative dal punto di vista sismico e forniscono di per sé una informazione semplificata sulla stratigrafia del sito. Tali dati hanno rappresentato quindi il punto di partenza sia per l'elaborazione e la realizzazione delle sezioni geolitologiche, che per la stesura delle colonne stratigrafiche rappresentative.

Come si evince dalle colonne stratigrafiche riportate in legenda si nota l'approfondimento del substrato a partire dalla Zona 1, Zona 2, poi Zona 3 e Zona 4 delle Tavv. 9 - *quadranti A e B*, più prossime alla dorsale dei Monti Pisani (ove si sviluppano le porzioni settentrionali degli abitati di Cascina e San Frediano a Settimo), proseguendo verso ovest.

Come emerge dai risultati ottenuti le misure sismiche realizzate per questo studio, sia HVSR che ESAC, rispecchiano in generale l'assetto geologico di sottosuolo.

Le frequenze risultanti dalle misure H/V tendono ad assumere valori più elevati spostandosi da ovest-sud ovest verso nord est, da valori intorno a 0.3 hz fino a valori compresi fra 0.6 e 0.9 hz, indicando la risalita progressiva del substrato avvicinandosi alla dorsale dei Monti Pisani, dunque verso l'Arno e l'abitato di Cascina.

Tale ricostruzione è ulteriormente confermata dai risultati del profilo ESAC2 effettuato a Cascina, che riporta un evidente salto netto di velocità delle vs alla profondità di circa 100 metri, raggiungendo valori di un bedrock sismico, superiori a 1.000 m/s, riferibile al substrato calcareo affiorante in corrispondenza dei rilievi dei Monti Pisani.

La frequenza più bassa intorno agli 0.3-0.4 hz indica invece il contrasto di impedenza più profondo rappresentato da un substrato rigido a profondità rilevanti di centinaia di metri.

Tale situazione è confermata dal profilo ESAC1 realizzato a Titignano il cui modello si attesta su velocità vs superiori a 500 m/s alla profondità di circa 180 m, ma non raggiunge velocità da 'bedrock sismico'.

Anche nelle zone più prossime alla dorsale (Zona 1 e Zona 2 della Tav. 9 *quadrante B*), come per il resto del territorio comunale, la profondità del substrato e lo spessore delle coperture escludono comunque la situazione di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra la copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, che implicherebbe l'attribuzione di un pericolosità sismica locale elevata (**S.3**).

Dalle sezioni litostratigrafiche rappresentative del Modello del sottosuolo (*cfr. Tav. 7.1*), in particolare dalla sezione D-D', che attraversa la porzione settentrionale dell'intero territorio da ovest a est, e la sezione E-E', si evidenzia la presenza del livello sabbioso ghiaioso diffuso su tutta l'area indagata: tale livello è riferibile ai *Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina*, che si estende con continuità nell'area cascianese alla profondità di circa 40-50 m sotto il livello del mare.

La frequenza riscontrata intorno ad 1.0-1.3 hz evidenzia presumibilmente i contrasti di impedenza in corrispondenza di questo livello ghiaioso.

Zone di Attenzione per le Instabilità

Sono state individuate le zone corrispondenti a quelle 'instabili', che sono rappresentate dalle seguenti zone:

- zone caratterizzate dalla presenza di terreni con scadenti caratteristiche geotecniche, scarsamente consolidati, connessi alle dinamiche dei corsi d'acqua ed ai modellamenti

antropici (argini, depositi di golena, bonifica per colmata, terreni in area di ex discariche), che potrebbero dar luogo a cedimenti diffusi e differenziali. Tali zone sono solitamente limitate alle aree adiacenti ai principali corsi d'acqua, quali l'Arno e il canale Scolmatore in cui sono presenti depositi di golena e/o terreni mobilitati nel corso delle escavazioni del canale.

- zone potenzialmente suscettibili di liquefazione, perimetrate nella Carta Litotecnica (Tavv. 6, *quadranti A-B-C*), caratterizzate dalla presenza di litologie descritte come livelli sabbiosi in maniera univoca ed inequivocabile, superficiali e sotto falda.

Alcuni elementi, quali le scarpate, in prevalenza di origine fluviale o antropica (cave), e le frane puntuali (*'cedimenti scarpate fluviali'*), riportate nella *'Tav. 2 - Carta geomorfologica'* non sono stati riportati fra le zone di attenzione per le instabilità per i motivi seguenti: le scarpate perché non raggiungono altezze rilevanti ai fini di questo studio, le frane puntuali sia perché di modesta entità, sia perché si tratta di fenomeni locali di instabilità la cui genesi ed evoluzione è principalmente legata alla dinamica fluviale.

Particolare attenzione va posta alle zone potenzialmente suscettibili di liquefazione, inserite nelle zone instabili ed alle quali è stata attribuita una pericolosità sismica locale elevata (**S.3**) nella Carta della pericolosità sismica (Tavv. 12, *quadranti A-B*), data la zona sismica di appartenenza del territorio comunale.

Ai sensi della normativa vigente (§7.11.3.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), si intende con tale termine *"...quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate."* ed una opportuna verifica prevede il controllo dell'esistenza delle condizioni predisponenti il fenomeno, quali la magnitudo attesa, l'accelerazione massima in superficie e la presenza di *'sabbie monogranulari sature scarsamente addensate'*.

Nella Carta Litotecnica (Tavv. 6, *quadranti A-B-C*) sono riportate delle aree in corrispondenza delle quali si ritiene potenzialmente possibile il fenomeno della liquefazione, per fattori legati alla litologia, essendo in presenza di terreni a granulometria fine, con lenti ed intercalazioni sabbiose superficiali aventi spessori di una certa entità ed una certa continuità laterale, ed in presenza di falda idrica superficiale.

Tali aree sono state revisionate in funzione delle indicazioni fornite dai tecnici in fase di istruttoria (modifica sulla base della richiesta di integrazioni da parte dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Livorno-Lucca-Pisa -comunicazione al Comune di Cascina tramite PEC n.13073/2014 del 26/05/2014), utilizzando come criterio generale quello di individuare in maniera univoca ed inequivocabile livelli sabbiosi superficiali sotto falda; in precedenza queste aree

comprendevano, in misura cautelativa, anche livelli di sabbie limose o alternanze di limi sabbiosi e argille con intercalazioni sabbiose, desunte da descrizioni stratigrafiche e prove penetrometriche, ma in assenza di campioni che ne determinassero l'esatta composizione granulometrica; sono state quindi inserite nelle aree potenzialmente liquefacibili soltanto quelle caratterizzate da litologie univocamente descritte come 'sabbie', rimandando ad approfondimenti puntuali in fase esecutiva.

Tuttavia tali zone, pur essendo state inserite in maniera cautelativa nelle cartografie di microzonazione e, conseguentemente, in pericolosità sismica locale elevata (S.3), si configurano come una situazione '*border line*', in quanto non sussiste o, almeno, in parte, una delle condizioni predisponenti il fenomeno della liquefazione stessa, ovvero il sisma.

Per consentire una prima valutazione sulle problematiche di liquefazione sono state prese in esame le valutazioni contenute nel *Rapporto conclusivo (bozza aprile 2004) per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*; in questo studio viene definita una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, e per ognuna delle singole zone sismogenetiche viene valutata la magnitudo massima attesa secondo varie metodologie.

Il territorio comunale rientra nella zona denominata 'Versilia-Chianti' (916), al limite meridionale con la sottostante zona 'Etruria' (921) della zonazione sismogenetica suddetta, per la quale è riportato per eventi sismici attesi un valore di magnitudo M pari a 5.68 (colonna 8 – M_w Max1 – Tabella 6 del Rapporto conclusivo).

La zona 916 coincide con il settore in distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti *et al.* (2000) ed è caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati, come dimostrano i terremoti storici riportati, che raggiungono magnitudo inferiori per la maggior parte o di poco superiori a 5.

Considerando invece le Mappe di Pericolosità Sismica elaborate dall'INGV (fig.1), disponibili ed interattive sul sito, ed effettuando l'analisi mediante il grafico di disaggregazione del valore di $ag(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, si ottengono valori di magnitudo M medi sempre inferiori a 5 (circa 4.780) ed il contributo percentuale alla pericolosità per magnitudo attese superiori a 5 è intorno al 10%.

Da tali elaborazioni si evince anche il valore stimato dell'accelerazione massima attesa al sito, compresa nel territorio fra 0.100 e 0.125 g.

Anche nell'incertezza dovuta alle diverse metodologie, i risultati indicano fattori sismogenetici scatenanti il fenomeno della liquefazione al limite della soglia indicata dalla normativa vigente.

Di seguito si riporta la descrizione delle aree perimetrate come potenzialmente liquefacibili (modificata sulla base della richiesta di integrazioni da parte dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Livorno-Lucca-Pisa -comunicazione al Comune di Cascina tramite PEC n.13073/2014

del 26/05/2014) nella Carta Litotecnica (Tavv. 6, quadranti A-B-C) partendo da est (Cascina) verso ovest nel territorio comunale.

Nella zona in corrispondenza dell'abitato di Cascina si evince, sia dalle stratigrafie dei sondaggi e pozzi che dalle correlazioni litologiche effettuabili per le prove penetrometriche, la presenza di una zona caratterizzata in generale da alternanze di limi sabbiosi, sabbie limose, argille con intercalazioni sabbiose; tale zona era stata precedentemente individuata come 'potenzialmente liquefacibile', in maniera cautelativa, non essendo possibile distinguere con certezza dalle suddette ricostruzioni litostratigrafiche livelli di sabbie franche monogranulari rispetto all'alternanza di sabbie limose, limi sabbiosi, come descritto.

Dalla revisione dei dati di base e dall'individuazione di quelli che indicano effettivamente ed inequivocabilmente la presenza di livelli sabbiosi fini, franchi, monogranulari (sempre nell'incertezza dovuta alle descrizioni riportate vista l'assenza, nella maggior parte dei casi, di campioni) la zona precedentemente perimetrata si riduce all'areale circoscritto alle seguenti indagini:

- Indagini n. 501-502 (sabbie fini miste a limo: profondità 2-14 metri)
- Indagini n. 581-582 (sabbie fini: profondità 5-6 metri, 12-13 metri; limi sabbiosi: 2-5 metri)

Invece, per quanto riguarda le altre indagini (in particolare le indagini n. 610, 613 e 614, 568 e le prove penetrometriche limitrofe) prevalgono le litologie argillose con intercalazioni limoso sabbiose e sabbie limose con intercalazioni argillose, quindi da escludere dalle aree potenzialmente liquefacibili secondo il criterio generale seguito Nella sezione generale (D-D', Tavola 7.1) per l'intera zona è comunque indicata la presenza di livelli più o meno sabbiosi indicati con la dicitura 'argille con intercalazioni sabbiose'.

Verso ovest – sud ovest, nella zona di San Martino – Spazzavento, sono state divise le due zone corrispondenti rispettivamente alle indagini n. 490-491-492 e 707-708 non avendo nella porzione intermedia indagini sufficienti; in entrambe le zone sono evidenziati livelli di sabbie fini e sabbie sciolte a varie profondità (0-3.5 metri; 3.8-6 metri; 7.5-10 metri; oltre 14 metri).

A nord ovest, nella zona di San Frediano a Settimo, sono state distinte le due zone corrispondenti rispettivamente alle indagini n. 221-222-223 e 333, in quanto presentano caratteristiche notevolmente diverse:

- Indagini n. 221-222-223 (sabbie con sabbie limose: profondità 4.5-7.5 metri)
- Indagini n. 333 (sabbia: profondità 0-1.5 metri)

Nella fattispecie dell'indagine n. 333, essendo lo spessore di sabbie molto superficiale, sovrastante a litologie limoso argillose più fini, la condizione sotto falda potrebbe verificarsi nella stagione invernale (livelli di falda misurati circa 0.5-0.7 metri dal piano campagna), ma non nella stagione estiva (livelli di falda misurati circa 1.5-2.0 metri dal piano campagna); l'areale è stato comunque inserito nelle zone potenzialmente liquefacibili, rimandando alla verifica delle suddette

condizioni idrogeologiche in sede di progettazione esecutiva.

Ancora ad ovest, nella zona di San Prospero - San Lorenzo a Pagnatico, sono presenti sabbie fini in maniera omogenea in corrispondenza delle indagini n. 419-420-421-422 (profondità 6-8 metri, 7-9 metri). Invece in corrispondenza delle indagini n. 417-418, dalle correlazioni litologiche con le prove penetrometriche, sono presenti a profondità superficiali sabbie (0-2 metri) e sabbie limose (2-5 metri).

Verso ovest, nella zona di C.Breschi – Cimitero Navacchio, sono presenti sabbie fini monogranulari in corrispondenza delle indagini n. 247-248-249 (profondità 2-4 metri) e sabbie nelle indagini n. 359 (profondità 2.5-4.5 metri) e n. 364 (profondità 6-20 metri). Invece in corrispondenza delle indagini n. 253-254-255 sono presenti sabbie limose (profondità 1.5-3 metri): in questo caso le litologie sabbioso-limose sono state inserite nelle aree potenzialmente liquefacibili, a discapito del criterio generale, ed unito l'areale alle precedenti indagini per la presenza di un paleoalveo (Tavole 6, quadrante A).

Nella zona di Visignano è presente un livello di sabbia fine nell'indagine n. 243 (profondità 6-7 metri) sovrastato da argille sabbiose.

Poco più ad ovest, a nord della Ferrovia Firenze-Pisa (Fosso del Nugolaio di Stecchi) è segnalata la presenza di sabbie per notevole spessore in corrispondenza dell'indagine n. 133 (profondità: 1-24 metri sabbia; 24-34 metri sabbia e limi), riscontrabile anche superficialmente nelle indagini n. 137-138 (profondità: 1-5/6 metri).

In corrispondenza dell'ansa del Fiume Arno, a nord di San Iacopo – Contrada Le Pastine, in corrispondenza dell'indagine n. 84 sono descritte sabbie di notevole spessore (profondità 7-15 metri). Invece in corrispondenza delle indagini n. 89-90bis sono presenti sabbie superficiali (profondità 0-1.5 metri): anche in questo caso l'areale è stato inserito nelle zone potenzialmente liquefacibili, rimandando alla verifica delle condizioni idrogeologiche 'sotto falda' in sede di progettazione esecutiva.

In corrispondenza di Badia San Savino – I Piastroni sono presenti sabbie limose (profondità 4-6 metri) nelle indagini n. 81-82-83, che sono state inserite nonostante la litologia sabbioso limosa per la presenza di un paleoalveo (Tavola 6, quadrante A). Infine in zona Pettori sono presenti sabbie e sabbie sciolte in corrispondenza delle indagini n. 56-57 (profondità 4-6.5 metri). Le due zone sono state distinte sia per l'assenza di sufficienti dati di base nella porzione intermedia che per la differenza litologica.

Deve essere inoltre specificato che le ricostruzioni del modello litostratigrafico di sottosuolo effettuate per questo studio si sono basate principalmente su dati litostratigrafici desunti da sondaggi e pozzi, o da correlazioni derivanti da prove penetrometriche, privi nella maggior parte dei casi di analisi e prove di laboratorio, tali da non poter attribuire con certezza la descrizione litologica all'interno del fuso granulometrico delle sabbie monogranulari. Dall'analisi di tali

stratigrafie si evince inoltre la presenza diffusa di una frazione fine, anche all'interno delle zone caratterizzate dalla prevalenza di sabbie, o di livelli e alternanze sabbiose intercalate ad argille o limi (come nella zona di Cascina), per le quali dovrà comunque essere posta particolare attenzione all'eventualità che si verifichi il fenomeno.

Pertanto anche l'aspetto litologico necessita di approfondimenti locali, con opportune indagini geognostiche che accertino puntualmente le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni presenti, non disponibili in questa fase di pianificazione.

Le zone potenzialmente liquefacibili sono riportate nella Carta Litotecnica (Tavv. 6, quadranti A-B-C), nella Carta delle MOPS come Zone di Attenzione per le instabilità (Tavola 9, quadranti A-B) e nella Carta della pericolosità sismica (Tavola 12, quadranti A-B) in pericolosità sismica locale elevata (S.3).

Considerato quanto sopra esposto, sia per quanto riguarda gli aspetti litologici che quelli sismogenetici, si è proceduto inoltre, per il principio della cautela, a prescrivere specifici approfondimenti geotecnici nelle aree di nuova previsione e adeguate indagini geognostiche a livello di intervento diretto come previsto dalla normativa vigente, che accertino la presenza localizzata delle suddette problematiche. (vedi specifiche schede di fattibilità):

In relazione alle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica elevata (S.3) per possibili fenomeni di liquefazione, in fase di studi geologici e geotecnici si dovranno eseguire le verifiche per la liquefazione ai sensi dell'art. 7.11.3.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14 Gennaio 2008). Tali verifiche dovranno essere condotte sulla base di adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate sia ad una puntuale ricostruzione litostratigrafica ed idrogeologica, nonché delle caratteristiche geotecniche e del grado di addensamento dei terreni, sia al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Tra i metodi utilizzabili per la verifica del potenziale di liquefazione deve essere adottato quello più cautelativo, dopo aver applicato più procedure per ottenere una valutazione attendibile, descrivendone e motivandone la scelta di tutti i parametri di input (magnitudo, accelerazione, profondità della falda, litologia ...).

Infine, come previsto dalla normativa vigente:

“Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità dei manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali”

Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03, n.3274)
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Savoia	901		5.79	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+2(d)	6.14
Vallese	902		6.10	6.14	6.14		6.14		6.14
Grigioni-Valtellina	903		5.79	5.68	5.22	+3(b)	5.91	+4(d)	6.14
Trieste -Monte Nevoso	904		5.71	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.4	6.66	6.60	6.60		6.60		6.60
Garda-Veronese	906	6.2	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Bergamasco	907	5.9	5.67	5.68	5.68	G	5.91	+2(d)	6.14
Piemonte	908		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Alpi Occidentali	909		5.54	5.45	5.45	+1(a)	5.68	+3(d)	6.14
Nizza-Sanremo	910	6.3	6.29	6.37	6.37		6.37		6.37
Tortona-Bobbio	911		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Garfagnana-Mugello	915	6.4	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Versilia-Chianti	916		5.52	5.45	5.45	+1(c)	5.68	+3(d)	6.14
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37
Val di Chiana-Ciociaria	920		5.57	5.68	5.45	+1(b)	5.68	+3(d)	6.14
Etruria	921		5.91	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Colli Albani	922		5.53	5.45	5.45		5.45		5.45
Appennino Abruzzese	923	6.7	6.99	7.06	7.06		7.06		7.06
Molise-Gargano	924	6.7	6.73	6.83	6.83		6.83		6.83
Ofanto	925		6.72	6.83	6.83		6.83		6.83
Basento	926	5.8	5.84	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	6.8	6.96	7.06	7.06		7.06		7.06
Ischia-Vesuvio	928		5.78	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+1(a)	5.91
Calabria Tirrenica	929	7.0	7.24	7.29	7.29		7.29		7.29
Calabria Ionica	930	6.0	6.60	6.60	6.60		6.60		6.60
Canale d'Otranto	931		6.90	6.83	6.83		6.83		6.83
Eolie-Patti	932	6.1	6.06	6.14	6.14		6.14		6.14
Sicilia settentrionale	933		5.89	5.91	5.91	+1(c)	6.14	+1(c)	6.14
Belice	934		6.12	6.14	6.14		6.14		6.14
Iblei	935		7.41	7.29	7.29		7.29		7.29
Etna	936		5.30	5.22	5.22	+1(a)	5.45	+1(a)	5.45

Tabella 6. Valori di Mwmax da DISS2 e CPTI2 (col.3, 4, 5); valori di Mwmax dopo l'applicazione degli intervalli di completezza CO-04.2 (col.6); azioni e valore finale di Mwmax1 (col.7, 8); azioni e valori finali di Mwmax2 (col.9, 10). Le azioni indicano l'aumento (in numero di classi) rispetto ai valori della colonna 6 determinato da:

- a = aumento di 1 classe per convenzione (i) (arrotondamento alla classe superiore);
- b = aumento per convenzione (ii) (adozione dell'evento massimo osservato anche se al di fuori del periodo di completezza);
- c = aumento per motivazioni particolari descritte nel testo;
- d = aumento fino alla classe 6.14 per ragioni di maggiore cautela (vedi testo);
- G = aumento per adeguamento al dato geologico di DISS2.

Rapporto conclusivo (bozza, parte 2), aprile 2004

38

Figura 1 – Tabella dei valori di MWmax dal Rapporto conclusivo dell'INGV (bozza aprile 2004).

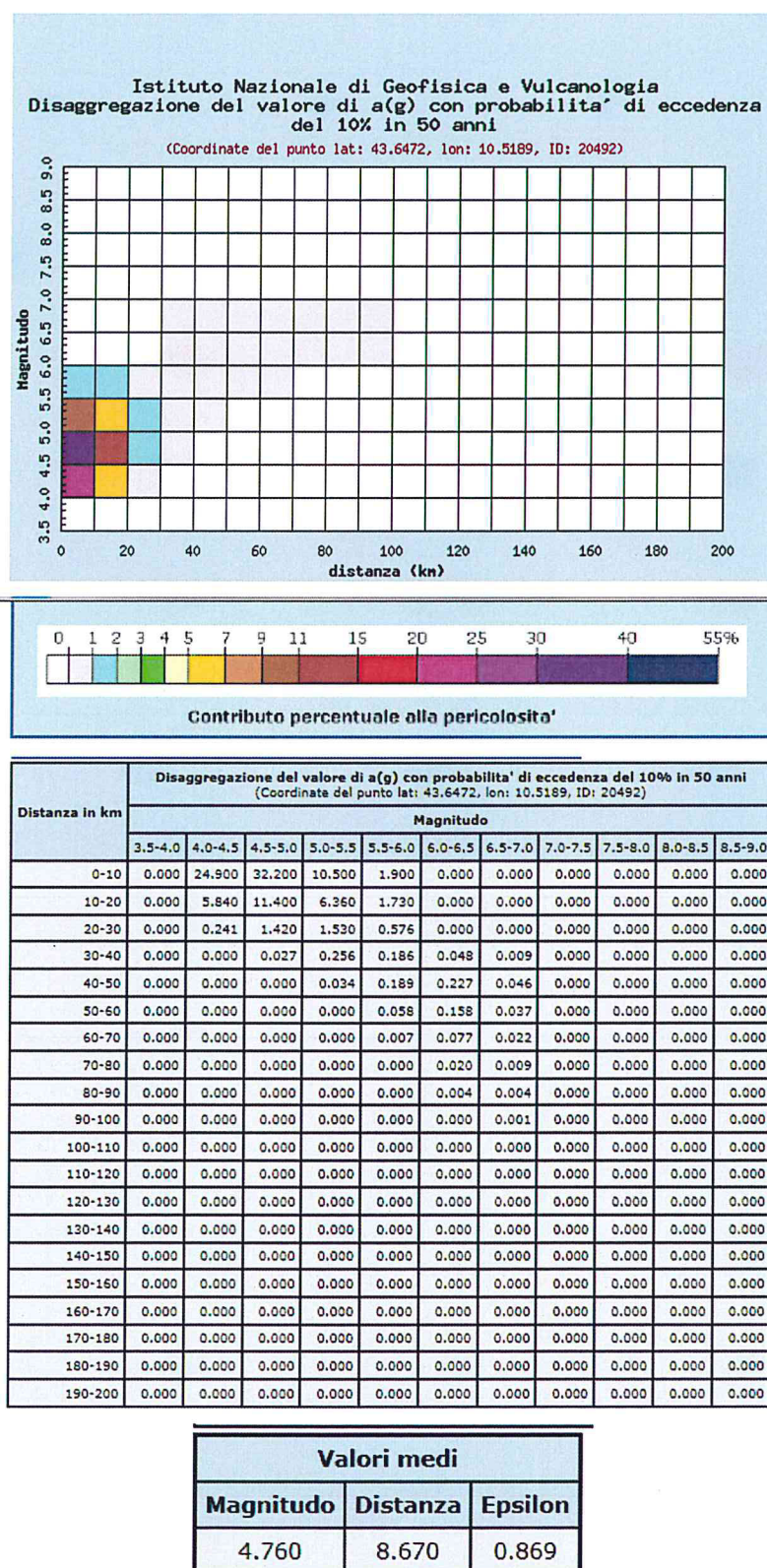


Figura 2 - Esempio di elaborazione con il Grafico di disaggregazione delle Mappe interattive di Pericolosit  Sismica dell'INGV.

Di seguito vengono riportate le colonne stratigrafiche rappresentative costituenti parte integrante delle Tavole 9, quadranti A e B. Le sezioni rappresentative del modello di sottosuolo sono riportate nella Tav. 7.1 (scala orizzontale 1:10.000 e scala verticale 1:1.000) e la traccia di sezione nella Tavole 7, quadranti A, B, C e D.

Si riportano inoltre alcune Sezioni idrogeologiche ricavate dall' *Indagine Idrogeologica di GAIA Territorio e Ambiente per ACQUE S.p.A., Luglio 2004*, a scopi idropotabili, limitatamente al territorio del Comune di Cascina nella zona di Zambra (scala orizzontale 1:10.000, scala verticale 1:1.000), che confermano quanto descritto in precedenza (figg. 3-4-5).

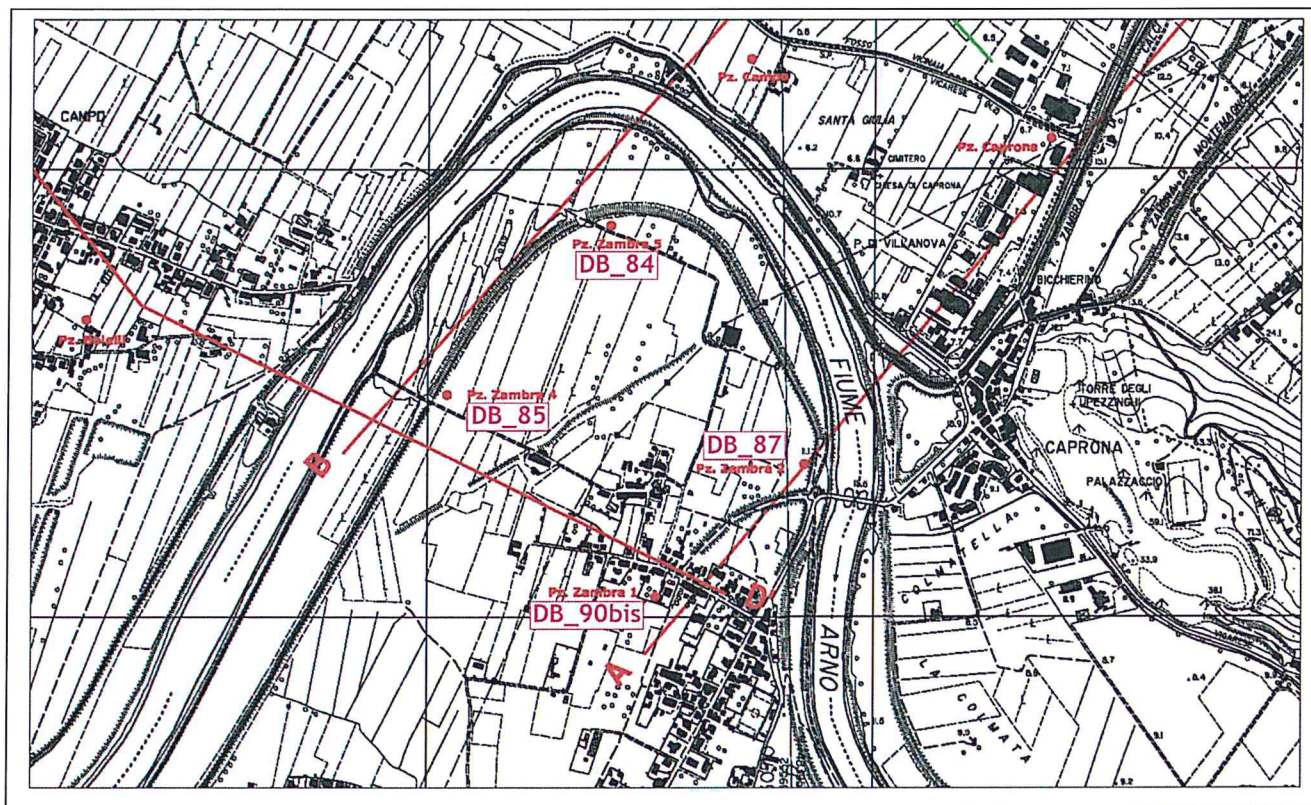


Figura 3 – Inquadramento con ubicazione dei pozzi e traccia delle sezioni idrogeologiche, su estratto della Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000. In rosa è indicato il numero d'indagine corrispondente nei Dati di Base

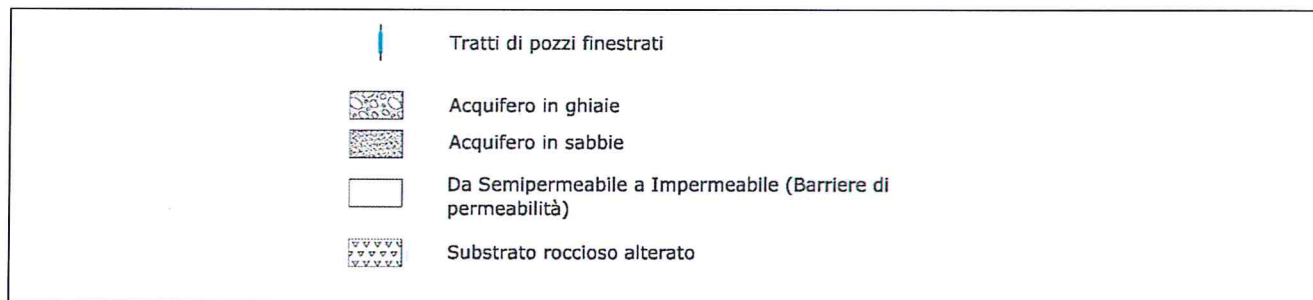


Figura 4 – Legenda delle sezioni idrogeologiche
- Indagine Idrogeologica di GAIA Territorio e Ambiente per ACQUE S.p.A., Luglio 2004 -

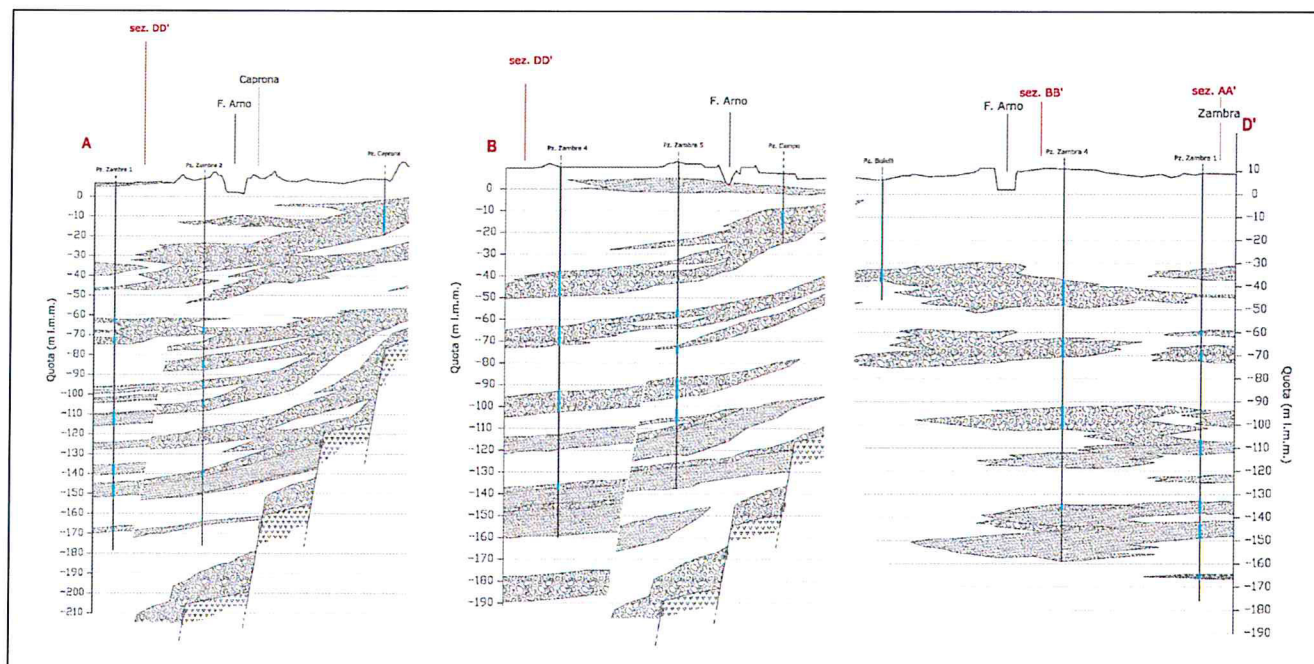


Figura 5 – Sezioni idrogeologiche nel tratto di interesse, limitatamente al territorio del Comune di Cascina (scale originarie: orizzontale 1:10.000, scala verticale 1:1.000)
- Indagine Idrogeologica di GAIA Territorio e Ambiente per ACQUE S.p.A., Luglio 2004 -

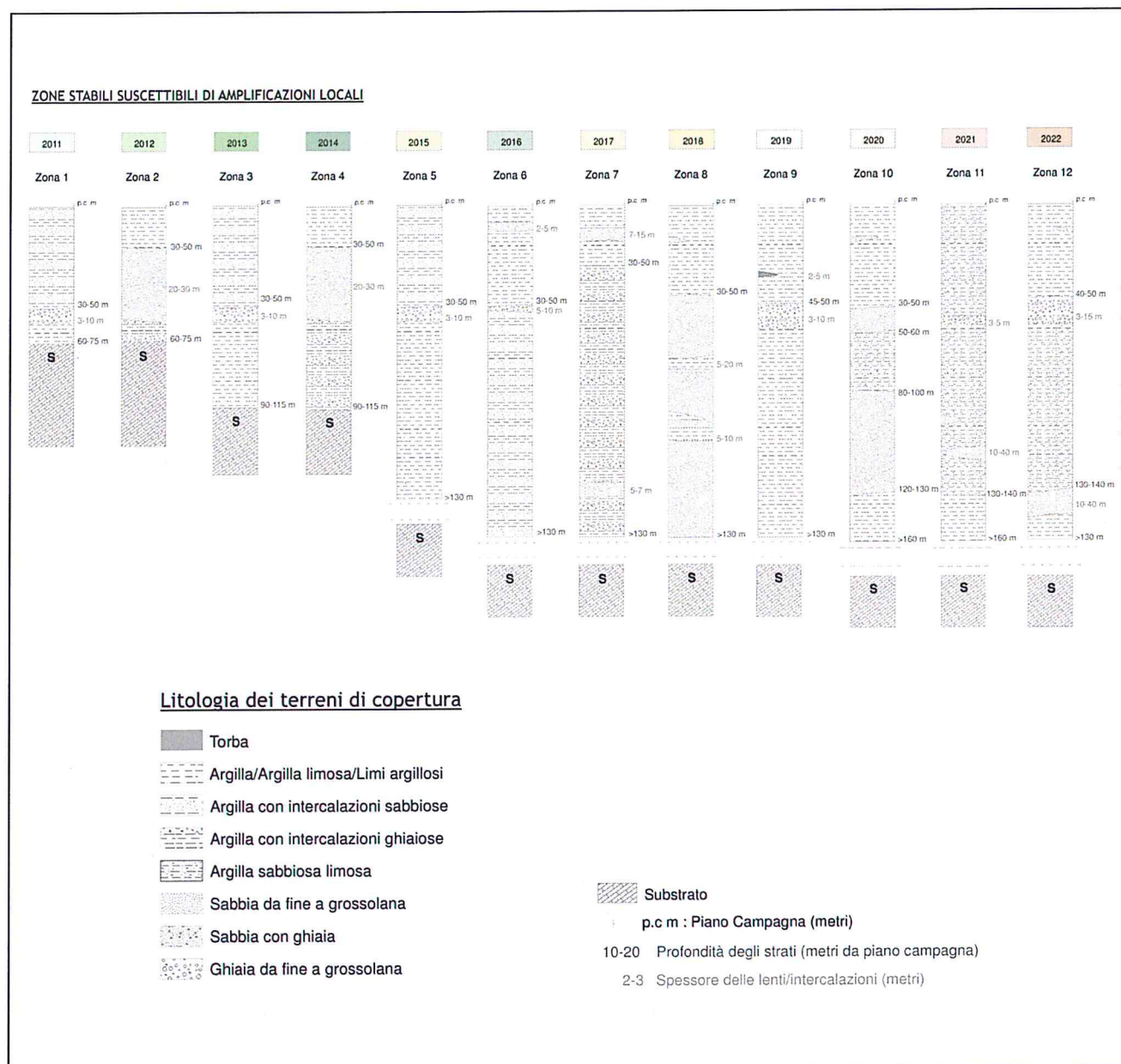


Figura 6 – Colonne stratigrafiche rappresentative.

10. PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO1

La procedura con cui si è valutato, in via semiquantitativa, la qualità della Carta di sintesi MOPS ottenuta è quella indicata dagli ICMS, mediante il foglio di calcolo messo a disposizione on-line dal servizio sismico della regione.

La procedura ha previsto 4 fasi:

1. E' stato costruito un reticolato di celle quadrate orientate N-S e E-W, con lato di 250 m, sulle aree indagate;
2. E' stata compilata la tabella che prevede 6 parametri ai quali viene assegnato un peso;
3. Si è applicata la formula (sommatoria) indicata per determinare il Fattore di qualità FQ;
4. Si è associata al Fattore di qualità la corrispondente Classe di qualità.

Di seguito si riporta la scheda di valutazione. Il risultato finale, sia per la zona corrispondente alla Tavola A, che per quella della Tavola B, è pari a circa 63%, corrispondente ad una qualità B, per la quale *"Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri"*.

Il punteggio ottenuto risente ovviamente del fatto di non riscontrare, per l'intero territorio comunale, il bedrock sismico rigido a profondità tali (oltre alcune centinaia di metri) da poter essere raggiunto con le indagini geognostiche necessarie.

Per il motivo sopra menzionato, la carta non migliorerebbe la qualità anche incrementando i punti di indagini o agendo su qualcuno dei parametri, considerata anche l'omogeneità del territorio per grandi estensioni.

FOGLIO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA DEL LIVELLO DI MICROZONAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE

a	Parametro	4			
Inserire il valore <i>scelto</i> nelle celle colorate in viola					
b	Carta Geologica tecnica	1	anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	um. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,66	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	um. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,33	0,33	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	0,33
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatori (punteggi)	Media (Σ Mi)	Alta (T)
Carta geologica tecnica (1)	0,33	Altra rilevamento	No data	< 2000	> 2000
	0,33	Progetto	No data	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
Sondaggi a distruzione (0,5)	0,33	Scala rilevamento	No data	50.000-25.000	25.000-10.000
	0,33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato roccioso	No data	1-5	6-10
	0,33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%
Indagini geofisiche (0,5)	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato roccioso	No data	1-5	6-10
	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da indagini geofisiche	No data	1-33%	34-66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0,25)	0,33	Numero di prove	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da prove geotecniche	No data	1-33%	34-66%
Misure delle frequenze del sito (0,75)	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Classe di affidabilità misure (tabella al punto 1)	No data	Classe A > 33%	Classe A > 66%

* D. Albraccio, C. Leri, V. Babilio, F. Giamberini, L. Landolfi, F. Pini, D. Pignatelli, L.M. Piccini - Il contributo della sismica passiva nella ricostruzione di due massime abbazie. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali	CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
b	0,99	24,8	A	> 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
c	0,27	6,8	B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
d	0,22	5,4	C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
e	0,27	6,8	D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione
f	0,17	4,1			
g	0,58	14,4			
h	62,4	62,4	Classe B		



Tavola 9A

FOGLIO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA DEL LIVELLO DI MICROZONAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE

a	Parametro	4			
Inserire il valore <i>sala</i> nelle celle colorate in viola					
b	Carta Geologica tecnica	1	anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	um. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	um. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		0,66	0,33	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	0,33
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	0
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0,33	1
	<i>Pesi indicatori</i>		0,33	0,33	0,33

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore (0,33)	Indicatore	Valutazione indicatori (sondaggi)	Media (2,56)	Alta (1)
			Nulla (0)	Bassa (2,23)	Alta (1)
Carta geologica tecnica (1)	0,33	Progetto	No data	Altro	Ad hoc
	0,33	Scala rilevamento	No data	10.000-25.000	25.000-111.000
	0,33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato roccioso	No data	1-5	6-10
	0,33	Numero di sondaggi a carotaggio continuo	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio continuo	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da indagini geofisiche	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Percentuale indagini che arrivano al substrato roccioso	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Numero di prove	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da prove geotecniche	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Percentuale prove che arrivano al substrato roccioso	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10
	0,33	Percentuale di celle occupate da misure di frequenze	No data	1-33%	34-66%
	0,33	Classe di affidabilità	No data	Classe A + 25%	Classe A

* D. Alboresi, E. Cosi, V. Fabbri, F. Gecchi, E. Lencioni, L. Perinetti, D. Pignatelli, L. M. Piccini - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di aree metropolitane. In: Quaderni del Gruppo di Studio per la Sismica, n. 1, 1998.

a	25	punteggi parziali	CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
b	0,99	24,8	A	75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
c	0,22	5,5	B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
d	0,33	8,2	C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
e	0,27	6,8	D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione
f	0,17	4,1			
g	0,58	14,4			
to	63,8	63,8	Classe B		


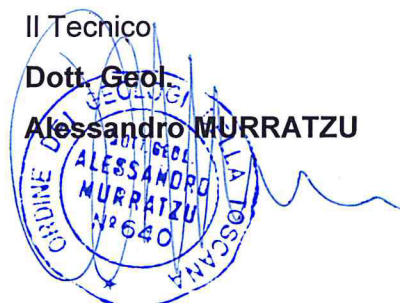
REGIONE TOSCANA


Tavola 9B

Certaldo, Dicembre 2014

Il Tecnico
Dott. Geol.
Alessandro MURRATZU



ALLEGATO 1:

*INDAGINE GEOFISICA DI SISMICA PASSIVA HVSR-ESAC E SISMICA ATTIVA MASW
MICROZONAZIONE SISMICA*

**INDAGINE GEOFISICA DI
SISMICA PASSIVA HVSR- ESAC E SISMICA
ATTIVA MASW
MICROZONAZIONE SISMICA**

Ubicazione: Comune di Cascina (PI)

**Loc. Cascina, Visignano, Zambra, San Lorenzo alle Corti,
Titignano, San Frediano a Settimo, Pettori, Latignano,
Musigliano, San Casciano, Navacchio, Casciavola**

Poggibonsi, Dicembre 2013

PREMESSA

Nel mese di Dicembre 2013, su incarico dello Studio di Ingegneria Hydrogeo, è stata svolta una campagna di indagine sismica, estesa al territorio comunale di Cascina (PI), nell'ambito di un progetto di studio di microzonazione sismica di primo livello. La campagna, ha previsto la realizzazione di 41 misure di sismica passiva con tecnica a "stazione singola", 2 misure di sismica passiva acquisite con array bidimensionali elaborati in modalità ESAC, 8 misura di sismica attiva acquisita con array monodimensionale e tecnica MASW.

Le misure sono state distribuite nei principali centri abitati del Comune, Cascina, Visignano, Zambra, San Lorenzo alle Corti, Titignano, San Frediano a Settimo, Pettori, Latignano, Musigliano, San Casciano, Navacchio, Casciavola ed ubicate secondo lo schema successivamente riportato.

Di seguito vengono esposte le basi teoriche della metodologia adottata, le specifiche tecniche dello strumento utilizzato ed infine i risultati ottenuti.

INTRODUZIONE

L'andamento delle velocità di propagazione delle onde di taglio nel primo sottosuolo (profilo delle Vs) rappresenta in generale un'informazione importante ai fini della caratterizzazione meccanica (in campo dinamico) dei terreni. In particolare essa risulta fondamentale negli studi della risposta sismica locale. A seguito di un terremoto, si ha spesso modo di osservare come la distribuzione dei danni sul territorio sia assai eterogenea a parità di vulnerabilità dell'edificato. Le condizioni geologico-tecniche degli strati più superficiali, nonché le caratteristiche geomorfologiche possono concorrere, infatti, ad accrescere localmente lo scuotimento indotto da un terremoto. Per un'efficace azione di prevenzione, in materia di rischio sismico, è necessario tener conto non solo, quindi, della zonazione sismica nazionale, ma anche di eventuali sfavorevoli condizioni locali, a scala intra-comunale.

Particolarmente rilevanti sono i cosiddetti effetti di amplificazione di sito, ossia l'insieme delle variazioni in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, rispetto ad una formazione rocciosa di base, subisce attraversando gli strati sovrastanti, fino alla superficie. Tali effetti sono causati, essenzialmente, da un processo di intrappolamento e risonanza dell'energia del terremoto all'interno di un volume di sottosuolo costituito da materiali sedimentari a bassa impedenza sismica (IS : prodotto della velocità di propagazione dell'onda per la densità del mezzo attraversato) e posto sopra ad un dominio con più alta IS , per esempio un substrato roccioso o un suolo particolarmente rigido. Durante la propagazione dalla sorgente al sito, il raggio sismico, per via del fenomeno della rifrazione, subisce un processo di verticalizzazione e tende ad emergere

lungo una direzione sub-verticale. Le onde compressionali (P), dunque, sollecitano all'incirca verticalmente l'edificato, tuttavia è la sollecitazione orizzontale, dovuta alle onde trasversali (S), la causa principale del danneggiamento per le costruzioni. Gli edifici e le opere architettoniche in genere sono collaudate per resistere a forti carichi statici ma quasi mai viene valutata la risposta della costruzione a carichi dinamici orizzontali. Da quanto detto si deduce che studiare le modalità di propagazione ed amplificazione delle onde trasversali o di taglio (S) nel sottosuolo vuol dire prevedere, a basso costo, le sollecitazioni che una struttura dovrà sopportare durante il verificarsi di un probabile evento sismico. Tra le metodologie che consentono di ricavare il profilo Vs del sottosuolo stanno suscitando particolare interesse quelle definite di tipo "passivo" ovvero basate sullo studio della continua vibrazione del suolo dovuta a cause sia antropiche che naturali (Vibrazioni Ambientali). Tali tecniche consentono di misurare le velocità di propagazione delle onde sismiche già presenti nel terreno per effetto di sorgenti naturali (p.es. il vento e le mareggiate) o antropiche (p.es. il traffico cittadino e l'attività industriale). A parità di caratteristiche degli stendimenti e dei sensori, le metodologie di tipo "passivo" raggiungono profondità di esplorazione di gran lunga superiori a qualsiasi altra tecnica sismica. Le più comuni tecniche "attive", infatti, (quali la rifrazione e la riflessione) non sono in grado di indagare spessori di terreno superiori a qualche decina di metri. Quanto detto dipende dal fatto che, questa tipologia di indagini, registra le velocità di propagazione dei segnali generati artificialmente da sorgenti controllate a bassa energia (colpo di martello per esempio) che non garantiscono una penetrazione delle onde nel sottosuolo tale da giustificare profondità d'esplorazione superiori a quelle precedentemente indicate.

Al contrario le metodologie "passive", sfruttando sorgenti energeticamente importanti (si pensi alle onde marine), oltre ad essere caratterizzate da profondità di esplorazione dell'ordine delle centinaia di metri, sono particolarmente adatte ad essere applicate in aree urbane, poiché sfruttando quella porzione di segnale che gli altri metodi geofisici scartano, difficilmente soffrono per un basso rapporto tra segnale e rumore. Se da un lato, quindi, le tecniche "passive" dimostrano numerosi vantaggi applicativi, d'altro canto il fatto che le sorgenti non siano note e controllate comporta una inferiore precisione delle misure che si traduce in notevoli ambiguità in fase di elaborazione dati. Le registrazioni di Vibrazioni Ambientali sono caratterizzate spesso da forti incertezze e si dimostrano efficaci nel momento in cui si parte almeno da una sommaria conoscenza delle litologie in esame che permetta di scartare i risultati più improbabili. In quest'ottica, tuttavia questi metodi sono applicazioni molto potenti poiché consentono di caratterizzare in tempi brevi e costi relativamente contenuti, non solo grandi spessori di sottosuolo ma anche estese aree in pianta. Di seguito vengono

esposti i principi teorici delle due principali tecniche di acquisizione dati di Vibrazioni Ambientali (Antenna Sismica e HVSR).

PRINCIPI TEORICI DELLE TECNICHE ADOTTATE

Misure su “Antenna Sismica” (ESAC)

La metodologia consiste nel valutare i tempi di arrivo delle diverse onde sismiche a un insieme di sensori (geofoni) posti alla superficie del terreno. Questi sensori possono essere distribuiti secondo geometrie variabili fino a coprire distanze dell'ordine delle decine di metri (antenna sismica). Il segnale registrato, dovuto alle Vibrazioni Ambientali, risulta un insieme articolato di fasi sismiche dove tuttavia le onde superficiali (S_w) rappresentano la fase energeticamente prevalente e dunque più facilmente analizzabile. Oggetto di studio di tali metodi sono proprio le S_w , dunque, ed in particolare la loro caratteristica propagazione dispersiva in mezzi stratificati.

In termini qualitativi, la dispersione delle onde S_w può essere spiegata come segue. Onde superficiali di diversa frequenza (f) si propagano interessando volumi di terreno fino ad una profondità circa pari alla loro lunghezza d'onda (λ). La velocità di propagazione (v) sarà strettamente dipendente dalle proprietà fisiche degli strati coinvolti. Giacché f e λ sono correlate da una semplice relazione, si ha che onde S_w ad alta frequenza avranno tendenzialmente una minore lunghezza d'onda e si propagheranno nei livelli di terreno più superficiali, viceversa onde a bassa frequenza interesseranno strati più profondi. Ne deriva anche che differenti componenti armoniche delle onde superficiali avranno diverse velocità di propagazione. La funzione che associa la velocità di propagazione alla frequenza è detta curva di dispersione; essa è univocamente correlata alla struttura meccanico-stratigrafica del sito e può essere ricavata attraverso differenti metodologie di elaborazione dei dati acquisiti in campagna (ESAC, FK, HR) [Ohori et al., 2002]. La figura 1 mostra un esempio di antenna sismica mentre viene acquisita e una curva tipica di dispersione.



Dispersion curve

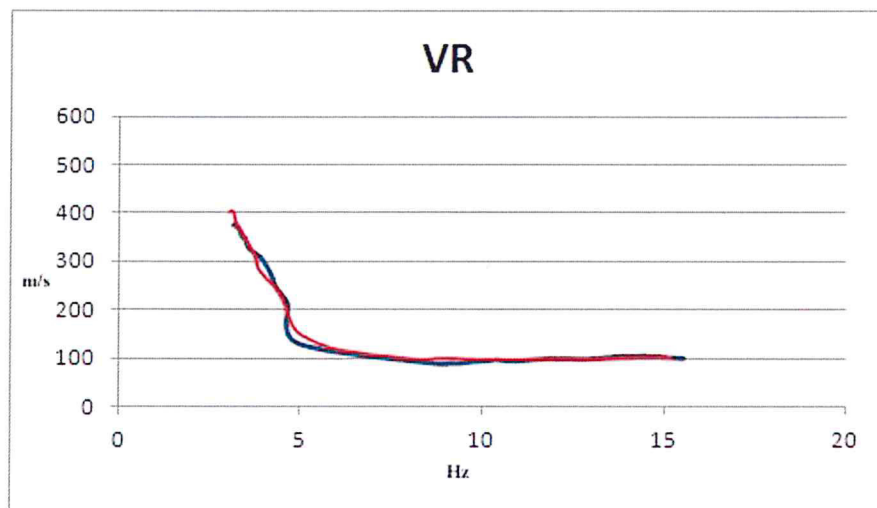


Figura 1: Esempio di misura realizzata con la tecnica dell'antenna sismica. Nella foto, si può osservare la disposizione dei sensori nella misura di Titignano; nel grafico il match tra la curva sperimentale (blu) e la curva teorica (rossa) ricavata con il processo di inversione.

Considerando che le onde superficiali sono essenzialmente un prodotto delle onde di volume ed in particolar modo delle onde trasversali (S), attraverso opportune procedure numeriche, definite di inversione, è possibile infine risalire al profilo di velocità V_s nel sottosuolo partendo dalla curva di dispersione ricavata dai dati acquisiti in campagna. [Pileggi et al., 2011]

Metodologia a “Stazione Singola”(HVSR)

Accanto alle tecniche basate sull'impiego di una antenna sismica esistono altre tecniche basate sull'uso di una singola stazione di misura. In questo caso vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superficie del terreno. In particolare viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero “Horizontal to Vertical Spectral Ratios”) [Bard., 1998] . Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno. In particolare è possibile individuare la frequenza f di questa vibrazione definita di “Risonanza”. Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno e la velocità media delle onde sismiche nel sottosuolo (ricavata per esempio dai metodi con antenna), attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato. In figura 2 viene mostrato un esempio di misura a stazione singola e la curva HVSR corrispondente. Il massimo della curva HVSR indica la frequenza fondamentale di risonanza del sito.

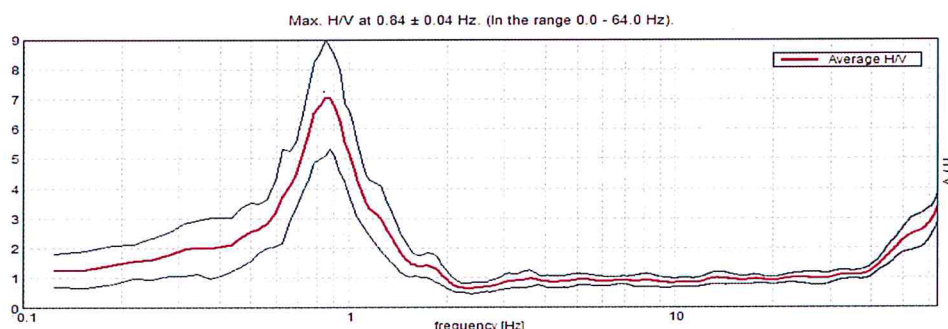


Figura 2: Esempio di misura realizzata con la tecnica a stazione singola. Nella foto, si può osservare il sensore tridirezionale ; e la curva dei rapporti spettrali.

Questa tipologia di misure può contribuire, inoltre, a ridurre la variabilità dovuta alla non unicità della soluzione del problema inverso realizzando una procedura d'inversione congiunta della curva di dispersione ricavata con le antenne sismiche e della curva HVSR [Pileggi et al., 2011].

Metodologia sismica tecnica "MASW"

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un "metodo attivo", le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 4.5 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2.5 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 10Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

Sono state fatte 4 acquisizioni, 2 per ogni lato della linea. Successivamente si è provveduto ad elaborare tutte e 4 le misurazioni valutando la coerenza dei risultati e la loro qualità.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Geode Geometrics
- 24 Geofoni verticali “con $f = 4.5$ Hz
- Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2.5 m
- Distanza sorgente 24° geofono 10 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57.5 m).

CAMPAGNA DI RACCOLTA DATI

Durante il mese di Dicembre 2013 sono state realizzate 43 registrazioni di Vibrazioni Ambientali nel comune di Cascina, in particolare: 12 nell’abitato di Cascina, 5 in loc. Visignano, 2 in loc. Zambra, 2 a S. Lorenzo alle Corti, 4 a Titignano, 7 a S. Frediano a Settimo, 1 a Pettori, 3 a Latignano, 2 a Musigliano, 2 a Navacchio, 1 a Casciavola, 1 a Laiano, 1 in loc. Palmerino.

Di queste 43 misure 41 sono state realizzate con tecnica a “stazione singola” (HVSr) mentre 2 registrazioni sono state realizzate per mezzo di antenne sismiche bidimensionali (ARRAY 2D).

Inoltre sono state realizzate anche 8 indagini attive tipo Masw distribuiti nel territorio comunale.

La Tabella 1 sintetizza il numero di registrazioni effettuate in ognuna delle località in studio, in allegato è mostrata l’ubicazione delle misure.

Località	HVSr	ARRA Y 2D	MASW
Cascina	11	1	1
Visignano	5		2
Zambra	2		
S. Lorenzo C.	2		
Titignano	4	1	
S. Frediano S.	7		3
Pettori	1		
Latignano	3		1
Musigliano	2		1
Navacchio	2		
Casciavola	1		
Laiano	1		
Palmerino	1		
Totale	41	2	8

Tabella 1 : Sintesi delle misure realizzate

Array 2D ●
Masw ●
HVSr ●

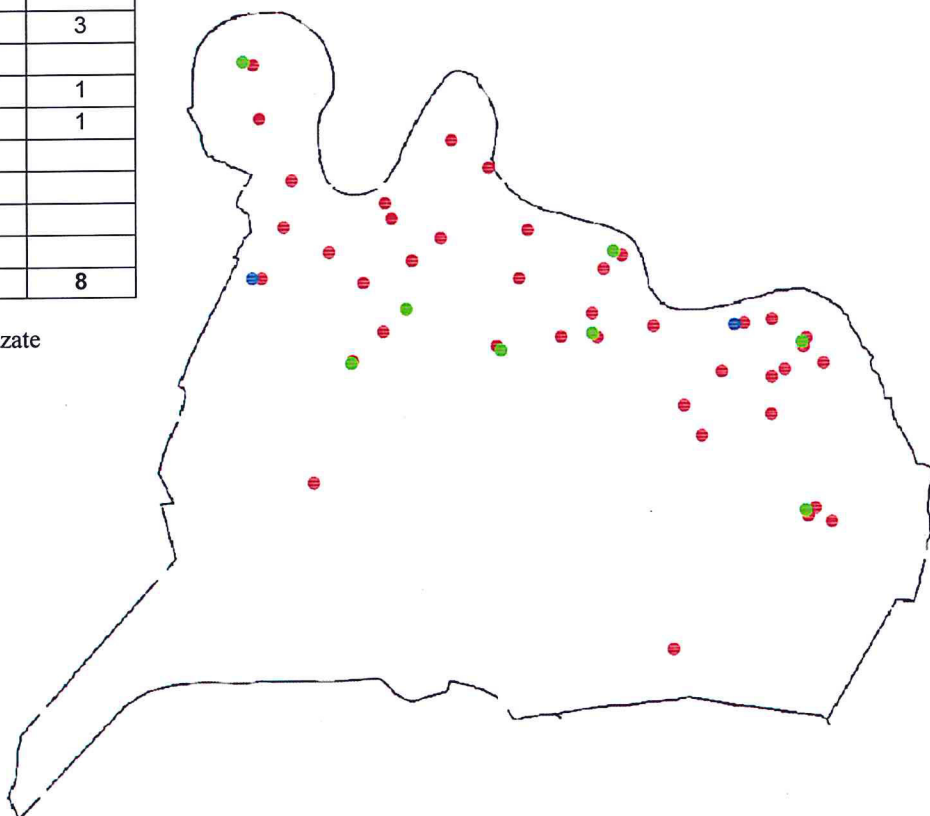


Figura 3: Ubicazione delle misure di sismica. I cerchi in blu rappresentano le registrazioni su antenna (ARRAY 2D) mentre i cerchi rossi quelle a stazione singola (HVSr), quelli verdi sono le indagini MASW.

Per le misure HVSR è stato impiegato un tromografo digitale modello **Tromino zero 3G** (Micromed). I dati di vibrazioni ambientali, acquisiti con questa tecnica d'indagine sono stati successivamente elaborati con il software "**Grilla**" in dotazione al tromografo e catalogati in base ai criteri proposti da Albarello e Mucciarelli pubblicati nel volume "Contributi per l'aggiornamento degli 'Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica'" di supplemento alla rivista "Ingegneria Sismica", nel numero 2 del 2011.

Ogni misura è stata inserita in una delle seguenti 3 classi di appartenenza:

- Classe A: registrazione affidabile ed interpretabile che può essere utilizzata anche da sola
- Classe B: registrazione sospetta da utilizzare con cautela ed in presenza di altre misure ottenute nelle vicinanze
- Classe C: registrazione scadente e di difficile interpretazione

In base ai criteri di classificazione 41 misure su 41 totali sono state ritenute affidabili.

Le 2 registrazioni su antenna sono state realizzate con un sismografo a 24 canali e 24 bit (Geode-Geometrics). Per la ricostruzione delle 2 curve di dispersione è stata utilizzata in fase di elaborazione la metodologia ESAC [Ohori et al., 2002], mentre per la stima dei profili Vs, sono state realizzate una serie di inversioni congiunte (Curva ESAC-HVSR) con misure di H/V realizzate nello stesso sito utilizzando la procedura agli "**algoritmi genetici**".

Ciascuna procedura di inversione ha permesso di identificare un profilo compatibile con le osservazioni di campagna e che meglio soddisfa il match con le curve di dispersione e H/V sperimentali.

TABELLA RIASSUNTIVA MISURE H/V

LOCALITA'	NOME	Fq1(Hz)	A1	Fq2(Hz)	A2	Fq3(Hz)	A3	Fq0(Hz)	CLASSE
Cascina	T01	0.50	4.75	1.43	2.00	flat	flat	0.50	B1
Cascina	T06	0.41	4.59	1.08	2.92	flat	flat	0.41	A1
Cascina	T07	0.44	4.32	1.16	3.04	flat	flat	0.44	A1
Cascina	T08	0.50	5.00	1.13	2.81	flat	flat	0.50	B1
Cascina	T09	0.63	4.65	1.25	2.15	flat	flat	0.63	A1
Cascina	T10	0.88	6.16	flat	flat	flat	flat	0.88	A1
Cascina	T11	0.84	7.07	flat	flat	flat	flat	0.84	A1
Cascina	T12	0.53	4.66	flat	flat	flat	flat	0.53	A1
Cascina	T21	0.72	6.13	flat	flat	40.00	2.00	0.72	A1
Cascina	T22	0.81	5.28	0.38	3.60	36.00	3.00	0.81	A1
Cascina	T38	0.41	4.34	1.13	3.00	flat	flat	0.41	A1
Visignano	T19	0.30	1.93	1.06	3.12	flat	flat	1.06	A1
Visignano	T25	0.31	4.15	1.03	3.26	flat	flat	0.31	A1
Visignano	T32	0.31	2.54	1.15	2.38	flat	flat	0.31	A1
Visignano	T33	0.39	1.98	1.03	4.77	flat	flat	1.03	A1
Visignano	T36	0.38	2.34	1.25	2.64	flat	flat	1.25	A1
Zambra	T29	0.68	3.64	1.25	3.67	flat	flat	1.25	A1
Zambra	T30	0.61	4.00	1.25	4.21	flat	flat	1.25	A1
San Lorenzo alle Corti	T28	0.34	3.34	1.25	3.30	flat	flat	0.34	A1
San Lorenzo alle Corti	T37	0.38	4.28	1.25	3.50	flat	flat	0.38	A1
Titignano	T03	0.28	4.67	2.22	2.28	flat	flat	0.28	A1
Titignano	T18	0.31	2.95	2.00	2.44	flat	flat	0.31	A1
Titignano	T27	0.38	2.82	1.38	2.52	flat	flat	0.38	A1
San Frediano a Settimo	T02	0.44	4.97	1.19	2.41	flat	flat	0.44	A1
San Frediano a Settimo	T13	0.56	4.25	1.13	3.29	flat	flat	0.56	A1
San Frediano a Settimo	T14	0.59	4.00	1.13	2.74	flat	flat	0.59	A1
San Frediano a Settimo	T15	0.38	5.06	1.13	2.74	flat	flat	0.38	A1
San Frediano a Settimo	T23	0.41	4.00	1.11	3.12	flat	flat	0.41	A1
San Frediano a Settimo	T24	0.94	4.84	flat	flat	41.00	2.68	0.94	A1
San Frediano a Settimo	T34	0.41	3.49	1.07	2.93	flat	flat	0.41	A1
Pettori	T17	0.38	3.55	1.20	3.36	flat	flat	0.38	A1
Latignano	T04	0.34	5.27	1.22	2.77	flat	flat	0.34	A1
Latignano	T05	0.34	4.22	1.20	2.95	flat	flat	0.34	A1
Latignano	T40	0.41	3.23	1.09	3.03	flat	flat	0.41	A1
Musigliano	T16	0.38	3.83	1.13	3.39	flat	flat	0.38	A1
Musigliano	T26	0.41	3.67	1.26	2.85	flat	flat	0.41	A1
Navacchio	T20	0.38	4.06	1.26	3.11	flat	flat	0.38	A1
Navacchio	T41	0.38	5.10	1.14	2.60	flat	flat	0.38	A1
Casciavola	T31	0.31	1.96	1.28	3.02	flat	flat	1.28	A1
Laiano	T35	0.50	2.53	0.98	1.87	20.00	1.75	0.50	A1
Palmerino	T39	0.47	1.79	1.09	2.49	flat	flat	1.09	A1

CONCLUSIONI

Nell'ambito del lavoro svolto, è stata indagata la zona Nord del territorio comunale di Cascina, Geologicamente l'area è rappresentata da un complesso di coperture oloceniche con facies sia pelitica che sabbiosa e ghiaiosa, poggianti sulle Formazioni della Falda Toscana.

Le misure sismiche realizzate rispecchiano l'assetto geologico descritto, infatti tra le misure effettuate si individuano due gruppi di frequenze ricorrenti: tra circa 0.3 e 0.8 hz (Fq1), e intorno a 1.2 hz (Fq2). La frequenza più bassa indica il contrasto di impedenza più profondo rappresentato dal substrato geologico che tende a risalire avvicinandosi verso l'Arno e l'abitato di Cascina.

La frequenza intorno ad 1.0-1.5 hz evidenzia l'eterogeneità dei materiali di copertura, probabilmente i contrasti di impedenza con un livello ghiaioso diffuso riscontrato su tutta l'area indagata e posto a profondità dell'ordine di trenta-quaranta metri.

GeoEcho s.n.c.


Bibliografia

Albarelo D. , Mucciarelli M *“Contributi per l'aggiornamento degli ‘Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” “Ingegneria Sismica”, nel numero 2 del 2011.*

Bard P.Y. , *“ Microtremor Measurements: A Tool For Site Effect Estimation?”*, Manuscript for *Proc. of 2nd International Symposium on the Effect of Surface Geology on Seismic Motion*, Yokohama, Japan, 1-3 Dec, 1998.

Ohori M., Nobata A. and Wakamatsu K. , *“A Comparison of ESAC and FK Methods of Estimating Phase Velocity Using Arbitrarily Shaped Microtremor Arrays”*, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 92, No. 6, pp. 2323–2332, August 2002.

Pileggi D., Rossi D., Lunedei E., Albarelo D. , *“Seismic characterization of rigid sites in the ITACA database by ambient vibration monitoring and geological surveys”*, Bulletin of Earthquake Engineering, Volume 9, Number 6, 1839-1854, DOI: 10.1007/s10518-011-9292-0, June 2011

ALLEGATI

Elaborati misure ESAC

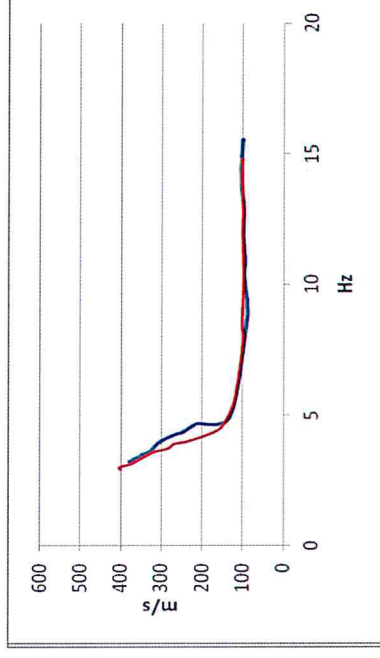
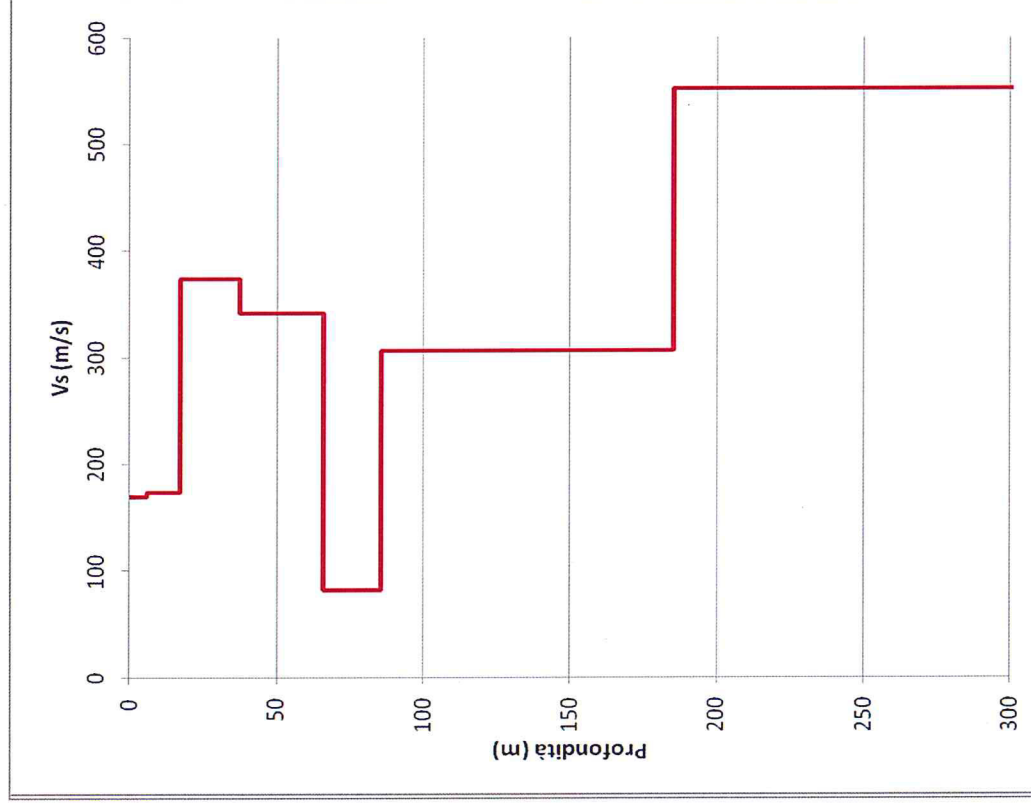
Elaborati MASW

Carte delle Frequenze a scala 1:10000

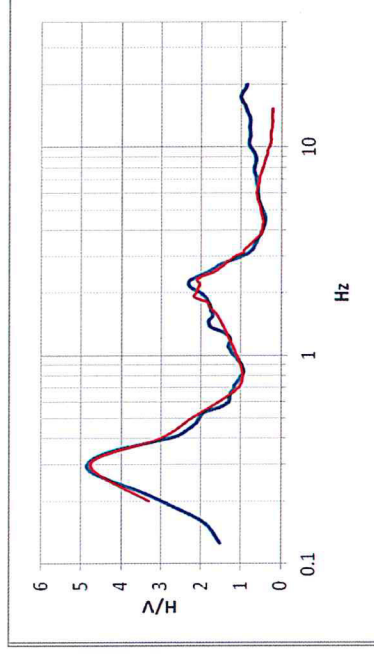
- Cascina 1
- Cascina 2
- Cascina 3
- Cascina 4
- Cascina 5
- Cascina 6
- Cascina 7

Elaborati misure HVSR e ubicazioni scala 1:2000

Profilo di Vs ESAC 1 Titignano



Match curva di dispersione
teorica /sperimentale
Array

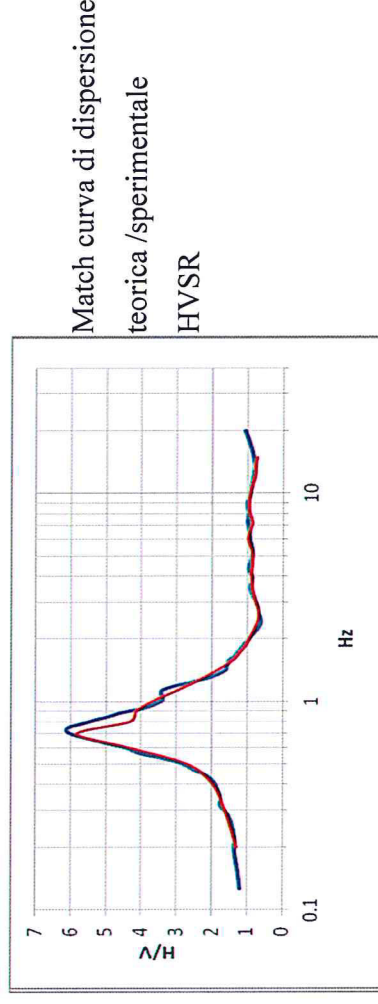
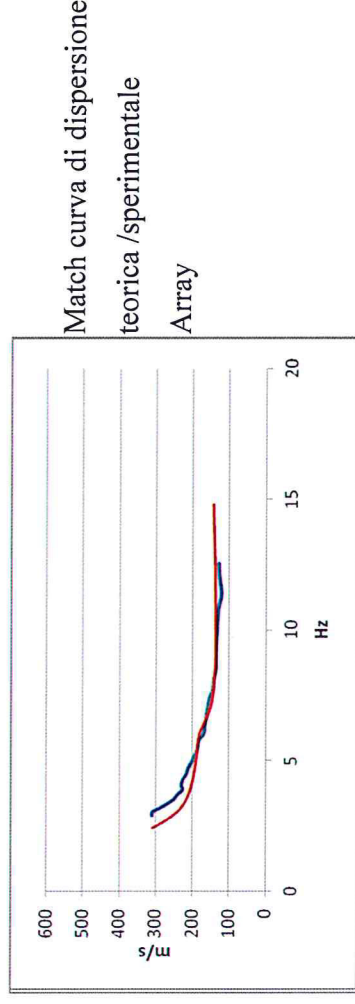
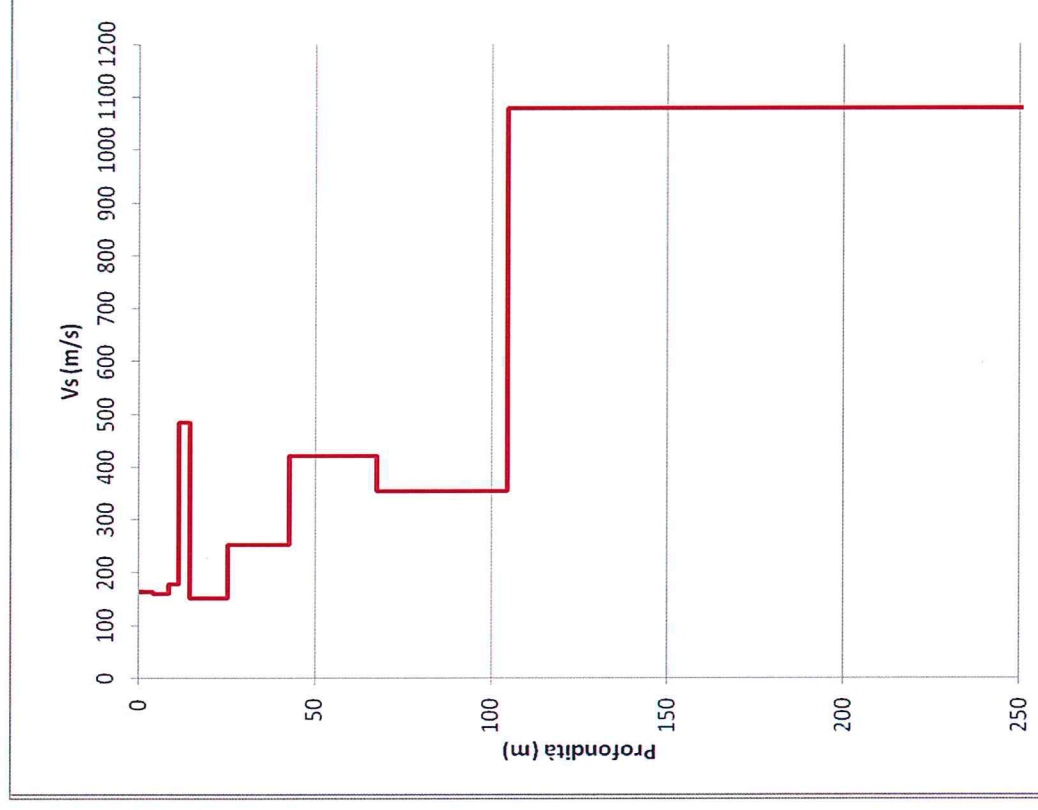


Match curva di dispersione
teorica /sperimentale
HVSR

Modello monodimensionale Esac 1 Titignano

spessore (m)	Vp(m/s)	Vs(m/s)	ro(kg/m ³)	profondità	Vs medie
2.22	1949.46	169.11	2284.46	0.00	169.11
3.80	1927.96	169.37	2978.50	2.22	169.27
2.01	1420.82	173.37	1412.51	6.02	170.28
9.23	2443.30	173.66	2403.72	8.03	172.07
20.00	1968.23	373.41	1654.94	17.26	242.16
28.40	2396.38	341.64	2978.50	37.26	277.05
19.93	2079.67	81.41	1623.66	65.66	177.63
99.45	1487.29	306.04	2784.46	85.59	229.35
773.02	2410.07	551.32	2228.74	185.04	433.72
0.00	2731.18	1460.90	2304.99	958.06	433.72

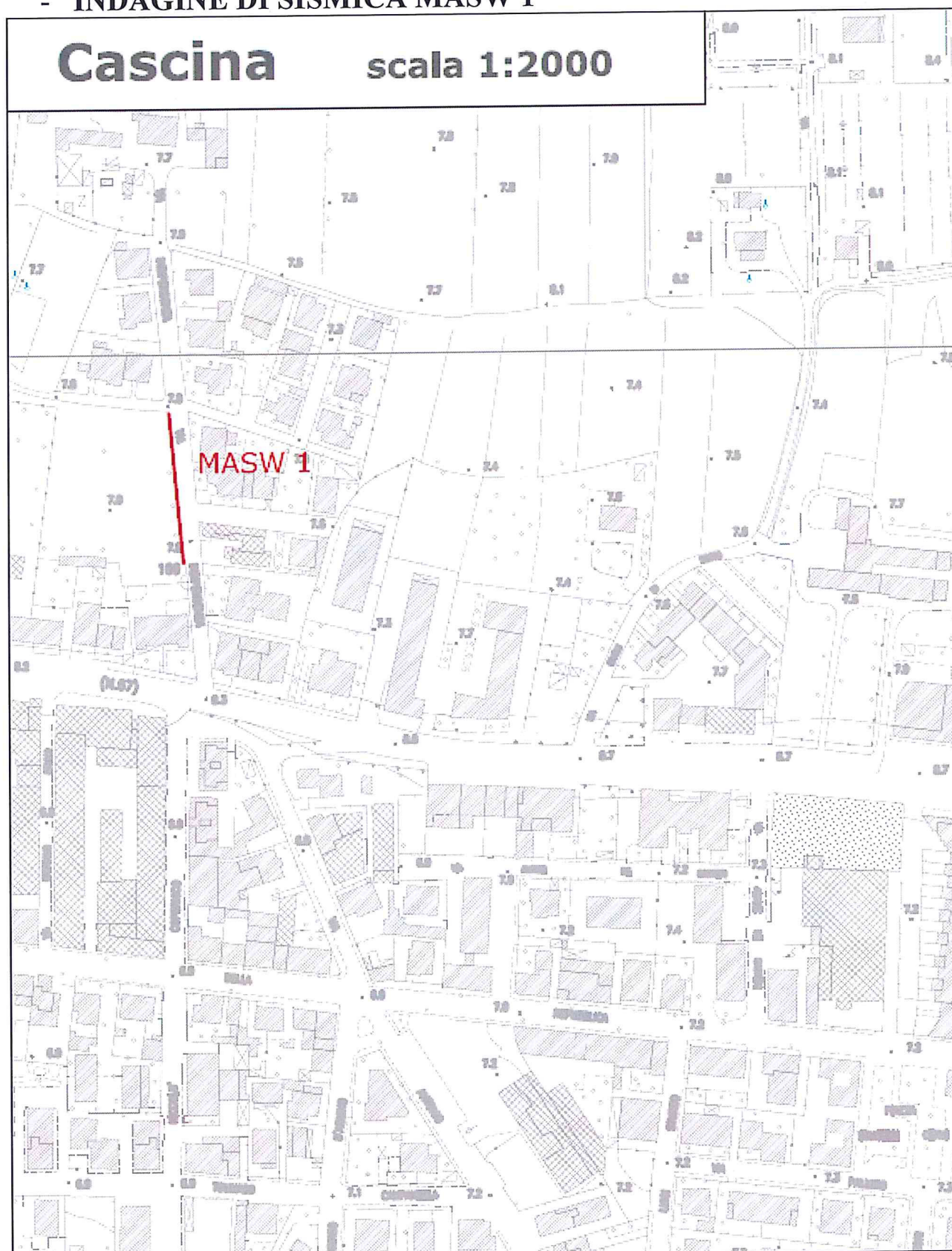
Profilo di Vs ESAC 2 Cascina



Modello monodimensionale Esac 2 Cascina

spessore (m)	Vp(m/s)	Vs(m/s)	ro(kg/m ³)	profondità	Vs medie
4.02	302.15	162.55	3000.00	0.00	162.55
4.32	803.23	158.24	1000.00	4.02	160.29
2.93	1929.13	177.50	1733.14	8.34	164.44
3.17	1457.97	484.60	1064.52	11.27	192.36
10.63	717.01	150.29	2882.70	14.44	171.95
17.57	1330.89	252.69	2581.62	25.07	198.02
24.76	1843.11	421.29	2165.20	42.64	245.90
36.89	1483.38	354.04	2592.38	67.40	275.69
849.56	2021.02	1078.495	1967.74	104.29	818.04

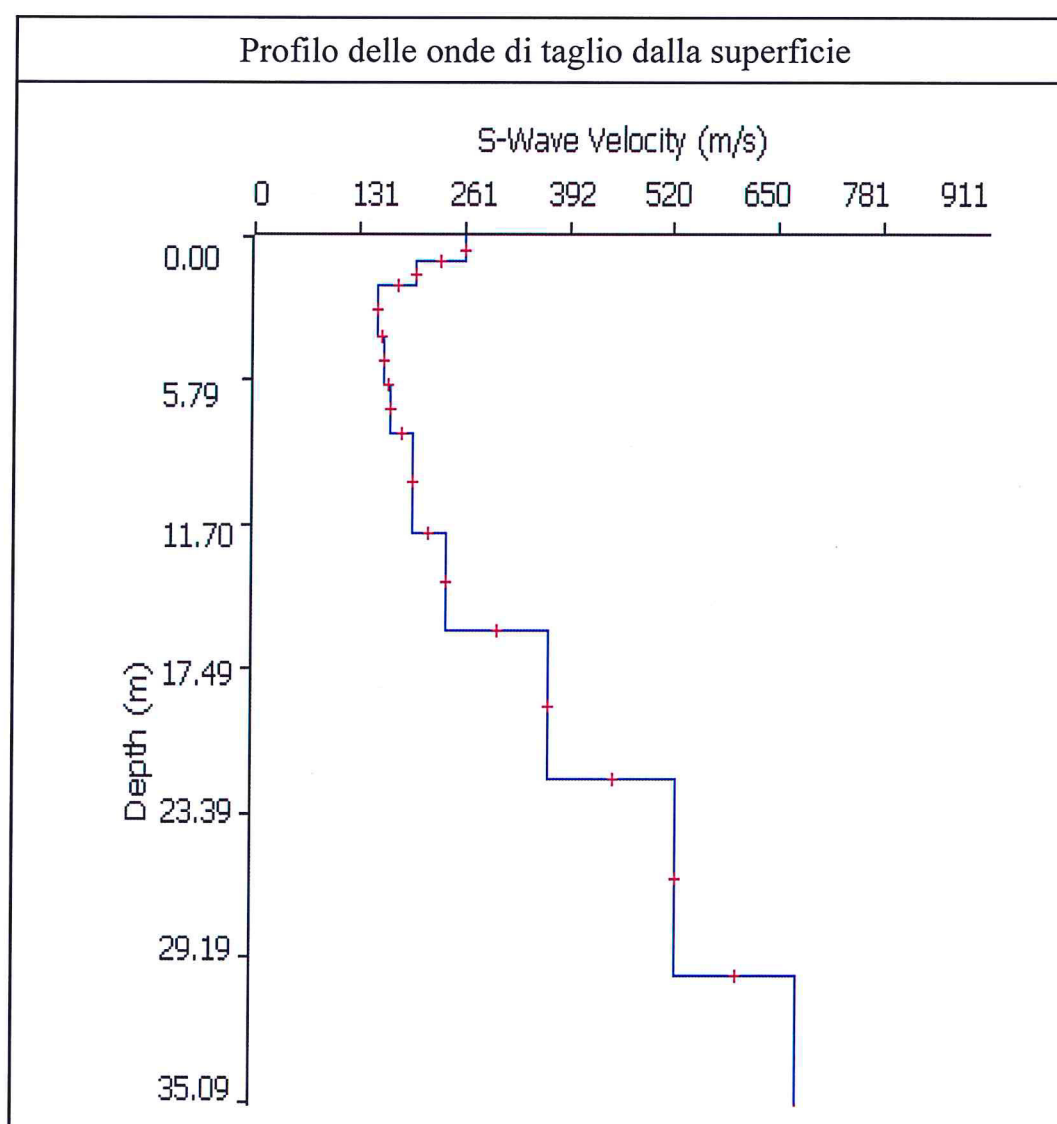
- INDAGINE DI SISMICA MASW 1



Ubicazione indagine

Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
1	0	262	523	0.333	1.8
1	1	199	397	0.333	1.8
2	2	154	307	0.333	1.8
2	4	161	322	0.333	1.8
2	6	170	339	0.333	1.8
4	8	197	394	0.333	1.8
4	12	238	476	0.333	1.8
6	16	366	732	0.333	1.8
8	22	526	1052	0.333	1.8
	30	675	1350	0.333	1.8

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

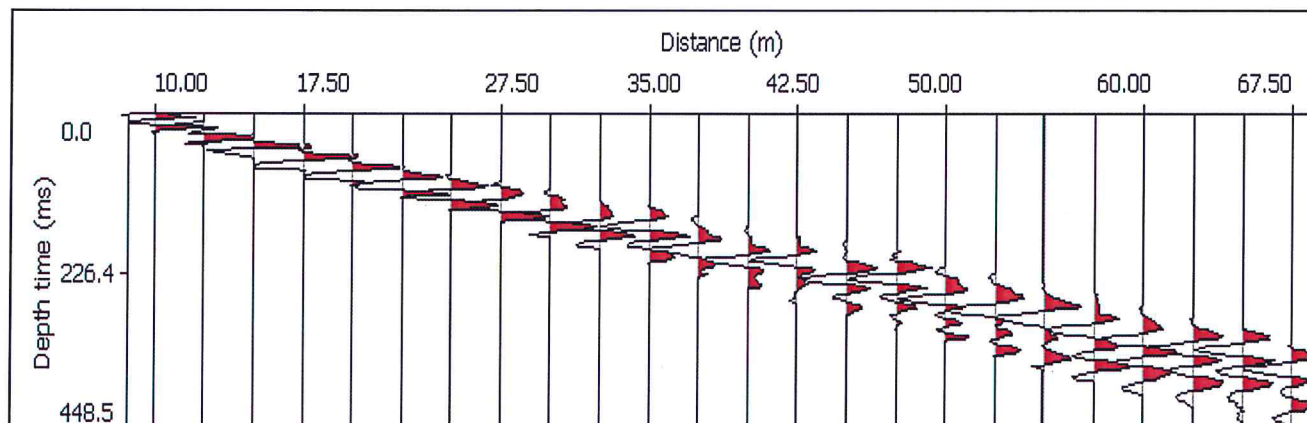
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 261 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

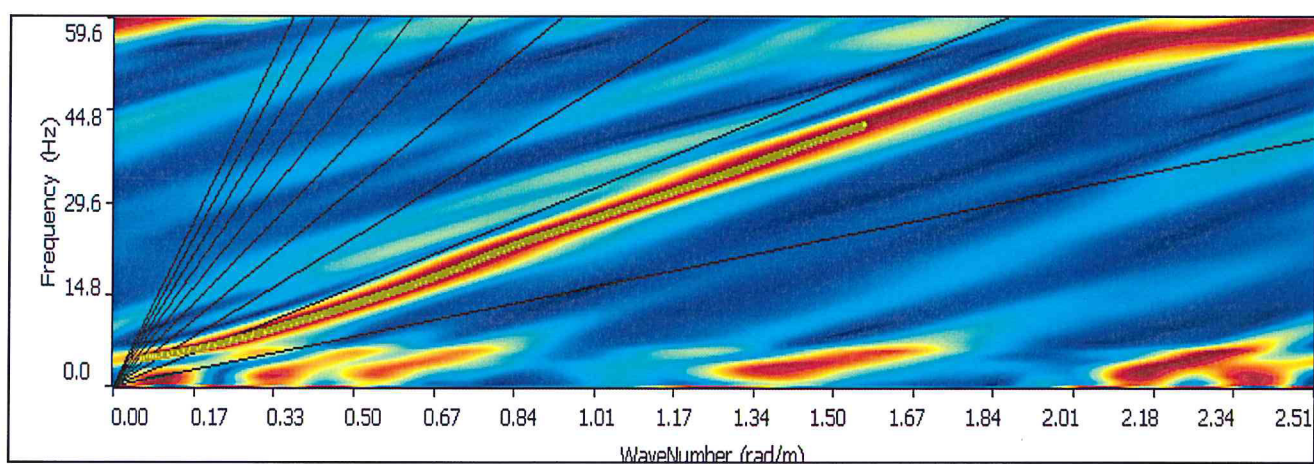
CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Allegati

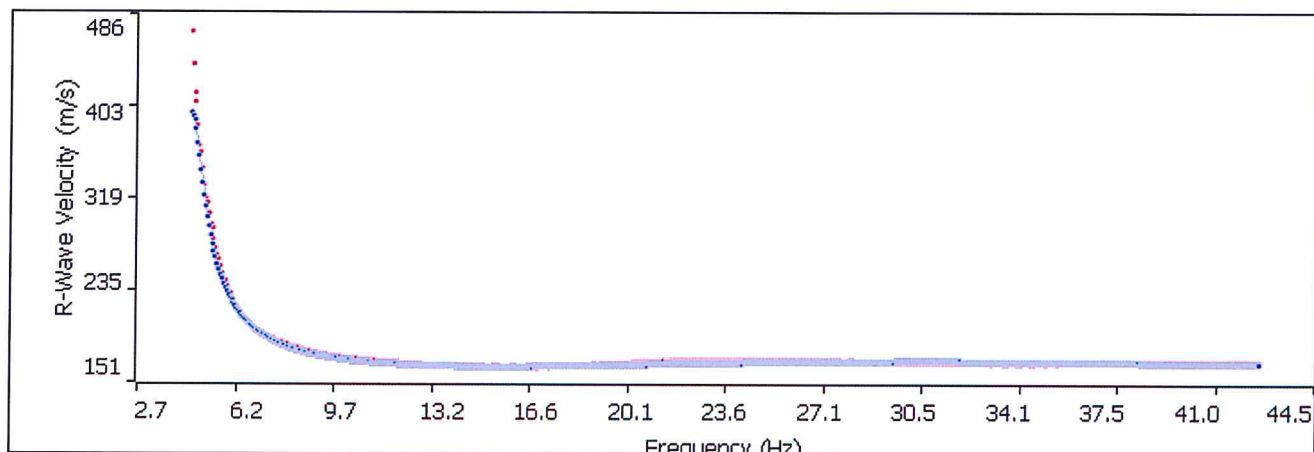
Sismogramma



Spettro F –K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica

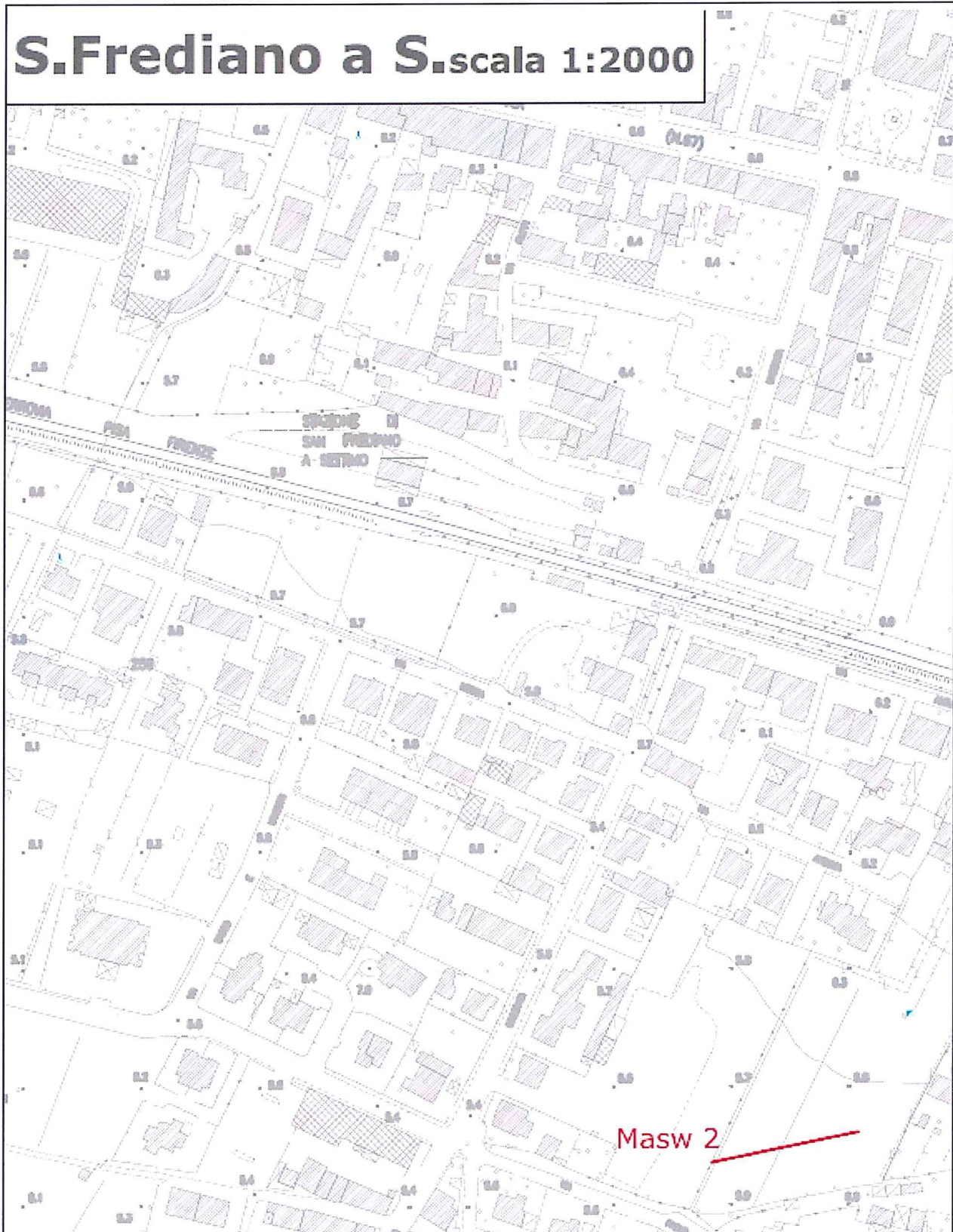


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



- INDAGINE DI SISMICA MASW 2

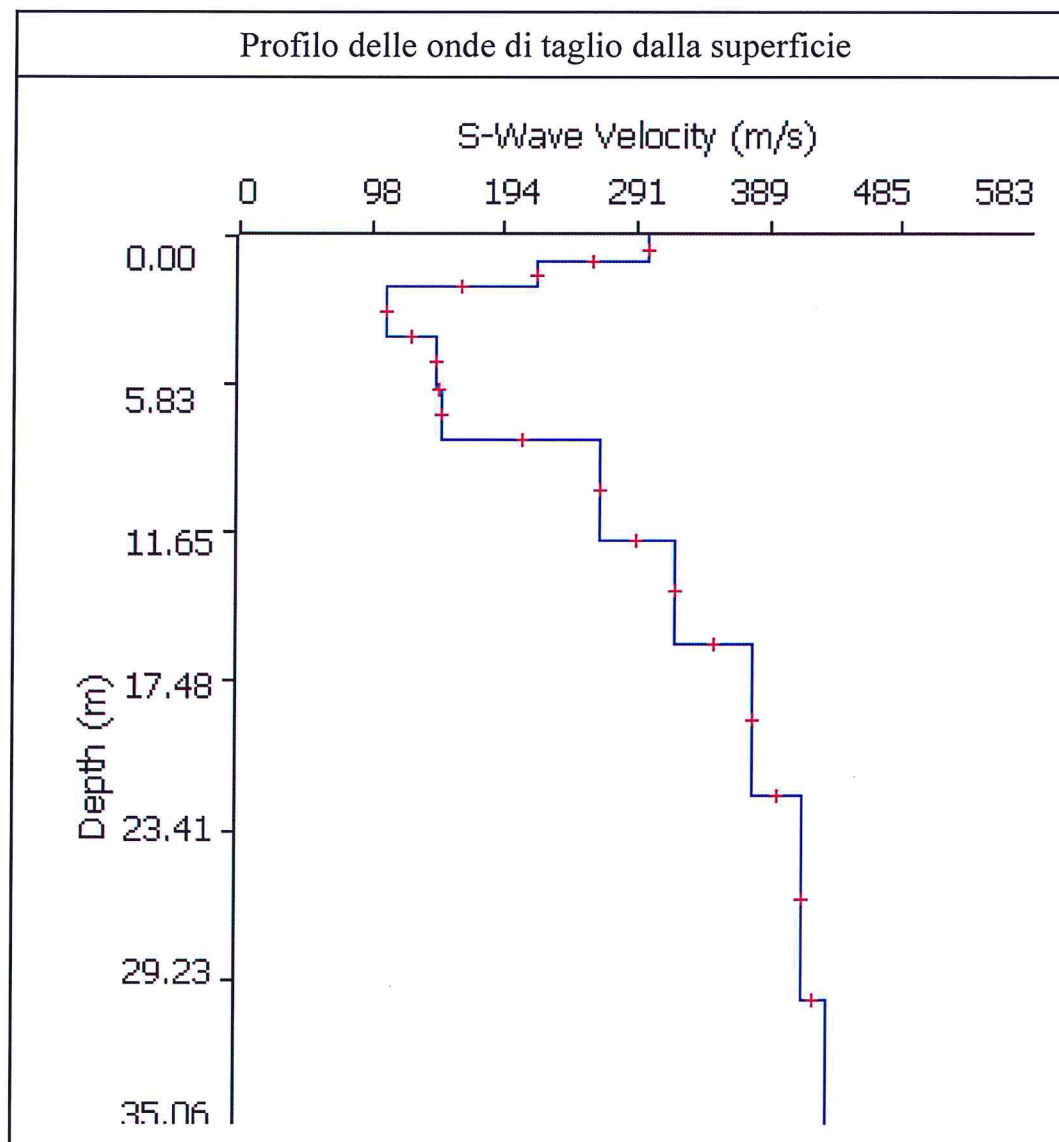
S.Frediano a S. scala 1:2000



Ubicazione indagine

Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
1	0	299	597	0.333	1.8
1	1	219	438	0.333	1.8
2	2	108	215	0.333	1.8
2	4	144	287	0.333	1.8
2	6	149	299	0.333	1.8
4	8	265	530	0.333	1.8
4	12	319	638	0.333	1.8
6	16	377	753	0.333	1.8
8	22	413	826	0.333	1.8
	30	432	863	0.333	1.8

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

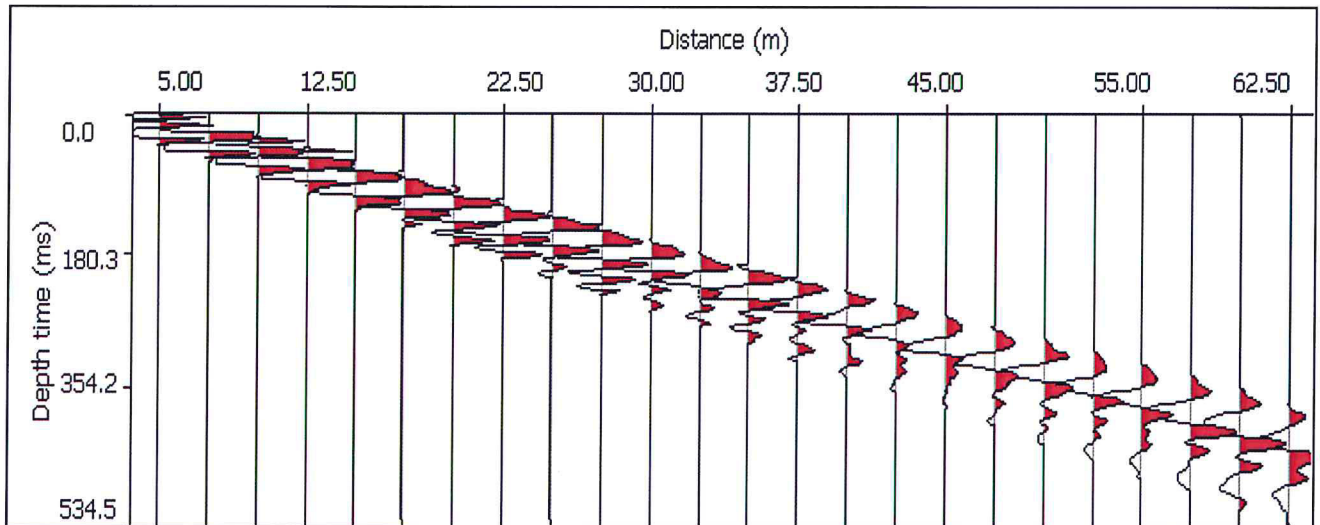
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 257 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

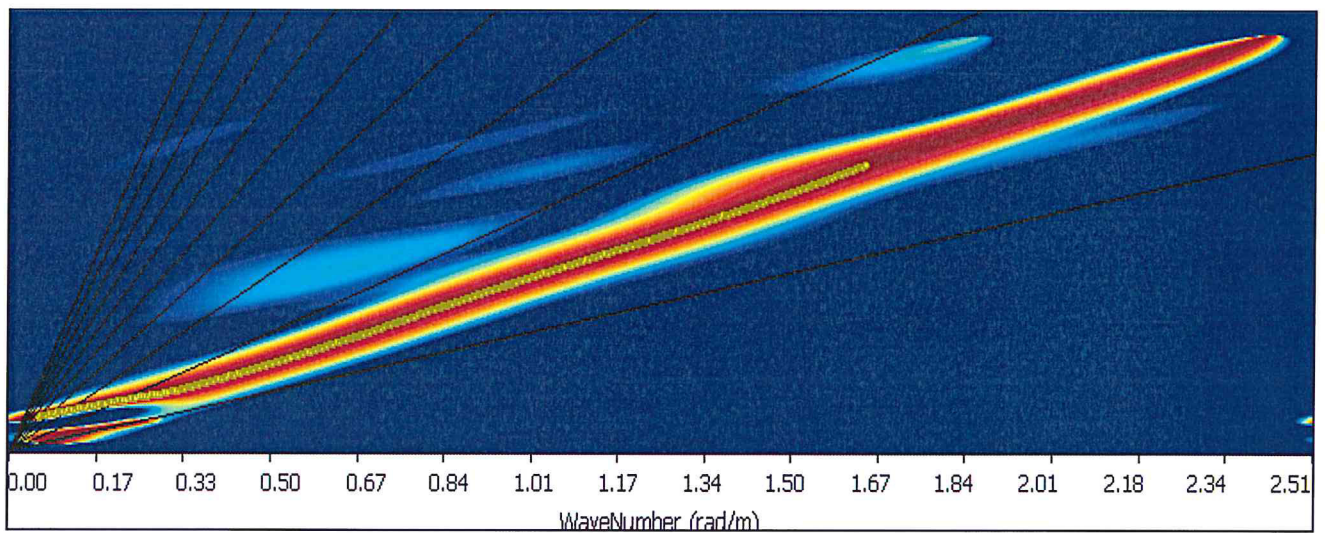
CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Allegati

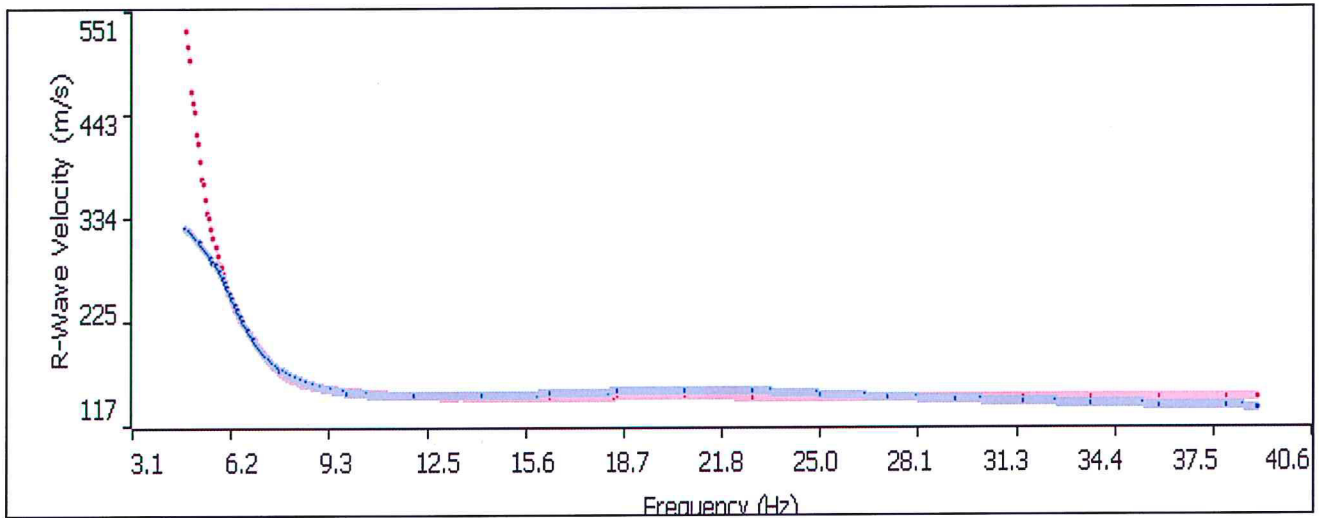
Sismogramma



Spettro F – K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica

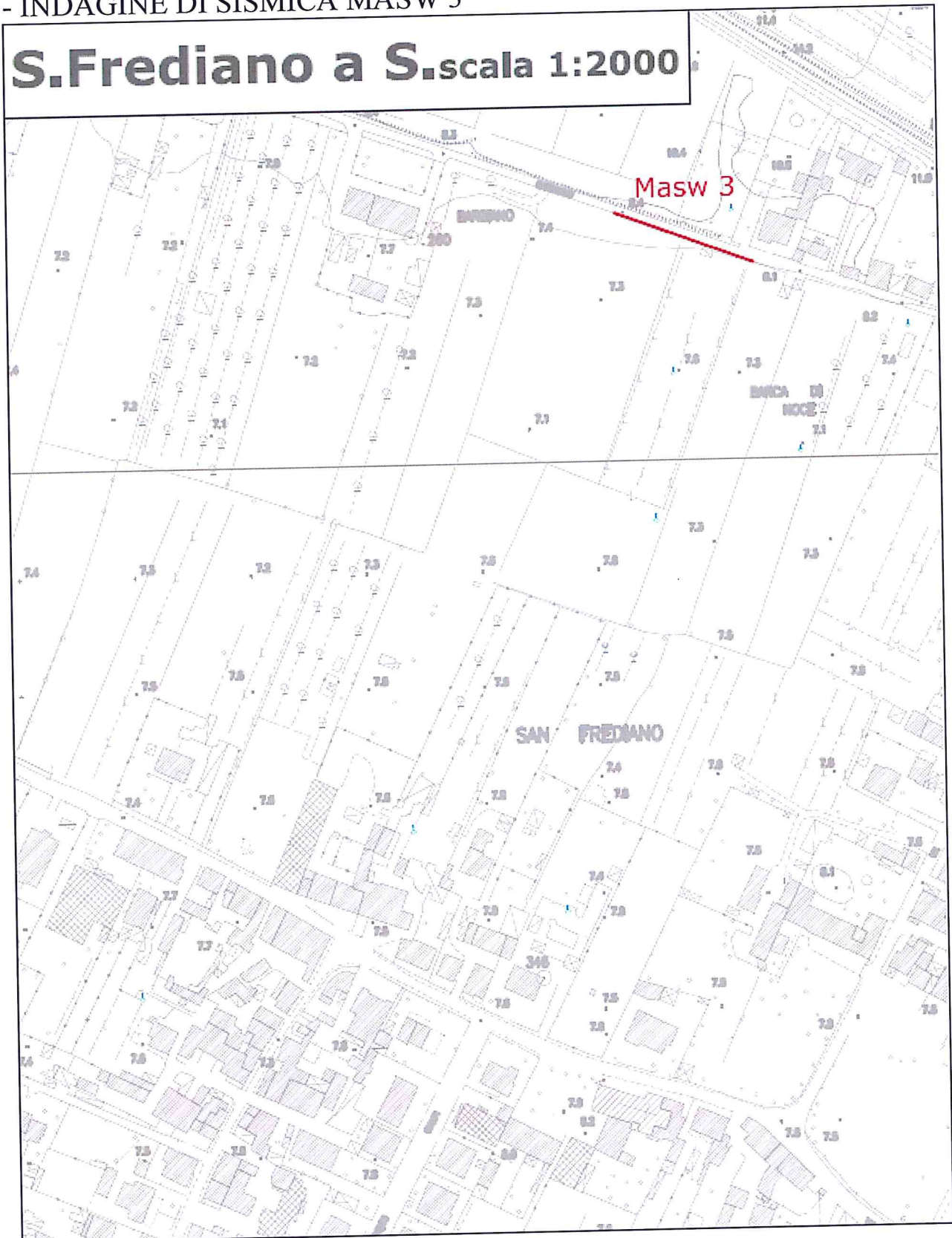


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



- INDAGINE DI SISMICA MASW 3

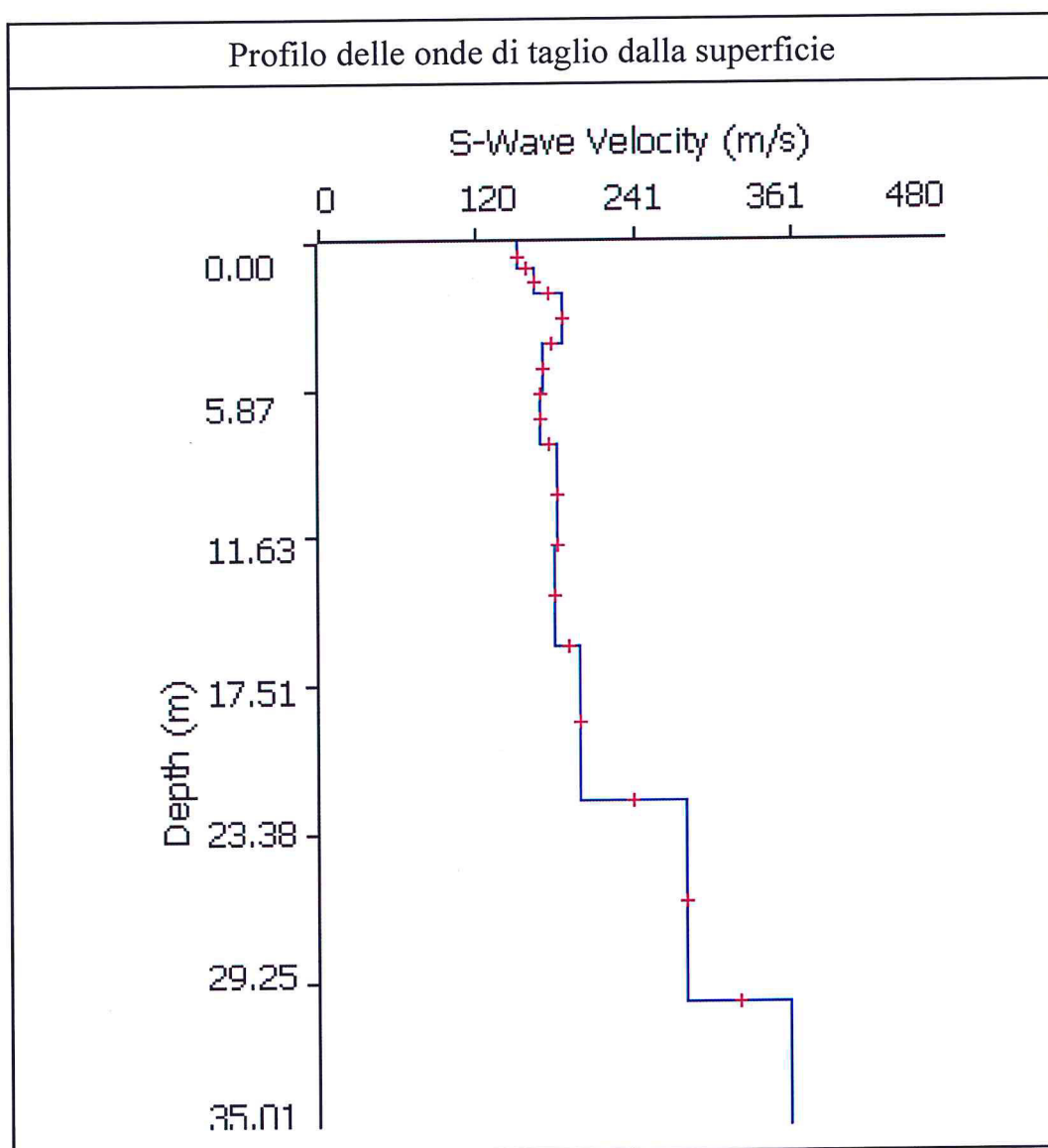
S.Frediano a S. scala 1:2000



Ubicazione indagine

Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
1	0	152	304	0.333	1.8
1	1	165	330	0.333	1.8
2	2	186	372	0.333	1.8
2	4	170	340	0.333	1.8
2	6	169	338	0.333	1.8
4	8	182	364	0.333	1.8
4	12	180	360	0.333	1.8
6	16	199	398	0.333	1.8
8	22	280	560	0.333	1.8
	30	359	717	0.333	1.8

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

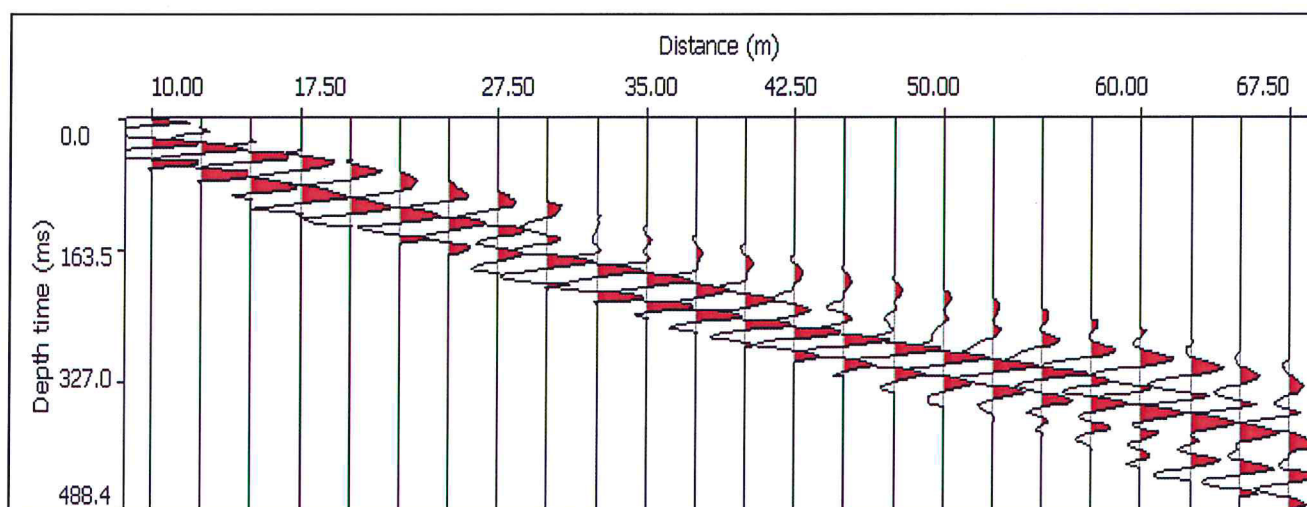
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 200 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

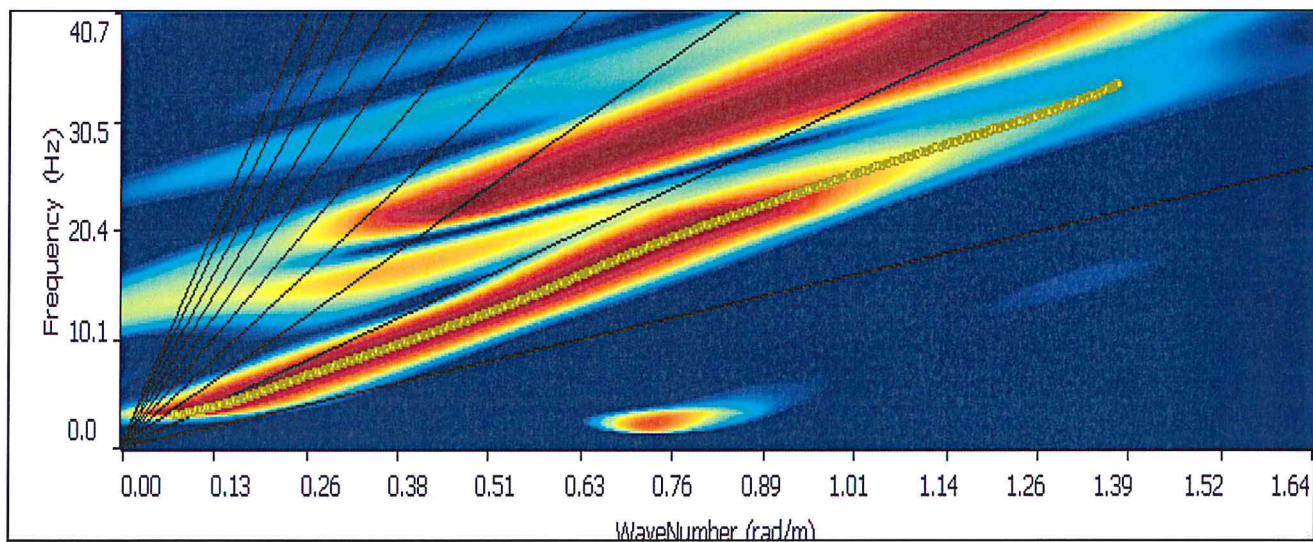
CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Allegati

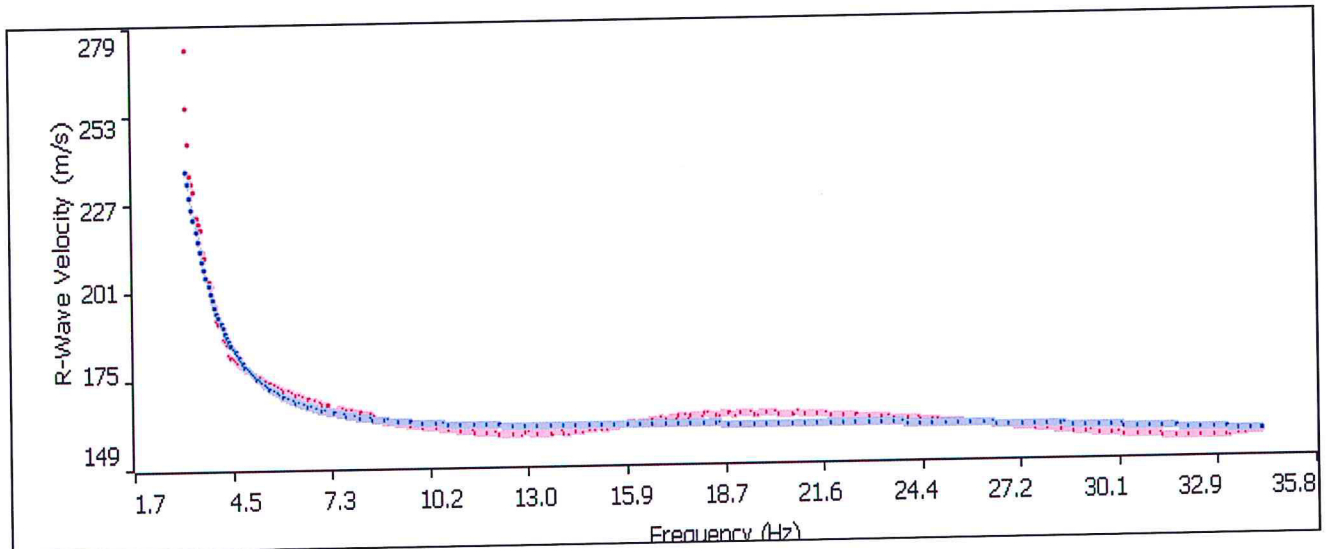
Sismogramma



Spettro F - K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



- INDAGINE DI SISMICA MASW 4

Visignano

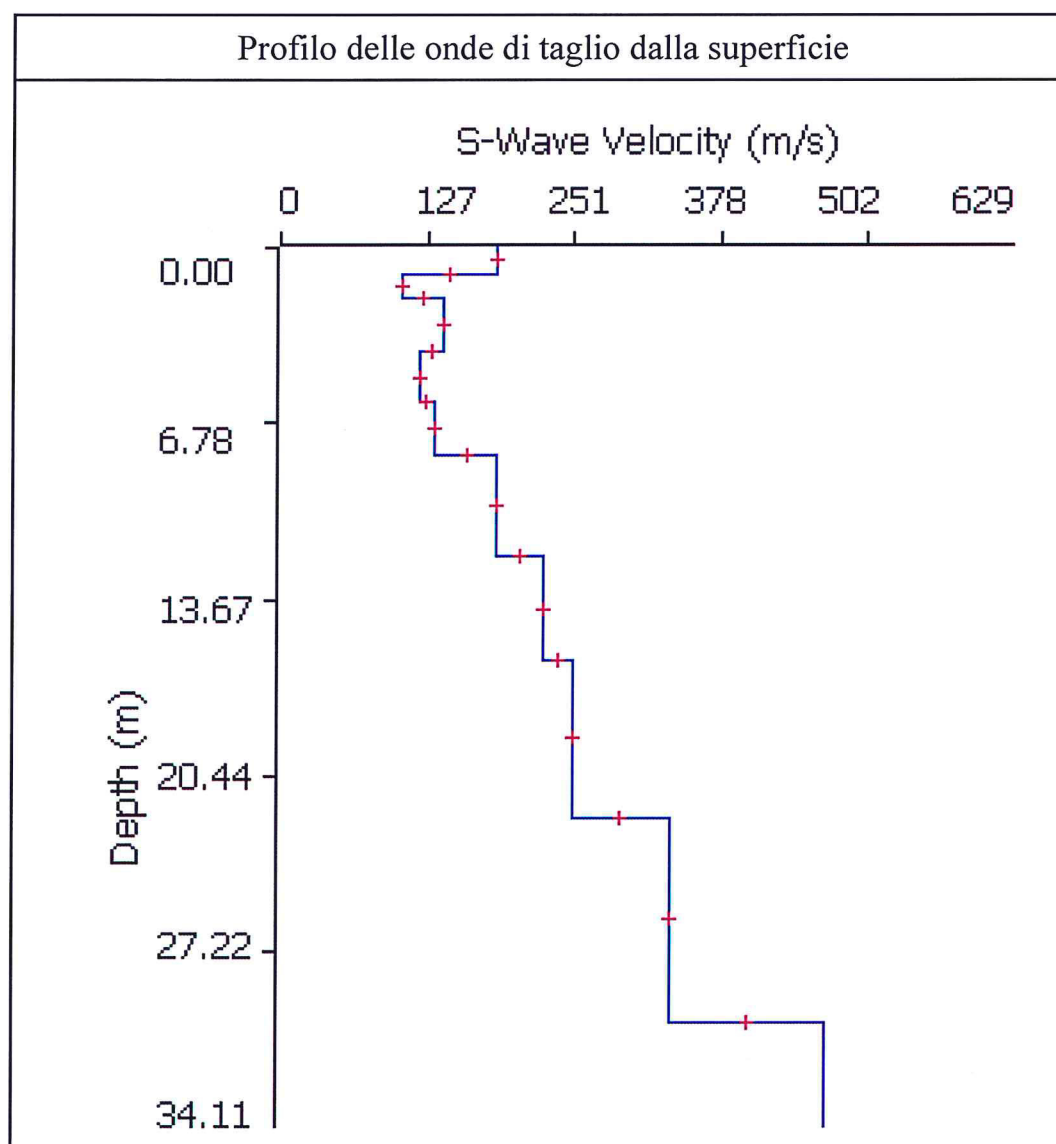
scala 1:2000



Ubicazione indagine

Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
1	0	184	368	0.333	1.8
1	1	104	208	0.333	1.8
2	2	140	280	0.333	1.8
2	4	119	238	0.333	1.8
2	6	132	264	0.333	1.8
4	8	186	372	0.333	1.8
4	12	225	450	0.333	1.8
6	16	250	500	0.333	1.8
8	22	335	669	0.333	1.8
	30	466	931	0.333	1.8

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

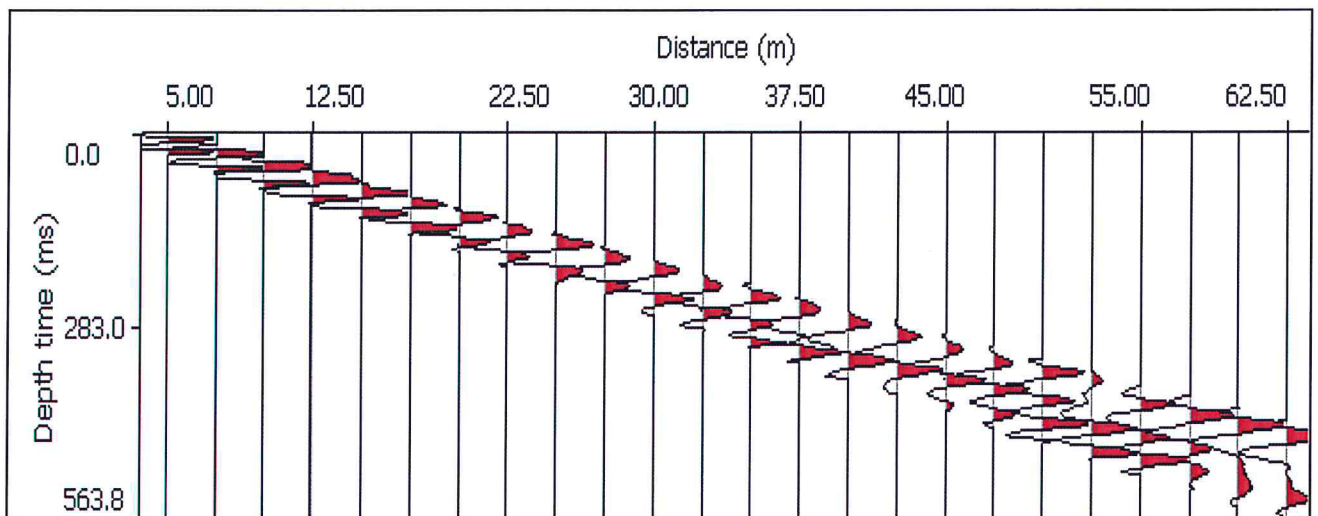
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 202 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

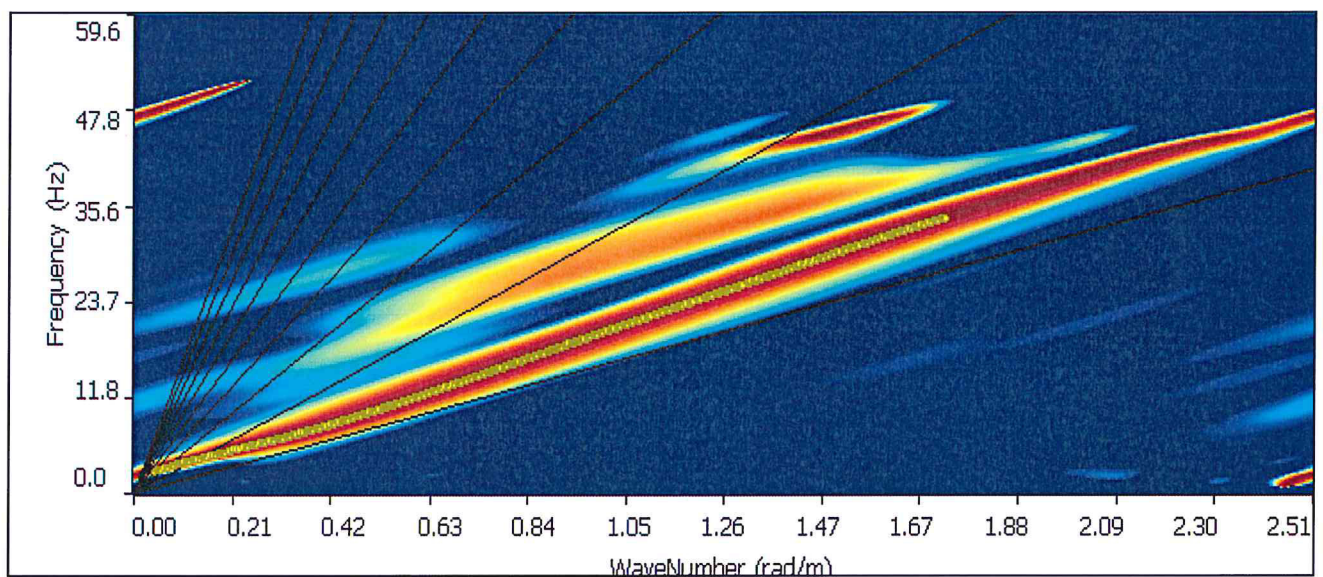
CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Allegati

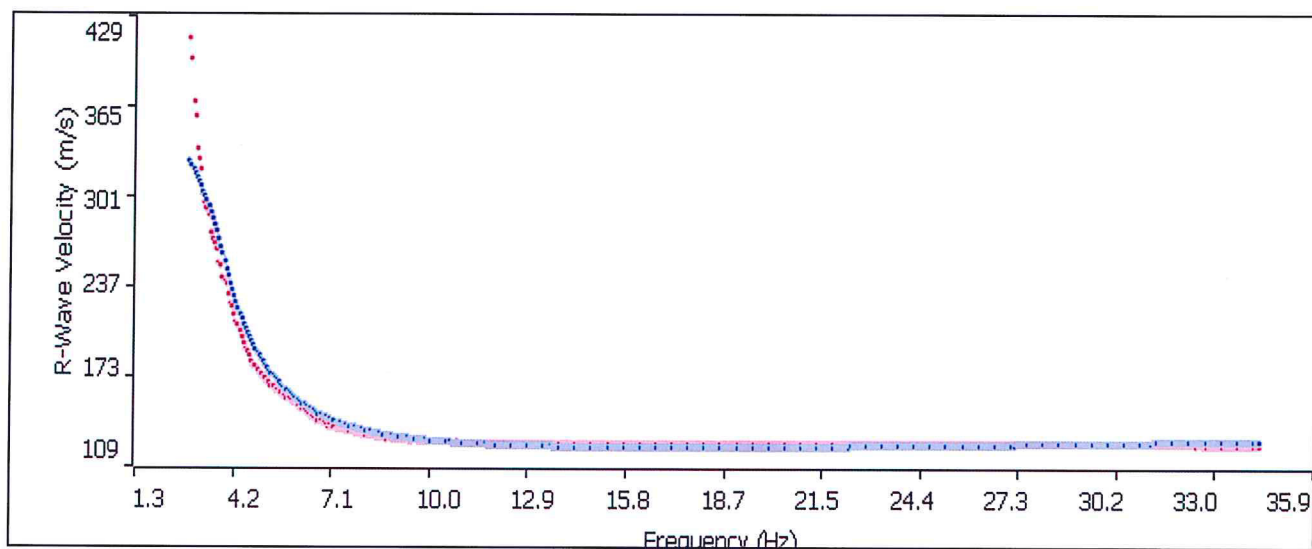
Sismogramma



Spettro F –K



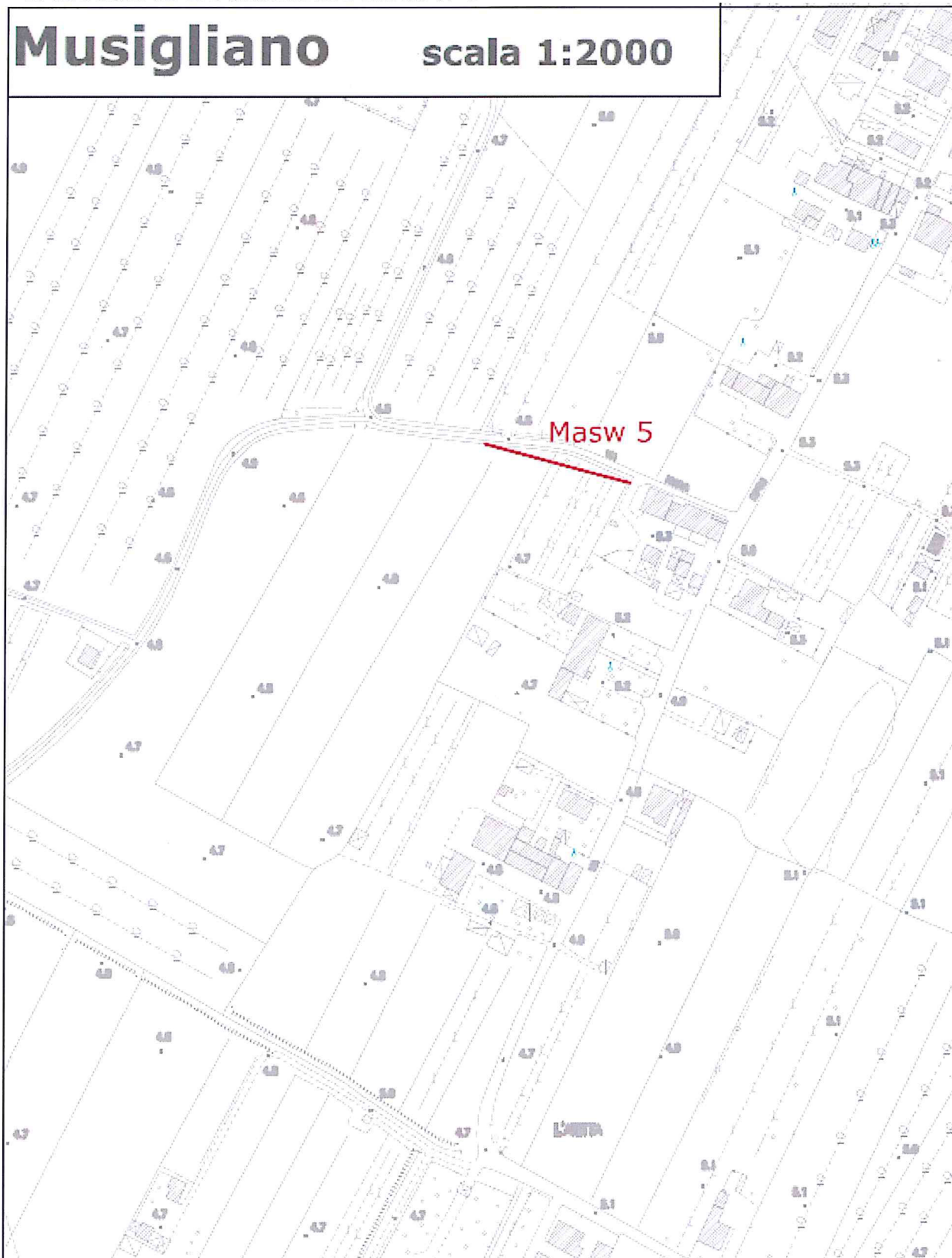
Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



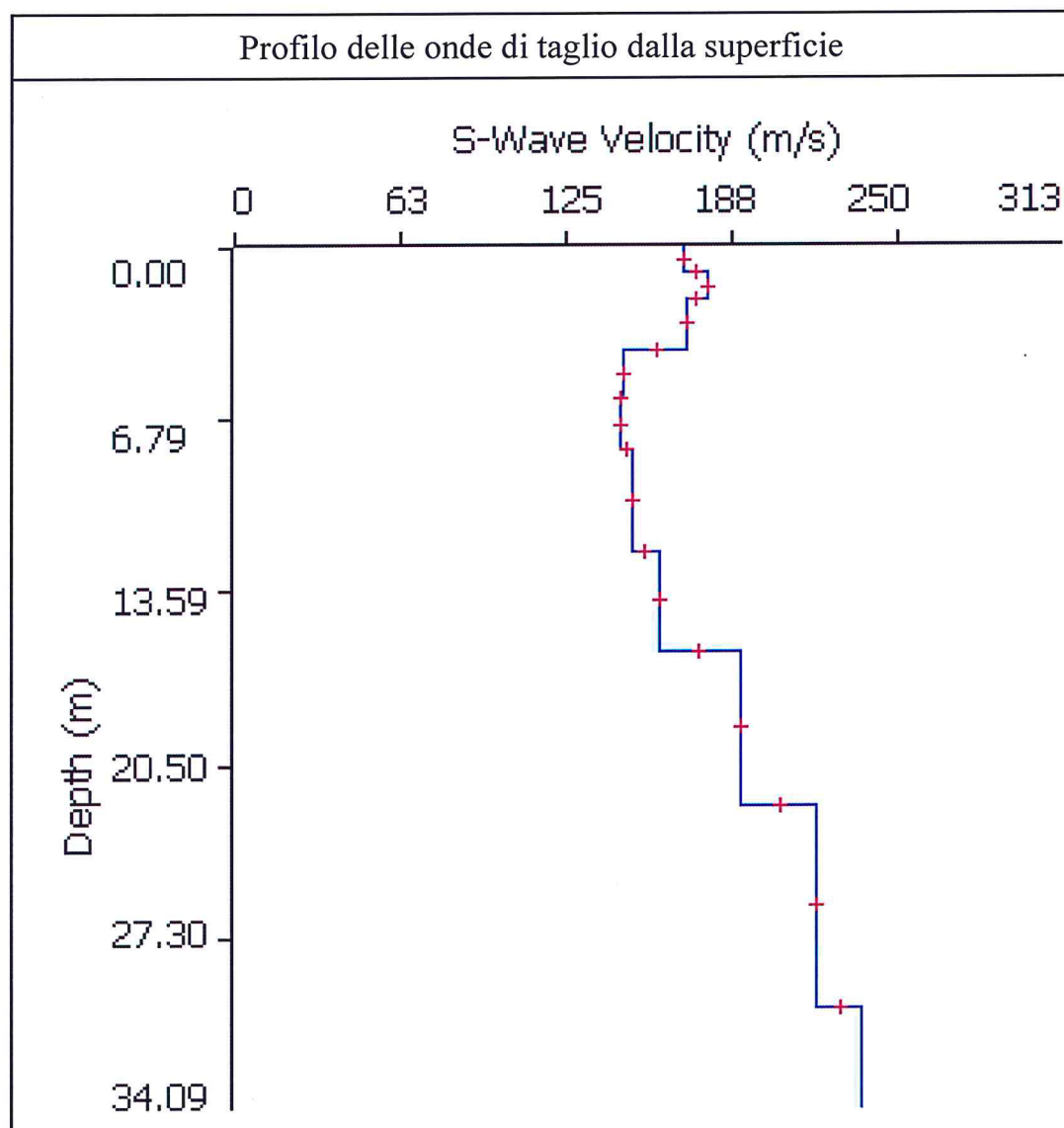
- INDAGINE DI SISMICA MASW 5



Ubicazione indagine

Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
1	0	169	338	0.333	1.8
1	1	178	356	0.333	1.8
2	2	171	342	0.333	1.8
2	4	147	294	0.333	1.8
2	6	145	290	0.333	1.8
4	8	150	300	0.333	1.8
4	12	160	320	0.333	1.8
6	16	191	382	0.333	1.8
8	22	220	440	0.333	1.8
	30	236	472	0.333	1.8

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

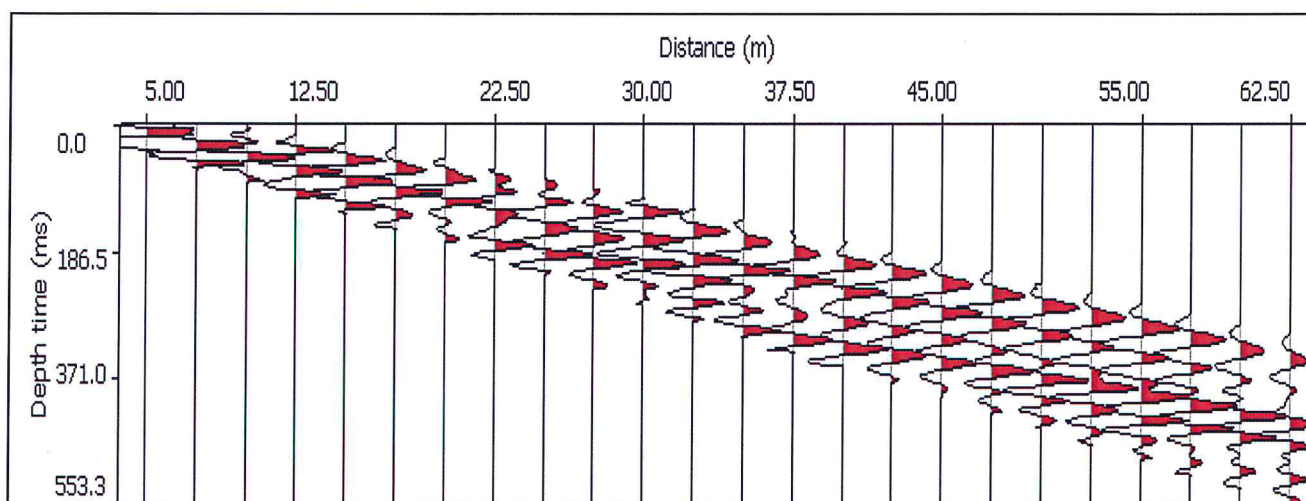
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 176 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **D** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

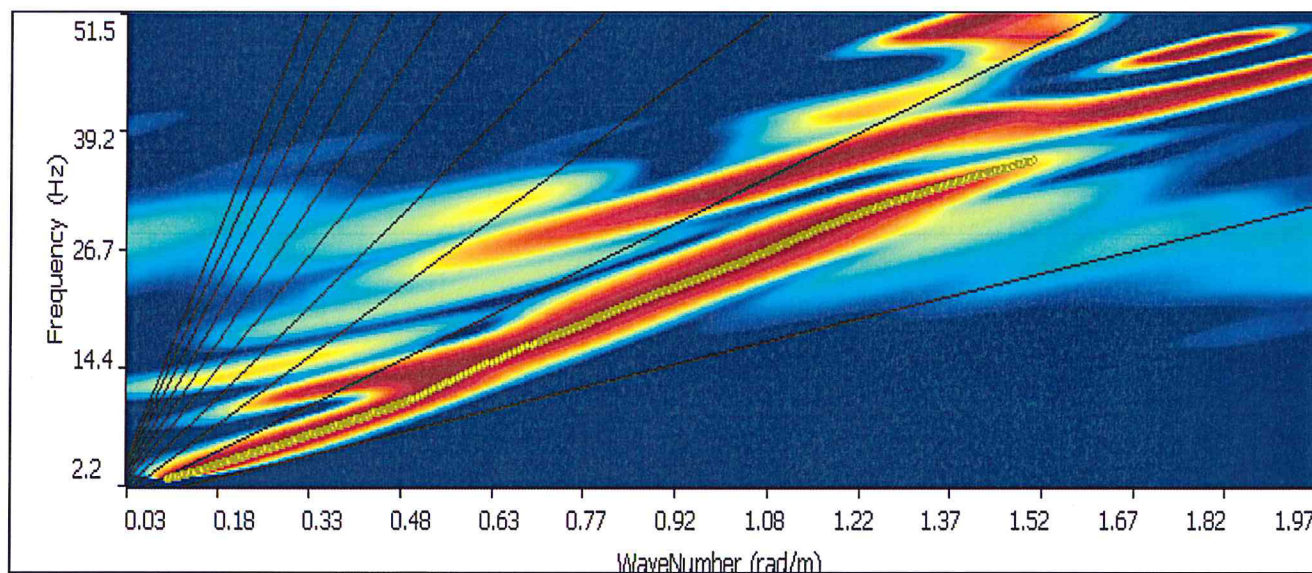
CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Allegati

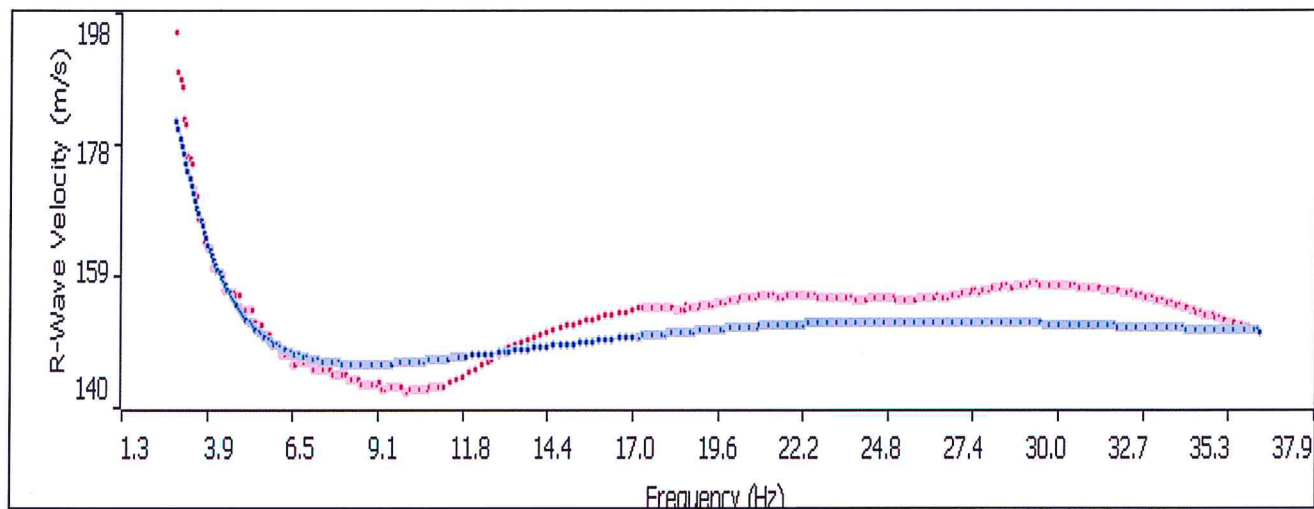
Sismogramma



Spettro F - K



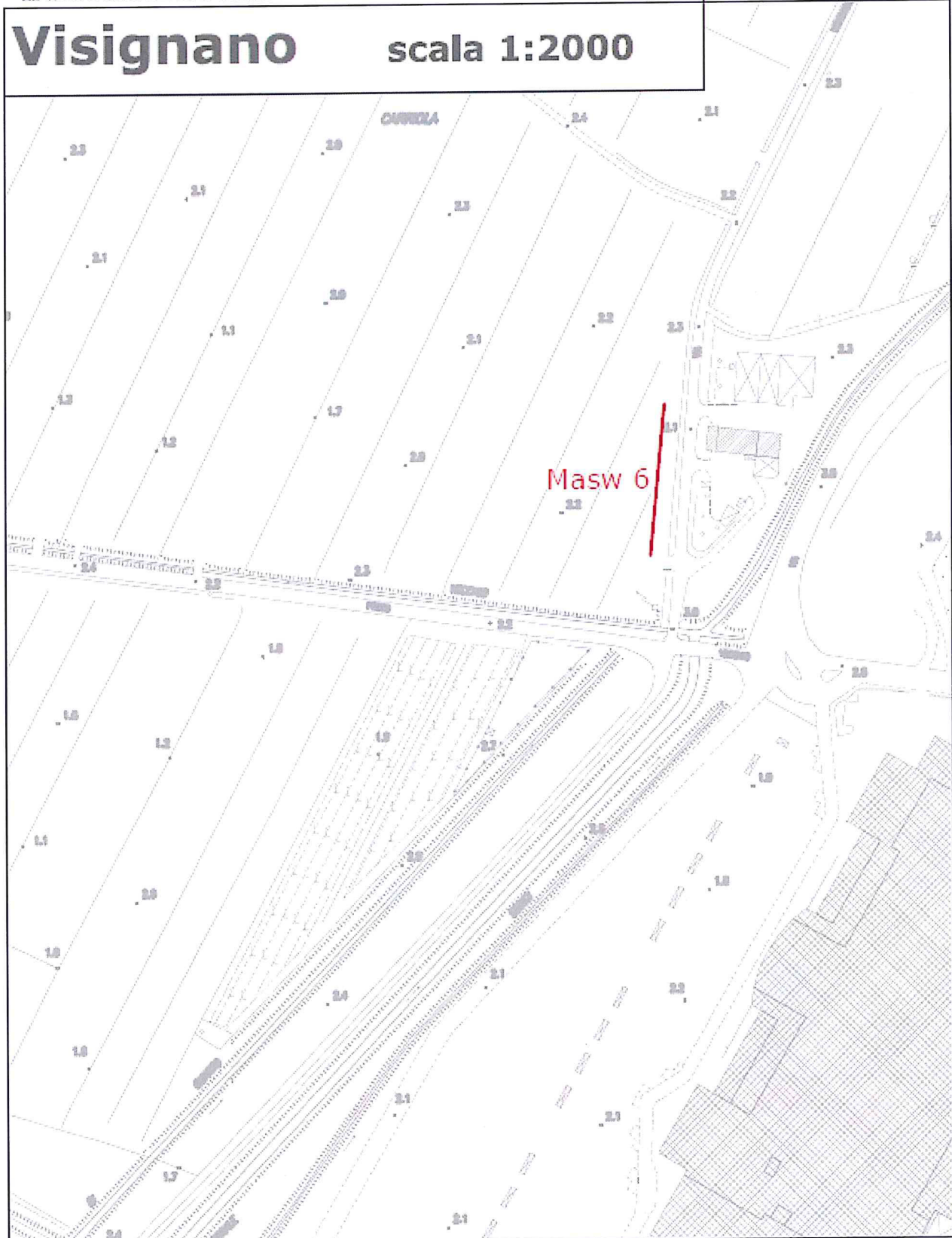
Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



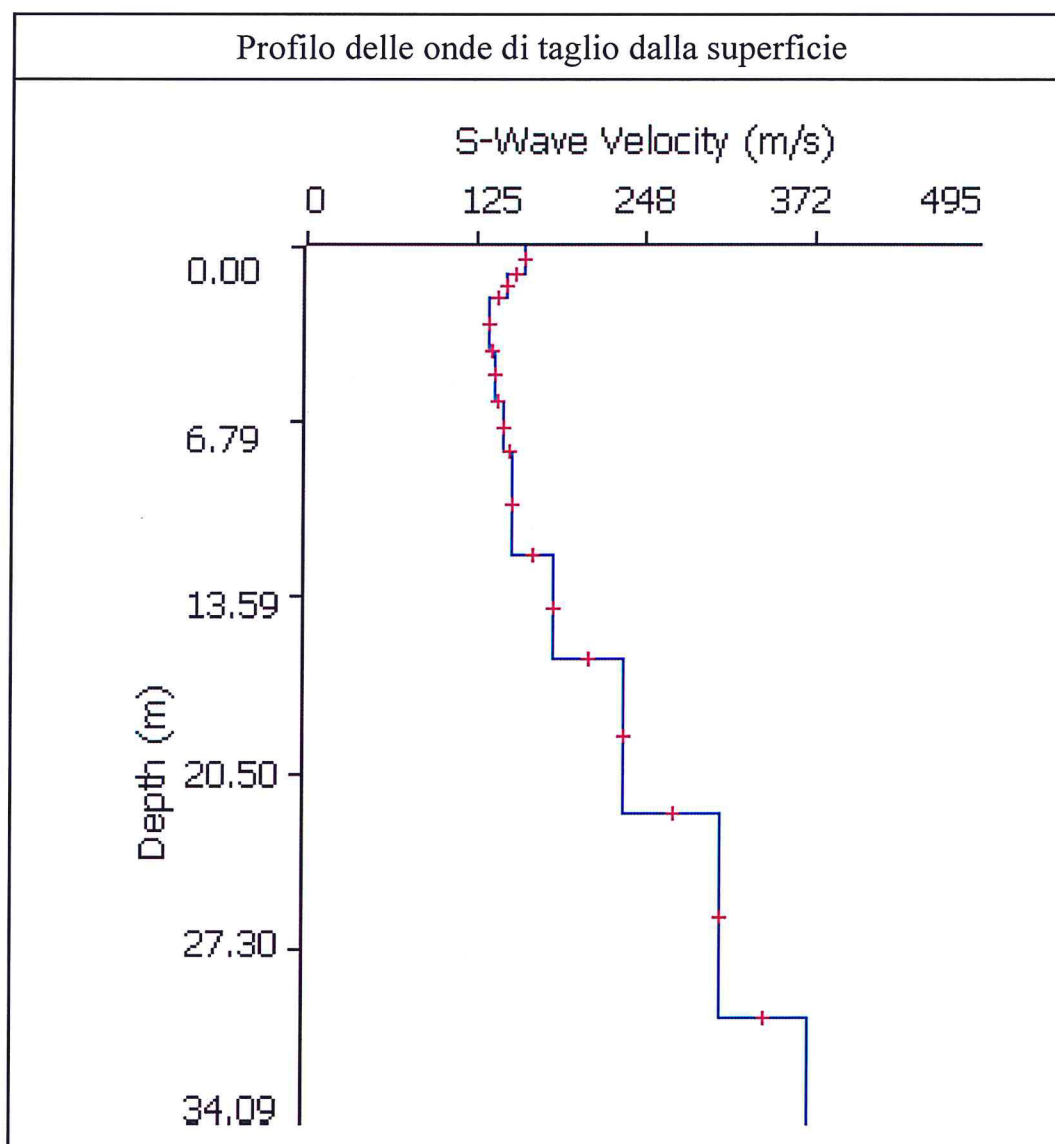
- INDAGINE DI SISMICA MASW 6



Ubicazione indagine

Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
1	0	159	318	0.333	1.8
1	1	147	294	0.333	1.8
2	2	133	266	0.333	1.8
2	4	137	274	0.333	1.8
2	6	144	288	0.333	1.8
4	8	151	302	0.333	1.8
4	12	180	360	0.333	1.8
6	16	233	466	0.333	1.8
8	22	303	606	0.333	1.8
	30	369	737	0.333	1.8

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

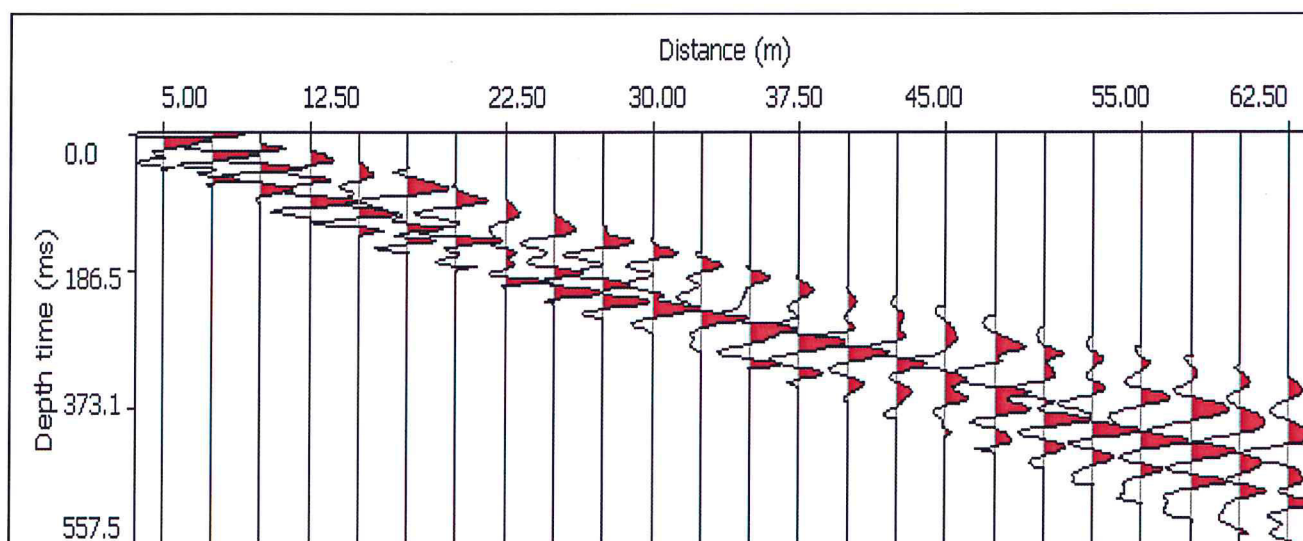
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 190 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

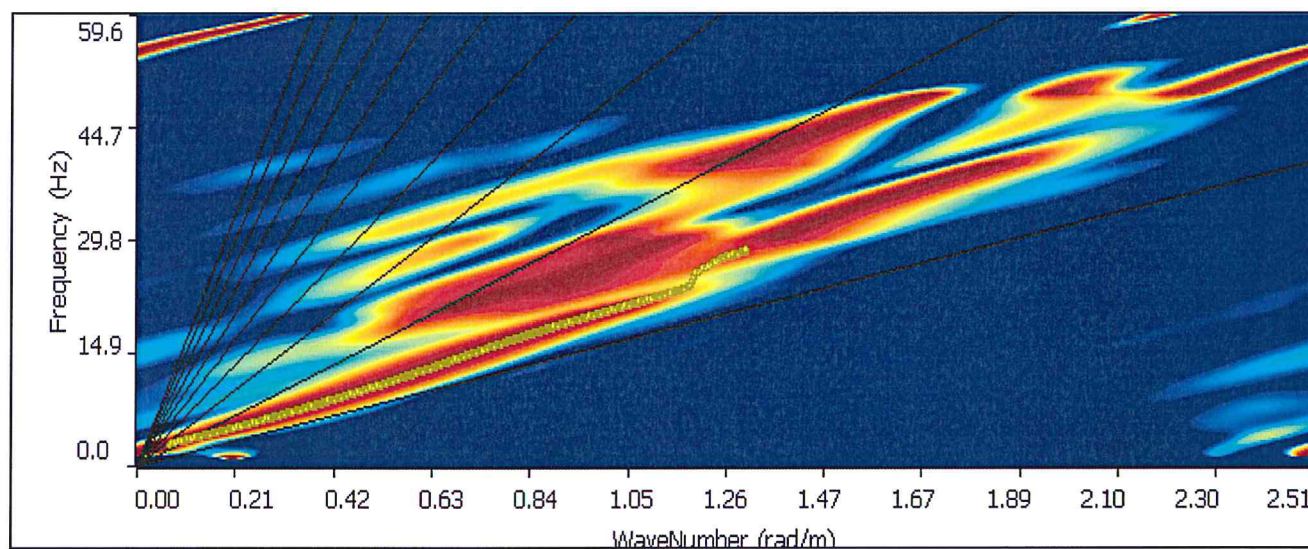
CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Allegati

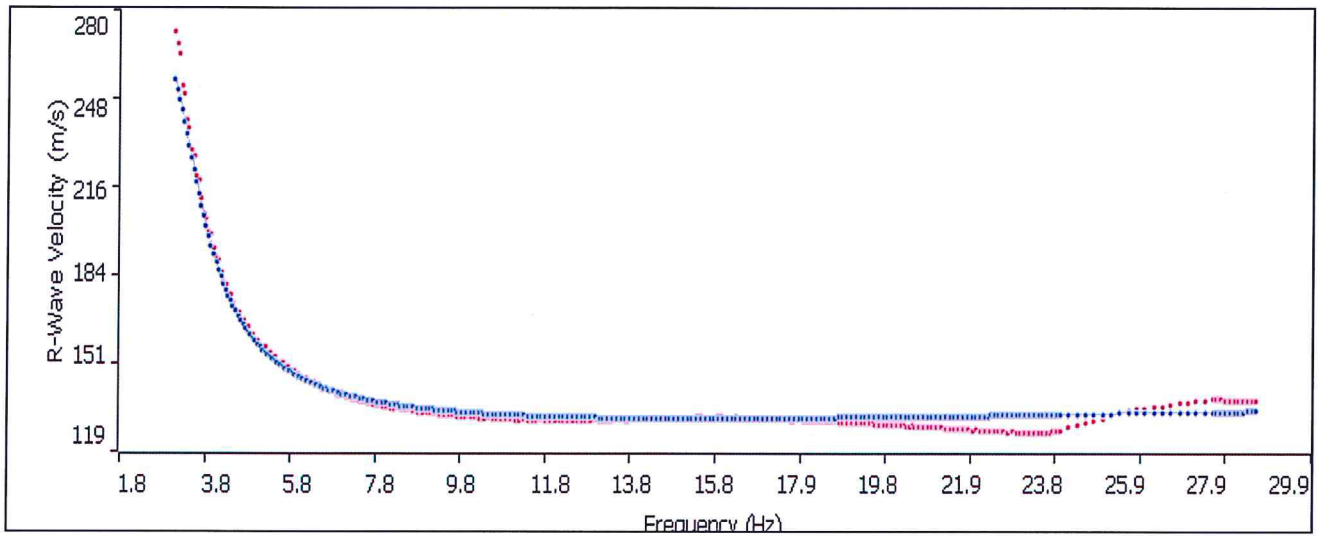
Sismogramma



Spettro F -K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica

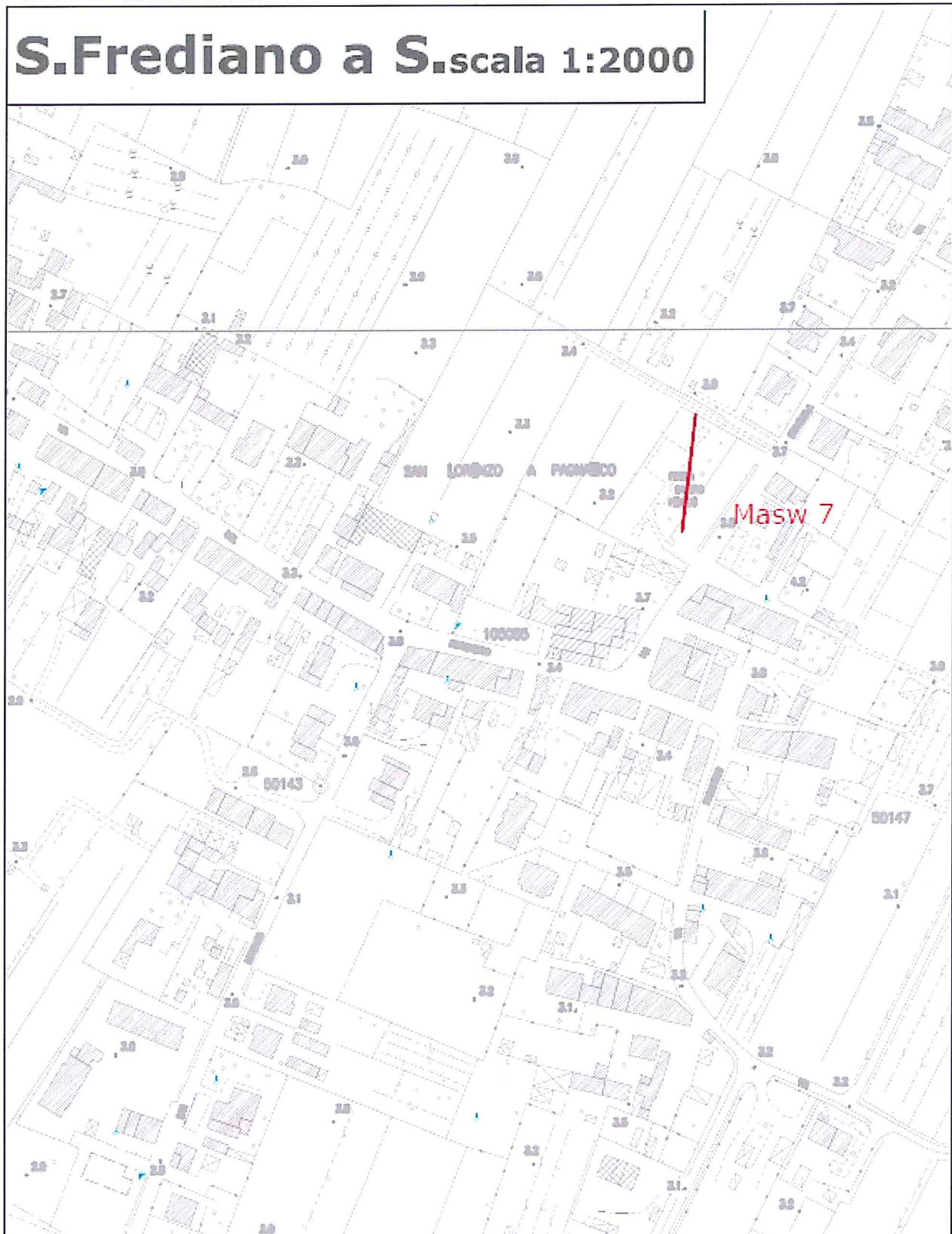


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



- INDAGINE DI SISMICA MASW 7

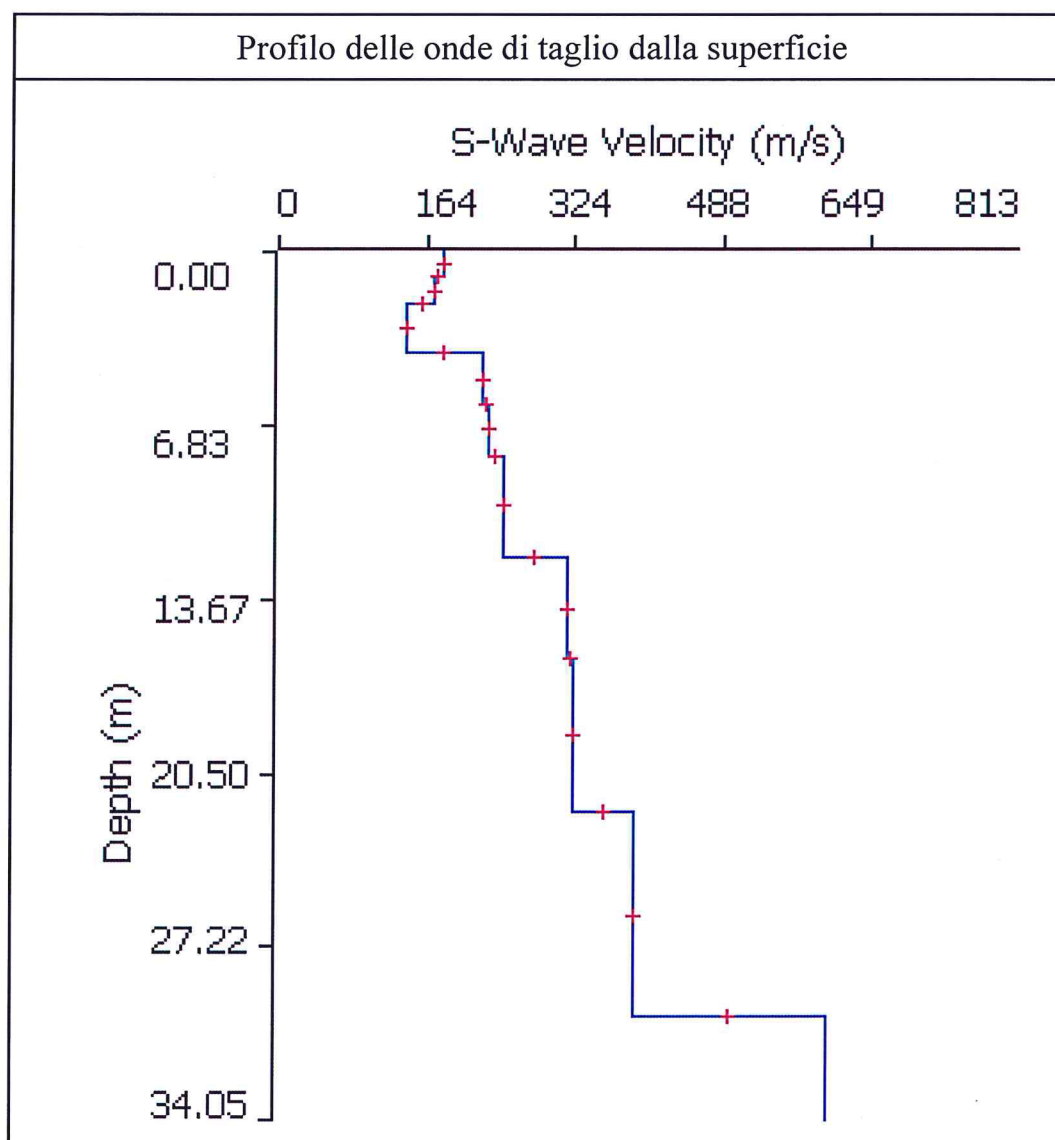
S.Frediano a S. scala 1:2000



Ubicazione indagine

Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
1	0	179	358	0.333	1.8
1	1	171	342	0.333	1.8
2	2	141	282	0.333	1.8
2	4	223	446	0.333	1.8
2	6	231	462	0.333	1.8
4	8	246	492	0.333	1.8
4	12	319	638	0.333	1.8
6	16	323	646	0.333	1.8
8	22	390	779	0.333	1.8
	30	602	1203	0.333	1.8

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

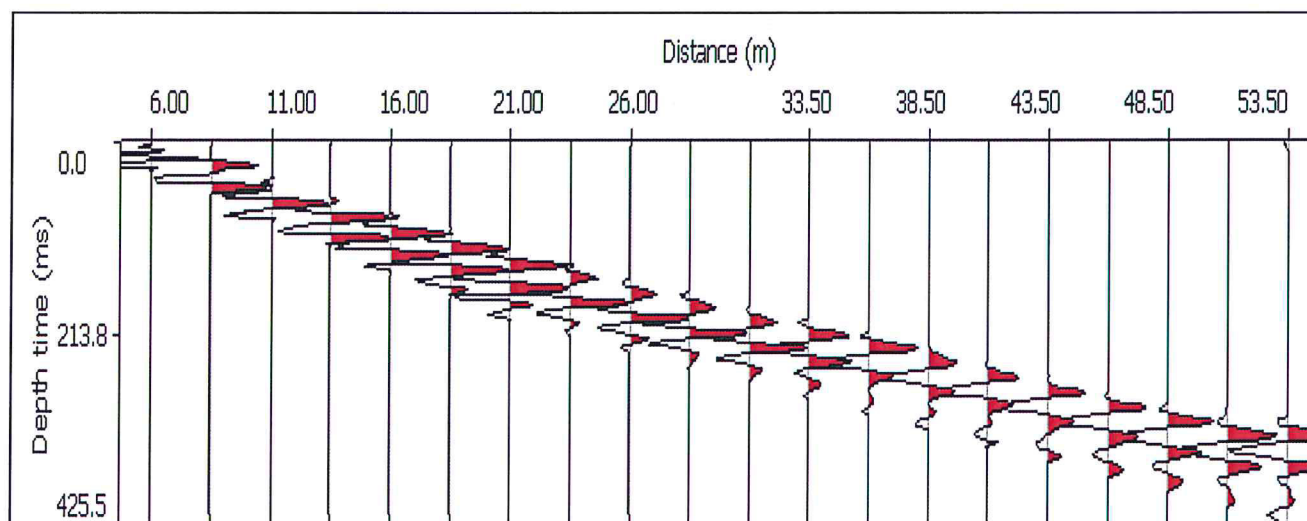
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 270 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

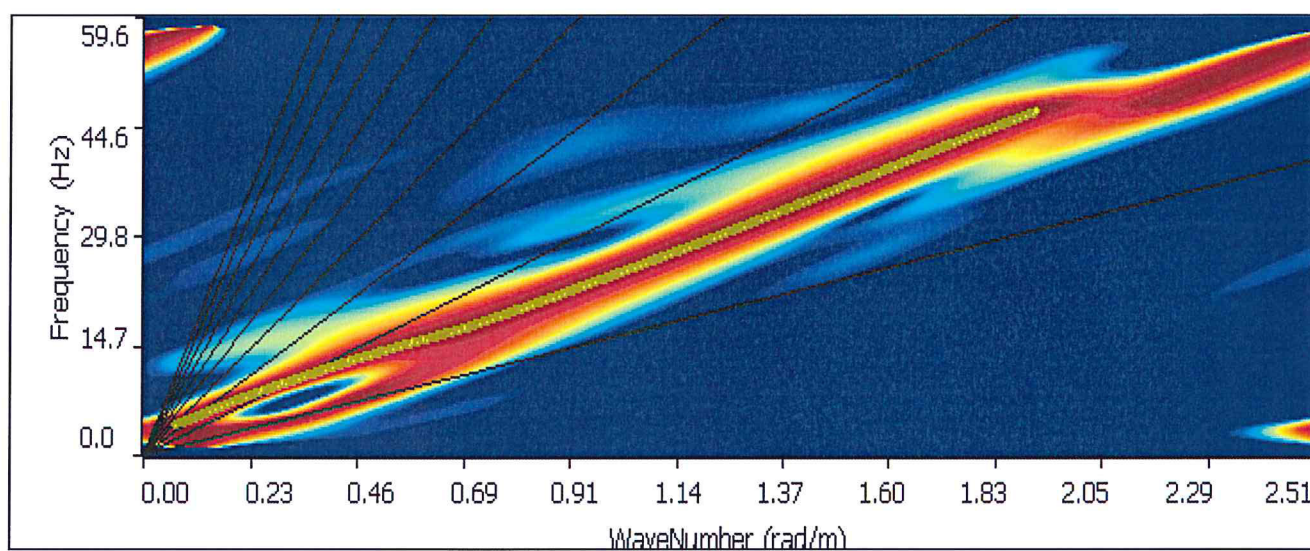
CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Allegati

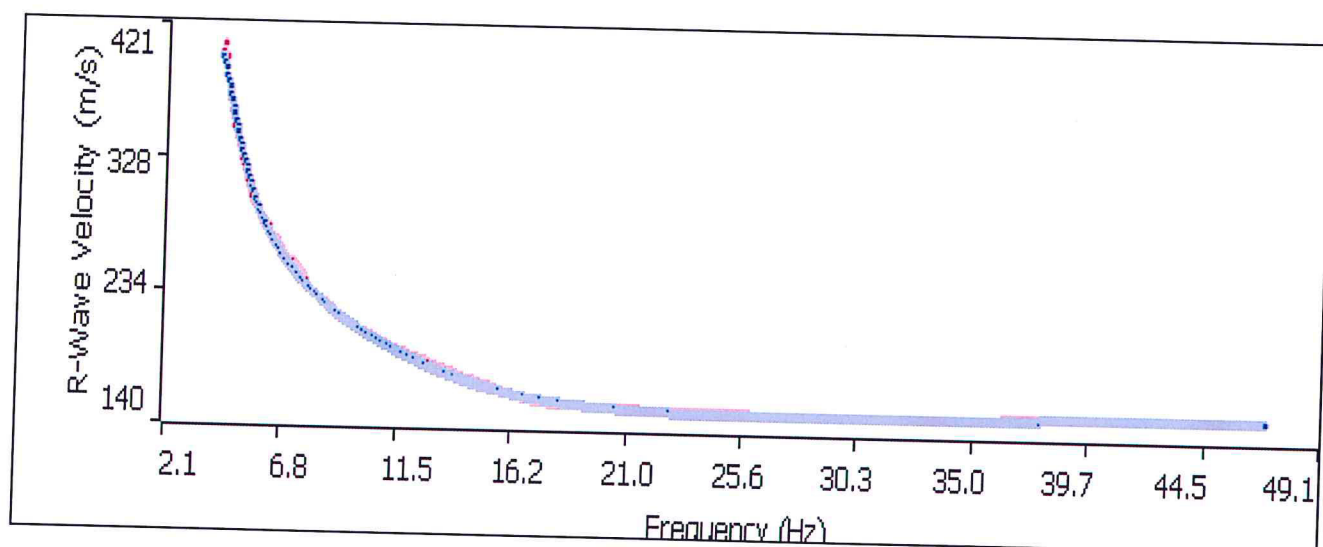
Sismogramma



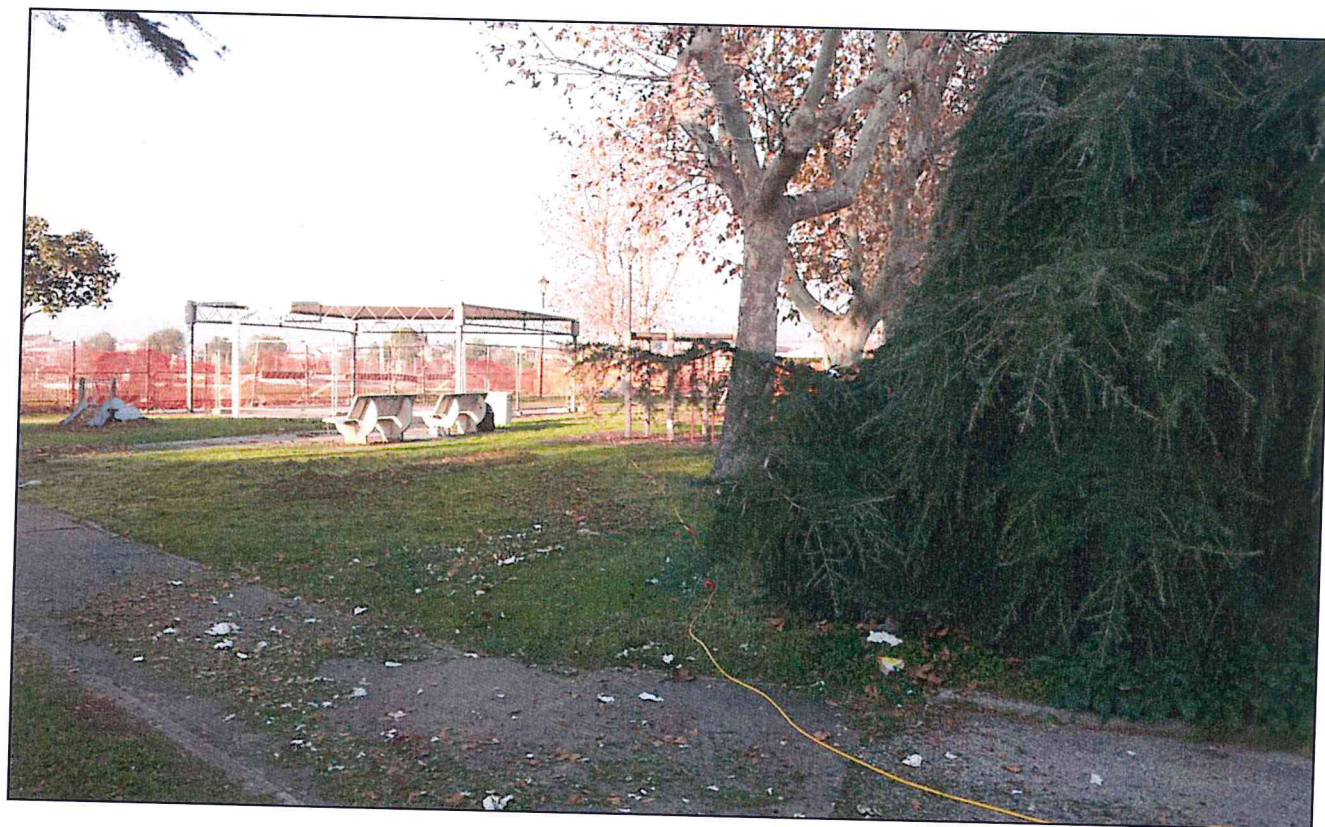
Spettro F -K



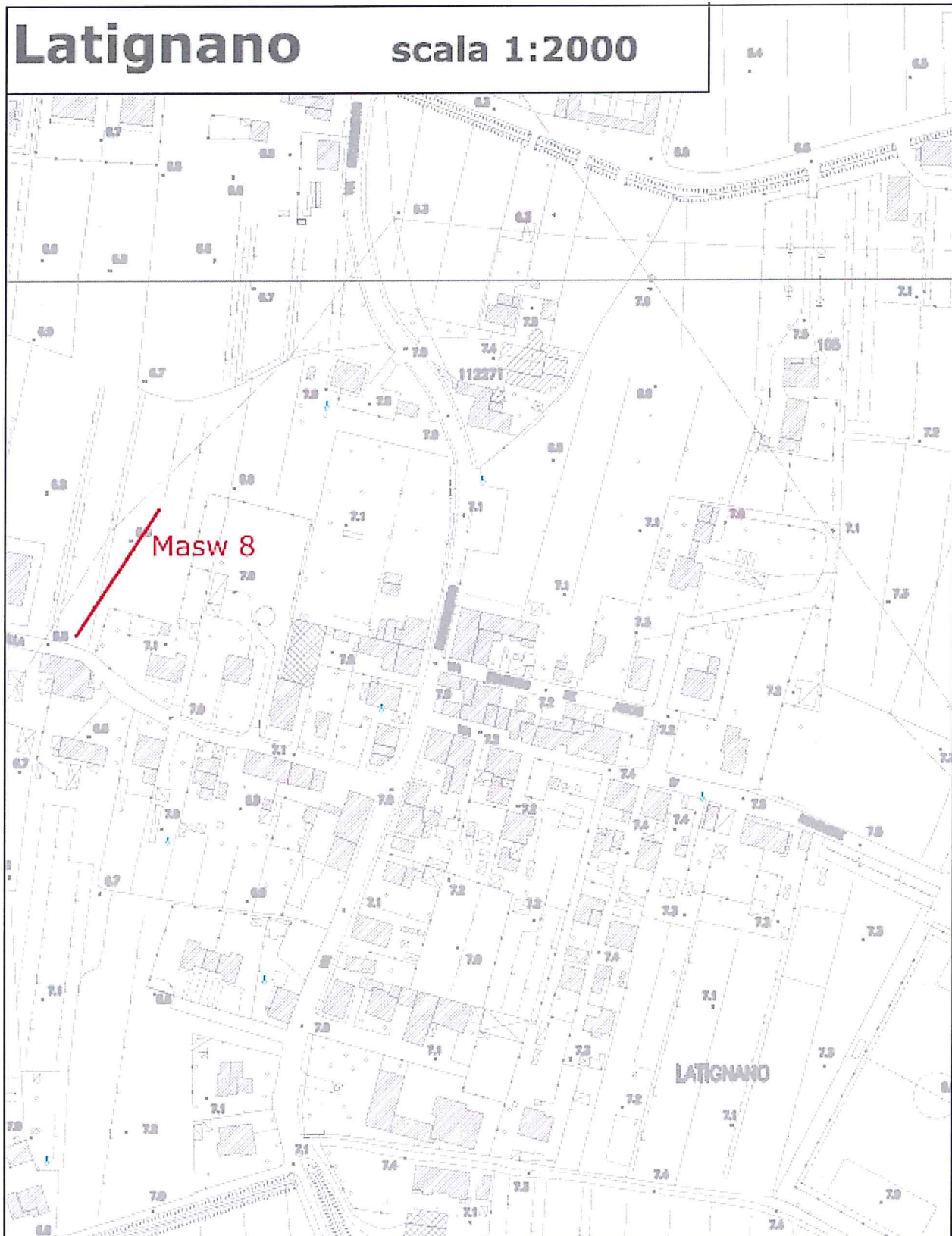
Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



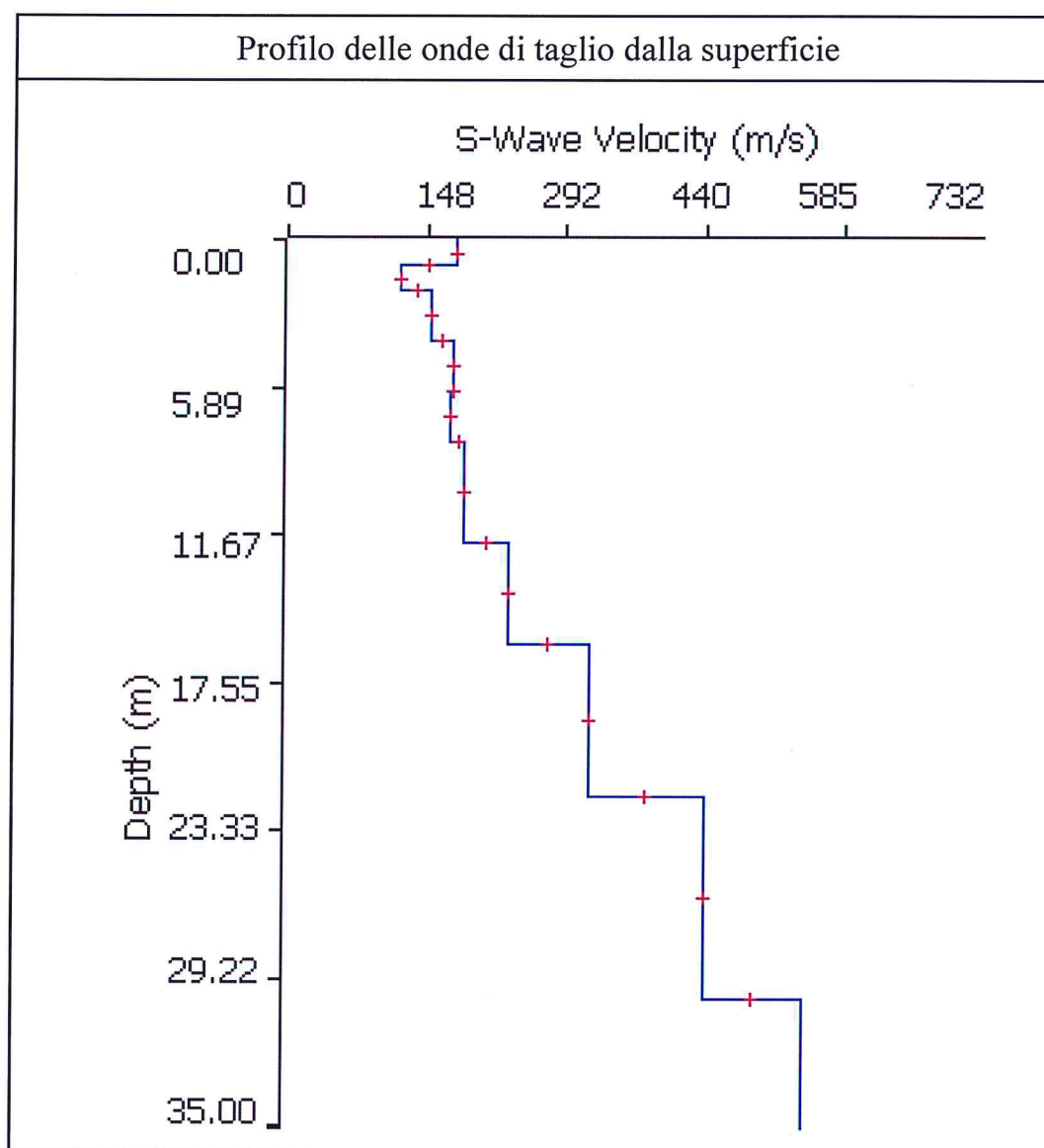
- INDAGINE DI SISMICA MASW 8



Ubicazione indagine

Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
1	0	176	351	0.333	1.8
1	1	117	233	0.333	1.8
2	2	152	304	0.333	1.8
2	4	174	349	0.333	1.8
2	6	172	344	0.333	1.8
4	8	186	371	0.333	1.8
4	12	234	467	0.333	1.8
6	16	318	636	0.333	1.8
8	22	440	879	0.333	1.8
	30	542	1082	0.333	1.8

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

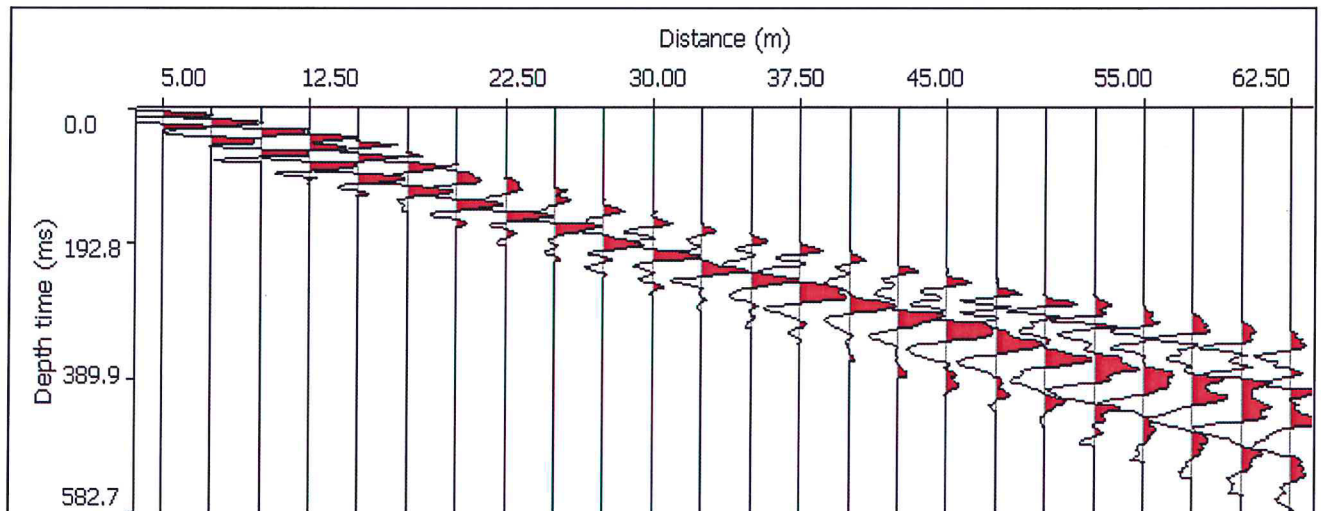
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 238 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

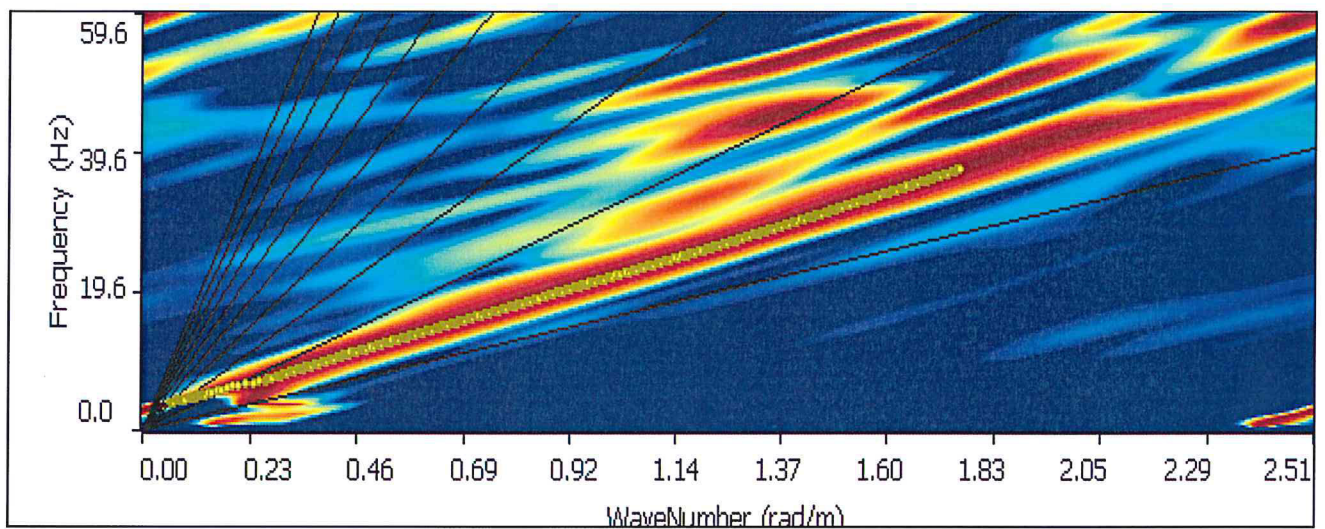
CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Allegati

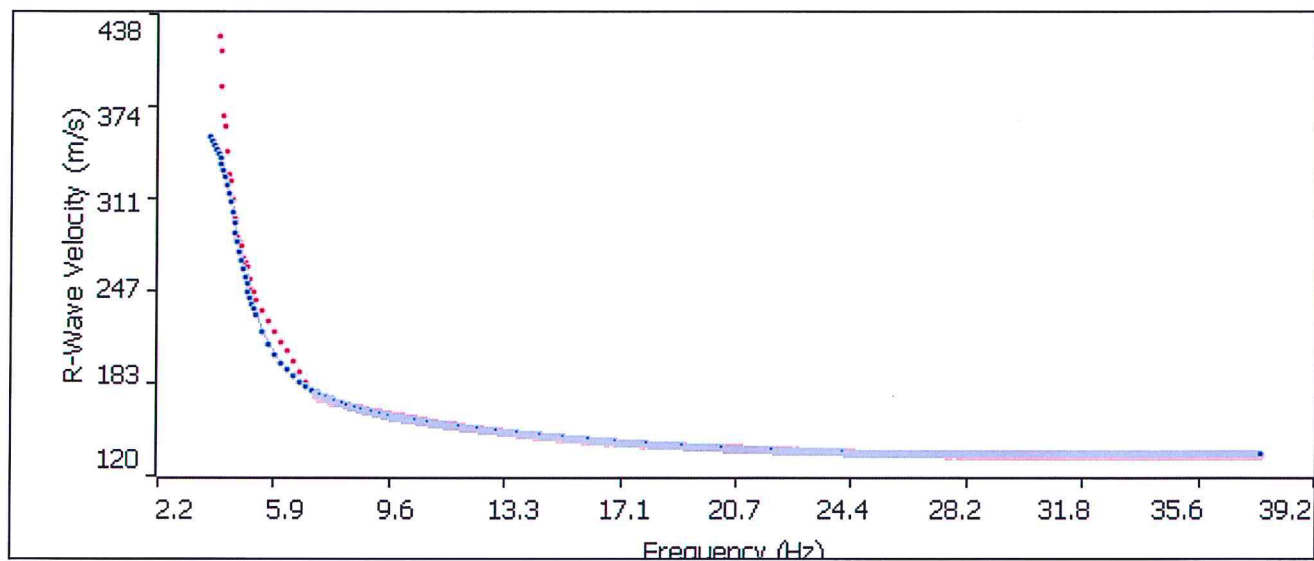
Sismogramma



Spettro F - K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Carte delle Frequenze

Comune di Cascina 1
Scala 1:10000

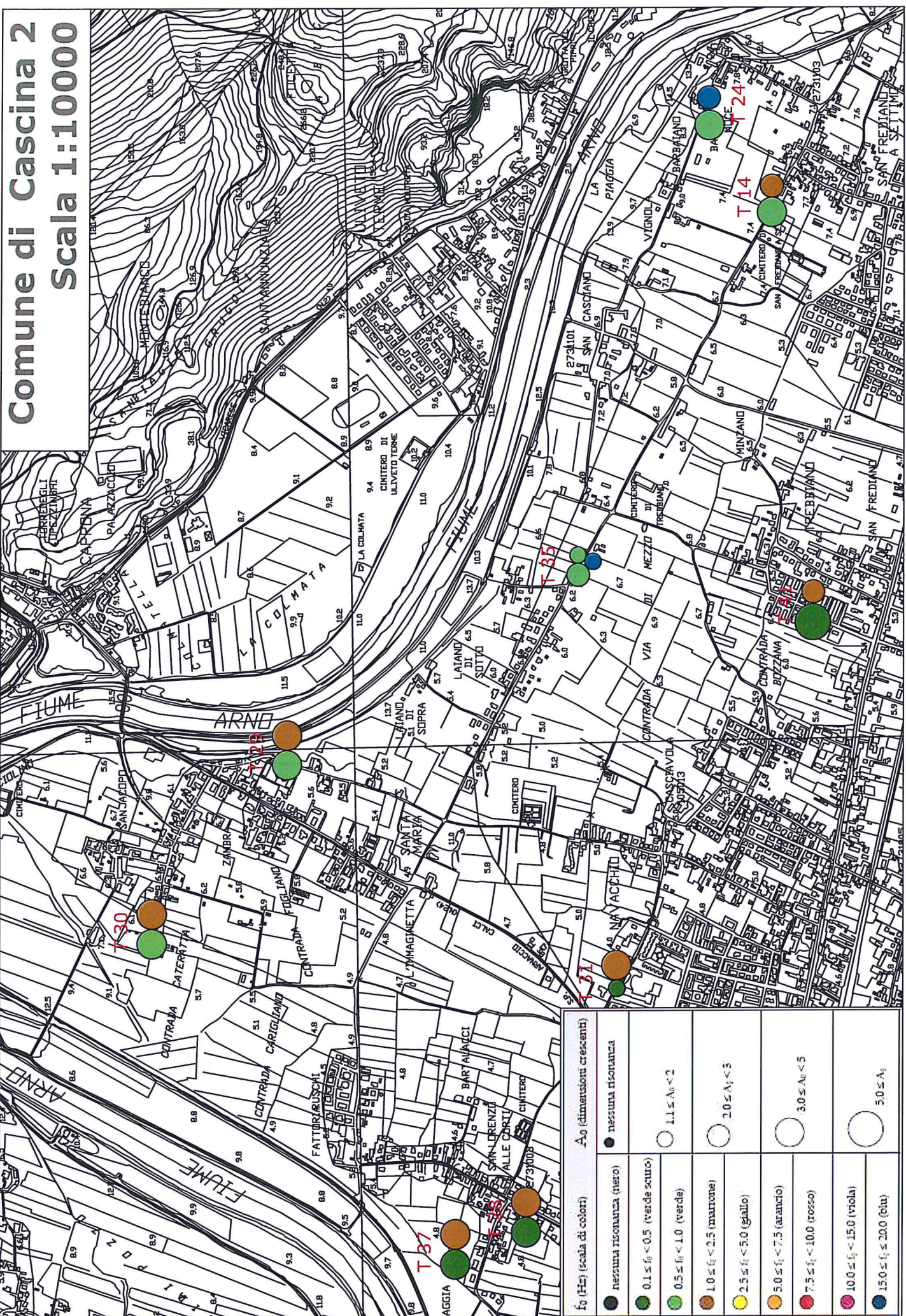
Legend:

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
nessuna risonanza (nero)	nessuna risonanza
$0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	$1.1 \leq A_0 < 2$
$0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	$2.0 \leq A_0 < 3$
$1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	$3.0 \leq A_0 < 5$
$2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	$5.0 \leq A_0$
$5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
$7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
$10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	
$15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	○ $5.0 \leq A_0$
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

Comune di Cascina 2

Scala 1:10000



f_0 (Hz)	scala di colori	Δf_0 (dimensioni crescenti)
nessuna risonanza (nero)	nessuna risonanza (nero)	nessuna risonanza
$0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	$0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	$1.1 \leq \Delta f_0 < 2$
$0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	$0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	$2.0 \leq \Delta f_0 < 3$
$1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	$1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	$3.0 \leq \Delta f_0 < 5$
$2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	$2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	$5.0 \leq \Delta f_0 < 10.0$ (rosso)
$5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	$5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	$10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)
$7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	$7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	$15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)
$10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	$10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	
$15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	$15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

Comune di Cascina 3
Scala 1:10000

Legenda:

f ₀ (Hz) (scala di colori)	A ₀ (dimensioni crescenti)
nessuna risonanza (nero)	nessuna risonanza
0.1 ≤ f ₀ < 0.5 (verde scuro)	1.1 ≤ A ₀ < 2
0.5 ≤ f ₀ < 1.0 (verde)	2.0 ≤ A ₀ < 3
1.0 ≤ f ₀ < 2.5 (marrone)	3.0 ≤ A ₀ < 5
2.5 ≤ f ₀ < 5.0 (giallo)	5.0 ≤ A ₀
5.0 ≤ f ₀ < 7.5 (arancio)	
7.5 ≤ f ₀ < 10.0 (rosso)	
10.0 ≤ f ₀ < 15.0 (viola)	
15.0 ≤ f ₀ < 20.0 (blu)	

f ₀ (Hz) (scala di colori)		A ₀ (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza	
● 0.1 ≤ f ₀ < 0.5 (verde scuro)	○ 1.1 ≤ A ₀ < 2	
● 0.5 ≤ f ₀ < 1.0 (verde)	○ 2.0 ≤ A ₀ < 3	
● 1.0 ≤ f ₀ < 2.5 (marrone)	○ 3.0 ≤ A ₀ < 5	
● 2.5 ≤ f ₀ < 5.0 (giallo)		
● 5.0 ≤ f ₀ < 7.5 (arancio)		
● 7.5 ≤ f ₀ < 10.0 (rosso)		
● 10.0 ≤ f ₀ < 15.0 (viola)	○ 5.0 ≤ A ₀	
● 15.0 ≤ f ₀ < 20.0 (blu)		

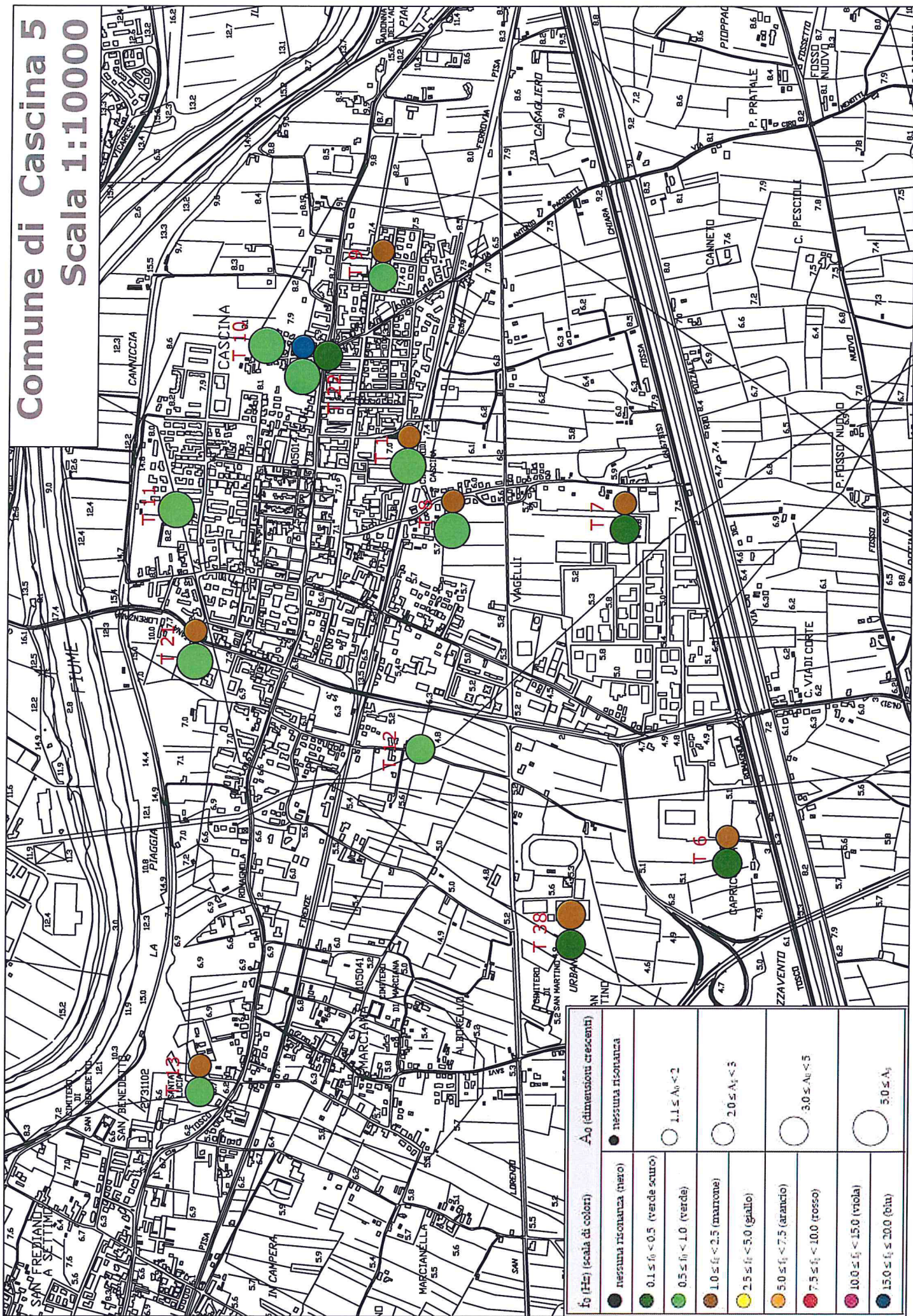
Comune di Cascina 4

Scala 1:10000



Comune di Cascina 5

Scala 1:10000



f ₀ (Hz) (scala di colori)	A ₀ (dimensioni crescenti)
nessuna risonanza (nero)	nessuna risonanza
0.1 ≤ f ₀ < 0.5 (verde scuro)	1.1 ≤ A ₀ < 2
0.5 ≤ f ₀ < 1.0 (verde)	2.0 ≤ A ₀ < 3
1.0 ≤ f ₀ < 2.5 (marone)	3.0 ≤ A ₀ < 5
2.5 ≤ f ₀ < 5.0 (giallo)	5.0 ≤ A ₀
5.0 ≤ f ₀ < 7.5 (arancio)	
7.5 ≤ f ₀ < 10.0 (rosso)	
10.0 ≤ f ₀ < 15.0 (viola)	
15.0 ≤ f ₀ < 20.0 (blu)	

Comune di Cascina 6
Scala 1:10000

Legenda:

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
nessuna risonanza (nero)	nessuna risonanza
$0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	$1.1 \leq A_0 < 2$
$0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	$2.0 \leq A_0 < 3$
$1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	$3.0 \leq A_0 < 5$
$2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	$5.0 \leq A_0 < 7.5$ (arancio)
$5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	$7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)
$7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	$10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)
$10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	$15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)
$15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	○ $5.0 \leq A_0$
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

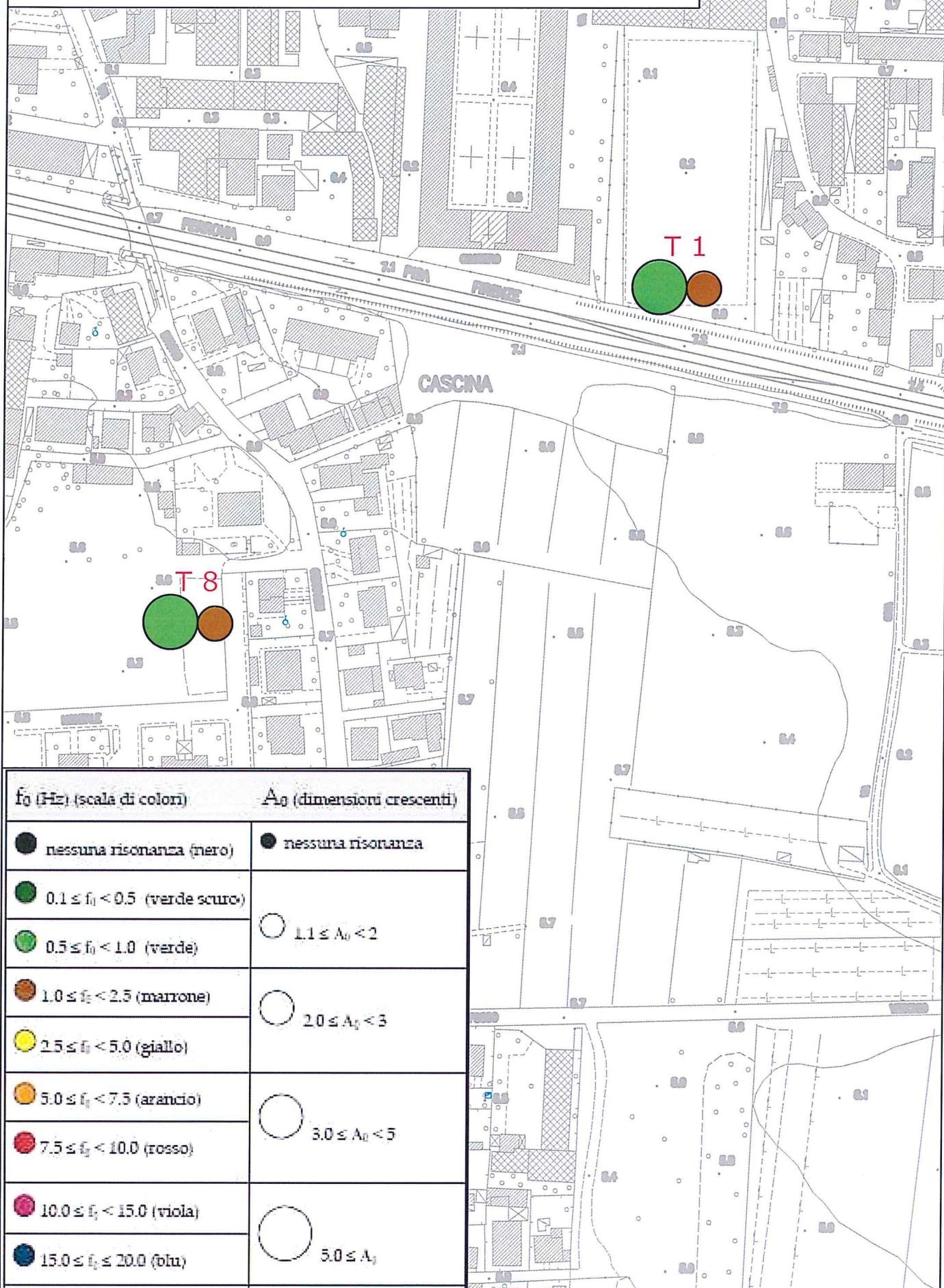
Comune di Cascina 7
Scala 1:10000



Misure HVSR Cascina

Cascina

scala 1:2000



T1

Instrument: TZ3-0001/01-13

Start recording: 21/11/13 13:16:38 End recording: 21/11/13 13:36:38

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 28% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

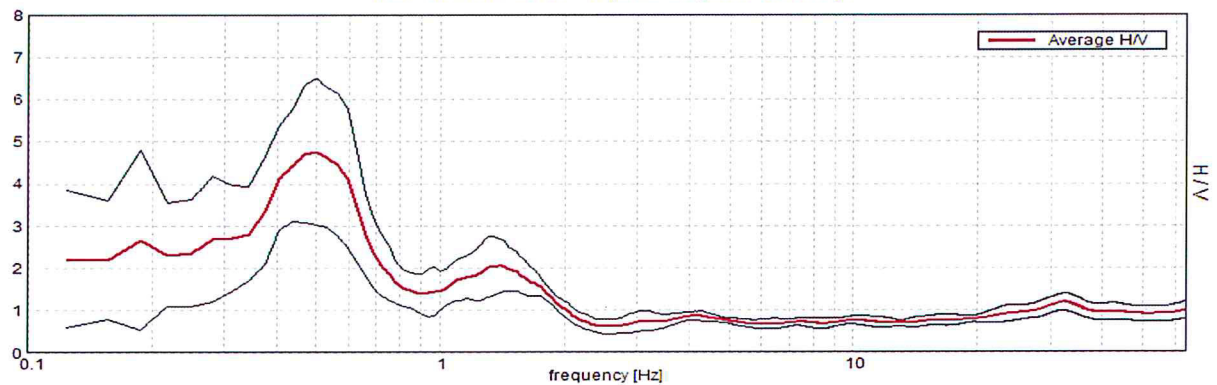
Window size: 30 s

Smoothing type: Triangular window

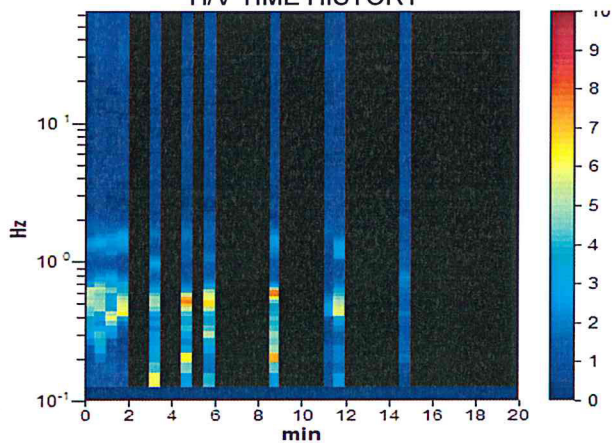
Smoothing: 15%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

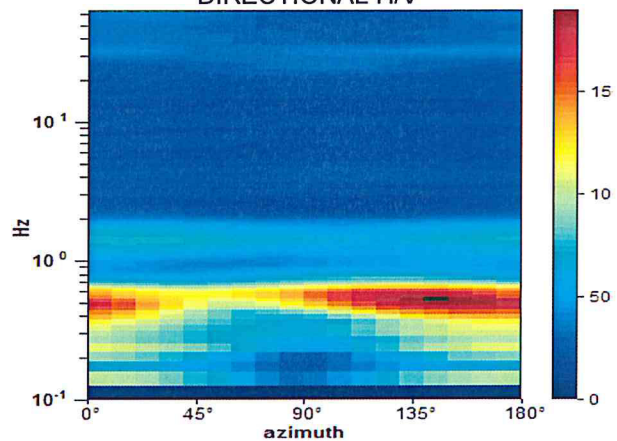
Max. H/V at 0.5 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



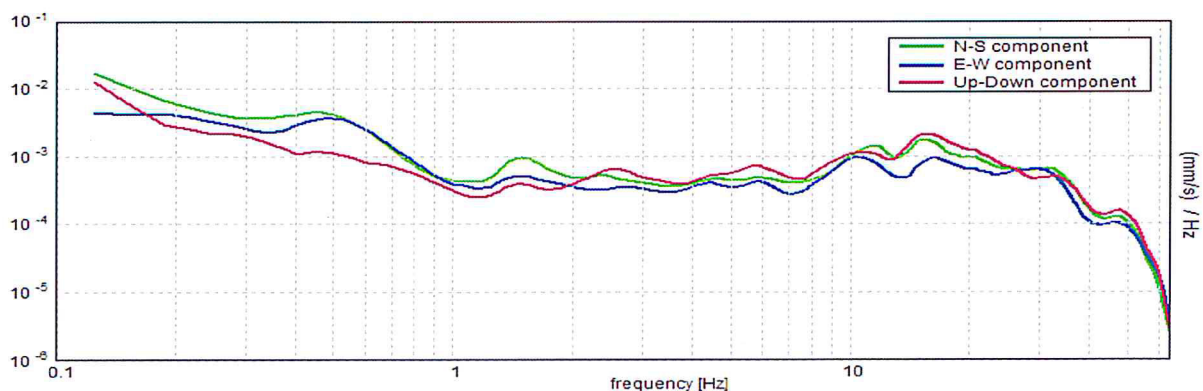
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.5 ± 0.07 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.50 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$165.0 > 200$		NO
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 25 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.75 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13325 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06663 < 0.075$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.7435 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Cascina

scala 1:2000

T 38



50101

P18

T 6

CAPRICCINA

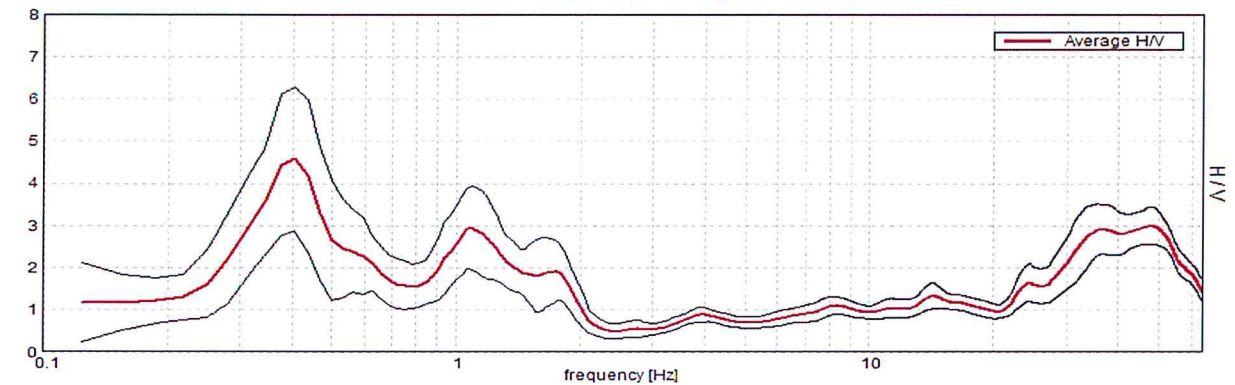
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 6

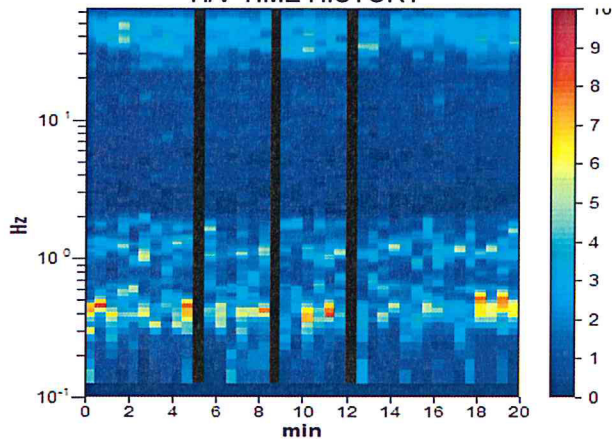
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 28/11/13 11:08:26 End recording: 28/11/13 11:28:26
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

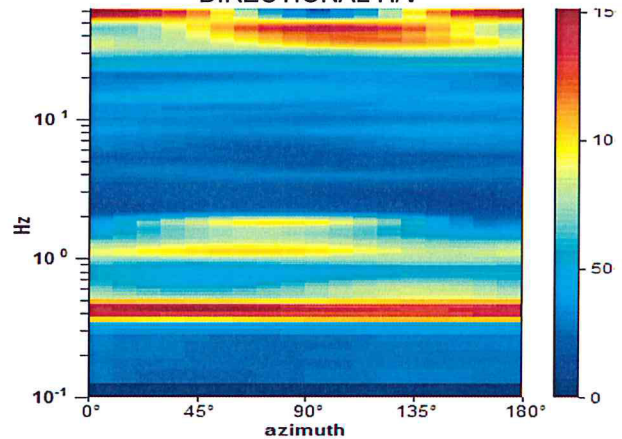
Max. H/V at 0.41 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



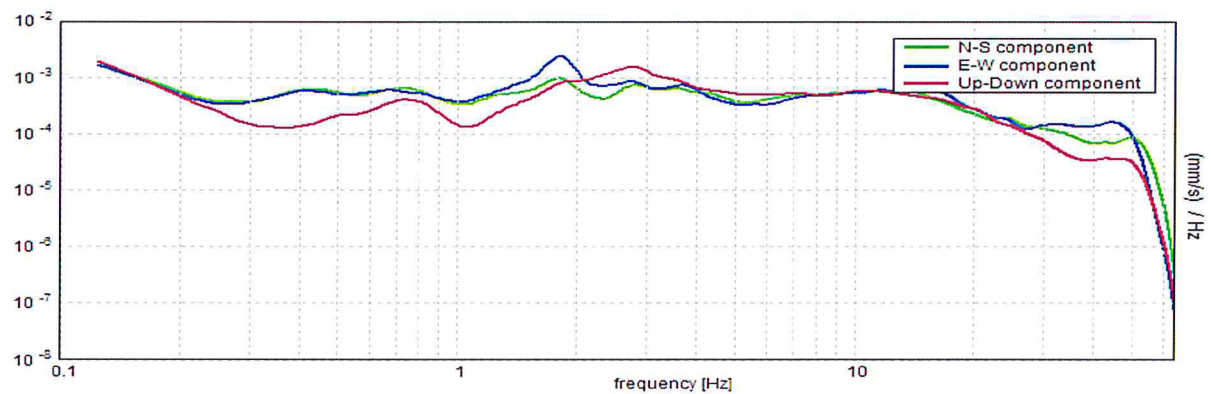
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.41 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.41 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$450.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

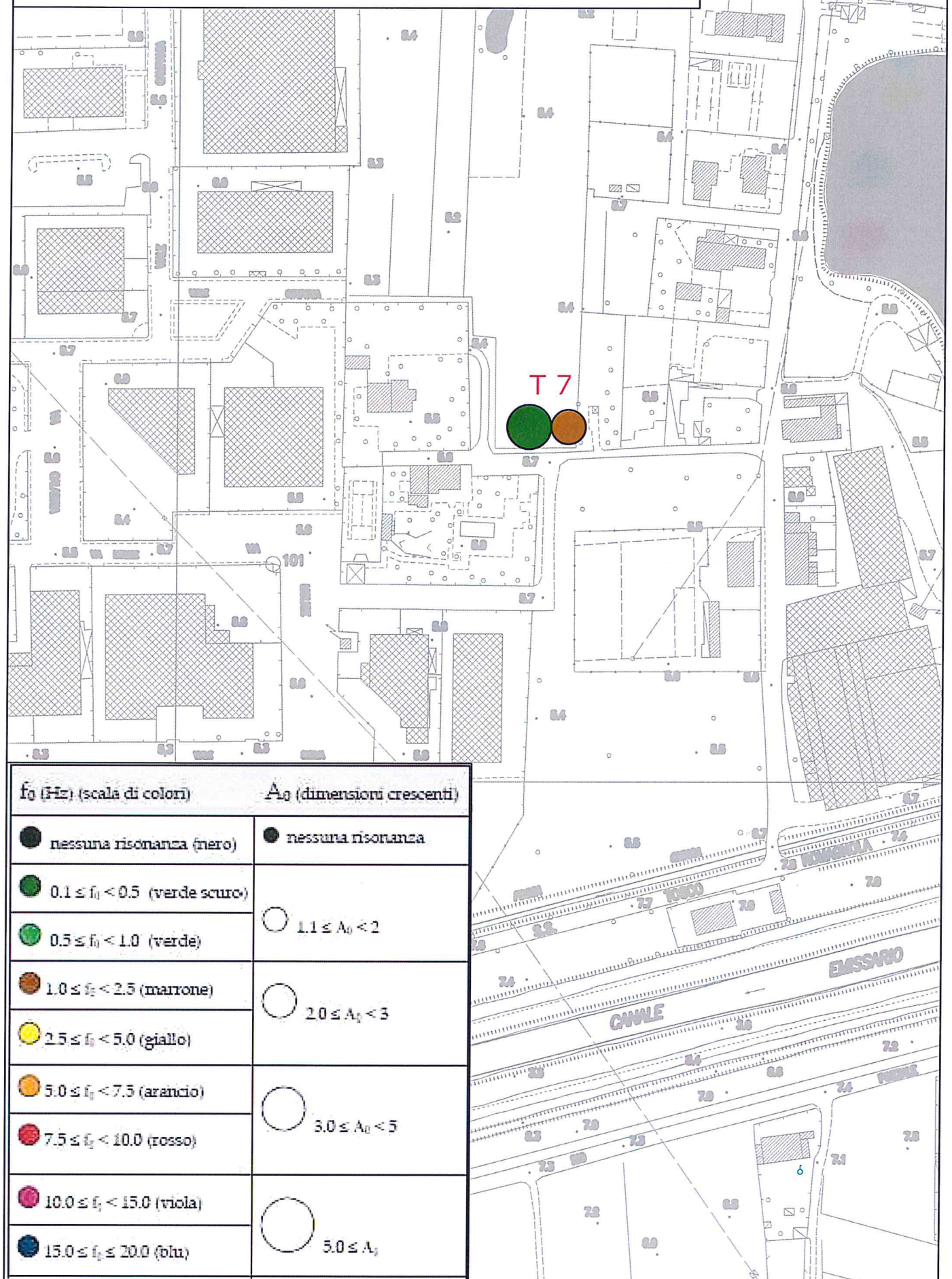
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.281 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.59 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04194 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01704 < 0.08125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.6918 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

scala 1:2000



T 7

Instrument: TZ3-0001/01-13

Start recording: 28/11/13 11:46:24 End recording: 28/11/13 12:06:24

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 50% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

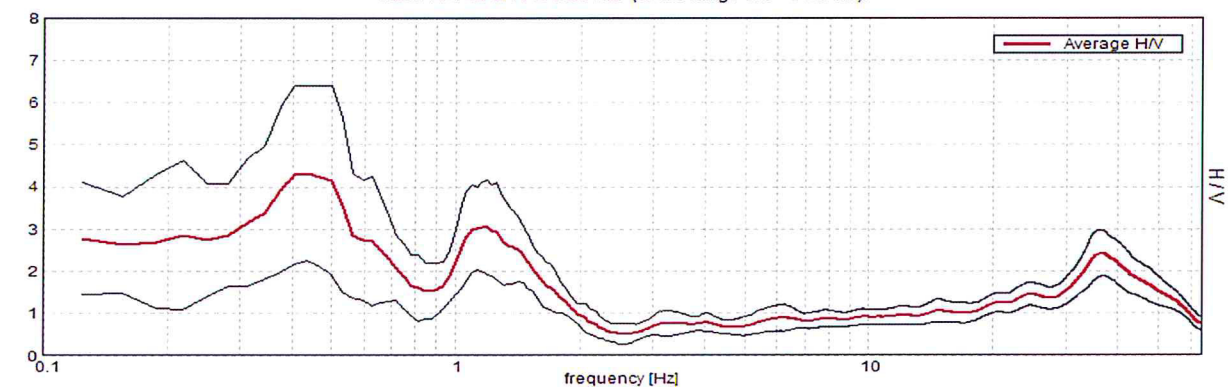
Window size: 30 s

Smoothing type: Triangular window

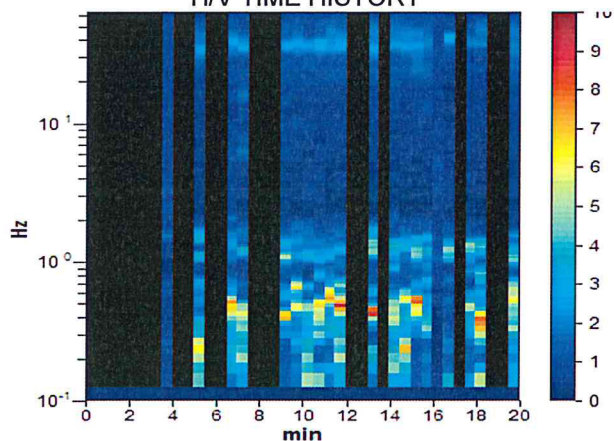
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

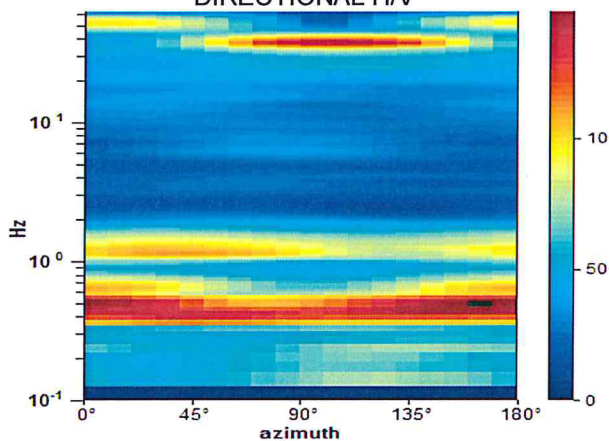
Max. H/V at 0.44 ± 0.26 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



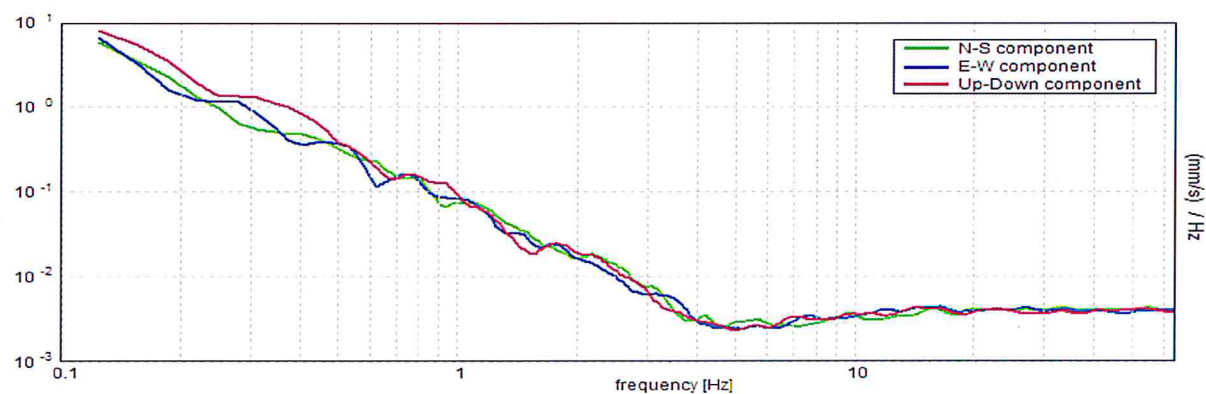
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.44 ± 0.26 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.44 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$262.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 22 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.32 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.59269 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.2593 < 0.0875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$2.0753 < 2.5$	OK	

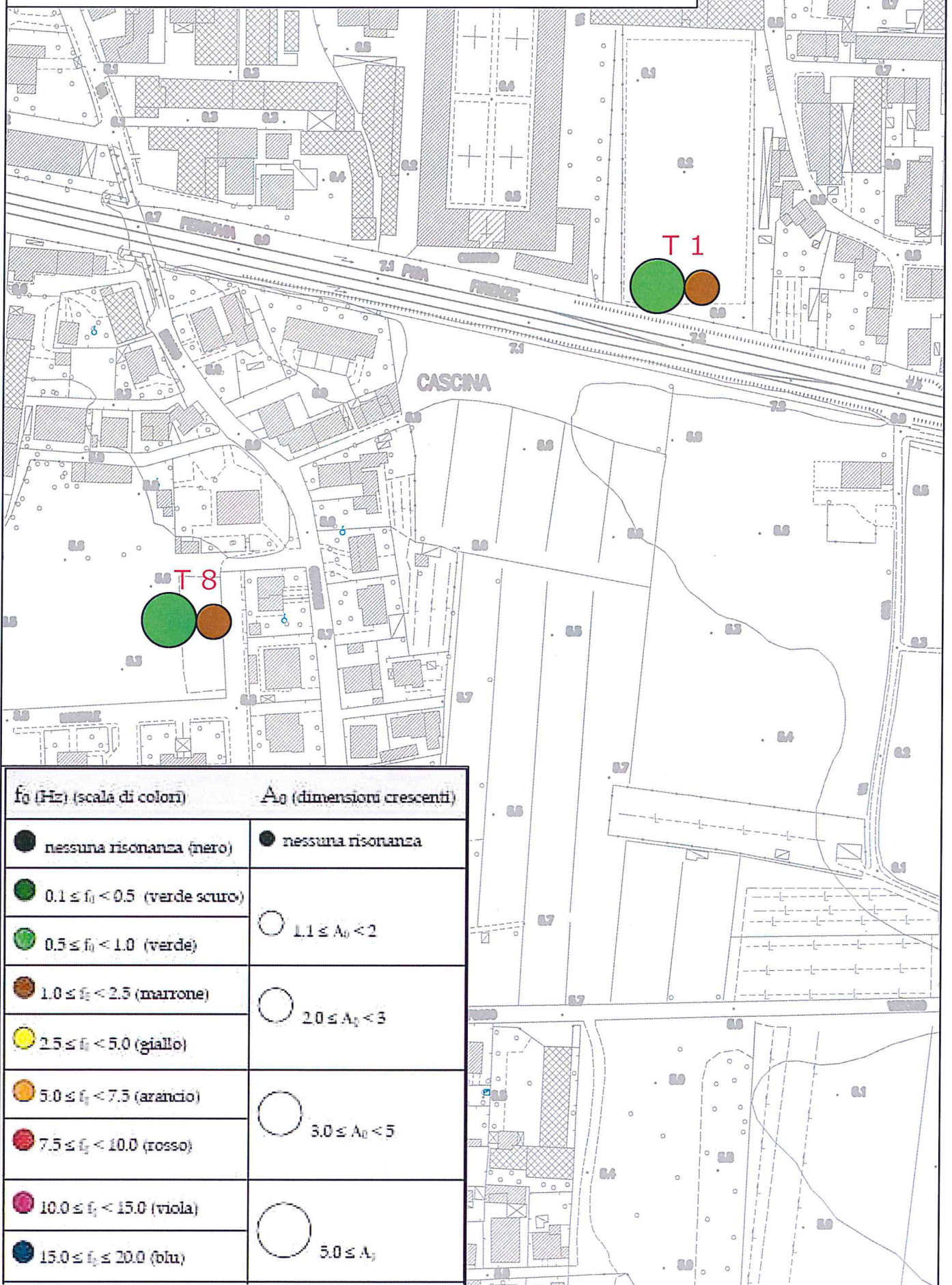
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Cascina

scala 1:2000

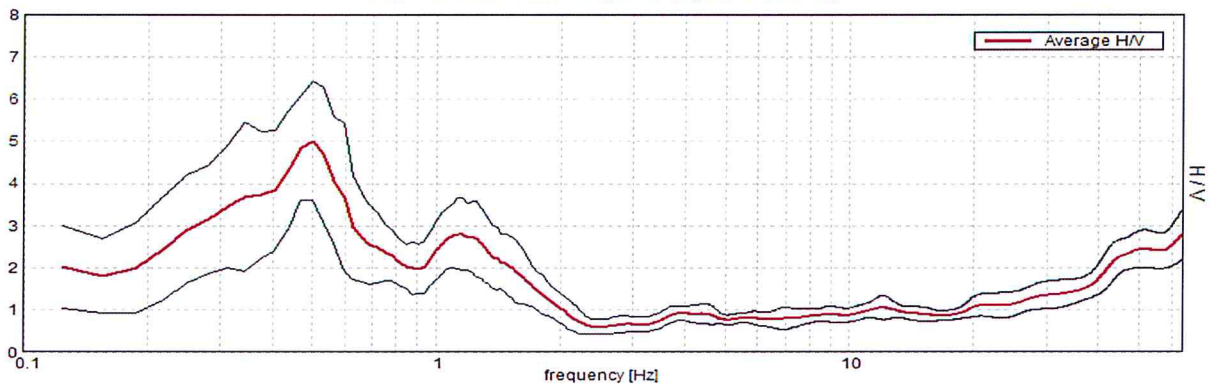


T 8

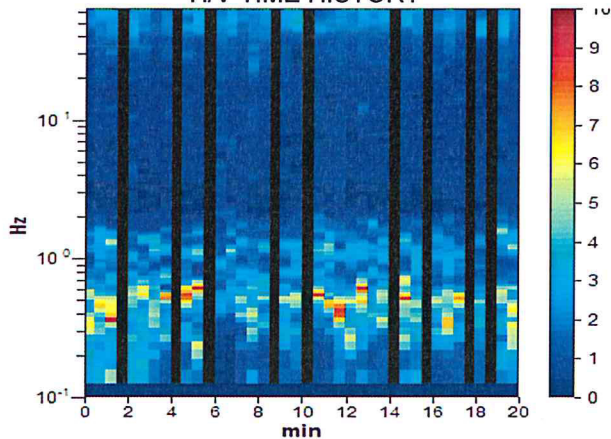
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 28/11/13 12:36:19 End recording: 28/11/13 12:56:19
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

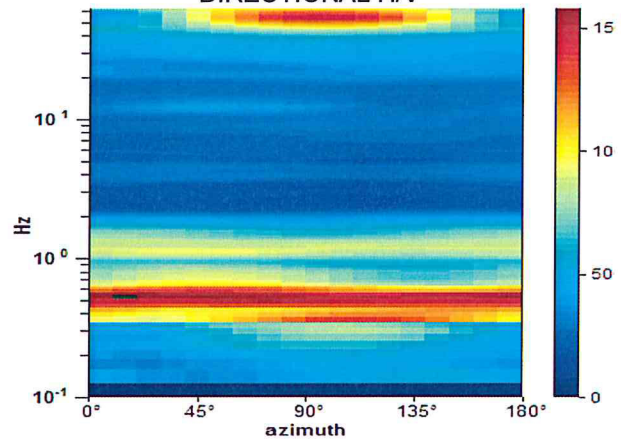
Max. H/V at 0.5 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



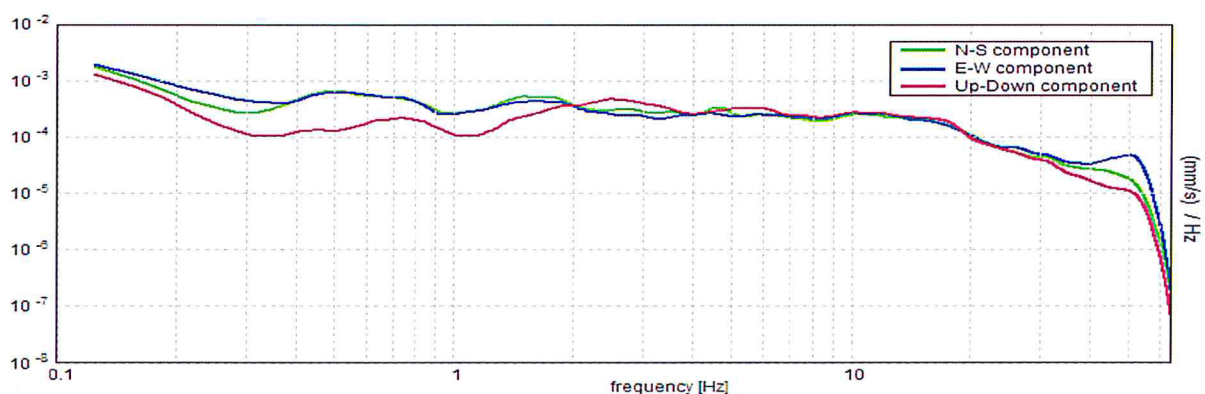
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.5 ± 0.07 Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.50 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$465.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 25 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.00 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1361 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06805 < 0.075$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.4152 < 2.0$	OK	

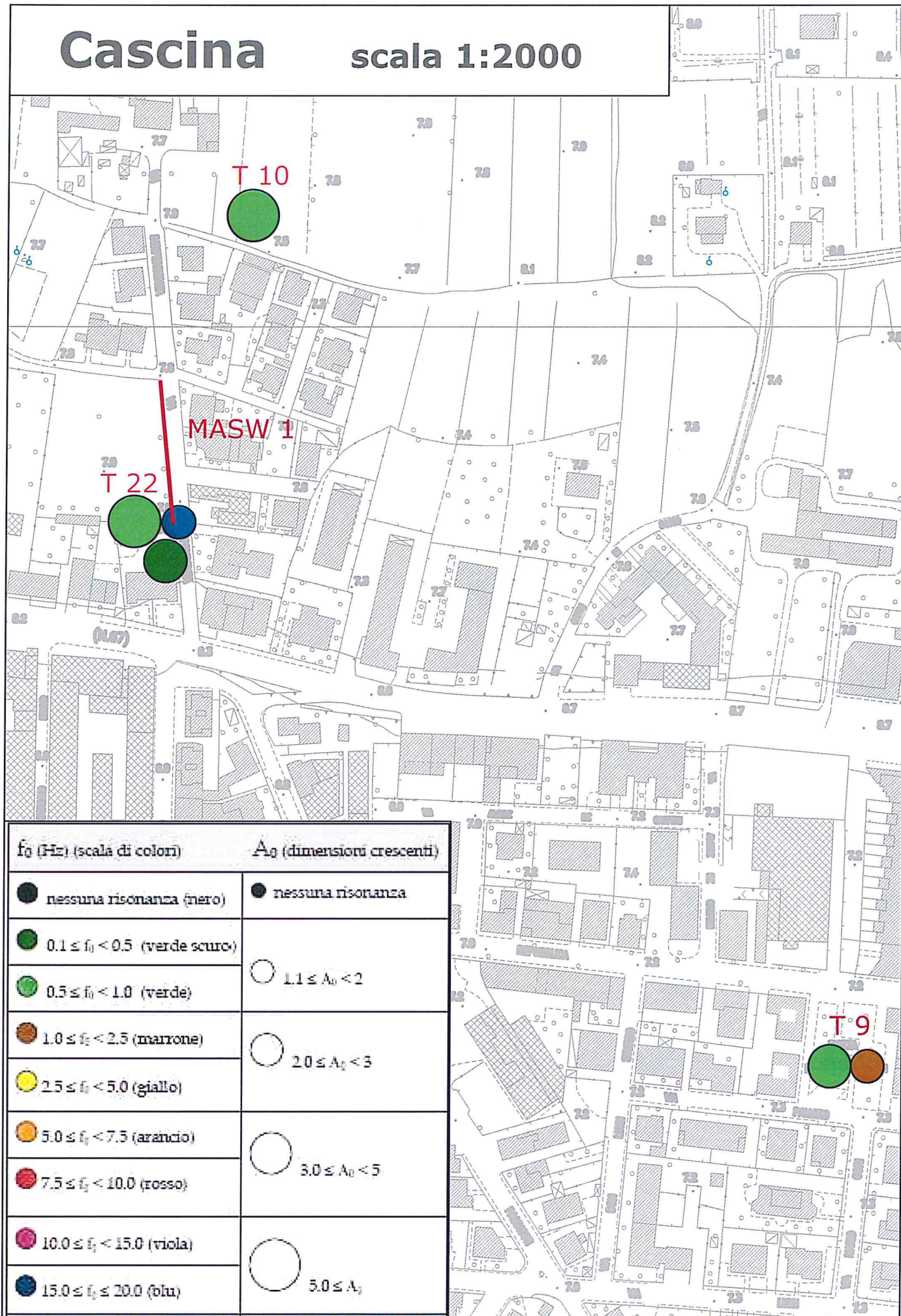
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Cascina

scala 1:2000



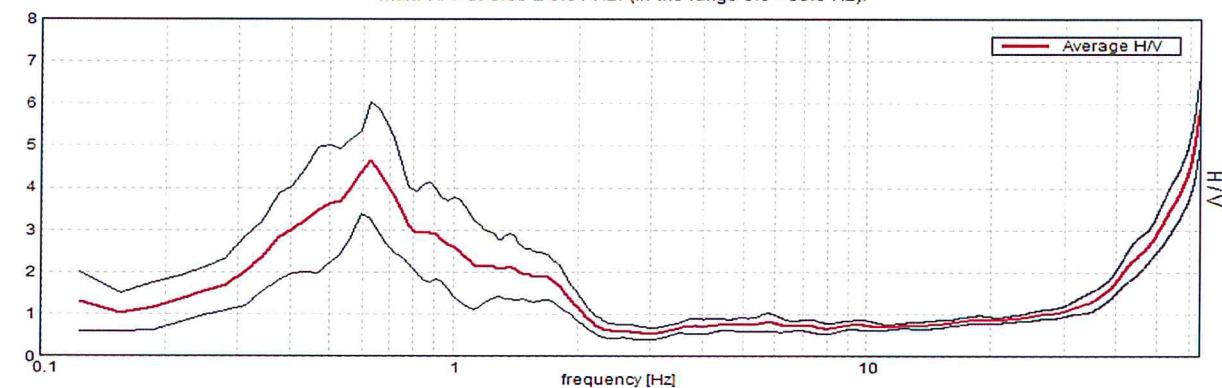
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	○ $5.0 \leq A_0$
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 9

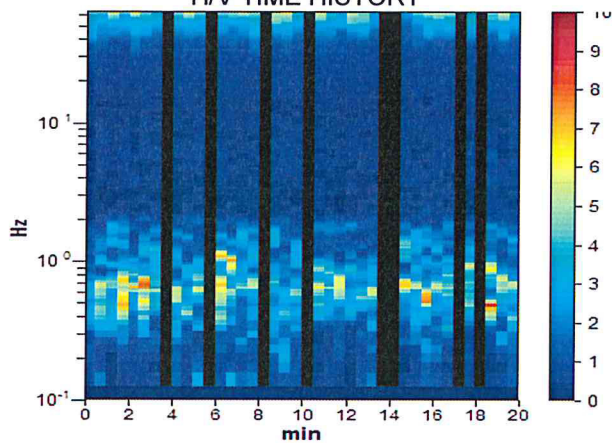
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 28/11/13 13:21:06 End recording: 28/11/13 13:41:06
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 80% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

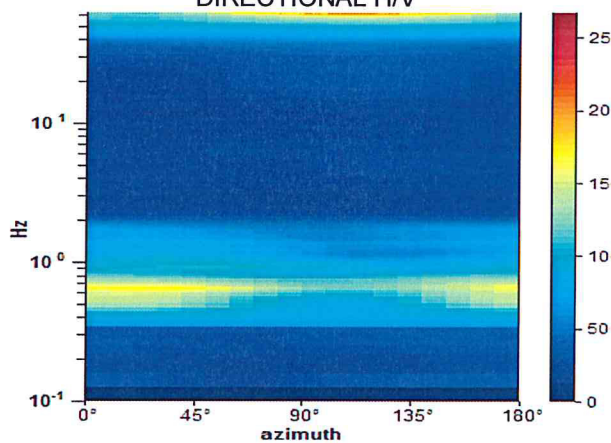
Max. H/V at 0.63 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



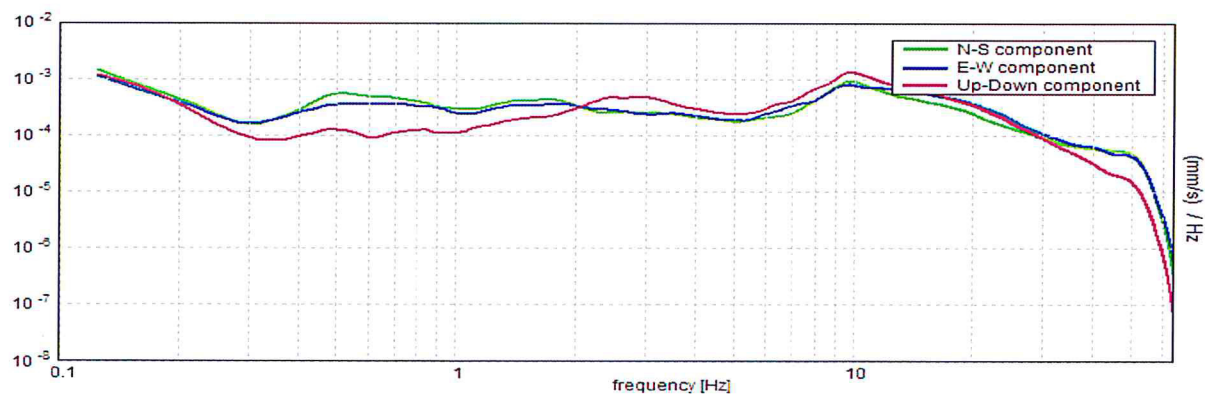
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.63 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$600.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.313 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.65 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01976 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01235 < 0.09375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.3683 < 2.0$	OK	

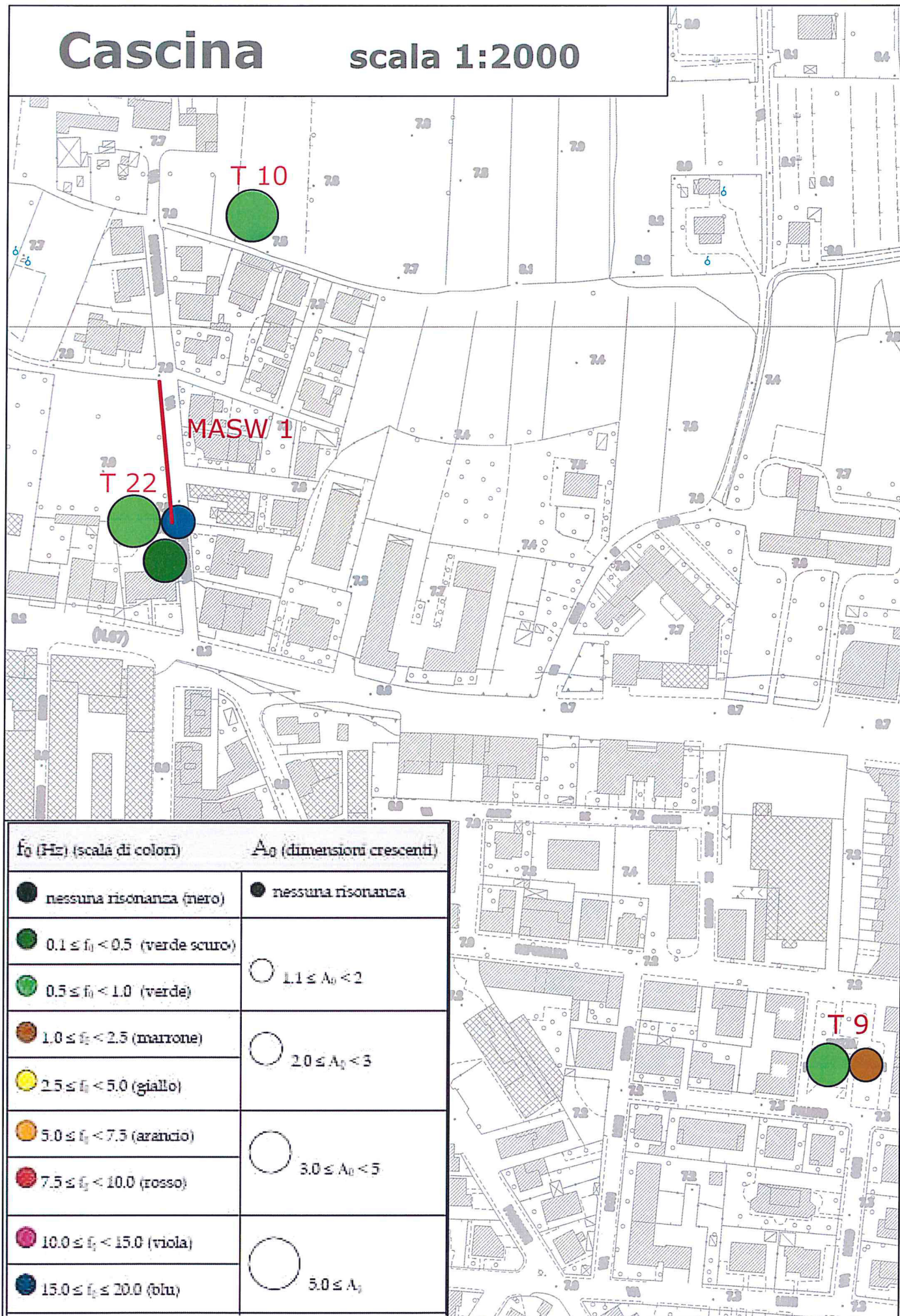
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Cascina

scala 1:2000

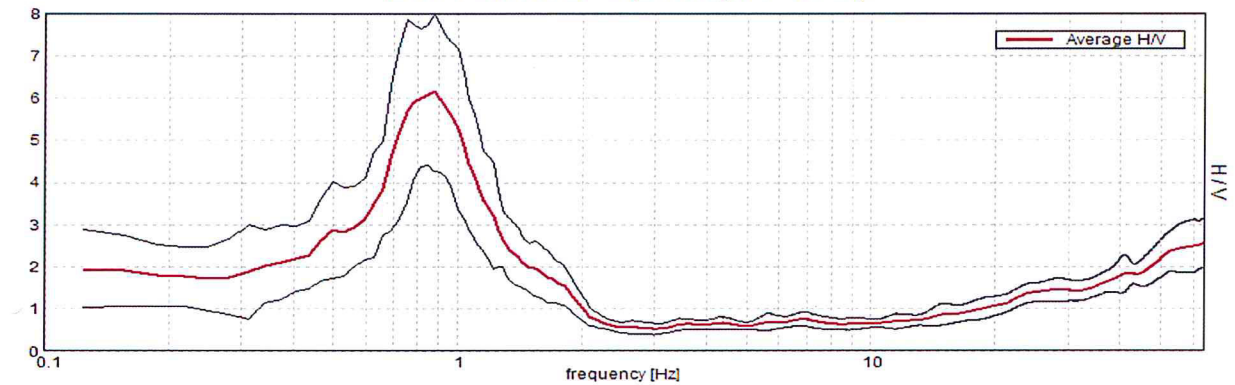


T 10

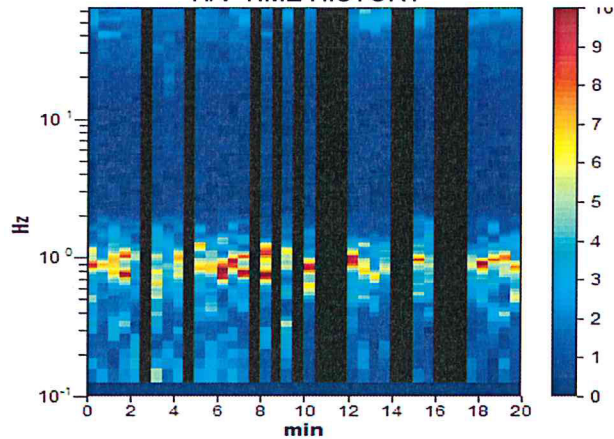
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 28/11/13 13:59:14 End recording: 28/11/13 14:19:14
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 68% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

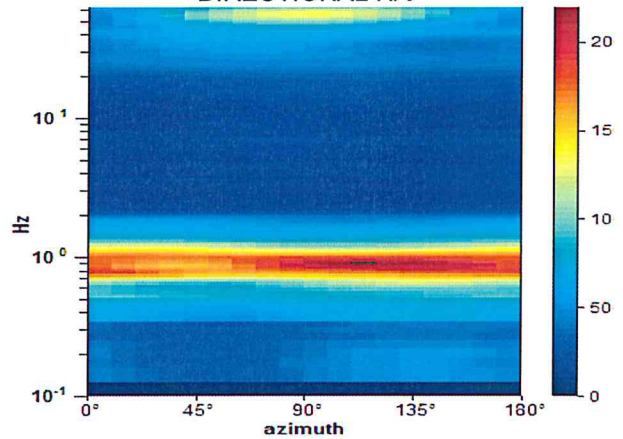
Max. H/V at 0.88 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



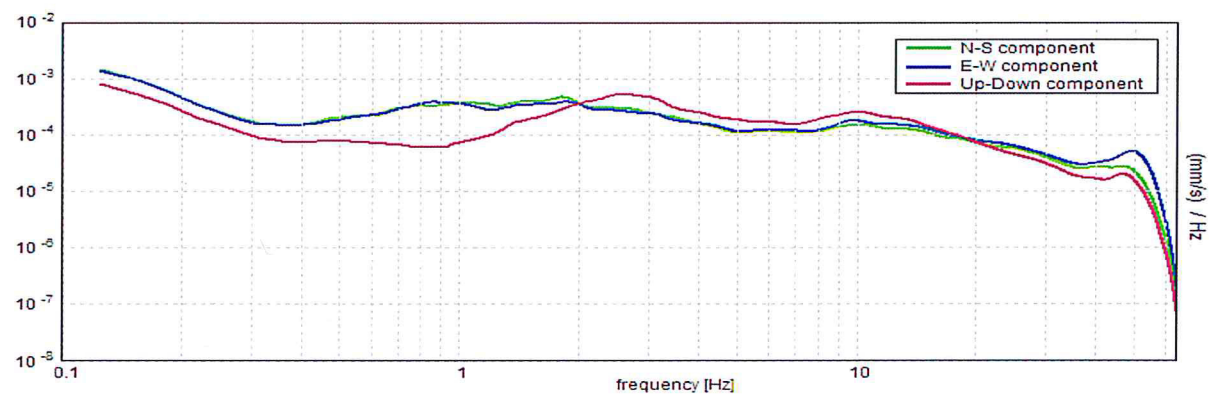
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.88 ± 0.07 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.88 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$708.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 2 out of 43 times		NO

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.563 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.25 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$6.16 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08557 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.07487 < 0.13125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.903 < 2.0$	OK	

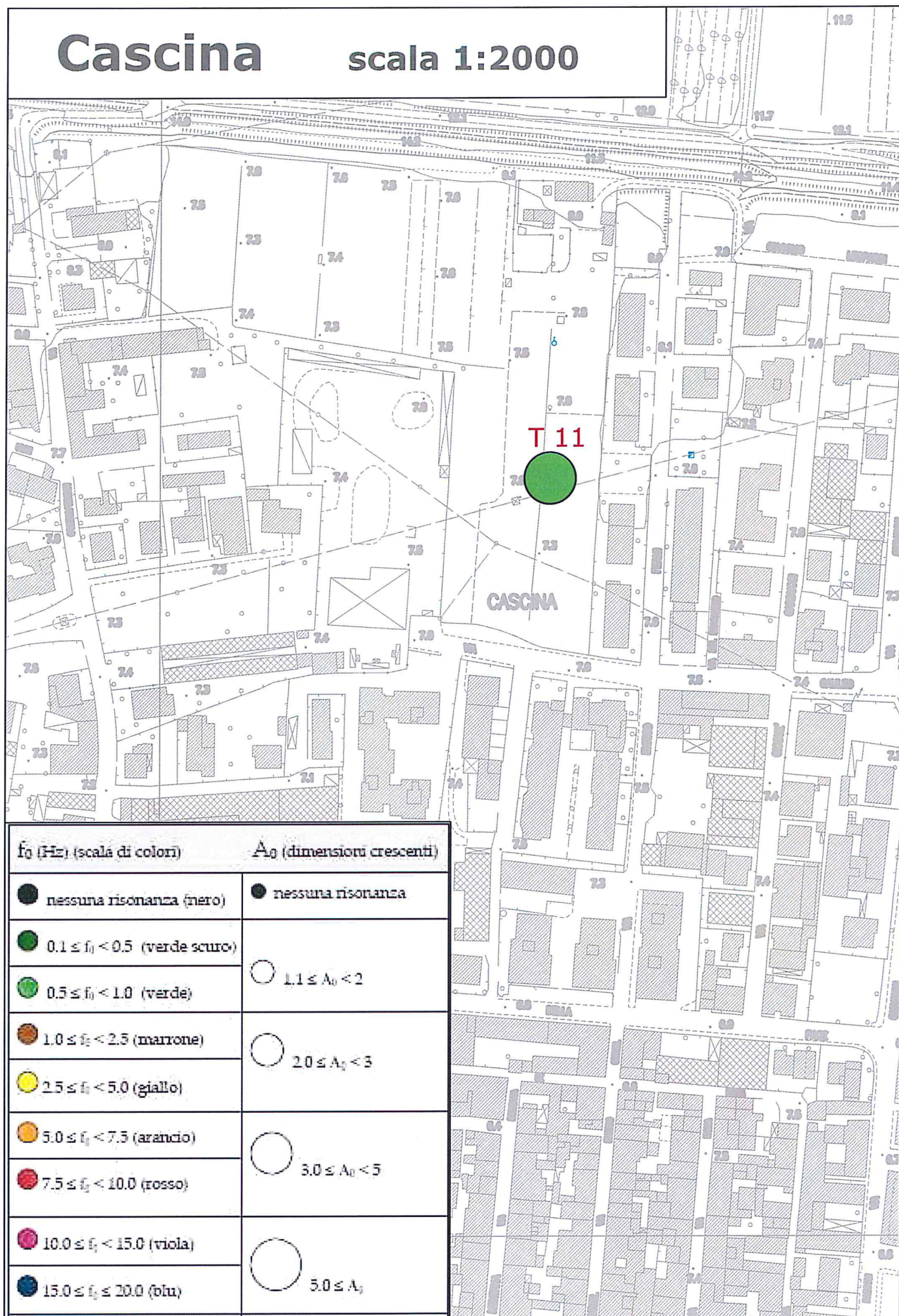
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Cascina

scala 1:2000



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

T 11

Instrument: TZ3-0001/01-13

Start recording: 28/11/13 14:35:10 End recording: 28/11/13 14:55:10

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

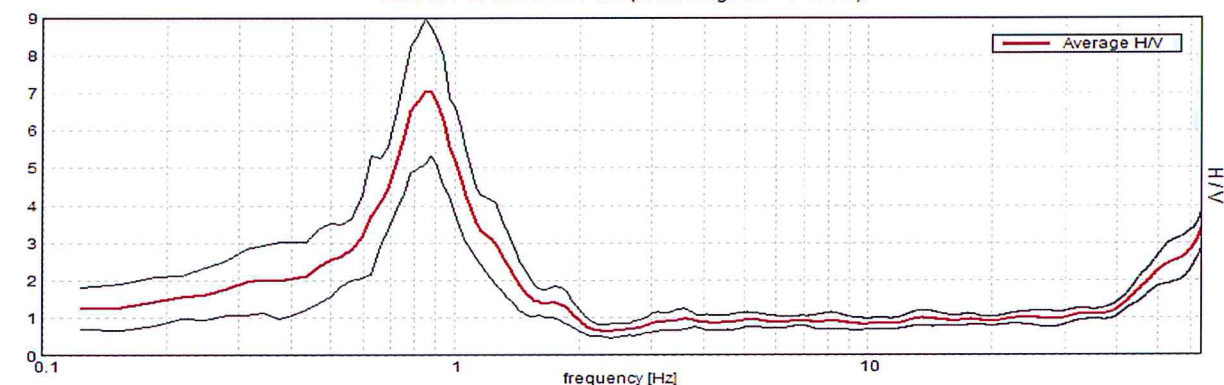
Window size: 30 s

Smoothing type: Triangular window

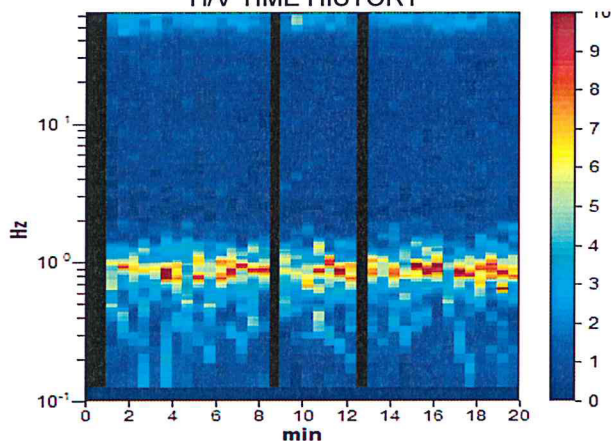
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

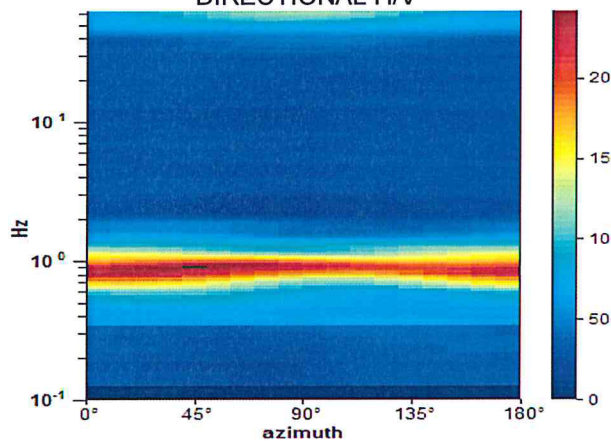
Max. H/V at 0.84 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



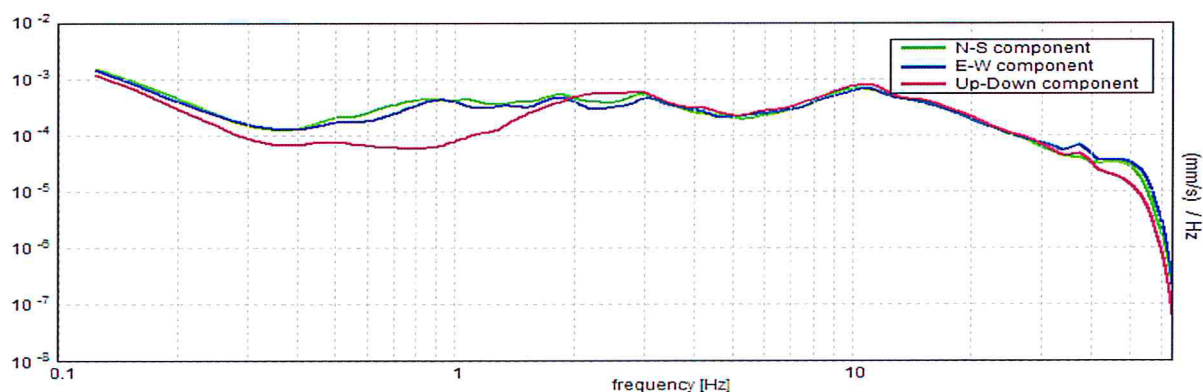
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.84 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.84 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$911.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 42 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.594 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$7.07 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04321 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03646 < 0.12656$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.9629 < 2.0$	OK	

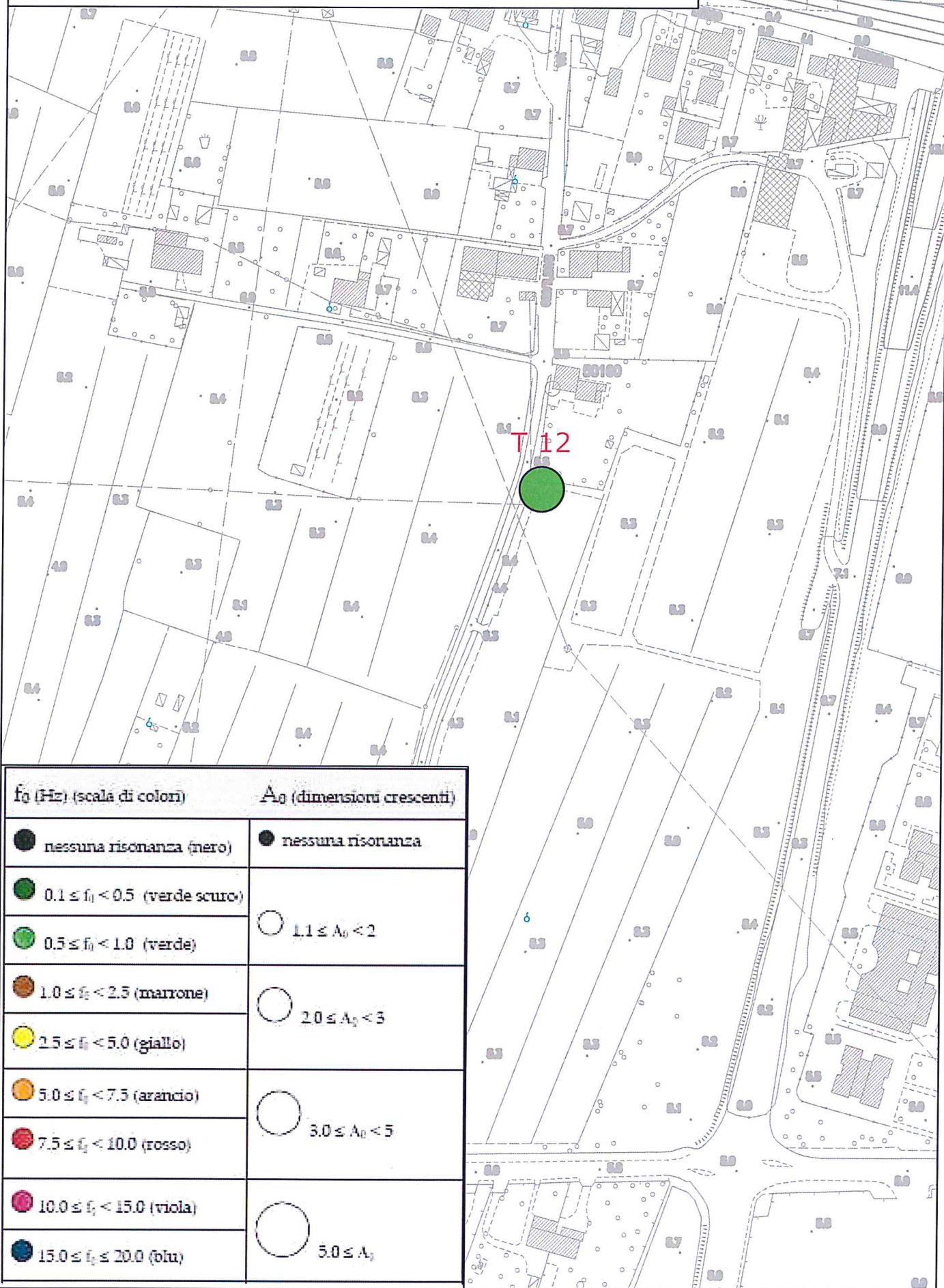
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Cascina

scala 1:2000



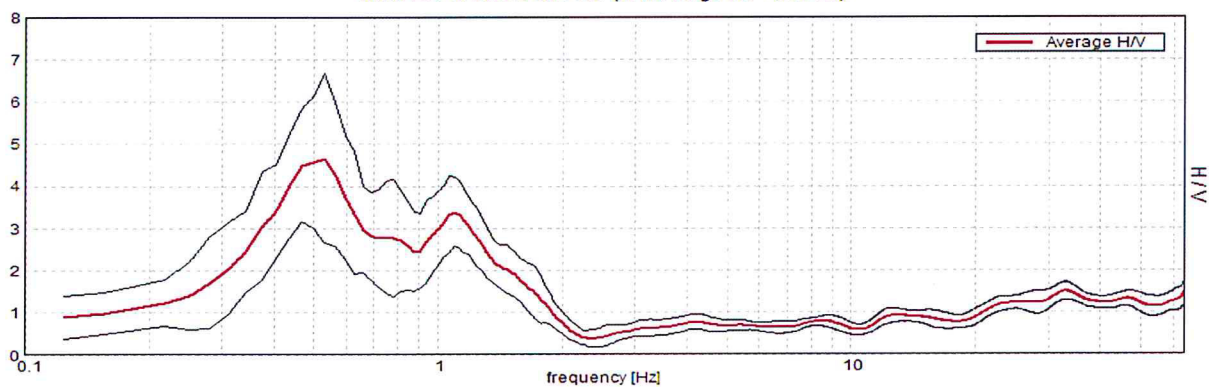
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 12

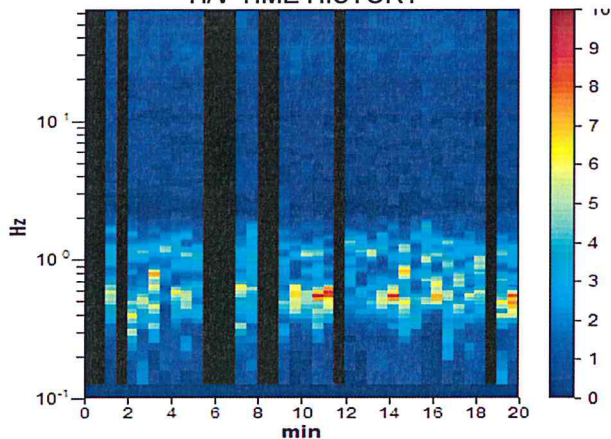
Instrument: TZ3-0001/01-13
 Start recording: 28/11/13 15:21:36 End recording: 28/11/13 15:41:36
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 30 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

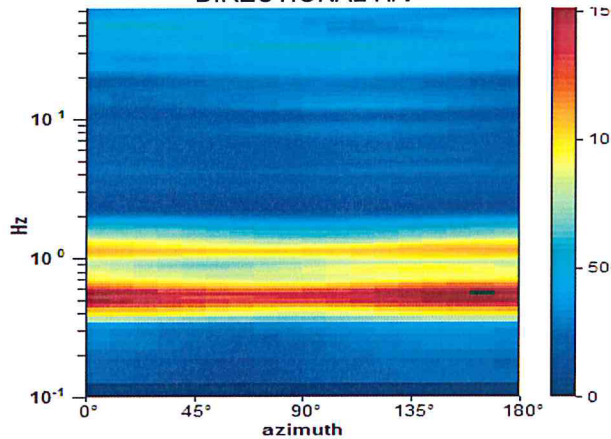
Max. H/V at 0.53 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



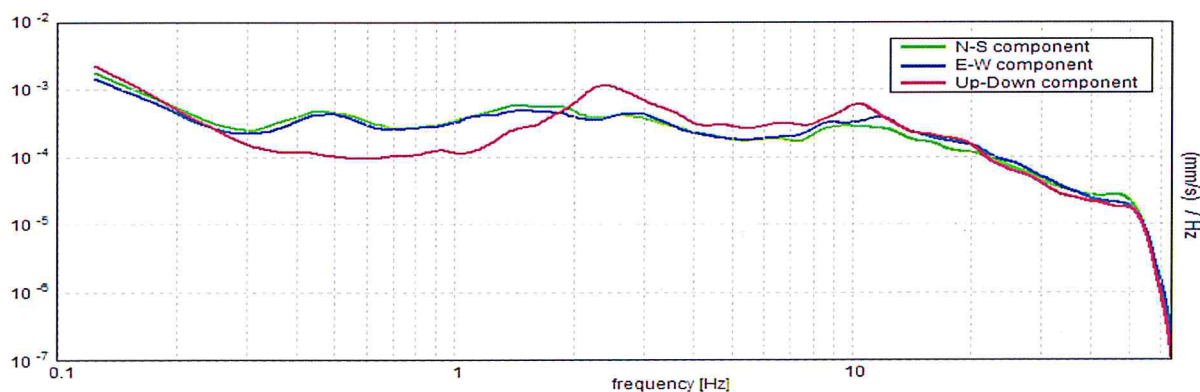
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.53 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.53 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$478.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 26 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.313 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.66 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07518 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03994 < 0.07969$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.999 < 2.0$	OK	

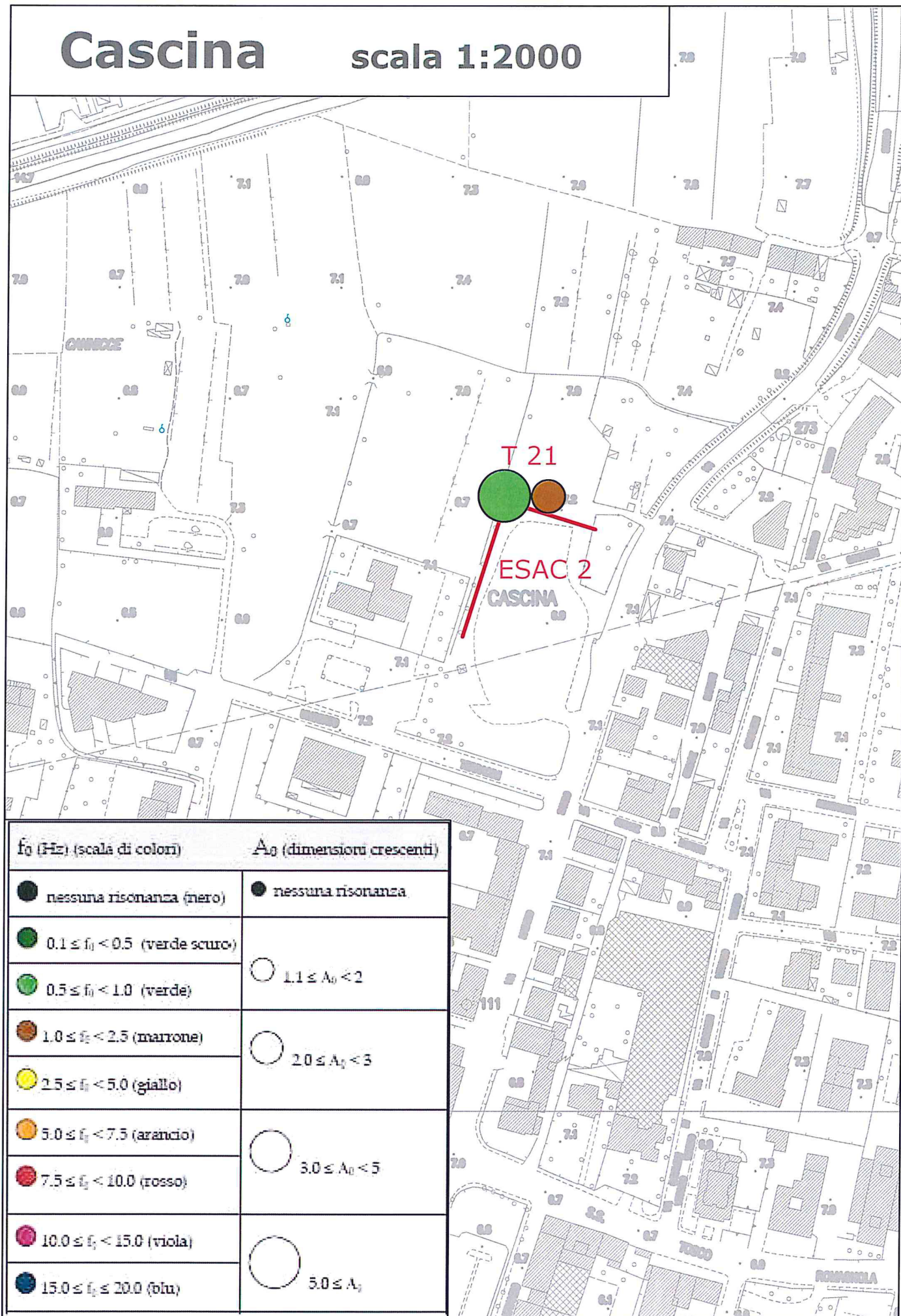
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Cascina

scala 1:2000



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	○ $5.0 \leq A_0$
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 21

Instrument: TZ3-0001/01-13

Start recording: 05/12/13 12:14:35 End recording: 05/12/13 12:36:35

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h22'00". Analyzed 84% trace (manual window selection)

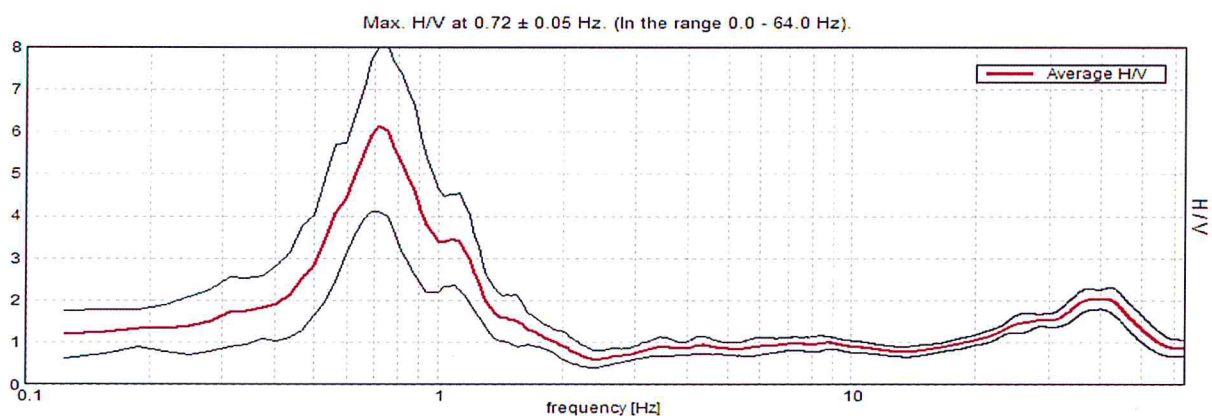
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 30 s

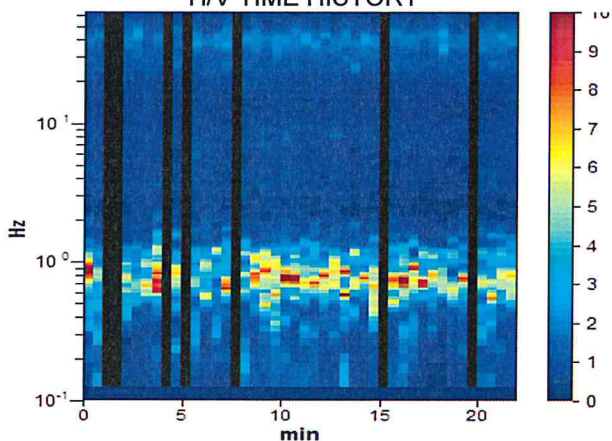
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

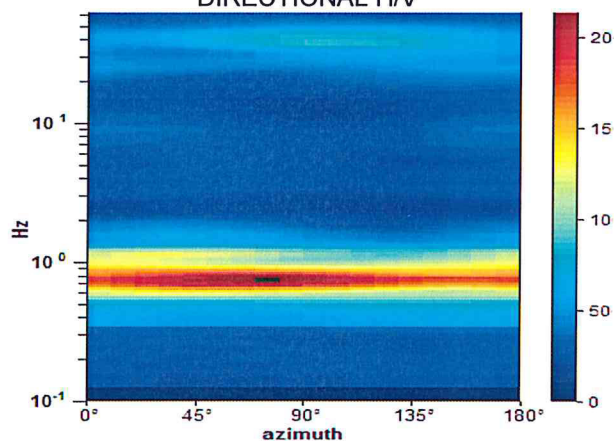
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



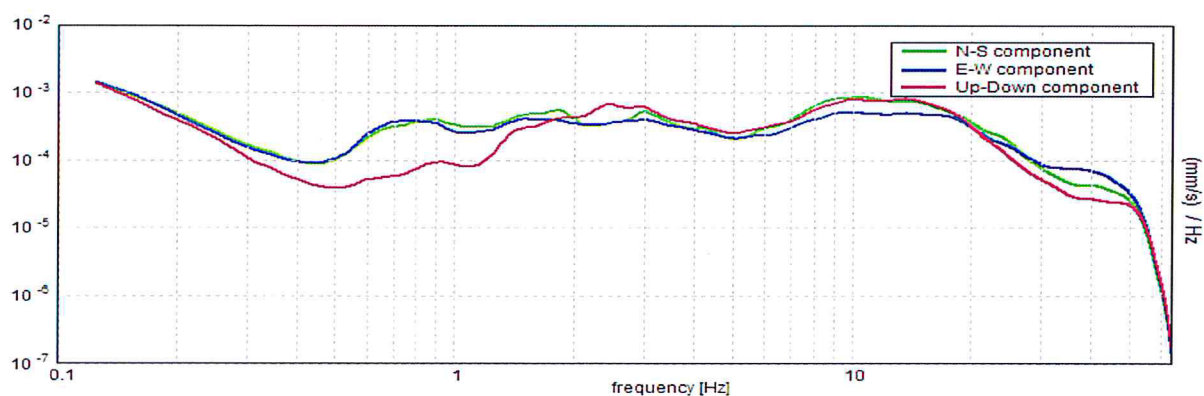
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.72 ± 0.05 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.72 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$797.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 5 out of 36 times		NO

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.188 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$6.13 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06551 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04709 < 0.10781$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$2.0327 < 2.0$		NO

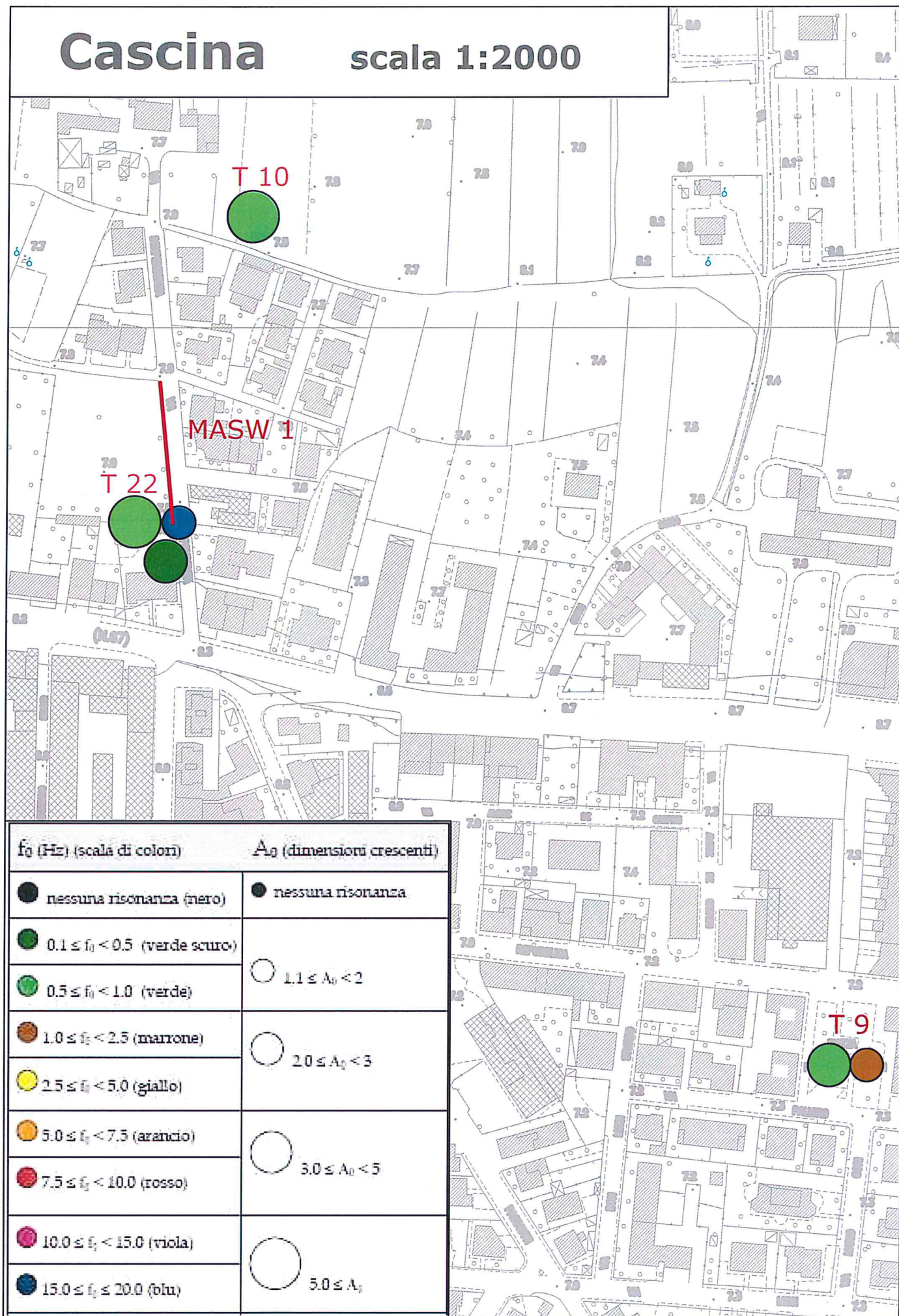
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Cascina

scala 1:2000

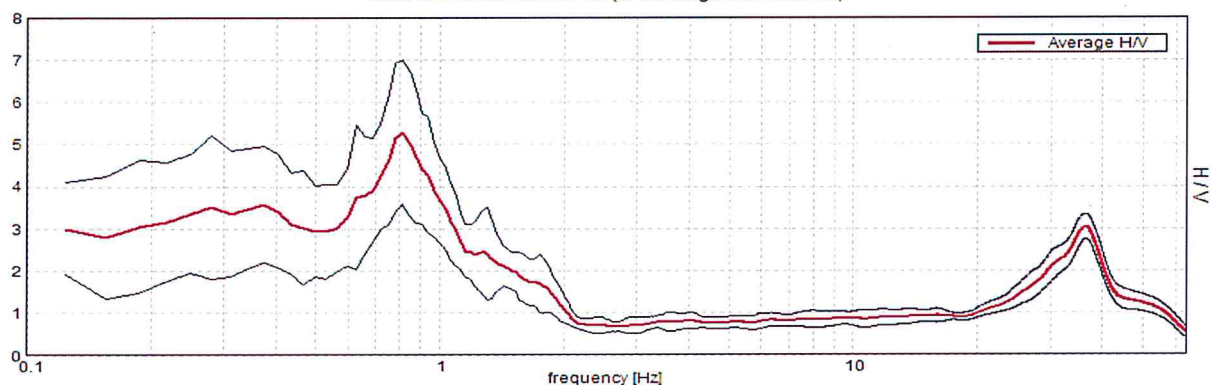


T 22

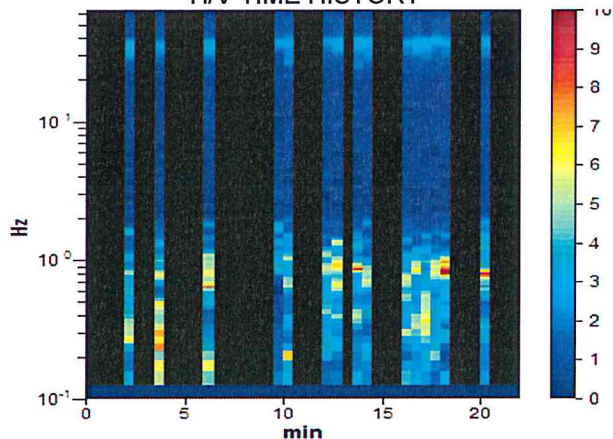
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 05/12/13 14:32:40 End recording: 05/12/13 14:54:41
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h22'00". Analyzed 34% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

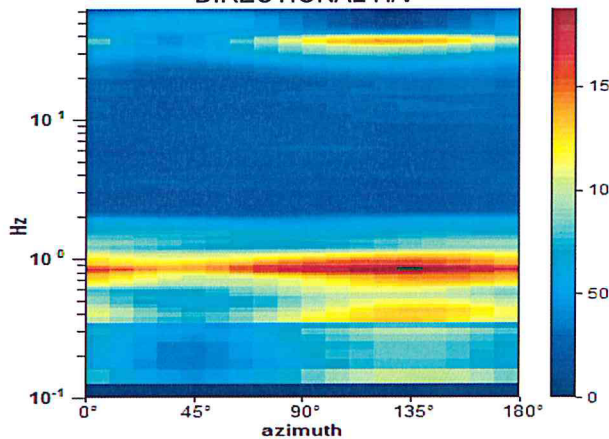
Max. H/V at 0.81 ± 0.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



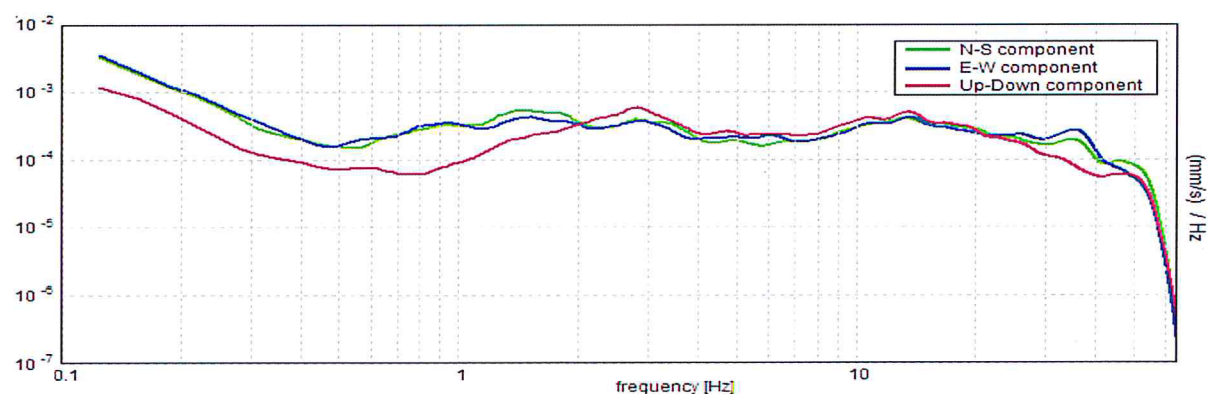
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.81 ± 0.21 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.81 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$365.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 40 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.28 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25416 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.2065 < 0.12188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.7103 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

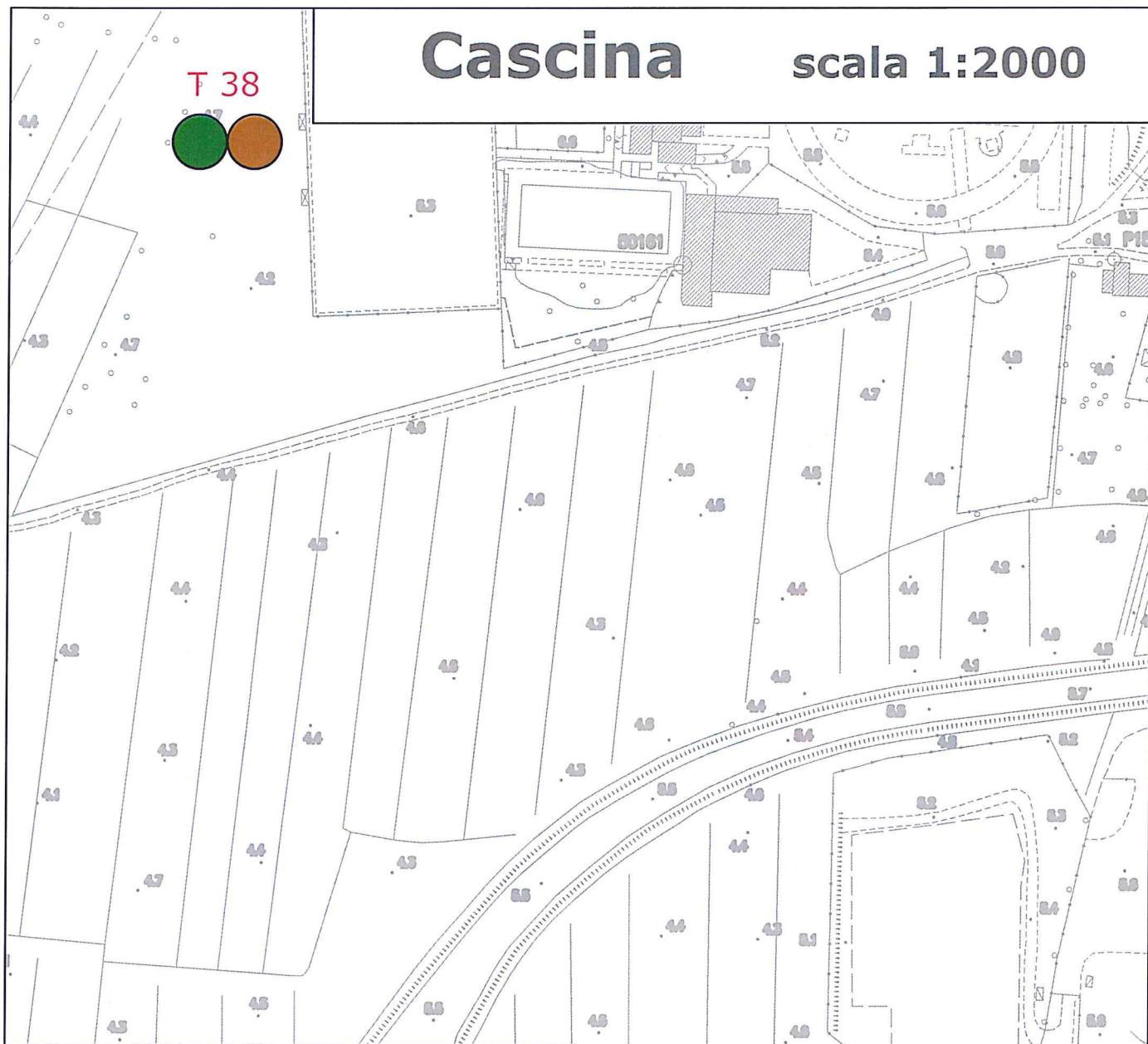
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

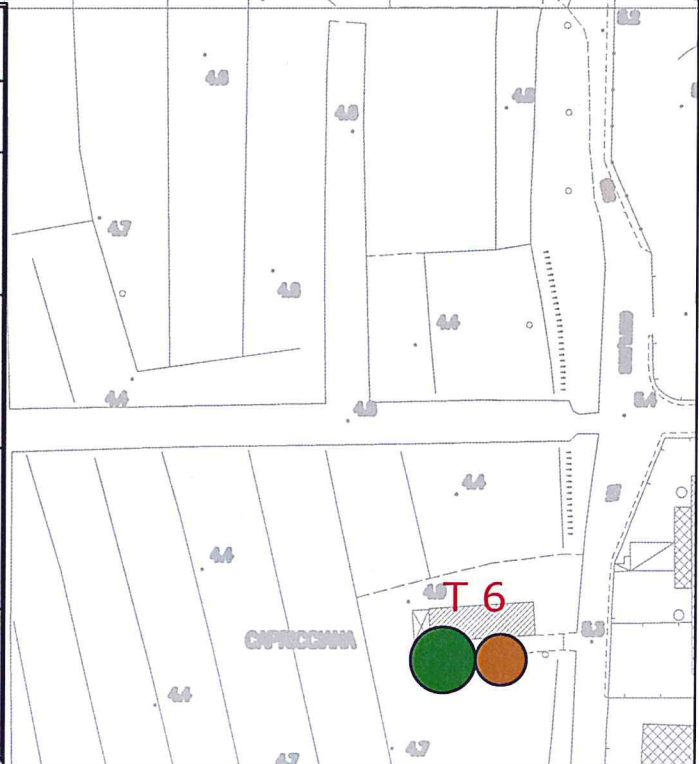
Cascina

scala 1:2000

T 38



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	



T 6



T 38

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 12/12/13 11:23:15 Fine registrazione: 12/12/13 11:43:15

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 85% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

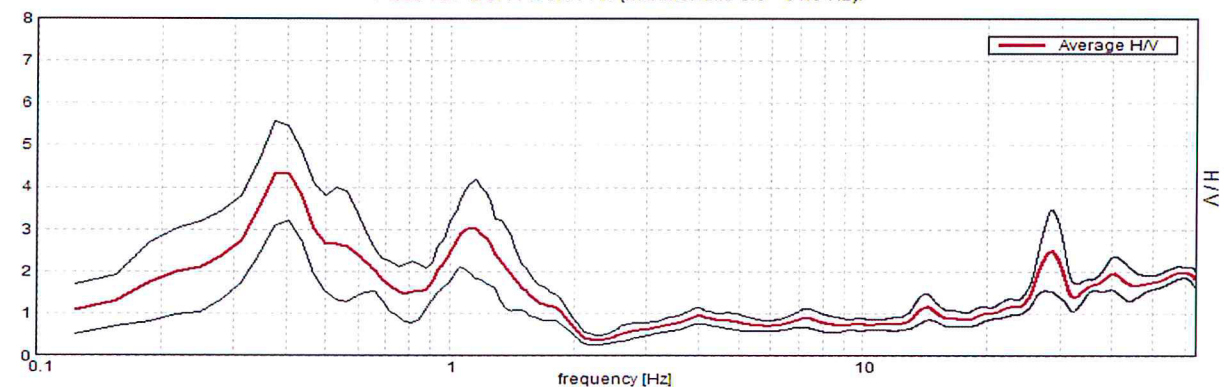
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

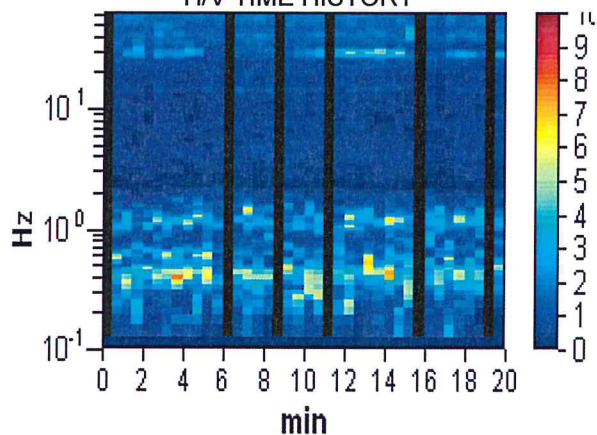
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

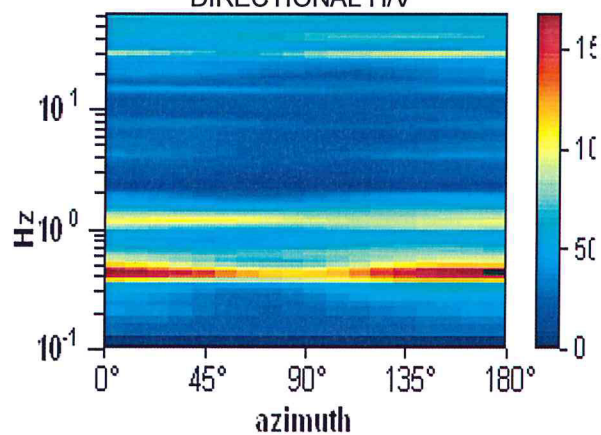
Picco H/V a 0.41 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



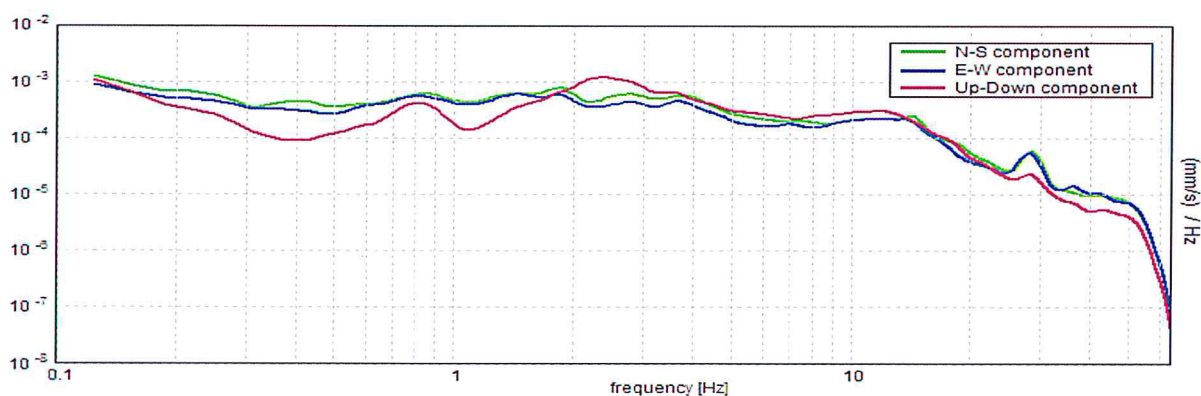
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 0.41 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.41 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$414.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.34 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08947 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03635 < 0.08125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.124 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

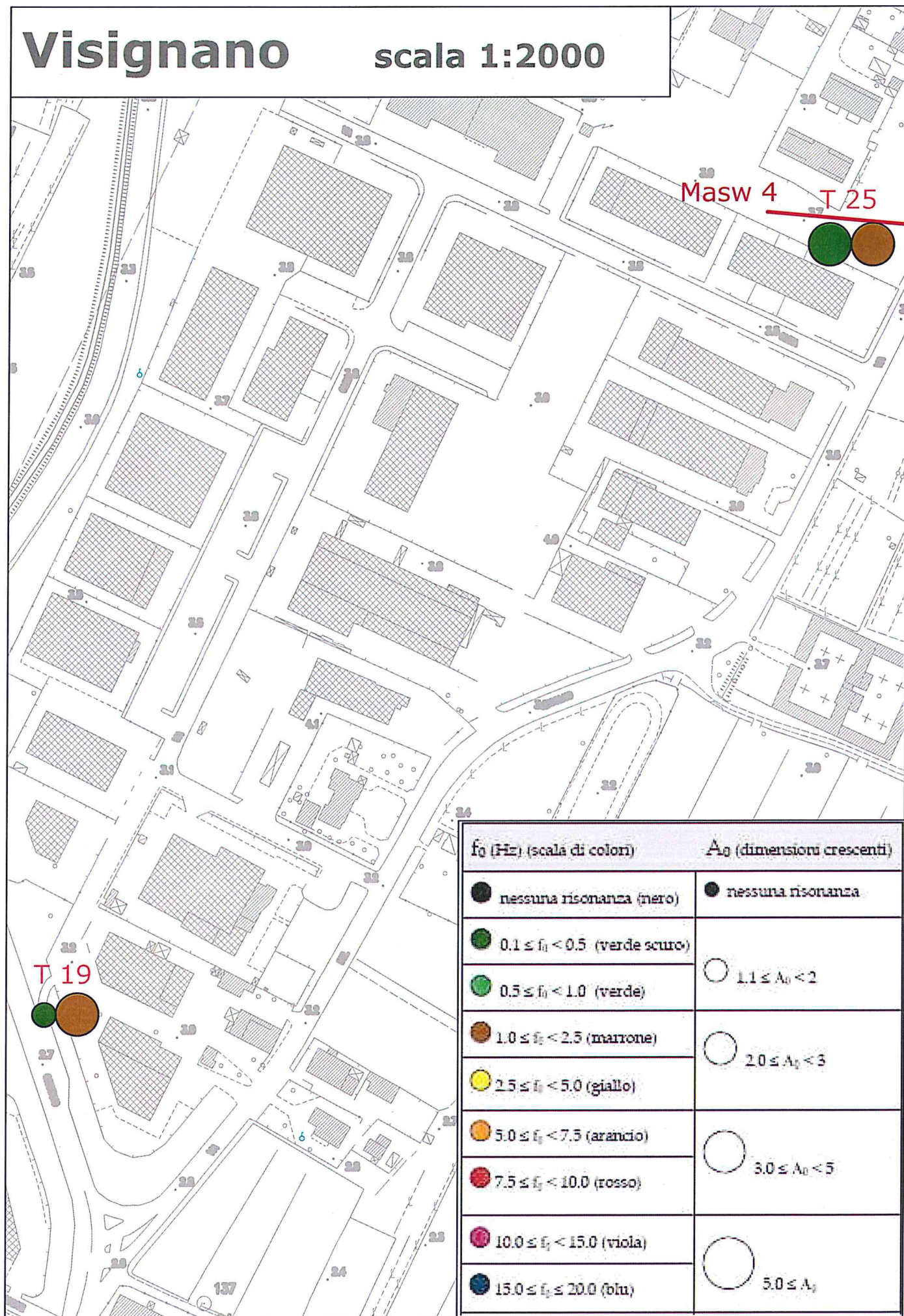
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Visignano

Visignano

scala 1:2000



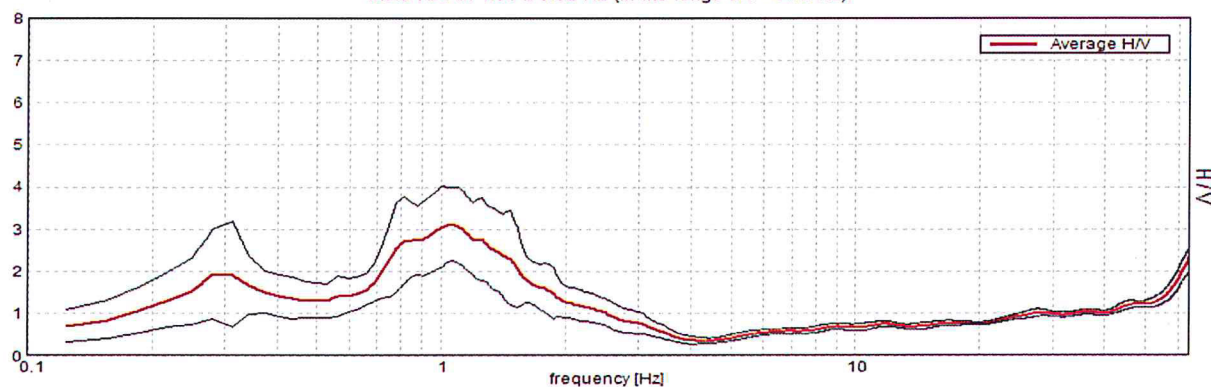
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 19

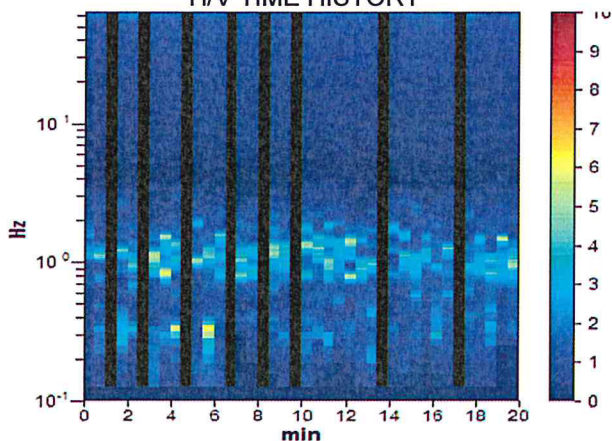
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 29/11/13 16:00:39 End recording: 29/11/13 16:20:39
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 80% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

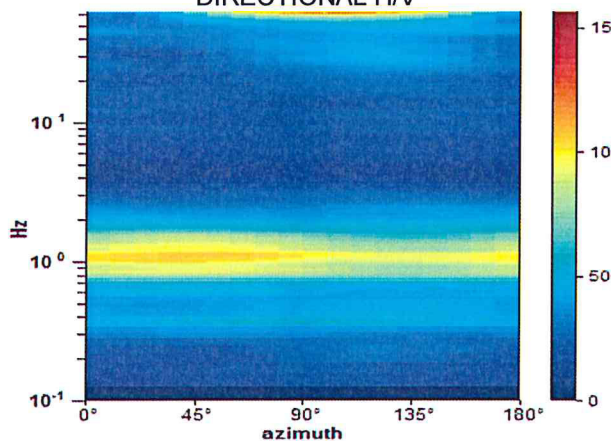
Max. H/V at 1.06 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



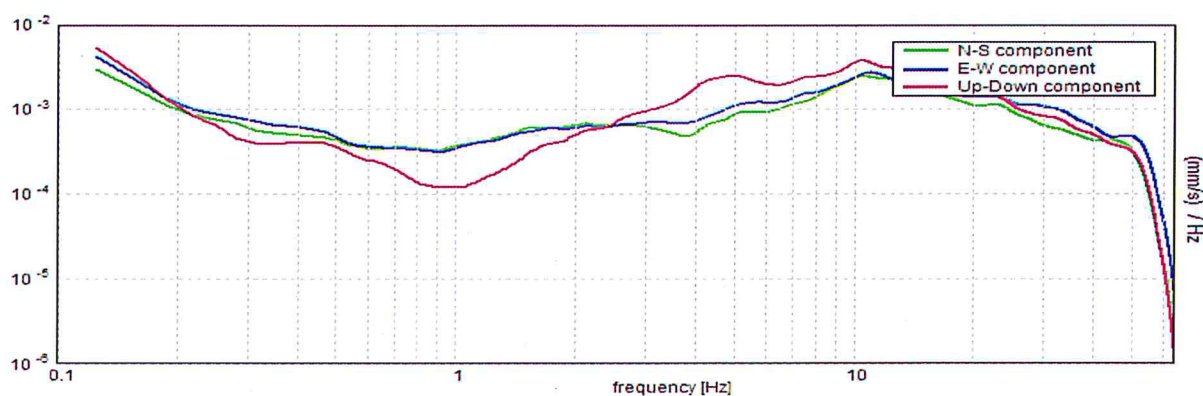
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.06 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.06 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1020.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 52 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.12 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01945 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02067 < 0.10625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8634 < 1.78$	OK	

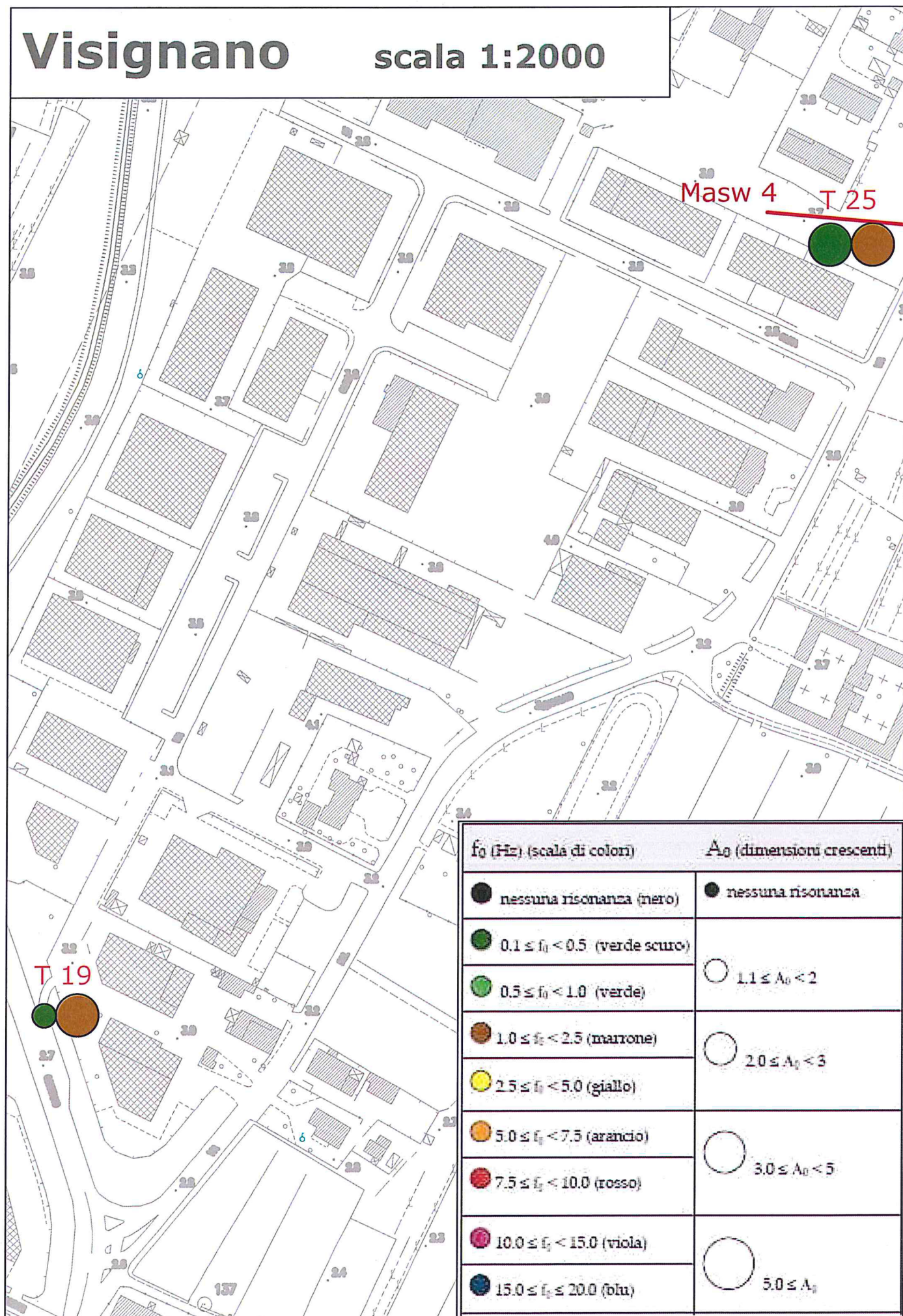
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Visignano

scala 1:2000

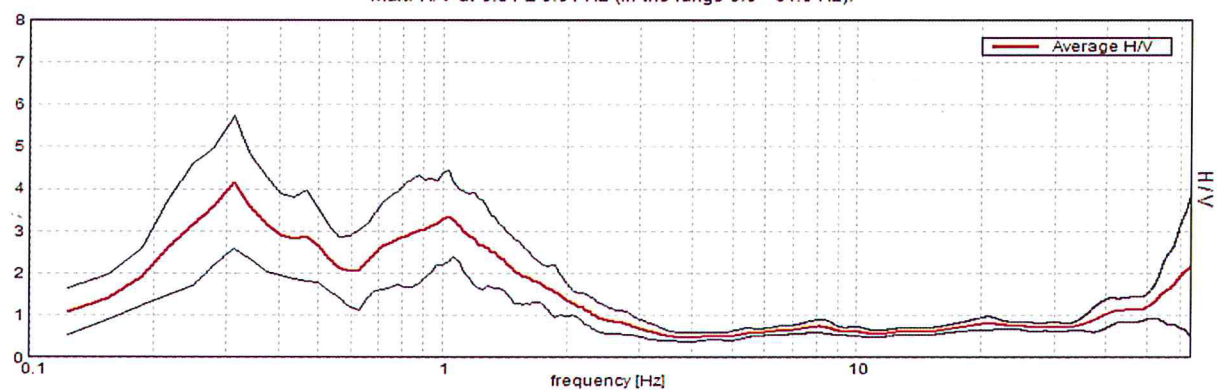


T 25

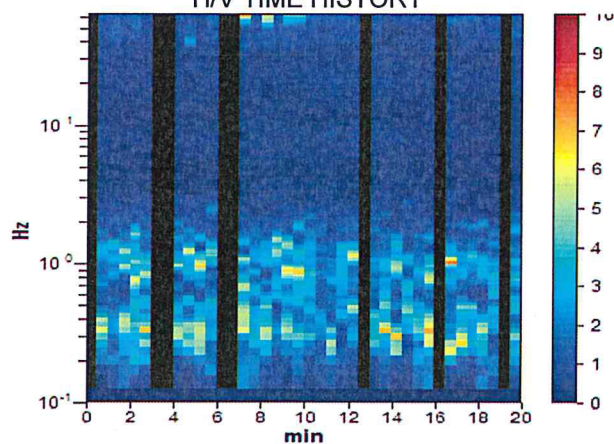
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 05/12/13 16:41:04 End recording: 05/12/13 17:01:04
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 80% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

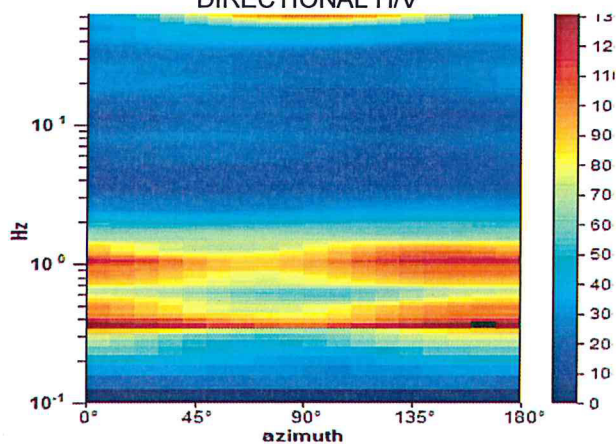
Max. H/V at 0.31 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



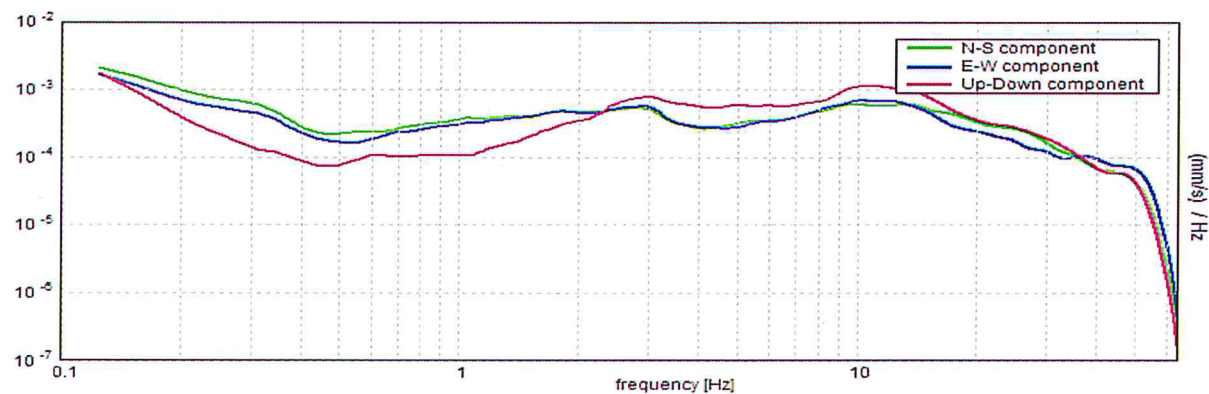
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.31 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.33$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$300.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 16 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.15 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03536 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01105 < 0.0625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.5687 < 2.5$	OK	

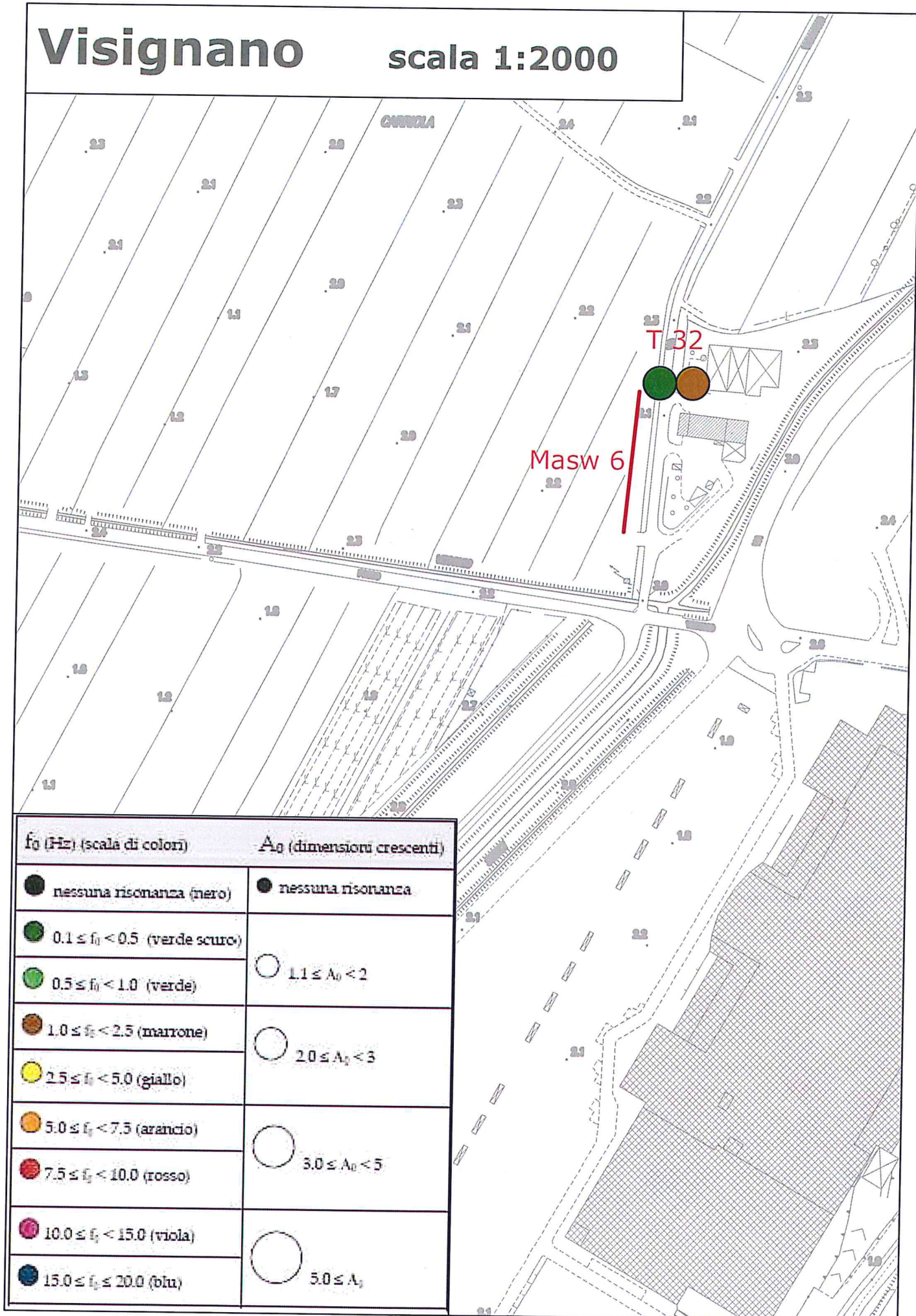
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Visignano

scala 1:2000



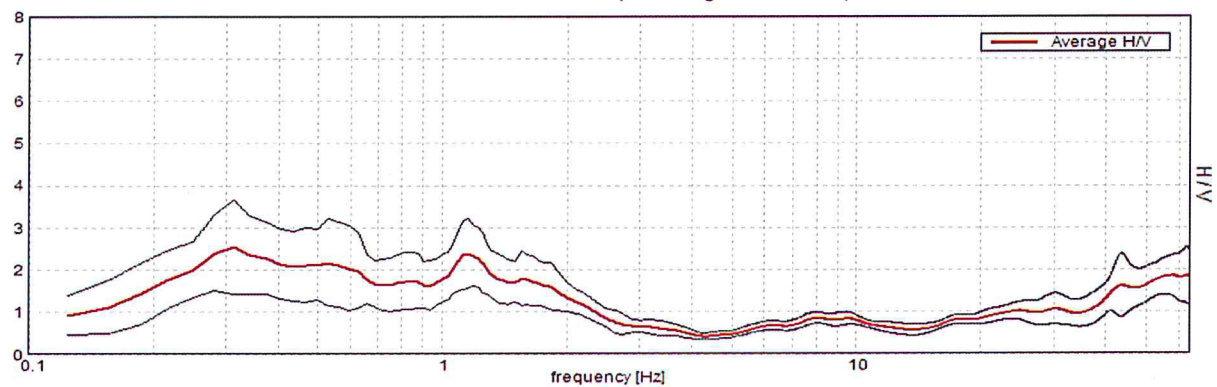
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 32

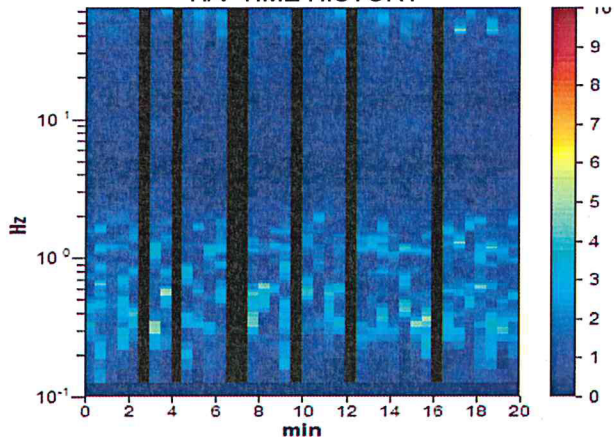
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 10/12/13 13:03:21 End recording: 10/12/13 13:23:21
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 82% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

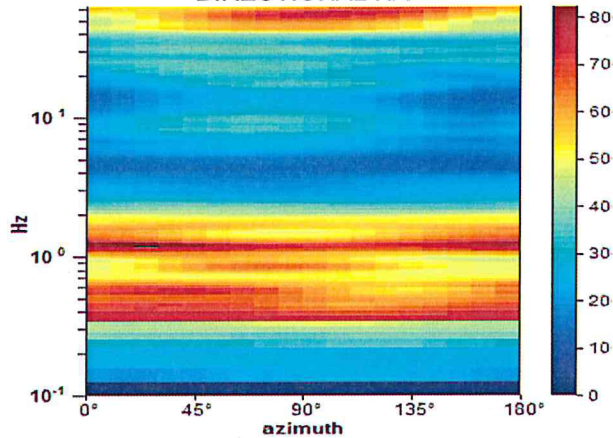
Max. H/V at 0.31 ± 0.15 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



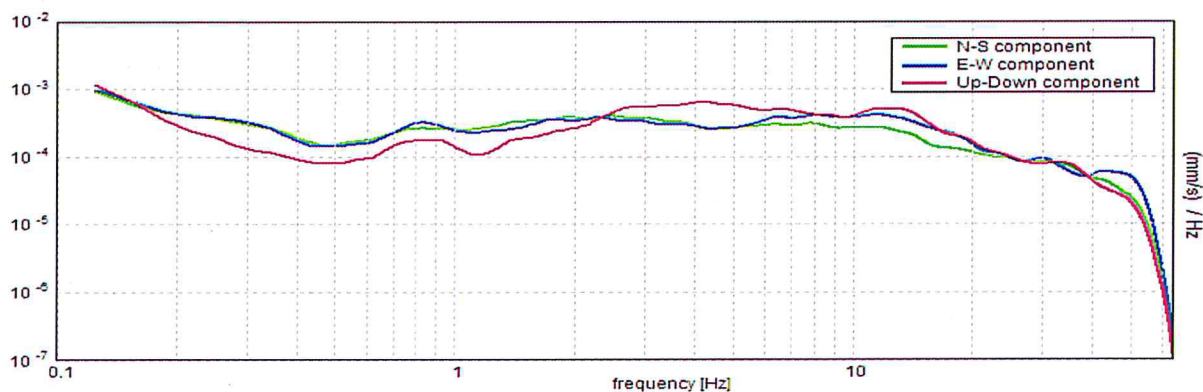
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.31 ± 0.15 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.33$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$309.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 16 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.156 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.54 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.49021 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.15319 < 0.0625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.1203 < 2.5$	OK	

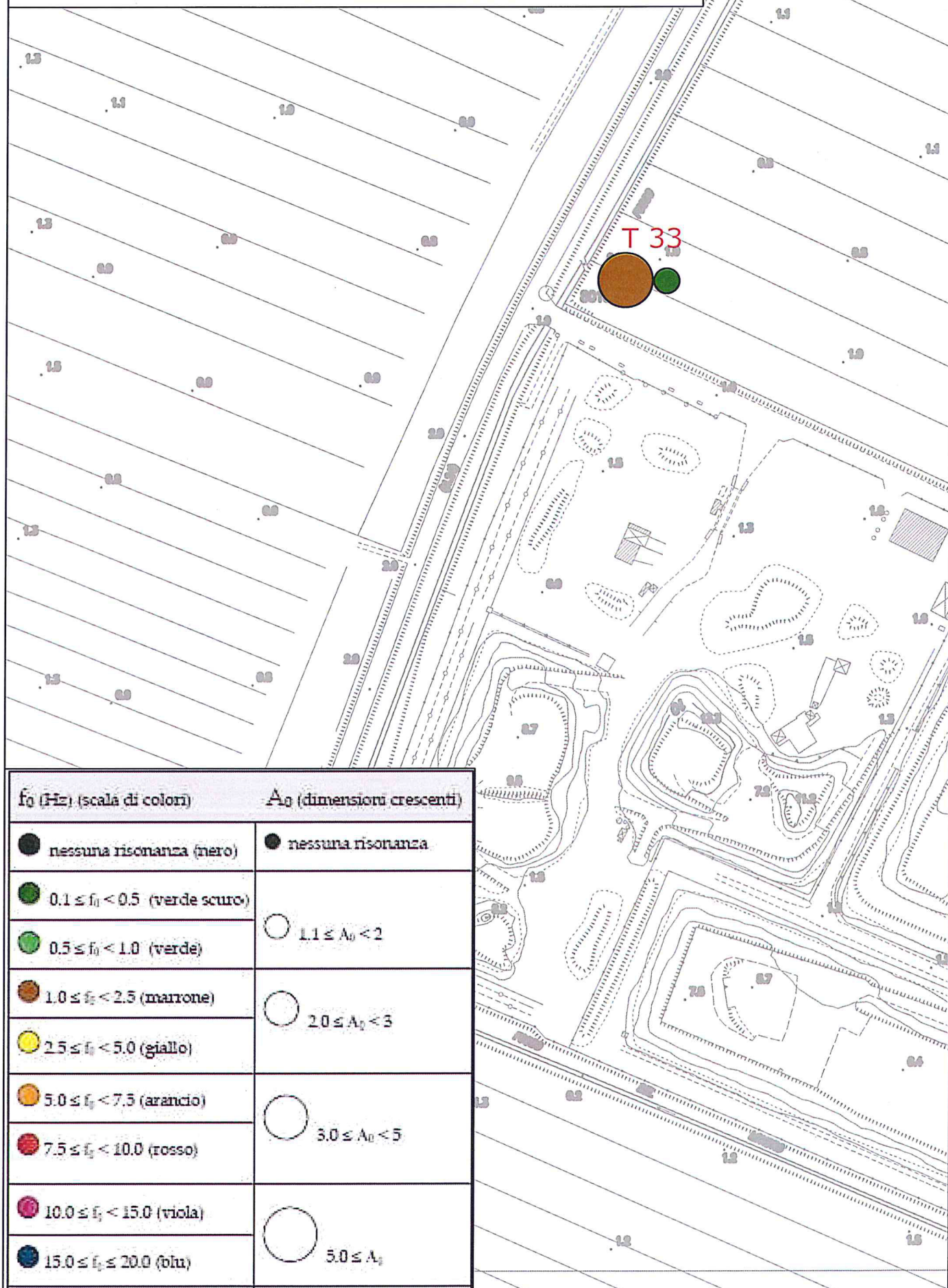
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Visignano

1:2000



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

T 33

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 12/12/13 14:27:53 Fine registrazione: 12/12/13 14:47:53

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 85% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

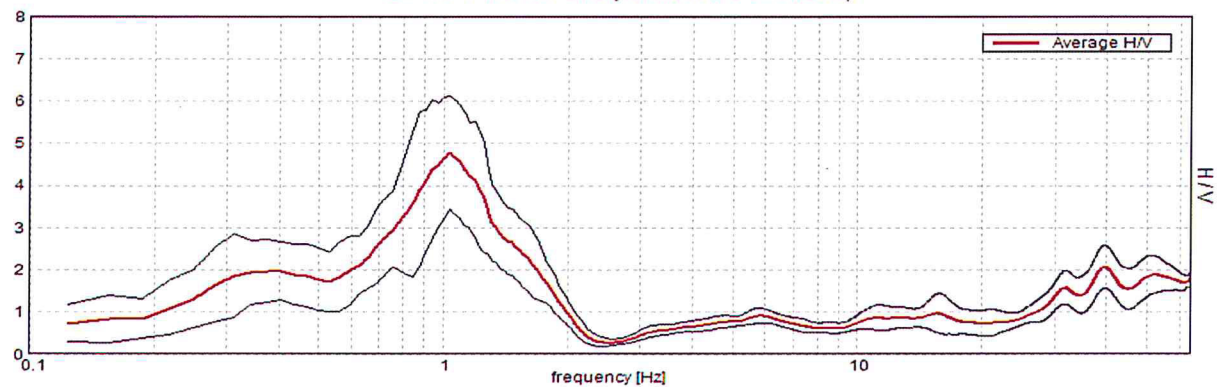
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

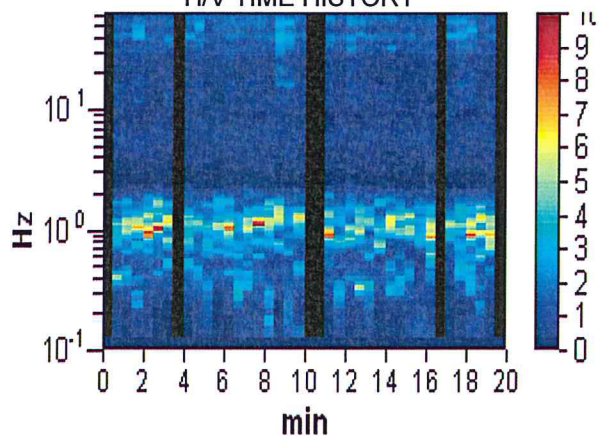
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

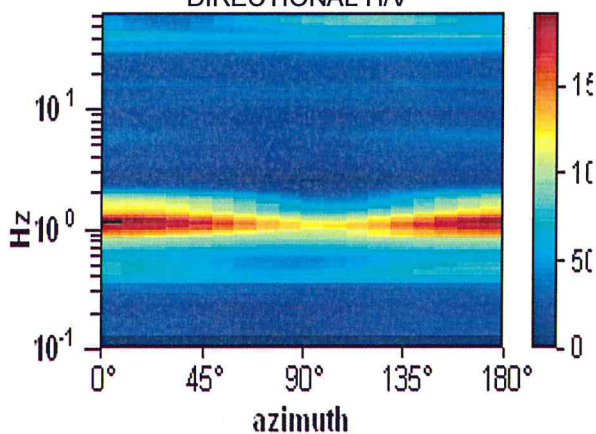
Picco H/V a 1.03 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



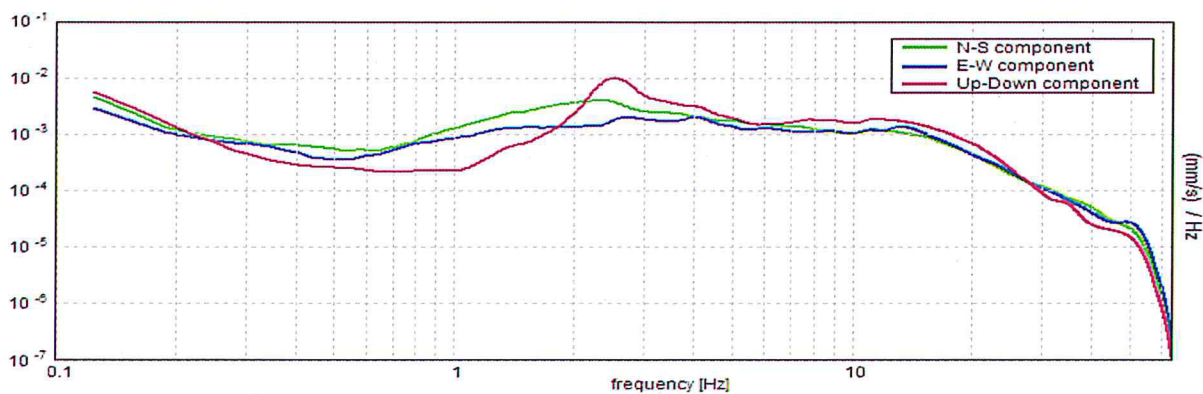
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 1.03 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.03 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1051.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 50 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.77 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11158 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11507 < 0.10313$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.3278 < 1.78$	OK	

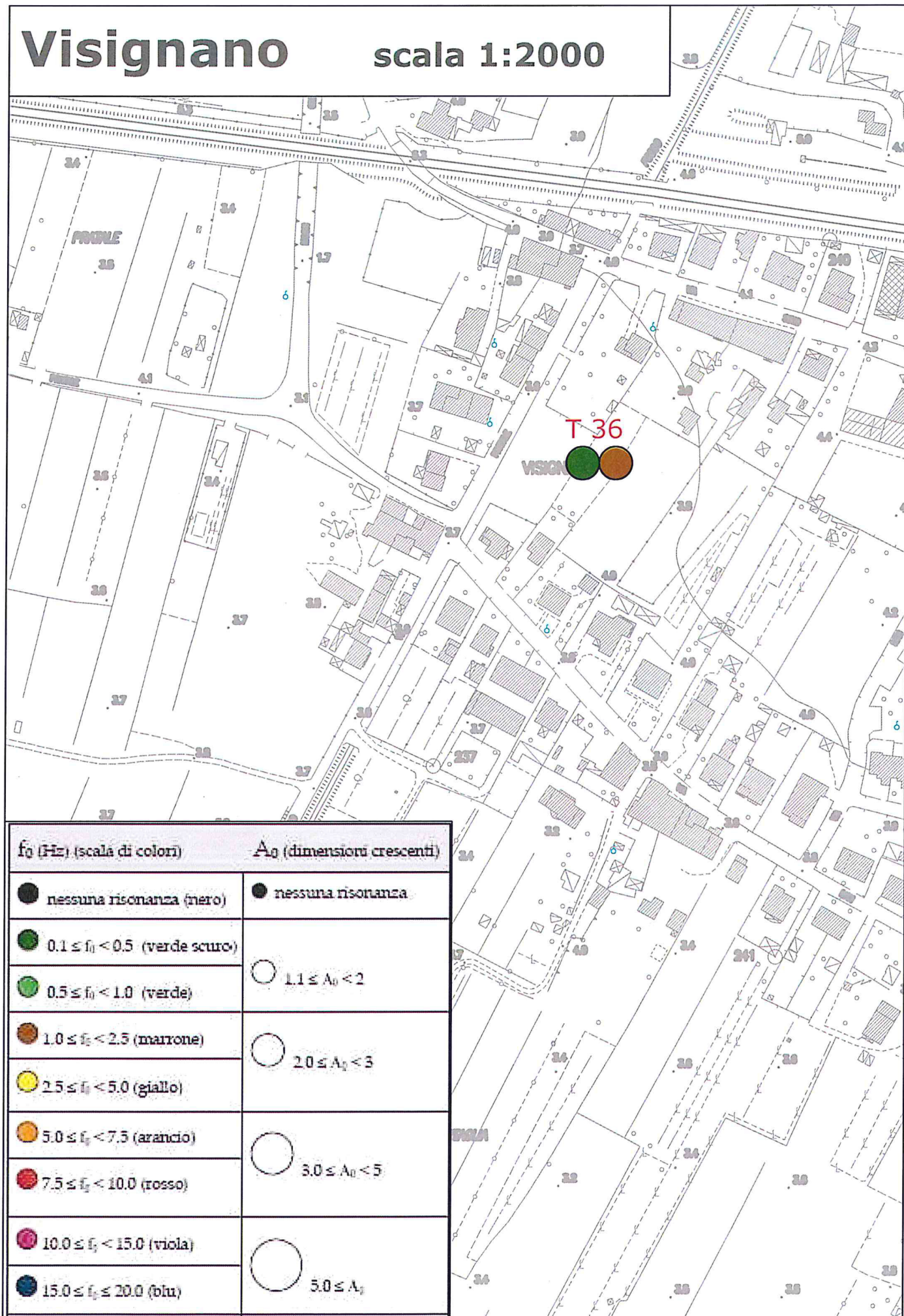
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Visignano

scala 1:2000



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	○ $5.0 \leq A_0$
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 36

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 12/12/13 13:54:27 Fine registrazione: 12/12/13 14:14:27

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

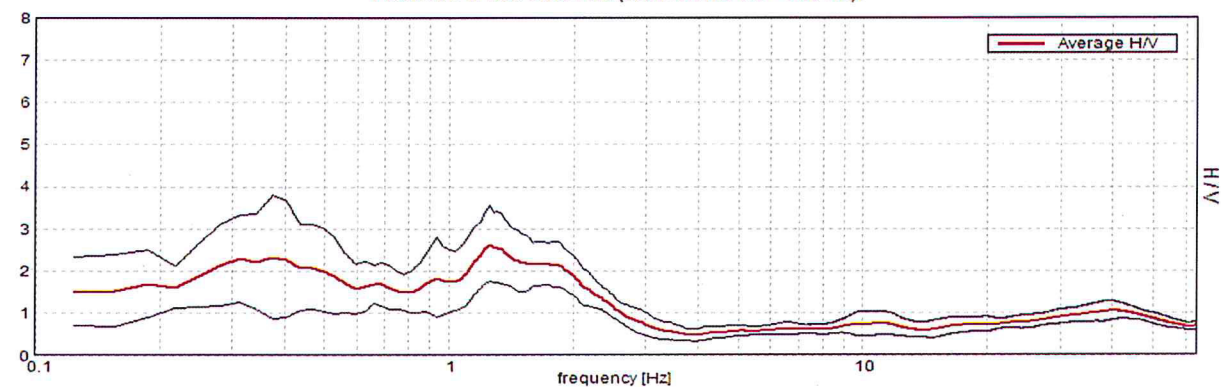
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

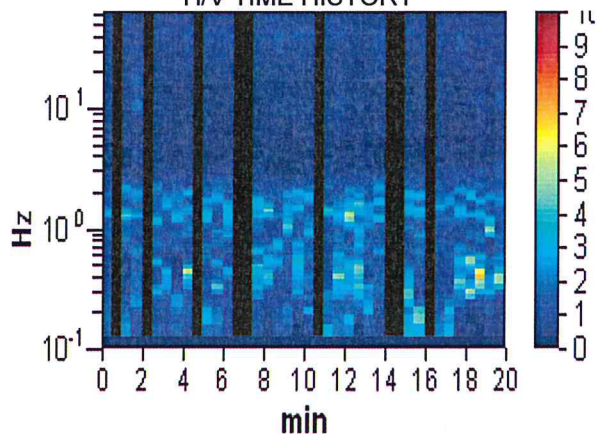
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

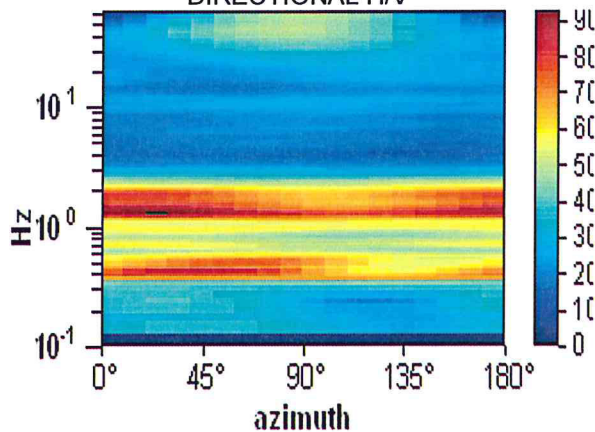
Picco H/V a 1.25 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



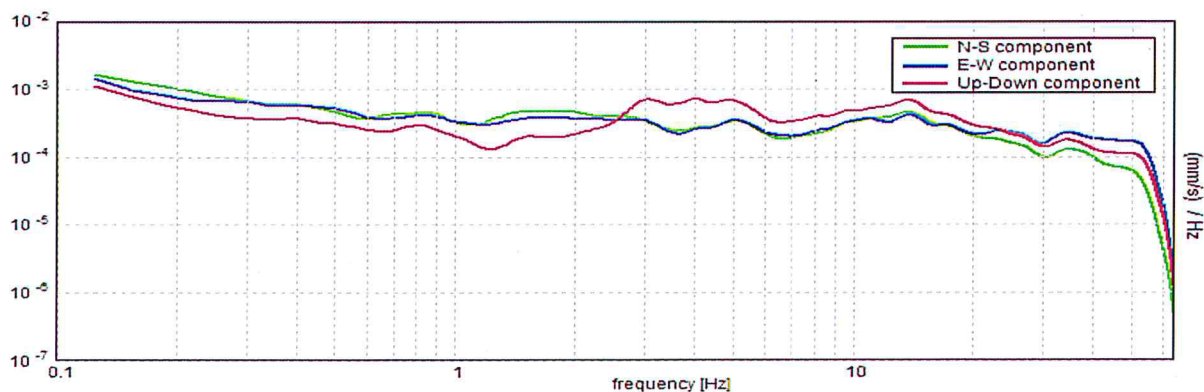
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 1.25 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1162.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 61 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.64 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00778 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00972 < 0.125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8994 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

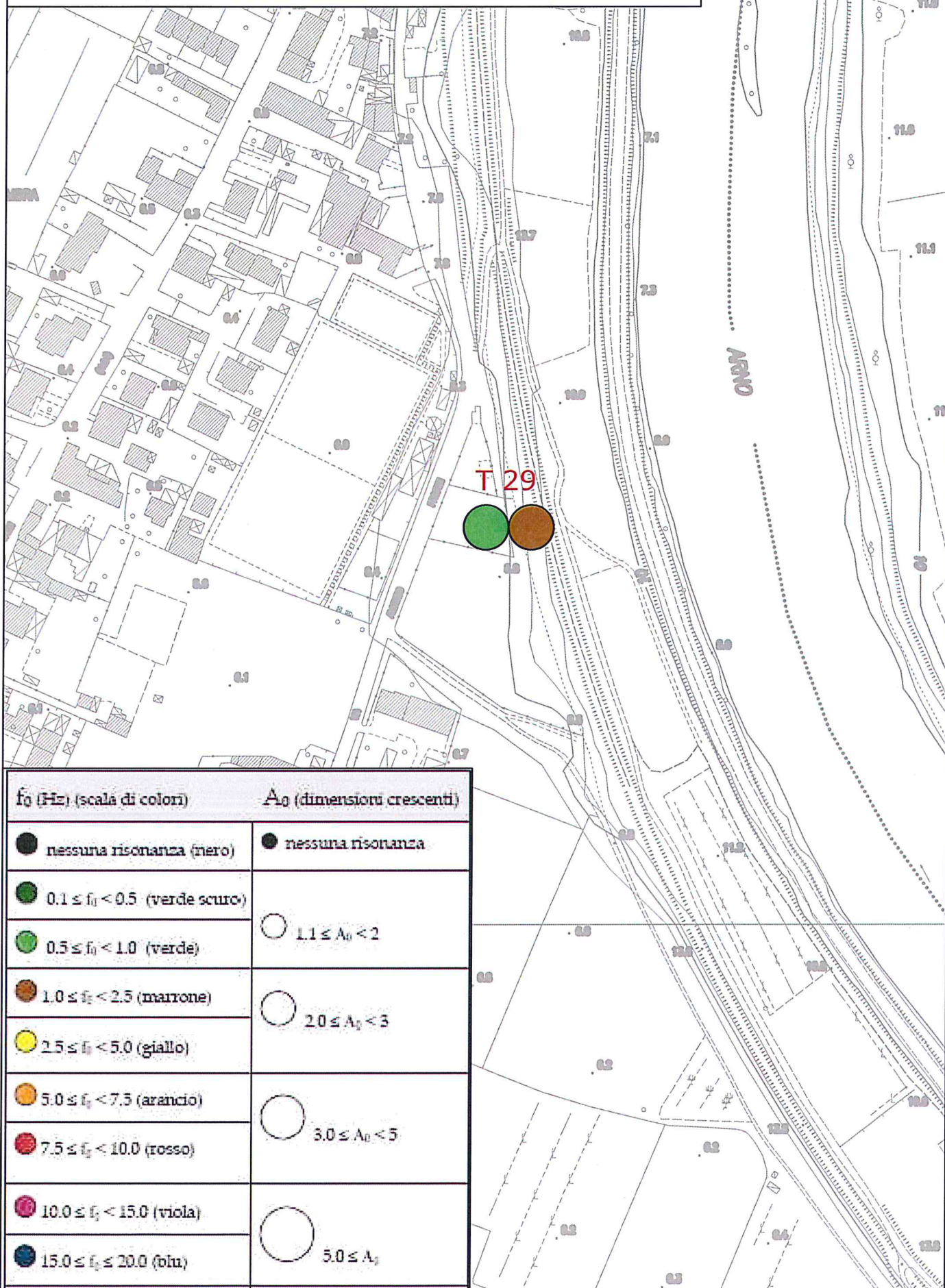
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Zambra

Zambra

scala 1:2000

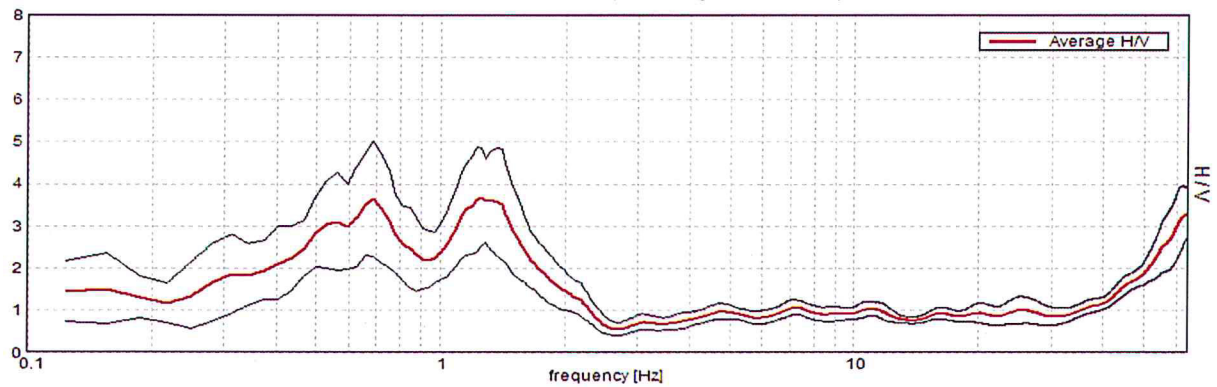


T 29

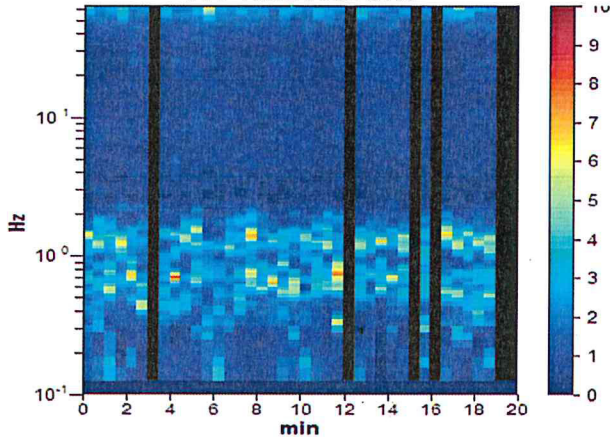
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 10/12/13 11:09:05 End recording: 10/12/13 11:29:05
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

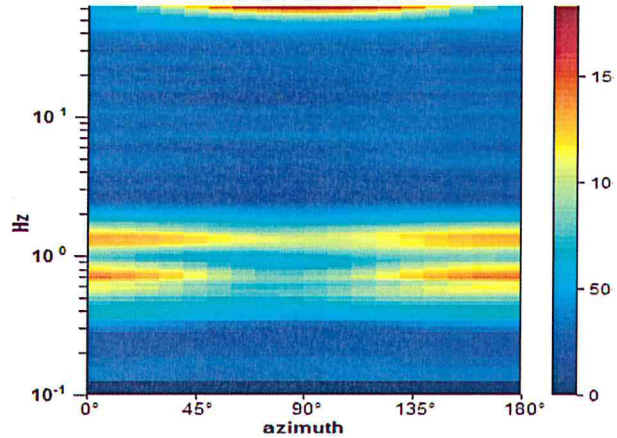
Max. H/V at 1.25 ± 0.5 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



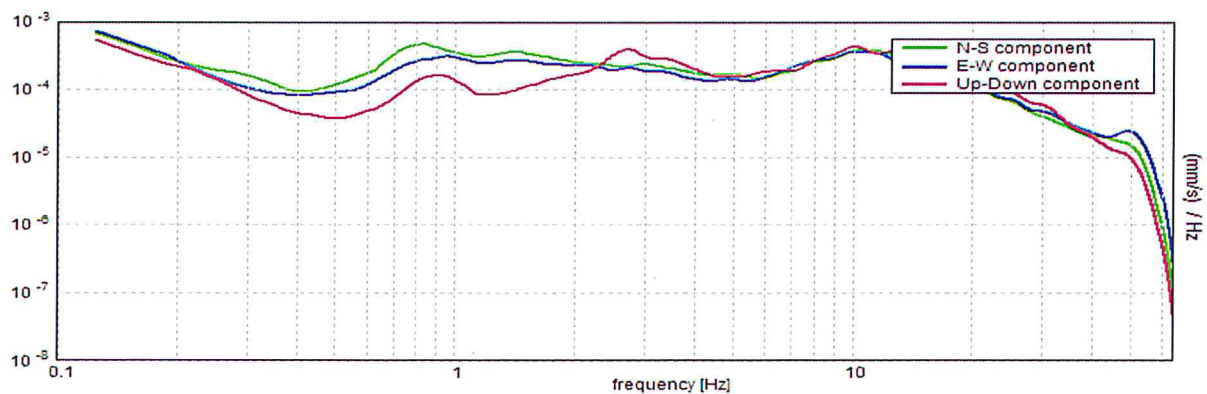
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.25 ± 0.5 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1275.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 61 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.67 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39612 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.49515 < 0.125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.1541 < 1.78$	OK	

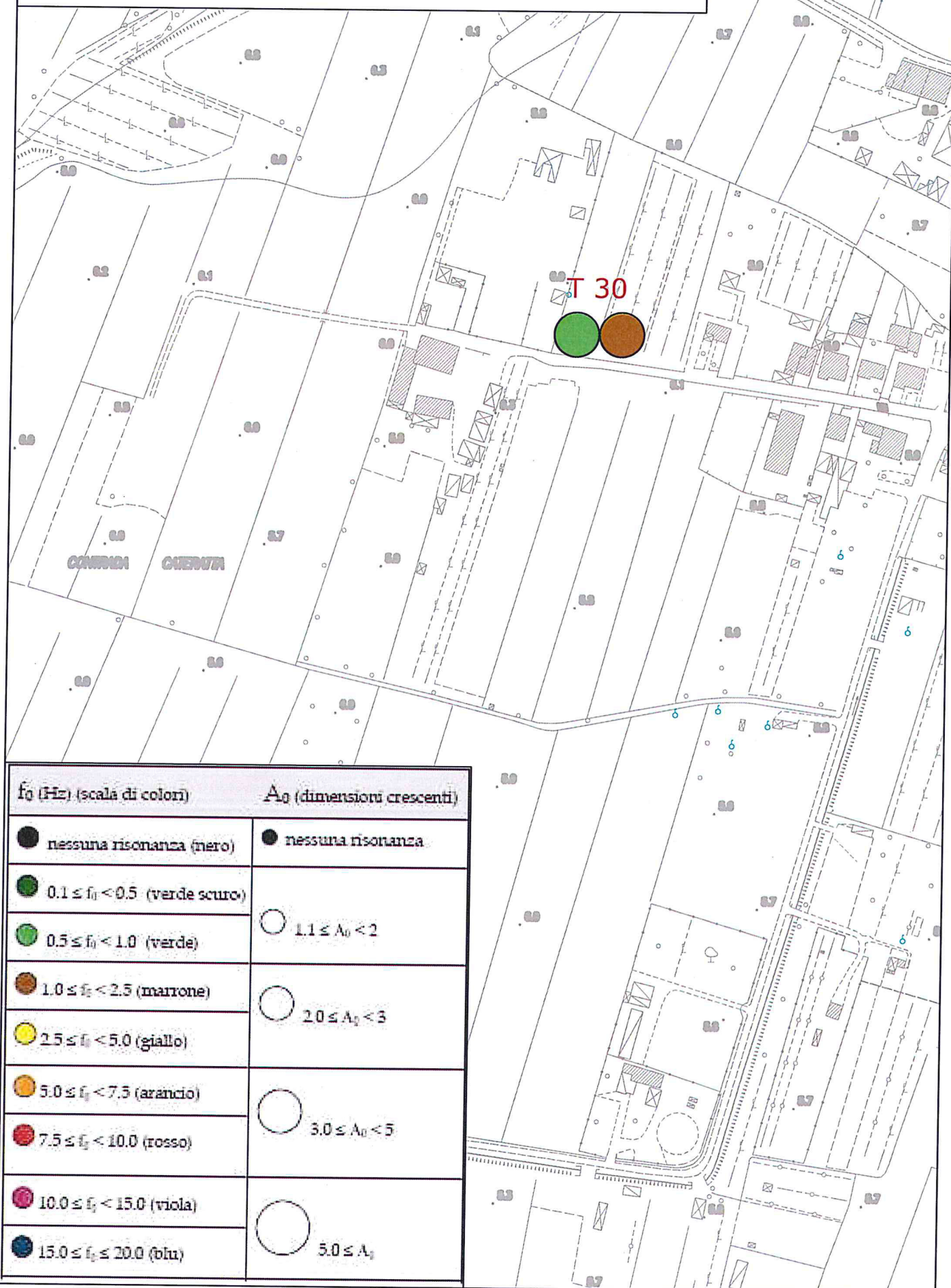
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Zambra

scala 1:2000



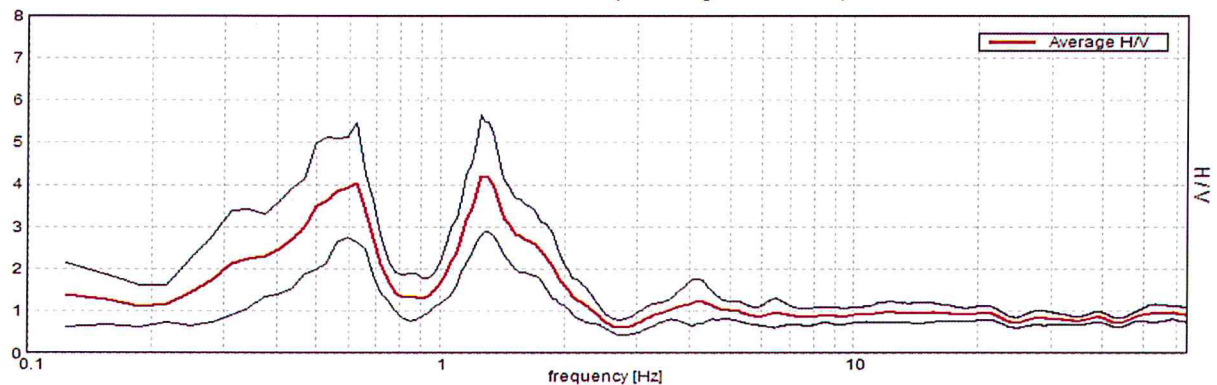
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 30

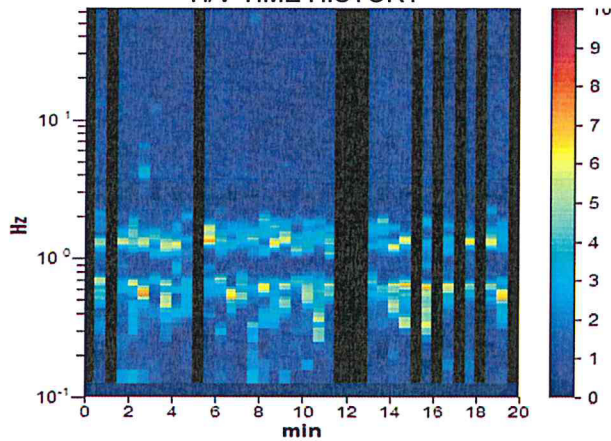
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 10/12/13 11:41:59 End recording: 10/12/13 12:01:59
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 72% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

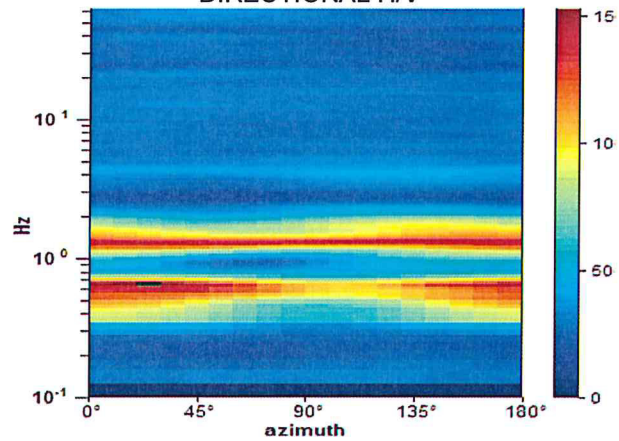
Max. H/V at 1.25 ± 0.11 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



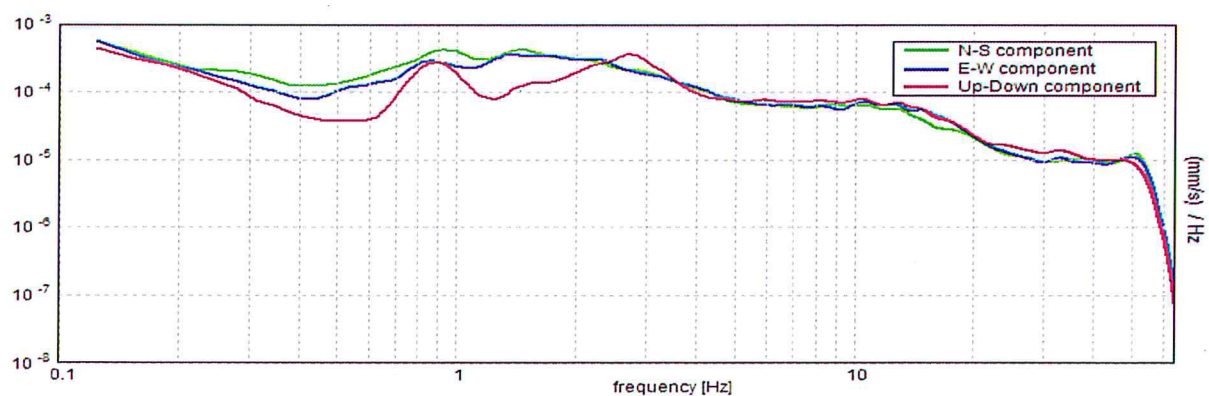
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.25 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.25 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1087.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 61 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.031 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.21 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08881 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11102 < 0.125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.4322 < 1.78$	OK	

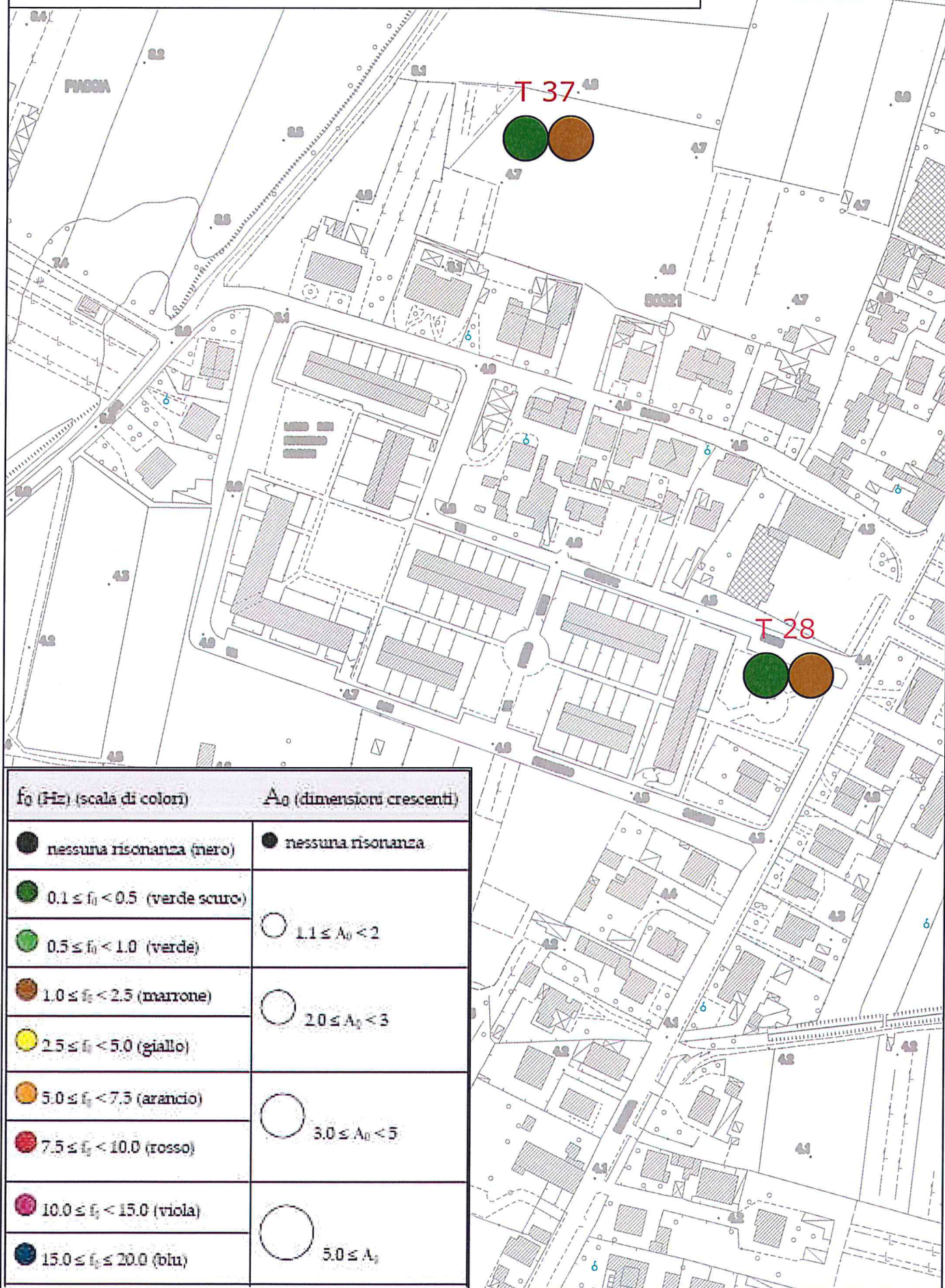
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR San Lorenzo alle Corti

S. L. alle Corti scala 1:2000

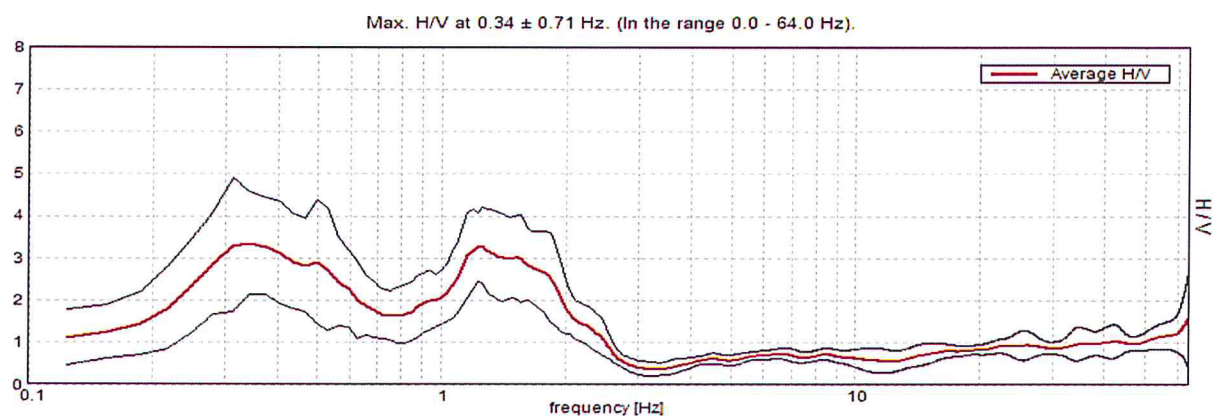


f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

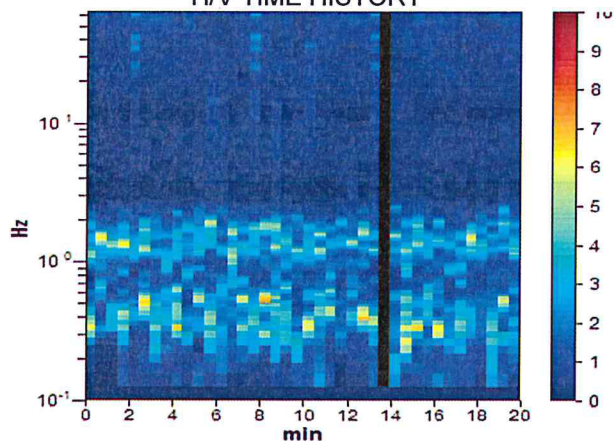
T 28

Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 10/12/13 10:34:22 End recording: 10/12/13 10:54:23
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 98% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

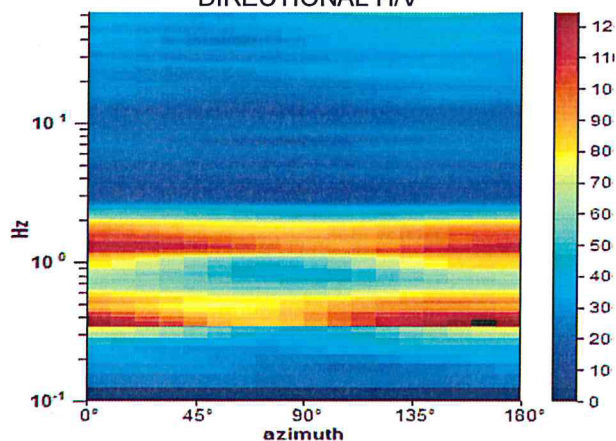
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



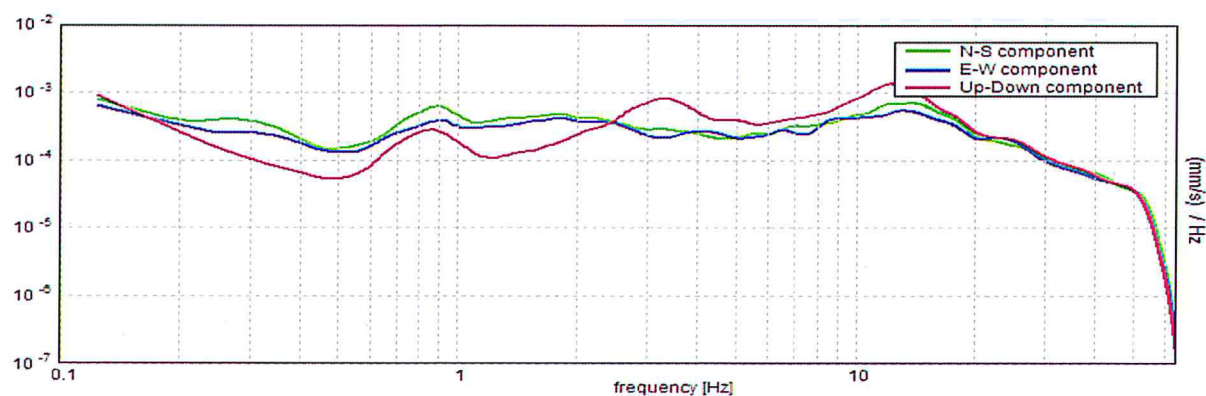
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.34 ± 0.71 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.34 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$402.2 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 18 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

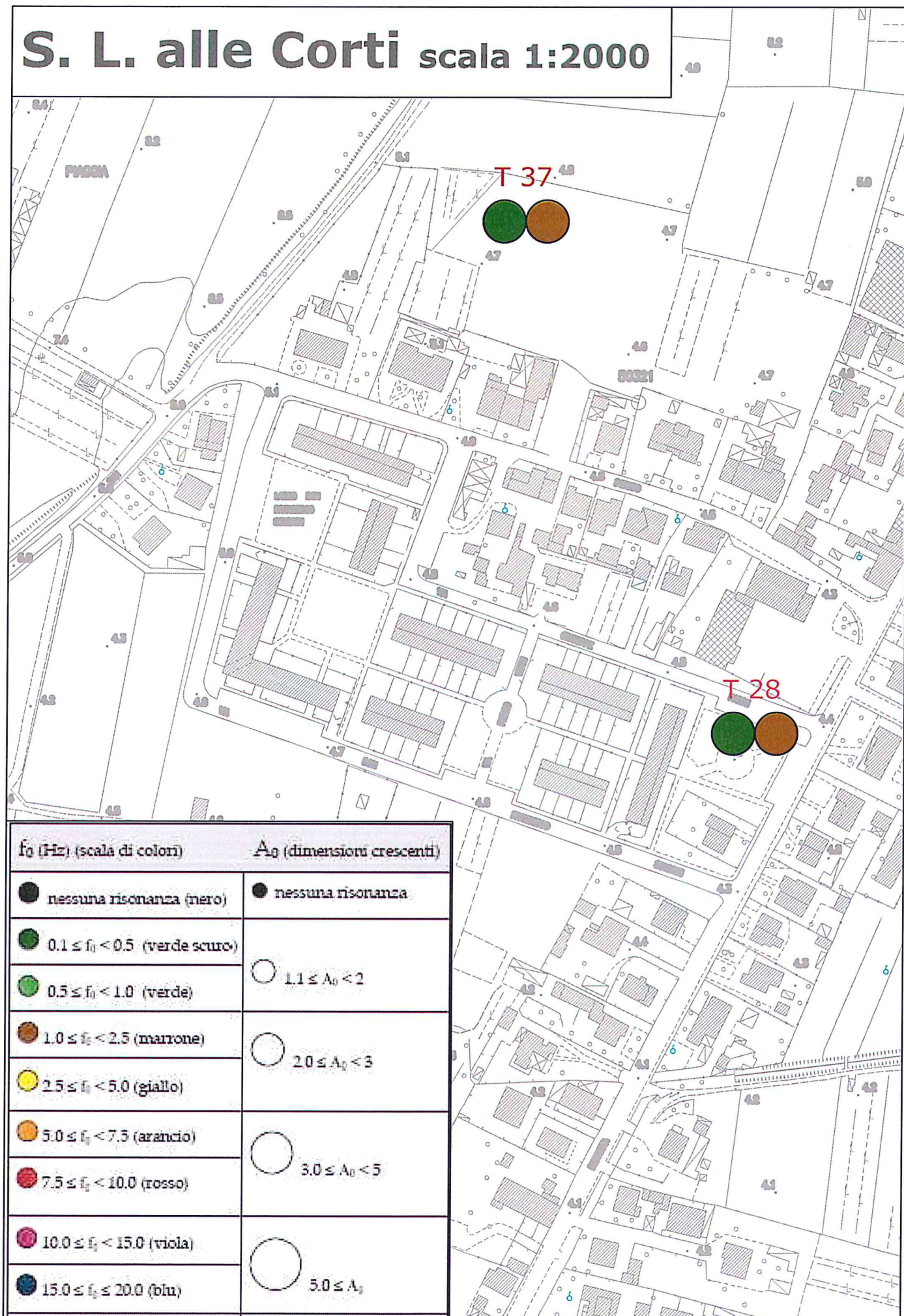
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.34 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 2.07744 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.71412 < 0.06875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.2127 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

S. L. alle Corti scala 1:2000



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	○ $5.0 \leq A_0$
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 37

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 12/12/13 13:14:54 Fine registrazione: 12/12/13 13:34:54

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 82% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

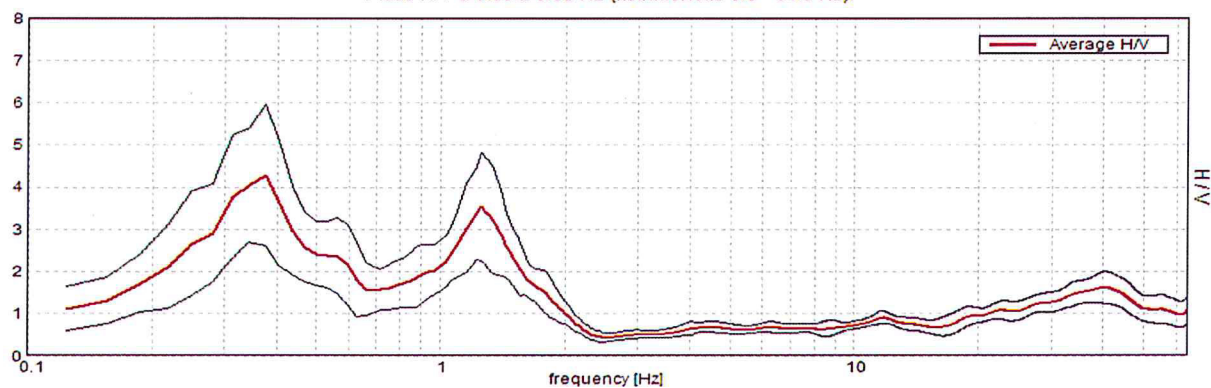
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

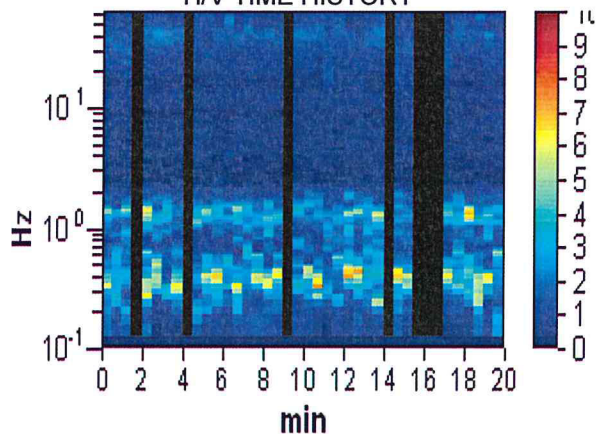
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

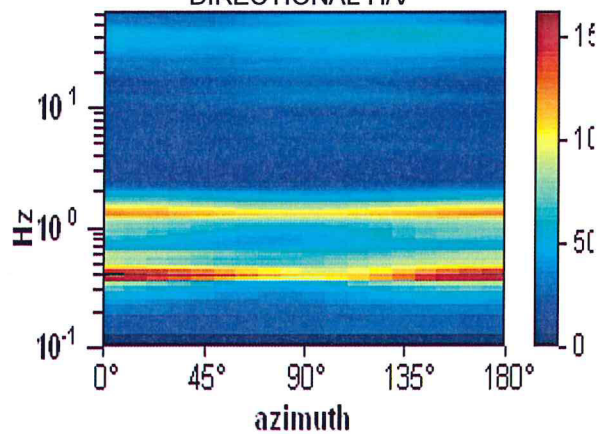
Picco H/V a 0.38 ± 0.33 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



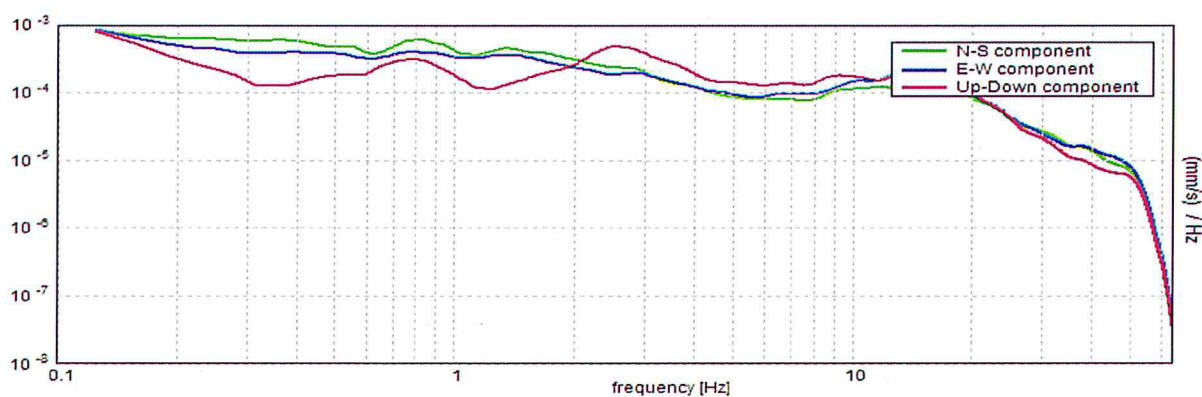
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 0.38 ± 0.33 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$371.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.28 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.87749 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.32906 < 0.075$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.6606 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

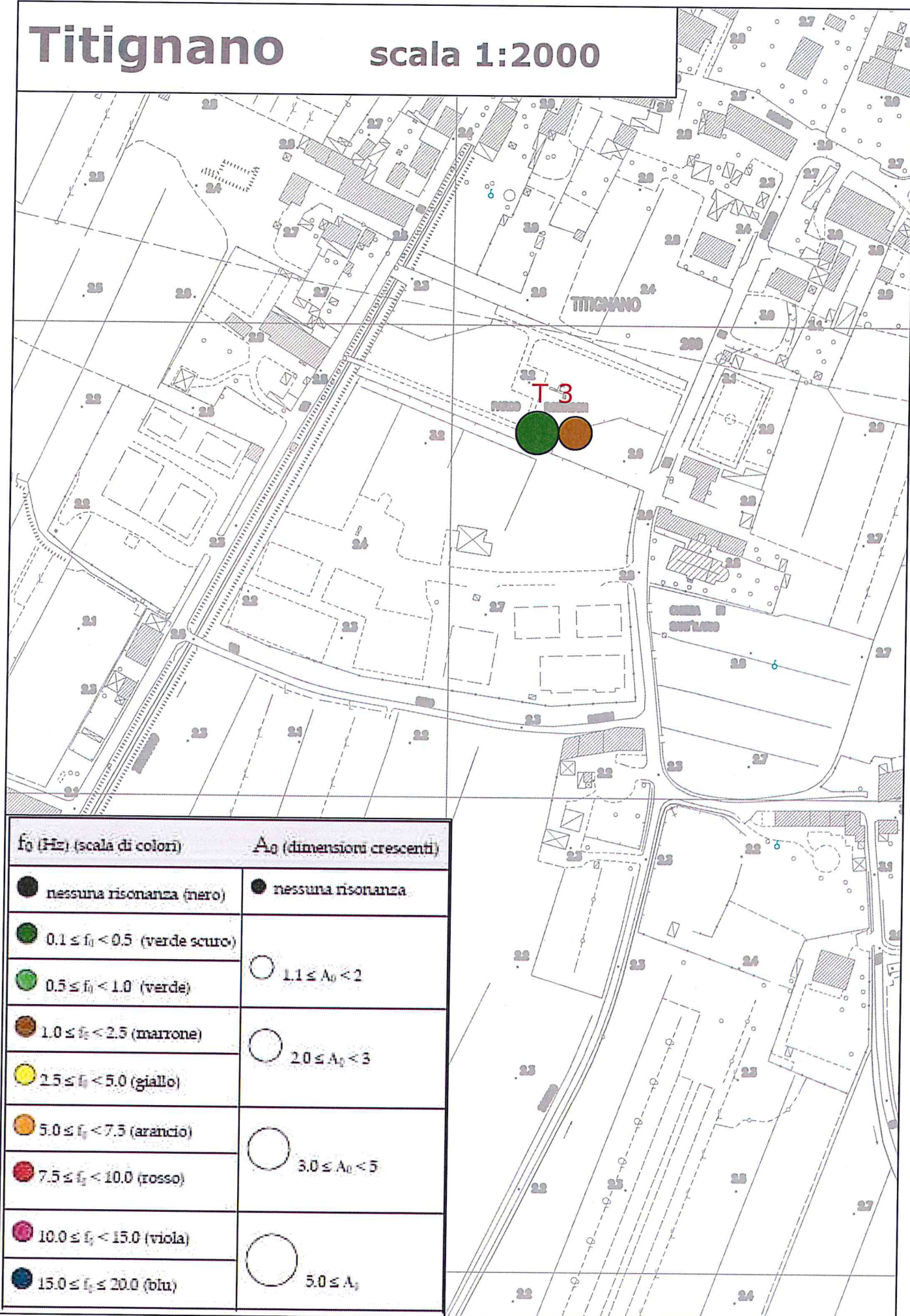
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Titignano

Titignano

scala 1:2000



T3

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 21/11/13 15:41:26 Fine registrazione: 21/11/13 16:01:27

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

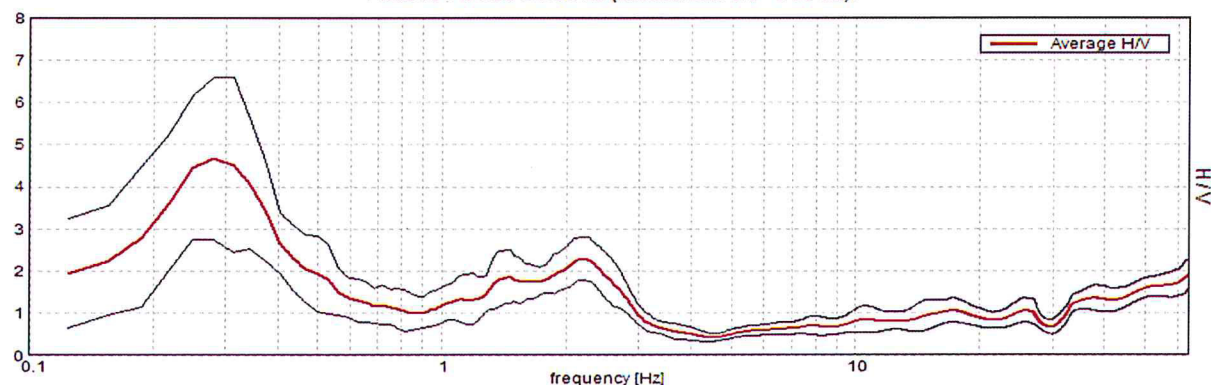
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di liscio: Triangular window

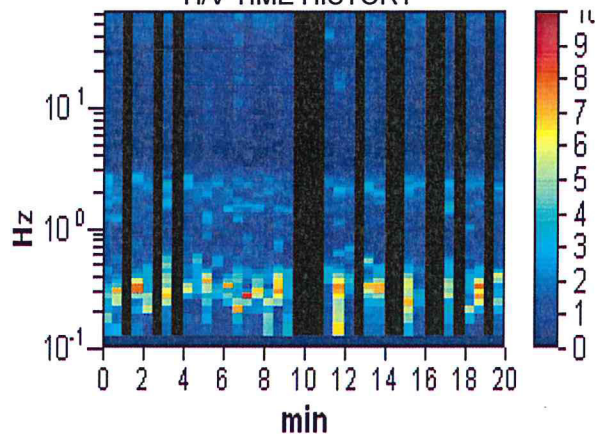
Liscio: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

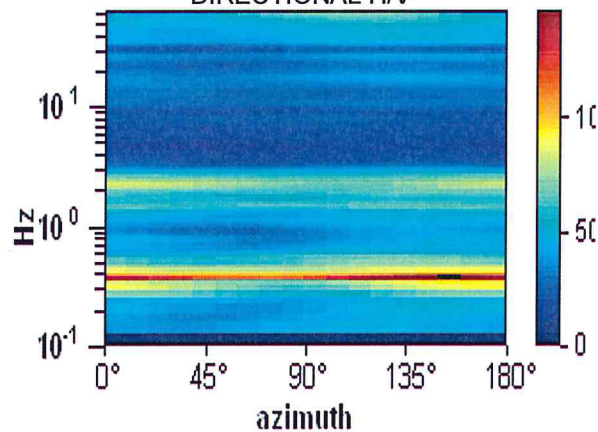
Picco H/V a 0.28 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



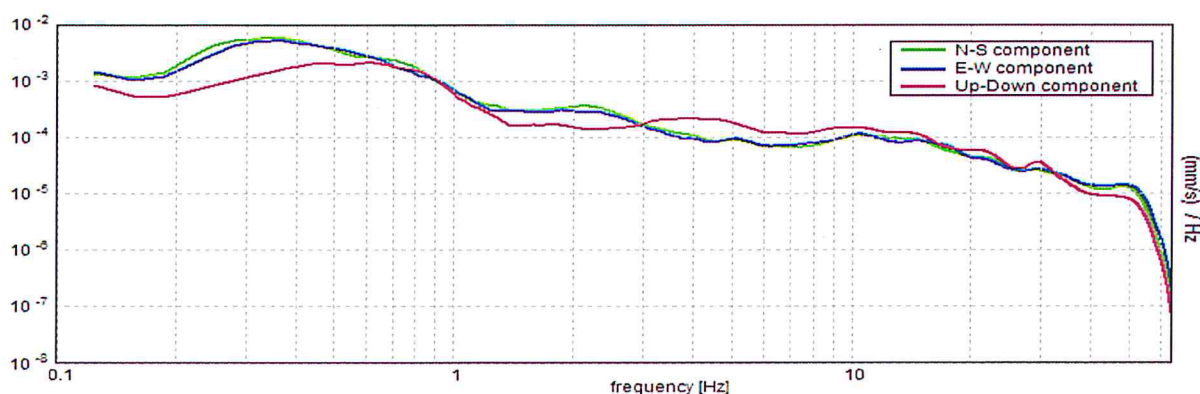
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 0.28 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.28 > 0.33$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$227.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 14 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.156 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.67 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08553 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02406 < 0.05625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.9184 < 2.5$	OK	

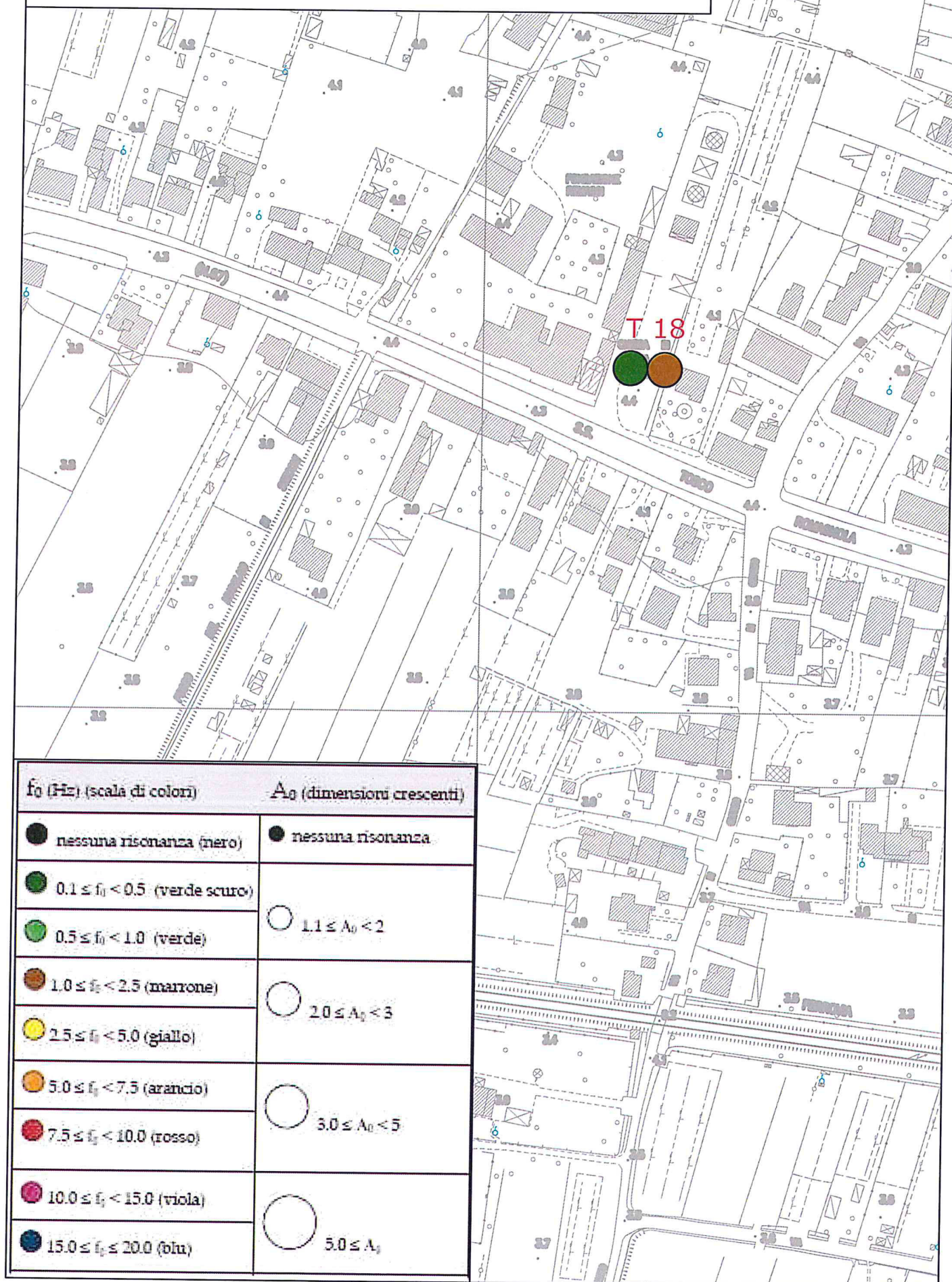
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Titignano

scala 1:2000



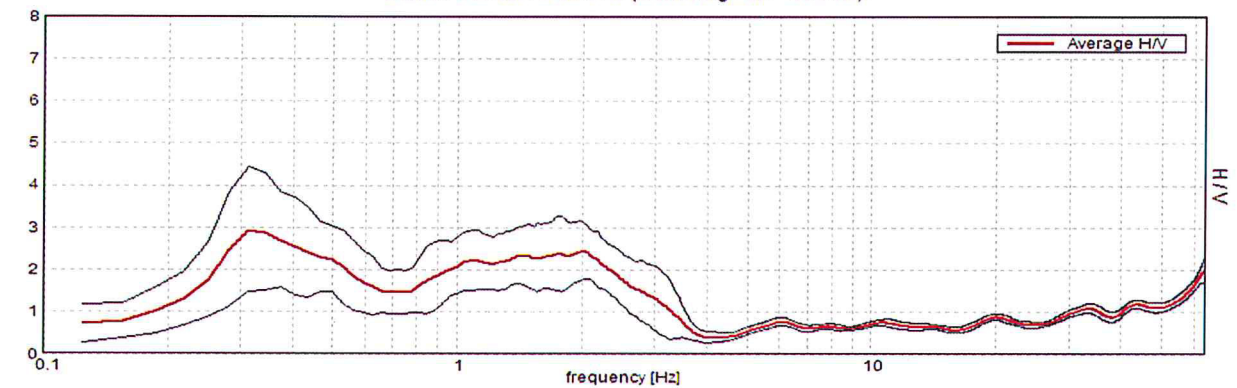
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

T 18

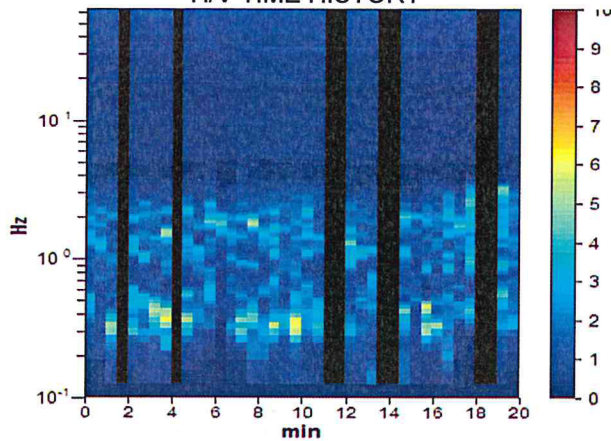
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 29/11/13 15:11:14 End recording: 29/11/13 15:31:14
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 80% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

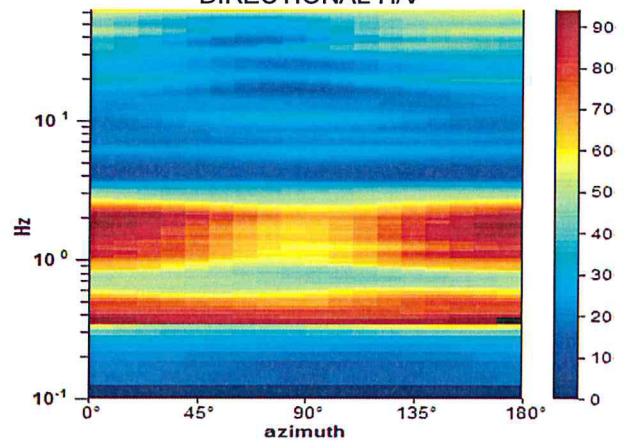
Max. H/V at 0.31 ± 0.25 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



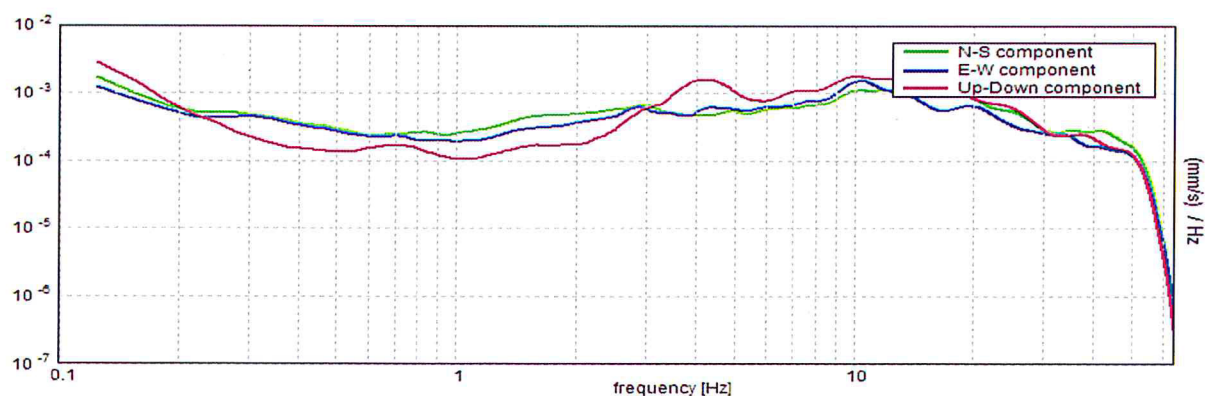
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.31 ± 0.25 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.33$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$300.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 16 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.95 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.78899 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.24656 < 0.0625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.474 < 2.5$	OK	

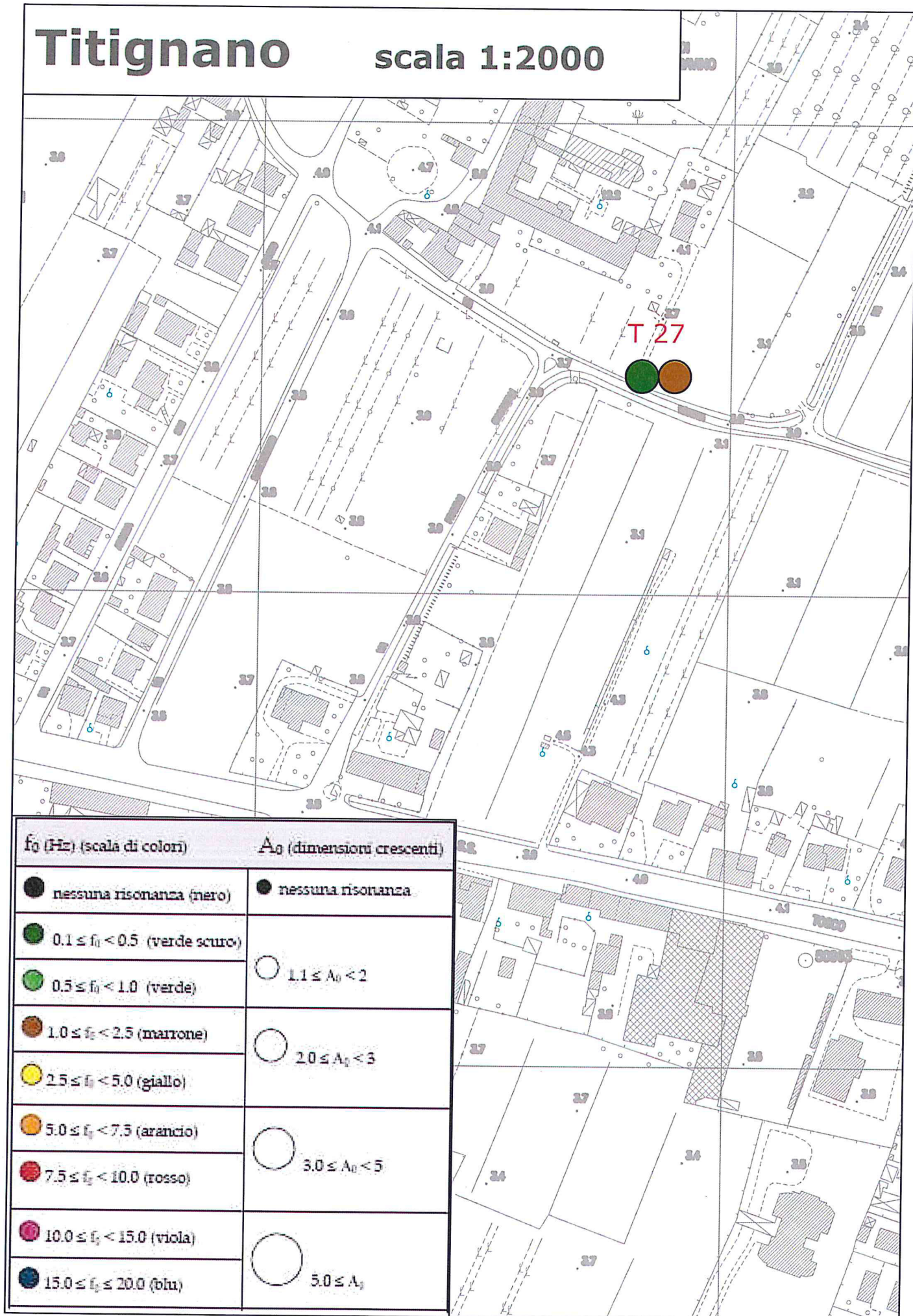
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Titignano

scala 1:2000



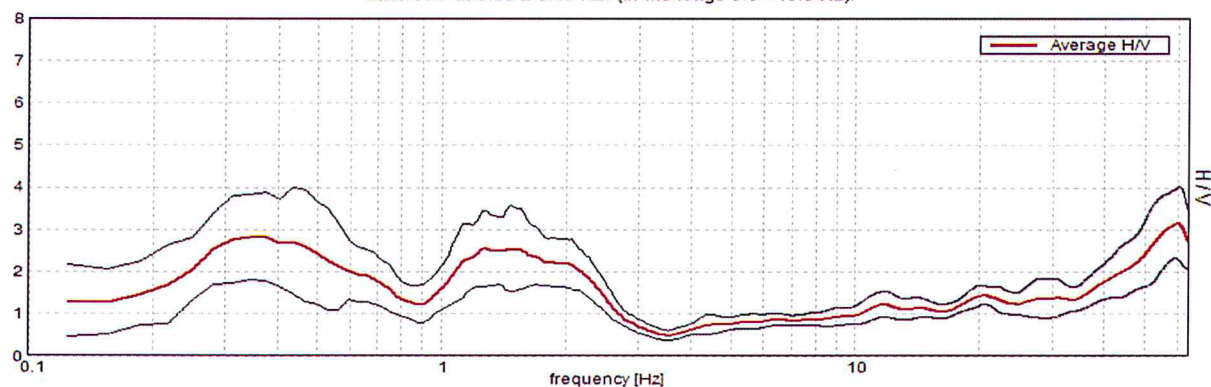
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

T 27

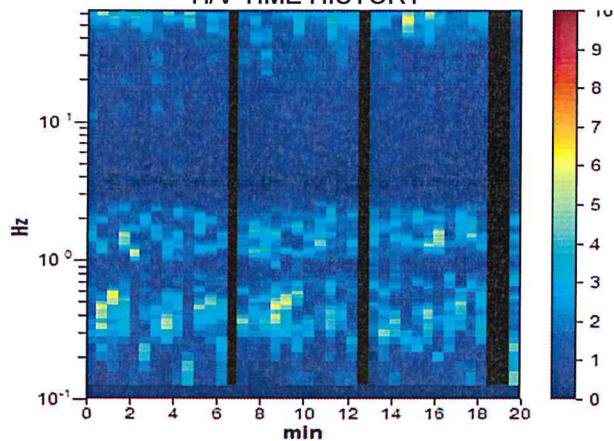
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 10/12/13 09:58:09 End recording: 10/12/13 10:18:09
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

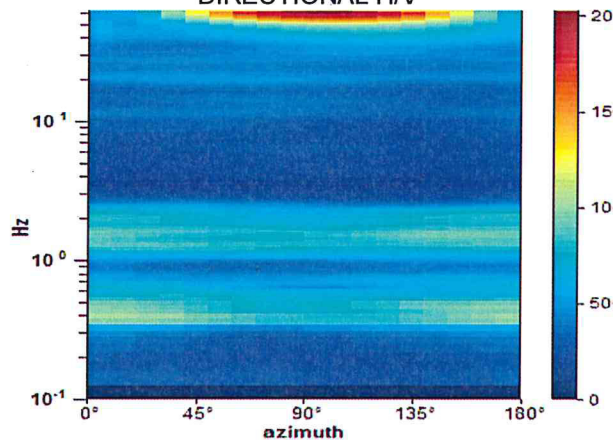
Max. H/V at 0.38 ± 0.19 Hz. (In the range 0.0 - 45.0 Hz).



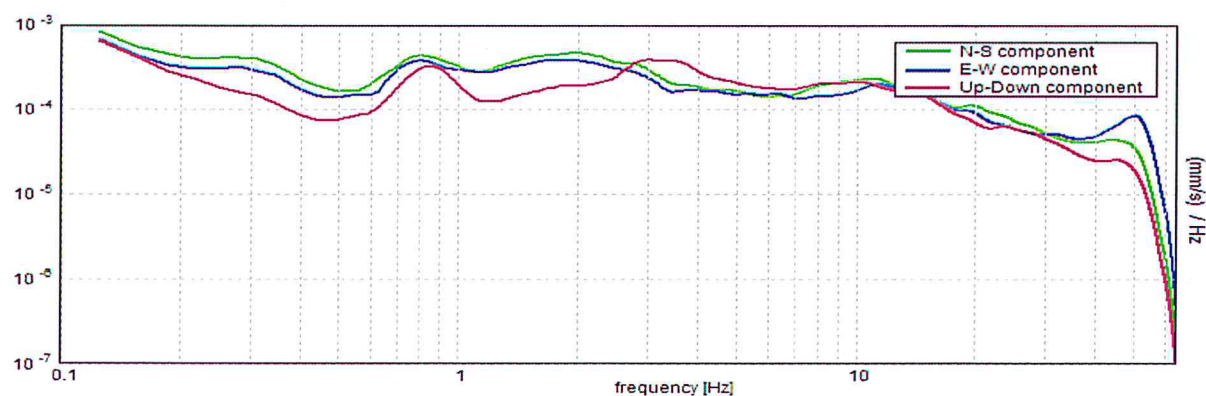
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.38 ± 0.19 Hz (in the range 0.0 - 45.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$405.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.156 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.82 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.50442 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18916 < 0.075$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0503 < 2.5$	OK	

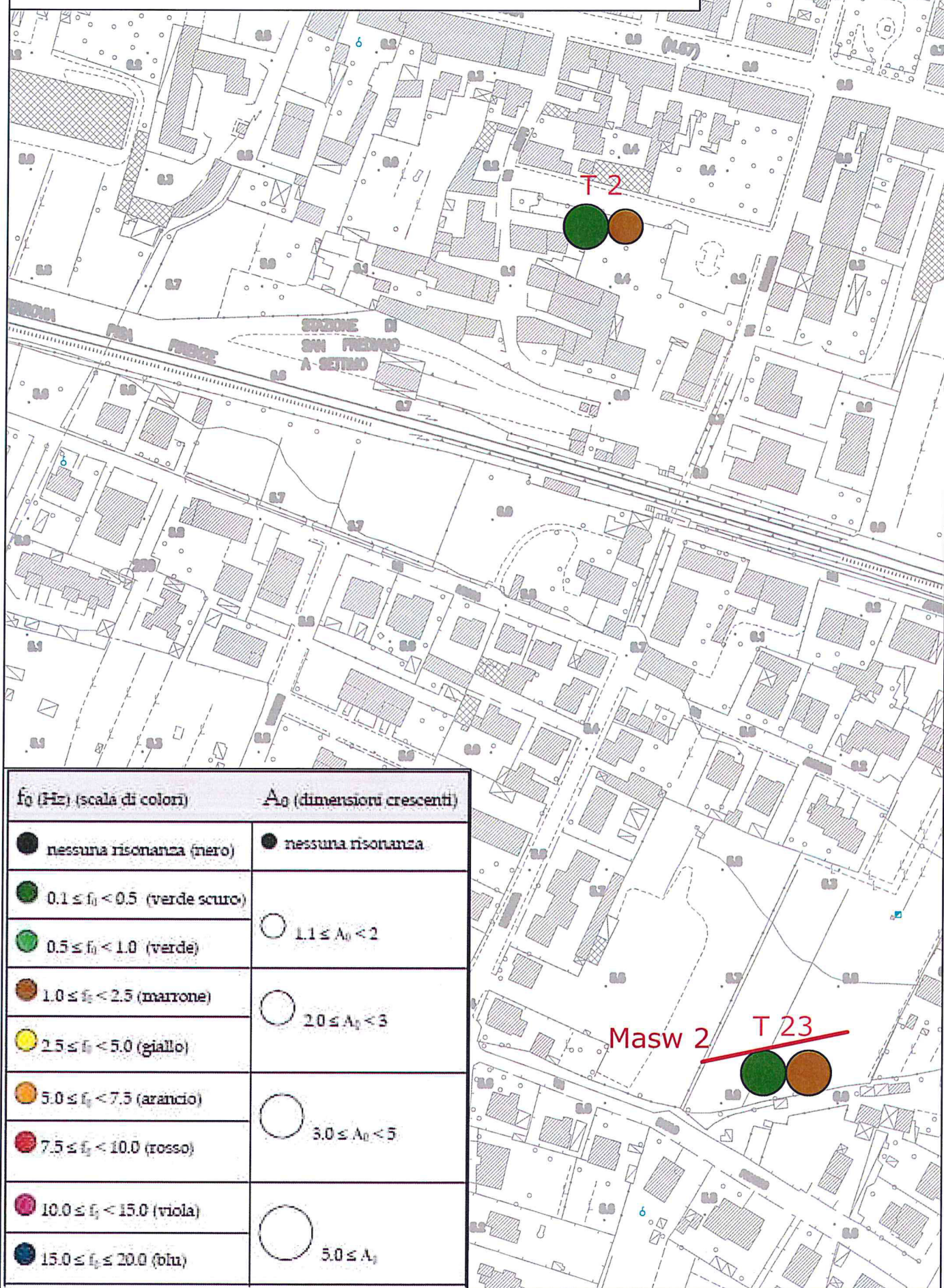
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR San Frediano a Settimo

S.Frediano a S. scala 1:2000



T2

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 21/11/13 14:34:07 Fine registrazione: 21/11/13 14:54:07

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

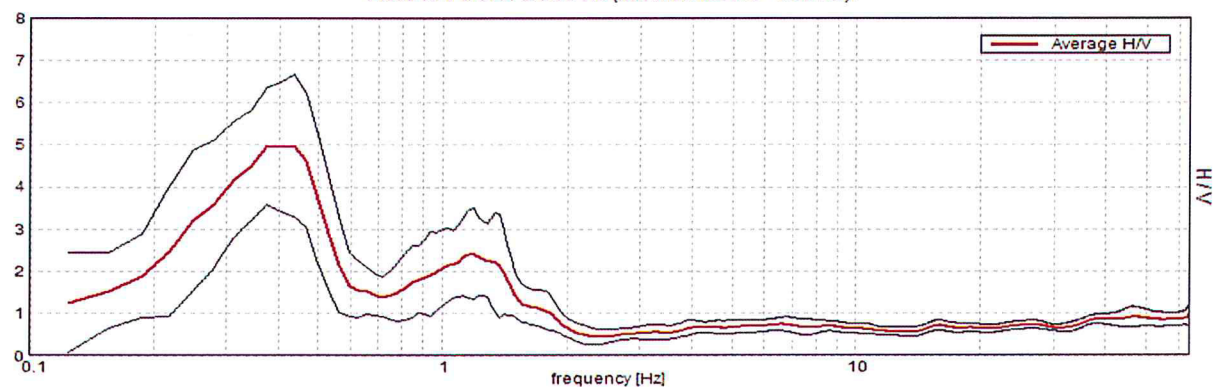
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

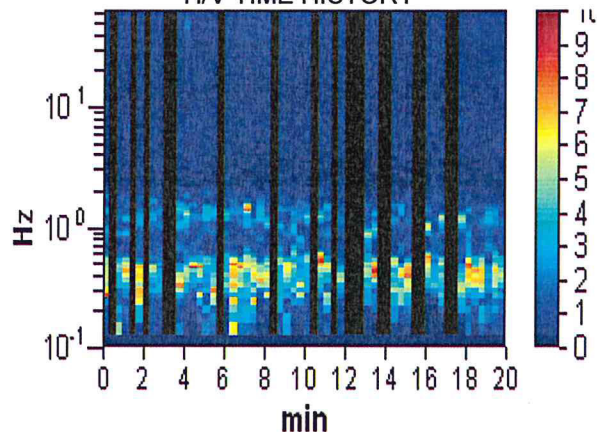
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

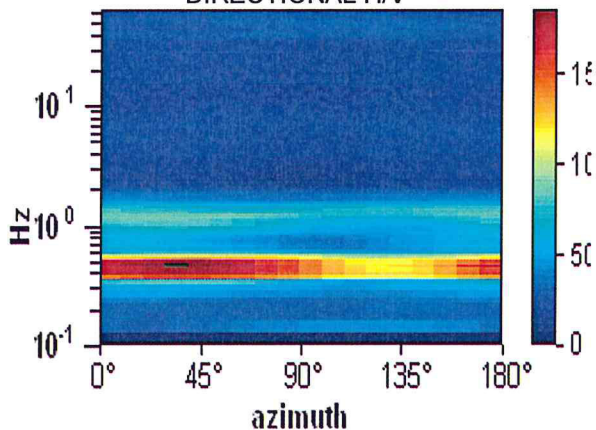
Picco H/V a 0.44 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



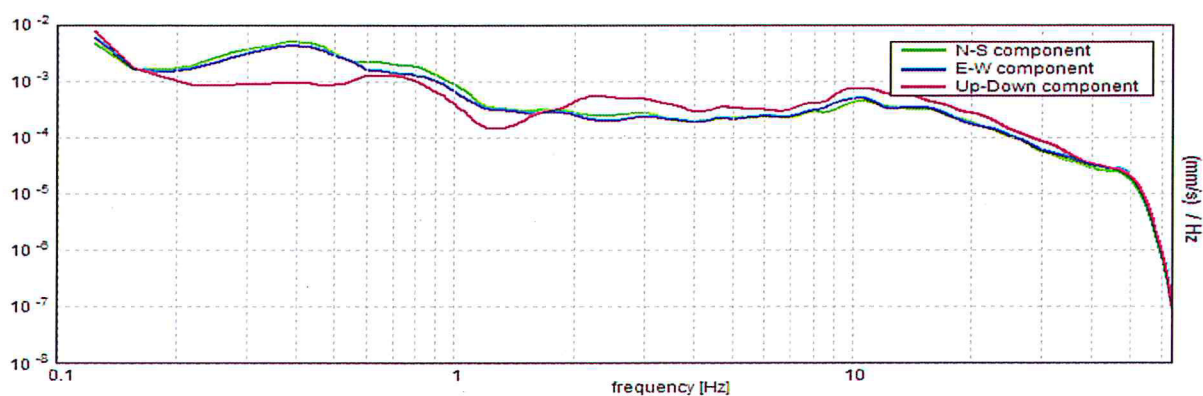
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 0.44 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.44 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$367.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 22 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

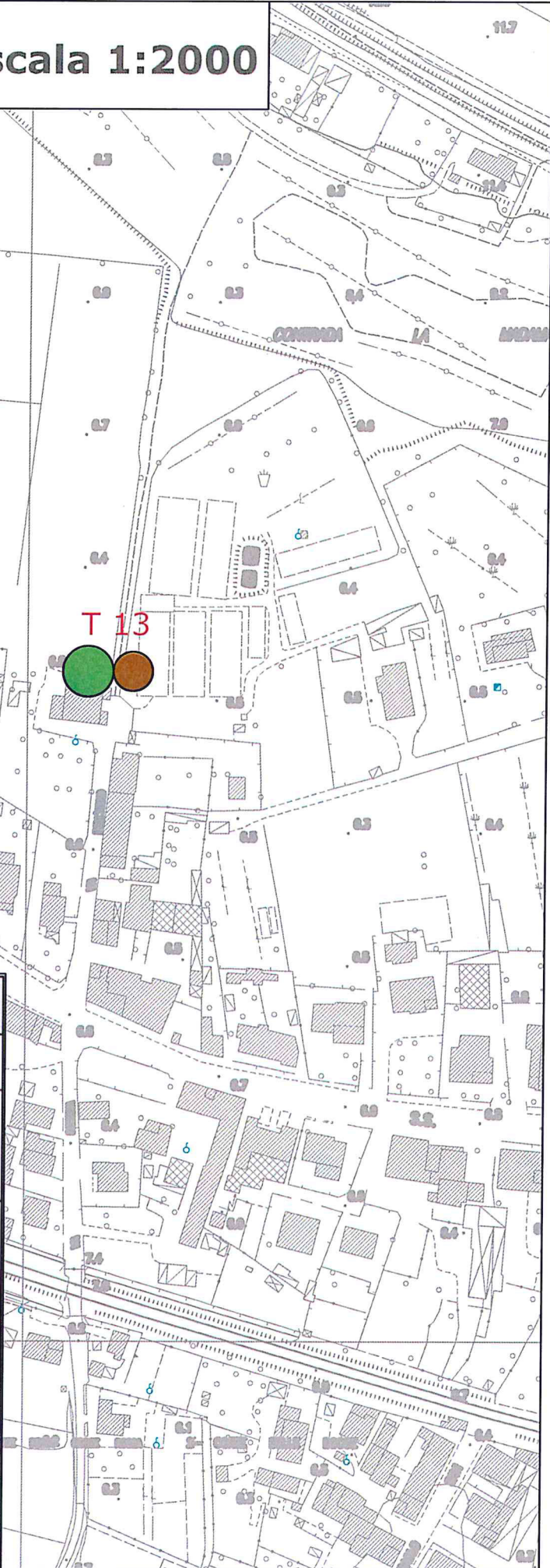
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.97 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07143 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03125 < 0.0875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.6777 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

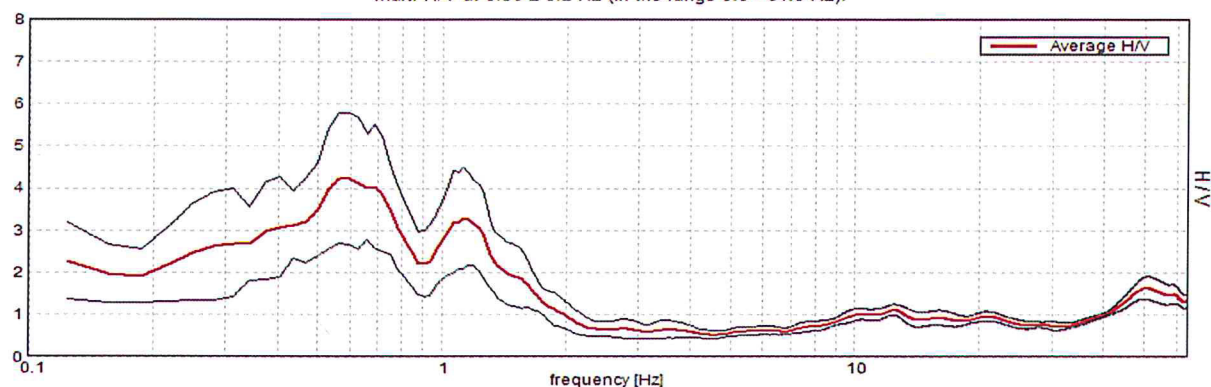


T 13

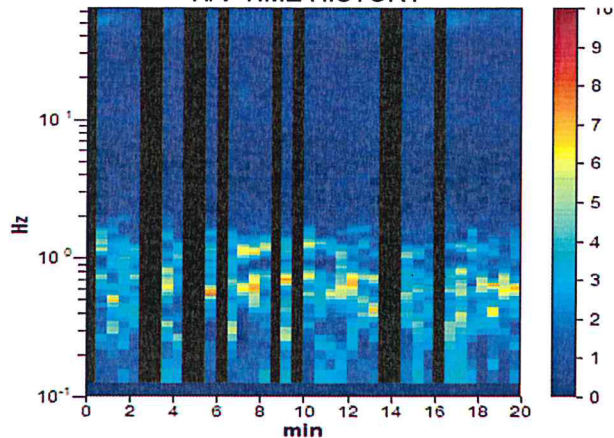
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 28/11/13 16:12:42 End recording: 28/11/13 16:32:42
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 72% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

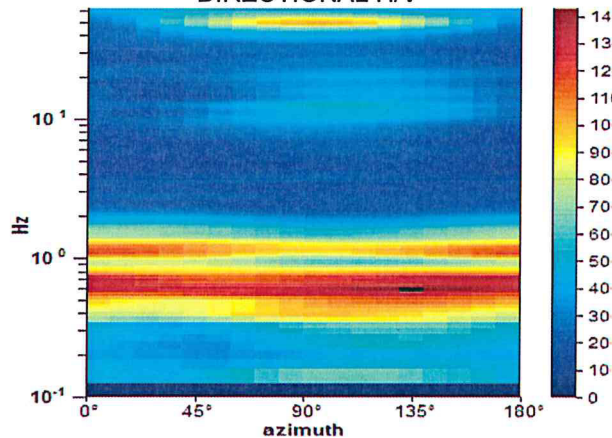
Max. H/V at 0.56 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



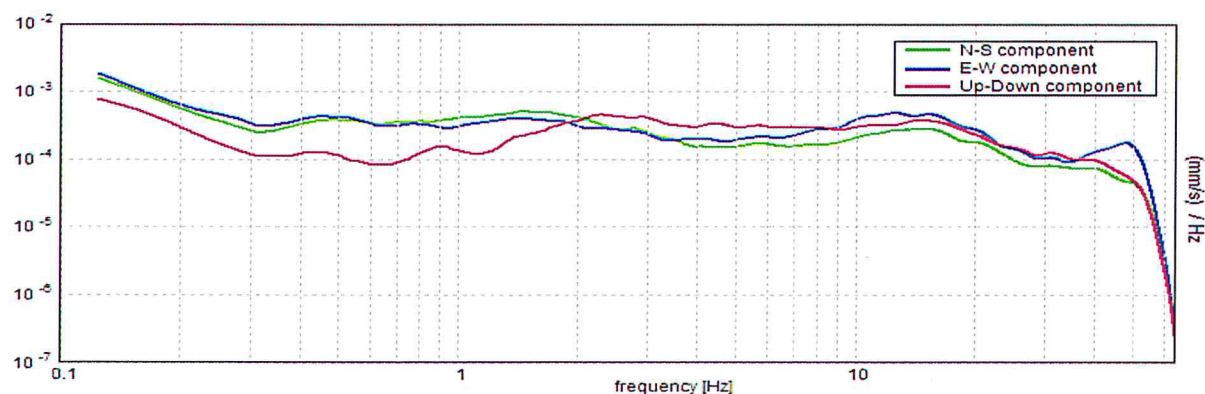
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.56 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.56 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$489.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 28 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

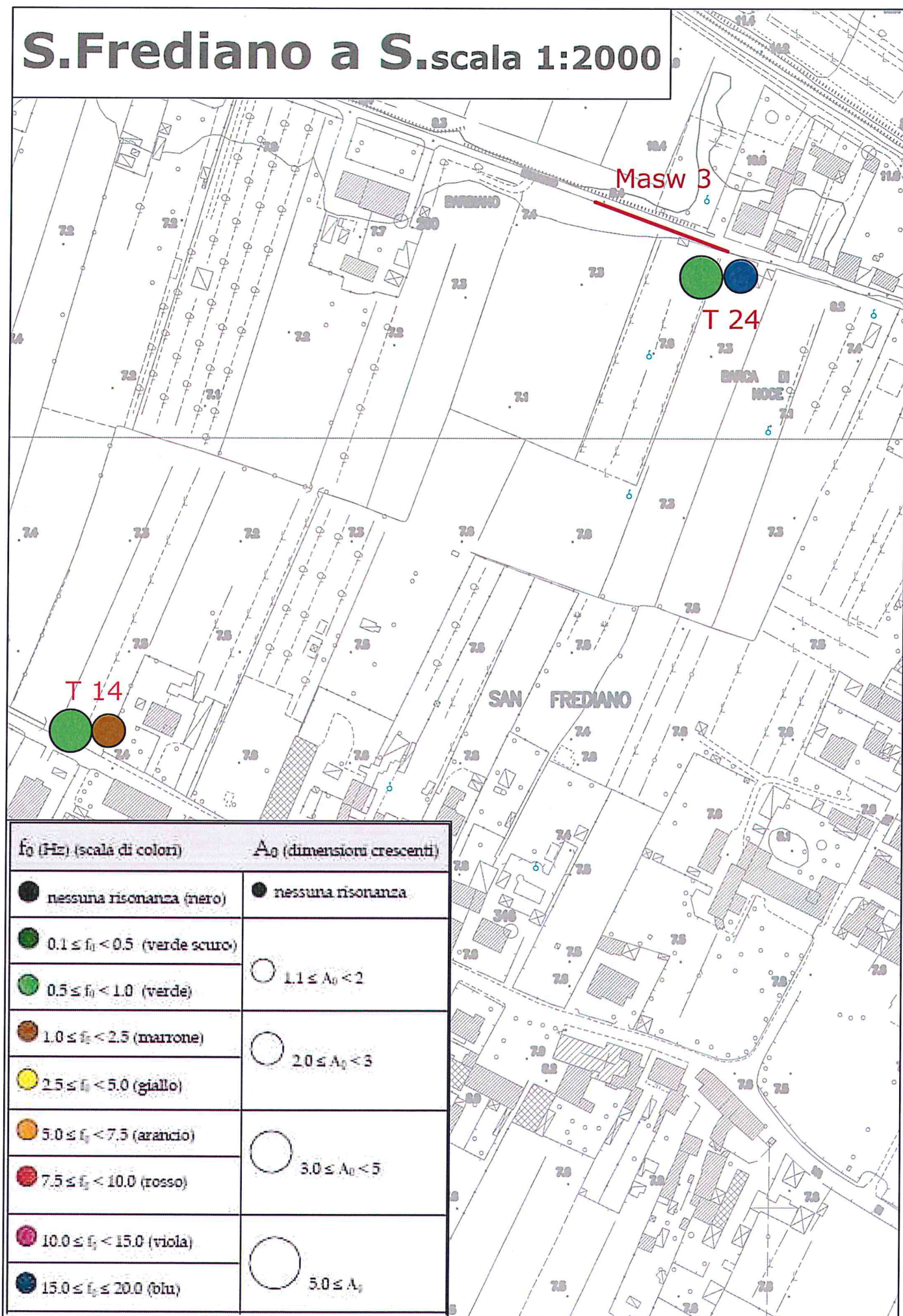
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.25 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.35752 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.2011 < 0.08438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.5448 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

S.Frediano a S. scala 1:2000



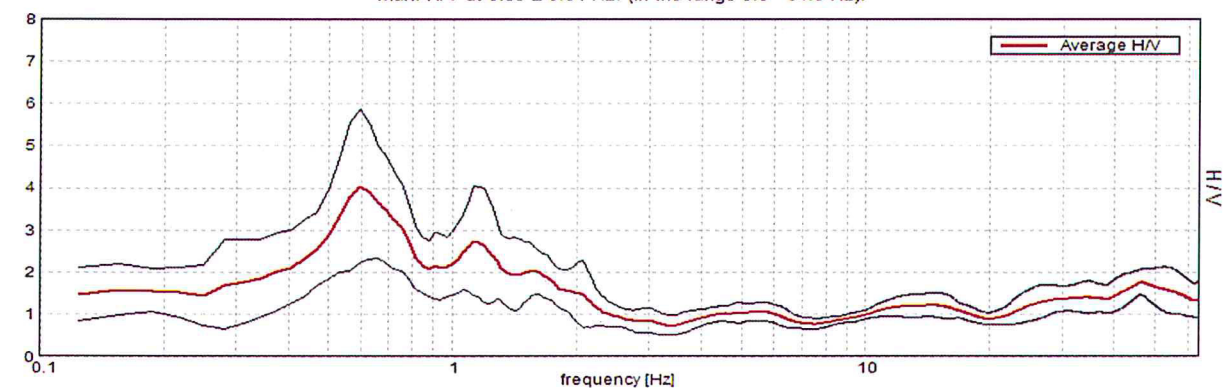
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 14

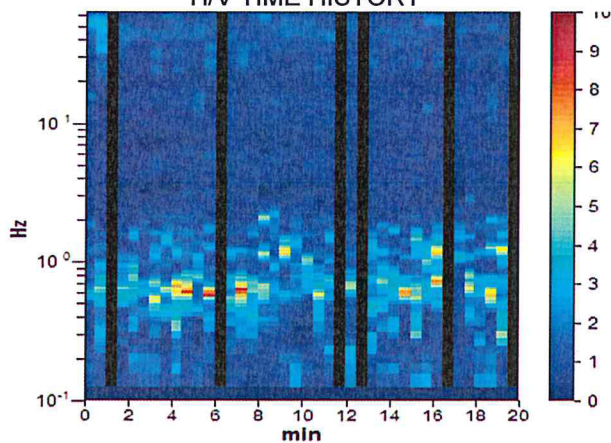
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 28/11/13 16:43:13 End recording: 28/11/13 17:03:13
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

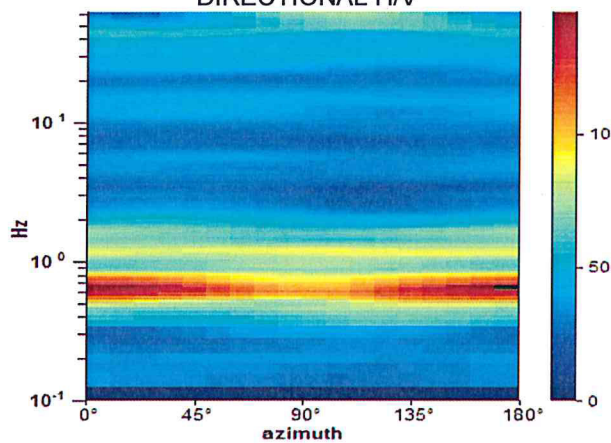
Max. H/V at 0.59 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



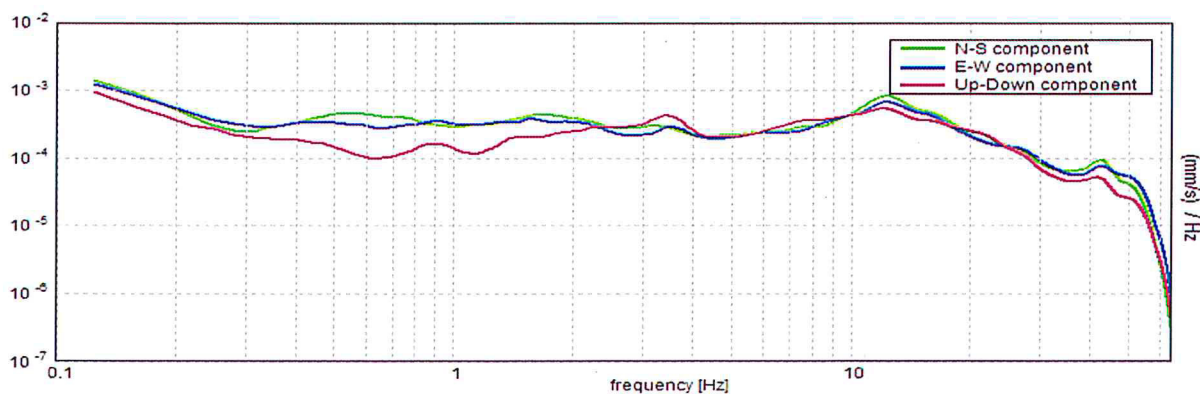
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.59 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.59 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$605.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 30 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

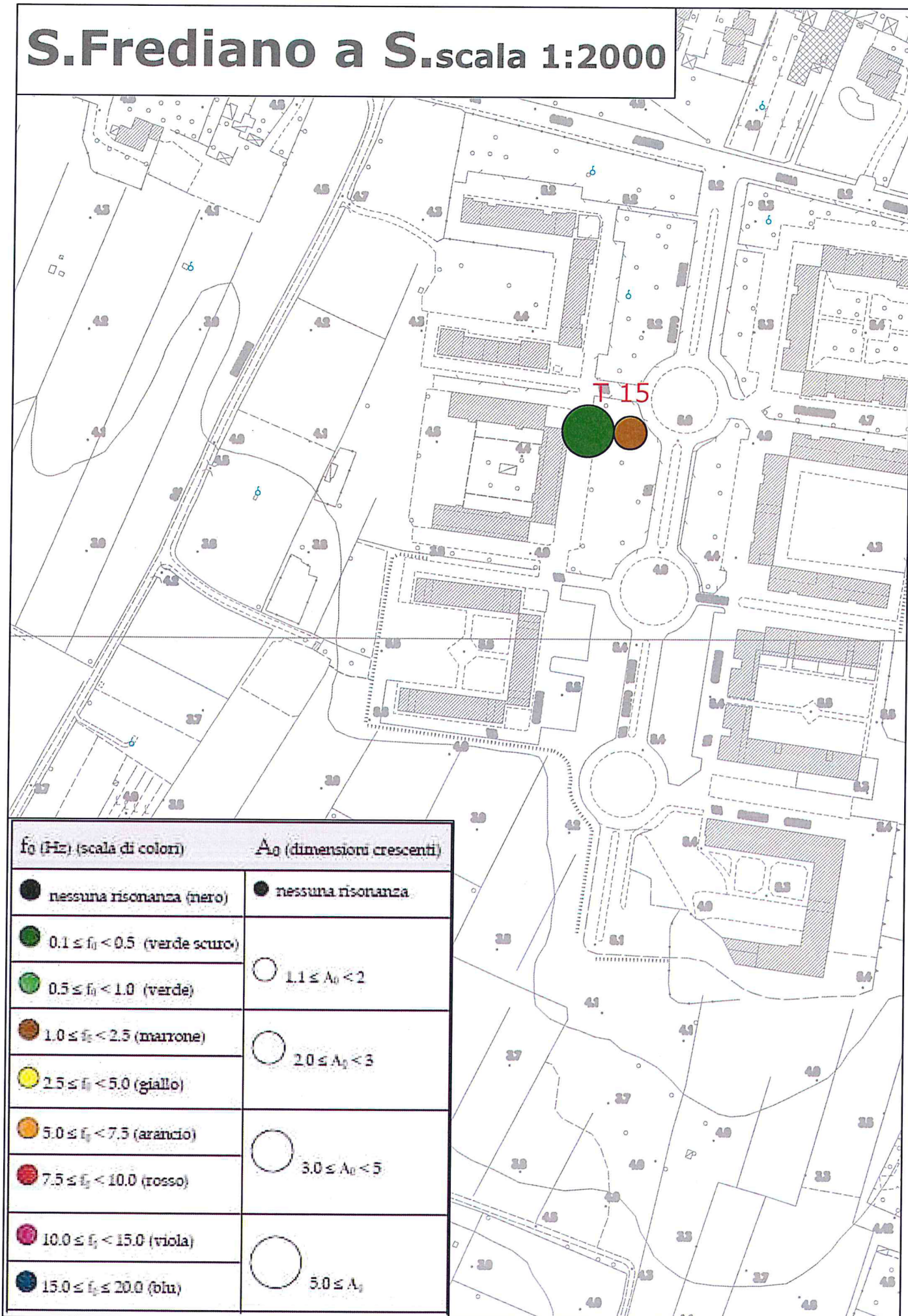
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.04 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02211 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01313 < 0.08906$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.816 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

S.Frediano a S. scala 1:2000



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

T 15

Instrument: TZ3-0001/01-13

Start recording: 28/11/13 17:14:52

End recording: 28/11/13 17:32:27

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h17'24". Analyzed 79% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

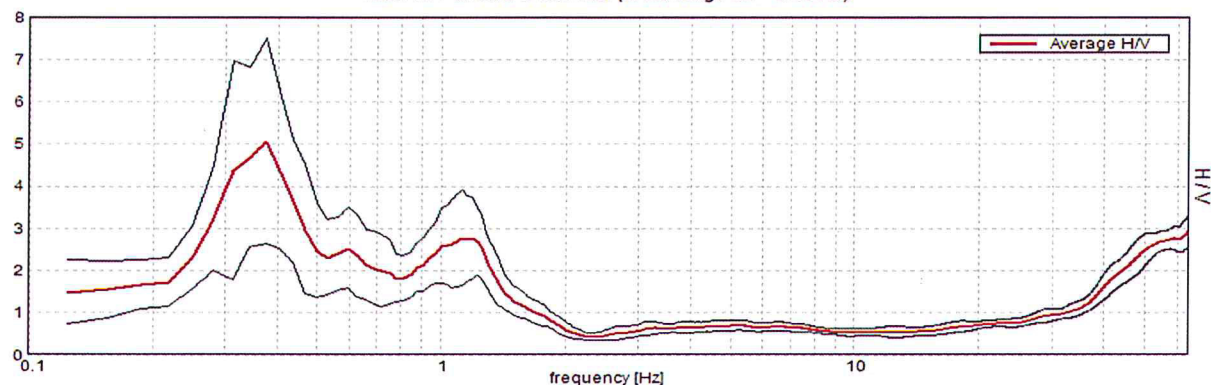
Window size: 30 s

Smoothing type: Triangular window

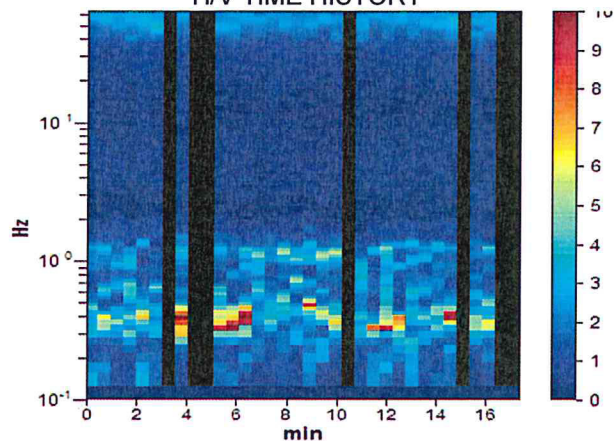
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

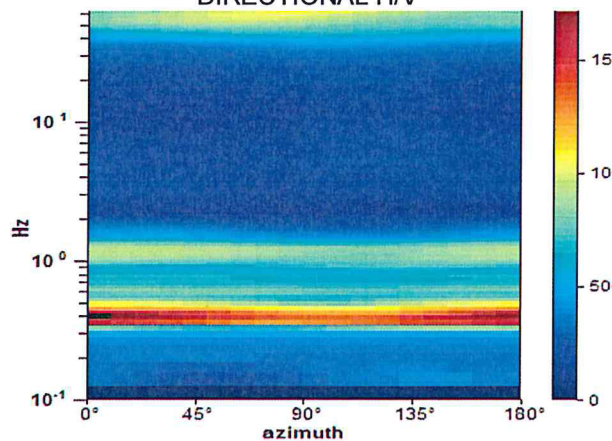
Max. H/V at 0.38 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



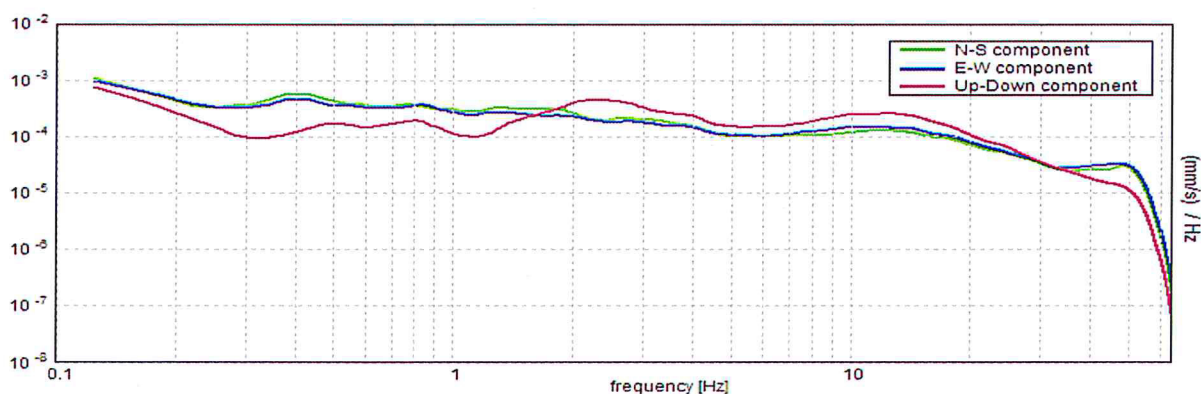
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.38 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$303.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

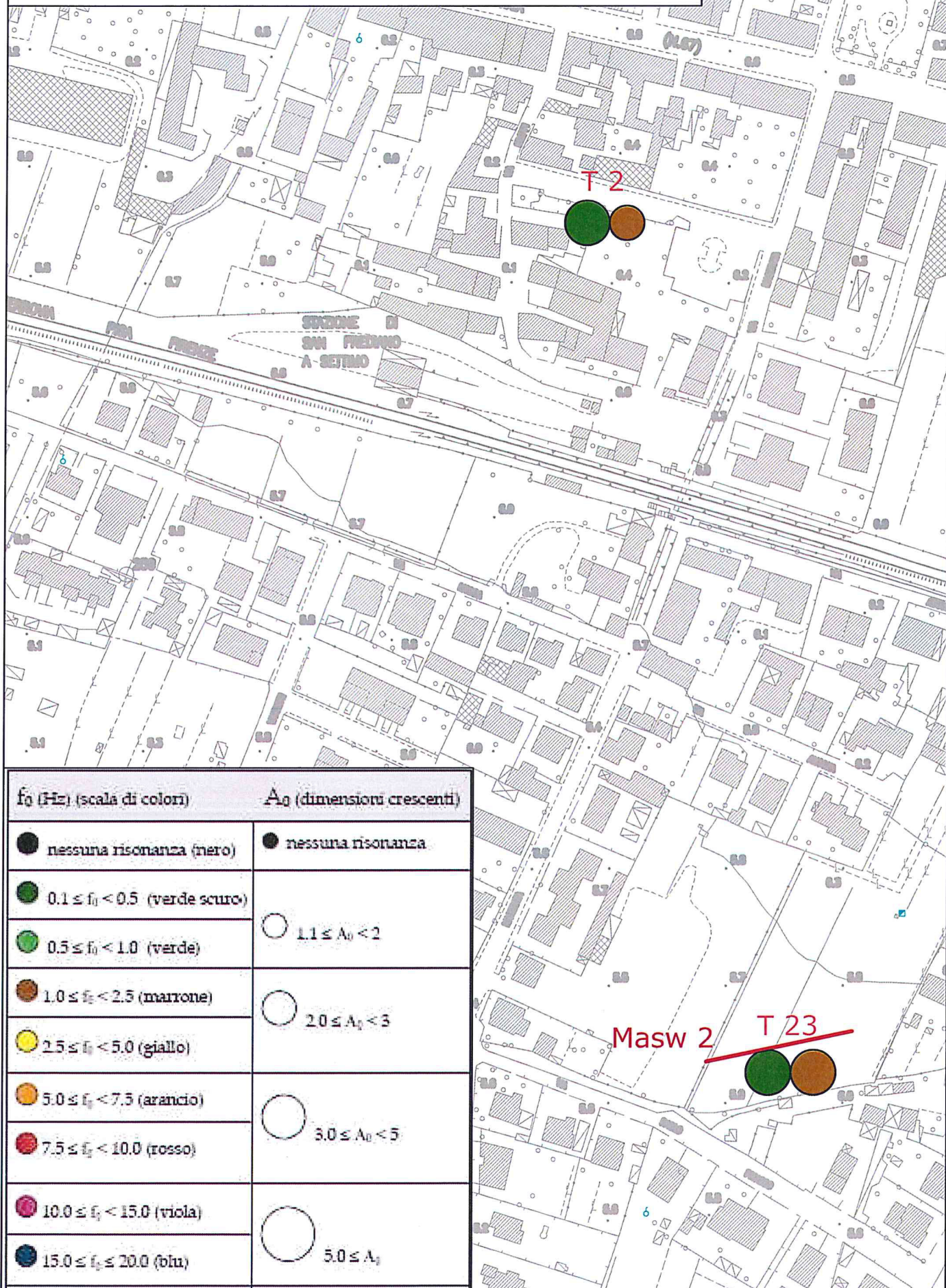
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.06 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03586 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01345 < 0.075$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$2.43 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

S.Frediano a S. scala 1:2000

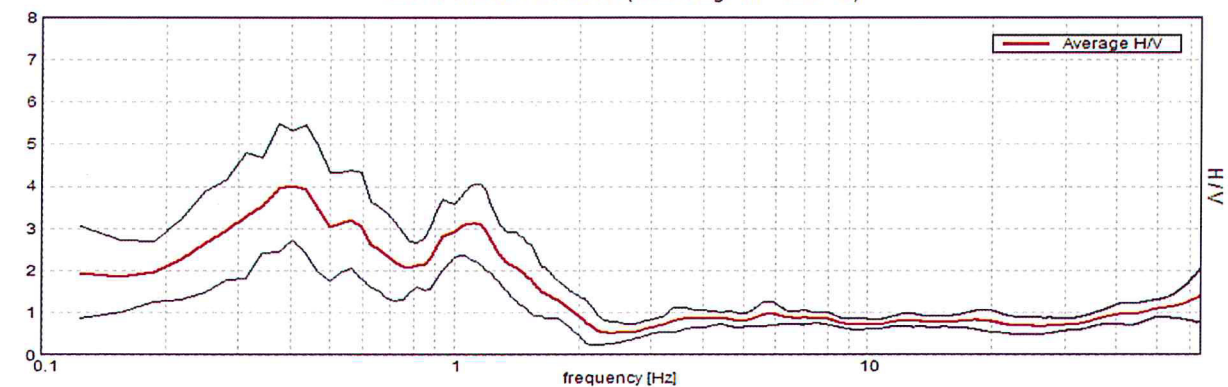


T 23

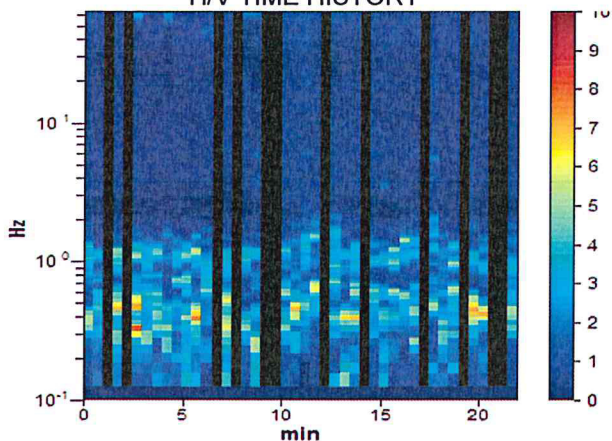
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 05/12/13 15:10:29 End recording: 05/12/13 15:32:29
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h22'00". Analyzed 73% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

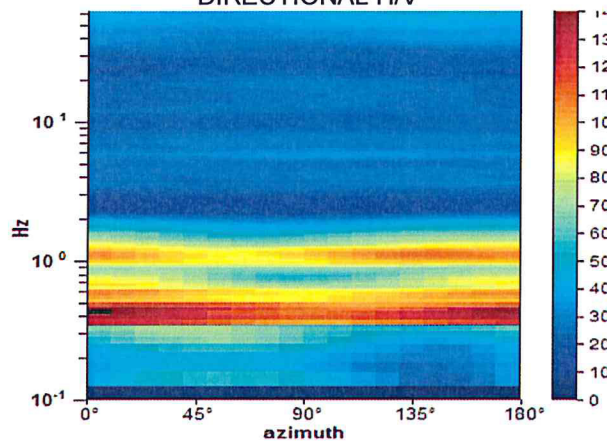
Max. H/V at 0.41 ± 0.05 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



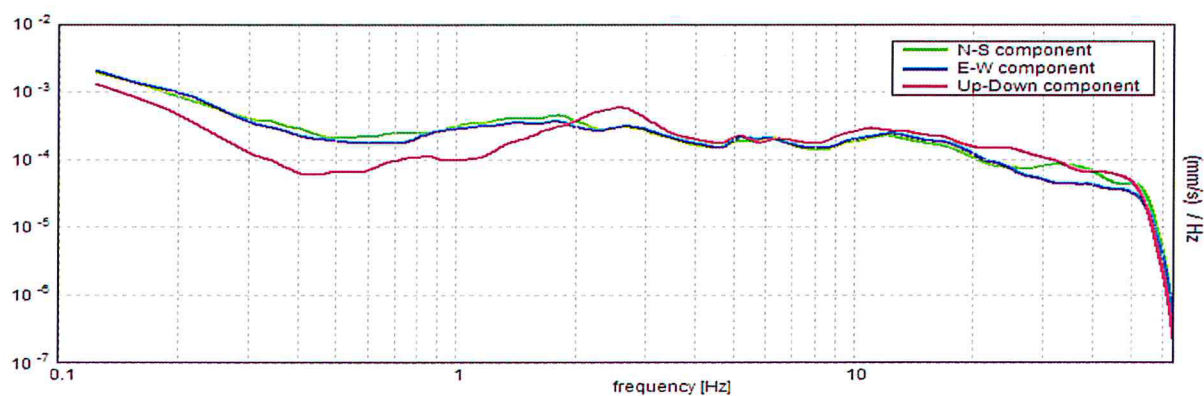
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.41 ± 0.05 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.41 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$390.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

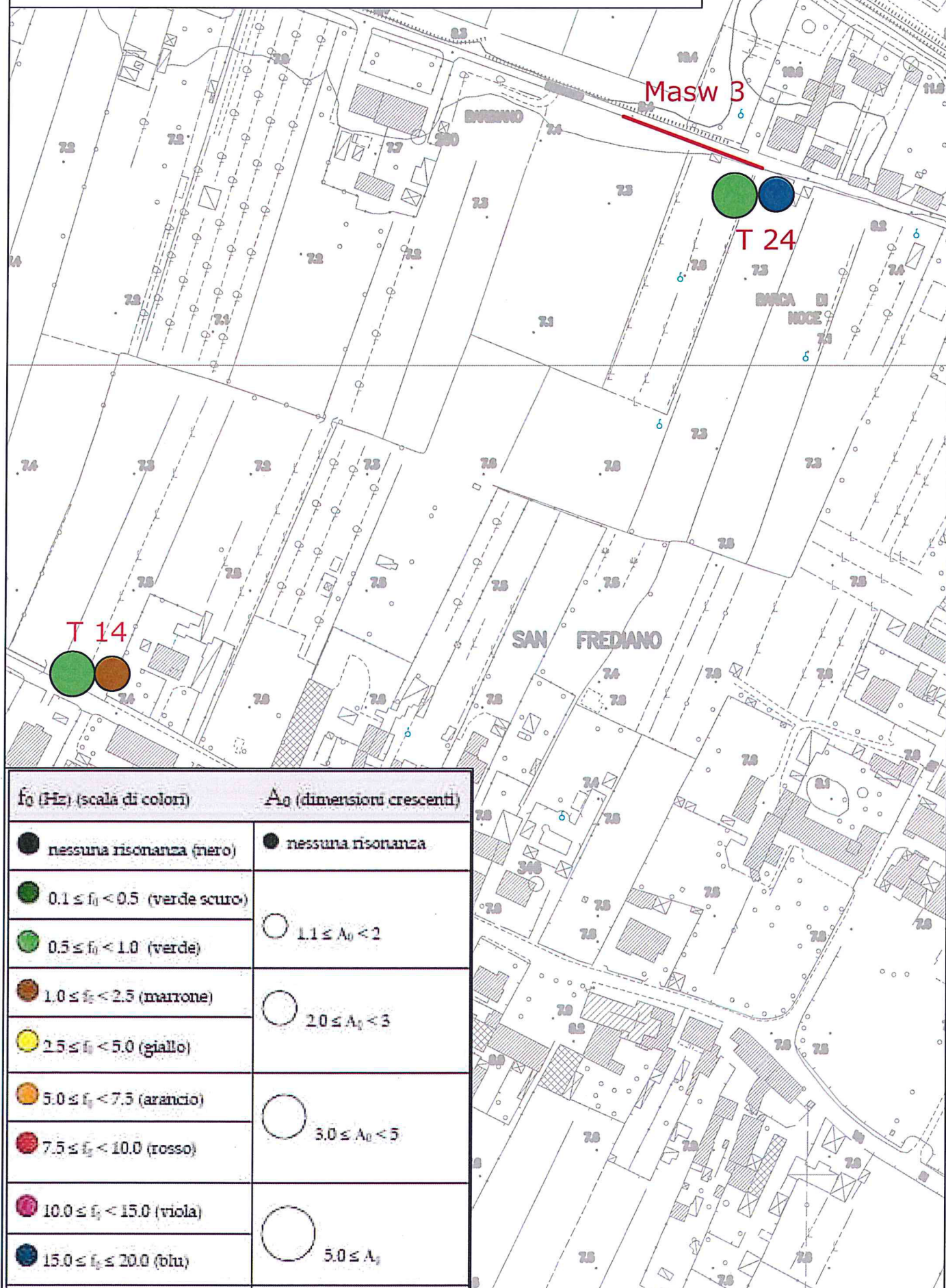
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.01 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13043 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.05299 < 0.08125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.2923 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

S.Frediano a S. scala 1:2000

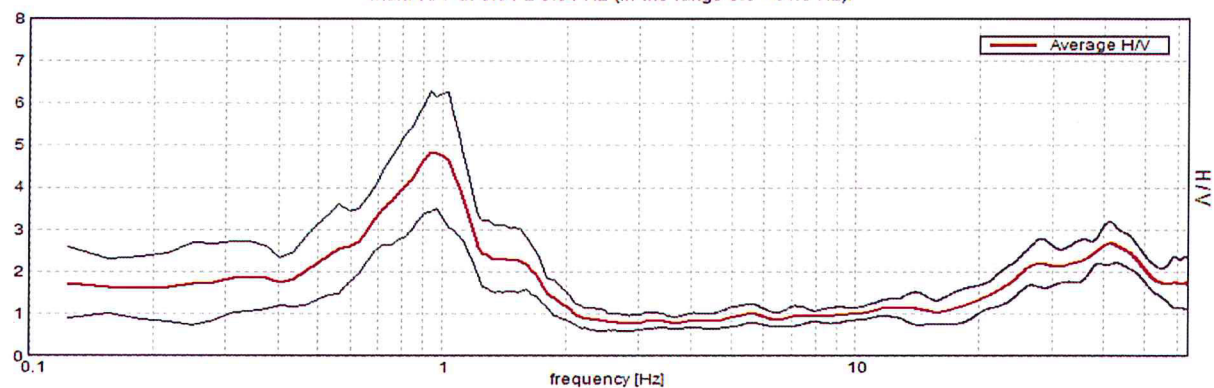


T 24

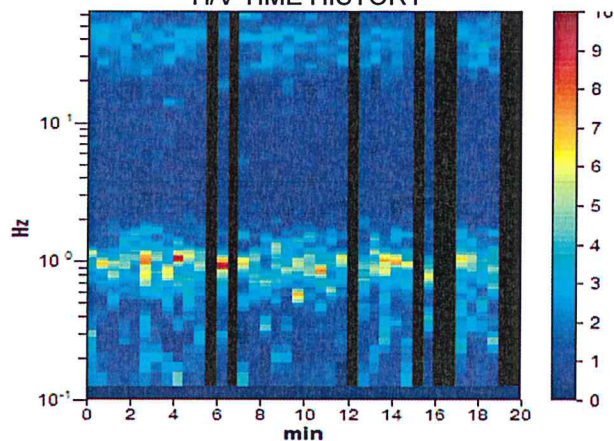
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 05/12/13 15:52:41 End recording: 05/12/13 16:12:41
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 80% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

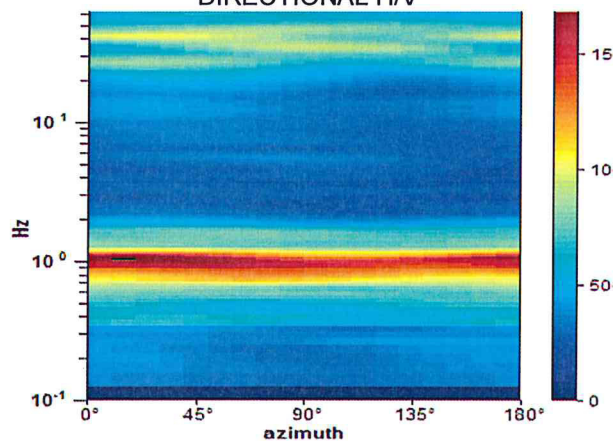
Max. H/V at 0.94 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



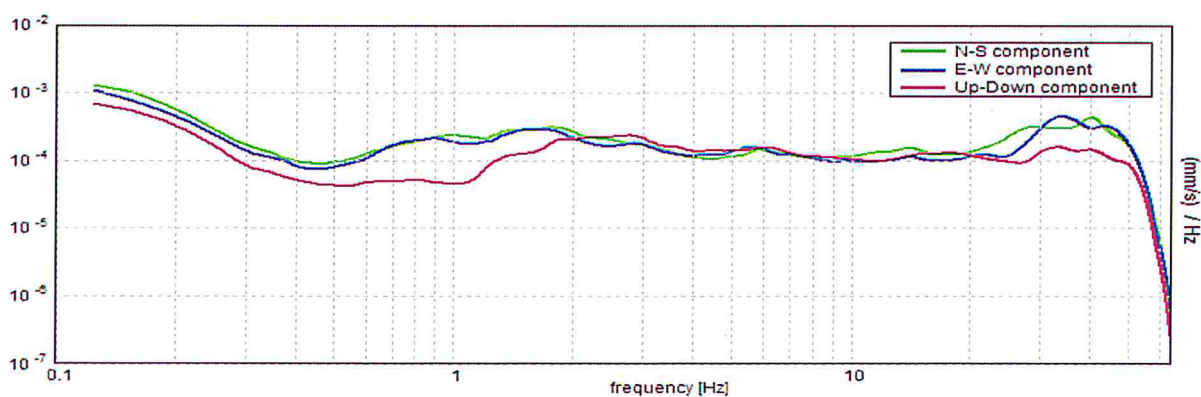
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.94 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.94 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$900.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 46 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

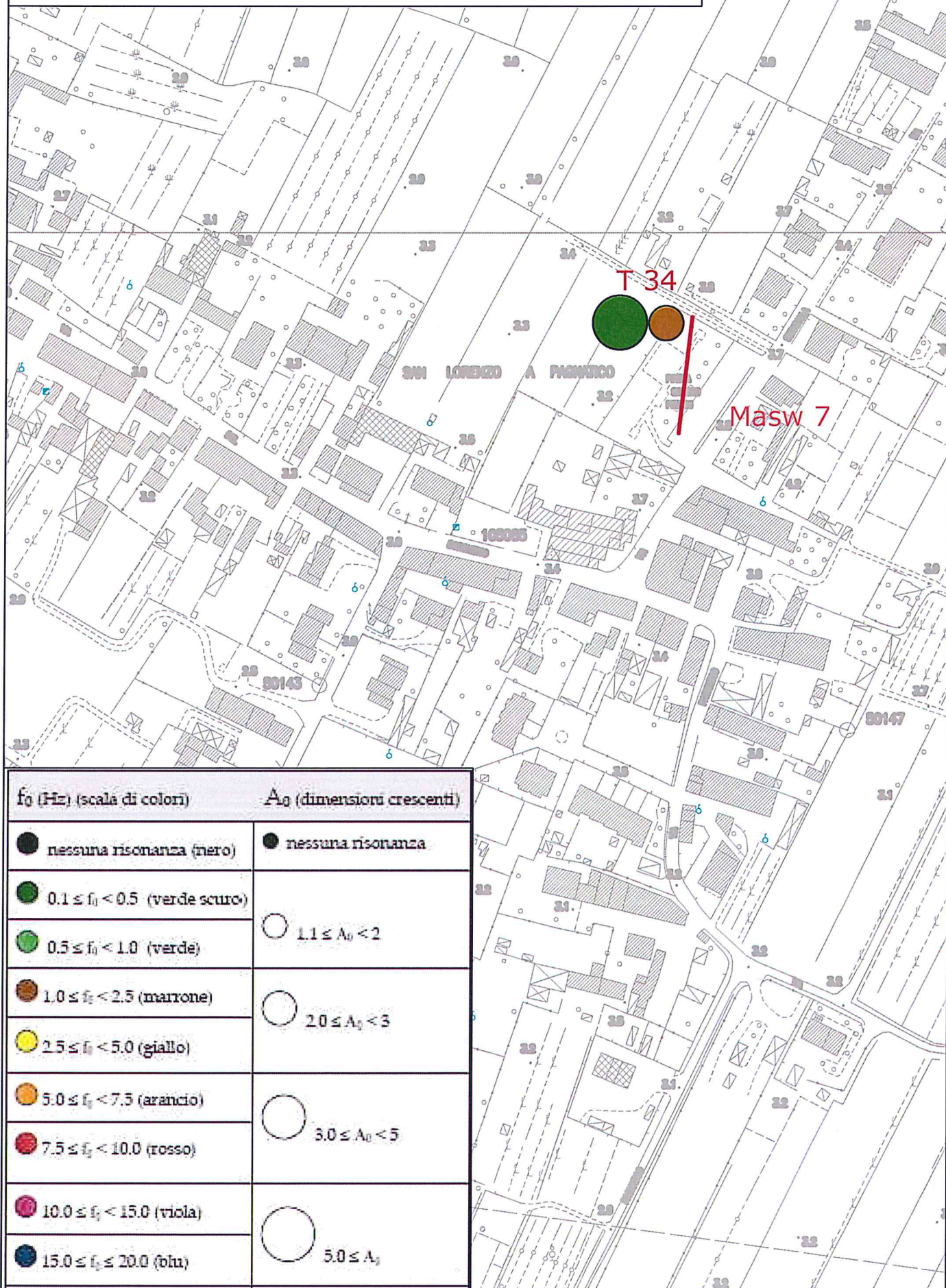
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.531 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.84 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04677 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04385 < 0.14063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.4324 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

S.Frediano a S. scala 1:2000



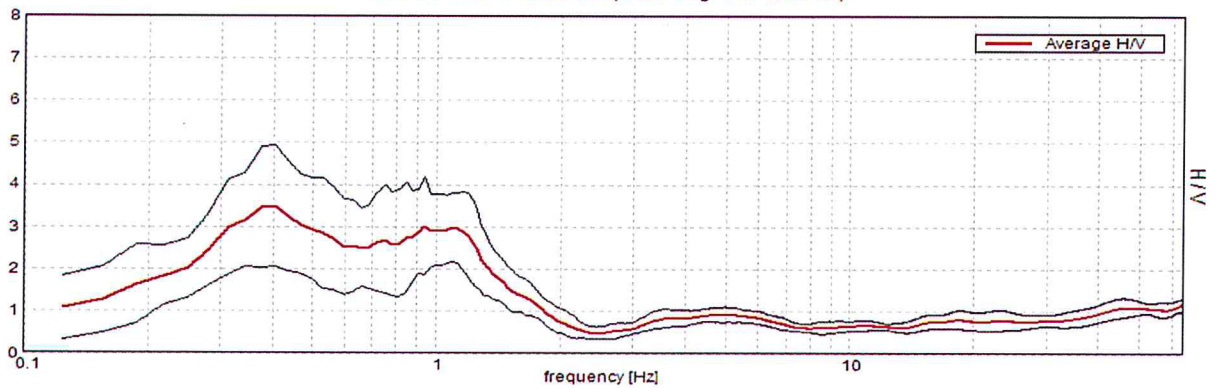
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

T 34

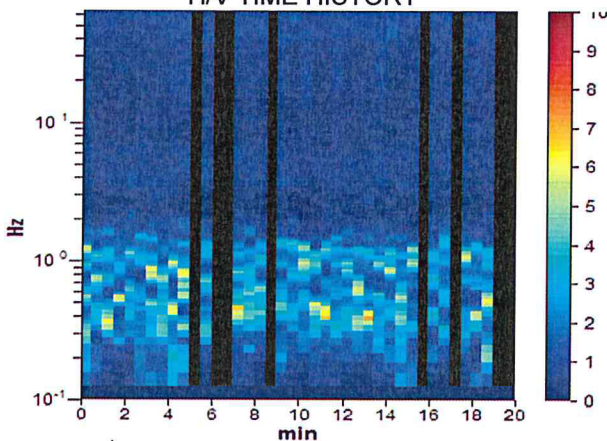
Instrument: TZ3-0001/01-13
 Start recording: 10/12/13 15:26:28 End recording: 10/12/13 15:46:28
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 80% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 30 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

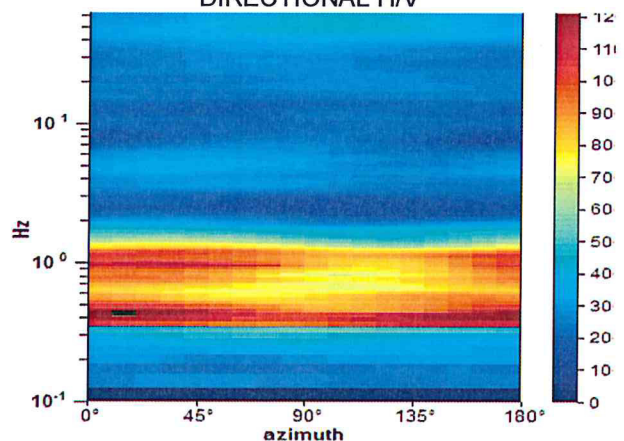
Max. H/V at 0.41 ± 0.27 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



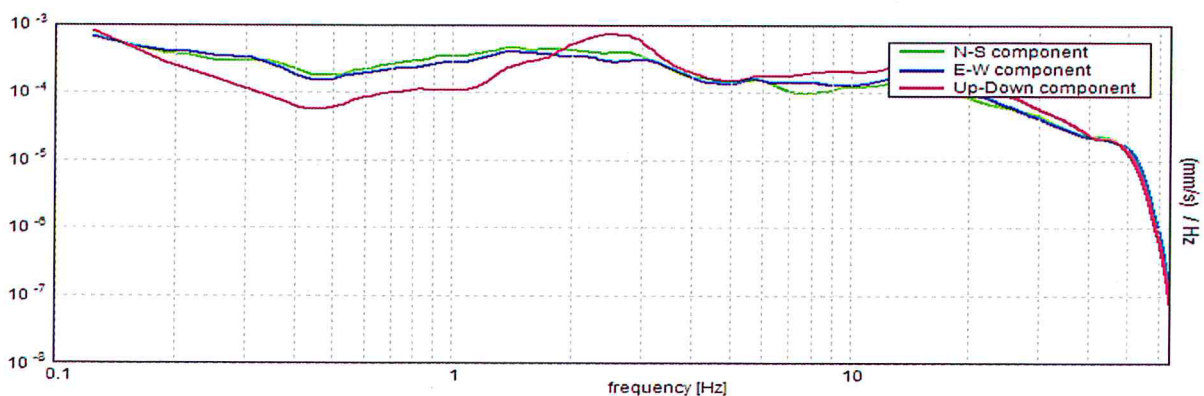
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.41 ± 0.27 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.41 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$390.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.49 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.6592 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.2678 < 0.08125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.4407 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

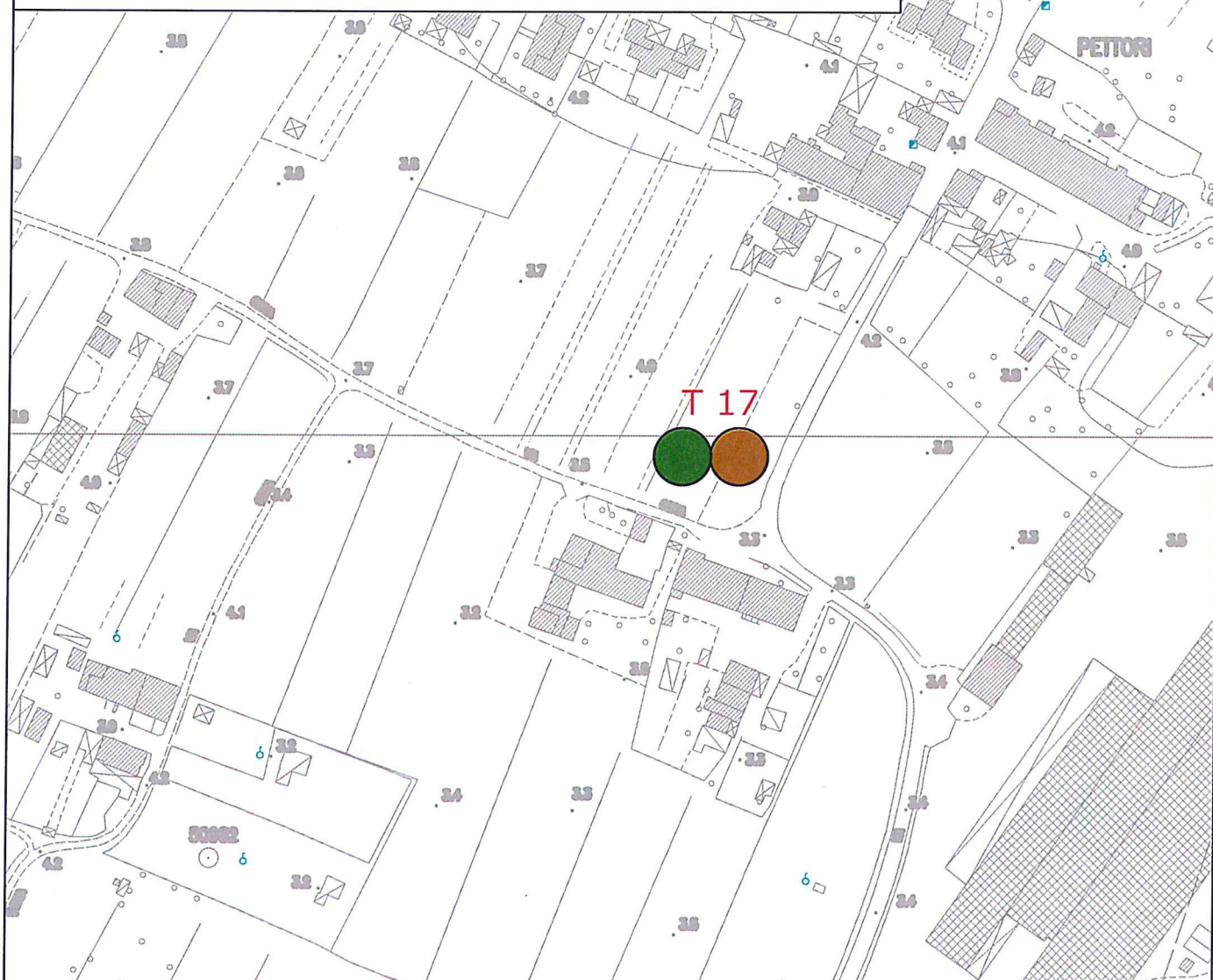
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Pettori

Pettori

scala 1:2000



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

T 17

Instrument: TZ3-0001/01-13

Start recording: 29/11/13 14:25:36 End recording: 29/11/13 14:45:36

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

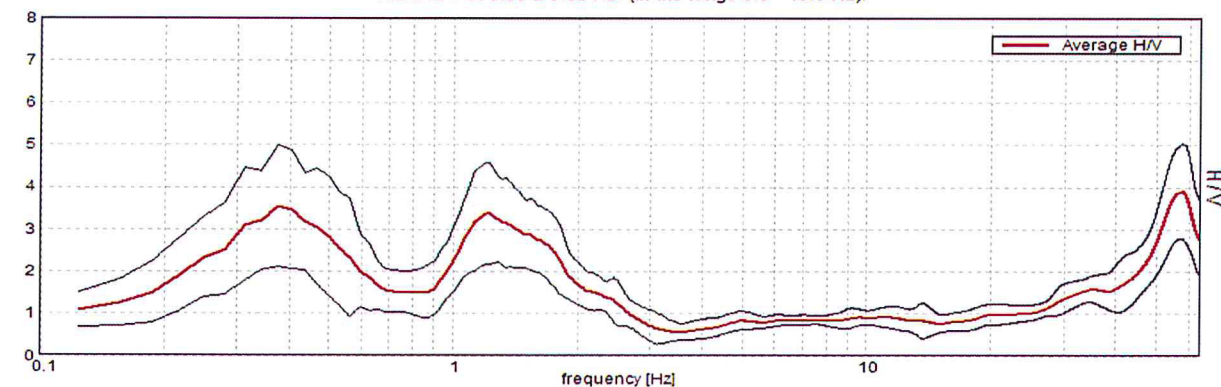
Window size: 30 s

Smoothing type: Triangular window

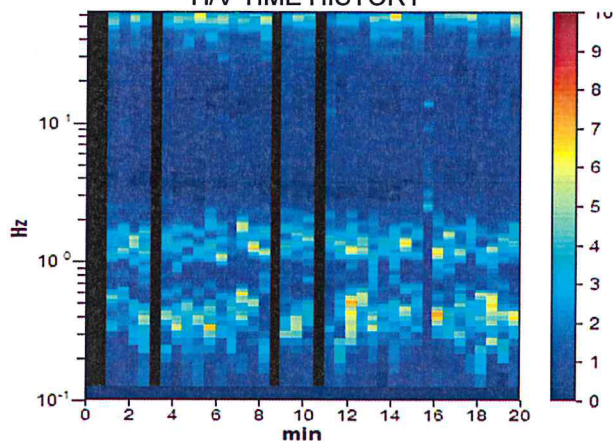
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

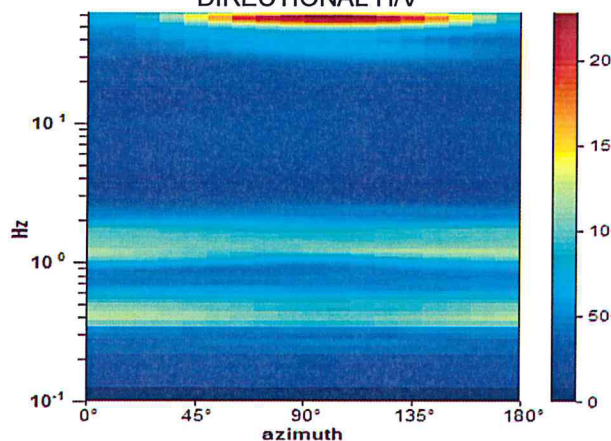
Max. H/V at 0.38 ± 0.52 Hz. (In the range 0.0 - 45.0 Hz).



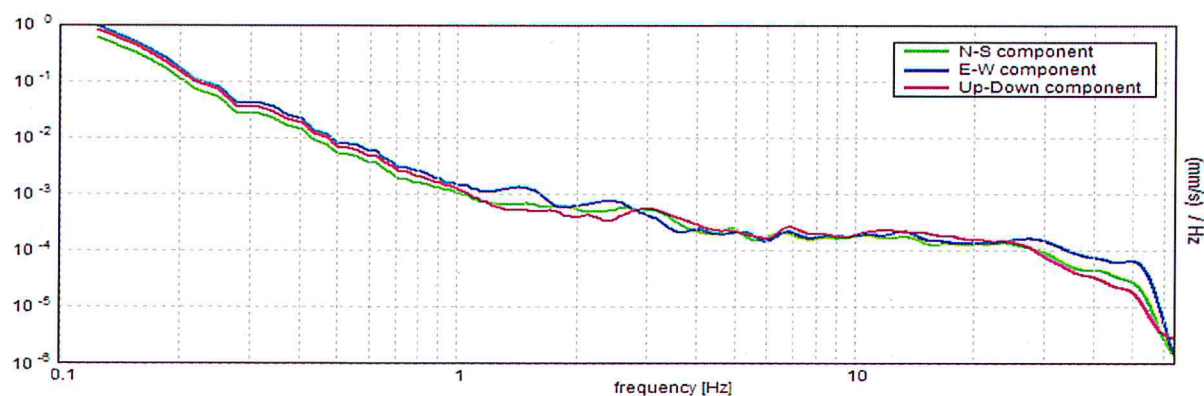
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.38 ± 0.52 Hz (in the range 0.0 - 45.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$393.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.55 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.37956 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.51733 < 0.075$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.4413 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

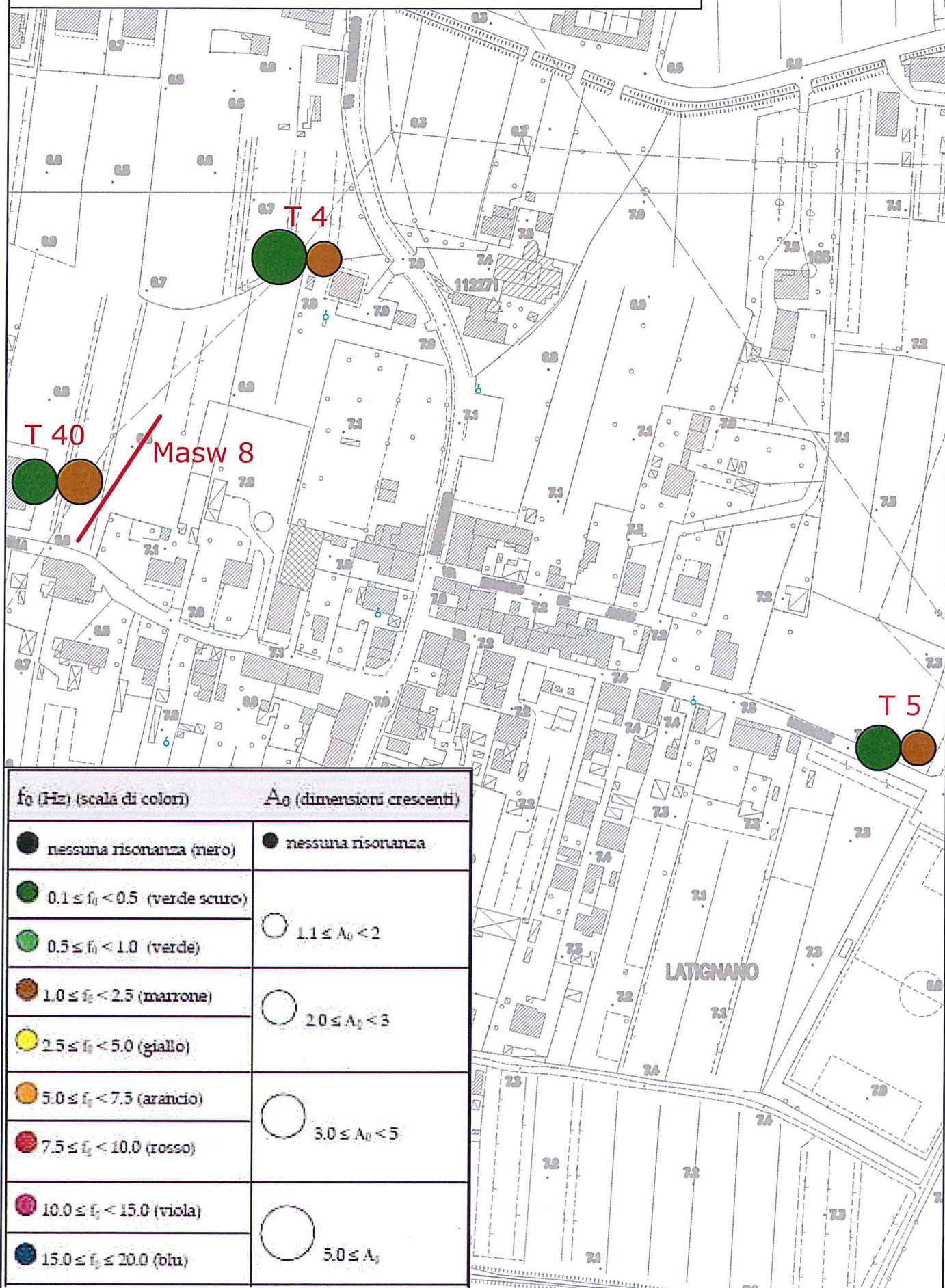
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Latignano

Latignano

scala 1:2000



T4

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 21/11/13 16:28:58 Fine registrazione: 21/11/13 16:48:59

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 55% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

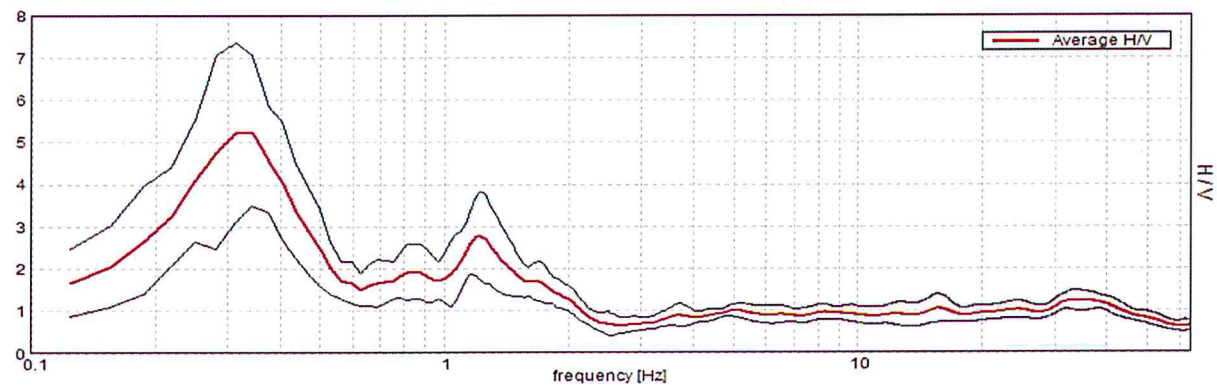
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

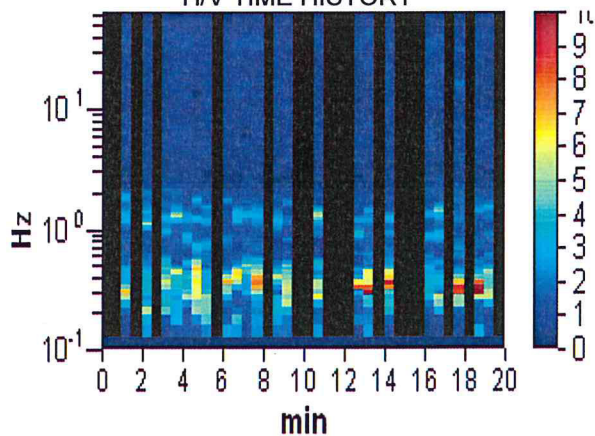
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

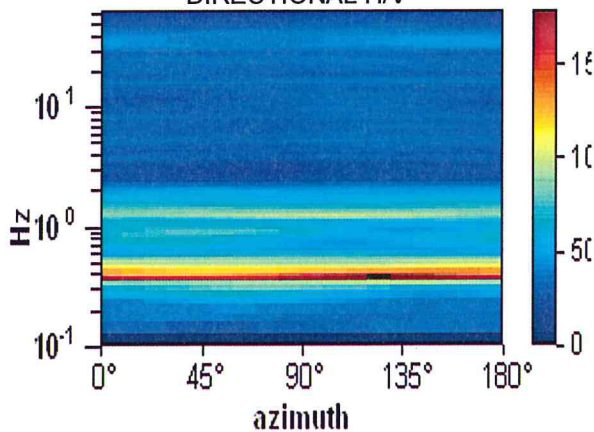
Picco H/V a 0.34 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



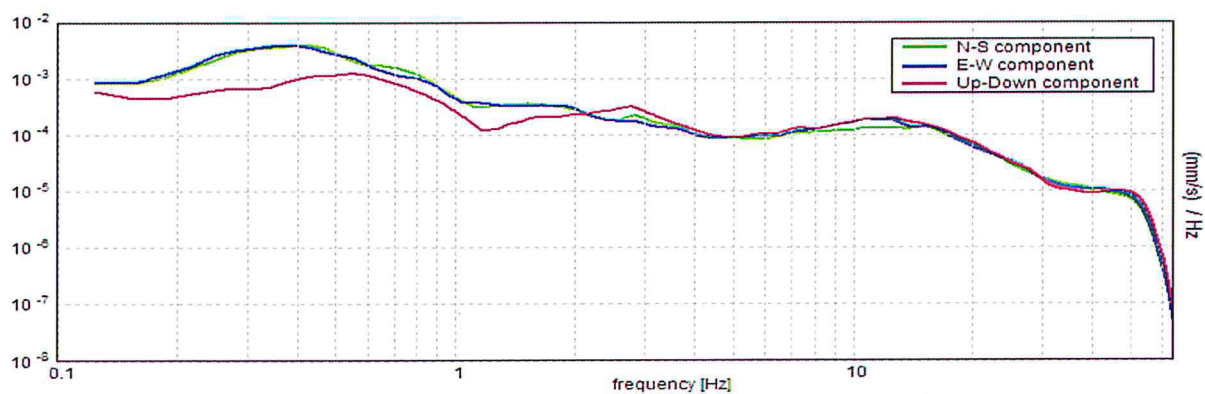
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 0.34 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.34 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$226.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 18 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.156 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.27 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.09691 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03331 < 0.06875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.772 < 2.5$	OK	

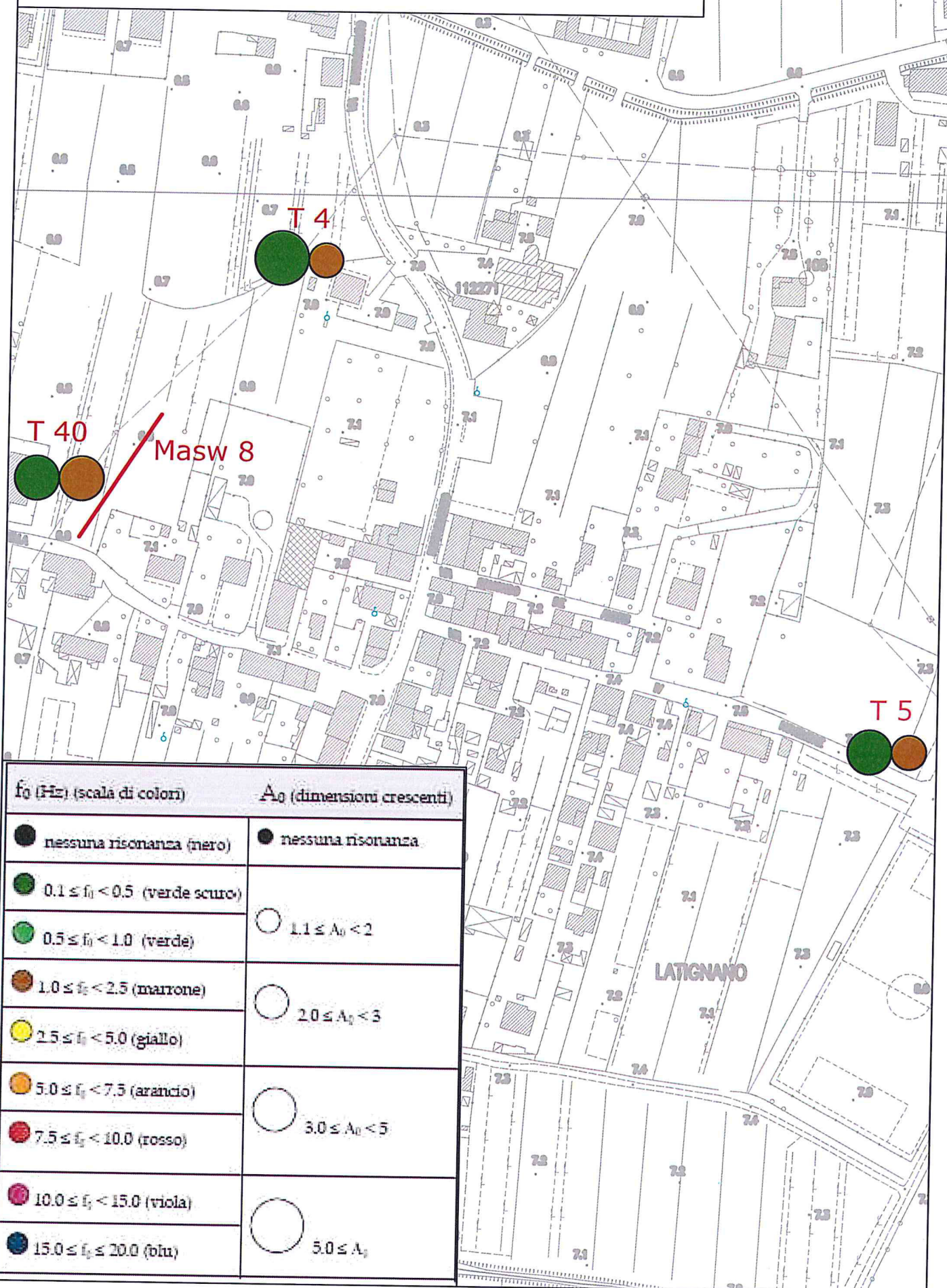
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Latignano

scala 1:2000

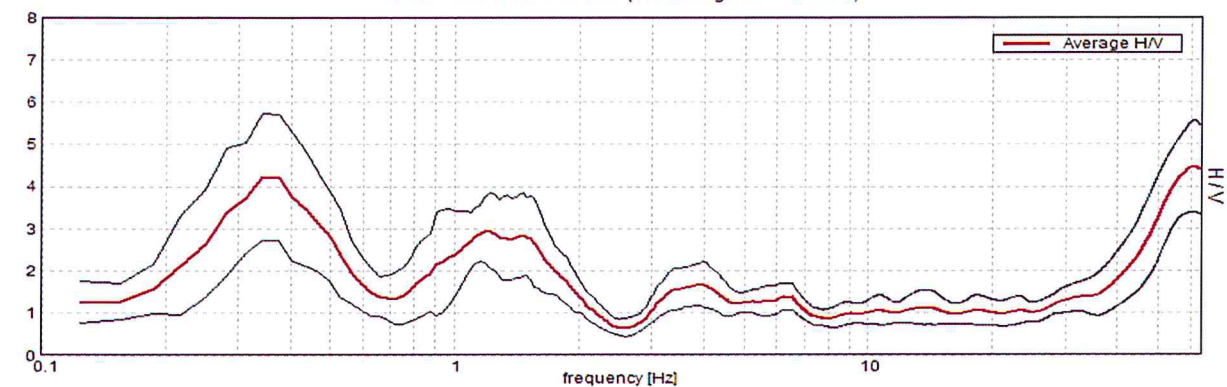


T 5

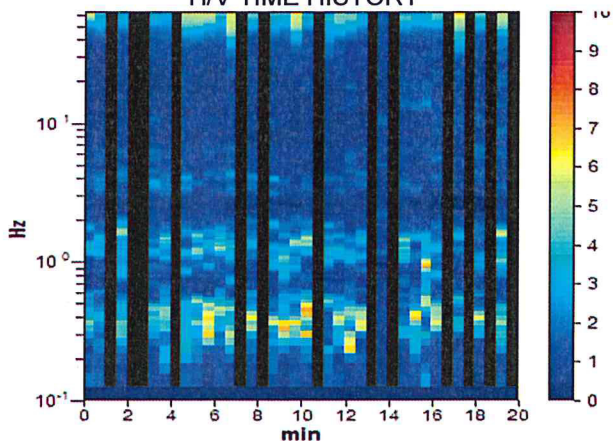
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 28/11/13 11:11:54 End recording: 28/11/13 11:31:54
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 68% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

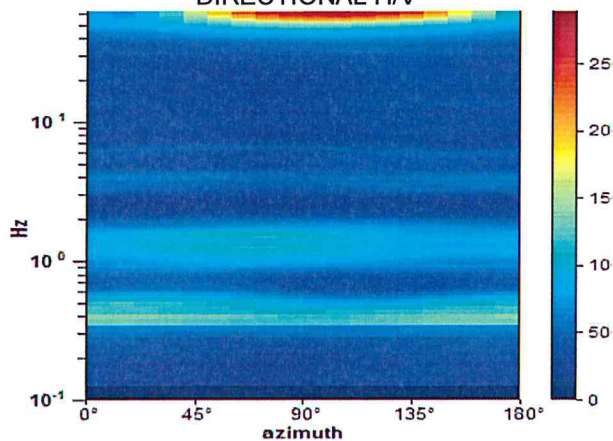
Max. H/V at 0.34 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).



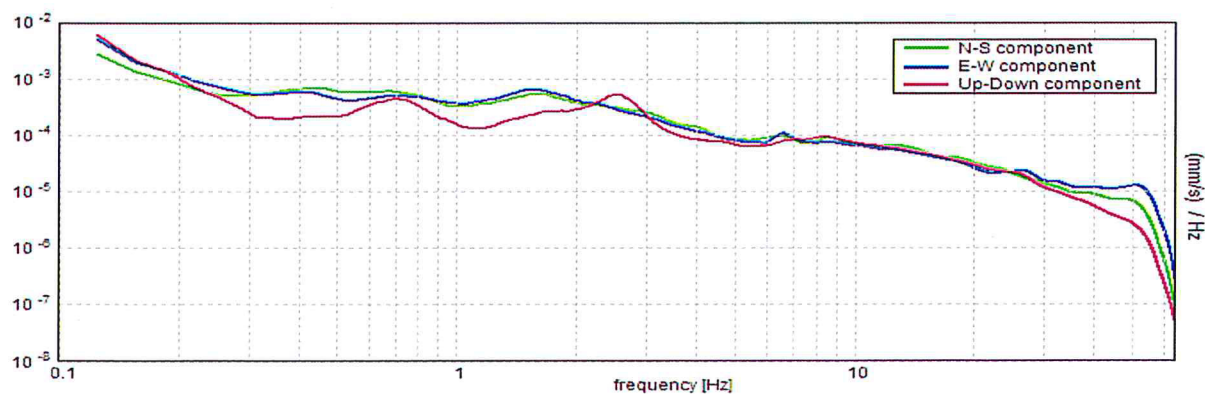
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.34 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.34 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$278.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 18 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

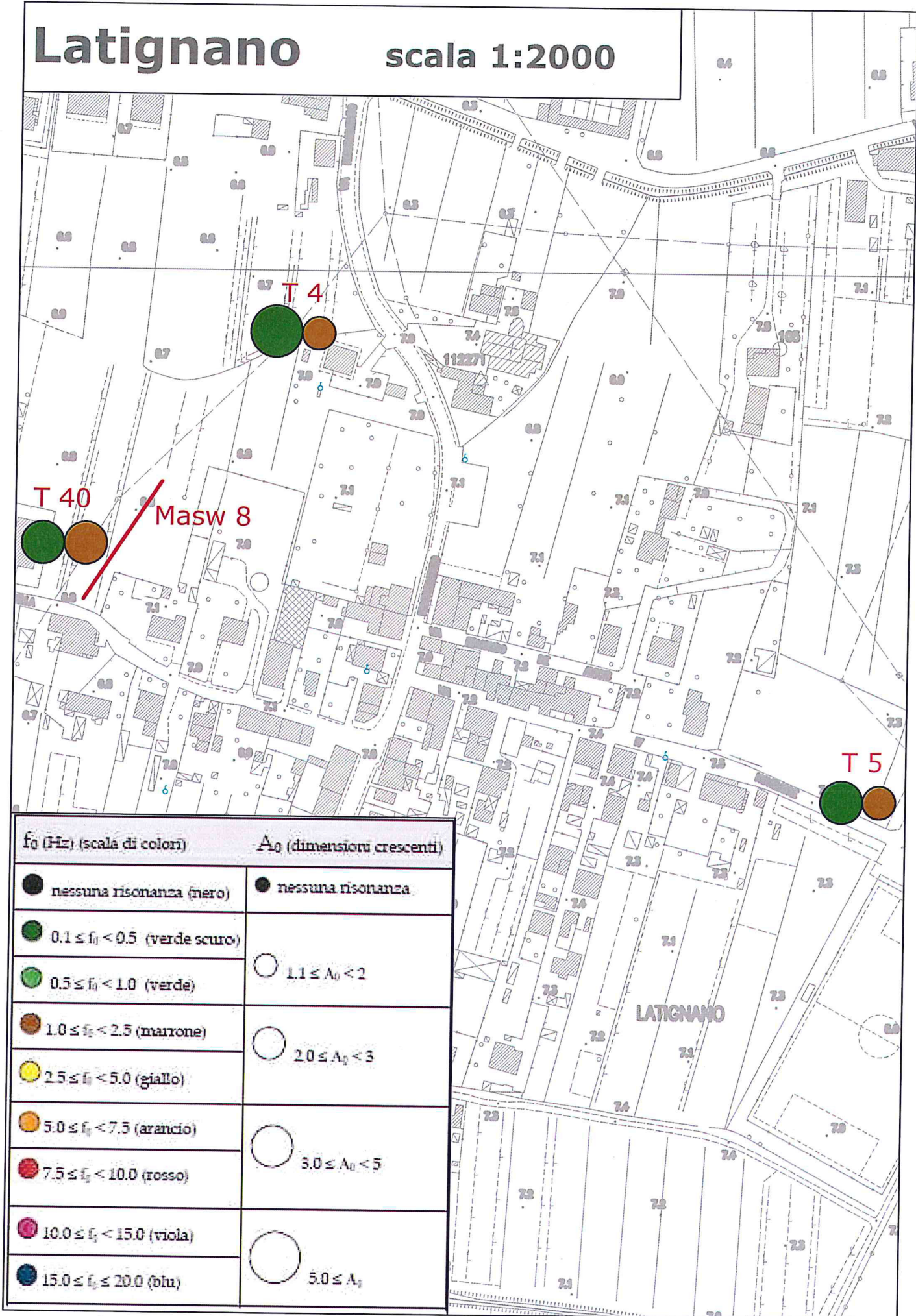
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.23 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0303 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01042 < 0.06875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.498 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

scala 1:2000

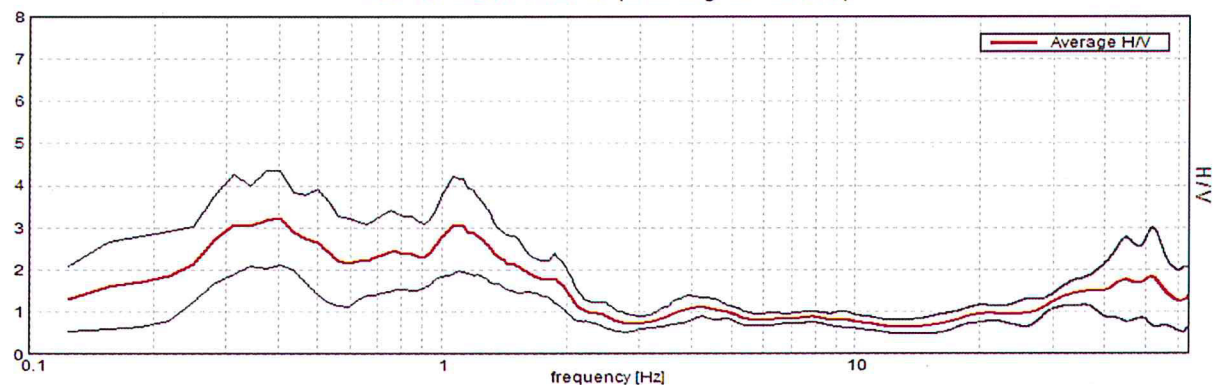


T 40

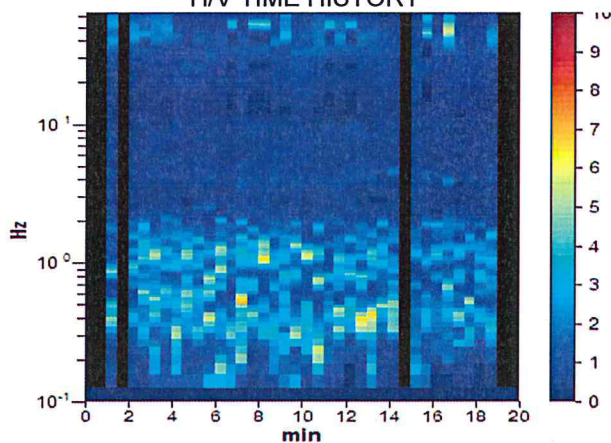
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 10/12/13 16:12:52 End recording: 10/12/13 16:32:52
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

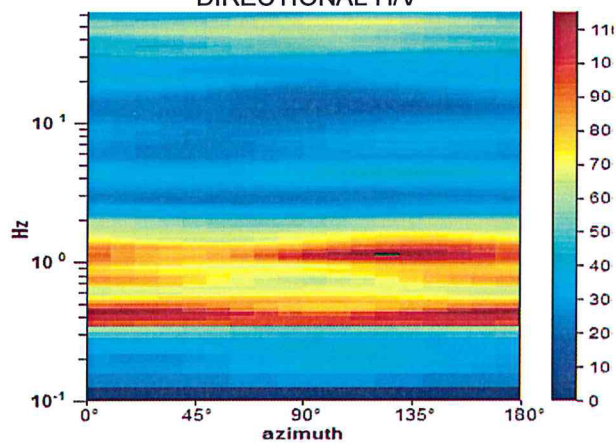
Max. H/V at 0.41 ± 0.48 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



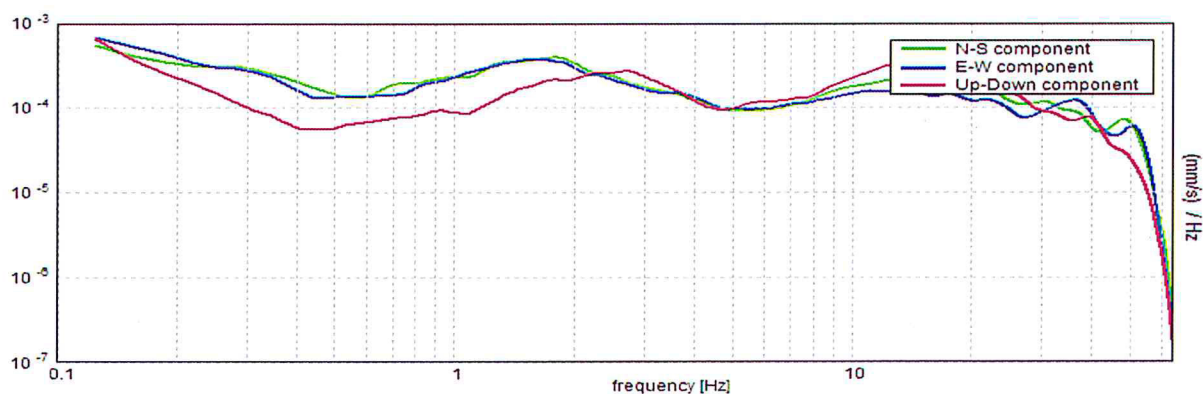
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.41 ± 0.48 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.41 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$414.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.125 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.23 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.19227 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.48436 < 0.08125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.1192 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

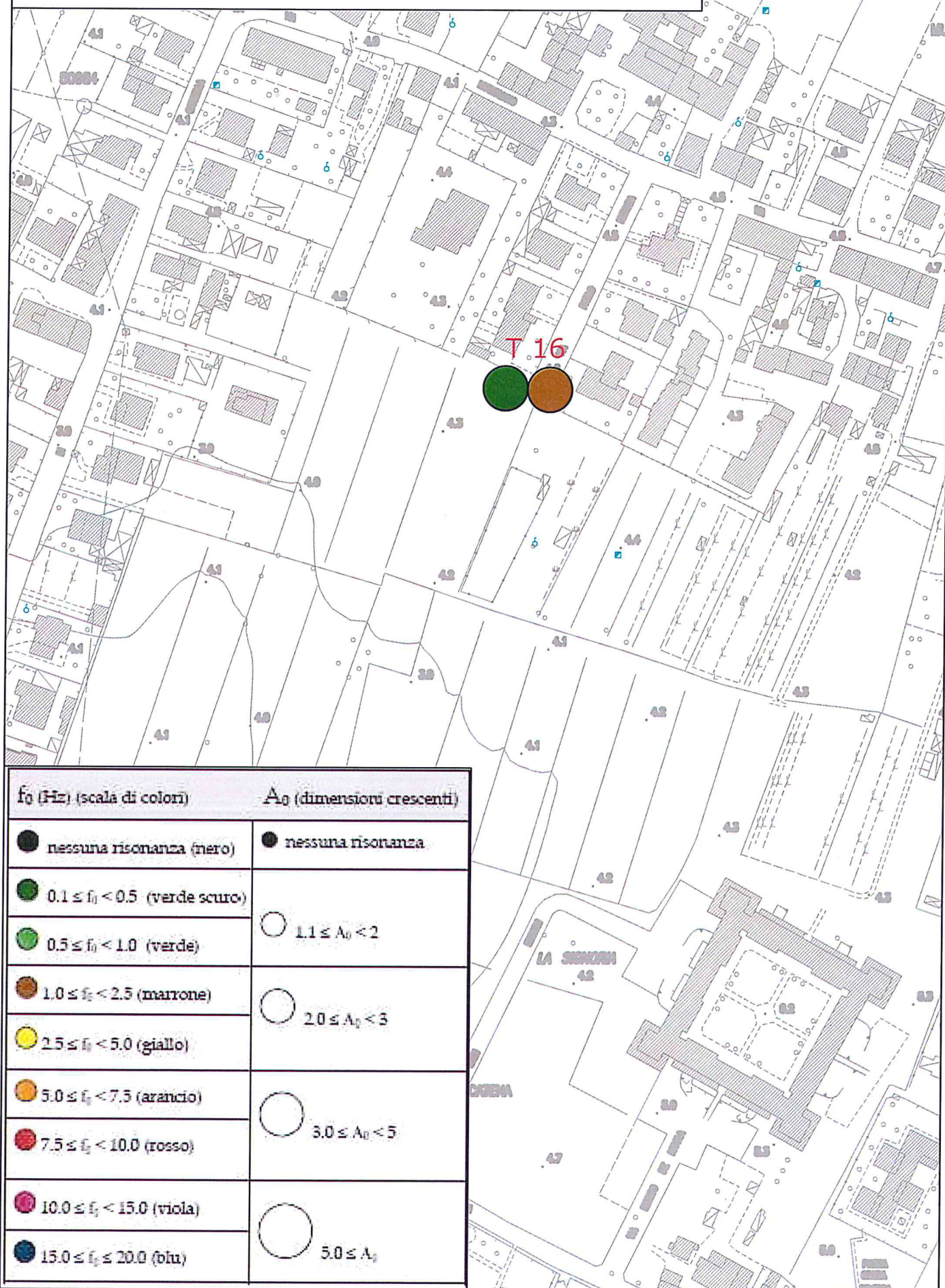
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Musigliano

Musigliano

scala 1:2000



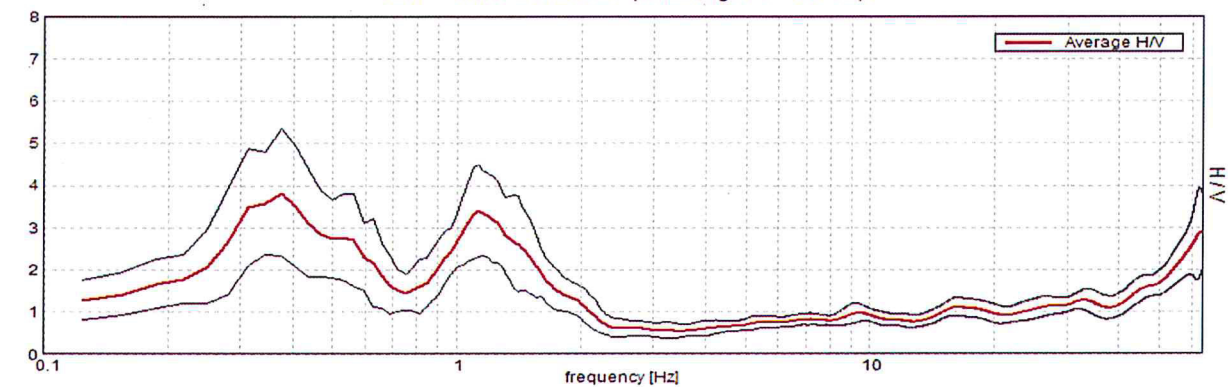
f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

T 16

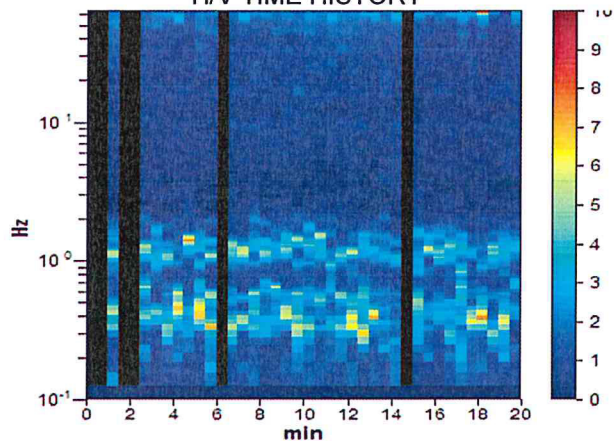
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 29/11/13 13:42:12 End recording: 29/11/13 14:02:12
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

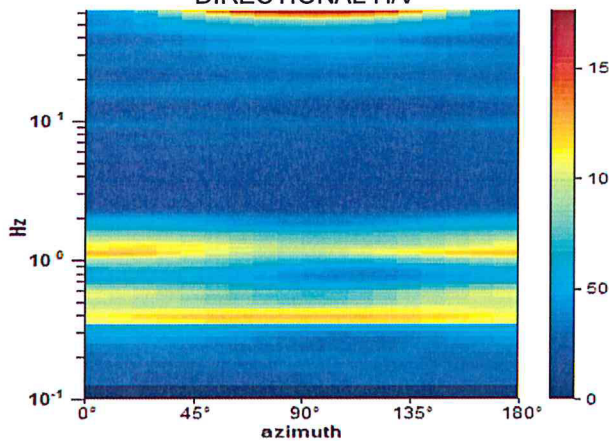
Max. H/V at 0.38 ± 0.22 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



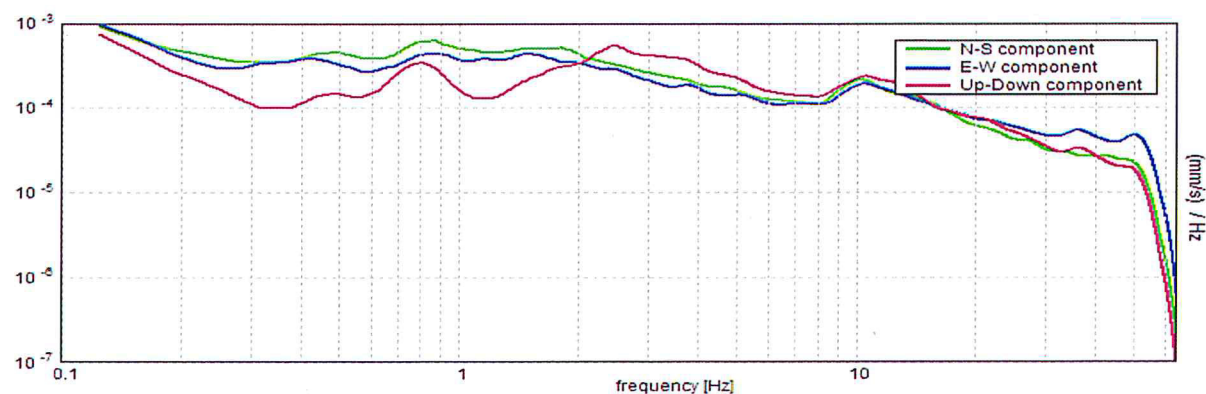
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.38 ± 0.22 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$382.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.83 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.58035 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.21763 < 0.075$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.5122 < 2.5$	OK	

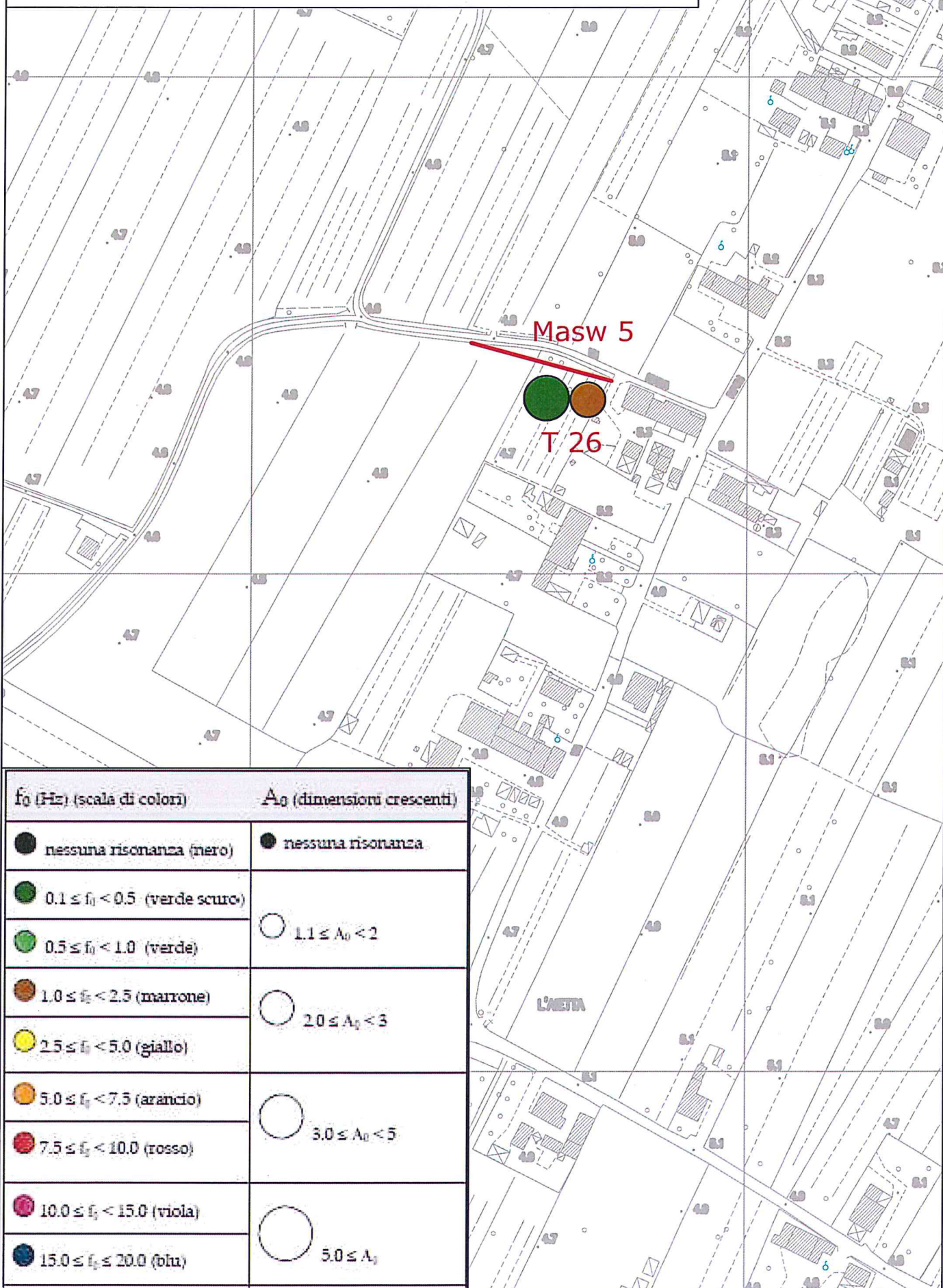
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Musigliano

scala 1:2000

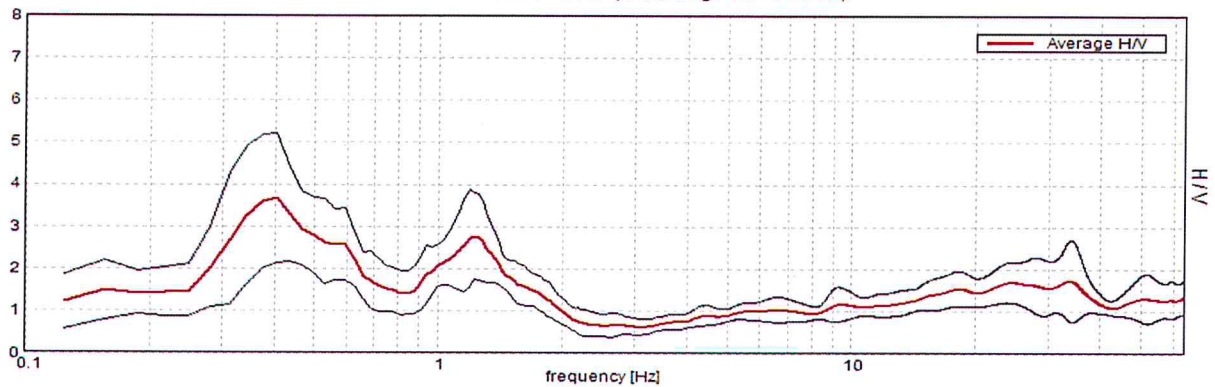


T 26

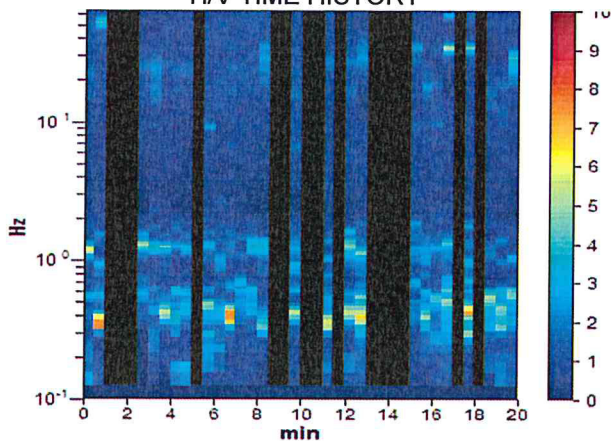
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 10/12/13 09:13:38 End recording: 10/12/13 09:33:38
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 62% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

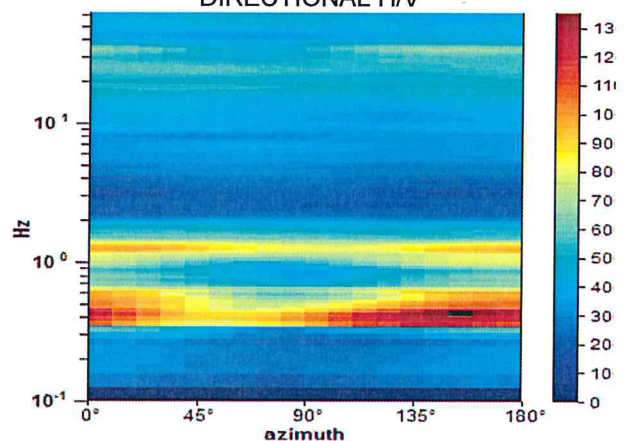
Max. H/V at 0.41 ± 0.45 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



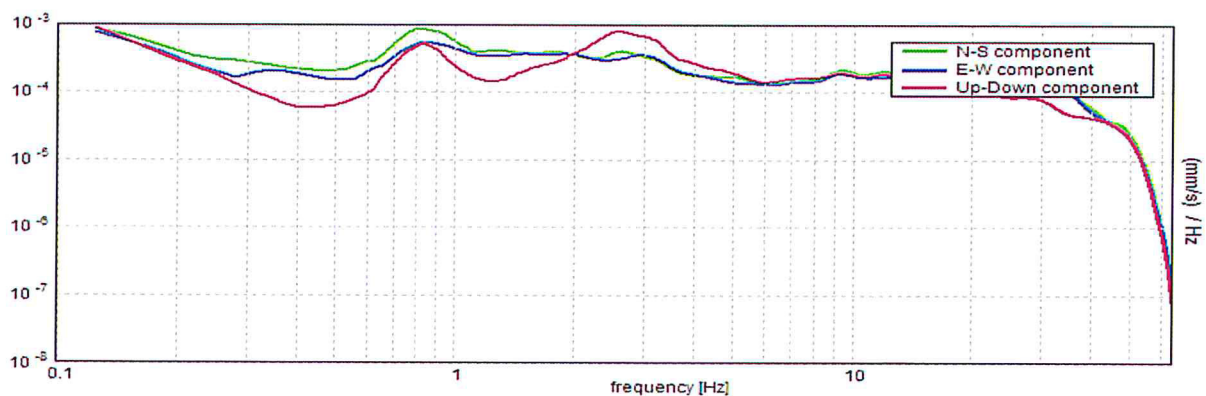
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.41 ± 0.45 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.41 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$304.7 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 20 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.67 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.1063 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.44944 < 0.08125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.5387 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

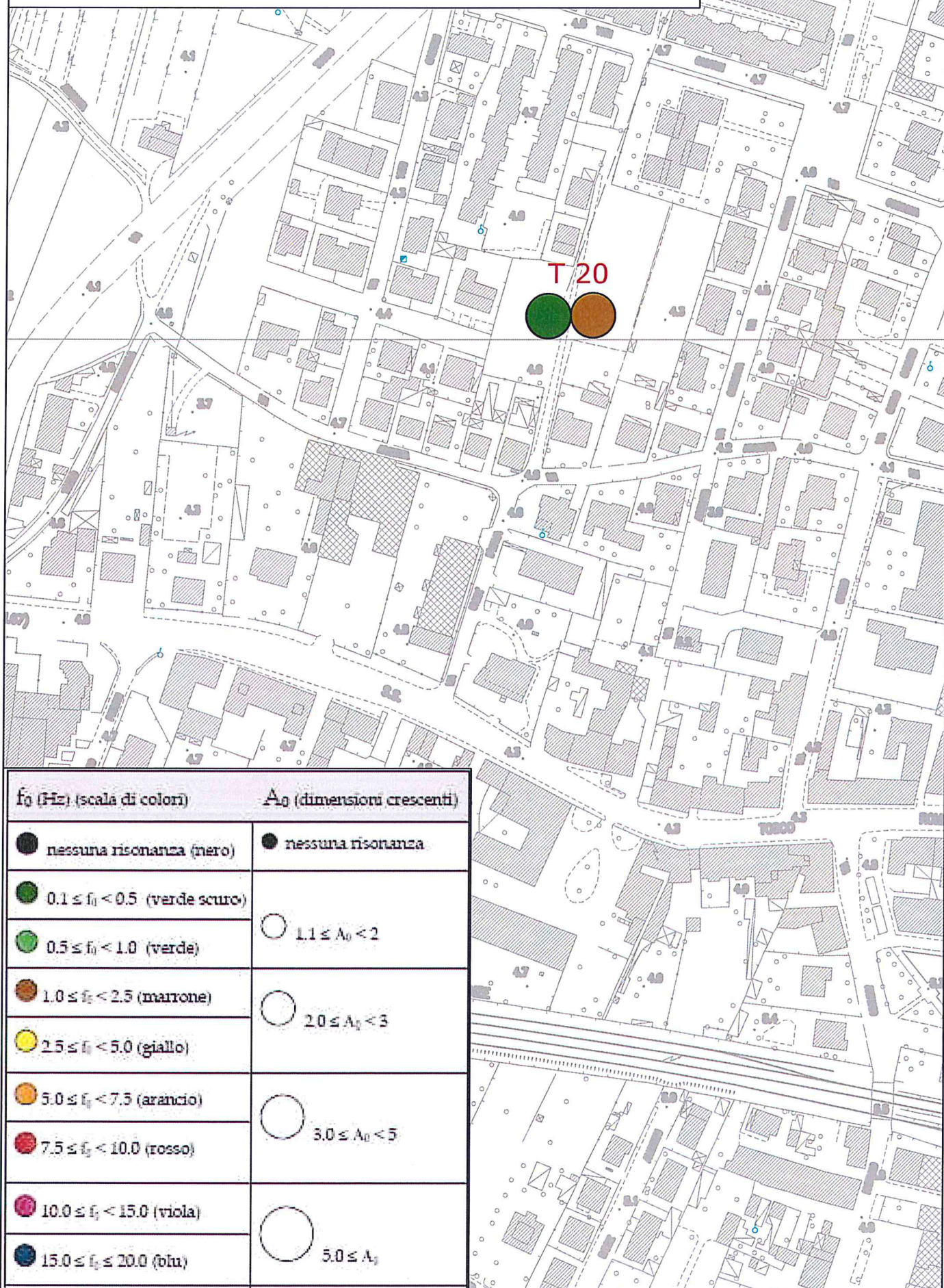
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Navacchio

Navacchio

scala 1:2000

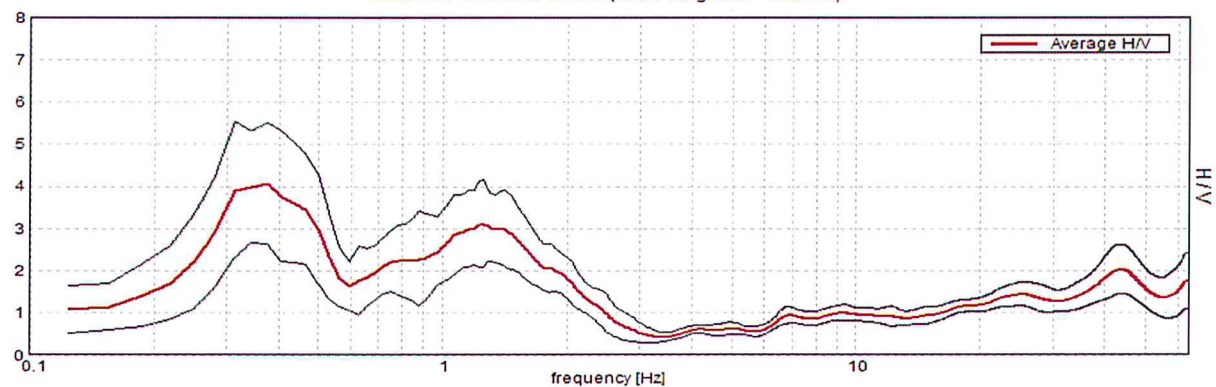


T 20

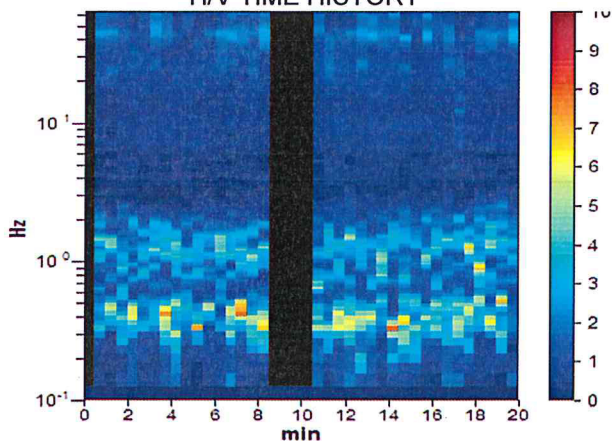
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 29/11/13 16:45:18 End recording: 29/11/13 17:05:18
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

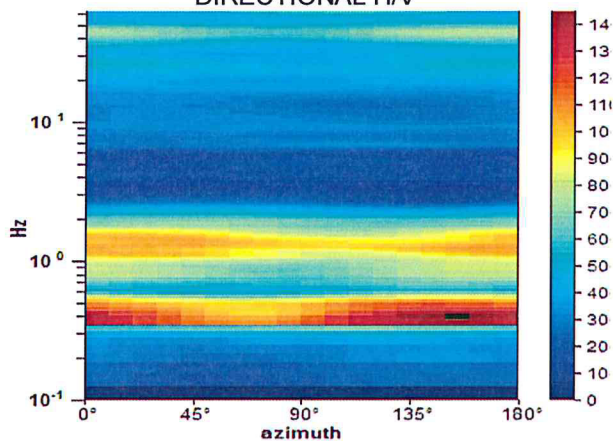
Max. H/V at 0.38 ± 0.3 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



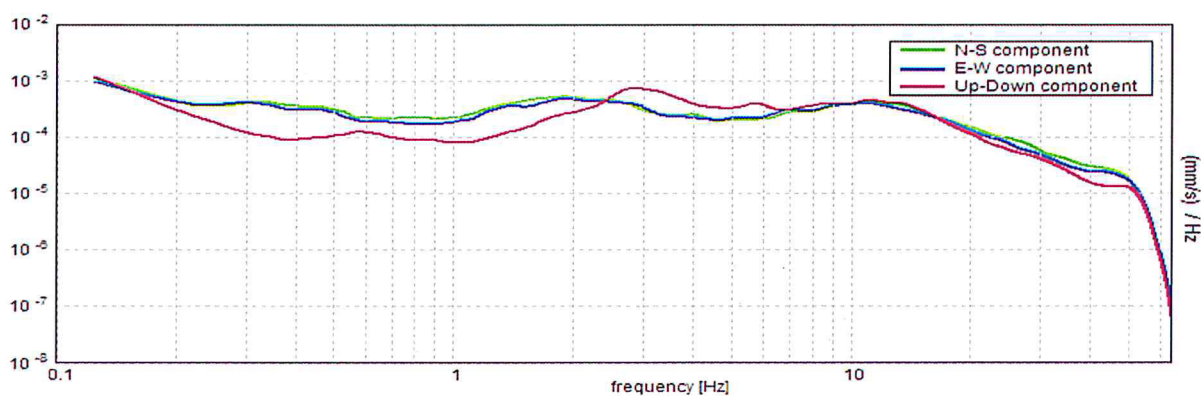
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.38 ± 0.3 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$393.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.219 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.06 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.80795 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.30298 < 0.075$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.4306 < 2.5$	OK	

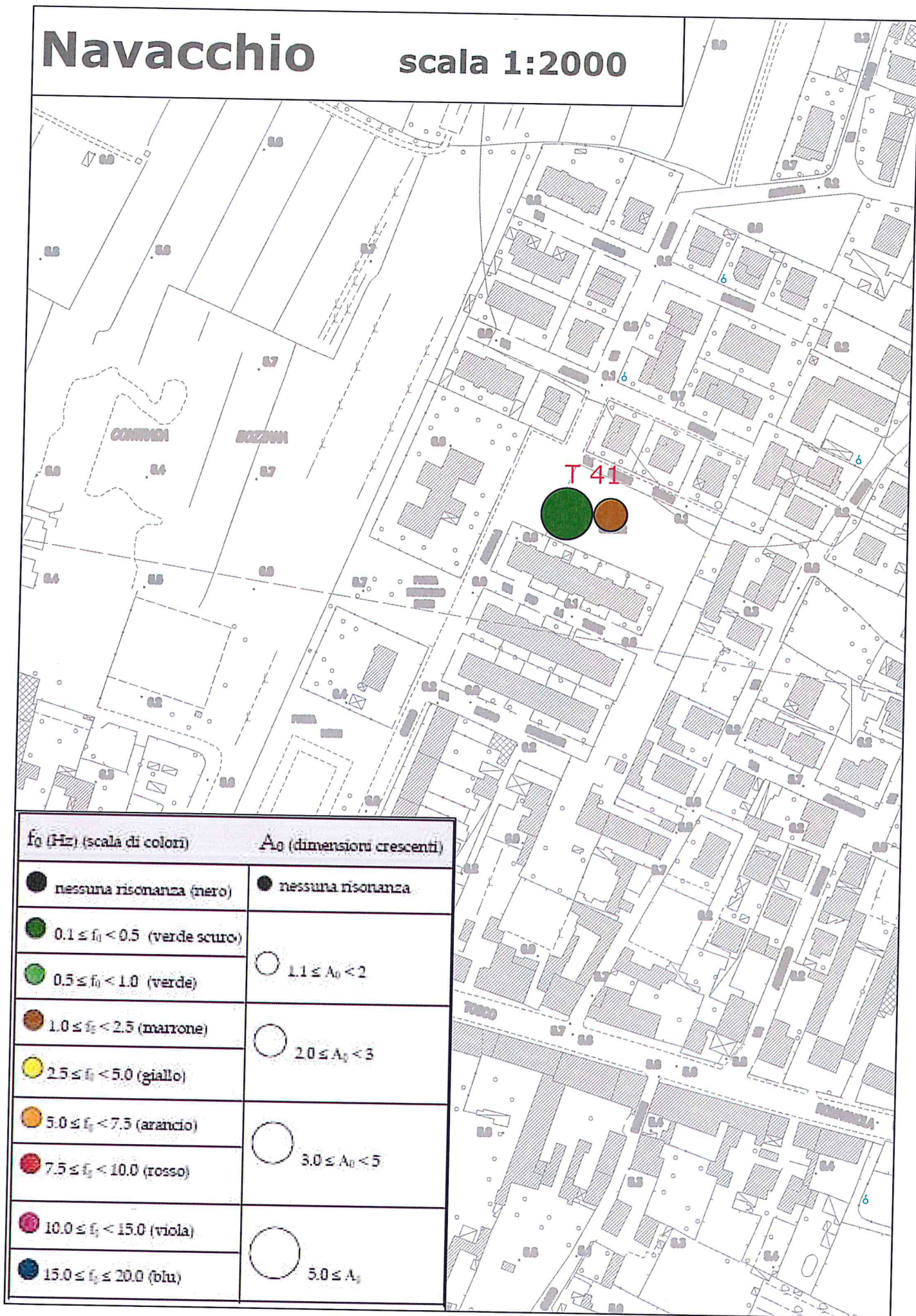
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Navacchio

scala 1:2000



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 < 20.0$ (blu)	

T 41

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 12/12/13 12:08:21 Fine registrazione: 12/12/13 12:28:21

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 82% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

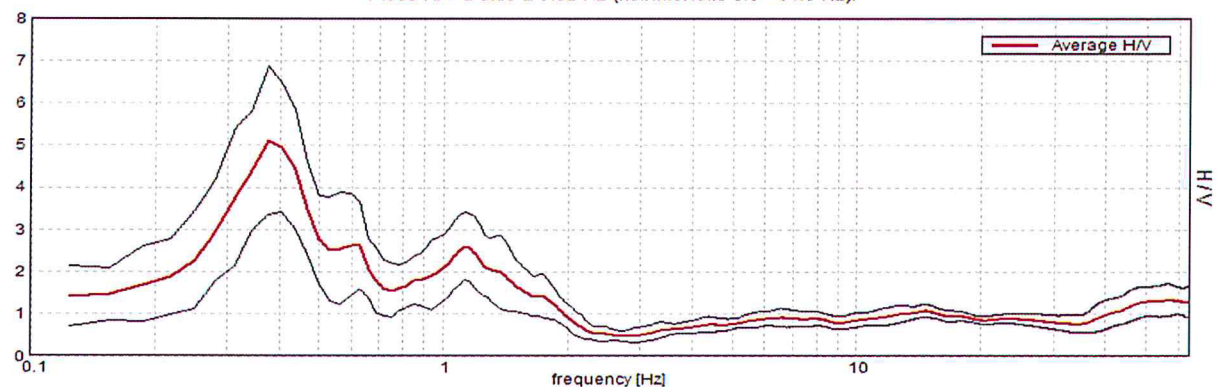
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

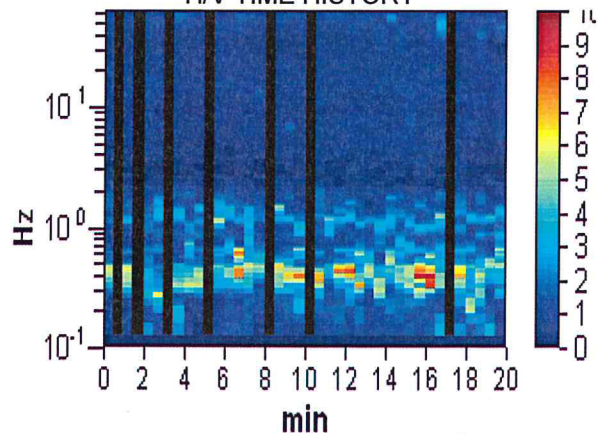
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

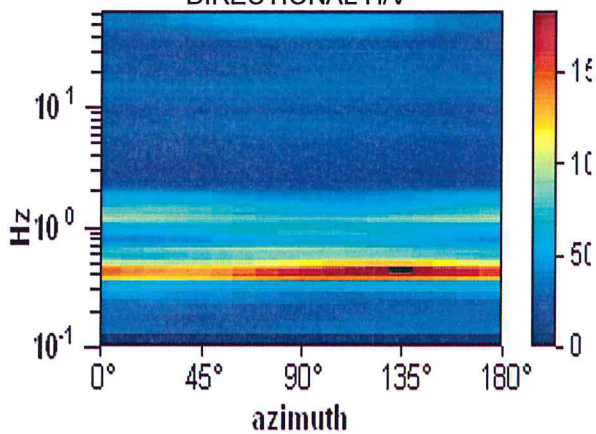
Picco H/V a 0.38 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



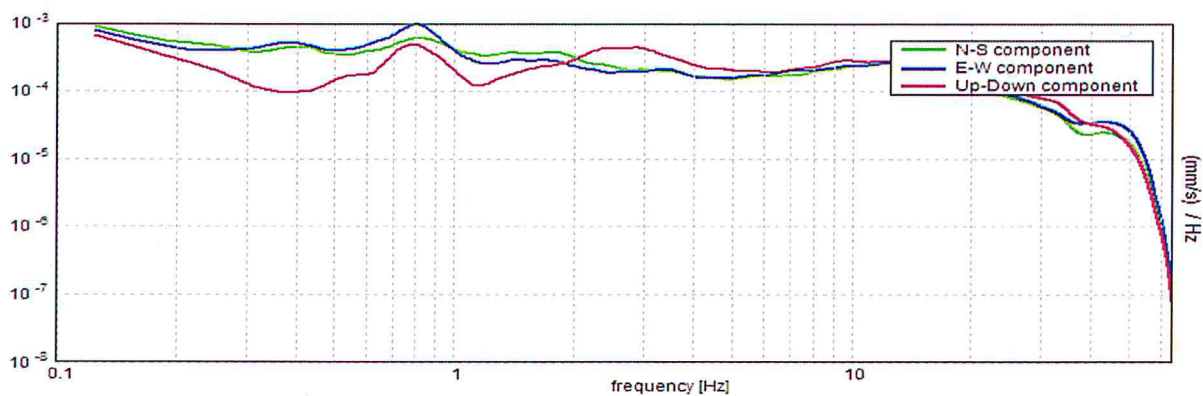
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 0.38 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$371.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 19 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.10 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04587 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0172 < 0.075$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.7464 < 2.5$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

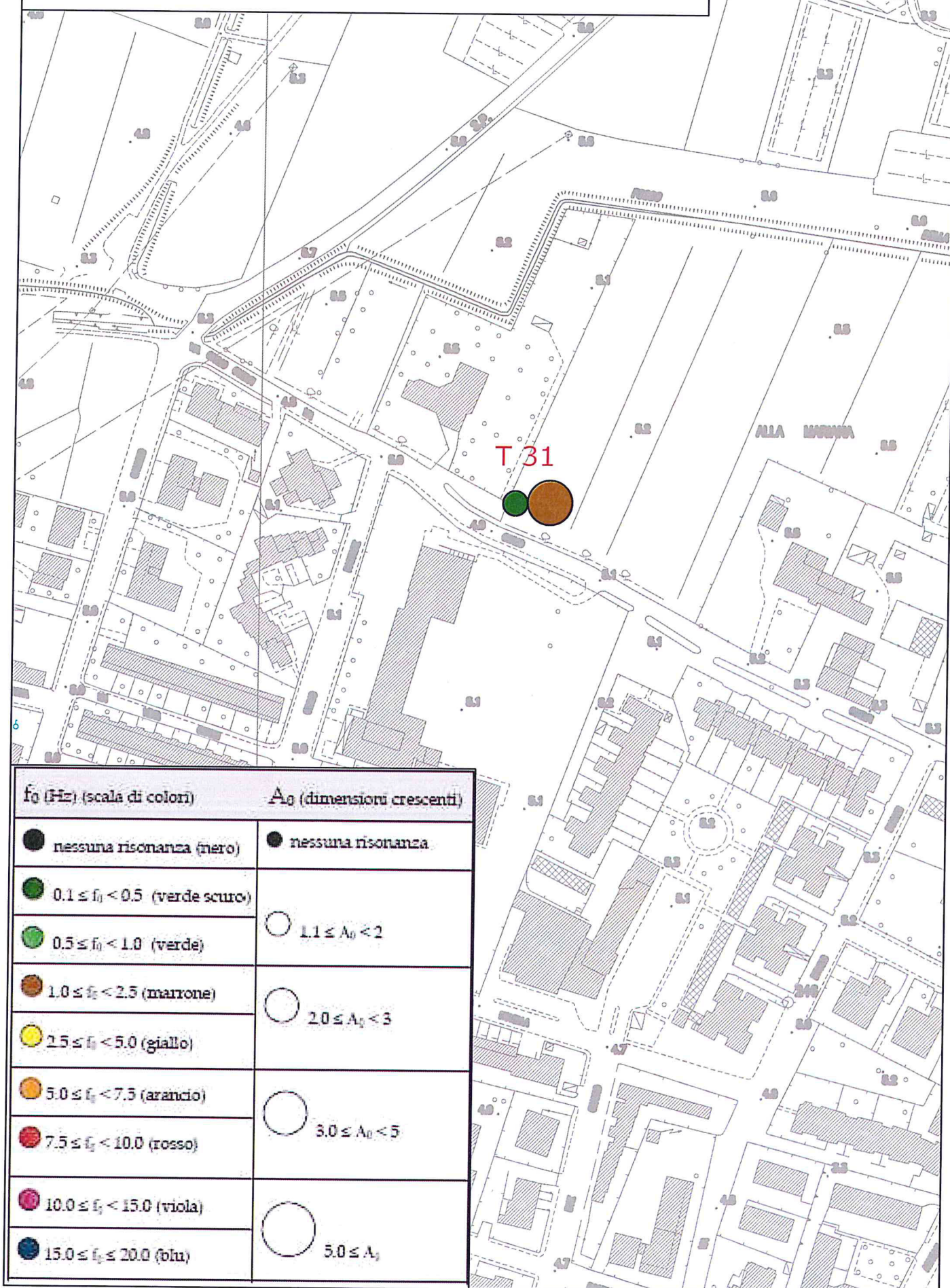
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Casciavola

Casciavola

scala 1:2000

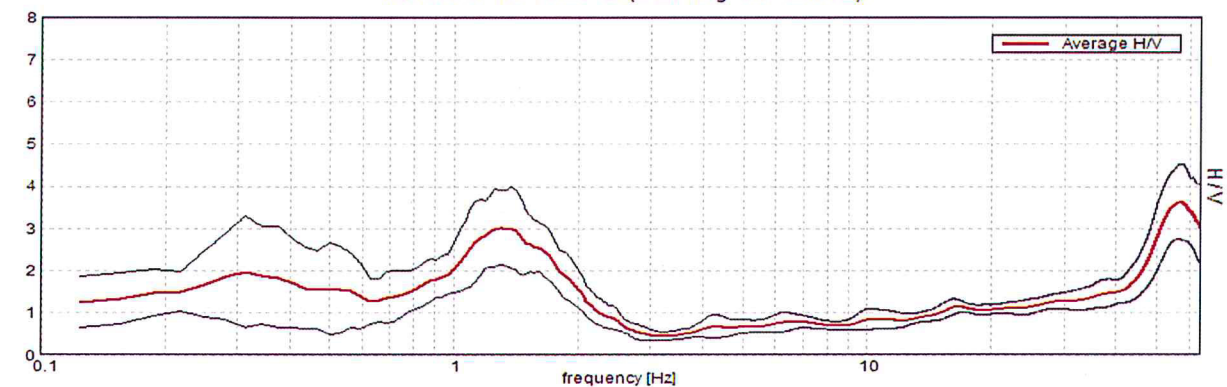


T 31

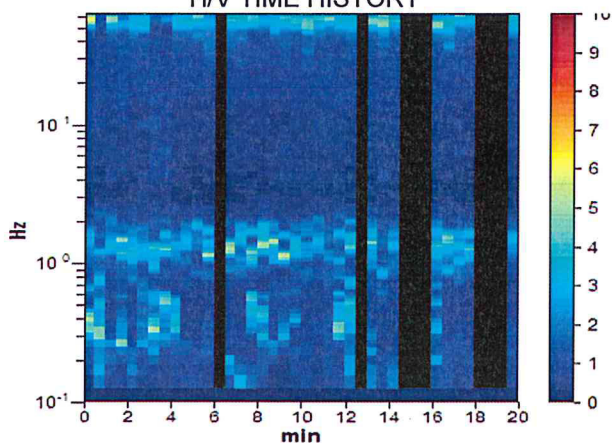
Instrument: TZ3-0001/01-13
Start recording: 10/12/13 12:25:00 End recording: 10/12/13 12:45:00
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 80% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 30 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

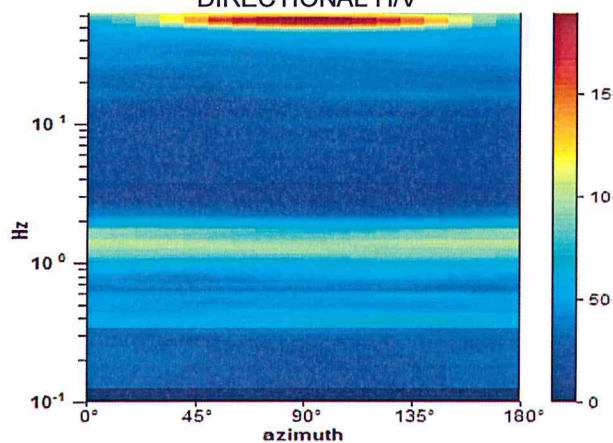
Max. H/V at 1.28 ± 0.34 Hz. (In the range 0.0 - 45.0 Hz).



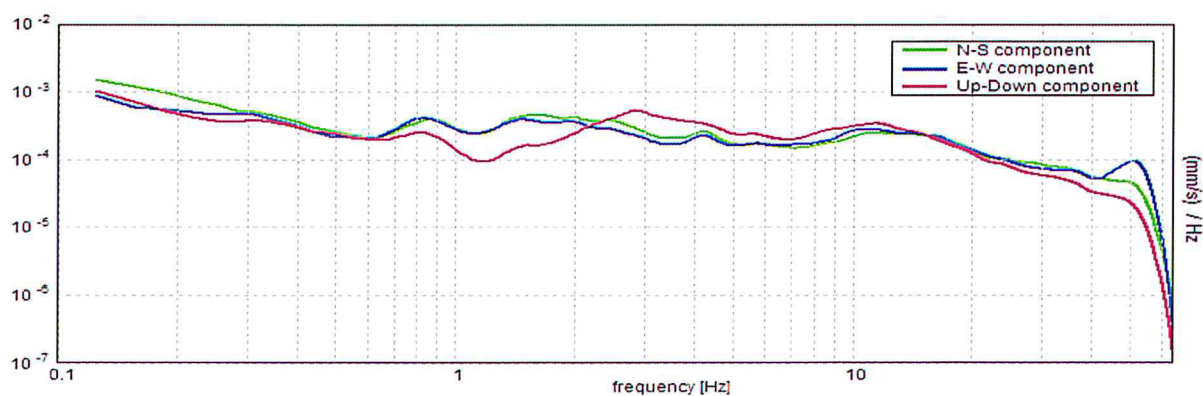
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.28 ± 0.34 Hz (in the range 0.0 - 45.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.28 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1230.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 62 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.781 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.02 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.26488 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.33937 < 0.12813$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8889 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

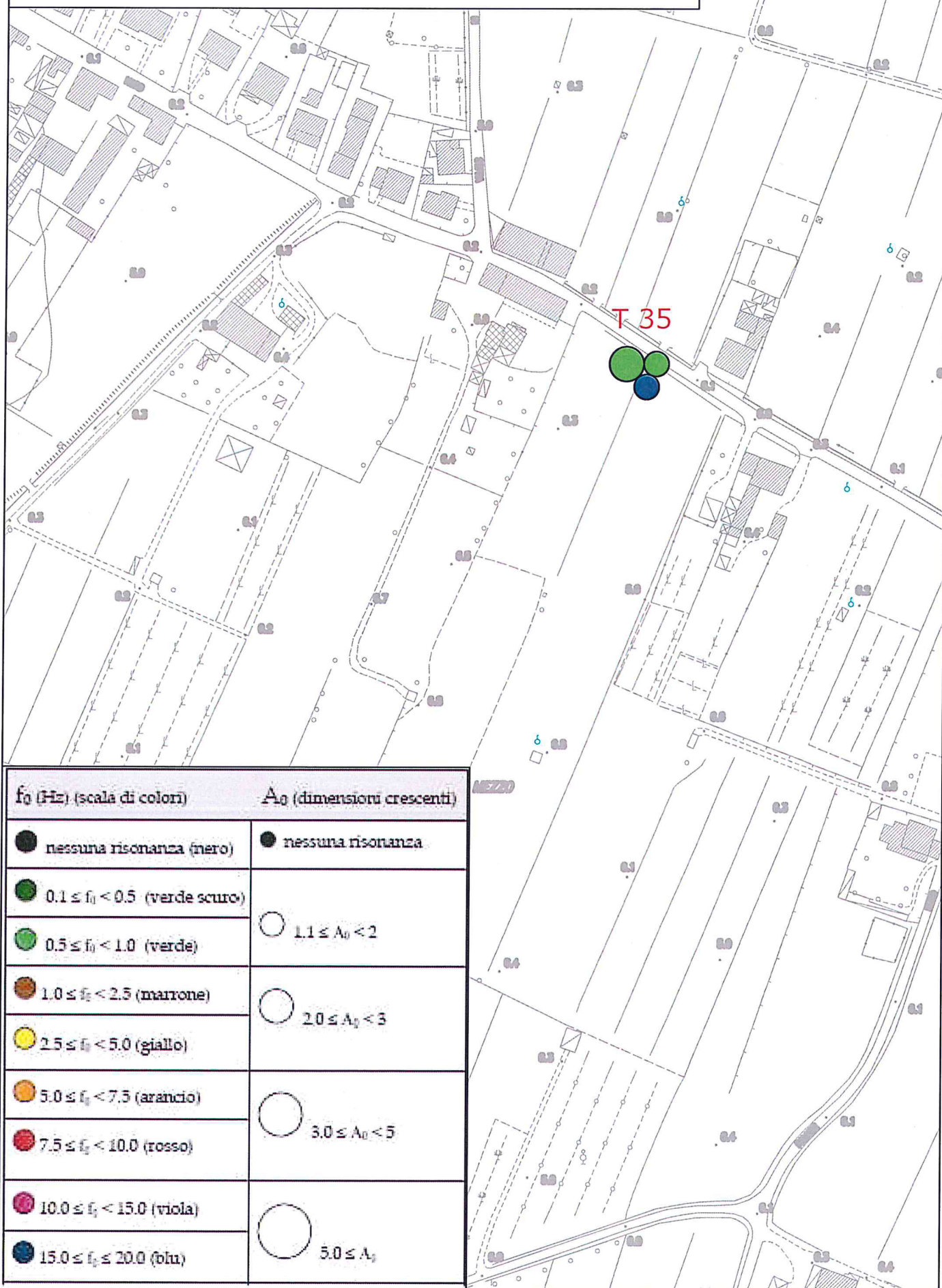
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Laiano

Laiano

scala 1:2000



f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	
● $10.0 \leq f_0 < 15.0$ (viola)	○ $5.0 \leq A_0$
● $15.0 \leq f_0 \leq 20.0$ (blu)	

T 35

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 12/12/13 12:42:31 Fine registrazione: 12/12/13 13:02:31

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

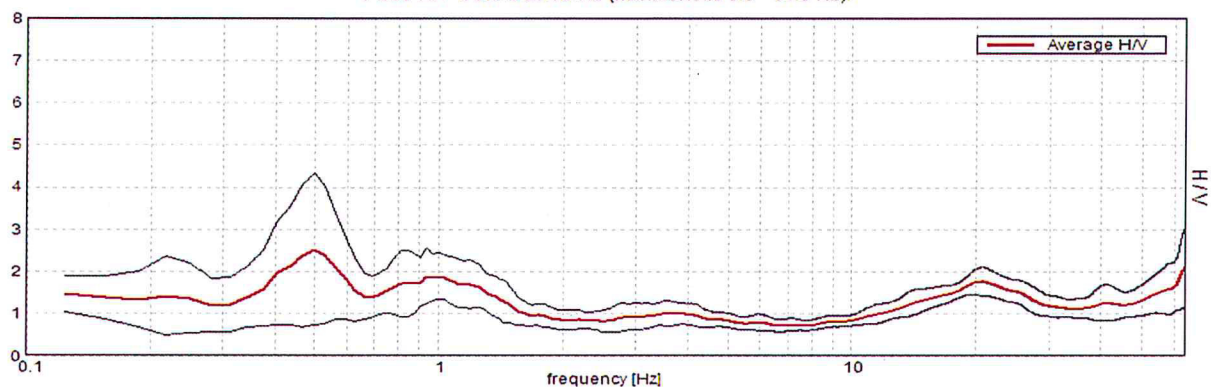
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

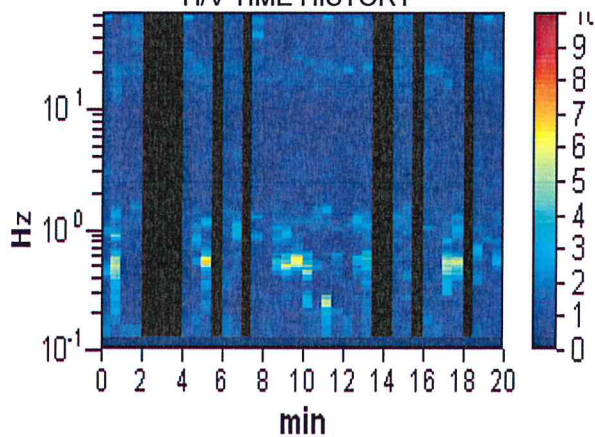
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

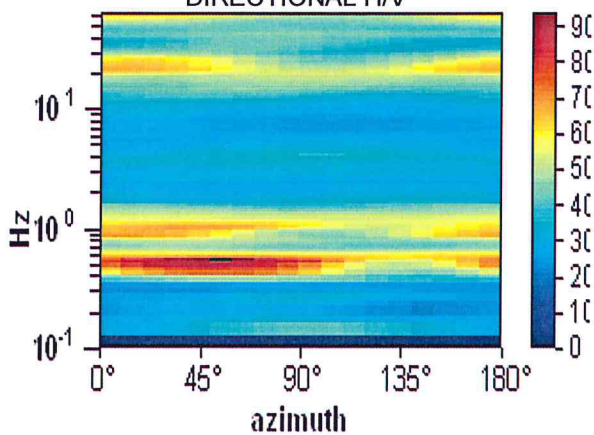
Picco H/V a 0.5 ± 25.72 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



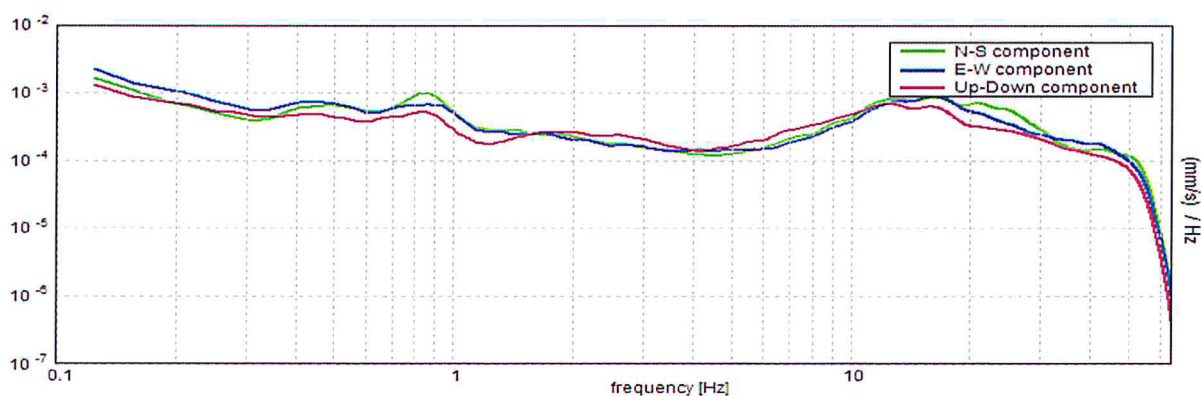
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 0.5 ± 25.72 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.50 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$450.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 25 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.313 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.53 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 51.43038 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$25.71519 < 0.075$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.787 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

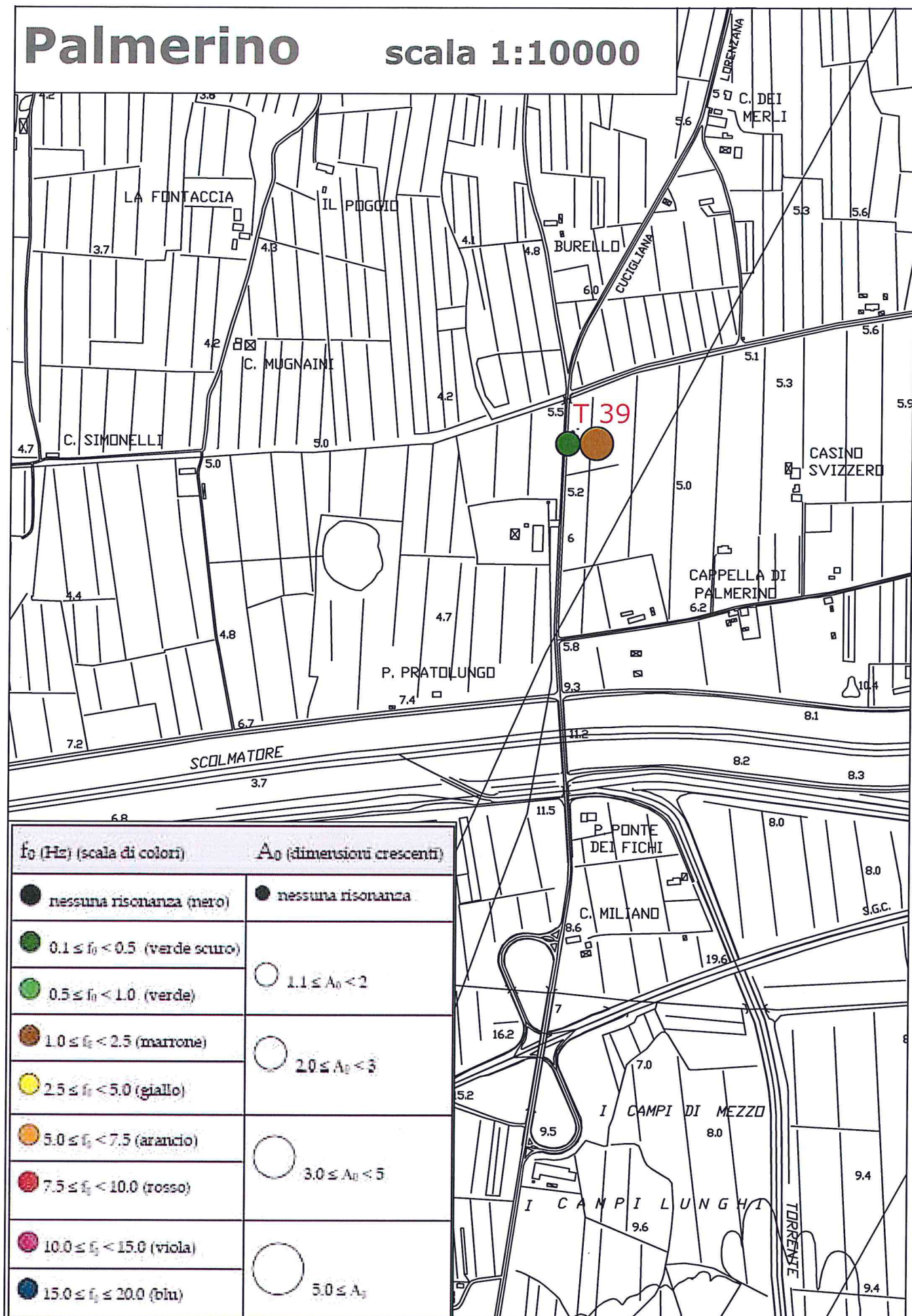
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Misure HVSR Palmerino

Palmerino

scala 1:10000



T 39

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 12/12/13 15:19:26 Fine registrazione: 12/12/13 15:39:26

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

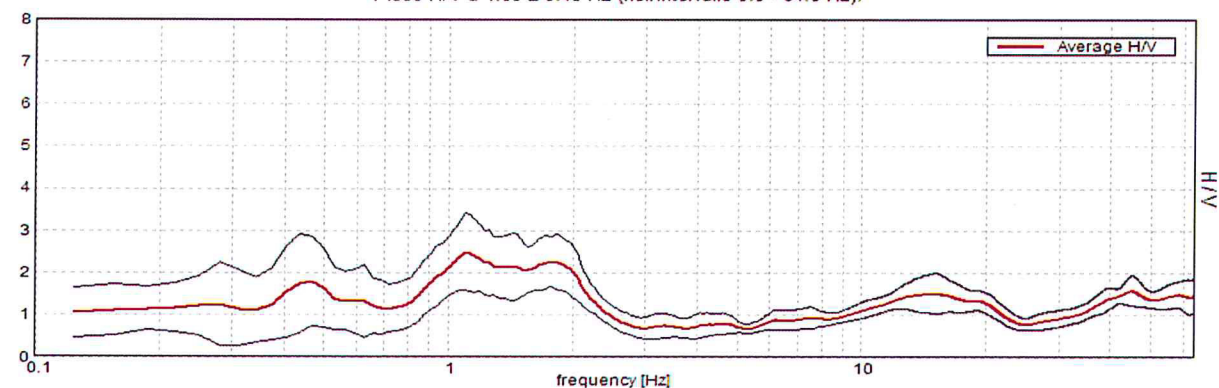
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

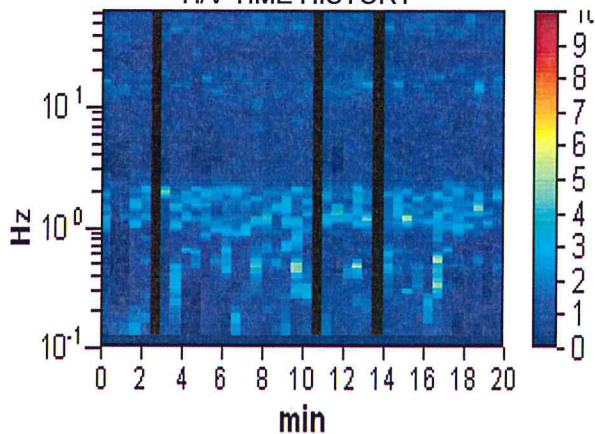
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

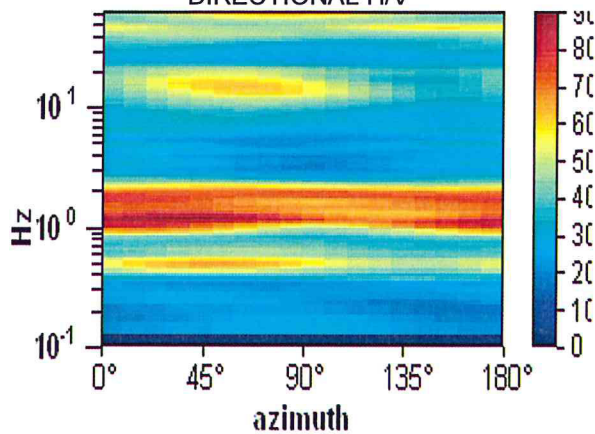
Picco H/V a 1.09 ± 0.43 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



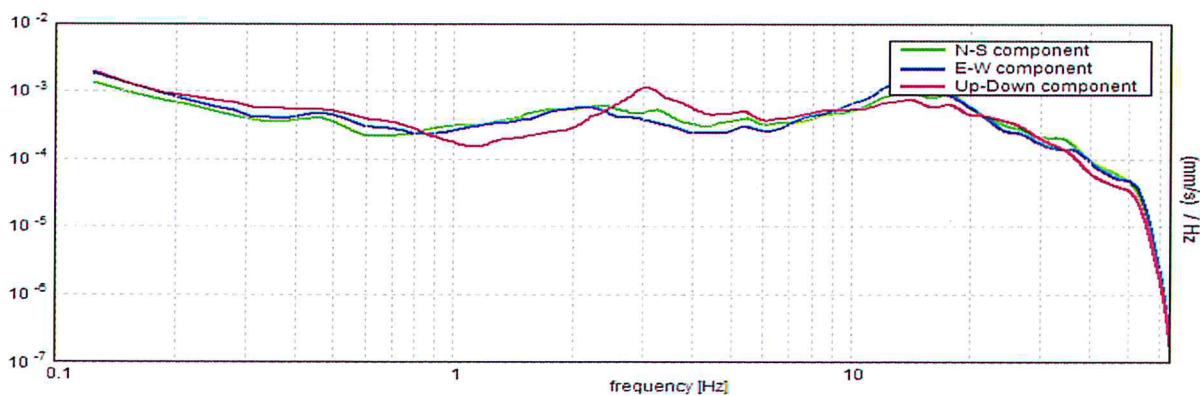
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Picco H/V a 1.09 ± 0.43 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.09 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1214.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 54 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.781 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.49 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.38898 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.42545 < 0.10938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9078 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20